p - ISSN: 2656-9957 e-ISSN: 2622-8475
Vol. 12 No.1 Maret 2026

JURNAL TEKNOLOGI INFORMATIKA DAN KOMPUTER

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Mohammad Husni Thamrin

Jl. H. Bokir Bin Dji'un (dh. Raya Pd. Gede) No.23-25, Dukuh, Kramat jati, Jakarta Timur 13550

email: ojslppmumht@gmail.com

website: journal.thamrin.ac.id

Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer
Universitas Mohammad Husni Thamrin

DEWAN REDAKSI

Penanggung Jawab

Dr. Ningky Sasanti Munir, MBA., MA
(Rektor Universitas Mohammad Husni Thamrin)

Editor in Chief

Ir. Yohanes Bowo Widodo, M.Kom.

Section Editor

Aulia Akhrian Syahidi, S,Pd., M.Kom
Rio Andriyat Krisdiawan, M.Kom
Mohammad Ikhsan Saputro, ST., M.Kom.
Ahmad Fitriansyah S.Kom, M.Kom.
Aziz Setyawan Hidayat, S.Kom., M.Kom.
Zaeni Miftah

Mitra Bestari

Prof. Dr. Dahlan Abdullah, ST., M.Kom, IPU, ASEAN Eng
Dr. Ir. Darmawan Napitupulu,M.Kom.
Dr. Tata Sutabri, S,Kom, MMSI.
Yahdi Kusnadi, M.Kom.
Hesti Rian, S.Kom, M.Kom.
Abu Sopian, S.Kom, M.Kom.
Muhammad Ridwan Effendi, S.Kom, MMSI.
Eka Satryawati, S.Kom., M.Kom
Rano Agustino, S.Kom., M.Kom.
Dr. Baso Maruddani, ST., MT.
Fattachul Huda Aminuddin, S.Kom, M.Pd.T.
Pariyadi, S.Kom., M.Kom.
Dr. Mazlina Abdul Majid, Phd.
Sondang Sibuea, S.Kom., M.Kom.
Dedi Setiadi, ST., MM.
Mohammad Narji, S.Kom., M.Kom.
Agung Suryatno
Binastya Anggara Sekti

Alamat Redaksi	Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Mohammad Husni Thamrin Kampus A Universitas Mohammad Husni Thamrin Jl. Raya Pondok Gede No. 23 - 25, Kramat Jati, Jakarta Timur 13550 Telp. (021) 8096411 ext. 1218, Hp: 085718767171

Kata Pengantar

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas terbitnya *Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer (JTIK)*. Jurnal ini merupakan media publikasi ilmiah yang bertujuan untuk menyebarluaskan hasil penelitian, pengembangan, dan inovasi di bidang teknologi informasi dan komputer. JTIK berkomitmen menjadi wadah bagi akademisi, peneliti, praktisi, dan mahasiswa untuk berbagi pengetahuan serta berkontribusi terhadap kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi melalui publikasi ilmiah yang berkualitas.

Ruang lingkup JTIK mencakup berbagai bidang yang berkaitan dengan perkembangan ilmu komputer dan penerapan teknologi informasi, antara lain rekayasa perangkat lunak, sistem informasi, kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), pembelajaran mesin (*machine learning*), sains data (*data science*), pengolahan citra dan visi komputer, jaringan komputer, keamanan informasi, komputasi, teknologi berbasis web dan perangkat bergerak, serta pengembangan dan implementasi sistem pendukung keputusan. Selain itu, JTIK juga membuka ruang bagi penelitian mengenai analisis data, visualisasi informasi, transformasi digital, dan penerapan teknologi informasi dalam berbagai sektor, termasuk pendidikan, kesehatan, pemerintahan, bisnis, industri, dan bidang lain yang relevan.

Melalui cakupan keilmuan tersebut, JTIK mendorong publikasi penelitian yang tidak hanya berkontribusi terhadap pengembangan teori dan metodologi, tetapi juga menghadirkan solusi inovatif atas berbagai permasalahan nyata. Kami meyakini bahwa kolaborasi antara perkembangan ilmu komputer, kebutuhan pengguna, dan penerapan teknologi dapat menghasilkan manfaat yang luas bagi organisasi, masyarakat, serta dunia akademik.

Dewan editor berupaya menjaga kualitas publikasi melalui proses editorial dan penelaahan ilmiah yang memperhatikan relevansi topik, kejelasan metodologi, kebaruan penelitian, serta kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan. Kami juga mengapresiasi peran para penulis, mitra bestari (*reviewer*), dan seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam mendukung keberlangsungan penerbitan JTIK.

Kami berharap JTIK dapat terus berkembang sebagai sarana diseminasi hasil penelitian yang kredibel, inklusif, dan berkelanjutan, sekaligus mendorong pertukaran gagasan serta kolaborasi ilmiah di tingkat nasional maupun internasional. Semoga publikasi yang disajikan dapat memberikan wawasan baru, menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya, dan mendukung pemanfaatan teknologi informasi dan komputer secara bertanggung jawab serta bermanfaat bagi masyarakat.

Maret 2026

Pemimpin Redaksi

e-ISSN (online): **2622-8475**
p-ISSN (cetak): **2656-9957**

DAFTAR ISI

Implementation of the TOPSIS Method in a Website-Based Hospital Employee Performance Evaluation System to Improve Assessment Objectivity
Izzah Farikhah, A. Aviv Mahmudi, Fajar Sodiq 1-18

Analysis of the Contribution of Open Source Software in Improving the Cost Efficiency of Information Technology Infrastructure at SMAN 1 Cicurug Using a Machine Learning Approach
Azharudin, Uus Firdaus, Haikal Ali Hakim, Mutiara Nur Handayani 19-28

Design and Development of Web-Based Cooperative Financial Applications at SMP Negeri 7 Prabumulih
Prederika Tri Pebiyolanda, Andi Christian, Nurmayanti 29-37

Classification of Indonesian Batik Patterns Using Convolutional Neural Network with MobileNetV3 Architecture
Aldi Ardiansyah, Tinaliah 38-53

Analysis of Tableau Dashboard Visualization for Efficiency and Accuracy in Industrial Decision Making
Dedy Susanto, Syaeful Anas Aklani, Mangapul Siahaan 54-72

Introduction to the Pasigala Website-Based Historical Site
Rizka Fadliah Nur, Muliadi 73-87

Evaluating the Impact of AI-Driven Decision Support Systems on Organizational Performance in the Digital Economy
Soleman 88-100

YOLO in Suspicious Human Activity Recognition for Intelligent Environmental Security Systems: A Review
Yohanes Bowo Widodo, Sondang Sibuea, Rano Agustino, Mohammad Narji 101-119

IoT-Based Water Quality Monitoring System Using ESP32 with NSF-WQI Method on Various Water Sources
Ulfa Niswatul Khasanah, Moh. Mimbar Fauzi, Fatra Nonggala Putra,Imroatul Fatikha Kurniati, Januar Gilang Ramadhan 120-138

Zero-Day Attack Detection Using Autoencoder and XGBoost
Mujibbur Rohman, Dharmayanti 139-154

Comparative Analysis of Indihome and Starlink Network Performance at the Banda Aceh City Office Ookla
M. Ulul Azmy, Firmansyah 155-168

A Comparative Study of DenseNet-201 and Swin Transformer for Malignant and Benign Skin Lesion Classification
Dahlan Hidayat, Ahmad Musyafa, Murni Handayani 169-184

User Interface and User Experience Design for Character Development System Web Application at State Vocational School 56 Jakarta Based on Prototypes with The User Centered Design Method
Miftahudin Rifki, Verdi Yasin, Anton Zulkarnain Sianipar 185-200

Application of Artificial Neural Network in Estimating Harvest Time of Lettuce and Spinach Plants in

Analysis of IT Service Management at PT Bukit Asam Tbk using the ITIL V4 Framework
Alda Putri Zahara, Yulhendi, Adi Widiantono, Qori Halimatul Hidayah 211-227

Performance Evaluation of ARIMA, LSTM, and Hybrid ARIMA–LSTM Models for Daily Solar Energy Prediction in Bali
Aslimah, Sajarwo Anggai, Tukiyat 228-242

Applying SEO Methods (On-Page and Off-Page) to Optimize the Ranking of the Top Herbal Atsiri Website
Chelsy Jelita Chinta Putri Herwindo, Endang Sulistiyani.... 243-259

Comparison of Faster R-CNN and YOLO v12 on Passport Text Extraction Based on Optical Character Recognition
Masniari Samosir, Sajarwo Anggai, Taswanda Taryo 260-276

Digital Business Model Development through the Implementation of a Smart Tuition Payment System
Laqma Fitrani, Angga Lisdiyanto, Masti Fatchiyah Maharani, Yerezqy Bagus, Dina Zatusiva haq 277-295

Zero Trust Network Architecture Design For Mid-Scale Organizations
Nurul Kamila, Makhsun, Sudarno 296-306

Implementation of Information System and Software Quality Testing in Company Operational Applications Based on ISO/IEC 25010 (Case Study: PT Snapdev Digital Indonesia)
Chairul Anwar, Rahmat Hartono 307-325

Application of Transfer Learning Method on Convolutional Neural Network (CNN) to Identify Genuine and Fake Diplomas
Rifa Awaludin, Anggun Fergina, Gina Purnama Insany 326-336

Application of Data Mining to Analyze Sales Patterns of Merchandise in MSMEs in Sait Buttu Saribu Tourism Village Using the Apriori Algorithm
Khofifah Fauzani, Ali Ikhwan 337-356

East Java Inflation Prediction Based on Exchange Rates and International Trade Using the ARIMAX Approach
Nafisah Zahrotun, Rizky Aditya Nugroho, Awang Andhyka 357-373

Design of Web-Based Warehouse: A Case Study of Web-Based Project Equipment Inventory System Using Waterfall Method
Handa Gustiawan, Hesti Rian, Akbar Muhamad Irfan 374-382

Comparison of ResNet50, ResNet101, and ResNet152 Architectures in Image-Based Rice Leaf Disease Classification
Ardi Setyiawan, Anindita Septiarini, Andi Tejawati 383-398

Implementation of Temporal Fusion Transformer (TFT) for Short-Term Sales Prediction of Telkomsel Data Packages in East Java
Muhammad Azkiya Akmal, Trimono, Alfan Rizaldy Pratama 399-413

Implementation of Multidimensional Enterprise Architecture for Optimizing Suka Nanti Village-Owned Enterprises
Repaldo, Yogi Isro Mukti, Risnaini Masdalipa 414-431

The Influence of HRIS on the Effectiveness of New Employee Data Processing with the TAM
Yahdi Kusnadi, Keiko Angel Shantiony 432-440

Development of a Web-Based Library Management Monitoring System at State Senior High School 7 Kupang
Heppy Hanatris Auw, Maria M. B. Sogen, Diana Yanni Ariswati Fallo 441-460

Android-Based Car Rental System with Customer Risk Management for MSMEs
Ridwansyah 461-479

Analysis of Information Technology Services Using the ITIL V.4 Framework on the Ferizy E-Ticketing Application of PT. ASDP Indonesia Ferry, Merak Branch
Fyrsty Ashra Nisa, Yulhendri 480-495

Measuring Information Security Awareness at Muhammadiyah University of Palembang Using HAIS-Q
M. Rizky Mahendra, Catur Eri Gunawan, Freddy Kurnia Wijaya 496-506

Design and Construction of an IPL Payment Monitoring Information System Using a Website-Based Agile Method (Case Study: Situ Indah Kedaung Sawangan)
Rahmat Hartono, Chairul Anwar 507-525

Library Information System Implementation MTs Ittihaadul Umam Depok Case Study
Ahmad Ishaq, Achmad Sumbaryadi, M. Ikhsan Saputro, Rame Santoso, Toni Sukendar 526-541

Design of a Web-Based Information System for the Registration and Numbering of Notarial and PPAT Deeds
Maulidya Hanifah Sitepu, Eko Budiarto, Irfan Afriantoro 542-562

Implementation of Data Mining Using the C4.5 Algorithm to Predict Customer Satisfaction
Muhamad Ryansyah, Priatno, Muhammad Ridwan Effendi 563-576

Analytical Dashboard Information System Audit Using COBIT 5 Framework to Support PT Vinix Seven Aurum's Decisions
Chamila Meyra Aziza, Nina Sulistiyowati, Apriade Voutama 577-594

E-Learning Website Development at the Tulungagung Regency BNN Using the Laravel Framework with an Extreme Programming (XP) Approach
Ardana Halim Wiradhika, Fahrur Rozi, Taufiq Agung Cahyono 595-614

Design and Implementation of a Mobile-Based Export-Import Digital Document Security System Using the AES-256 Encryption Algorithm to Ensure Data Confidentiality and Integrity
Bayu Adi Prasetyo, Rio Kurniawan, Suhendro Yusuf Irianto, Amnah 615-630

Web-Based Menu Ordering Information System using QR Code with Waterfall Method at Bravura Café
Suherman, Shelly Octaviani, Irfan Afriantoro 631-647

Implementation of Integrated Virtual Counseling in a Laravel-Based E-Learning System
Nawang Rimarsha Alifdyani, Joko Iskandar, Yayak Kartika Sari 648-666

Multi-Sentence Contextual Modeling using Transformer Architecture for Arithmetic Operation Identification in Mathematical Word Problems
Cikal Dwidyanto, Agung Prasetya, Mohamad Khoirul Ansor 667-684

English Educational Game Development Using Unity with a Gamification Approach for Elementary School Students
Irfan Afriantoro, Desvi Ramadhani Syafitri, Candra Naya 685-701

User Behavior Analysis on a Simulated Academic Information Website Using the Microsoft Clarity Heatmap Method
Nisa Ayu Cahyaningrum, Taufiq Agung Cahyono, Joko Iskandar 702-719

Design and Construction of a Website-Based Village Service System with Chatbot Integration Using the Extreme Programming Method (Case Study: Wonorejo Village, Sumbergempol)
Dea Preciosa Santyana Putri, Mohamad Khoirul Ansor, Joko Iskandar 720-740

Data Integration Approaches for AI-Ready Data Architecture: A Comparative Review of Relational Databases, Data Warehouses, and Knowledge Graphs
Kodrat Mahatma, Mamok Andri Senubekti, Binastya Anggara Sekti 741-757

Optimization of User-Based Collaborative Filtering Movie Recommendation System Using Mean-Centering and Overlap Weighting on Cosine Similarity
Arif Rohmadi, Ery Permana Yudha, Bambang Widoyono 758-769

Data Mining Analysis of Student Perceptions of ChatGPT Usage Using the C4.5 Algorithm
Alifia Maulani, Prastyadi Wibawa Rahayu, I Made Dwi Ardiada 770-782

K-Means Analysis of West Java Coastal Capture Fish Production to Increase Fisheries Productivity
Siti Salwa Azzahra, Fatia Amalia Maresti, Kiki Mustaqim 783-798

Development of Native Android-based Attendance Application using MVVM Architecture
Abdul Aziz, Sulistyo Puspitodjati 799-813

Literature Review on the Development of an AI-Based Humanoid Chatbot for UII IT Centrum Services
Rafa Radhitya Riyanto, Rahadian Kurniawan 814-825

Implementation of the BiLSTM Model for Detecting AI-Generated Indonesian Text
Rafli Moehammad Alif, Syaiful Alam, Chandra Dewi Lestari 826-834

Development of a Rental Vehicle Tax Monitoring System Using the RAD Method and Automated Reminder Notifications
Yulia Hapsari, Wiranty, Desi Apriyanty, Alem Pameli, Fakhri Irawan, Lenno Nardo 835-847

Design of a Local Game News Website Using the Waterfall Method and the Laravel Framework
Royan Habibie Sukarna, Fatwaraga Rafsanjani, Fitri Damyati, Haries Anom Susetyo Aji Nugroho 848-862

Sentiment Analysis of the Indonesian Megathrust Earthquake and Tsunami Issue Using BERT and Roberta Methods
Hendra Rahman, Taswanda Taryo, Sudarno Wiharjo 863-888

Development of a Scratch-Based Interactive Educational Game (Gesabat) to Enhance Learning Motivation and Mathematical Thinking Speed Among Junior High School Students
Dwi Rubiyanto, Nur Fajrie, Eko Darmanto 889-896

Website-Based Implementation of Convolutional Neural Networks for Real Face and Deepfake Image Detection
Dimas Aditya Nugraha, Syariful Alam, Chandra Dewi Lestari 897-907

Design and Development of the ANTASENA Mobile-Based Emergency Reporting Application Using the Extreme Programming Method
Farhan Faturrachman, Imam Maruf Nugroho, Meriska Defriani 908-919

Clustering of Islamic Religious Education Learning Outcomes Using K-Means and Silhouette Score
Samsul Muaripin, Sugiyatno 920-943

Analysis of Student Sentiments towards the Use of Artificial Intelligence in Education Using the Naïve Bayes Algorithm
Stevannie Evanjelica Lourensia, Ni Made Satvika Iswari, Eddy Muntina Dharma 944-958

Design and Development of a Web-Based Smart Waste Bank Using the Waterfall Method at the Sari Asri Waste Bank
Muhammad Achidus Syiblih, Muhammad Imron Rosadi 959-971

A Convolutional Neural Network Classifies Intestinal Diseases Using Endoscopic Images
Gunawan, Muhtar, Lili Ruhyana, Danang Kristioko Legowo, Abdul Firman Mulyatno, Muhamad Rizki Ramadhan 972-983

Development of an Internet of Things-Based Medical Equipment Asset Tracking System Using ESP32 and GPS NEO-6M
Danang Kristioko Legowo, Muhtar, Lili Ruhyana, Gunawan, Abdul Firman, Mulyatno Adrian Dwichaya 984-995

Design of a Web-Based Information System for Selecting Field Work Practice (PKL) Sites at SMK Negeri 2 Padang
Tia Nuraini, Thomson Mary, Ami Anggraini Samudra 996-1004

Development of Marker-Based Augmented Reality Educational Media for Introducing Traditional Indonesian Musical Instruments
Rahil Athari, Sarini Vita Dewi, Raihan Islamadina 1005-1018

Design of a 360° Camera-Based Virtual Tour of the Iskandar Muda Fort's History
Khadhijah, Raihan Islamadina 1019-1037

Web-Based Machine Learning Implementation for Product Demand Prediction at BLE'E Coffee Cakung MSME
Devhin Devara, Mesra Betty Yel 1038-1047

Classification of Consumer Sentiment towards Muslim Fashion Products Using TF-IDF and Machine Learning
Rahmayani, Irfan Nurudin 1048-1064

Web-Based Recommendation System for Dessert Spots in the Renon Area Using the Content-Based Filtering Method
Dhea Rosalin Insoraky Rumbiak, I Made Dwi Ardiada, Prastyadi Wibawa Rahayu 1065-1073

Implementation of the TOPSIS Method in a Website-Based Hospital Employee Performance Evaluation System to Improve Assessment Objectivity

Izzah Farikhah [1)*)], A. Aviv Mahmudi [2)], Fajar Sodiq [3)]

[1)2)3)]Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas YPPI Rembang
[*)]**Correspondence author**: izzahfarikhah495@gmail.com, Rembang, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3181

Abstract

The rapid development of information technology has led to transformation in various fields, one of which is the health sector. Digitalization encourages public service institutions to adapt to new systems to increase efficiency, speed, and accuracy of services in hospitals. This study is based on the manual employee performance evaluation process at Bhina Bhakti Husada Hospital, which causes the assessment to take longer, is prone to errors, and has the potential to cause bias between units or assessors. This study aims to develop a Website-based Decision Support System using the TOPSIS Method. The study was conducted using data collection methods through observation, interviews, and literature studies while implementing Rapid Application Development (RAD) for system development. The TOPSIS method is used to calculate preference values based on ten assessment criteria. The results of the study show that the system is able to calculate employee ratings automatically, display a performance dashboard, and generate reports in PDF format. The system can improve the efficiency of assessment time, maintain objectivity through standardized criteria weights, while providing different access for admins, assessors, employees, and leaders. The results of the study are also in line with previous studies that state the TOPSIS Method is effective for performance assessment, this study also provides new contributions through the integration of the TOPSIS Method in a real-time website-based system. The system can be developed with several other features for the benefit of Hospital Management to make performance more flexible.

Keywords: *Decision Support System, TOPSIS Method, Performance Evaluation, RAD, Website*

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi yang sangat pesat menyebabkan adanya transformasi di berbagai bidang salah satunya bidang Kesehatan, digitalisai mendorong Lembaga layanan publik untuk menyesuaikan dengan adanya sistem baru demi meningkatkan efisiensi, kecepatan, dan ketepatan layanan di rumah sakit. Penelitian ini berdasarkan proses penilaian evaluasi kinerja karyawan Rumah Sakit Bhina Bhakti Husada yang masih manual menyebabkan penilaian memakan waktu lebih lama, rawan kesalahan, dan berpotensi menimbulkan bias antar unit atau penilai. Dalam penelitian ini mempunyai tujuan mengembangkan Sistem Pendukung Keputusan berbasis Website dengan menggunakan Metode TOPSIS. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan studi literatur sekaligus menerapkan *Rapid Application Development* (RAD) untuk pengembangan sistem. Metode TOPSIS digunakan untuk menghitung nilai preferensi berdasarkan sepuluh kriteria penilaian. Hasil penelitian menunjukkan sistem mampu menghitung peringkat karyawan secara otomatis, menampilkan dashboard performa, dan menghasilkan laporan dalam format PDF. Sistem dapat meningkatkan efisiensi waktu penilaian, menjaga objektivitas melalui bobot kriteria yang terstandart, sekaligus menyediakan akses berbeda bagi admin, penilai, karyawan dan pimpinan. Hasil penelitian juga sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan Metode TOPSIS efektif untuk penilaian kinerja, penelitian ini juga memberikan kontribusi baru melalui integrasi Metode TOPSIS dalam sistem berbasis website secara *real-time*. Sistem dapat dikembangkan dengan beberapa fitur lainnya untuk kepentingan Manajemen Rumah Sakit supaya kinerja lebih fleksibel.

Kata Kunci: Sistem Pendukung Keputusan, Metode TOPSIS, Evaluasi Kinerja, RAD, Website

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi yang sangat pesat menyebabkan adanya transformasi di berbagai bidang salah satunya bidang Kesehatan, digitalisai mendorong Lembaga layanan publik untuk menyesuaikan dengan adanya sistem baru demi meningkatkan efisiensi, kecepatan, dan ketepatan layanan di rumah sakit (Andriani et al., 2022). Penggunaan teknologi informasi di rumah sakit tidak hanya terbatas pada layanan Kesehatan tetapi melibatkan Manajemen Sumber Daya Manusia (SDM). Akan tetapi sekitar 72% rumah sakit di Indonesia masih mengandalkan metode manual yang digunakan untuk menilai kinerja karyawan, data tersebut berdasarkan informasi yang di keluarkan oleh kementerian Kesehatan tahun 2024, pernyataan tersebut menandakan bahwa Tingkat digitalisasi dalam manajemen SDM masih sangat rendah, sedangkan pengelolaan SDM yang lebih efektif sangat penting untuk mempertahankan kualitas layanan secara berlanjut (Chandra et al., 2025).

Evaluasi kinerja karyawan merupakan bagian penting dalam sistem penilaian kinerja, tujuannya untuk mengukur kontribusi setiap orang dalam pencapaian tujuan organisasi (Setyawati et al., 2024). Namun masih banyak rumah sakit melakukan evaluasi secara manual menggunakan formulir seperti Microsoft Excel atau dokumen fisik, proses ini memakan waktu lebih lama, rentan terhadap kesalahan, dan kurang selektif terutama menangani data dalam jumlah besar (Mentari, 2020). Kondisi seperti ini menyebabkan adanya keterlambatan dalam proses evaluasi yang berdampak pada penurunan kualitas layanan dan kepuasan pasien atau pengunjung.

Salah satu Solusi meningkatkan proses penilaian karyawan dengan cara menggunakan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) berfungsi sebagai alat bantu dalam memilih alternatif terbaik berdasarkan kriteria-kriteria tertentu (Supriyono, 2024). Dari seluruh Metode yang di gunakan dalam SPK, *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutin* (TOPSIS) merupakan salah satu metode yang terkenal menghasilkan keputusan secara objektif melalui perbandingan jarak setiap alternatif dengan solusi ideal positif maupun negatif (Agusli R et al., 2020).

Meskipun SPK berhasil diterapkan pada beberapa rumah sakit, faktanya Rumah Sakit Bhina Bhakti Husada masih menggunakan proses penilaian secara manual dengan

menggunakan formulir fisik dan Microsoft excel. Kondisi seperti ini dapat menyebabkan proses hasil evaluasi selesai lebih dan rentan menyebabkan bias antar divisi.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa Metode TOPSIS banyak digunakan dalam Sistem Pendukung Keputusan dengan berbagai tujuan salah satunya penilaian kinerja karyawan. Pada penelitian (Nugraha, 2024) Metode TOPSIS digunakan untuk evaluasi kinerja karyawan berdasarkan lima kriteria utama, penelitian yang dilakukan (Nilasari et al., 2024) Metode Topsis digunakan untuk perekrutan karyawan baru agar proses lebih cepat, sedangkan penelitian (Ariany, 2025) menggabungkan Metode TOPSIS dan OWH untuk menilai kinerja logistik agar lebih objektif. Dari penelitian sebelumnya ternyata masih memiliki kekurangan saat melakukan penilitian diantaranya belum terintegrasi secara real-time, atau belum menggunakan teknologi canggih seperti sistem website untuk menangani data secara dinamis dan adaptif.

Berdasarkan permasalahan tersebut peneliti akan berupaya menjawab melalui pertanyaan "Bagaimana penerapan Metode TOPSIS dalam Sistem Pendukung Keputusan berbasis Website dapat meningkatkan objektifitas dan efisiensi penilaian kinerja karyawan di Rumah Sakit Bhina Bhakti Husada?". Penelitian ini bebeda dengan penelitian sebelumnya, karena menggabungkan Metode TOPSIS dalam sistem yang berbasis website dengan kemampuan akses data yang *real-time*.

Tujuan utama penelitian ini mengembangakan Sistem Pendukung Keputusan untuk menilai kinerja karyawan menggunakan Metode TOPSIS pada Rumah Sakit Bhina Bhakti Husada. Sistem diharapkan membantu mengotomatisasi proses evaluasi kinerja dengan hasil yang lebih cepat, terbuka dan *real-time*. Sekaligus memberikan kontribusi dalam pengembangan model Sistem Pendukung Keputusan berbasis website dibidang Manajemen Sumber Daya Manusia pada institusi pelayanan publik.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini merupakan penelitian rekayasa sistem (*Sistem Development Research*) atau dikenal dengan *Design Science Research,* dalam konteks akademik internasional *Design Science Research* merupakan penelitian dengan hasil akhir berupa produk atau sistem yang fungsional (Artefak), dibangun dan diuji secara ilmiah untuk

memecahkan masalah. (Amirasari et al., 2024). Penggunaan *Design Science Research* karena mendukung pengembangan artefak berupa Sistem Pendukung Keputusan yang dirancang untuk menyelesaikan permasalahan penilaian kinerja manual di Rumah Sakit Bhina Bhakti Husada.

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Sakit Bhina Bhakti Husada Jl. Pemuda KM 4, Kabupaten Rembang. Subjek penelitian ini melibatkan Manajemen SDM (sebagai admin), Ketua Unit (sebagai penilai), Karyawan, dan Pimpinan yang terlibat sebagai pengguna sistem.

Penelitian ini menggunakan beberapa metode pengumpulan data, yaitu:

1. Observasi

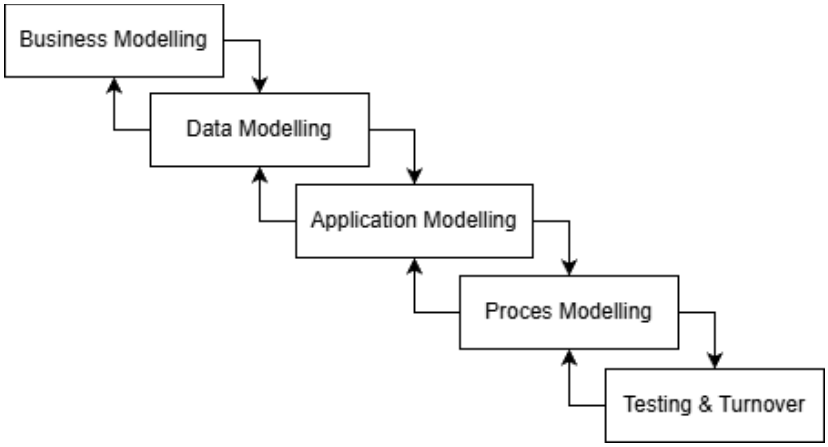
   Melakukan pengamatan secara langsung pada proses evaluasi kinerja karyawan, dengan tujuan memahami alur kerja, pihak siapa saja yang terlibat, serta mekanisme pengumpulan dan pengolahan data kinerja.
2. Wawancara

   Wawancara dilakukan dengan Manajemen SDM dan penilai, dengan tujuan memperoleh informasi mendalam mengenai indikator penilaian, kebijakan evaluasi, proses pernilaian, serta data penilaian kinerja karyawan pada periode sebelumnya yang akan digunakan sebagai bahan uji coba perhitungan dalam sistem.
3. Studi Literatur

   Melakukan pembelajaran mendalam dalam jurnal, buku, artikel, penelitian terdahulu, dan dokumen yang relevan. Dengan tujuan memperkuat landasan teori mengenai Sistem Pendukung Keputusan, Metode TOPSIS, dan model pengembangan sistem.

Pada penelitian ini dalam metode pengembangan sistem yang digunakan adalah *Rapid Application Development* (RAD). *Rapid Application Development* (RAD) merupakan metodologi pengembangan sistem yang berfokus pada kecepatan dan fleksibilitas dalam menghasilkan aplikasi (Pricillia, 2021). Alasan penggunaan RAD dalam pengembangan Sistem Pendukung Keputusan dikarenakan sistem masih membutuhkan penyesuaian selama proses pengembangan terutama masukan dari pihak SDM dan penilai yang membutuhkan hasil pengembangan iteratif dan cepat. Dalam proyek RAD dibagi menjadi modul-modul

kecil yang dikembangkan secara paralel sehingga dapat mempercepat waktu pengembangan tanpa mengorbankan kualitas, berikut gambarannya:



Gambar 1. Metode RAD

Keterangannya sebagai berikut:

a. Business Modelling

Mengidentifikasi kebutuhan informasi, alur proses bisnis, pihak yang mendapatkan informasi, dan pihak yang menggunakan atau memproses informasi tersebut. Dengan jangkau waktu kurang lebih satu minggu.

b. Data Modelling

Menyempurnakan aliran informasi menjadi objek data, menentukan atribut tiap objek, serta mendefinisikan relasi antar objek yang diperlukan untuk mendukung sistem. Dengan jangkau waktu kurang lebih satu minggu.

c. Application Modelling

Mengaplikasikan kebutuhan bisnis dan struktur data menjadi proses sistem yang menggambarkan data diolah menjadi informasi bisnis. Dengan jangkau waktu kurang lebih satu minggu.

d. Proces Modelling

Merancang antar muka dan komponen aplikasi, baik dengan memanfaatkan Kembali komponen yang telah ada maupun membangun komponen baru yang digunakan Kembali. Dengan jangka waktu kurang lebih dua sampai tiga minggu.

e. Testing & Turnover

Melakukan pengujian terhadap seluruh komponen, memperbaiki kekurangan, serta memastikan sistem stabil dan siap diterapkan. Dengan jangka waktu kurang lebih satu minngu.

TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) merupakan salah satu metode pendukung Keputusan yang digunakan untuk memilih alternatif terbaik bardasarkan kedekatan Solusi Ideal Positif & Solusi Ideal Negatif(Agusli R et al., 2020). Berikut Langkah-langkah dalam perhitungan Metode TOPSIS:

1. Menentukan matriks keputusan yang terdiri dari sejumlah alternatif dan kriteria dengan Setiap elemen dalam matriks mencerminkan nilai suatu alternatif terhadap kriteria tertentu.
2. Membentuk matrik ternormalisasi menggunakan rumus:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}}$$

Dimana r_{ij} adalah nilai ternormalisasi, i =1, …, m:j=1, …, n.

3. Membentuk matrik ternormalisasi dengan bobot masing-masing kriteria:

$$v_{ij} = w_j \, x \, r_{ij}$$

Dimana w_j adalah bobot dari kriteria ke- j

4. Menentukan Solusi ideal positif dan negative
   a) Solusi ideal positif (A^+) merupakan nilai terbaik untuk setiap kriteria.

$$A^+ = \{v_1+, v_2+, \dots, v_n+\}$$

   b) Solusi ideal negative (A^-) merupakan nilai terburuk dari setiap kriteria.

$$A^- = \{v_1-, v_2-, \dots, v_n-\}$$

5. Menghitung jarak alternatif ke solusi ideal
   a) Jarak ke Solusi ideal positif (D^+)

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)^2}$$

b) Jarak ke Solusi ideal negatif (D^-)

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^-)^2}$$

6. Menghitung nilai preferensi terhadap Solusi ideal

$$C_i * = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$$

Dimana $C_i *$ merupakan skor kedekatan relative ke- i terhadap Solusi ideal.

7. Menentukan peringkat alternatif, jika alternatif dengan nilai $C_i *$ tertinggi dianggap sebagai alternatif terbaik karena memiliki kedekatan relatif terbesar terhadap solusi ideal.

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan Black Box Testing, yang merupakan teknik pengujian perangkat lunak dengan fokus pengujian aspek fungsional sistem berdasarkan spesifikasi atau kebutuhan tanpa memperhatikan cara sistem diimplementasikan secara internal, dengan tujuan mendeteksi kesalahan dalam fungsi antar muka dan keluaran sistem (Fata et al., 2020). Pengujian akan difokuskan pada beberapa hal dalam Tabel 1. Fokus pengujian sistem sebagai berikut:

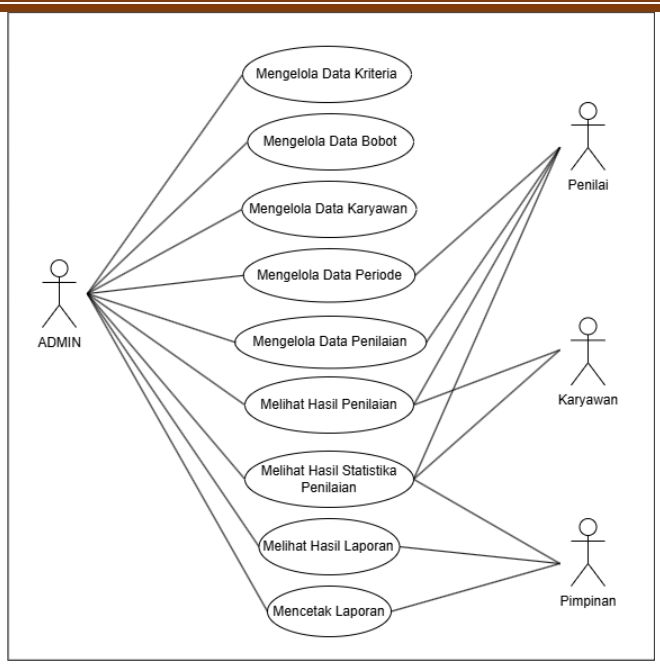
Tabel 1. Fokus Pengujian Sistem

Fokus Uji	Hasil yang diharapkan
Validasi login berdasarkan hak akses	Setiap pengguna hanya dapat mengakases fitur sesuai dengan hak yang telah ditetapkan
Pengelolaan data (kriteria, bobot, karyawan, periode)	Semua fungsi CRUD berjalan tanpa eror
Proses perhitungan TOPSIS	Sistem mengahsilkan normalisasi, bobot, nilai preferensi, dan pringkat secara otomatis dan benar
Input penilaian	Form menerima nilai 1-5 daan bobot decimal tanpa kendala
Tampilan grafik dan laporan PDF	Grafik berubah sesuai periode dan laporan dapat dicetak

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Sistem

Usecase diagram berikut digunakan untuk menggambarkan peran pengguna dan fitur yang mereka akses didalam sistem.



Gambar 2. *Usecase* Diagram Sistem

Keterangan UseCase diagram diatas dengan empat penggunanya:

a. Admin mempunyai hak akses penuh mengelola seluruh data mulai data kriteria, data bobot, data karyawan, data periode, data penilaian hingga mencetak laporan.
b. Penilai mempunyai hak akses untuk memasukan penilaian karyawan kedalam sistem sesuai dengan periode.
c. Karyawan mempunyai hak akses melihat hasil penilaian dan melihat hasil statistika per-periode.
d. Pimpinan mempunyai hak akses untuk melihat laporan penilaian dan hasil statistika per-periode untuk analisa lebih lanjut.

Proses Metode TOPSIS

Menentukan alternatif, Kriteria dan pembobotan kriteria sebagai acuan. Terdapat 6 karyawan pada bulan januari 2025 dijadikan alternatif sampel dalam uji coba sistem dan perhitungan. 6 karyawan tersebut sebagai berikut:

A1= Ayu Novita Puji Hartanti, SST, M.Kesos.

A2= Hapsari Purwaning

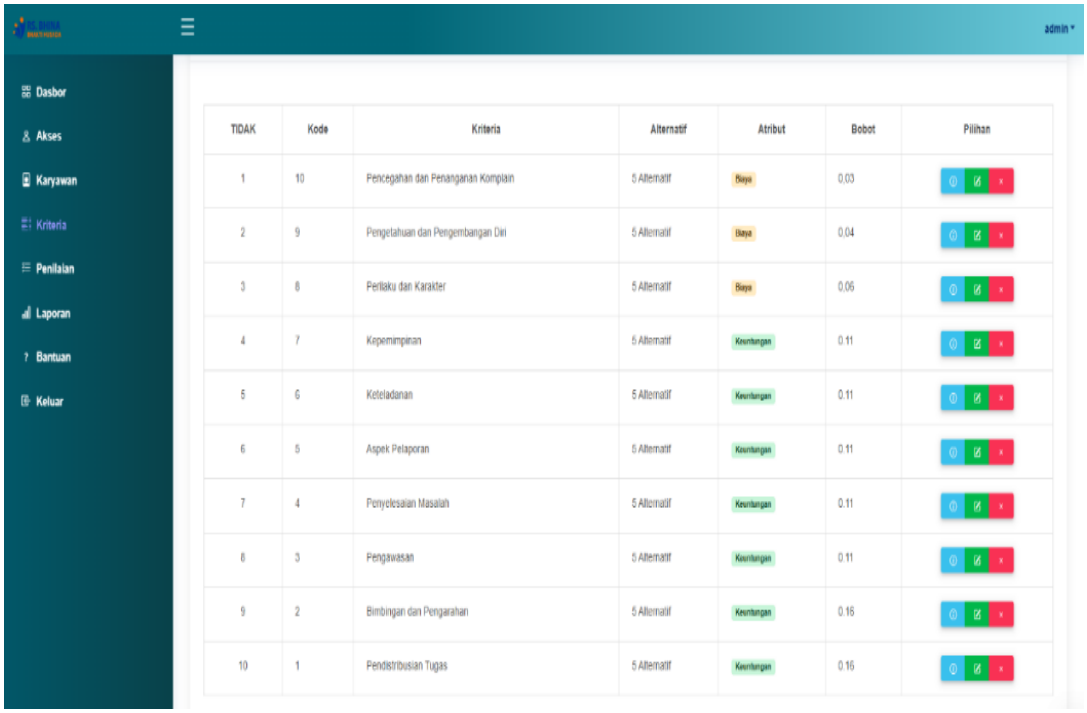
A3= Andini Ramadhanti, S.H.

A4= Wahyu Pramitasari, S.T.P

A5= Filemon Fajar Nugroho, ST.

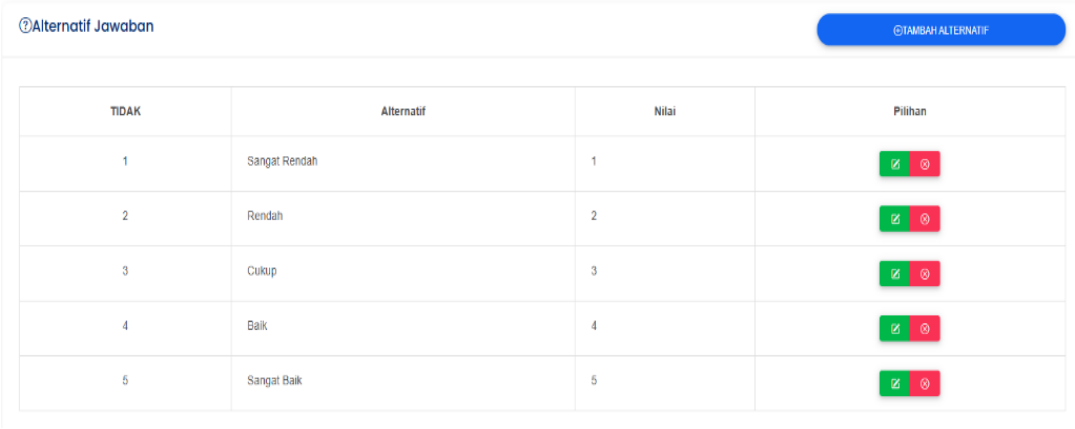
A6= Doni Setiawan, S. Ikom

terdapat 10 kriteria dan bobot yang digunakan untuk penilaian kinerja karyawan



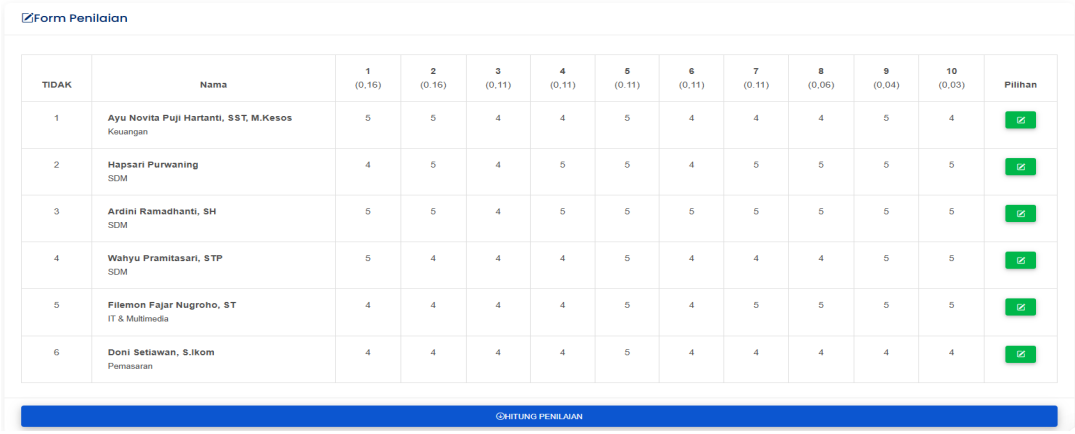
Gambar 3. Halaman Kriteria

Halaman Kriteria hanya dapat diakses oleh admin, dimana admin dapat mengatur kriteria apa saja yang akan digunakan sebagai acuan mulai dari menambahkan, mengubah, dan mengahapus kriteria. Setiap kriteria akan diberikan bobot sesuai tingkat kepentingan yang nantinya akan di olah dalam proses perhitungan. Dan jika ada perubahan dalam kriteria ataupun bobot sistem akan secara otomatis menerapkan kedalam proses perhitungan, sehingga hasil evaluasi akan selalu mengikuti kebijakan terbaru dari manajemen. Dapat dilihat bahwa bobot preferensi berdasarkan tingkat kepentingan kriteria W= (0,16; 0,16; 0,11; 0,11; 0,11; 0,11; 0,11; 0,06; 0,04; 0,03). Dan setiap kriteria akan diberikan nilai alternatif seperti berikut:



Gambar 4. Tabel Alternatif

Dari gambar tabel 3 dan 4 di peroleh rating kecocokan dari setiap alternatif ke setiap kriteria, seperti gambar dibawah ini:



Gambar 5. Form Penilaian

Setelah memasukan angka penilaian sistem akan secara otomatis melakukan perhitungan menggunakan Metode TOPSIS dimulai dari perhitungan Normalisasi, Normalisasi Terbobot, Solusi Ideal, Nilai Preferensi hingga Peringkat Karyawan.

1. Normaliasai (Xij ²)

TIDAK	Nama	1 (0,16)	2 (0,16)	3 (0,11)	4 (0,11)	5 (0,11)	6 (0,11)	7 (0,11)	8 (0,06)	9 (0,04)	10 (0,03)
1	Ayu Novita Puji Hartanti, SST, M.Kesos Keuangan	25	25	16	16	25	16	16	16	25	16
2	Hapsari Purwaning SDM	16	25	16	25	25	16	25	25	25	25
3	Ardini Ramadhanti, SH SDM	25	25	16	25	25	25	25	25	25	25
4	Wahyu Pramitasari, STP SDM	25	16	16	16	25	16	16	16	25	25
5	Filemon Fajar Nugroho, ST IT & Multimedia	16	16	16	16	25	16	25	25	25	25
6	Doni Setiawan, S.Ikom Pemasaran	16	16	16	16	25	16	16	16	16	16
Jumlah (∑i-1)		123	123	96	114	150	105	123	123	141	132
SQRT (∑i-1)		11	11	10	11	12	10	11	11	12	11

Gambar 6. Tabel Normalisasi

2. Normaliasai Terbobot (Xij/SQRT (∑i-1))*Bobot

TIDAK	Nama	1 (0,16)	2 (0,16)	3 (0,11)	4 (0,11)	5 (0,11)	6 (0,11)	7 (0,11)	8 (0,06)	9 (0,04)	10 (0,03)
1	Ayu Novita Puji Hartanti, SST, M.Kesos Keuangan	0,07 Xij = 5 √(∑-1) = 11	0,07 Xij = 5 √(∑-1) = 11	0,04 Xij = 4 √(∑-1) = 10	0,04 Xij = 4 √(∑-1) = 11	0,05 Xij = 5 √(∑-1) = 12	0,04 Xij = 4 √(∑-1) = 10	0,04 Xij = 4 √(∑-1) = 11	0,02 Xij = 4 √(∑-1) = 11	0,02 Xij = 5 √(∑-1) = 12	0,01 Xij = 4 √(∑-1) = 11
2	Hapsari Purwaning SDM	0,06 Xij = 4 √(∑-1) = 11	0,07 Xij = 5 √(∑-1) = 11	0,04 Xij = 4 √(∑-1) = 10	0,05 Xij = 5 √(∑-1) = 11	0,05 Xij = 5 √(∑-1) = 12	0,04 Xij = 4 √(∑-1) = 10	0,05 Xij = 5 √(∑-1) = 11	0,03 Xij = 5 √(∑-1) = 11	0,02 Xij = 5 √(∑-1) = 12	0,01 Xij = 5 √(∑-1) = 11
3	Ardini Ramadhanti, SH SDM	0,07 Xij = 5 √(∑-1) = 11	0,07 Xij = 5 √(∑-1) = 11	0,04 Xij = 4 √(∑-1) = 10	0,05 Xij = 5 √(∑-1) = 11	0,05 Xij = 5 √(∑-1) = 12	0,06 Xij = 5 √(∑-1) = 10	0,05 Xij = 5 √(∑-1) = 11	0,03 Xij = 5 √(∑-1) = 11	0,02 Xij = 5 √(∑-1) = 12	0,01 Xij = 5 √(∑-1) = 11
4	Wahyu Pramitasari, STP SDM	0,07 Xij = 5 √(∑-1) = 11	0,06 Xij = 4 √(∑-1) = 11	0,04 Xij = 4 √(∑-1) = 10	0,04 Xij = 4 √(∑-1) = 11	0,05 Xij = 5 √(∑-1) = 12	0,04 Xij = 4 √(∑-1) = 10	0,04 Xij = 4 √(∑-1) = 11	0,02 Xij = 4 √(∑-1) = 11	0,02 Xij = 5 √(∑-1) = 12	0,01 Xij = 5 √(∑-1) = 11
5	Filemon Fajar Nugroho, ST IT & Multimedia	0,06 Xij = 4 √(∑-1) = 11	0,06 Xij = 4 √(∑-1) = 11	0,04 Xij = 4 √(∑-1) = 10	0,04 Xij = 4 √(∑-1) = 11	0,05 Xij = 5 √(∑-1) = 12	0,04 Xij = 4 √(∑-1) = 10	0,05 Xij = 5 √(∑-1) = 11	0,03 Xij = 5 √(∑-1) = 11	0,02 Xij = 5 √(∑-1) = 12	0,01 Xij = 5 √(∑-1) = 11
6	Doni Setiawan, S.Ikom Pemasaran	0,06 Xij = 4 √(∑-1) = 11	0,06 Xij = 4 √(∑-1) = 11	0,04 Xij = 4 √(∑-1) = 10	0,04 Xij = 4 √(∑-1) = 11	0,05 Xij = 5 √(∑-1) = 12	0,04 Xij = 4 √(∑-1) = 10	0,04 Xij = 4 √(∑-1) = 11	0,02 Xij = 4 √(∑-1) = 11	0,01 Xij = 4 √(∑-1) = 12	0,01 Xij = 4 √(∑-1) = 11

Gambar 7. Tabel Normalisasi Terbobot

3. Metrik Solusi Ideal

#	1 (0,16)	2 (0,16)	3 (0,11)	4 (0,11)	5 (0,11)	6 (0,11)	7 (0,11)	8 (0,06)	9 (0,04)	10 (0,03)
Positif (Manfaat|Maksimal), (Biaya|Minimum)	0,07	0,07	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05	0,02	0,01	0,01
Negatif (Min|manfaat), (Maks|biaya)	0,06	0,06	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01

Gambar 8. Tabel Solusi Ideal

4. Total Preferensi

TIDAK	Nama	Positif	Negatif	Preferensi
1	**Ayu Novita Puji Hartanti, SST, M.Kesos** Keuangan	0,03	0,02	0.4
2	**Hapsari Purwaning** SDM	0,03	0,02	0.4
3	**Ardini Ramadhanti, SH** SDM	0,01	0,03	0,67
4	**Wahyu Pramitasari, STP** SDM	0,03	0,01	0.33
5	**Filemon Fajar Nugroho, ST** IT & Multimedia	0,03	0,01	0,25
6	**Doni Setiawan, S.Ikom** Pemasaran	0,03	0,01	0.33

Gambar 9. Tabel Nilai Preferensi

Hasil Perhitungan dan Analisis

5. Peringkat Karyawan

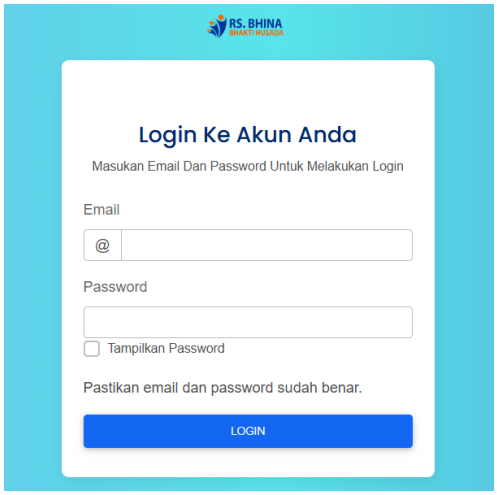
Pangkat	Nama	Jabatan	Preferensi
1	Ardini Ramadhanti, SH	SDM	0,67
2	Ayu Novita Puji Hartanti, SST, M.Kesos	Keuangan	0.4
3	Hapsari Purwaning	SDM	0.4
4	Wahyu Pramitasari, STP	SDM	0.33
5	Doni Setiawan, S. Ikom	Pemasaran	0.33
6	Filemon Fajar Nugroho, ST	TI & Multimedia	0,25

Gambar 10. Tabel Peringkat Hasil Perhitungan

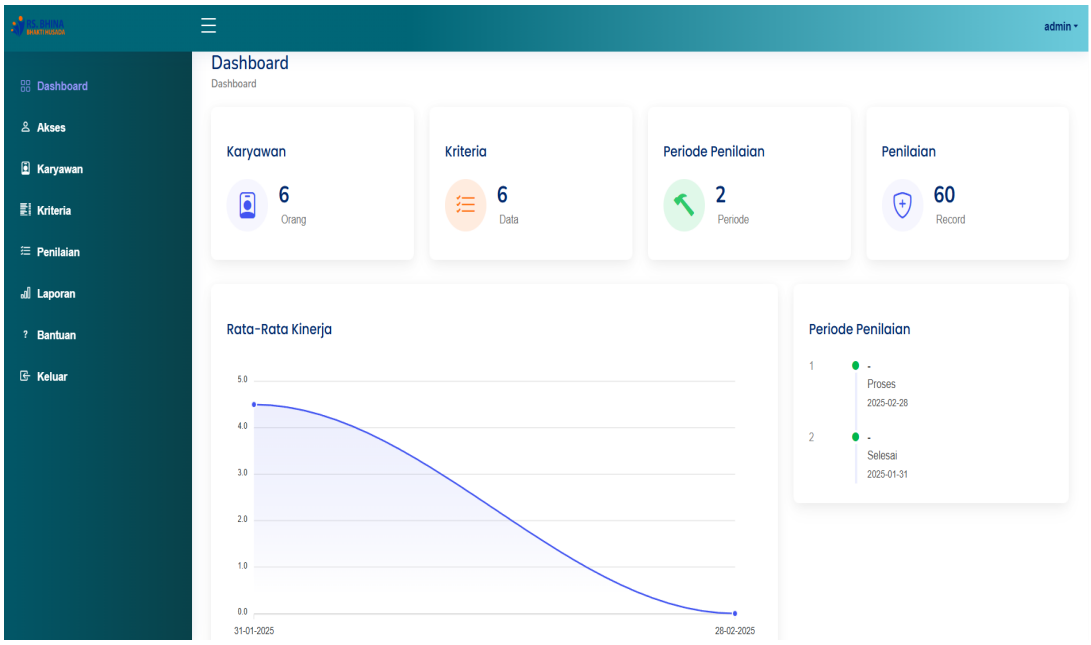
Analisis hasil perhitungan diatas disimpulkan:

- Karyawan Andini Ramadhanti, S.H. (A3) mendapatkan posisi pertama secara konsisten pada beberapa kriteria diantaranya kepemimpinan, penyelesaian masalah, dan penangan komplain, yang menjadi alasan karyawan tersebut menempati peringkat pertama.
- Penggunaan Metode TOPSIS membuat penilaian lebih objektif karena kriteria diperhitungkan berdasarkan bobot bukan hanya pendapat penilai secara objektif, yang dapat membantu mengurangi adanya bias antar unit atau penilai.
- Waktu proses penilaian yang lebih efisien, dimana proses manual sebelumnya membutuhkan waktu sekitar 3-7 hari karena harus mengumpulkan formulir dan menyatukan data kini dapat dilakukan hanya dalam waktu sekitar 1 jam saja.

Tampilan Sistem

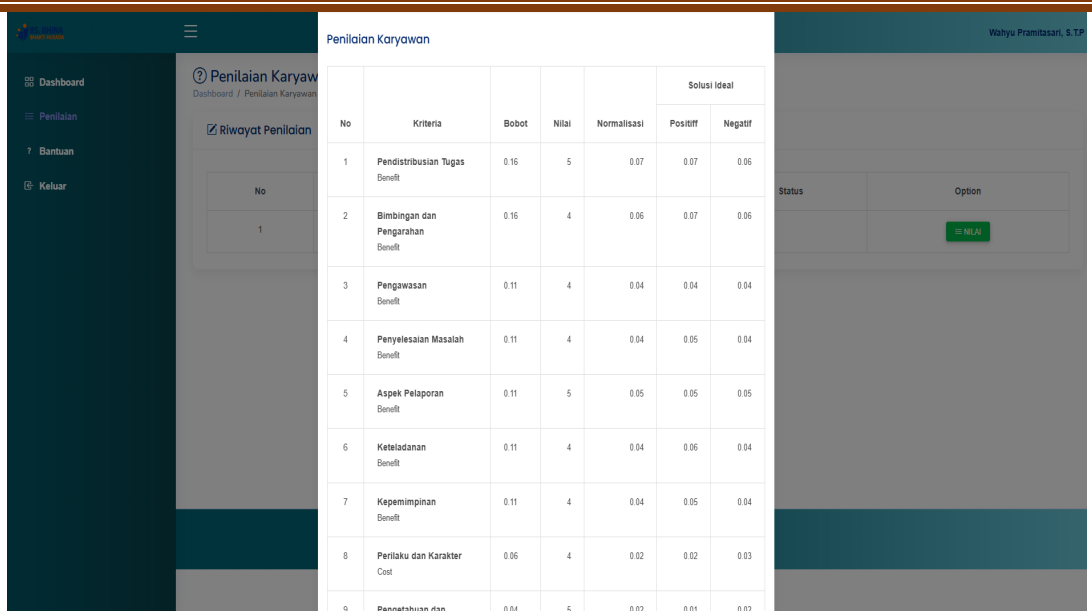


Gambar 11. Halaman Login



Gambar 12. Halaman Dashboard

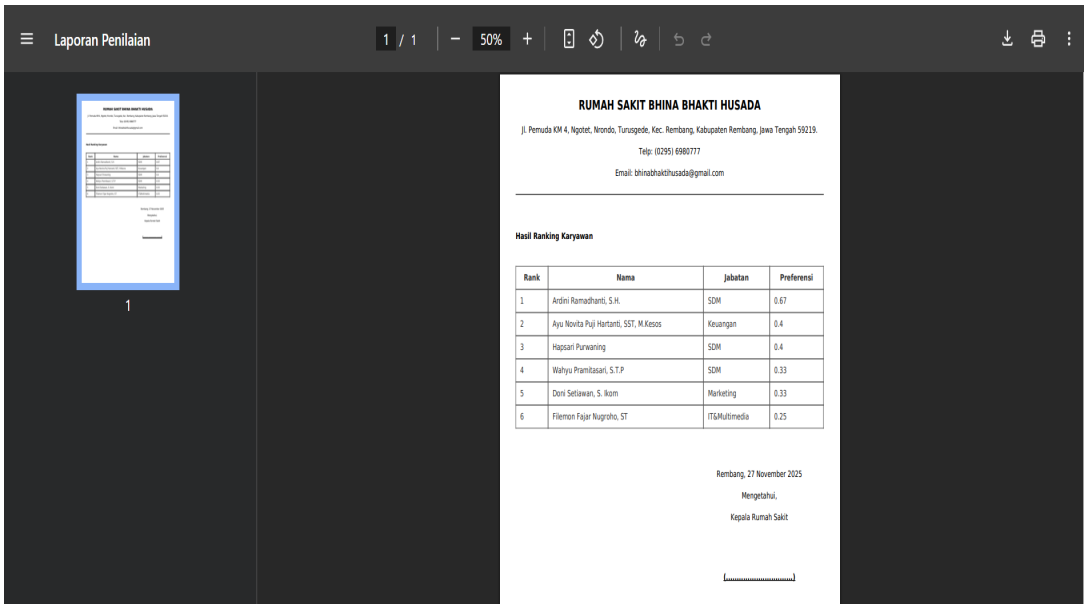
Halaman Dashboard menampilkan ringkasan penilaian dalam bentuk blok informasi data yang tersimpan, sekaligus grafik rata-rata kinerja setiap periode. Ringkasan yang tersedia dapat digunakan pimpinan sebagai analisis dalam pengambilan Keputusan secara cepat dan sesuai dengan data yang diolah.



No	Kriteria	Bobot	Nilai	Normalisasi	Solusi Ideal	
					Positiff	Negatif
1	Pendistribusian Tugas Benefit	0.16	5	0.07	0.07	0.06
2	Bimbingan dan Pengarahan Benefit	0.16	4	0.06	0.07	0.06
3	Pengawasan Benefit	0.11	4	0.04	0.04	0.04
4	Penyelesaian Masalah Benefit	0.11	4	0.04	0.05	0.04
5	Aspek Pelaporan Benefit	0.11	5	0.05	0.05	0.05
6	Keteladanan Benefit	0.11	4	0.04	0.06	0.04
7	Kepemimpinan Benefit	0.11	4	0.04	0.05	0.04
8	Perilaku dan Karakter Cost	0.06	4	0.02	0.02	0.03

Gambar 13. Halaman Hasil Penilaian pada Akses Karyawan

Halaman hasil penilaian untuk karyawan menampilkan rincian perhitungan milik karyawan tersebut dengan detail seperti gambar 13. Pada halaman ini karyawan hanya dapat melihat hasil perhitungan miliknya sendiri, pembatasan akses digunakan untuk memastikan kerahasiaan data dan mencegah karyawan melihat atau membandingkan hasil perhitungan milik karyawan lainnya.



Rank	Nama	Jabatan	Preferensi
1	Ardini Ramadhanti, S.H.	SDM	0.67
2	Ayu Novita Puji Hartanti, SST, M.Kesos	Keuangan	0.4
3	Hapsari Purwaning	SDM	0.4
4	Wahyu Pramitasari, S.T.P	SDM	0.33
5	Doni Setiawan, S. Ikom	Marketing	0.33
6	Filemon Fajar Nugroho, ST	IT&Multimedia	0.25

Gambar 14. Hasil Cetak Laporan

Hasil Laporan dapat dicetak atau diunduh dalam format PDF seperti gambar 15. Fitur tersebut memudahkan pimpinan atau admin dalam mendokumentasikan hasil perhitungan, melampirkan pada laporan resmi ataupun dalam rapat evaluasi.

Pengujian Sistem

Berikut beberapa skenario uji coba sistem yang diuji menggunakan metode Black Box Testing pada Tabel 2. Uji coba sistem:

Tabel 2. Uji Coba Sistem

Pertanyaan Uji Coba	Metode Pengujian	Hasil
Apakah Pengguna dapat login berdasarkan hak akses yang benar?	Memasukan username dan password beberapa pengguna (admin, penilai, karyawan, pemimpin)	Berhasil
Apakah admin dapat menambahkan, mengubah, dan menghapus kriteria?	Menguji seluruh tombol CRUD	Berhasil
Apakah bobot kriteria dapat diinput dengan angka desimal?	Mengisi bobot dengan angka 0,16; 0,11; atau 0,03	Berhasil
Apakah penilai dapat mengisi nilai 1-5 tanpa error?	Mengisi nilai seluruh kriteria karyawan	Berhasil
Apakah sistem dapat menghitung normalisasi bobot, Solusi ideal, dan nilai preferensi secara otomatis?	Menekan tombol “HITUNG PENILAIAN”	Berhasil
Apakah peringkat karyawan muncul otomatis berdasarkan nilai preferensi?	Melihat tabel hasil peringkat	Berhasil
Apakah grafik penilaian tampil sesuai periode?	Melihat grafik penilaian dalam menu dashboard	Berhasil
Apakah laporan dapat dicetak ke format “PDF”?	Klik “Cetak PDF” pada menu laporan	Berhasil
Apakah sistem dapat keluar Kembali ke halaman login?	Klik tombol logout	Berhasil

Keunggulan Sistem

Keunggulan sistem akan terlihat jelas Ketika dibandingan dengan penelitian sebelumnya, dapat dilihat pada Tabel 3. Perbandingan penelitian dibawah ini:

Tabel 3. Perbandingan Penelitian

Aspek	Penelitian saat ini	Penelitian sebelumnya
Sistem *real-time*	Berbasis website & data dapat diperbarui langsung	Banyak yang masih manual & tidak real-time
Hak akses pengguna	Role admin, penilai, karyawan, pimpinan	Tidak menyediakan manjemen hak akses
TOPSIS otomatis	Semua tahapan TOPSIS dihitung otomatis	Banyak yang masih perhitungan manual
Pengujian sistem lengkap	Uji Black Box untuk seluruh fitur	Hanya uji perhitungan TOPSIS
Efisiensi waktu	Penilaian menjadi lebih singkat kurang lebih 1 jam	Tidak fokus pada pengurangan waktu

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini menunjukkan penerapan Metode TOPSIS dalam Sistem Pendukung Keputusan berbasis website terbukti meningkatkan efisiensi proses evaluasi kinerja karyawan, yang sebelumnya membutuhkan waktu 3-7 hari kini dapat terselesaikan dalam waktu kurang lebih 1 jam. Sistem juga menghasilkan perhitungan nilai preferensi dan peringkat secara otomatis sehingga mengurangi potensi kesalahan manual.

Sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan objektivitas penilaian melalui penggunaan bobot kriteria yang terstandar, menyediakan hak akses berdasarkan peran, serta menghasilkan laporan yang cepat dan akurat. Penggunaan dashbor dan grafik juga mempermudah pimpinan dan pengambilan Keputusan berbasis data.

Dari sisi akademik penelitian telah berkontribusi dengan adanya implementasi Metode TOPSIS berbasis website secara real-time dilengkapi dengan integrasi hak akses, yang masih jarang ditemukan pada penelitian sebelumnya. Dalam penelitian ini memperkuat bukti bahwa Metode TOPSIS efektif diterapkan dalam penilaian kinerja karyawan.

Sistem ini masih dapat dikembangkan dengan berbagai fitur seperti notifikasi otomatis, atau versi mobile agar proses evaluasi kinerja lebih fleksibel, adaptif, dan dapat digunakan dalam situasi yang beragam.

REFERENSI

Agusli R, Dzulhaq M, & Irwan F. (2020). Sistem Pendukung Keputusan Penerimaan Karyawan Menggunakan Metode AHP-Topsis. *Academic Journal of Computer Science Research*, *2*. https://journal.global.ac.id/index.php/AJCSR/article/view/286

Amirasari, H., & Andrias, M. S. (2024). Implementation of Design Science for Developing BI Dashboard Employee Engagement Survey. *Quantitative Economics and Management Studies*, *5*(4), 793–804. https://doi.org/10.35877/454ri.qems2699

Andriani, R., Siwi Margianti, R., Septiana Wulandari, D., Bangun Nusantara, V., Soeharso Surakarta, R., & Moewardi Surakarta, R. (2022). Implementasi Sistem Informasi Manajemen Rumah Sakit Untuk Digitalisasi Pelayanan Kesehatan. *Jurnal Manajemen Informasi dan Administrasi Kesehatan*, *05*, 131–141. http://journal.univetbantara.ac.id/index.php/jmiak-rekammedis/article/view/2940

Ariany, F. (2025). Evaluasi Kinerja Divisi Logistik Berbasis Sistem Pendukung Keputusan dengan Pendekatan OWH-TOPSIS. *Jurnal Ilmiah Computer Science*, *3*(2), 101–110. https://doi.org/10.58602/jics.v3i2.49

Ardiansyah, A, Mahendra, GS, Rahayu, PW, Sriyeni, Y, & ... (2024). *Buku Ajar Sistem Pendukung Keputusan*., books.google.com,

Chandra, Y. I., Ruri Irawati, D., Riastuti, M., Jakarta STI, S., BRI No, J., Dalam, R., Baru, K., & Selatan, J. (2025). Perancangan UI/UX Aplikasi Layanan Kesehatan Hewan Menggunakan Design Thinking dan Model Agile Berbasis Web. *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, *26*(1), 184–197. https://doi.org/10.37817/Tekinfo.v26i1

Fata, H. D., Marthasari, G. I., & Azhar, Y. (2020). Sistem Pendukung Keputusan Kelayakan Kredit pada PT. BPR Mitra Catur Mandiri Menggunakan Metode Credit Scoring. *REPOSITOR*, *2*(5), 649–658. https://ejournal.umm.ac.id/index.php/repositor/article/view/30630

Mentari, M. (2020). JIP (Jurnal Informatika Polinema) Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Rumah Sakit Dengan Pelayanan Rawat Inap Terbaik. *Jurnal Informatika Polinema*, *06*, 55–62. https://jurnal.polinema.ac.id/index.php/jip/article/view/2544

Nilasari, R. P., Wahyudi, F. A., & Firdaus, M. (2024). Decision Support System For New Employee Selection In Cv. Kalia Utama Nusantara Uses Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution Method. In *International Journal Computer Technology* (Vol. 1, Issue 1). https://https://ijct.indiepress.id/index.php/ijct/70

Nugraha, A. H. (2024). Bulletin Of Computer Science Research Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Kinerja Karyawan Menggunakan Metode TOPSIS. *Media Online)*, *5*(1), 33–40. https://doi.org/10.47065/bulletincsr.v5i1.433

Pertiwi, C, & Diana, A (2020). Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Karyawan Terbaik Menggunakan Metode AHP Dan SAW. *Bit (Fakultas Teknologi Informasi* ..., journal.budiluhur.ac.id, https://journal.budiluhur.ac.id/bit/article/view/1000

Pricillia, T. (2021). Survey Paper: Perbandingan Metode Pengembangan Perangkat Lunak (Waterfall, Prototype, RAD). *Jurnal Sekolah Tinggi Teknologi Indonesia Tanjung Pinang*, *10*. https://doi.org/https://doi.org/10.52771/bangkitindonesia.v10i1.153

Setyawati, Z., Husniyah, J., & Iza, M. (2024). PT. Media Akademik Publisher. *JMA)*, *2*, 3031–5220. https://doi.org/10.62281

Supriyono, S. (2024). *Sistem Informasi Manajemen*. https://www.researchgate.net/publication/386565915

Sulianta, F (2025). *Dasar dan Konsep Sistem Pendukung Keputusan*., books.google.com,

Analysis of the Contribution of Open Source Software in Improving the Cost Efficiency of Information Technology Infrastructure at SMAN 1 Cicurug Using a Machine Learning Approach

Azharudin [1)*)], Uus Firdaus [2)], Haikal Ali Hakim [3)], Mutiara Nur Handayani [4)]

[1)2)3)4)]Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Djuanda
[*)]**Correspondence author**: azharudin@unida.ac.id, Bogor, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3184

Abstract

The development of information technology (IT) globally has driven digital transformation in various sectors, including education. The rapid development of information technology (IT) in the education sector necessitates efficient and cost-effective infrastructure management. Budget limitations remain a major challenge for educational institutions in providing adequate hardware and software resources. Open Source Software (OSS) has emerged as a viable alternative due to its potential to reduce licensing costs while maintaining system functionality. This study aims to analyze the contribution of Open Source Software to improving the cost efficiency of information technology infrastructure at SMAN 1 Cicurug using a machine learning approach. This research employs IT inventory data consisting of Windows-based computers, Chromebooks, and smartphone devices utilized by the school community. Infrastructure cost data collected before and after OSS implementation were analyzed using machine learning algorithms, particularly regression and clustering techniques, to identify cost-saving patterns and efficiency levels. The application of machine learning enables an objective, data-driven evaluation of the financial impact of OSS adoption. The findings demonstrate that the implementation of Open Source Software significantly reduces software licensing costs and overall IT infrastructure maintenance expenses. Additionally, the use of machine learning models proves effective in supporting strategic decision-making related to IT infrastructure management. These results indicate that OSS adoption can serve as a sustainable and scalable solution for educational institutions seeking to enhance cost efficiency in information technology infrastructure.

Keywords: *Open Source Software, Cost Efficiency, IT Infrastructure, Machine Learning, Education*

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi (TI) secara global telah mendorong transformasi digital di berbagai sektor, termasuk pendidikan. Perkembangan teknologi informasi (TI) di sektor pendidikan menuntut pengelolaan infrastruktur yang efisien, khususnya dalam aspek biaya. Keterbatasan anggaran sering menjadi kendala bagi sekolah dalam memenuhi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang memadai. *Open Source Software* (OSS) menjadi alternatif strategis karena mampu mengurangi biaya lisensi tanpa mengorbankan fungsi sistem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kontribusi penggunaan *Open Source Software* dalam meningkatkan efisiensi biaya infrastruktur teknologi informasi di SMAN 1 Cicurug dengan menggunakan pendekatan *machine learning*. Penelitian ini menggunakan data inventaris perangkat TI yang meliputi komputer berbasis sistem operasi Windows, *Chromebook*, serta perangkat *smartphone* yang digunakan oleh warga sekolah. Data biaya infrastruktur sebelum dan sesudah penerapan OSS dianalisis menggunakan algoritma machine learning, khususnya metode regresi dan klasterisasi, untuk mengidentifikasi pola penghematan biaya serta tingkat efisiensi yang dihasilkan. Pendekatan ini memungkinkan analisis yang lebih objektif dan berbasis data dalam mengevaluasi dampak penggunaan OSS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi *Open Source Software* berkontribusi signifikan terhadap penurunan biaya lisensi perangkat lunak dan pemeliharaan infrastruktur TI. Selain itu, penggunaan *machine learning* terbukti efektif dalam mendukung pengambilan keputusan strategis terkait pengelolaan infrastruktur TI. Oleh karena itu, OSS dapat menjadi solusi berkelanjutan bagi institusi pendidikan dalam meningkatkan efisiensi biaya teknologi informasi.

Kata Kunci: *Open Source Software*, Efisiensi Biaya, Infrastruktur TI, *Machine Learning*, Pendidikan

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi (TI) secara global telah mendorong transformasi digital di berbagai sektor, termasuk pendidikan. Menuut Budiman (2017) bahwa Teknologi dapat meningkatkan kualitas dan jangkauan apabila digunakan secara bijak untuk pendidikan dan latihan, dan mempunyai arti yang sangat penting bagi kesejahteraan. Pemanfaatan infrastruktur TI menjadi elemen penting dalam mendukung pembelajaran berbasis digital, administrasi sekolah, serta akses terhadap sumber belajar yang luas dan terbuka. Seperti pendapat Jamun (2018) teknologi pembelajaran terus mengalami perkembangan seiring dengan perkembangan zaman. Dalam pelaksanaan pembelajaran sehari-hari kita sering jumpai adanya pemfaatan dari perkembangan Teknologi dalam dunia pendidikan, seperti yang sering dilakukan oleh guru atau dosen yaitu mengkombinasikan alat teknologi dalam peroses pembelajaran. Namun, peningkatan penggunaan teknologi ini juga berdampak pada meningkatnya biaya pengadaan perangkat keras, lisensi perangkat lunak, dan pemeliharaan sistem TI. Kondisi tersebut menimbulkan urgensi bagi institusi pendidikan untuk menerapkan strategi pengelolaan infrastruktur TI yang efisien, berkelanjutan, dan berbasis kebutuhan nyata.

Pada tingkat nasional, institusi pendidikan di Indonesia menghadapi tantangan keterbatasan anggaran dalam pengelolaan infrastruktur TI. Penggunaan perangkat lunak berlisensi komersial masih mendominasi lingkungan pendidikan, sehingga menimbulkan beban biaya yang signifikan dalam jangka panjang. Sementara itu, kebijakan transformasi digital pendidikan menuntut pemanfaatan teknologi yang inklusif dan efisien. *Open Source Software* (OSS) menjadi alternatif yang relevan karena menawarkan kebebasan lisensi, fleksibilitas pengembangan, serta kemampuan adaptasi terhadap kebutuhan institusi pendidikan. Menurut Pramono (2005) Komersialisasi perangkat lunak secara berlebihan (baca meraup keuntungan sebanyak-banyaknya) oleh perusahaan-perusahaan raksasa akhirnya memunculkan reaksi dari kalangan ahli perangkat lunak (hacker2). Meski demikian, implementasi OSS di lingkungan sekolah sering kali belum disertai dengan analisis kuantitatif yang komprehensif mengenai kontribusinya terhadap efisiensi biaya infrastruktur TI.

Pada tingkat lokal, SMAN 1 Cicurug mengalami peningkatan penggunaan perangkat TI yang meliputi komputer berbasis sistem operasi *Windows, Chromebook*, serta perangkat *smartphone* yang digunakan oleh warga sekolah dalam kegiatan pembelajaran dan administrasi.

Menurut Verawati, dkk(2019) Kecanggihan teknologi yang semakin pesat membuat handphone lebih berharga dibandingkan lainnya sehingga lebih suka membaca di dalam handphone dibandingkan buku. Keberagaman perangkat dan platform ini menuntut strategi pengelolaan perangkat lunak yang tepat agar biaya operasional TI dapat dikendalikan secara optimal.

Namun, evaluasi terhadap dampak penggunaan OSS terhadap efisiensi biaya infrastruktur TI di sekolah tersebut masih bersifat deskriptif dan belum memanfaatkan pendekatan analitik berbasis data. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan penggunaan pendekatan machine learning untuk menganalisis kontribusi *Open Source Software* dalam meningkatkan efisiensi biaya infrastruktur TI di SMAN 1 Cicurug. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan analisis yang objektif, akurat, dan mendukung pengambilan keputusan strategis berbasis data dalam pengelolaan infrastruktur teknologi informasi di lingkungan sekolah.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis perbandingan biaya infrastruktur teknologi informasi di SMAN 1 Cicurug sebelum dan sesudah implementasi Open Source Software.
2. Mengukur kontribusi penggunaan Open Source Software terhadap peningkatan efisiensi biaya infrastruktur teknologi informasi di SMAN 1 Cicurug.
3. Mengidentifikasi pola penggunaan perangkat TI terhadap biaya infrastruktur teknologi informasi menggunakan pendekatan machine learning.
4. Menerapkan dan mengevaluasi model machine learning sebagai alat analisis dan pendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan infrastruktur teknologi informasi di SMAN 1 Cicurug.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif-analitis. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur dan menganalisis efisiensi biaya infrastruktur teknologi informasi (TI) sebelum dan sesudah penerapan Open Source Software (OSS), sedangkan metode analitis diterapkan untuk menginterpretasikan pola data menggunakan pendekatan machine learning.

Penelitian ini dilaksanakan di SMAN 1 Cicurug, Kabupaten Sukabumi. Waktu penelitian berlangsung selama Agustus – Desember 2025 meliputi tahap pengumpulan data, pengolahan data, analisis, dan penyusunan laporan penelitian.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh perangkat teknologi informasi yang digunakan di SMAN 1 Cicurug, yang terdiri dari 80 unit komputer berbasis sistem operasi Windows, 80 unit Chromebook, dan 336 perangkat smartphone yang digunakan oleh warga sekolah. Mengingat jumlah populasi yang terjangkau, penelitian ini menggunakan teknik sampling jenuh, sehingga seluruh populasi dijadikan sebagai sampel penelitian.

Teknik sampling yang digunakan adalah sampling jenuh (census sampling), yaitu teknik pengambilan sampel dengan menggunakan seluruh anggota populasi sebagai sampel penelitian. Teknik ini dipilih untuk memperoleh gambaran data yang menyeluruh dan akurat mengenai kondisi infrastruktur TI di SMAN 1 Cicurug.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi:

a. Observasi, untuk mengidentifikasi jenis perangkat TI dan perangkat lunak yang digunakan.
b. Dokumentasi, berupa data inventaris perangkat TI, biaya lisensi perangkat lunak, serta biaya pemeliharaan infrastruktur sebelum dan sesudah penerapan OSS.
c. Studi pustaka, untuk mendukung landasan teori terkait Open Source Software, efisiensi biaya, dan machine learning.

Dalam penelitian ini terdapat beberapa alat dan bahan yang digunakan, diantara lain yaitu:

1. Perangkat keras: komputer/laptop dengan spesifikasi minimal prosesor Intel Core i3, RAM 8 GB, dan penyimpanan 256 GB.
2. Perangkat lunak: sistem operasi berbasis open source (misalnya Linux), bahasa pemrograman *Python*, serta pustaka machine learning seperti *NumPy, Pandas, Scikit-*

learn, dan Matplotlib.

3. Data penelitian: data biaya infrastruktur TI dan data inventaris perangkat sebelum dan sesudah implementasi OSS.

Analisis data dilakukan menggunakan pendekatan machine learning, yang meliputi:

1. Analisis deskriptif, untuk menggambarkan kondisi biaya infrastruktur TI.
2. Regresi, untuk menganalisis hubungan antara penggunaan OSS dan efisiensi biaya.
3. Klasterisasi, untuk mengelompokkan perangkat berdasarkan karakteristik biaya dan tingkat efisiensi.Seluruh proses analisis dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python.

Hasil analisis data disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan diagram guna memudahkan interpretasi dan perbandingan kondisi biaya sebelum dan sesudah penerapan *Open Source Software.*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Subjek penelitian ini adalah seluruh perangkat teknologi informasi yang digunakan di SMAN 1 Cicurug, yang terdiri dari 80 unit komputer berbasis sistem operasi *Windows,* 80 unit *Chromebook*, dan 336 perangkat *smartphone* yang digunakan oleh warga sekolah dalam kegiatan pembelajaran dan administrasi. Perangkat-perangkat tersebut memiliki karakteristik penggunaan yang berbeda, baik dari sisi sistem operasi, kebutuhan perangkat lunak, maupun biaya lisensi dan pemeliharaan. Variasi karakteristik ini menjadi dasar dalam menganalisis kontribusi *Open Source Software* (OSS) terhadap efisiensi biaya infrastruktur teknologi informasi.

1. Analisis Univariat

Analisis univariat dilakukan untuk menggambarkan masing-masing variabel penelitian secara deskriptif. Variabel yang dianalisis meliputi jenis perangkat, biaya lisensi perangkat lunak, dan biaya pemeliharaan infrastruktur TI. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebelum penerapan OSS, komponen biaya terbesar berasal dari lisensi perangkat lunak pada komputer berbasis Windows. Setelah penerapan OSS, terjadi penurunan signifikan pada biaya lisensi, khususnya pada perangkat yang menggunakan sistem operasi dan aplikasi berbasis *open source*. Hal ini menunjukkan bahwa OSS berperan

penting dalam menekan biaya operasional TI secara keseluruhan.

2. Analisis Bivariat

Analisis bivariat dilakukan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel, yaitu penggunaan *Open Source Software* dan efisiensi biaya infrastruktur TI. Hasil analisis regresi menunjukkan adanya hubungan negatif antara penggunaan OSS dan total biaya infrastruktur TI, yang berarti semakin tinggi tingkat pemanfaatan OSS, semakin rendah biaya yang dikeluarkan. Hubungan ini terlihat jelas pada perangkat komputer dan *Chromebook* yang sepenuhnya atau sebagian menggunakan perangkat lunak *open source*, dibandingkan dengan perangkat yang masih bergantung pada perangkat lunak proprietary.

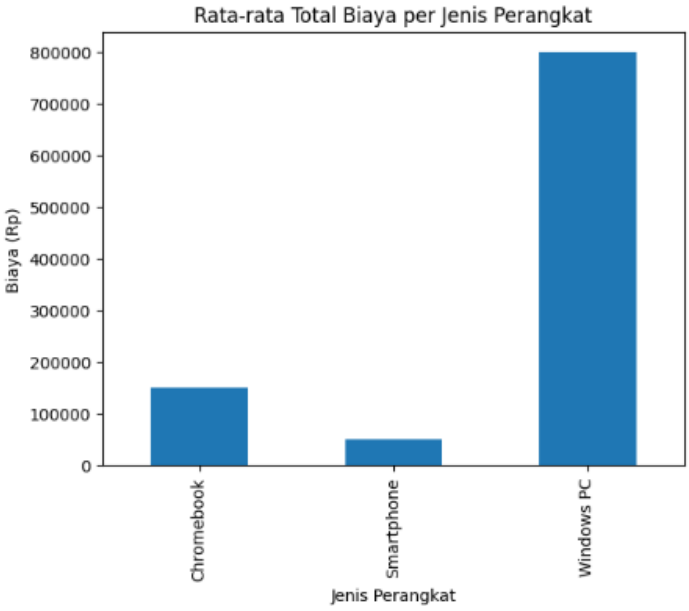
3. Analisis Multivariat

Analisis multivariat dilakukan dengan menggunakan pendekatan machine learning, khususnya metode klasterisasi, untuk mengelompokkan perangkat berdasarkan jenis, tingkat penggunaan OSS, dan biaya infrastruktur TI. Hasil klasterisasi menunjukkan terbentuknya beberapa kelompok perangkat dengan karakteristik efisiensi biaya yang berbeda. Kelompok perangkat dengan tingkat adopsi OSS yang tinggi menunjukkan biaya lisensi dan pemeliharaan yang lebih rendah dibandingkan kelompok dengan adopsi OSS yang rendah.

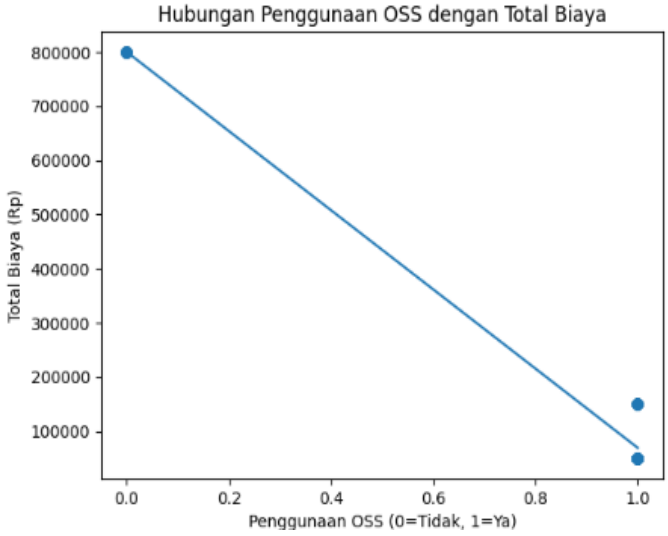
Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan OSS secara konsisten dan terintegrasi memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi biaya infrastruktur TI.

Tabel 1. Biaya Lisensi, Biaya Pemeliharaan, Total Biaya

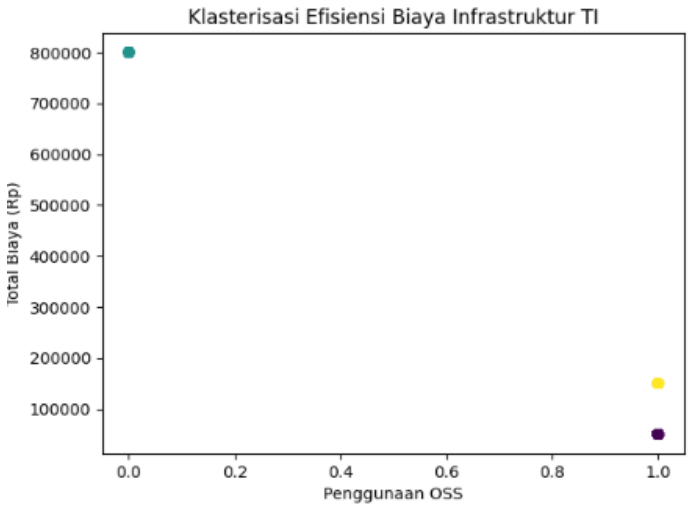
Perangkat	Biaya_Lisensi	Biaya_Pemeliharaan	Total_Biaya
Chromebook	0.0	150000.0	150000.0
Smartphone	0.0	50000.0	50000.0
Windows PC	500000.0	300000.0	800000.0



Gambar 1. Diagram Rata-Rata Total Biaya Per Jenis Perangkat



Gambar 2. Diagram Hubungan Penggunaan OSS dengan Total Biaya



Gambar 3. Diagram Klasterisasi Efesiensi Biaya Infrastruktur TI

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan Open Source Software (OSS) memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi biaya infrastruktur teknologi informasi di SMAN 1 Cicurug. Penerapan OSS terbukti mampu menurunkan biaya lisensi perangkat lunak serta mengurangi biaya pemeliharaan infrastruktur TI, khususnya pada perangkat komputer dan Chromebook yang menggunakan sistem dan aplikasi berbasis open source.

Hasil analisis univariat menunjukkan adanya penurunan rata-rata biaya operasional TI setelah implementasi OSS. Analisis bivariat mengindikasikan hubungan negatif antara penggunaan OSS dan total biaya infrastruktur TI, yang berarti semakin tinggi tingkat pemanfaatan OSS, semakin rendah biaya yang dikeluarkan. Selanjutnya, analisis multivariat menggunakan pendekatan machine learning memperlihatkan bahwa perangkat dengan tingkat adopsi OSS yang lebih tinggi tergolong dalam klaster dengan biaya infrastruktur yang lebih efisien dibandingkan perangkat yang masih bergantung pada perangkat lunak proprietary.

Pendekatan machine learning terbukti efektif dalam mengidentifikasi pola efisiensi biaya dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam pengelolaan infrastruktur TI. Dengan demikian, implementasi Open Source Software yang didukung oleh analisis

berbasis machine learning dapat menjadi strategi yang efektif dan berkelanjutan bagi institusi pendidikan dalam mengelola infrastruktur teknologi informasi secara efisien.

REFERENSI

Budiman, H. (2017). *Peran teknologi informasi dan komunikasi dalam pendidikan*. *Al-Tadzkiyyah: Jurnal Pendidikan Islam, 8*(1), 31–43

Bogart, C, K‰stner, C, Herbsleb, J, & Thung, F (2021). When and how to make breaking changes: Policies and practices in 18 open source software ecosystems. ... *Transactions on Software ...*, dl.acm.org, https://doi.org/10.1145/3447245

Fingerhuth, M, Babej, T, & Wittek, P (2018). Open source software in quantum computing. *PloS one*, journals.plos.org, https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0208561

Fortunato, L, & Galassi, M (2021). The case for free and open source software in research and scholarship. *Philosophical Transactions of ...*, royalsocietypublishing.org, https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0079

Hoffmann, M, Nagle, F, & Zhou, Y (2024). The value of open source software. *Harvard Business School Strategy ...*, papers.ssrn.com, https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4693148

Jamun, Y. M., Ntelok, Z. R. E., & Jediut, M. (2025). *Hubungan pemanfaatan smartphone sebagai sumber belajar dengan prestasi belajar siswa sekolah dasar*. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran, 8*(1), 1254–1259

Kurniawan, D., & Riadi, I. (2018). Analisis efisiensi biaya teknologi informasi menggunakan pendekatan open source. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK), 5*(3), 287–294.

Klimt, J, Eiling, N, Wege, F, Baude, J, & Monti, A (2023). The role of open-source software in the energy sector. *Energies*, mdpi.com, https://www.mdpi.com/1996-1073/16/16/5855

Nagle, F (2019). Open source software and firm productivity. *Management Science*, pubsonline.informs.org, https://doi.org/10.1287/mnsc.2017.2977

Putra, A. S., & Wahyudi, M. (2020). Penerapan machine learning untuk analisis data pendidikan. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi), 4*(5), 835–842.

Pramono, G. (2004). *Penggunaan software bebas (GNU/Linux) dalam pendidikan*. *Jurnal Teknodik, 8*(15). https://doi.org/10.32550/teknodik.v4i15.380

Pinto, G, Ferreira, C, Souza, C, & ... (2019). Training software engineers using open-source software: the students' perspective. ... *on Software* ..., ieeexplore.ieee.org, https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8802111/

Saputra, R., & Hidayat, T. (2022). Efisiensi pengelolaan infrastruktur teknologi informasi berbasis open source. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer, 10*(1), 45–53.

Silitonga, R., & Pratama, A. (2022). *Analysis of open source software adoption in educational institutions. Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, 5(2), 45–53.

Verawati, E. C. (2019). *Pemanfaatan Android dalam dunia pendidikan*. *Prosiding Seminar Nasional Program Pascasarjana Universitas PGRI Palembang.*

Design and Development of Web-Based Cooperative Financial Applications at SMP Negeri 7 Prabumulih

Prederika Tri Pebiyolanda [1)*)], Andi Christian [2)], Nurmayanti [3)]

[1)2)3)]Program Studi Komputerisasi Akuntansi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Prabumulih
[*)]**Correspondence author**: pebiprederika@gmail.com, Prabumulih, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.2899

Abstract

The school cooperative is one of the supporting facilities for students' economic activities that plays an important role in providing school supplies and training students' independence and responsibility. The space is usually used by students to conduct transactions between students and cooperative officers. Currently, the cooperative of SMP Negeri 7 Prabumulih serves students in recording goods purchase transactions still using a conventional system. The method of inputting financial reports at this institution has used Microsoft Excel for monthly reports and manual recording in books, but the system used is still manual. This condition has the potential to cause various problems, such as delays in preparing reports, recording errors, and ineffective archiving of financial data. The purpose of this study is to create a Web-based Application to facilitate the Cooperative of SMP Negeri 7 Prabumulih in inputting financial reports, processing, and presenting financial data in a structured and systematic manner. The research method used in this study is a qualitative descriptive method with data collection in the form of observation, interviews and literature studies. The type of data used is qualitative data and data sources consist of primary and secondary data. System development is carried out using a prototype method to be able to adjust to user needs gradually. This web-based application uses the PHP programming language, a MySQL database, and PDF formats for reporting. Research shows that the application can improve the efficiency of cooperative financial management, minimize recording errors, and facilitate management in producing accurate and timely financial reports.

Keywords: *Inputting Financial Reports, Application, Web*

Abstrak

Koperasi sekolah merupakan salah satu fasilitas penunjang kegiatan ekonomi siswa yang berperan penting dalam menyediakan kebutuhan perlengkapan sekolah serta melatih kemandirian dan tanggung jawab siswa. Ruang yang biasa dimanfaatkan siswa dalam melakukan transaksi antara siswa serta petugas koperasi. Saat ini koperasi SMP Negeri 7 Prabumulih melayani siswa dalam melakukan pencatatan transaksi pembelian barang masih menggunakan sistem konvensional. Cara penginputan laporan keuangan pada Lembaga ini sudah menggunakan pencatatan Microsoft exel untuk laporan bulanan dan pencatatan manual pada buku, namun sistem yang digunakan masih manual. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan, sepertu keterlambatan penyusunan laporan, kesalaha pencatatan, serta kurang efektifnya pengarsipan data keuangan. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sebuah Aplikasi berbasis Web untuk memudahkan Koperasi SMP Negeri 7 Prabumulih dalam penginputan laporan keuangan, pengolahan, dan penyajian data keuangan secara terstruktur dan sistematis. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kualitatif dengan pengumpulan data berupa observasi, wawancara dan studi pustaka. Jenis data digunakan yaitu data kualiatif serta sumber data terdiri dari data primer dan data sekunder. Pengembangan sistem dilakukan menggunakan metode prototype agar dapat menyesuaikan kebutuhan pengguna secara bertahap. Aplikasi ini dibuat berbasis Web dengan Bahasa pemprograman PHP,database MySQL dan untuk mencetak laporan menggunakan pdf. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan keuangan koperasi, meminimalkan kesalahan pencatatan , serta memudahkan pihak pengelola dalam menghasilkan laporan keuangan yang akurat dan tepat waktu.

Kata Kunci: Penginputan Laporan Keuangan, Aplikasi, *Web*

PENDAHULUAN

Teknologi di era sekarang ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Dimana dengan adanya perkembangan tersebut membuat teknologi dengan cepat merambah ke semua sudut negara tidak terkecuali negara Indonesia. Perkembangan teknologi juga dapat dibuktikan dengan terciptanya berbagai aplikasi baik berbasis *website* maupun *mobile* yang mempercepat dalam pengolahan data menjadi sebuah informasi. Salah satu informasi yang sering digunakan dalam perusahaan yaitu informasi keuangan. Pada saat ini sudah banyak sekali aplikasi keuangan yang dapat di gunakan dalam mengolah informasi keuangan diantaranya yaitu Accurate, Myob dan Zahir. (Ujang Khairullah ; 2019).

SMP N 7 Prabumulih merupakan sekolah menengah pertama, memiliki fasilitas koperasi sekolah yang bertujuan untuk menyejahterakan siswa siswi dibidang alat-alat perlengkapan sekolah atau keperluan sekolah. SMP N 7 Prabumulih mulai berdiri pada tanggal 05 juli tahun 1999 di Kelurahan Tanjung Rambang, Kecamatan Rambang Kapak Tengah, Kota Prabumulih provinsi Sumatera Selatan. Pencatatan keuangan pada koperasi SMP N 7 Prabumulih ini telah menggunakan *Microsoft exel*, namun untuk pencatatan buku besar nya masih secara manual tentunya menghambat dalam memanajemen keuangan. Selain itu, kesalahan dalam penyajian informasi keuangan sangat mungkin terjadi.

Berdasarkan permasalahan diatas penulis akan memberikan solusi dengan merancang sebuah aplikasi pengolah data keuangan agar mempermudah dalam penginputan data keuangan dan memberikan rancangan yang sederhana sehingga mudah dipahami. Garis besar dari aplikasi ini yaitu mengumpulkan data keuangan untuk seluruh transaksi diinput kedalam sebuah sistem yang akan secara otomatis menyusunnya menjadi laporan keuangan yang utuh sehingga dapat mempermudah dalam pengambilan keputusan.

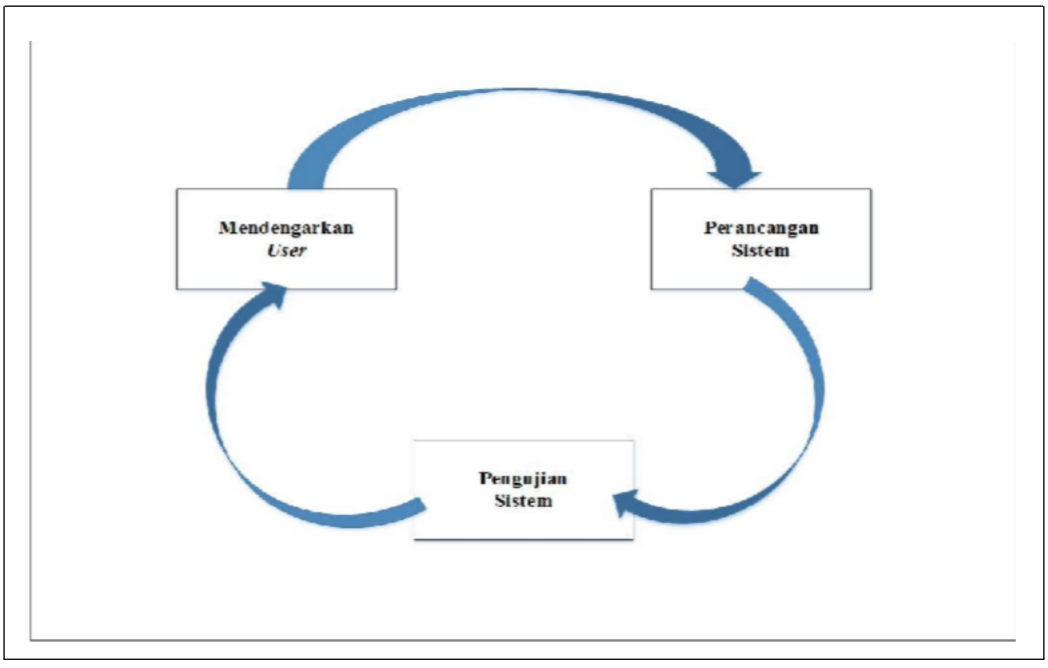
Berdasarkan latar belakang diatas maka, penulis mengambil judul Tugas Akhir "Rancang Bangun Aplikasi Keuangan Koperasi Pada SMP Negeri 7 Prabumulih Berbasis *Web*". Dengan adanya aplikasi ini diharapkan dapat mempermudah proses pencatatan data-data transaksi menjadi sebuah laporan keuangan.

METODE PENELITIAN

Metode pengembangan sistem yang akan penulis gunakan adalah metode *prototype.* Metode *prototype* menurut Titania Pricilia, Zulfachmi (2021) metode *prototype$* merupakan suatu teknik untuk mengumpulkan informasi tertentu mengenai kebutuhan-kebutuhan informasi pengguna secara cepat.

Keterangan menurut gambar diatas alur dari model *Prototype* sebagai berikut:

1. Mendengarkan *User/*analisis kebutuhan *user.* Tahap ini melakukan proses pengumpulan data-data terkait dalam penelitian dan kebutuhan sistem yang akan dikembangkan.
2. Perancangan sistem atau pembuatan *prototype*. Pada tahap ini melakukan proses perancangan atau membuat *prototype* dari sistem yang akan dibuat.
3. Pengujuian sistem. Tahap ini melakukan proses pengujian terhadap sistem yang dibuat kemudian dilakukan evaluasi.



Sumber : Yusniar, dkk (2020:14)

Gambar 1. Metode *Prototype*

HASIL DAN PEMBAHASAN

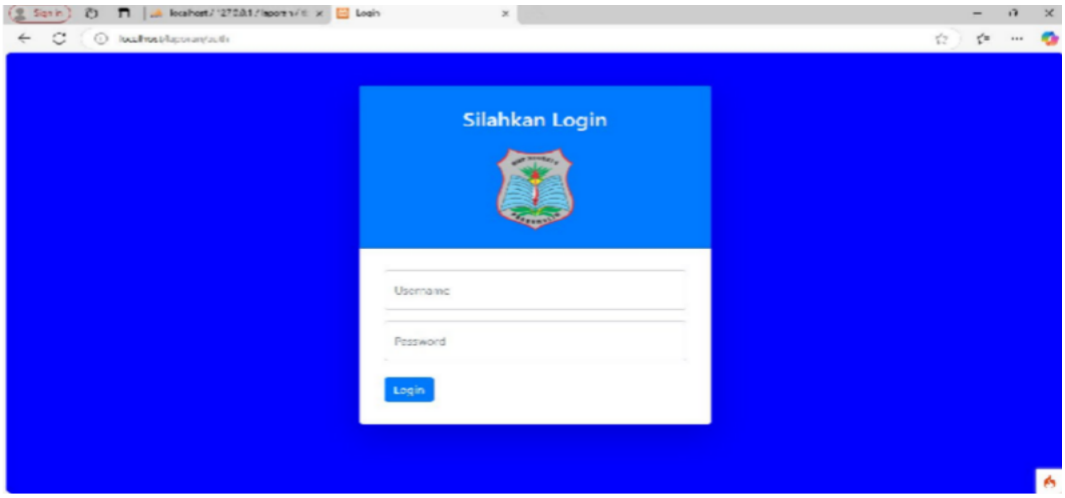
Hasil dan pembahasan dalam merancang Aplikasi Laporan Keuangan berbasis *web* dan untuk *database* menggunakan *Mysql* serta menggunakan *Xampp* sebagai *server.* Selain itu, aplikasi ini juga terdiri dari 7 tampilan *Form* yaitu *form login,* tampilan barang masuk, tampilan barang keluar, tampilan kas masuk, kas keluar, data laporan, data user.

Pada tampilan dibawah ini merupakan tampilan dasar saat *user* melakukan *login*. Pada saat *user* melakukan *login*, maka *user* akan diarahkan ke menu utama. Berikut merupakan tampilan dari halaman *login*.



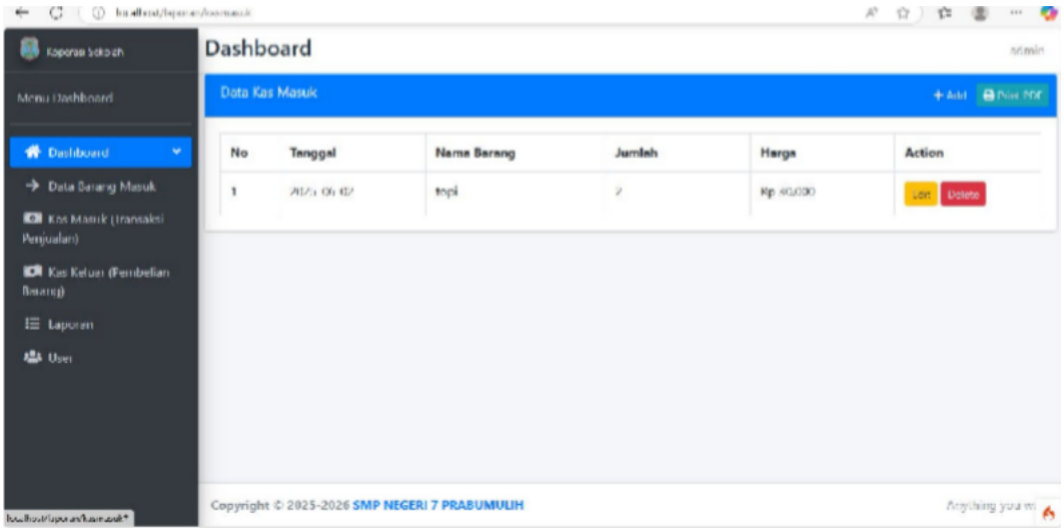
Gambar 2. Tampilan Halaman Depan

Adalah tampilan halaman awal dalam sistem aplikasi laporan keuangan.



Gambar 3. Tampilan Halaman Login

Adalah tampilan halaman awal dalam sistem aplikasi laporan keuangan yang dimana tampilan dari menu login yang didalamnya terdapat *email* dan *password* sehingga admin harus mengisi terlebih dahulu untuk masuk kedalam aplikasi yang telah disediakan.



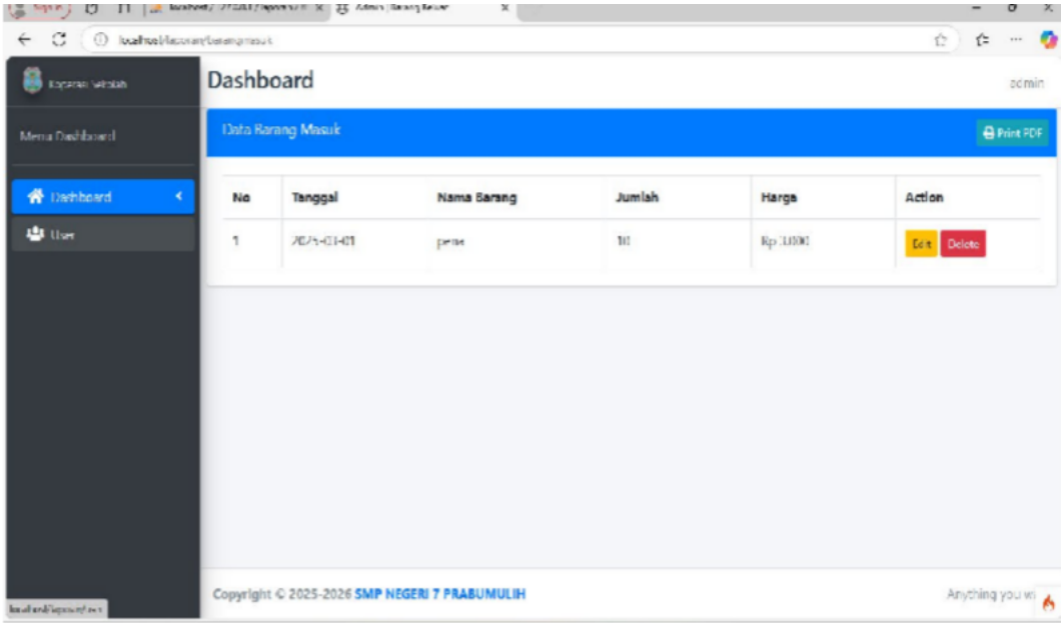
Gambar 4. Tampilan Halaman Data Kas Masuk

Pada gambar diatas menampilkan sistem data seluruh kas masuk koperasi di SMP Negeri 7 Prabumulih.



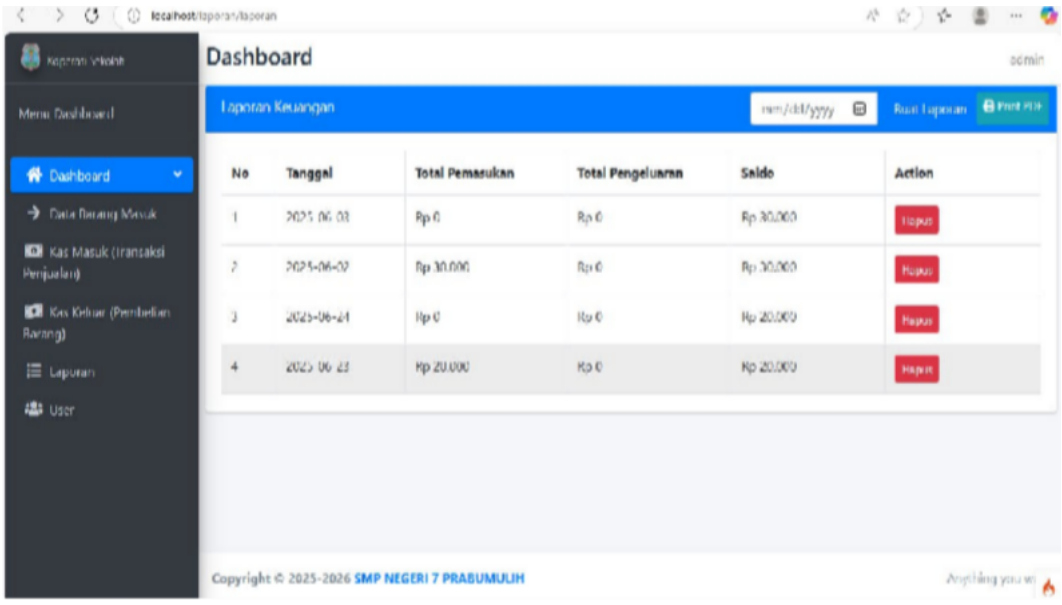
Gambar 5. Tampilan Halaman Data Kas Keluar

Pada gambar diatas menampilkan sistem data seluruh kas keluar Koperasi SMP Negeri 7 Prabumulih.



Gambar 6. Tampilan Halaman Data Barang Masuk

Pada gambar diatas menampilkan sistem data seluruh barang masuk Koperasi SMP Negeri Prabumulih.



Gambar 7. Tampilan Halaman Data Laporan

Pada gambar diatas menampilkan sistem data laporan keuangan Koperasi SMP Negeri 7 Prabumulih.



PEMERINTAH KOTA PRABUMULIH
DINAS PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
SMP NEGERI 7 PRABUMULIH
Jln. Raya Basuriga Kel. Tanjung Rambang, Prabumulih 31113
Telp. 0822 8129 4768 | Email: smpn7prabumulih@yahoo.com
Akreditasi "A"

Data laporan

No	Tanggal	Total Pemasukan	Total Pengeluaran	Saldo
1	2025-06-04	Rp 0	Rp 15.000	Rp 27.000
2	2025-06-03	Rp 30.000	Rp 0	Rp 42.000
3	2025-06-02	Rp 12.000	Rp 0	Rp 12.000

Prabumulih, 02 July 2025
BUDI SANTOSO, S. Pd. Fisika

NIP: 196905111984121001

Gambar 8. Tampilan Halaman Print Data Laporan

Pada gambar diatas menampilkan print data laporan keuangan Koperasi SMP Negeri 7 Prabumulih.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan penelitian yang telah penulis lakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode *deskriptif kualitatif.* Pada pengembangan sistem aplikasi ini menggunakan metode pengembangan *prototype.* Pada pengembangan aplikasi ini menggunakan bahsa pemrograman *php.*
2. Dalam metode pengembangan sistem ini menggunakan alat bantu perancangan yaitu antara lain *usecase, class diagram* dan *activity diagram.*
3. Pada rancangan form yang penulis buat menggunakan aplikasi visio 2013 yang terdiri dari Halaman *login,* halaman data kas masuk, halaman data kas keluar, halaman data barang masuk, halaman data barang keluar, dan halaman laporan.

4. Aplikasi Laporan Keuangan Koperasi SMP Negeri 7 Prabumulih menggunakan aplikasi *website,* dengan *database* menggunakan *mysql* dan laporan akhir menggunakan *pdf.*
5. Setelah aplikasi laporan keuangan koperasi akan berperan lebih banyak dalam melakukan penginputan data keuangan yang akan direkap dan diekspor ke *pdf* kemudian akan dijadikan laporan akhir.
6. Sistem Keuangan Koperasi SMP Negeri 7 Prabumulih ini di rancang untuk mempermudah proses pengarsipan dokumen, sehingga menghemat waktu dan tenaga, yang awalnya menggunakan *Ms. Exel* untuk laporan akhir dan menggunakan pencatatan manual untuk transaksi harian.

REFERENSI

Elgamar. (2020). Pengembangan Sistem Presensi Karyawan Dengan Teknologi GPS Berbasis Web Pada PT BPR dana Makmur Batam. *Jurnal Camasie.*

Fajar, F Al (2020). Analisis Keamanan Aplikasi Web Prodi Teknik Informatika Uika Menggunakan Acunetix Web Vulnerability. Jurnal Inovatif: Inovasi Teknologi Informasi dan ..., elibrary.ru, https://elibrary.ru/item.asp?id=75272184

Habibi, R., dkk. (n.d) (2020). Tutorial Penjelasan Aplikasi E-Office Berbasis Web Meggunakan Metode RAD. *Kreatif.*

Hakim, Lukman. (2020). Perancangan Sistem Informasi Pengolahan Data Keuangan Berbasis Web Responsive Pada Butik Nisa Syar'I Lubuk Linggau. *E-Jurnal Universitas Muhammadiyah Palembang.*

Herawati. (2019). Laporan Keuangan Untuk Menilai Kinerja Keuangan PT.Bank Mandiri dan Entitas Anak. *Ekomis Review.*

Hidayat. (2018). Analisis Kinerja Keuangan Berdasarkan Rasio Keuangan Sebelum dan Selama Pandemic COVID-19. *Jurnal Multilingual.*

Jh dan Prastowo. (2021). Perancangan Sistem Informasi Pendaftaran Siswa Baru Pada SMA Makasar Berbasis Website. *Jurnal Media TIK.*

Kiswanto, NP, Paturusi, SDE, & ... (2020). Aplikasi E-Log Book Penangkapan Ikan Menggunakan Progressive Web App. Jurnal Teknik ..., ejournal.unsrat.ac.id, https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/informatika/article/view/29597

Mahdiati, E., W., dkk. (2016). Rancang Bangun Sistem Informasi Permintaan ATK Berbasis Internet (Studi Kasus: Kejaksaan Negeri Rangkasbitung). *Jurnal Khatulistiwa Informatika.*

Muhfida, E., dkk. (2019). Rancang Bangun Sistem Informasi Inventory Pada Salon Kecantikan. *Jurnal Mantik Penusa.*

Rachmadi, T. (2020). *Sistem Basis Data.* Tiga Ebook

Saputra, IP, & Prabowo, D (2023). Aplikasi Berbasis Web Guna Memonitoring Ke Aktifan IP Public. Bulletin of Network Engineer and Informatics, bufnets.com, https://bufnets.com/index.php/bufnets/article/view/2

Setiawan, A. A. (2019). Rancang Bangun Aplikasi UNSRAT E-Catalog. *Jurnal Teknik Informatika*

Wardhani, YK (2022). Aplikasi Absensi Guru Dan Karyawan Berbasis Web Pada MTs Negeri 1 Lumajang. Jurnal Teknik Industri, Sistem ..., ejournal.ubibanyuwangi.ac.id, http://ejournal.ubibanyuwangi.ac.id/index.php/jurnal_tinsika/article/view/126

Zulsilva, A, & Herza, MK (2021). Aplikasi Manajemen Persediaan Barang Berbasis Web Pada PT Kimia Farma Trading and Distribution Palembang., Politeknik Palcomtech

Classification of Indonesian Batik Patterns Using Convolutional Neural Network with MobileNetV3 Architecture

Aldi Ardiansyah[1)*)], Tinaliah[2)]

[1)2]Informatika, Ilmu Komputer dan Rekayasa, Universitas Multi Data Palembang
***) Correspondence author:** Aldi Ardiansyah, aldiardiansyah_2226250059@mhs.mdp.ac.id, Palembang, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3205

Abstract

Indonesia has a diversity of ethnic groups that give rise to cultural richness, one of which is batik as a national identity. According to the Great Dictionary of the Indonesian Language, batik is a patterned cloth made by applying wax onto the fabric and processed in a certain way. Batik is an Indonesian cultural heritage with a variety of motifs that reflect regional identity and philosophical values. However, public understanding of the range of motifs is still limited, so technological support is needed for automatic identification. Although batik has become a symbol of national culture, the public's knowledge about the types and meanings of its motifs remains limited. This study develops a system for classifying Indonesian batik motifs using a Convolutional Neural Network with MobileNetV3 Small, MobileNetV3 Large, and MobileNetV2 architectures based on transfer learning. The dataset consists of 3,000 batik images with 20 motif classes from public sources, processed through image resizing to 224×224 pixels, augmentation (rotation, flip, zoom, and random brightness), and splitting into training, validation, and test sets with proportions of 80%, 10%, and 10%. Evaluation was conducted using accuracy, precision, recall, and F1 score. The results showed that all architectures achieved accuracy above 88%, with the best values exceeding 99%. MobileNetV3 Large consistently maintained accuracy up to 99% in several configurations and proved to be the most stable architecture, whereas MobileNetV2 reached a maximum accuracy of 99.33% at a learning rate of 0.0001. Therefore, MobileNetV3 Large is recommended as the primary architecture for batik motif recognition applications.

Keywords: *Indonesian Batik, Batik Motif Classification, Convolutional Neural Network, MobileNetV3.*

Abstrak

Indonesia memiliki keberagaman suku bangsa yang melahirkan kekayaan budaya, salah satunya batik sebagai identitas nasional. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, batik adalah kain bergambar yang dibuat dengan menerakan malam pada kain dan diproses dengan cara tertentu. Batik merupakan warisan budaya Indonesia dengan keragaman motif yang mencerminkan identitas dan nilai filosofis daerah, namun pemahaman masyarakat terhadap ragam motifnya masih terbatas sehingga diperlukan dukungan teknologi untuk identifikasi otomatis. Meskipun batik telah menjadi simbol budaya bangsa, pengetahuan masyarakat mengenai ragam dan makna motif masih terbatas. Penelitian ini mengembangkan sistem klasifikasi motif batik Indonesia menggunakan Convolutional Neural Network dengan arsitektur MobileNetV3 Small, MobileNetV3 Large, dan MobileNetV2 berbasis transfer learning. Dataset terdiri dari 3.000 citra batik dengan 20 kelas motif dari sumber publik, yang diproses melalui pengubahan ukuran citra menjadi 224×224 piksel, augmentasi (rotasi, flip, zoom, dan random brightness), serta pembagian data menjadi latih, validasi, dan uji dengan proporsi 80%, 10%, dan 10%. Evaluasi menggunakan akurasi, precision, recall, dan F1 score. Hasil menunjukkan seluruh arsitektur mencapai akurasi di atas 88% dengan nilai terbaik melebihi 99%. MobileNetV3 Large secara konsisten

mempertahankan akurasi hingga 99% pada beberapa konfigurasi dan menjadi arsitektur paling stabil, sedangkan MobileNetV2 mencapai akurasi maksimum 99,33% pada learning rate 0,0001. Oleh karena itu, MobileNetV3 Large direkomendasikan sebagai arsitektur utama untuk aplikasi pengenalan motif batik.

Kata Kunci : *Batik Indonesia, Klasifikasi Motif Batik, Convolutional Neural Network, MobileNetV3-Large*

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki keberagaman suku bangsa yang melahirkan kekayaan budaya, salah satunya batik sebagai identitas nasional. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, batik adalah kain bergambar yang dibuat dengan menerakan malam pada kain dan diproses dengan cara tertentu. Batik diakui oleh UNESCO sebagai warisan budaya dunia sejak 2 Oktober 2009 (Afifah & Lusiana, 2025) dan dianggap sebagai bagian penting dari peradaban manusia (Anastasya et al., 2024). Dalam seni rupa, batik dipandang sebagai lukisan dua dimensi dengan nilai estetika dan filosofis tinggi yang menggambarkan animisme dan dinamisme (Nur Ramadhan et al., 2024).

Meskipun batik telah menjadi simbol budaya bangsa, pengetahuan masyarakat mengenai ragam dan makna motif masih terbatas. Setiap motif batik mengandung nilai dan filosofi yang mencerminkan identitas serta kearifan lokal, namun pemahaman terhadap karakteristiknya umumnya hanya dimiliki oleh pengrajin batik (Ridwan Wibisono et al., 2025). Rendahnya literasi budaya berakibat pada penurunan minat generasi muda terhadap batik dan berkurangnya jumlah perajin aktif dari 151.565 menjadi sekitar 37.914 orang berdasarkan data APPBI (2020) (Ridwan Wibisono et al., 2025). Kondisi ini menunjukkan pentingnya upaya pelestarian melalui pendekatan modern berbasis teknologi.

Dalam konteks tersebut, Convolutional Neural Network (CNN) dapat digunakan untuk klasifikasi motif batik karena kemampuannya mengekstraksi fitur visual seperti pola, garis, tekstur, dan warna secara otomatis (Darma Ananda et al., 2025). Selain itu, kelebihan CNN terletak pada kedalaman jaringan yang tinggi yang menjadikannya metode ini sangat unik untuk digunakan pada data citra (Tinaliah, 2023). Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan efektivitas CNN. (Afifah & Lusiana, 2025) memperoleh akurasi 75% untuk klasifikasi tiga motif batik Semarangan. (Anastasya et al., 2024) mendapatkan akurasi 79,62% pada data uji menggunakan EfficientNet-B0. Sastypratiwi & Muhardi (2024)

mencapai akurasi 91,25% dengan MobileNet dan 100% pada MobileNet+FineTuning. Sementara itu, (Puspita Sari & Elvitaria, 2025) melaporkan akurasi 93,42% untuk pelatihan dan 93,53% untuk pengujian dengan MobileNetV3-Large.

Salah satu arsitektur CNN yang dirancang untuk efisiensi dan performa tinggi adalah MobileNetV3, yang merupakan pengembangan dari MobileNetV1 dan MobileNetV2. MobileNetV3 mengintegrasikan depthwise separable convolution, inverted residual block, squeeze-and-excitation, serta fungsi aktivasi hard-swish untuk meningkatkan efisiensi komputasi tanpa mengorbankan akurasi. MobileNetV3 memiliki dua varian utama, yaitu MobileNetV3-Small yang dioptimalkan untuk perangkat dengan sumber daya terbatas, dan MobileNetV3-Large yang menawarkan performa lebih tinggi dengan kompleksitas model yang lebih besar.

Meskipun MobileNet telah banyak digunakan dalam klasifikasi motif batik, sebagian besar penelitian hanya mengevaluasi satu varian arsitektur dan berfokus pada nilai akurasi akhir. Analisis mendalam terhadap stabilitas pelatihan, pola konvergensi kurva akurasi dan loss, serta sensitivitas terhadap variasi hyperparameter antar varian MobileNet khususnya MobileNetV2, MobileNetV3-Small, dan MobileNetV3-Large masih sangat terbatas. Selain itu, penelitian terdahulu umumnya menggunakan jumlah kelas yang relatif kecil, sehingga performa model pada skenario klasifikasi motif batik Indonesia dengan jumlah kelas yang besar belum banyak dieksplorasi

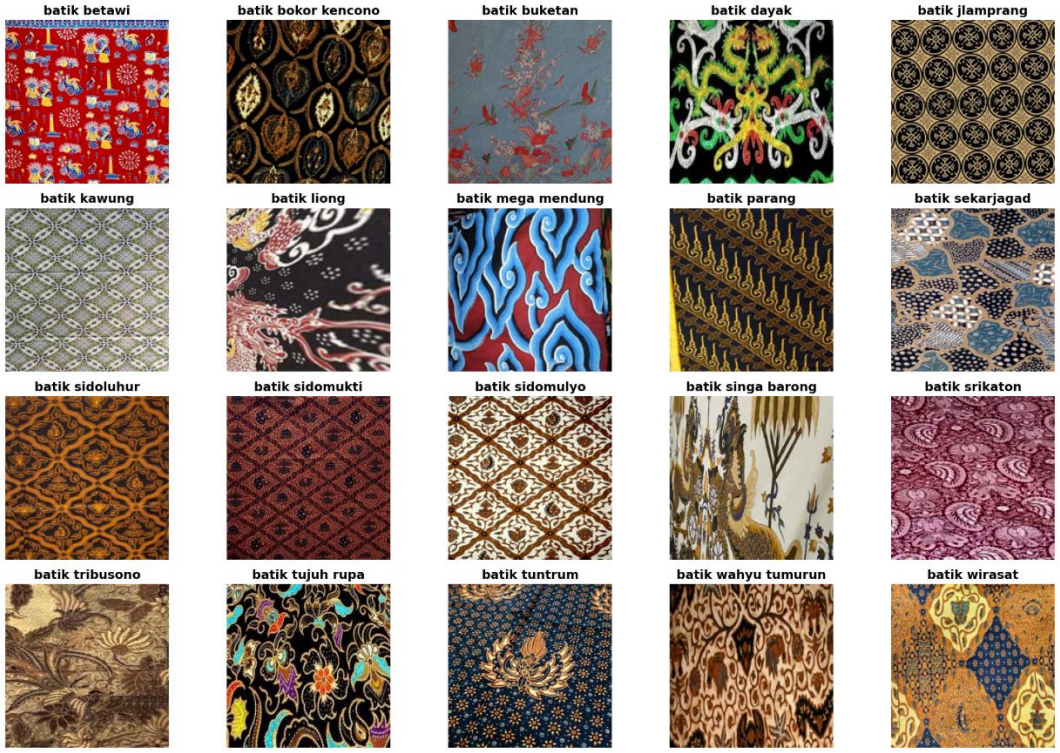
Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi komprehensif dan perbandingan stabilitas performa MobileNetV3-Small, MobileNetV3-Large, dan MobileNetV2 dalam klasifikasi motif batik Indonesia. Evaluasi dilakukan melalui eksplorasi hyperparameter serta analisis kurva pelatihan untuk menilai tingkat konvergensi, stabilitas, dan potensi overfitting masing-masing arsitektur. Kontribusi utama penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi arsitektur CNN yang optimal dan efisien untuk klasifikasi motif batik, sekaligus mendukung upaya pelestarian dan digitalisasi warisan budaya Indonesia di era modern.

METODE PENELITIAN

Dalam pelaksanaan penelitian ini, diterapkan perancangan metode terlebih dahulu untuk meminimalisir kesalahan dalam proses penelitian, tahapannya adalah sebagai berikut:

Pengumpulan Dataset

Pada tahapan ini dilakukan proses pengumpulan dataset berupa gambar motif batik. Gambar diambil dari dataset yang bersifat publik di Kaggle dengan nama "Dataset Batik Indonesia" berikut adalah link dari datasetnya https://www.kaggle.com/datasets/hydiexe/dataset-fix/data. Dataset ini berisi 3000 gambar yang dibagi menjadi 20 kategori atau class. motif batik dapat dilihat pada Gambar 1.

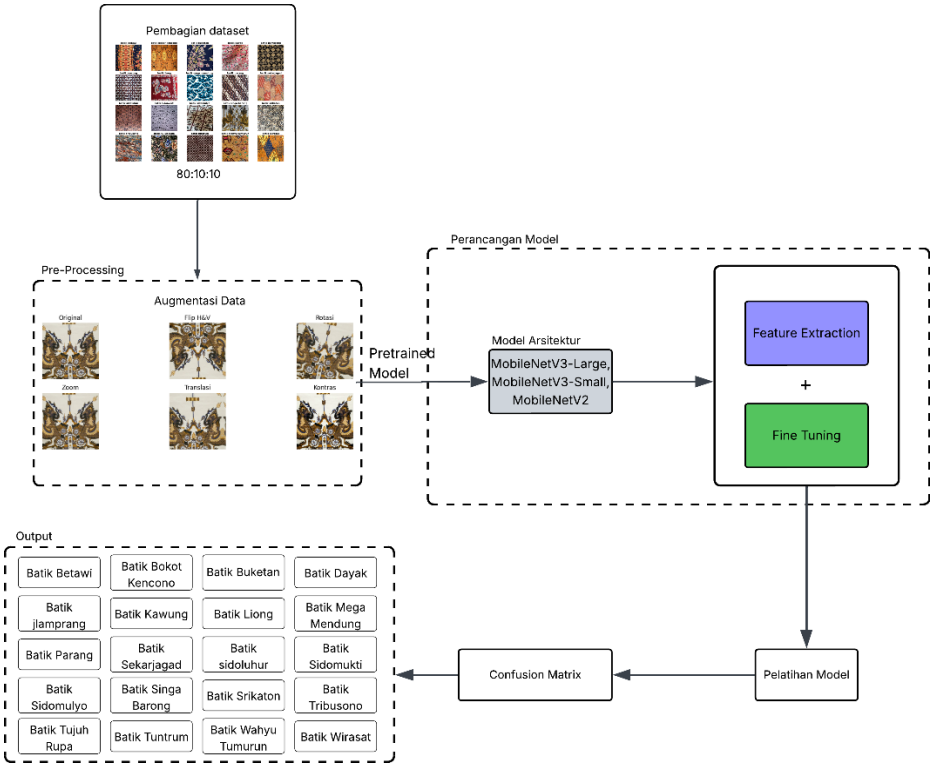


Gambar 1. Dataset Batik

Perancangan

Tahap perancangan sistem klasifikasi citra batik dilakukan menggunakan arsitektur MobileNetV3-Small, MobileNetV3-Large, dan MobileNetV2. Dataset batik dipersiapkan melalui tahap preprocessing dengan mengubah ukuran citra menjadi 224×224 piksel agar sesuai dengan input model. Augmentasi data seperti rotasi, flip, zoom, dan random

brightness diterapkan pada data training untuk menambah variasi data dan memperkaya karakteristik citra yang dipelajari model, sedangkan data validation dan testing digunakan dalam kondisi asli tanpa augmentasi, kemudian dataset dibagi menjadi data training (80%), testing (10%), dan validation (10%). Evaluasi performa model dilakukan menggunakan classification report dan confusion matrix untuk mengukur kemampuan klasifikasi motif batik. Alur perancangan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Alur Perancangan

Implementasi

Pada tahapan ini dilakukan implementasi dari model CNN dengan arsitektur MobileNetV3-Large, MobileNetV3-Small, dan MobileNetV2. Model dilatih menggunakan data latih yang telah melalui tahap preprocessing. Parameter pelatihan seperti learning rate, batch size, dan optimizer yang digunakan diatur sesuai kebutuhan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Skenario pengujian parameter yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Skenario Pengujian Parameter

Skenario	*Learning Rate*	*Batch Size*	*Epoch*	*Arsitektur*
Skenario 1	0,001	32	50	*MobileNetV3-Small*
Skenario 2	0,001	32	100	
Skenario 3	0,0001	32	50	
Skenario 4	0,0001	32	100	
Skenario 5	0,001	*16*	50	
Skenario 6	0,001	16	100	
Skenario 7	0,0001	16	50	
Skenario 8	0,0001	16	100	
Skenario 9	0,001	32	50	*MobileNetV3-Large*
Skenario 10	0,001	32	100	
Skenario 11	0,0001	32	50	
Skenario 12	0,0001	32	100	
Skenario 13	0,001	*16*	50	
Skenario 14	0,001	16	100	
Skenario 15	0,0001	16	50	
Skenario 16	0,0001	16	100	
Skenario 17	0,001	32	50	*MobileNetV2*
Skenario 18	0,001	32	100	
Skenario 19	0,0001	32	50	
Skenario 20	0,0001	32	100	
Skenario 21	0,001	*16*	50	
Skenario 22	0,001	16	100	
Skenario 23	0,0001	16	50	
Skenario 24	0,0001	16	100	

Pengujian

Pada tahapan ini, sistem yang telah dibuat sebelumnya akan melakukan uji coba terhadap data uji. Setelah tahapan uji coba, hasil pengujian dihitung untuk mendapatkan tingkat keberhasilan metode yang digunakan dengan Confusion Matrix dalam menghitung nilai precision, recall, dan accuracy.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini dilakukan implementasi sistem klasifikasi citra batik menggunakan arsitektur *MobileNetV3-Small*, *MobileNetV3-Large*, dan *MobileNetV2*. Dataset batik terlebih dahulu disiapkan dan melalui tahap *preprocessing* dengan mengubah ukuran citra menjadi 224 × 224 piksel agar sesuai dengan input model. Augmentasi data seperti rotasi, *flip*, *zoom*, dan *random brightness* diterapkan pada data training untuk menambah variasi data dan memperkaya karakteristik citra yang dipelajari model, sedangkan data validation dan testing digunakan dalam kondisi asli tanpa augmentasi. Selanjutnya dataset dibagi menjadi data *training* (80%), *testing* (10%), dan *validation* (10%).

Pemodelan CNN memanfaatkan ketiga arsitektur sebagai *pretrained* model pada *ImageNet*. Pendekatan yang digunakan merupakan kombinasi *feature extraction dan fine-tuning* secara *single-phase*, dengan membekukan sebagian lapisan awal *backbone* dan menyesuaikan lapisan selanjutnya agar lebih spesifik terhadap karakteristik citra batik. Lapisan akhir dimodifikasi dengan *Global Average Pooling*, *Dropout* sebagai regularisasi, serta *output layer* dengan fungsi aktivasi *Softmax* sesuai jumlah kelas.

Evaluasi dilakukan menggunakan *confusion matrix* untuk menilai kemampuan model dalam mengenali dan mengklasifikasikan motif batik. Rancangan ini diharapkan mampu menghasilkan performa yang optimal dan membantu masyarakat dalam mengenali motif batik Indonesia.

Analisis Hasil Akurasi Skenario

Tabel 2 menyajikan hasil pengujian performa model klasifikasi motif batik pada 24 skenario eksperimen yang melibatkan variasi *learning rate*, *batch size*, dan jumlah *epoch* pada tiga arsitektur Convolutional Neural Network, yaitu MobileNetV3-Small,

MobileNetV3-Large, dan MobileNetV2. Evaluasi performa dilakukan menggunakan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score* untuk memberikan gambaran menyeluruh terhadap kemampuan klasifikasi model.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Skenario*

Skenario	*Accuracy*	*Precision*	*Recall*	*F1-Score*
Skenario 1	96,66%	96,88%	96,66%	96,65%
Skenario 2	96,99%	97,31%	96,99%	97,03%
Skenario 3	92,98%	93,86%	92,98%	92,79%
Skenario 4	90,64%	91,66%	90,64%	90,55%
Skenario 5	94,65%	95,28%	94,65%	94,59%
Skenario 6	96,66%	96,93%	96,66%	96,69%
Skenario 7	88,29%	88,59%	88,29%	87,71%
Skenario 8	89,97%	91,28%	89,97%	89,89%
Skenario 9	99%	99.04%	99%	99%
Skenario 10	99%	99,06%	99%	99%
Skenario 11	96,99%	97,27%	96,99%	96,98%
Skenario 12	96,32%	96,45%	96,32%	96,28%
Skenario 13	99%	99,06%	99%	99%
Skenario 14	98,33%	98,41%	98,33%	98,33%
Skenario 15	96,99%	97,12%	96,99%	96,95%
Skenario 16	98,66%	98,75%	98,66%	98,65%
Skenario 17	98,33%	98,51%	98,33%	98,33%
Skenario 18	98,66%	98,78%	98,66%	98,67%
Skenario 19	99,33%	99,37%	99,33%	99,33%
Skenario 20	99,33%	99,37%	99,33%	99,33%
Skenario 21	97,99%	98,20%	97,99%	98,02%
Skenario 22	97,99%	98,07%	97,99%	97,99%
Skenario 23	97,66%	97,81%	97,66%	97,66%
Skenario 24	99,33%	99,37%	99,33%	99,33%

Berdasarkan hasil pengujian pada 24 skenario yang melibatkan variasi *learning rate*, *batch size*, jumlah *epoch*, dan arsitektur model, diperoleh perbedaan performa yang cukup signifikan pada metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Secara umum, seluruh skenario menunjukkan performa yang baik dengan nilai akurasi di atas 88%, menandakan bahwa model mampu melakukan proses klasifikasi secara efektif.

Pada arsitektur MobileNetV3-Small (Skenario 1–8), akurasi yang diperoleh berada pada rentang 88,29% hingga 96,99%. Performa terbaik dicapai pada Skenario 2 dengan learning rate 0,001, batch size 32, dan 100 epoch yang menghasilkan akurasi 96,99%, sedangkan penggunaan learning rate 0,0001 pada beberapa skenario menyebabkan penurunan akurasi yang cukup terlihat, sehingga menunjukkan bahwa arsitektur ini lebih sensitif terhadap pemilihan hyperparameter

Pada arsitektur MobileNetV3-Large (Skenario 9–16), model mampu mempertahankan akurasi tinggi dan stabil pada berbagai konfigurasi, dengan beberapa skenario seperti Skenario 9, 10, dan 13 mencapai akurasi 99% disertai nilai precision, recall, dan F1-score yang seimbang. Pola ini menunjukkan bahwa MobileNetV3-Large memiliki kemampuan ekstraksi fitur yang baik dan generalisasi yang kuat, sehingga menjadi arsitektur yang paling stabil di antara ketiga model yang diuji.

MobileNetV2 (Skenario 17–24) menghasilkan akurasi tertinggi hingga 99,33% pada beberapa konfigurasi dengan learning rate 0,0001 dan jumlah epoch 50 maupun 100. Meskipun demikian, performa terbaik tersebut lebih dominan muncul pada kombinasi hyperparameter tertentu, sedangkan MobileNetV3-Large konsisten memberikan akurasi mendekati 99% pada lebih banyak konfigurasi. Dengan demikian, MobileNetV3-Large dapat diposisikan sebagai arsitektur utama yang direkomendasikan dalam penelitian ini karena menawarkan kombinasi akurasi tinggi dan kestabilan performa yang baik.

Analisis Akurasi Model

Tabel 3. Perbandingan Akurasi Arsitektur

Learning Rate	***Batch Size***	***Epoch***	***Model***		
			MobileNetV3-Small	***MobileNetV3-Large***	***MobileNetV2***
0,001	32	50	96,66%	**99%**	98,33%
0,001	32	100	**96,99%**	99%	98,66%
0,0001	32	50	92,98%	96,99%	**99,33%**
0,0001	32	100	90,64%	96,32%	99,33%
0,001	*16*	50	94,65%	99%	97,99%
0,001	16	100	96,66%	98,33%	97,99%
0,0001	16	50	88,29%	96,99%	97,66%
0,0001	16	100	89,97%	98,66%	99,33%

Berdasarkan perbandingan akurasi antar arsitektur CNN pada kombinasi hyperparameter yang sama sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3, terlihat adanya perbedaan performa yang cukup signifikan antara MobileNetV3-Small, MobileNetV3-Large, dan MobileNetV2. MobileNetV3-Small cenderung menghasilkan akurasi yang lebih

rendah dibandingkan dua arsitektur lainnya, dengan rentang akurasi antara 88,29% hingga 96,99%. Hal ini mengindikasikan bahwa MobileNetV3-Small lebih sensitif terhadap variasi learning rate dan batch size.

Pada learning rate 0,001, MobileNetV3-Large secara konsisten menunjukkan performa terbaik dibandingkan MobileNetV2, dengan akurasi mencapai 99% pada beberapa kombinasi batch size 32 maupun 16 dan jumlah epoch 25, 50, serta 100. Sebaliknya, MobileNetV2 pada konfigurasi learning rate yang sama hanya mampu mencapai akurasi maksimum sebesar 98,66%. Temuan ini menunjukkan bahwa MobileNetV3-Large memiliki kemampuan ekstraksi fitur serta kestabilan performa yang lebih baik pada pengaturan learning rate tersebut.

Meskipun demikian, MobileNetV2 tetap menunjukkan performa yang kompetitif dengan mencapai akurasi tertinggi sebesar 99,33% pada beberapa konfigurasi learning rate 0,0001. Namun, pencapaian tersebut cenderung bergantung pada kombinasi hyperparameter tertentu. Berbeda dengan MobileNetV2, MobileNetV3-Large mampu mempertahankan akurasi mendekati 99% secara lebih konsisten pada berbagai konfigurasi. Oleh karena itu, MobileNetV3-Large direkomendasikan sebagai arsitektur utama dalam penelitian ini.

Perbandingan Antar Arsitektur

Berdasarkan keseluruhan hasil eksperimen, MobileNetV3 Large dan MobileNetV2 sama sama mampu mencapai akurasi di atas 99%, namun MobileNetV3 Large menunjukkan kestabilan performa yang lebih baik pada berbagai kombinasi hyperparameter, sehingga diposisikan sebagai arsitektur utama dalam penelitian ini. MobileNetV3 Small tetap unggul dari sisi efisiensi komputasi, tetapi akurasinya sedikit lebih rendah dan lebih sensitif terhadap variasi hyperparameter.

Perbandingan Parameter dan *FLOPs*

Selain performa klasifikasi, efisiensi komputasi juga menjadi aspek penting dalam pemilihan arsitektur *CNN*, khususnya untuk implementasi pada perangkat dengan sumber daya terbatas. Oleh karena itu, dilakukan analisis terhadap jumlah parameter dan *Floating Point Operations* (*FLOPs*) untuk membandingkan kompleksitas komputasi dari arsitektur

MobileNetV3-Small, *MobileNetV3-Large*, dan *MobileNetV2*. Hasil perbandingan tersebut disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Parameter

Arsitektur	Jumlah Parameter	*FLOPs*
MobileNetV3-Small	*950,660*	*0.1160*
MobileNetV3-Large	3,015,572	0.4436
MobileNetV2	2,283,604	0,6128

Berdasarkan perbandingan parameter yang ada pada Tabel 5, *MobileNetV3-Small* memiliki jumlah parameter dan *FLOPs* paling kecil dibandingkan dua arsitektur lainnya, sehingga paling efisien secara komputasi. *MobileNetV3-Large* dan *MobileNetV2* memiliki kompleksitas komputasi yang lebih tinggi, sejalan dengan peningkatan performa klasifikasi yang diperoleh pada hasil pengujian sebelumnya. Temuan ini menunjukkan adanya *trade-off* antara efisiensi komputasi dan akurasi, di mana pemilihan arsitektur perlu disesuaikan dengan kebutuhan dan keterbatasan sumber daya system.

Implikasi Terhadap Klasifikasi Motif Batik

Hasil pengujian menunjukkan bahwa arsitektur MobileNet, khususnya MobileNetV3-Large dan MobileNetV2, sangat efektif untuk klasifikasi motif batik Indonesia dengan jumlah kelas yang besar. MobileNetV3-Large menonjol sebagai arsitektur utama karena mampu mempertahankan akurasi tinggi dan stabil pada berbagai kombinasi hyperparameter, sedangkan MobileNetV2 memberikan akurasi maksimum sedikit lebih tinggi pada konfigurasi tertentu. Kombinasi akurasi tinggi, kestabilan performa, dan kompleksitas komputasi yang masih efisien menjadikan MobileNetV3-Large dan MobileNetV2 layak direkomendasikan untuk implementasi sistem klasifikasi batik berbasis perangkat bergerak maupun aplikasi pelestarian budaya digital.

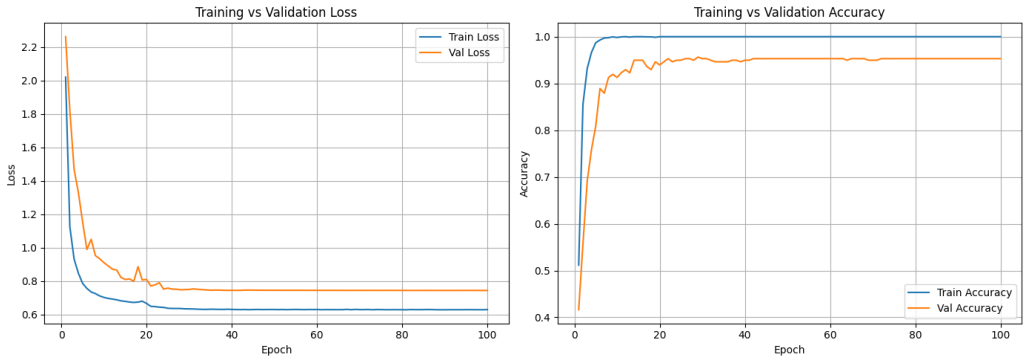
Analisis Kurva Loss dan Akurasi

Grafik yang ditampilkan dalam penelitian ini merupakan representasi dari konfigurasi model paling optimal untuk masing-masing arsitektur, yaitu *MobileNetV3-*

Large, MobileNetV3-Small, dan *MobileNetV2*. Penjelasan grafik dari masing-masing arsitektur adalah sebagai berikut.

MobileNetV3-Small

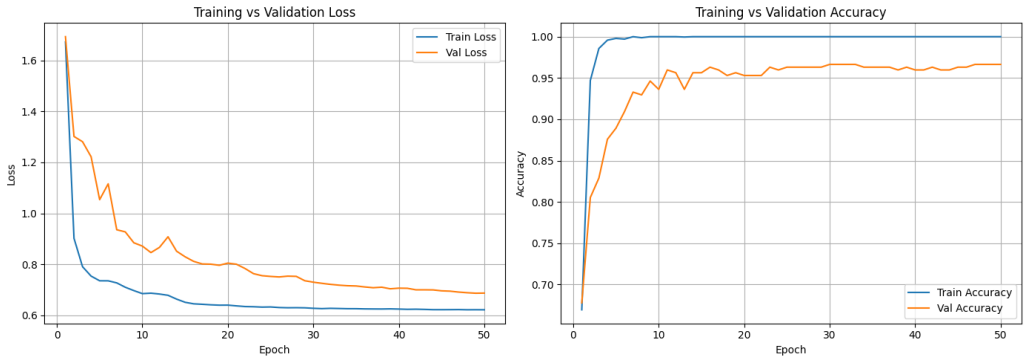
Grafik untuk *MobileNetV3-Small* dengan *learning rate* 0,001, *batch size* 16, dan 100 *epoch* yang ada pada Gambar 6 memperlihatkan penurunan *training loss* dan *validation loss* yang cukup stabil, meskipun fluktuasinya sedikit lebih besar dibandingkan *MobileNetV3-Large*. Kurva akurasi menunjukkan bahwa *training accuracy* dan *validation accuracy* meningkat hingga kisaran 96,66% dan 95,30%, yang menandakan performa klasifikasi yang baik, tetapi dengan stabilitas yang sedikit lebih rendah sehingga model lebih sensitif terhadap perubahan *hyperparameter*.



Gambar 3. *MOBILENETV3-Small Batch Size* 16 *LR* 0.001 *Epoch* 100

MobileNetV3-Large

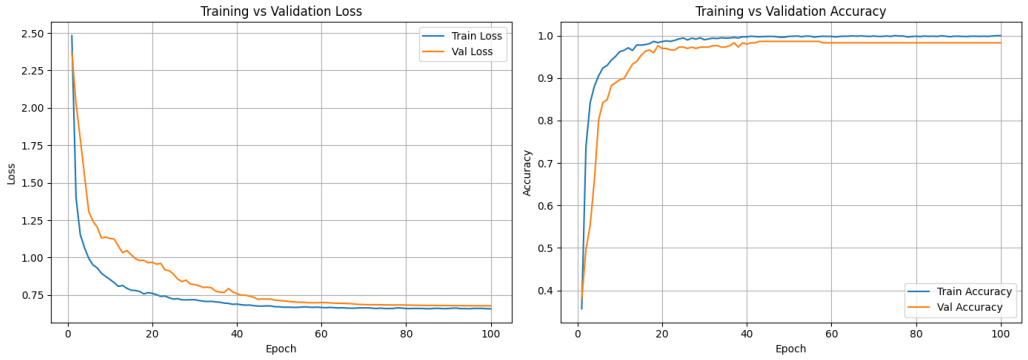
Grafik loss dan akurasi pada konfigurasi *MobileNetV3-Large* dengan *learning rate* 0,001, *batch size* 32, dan 100 *epoch* yang dapat dilihat pada gambar 5 menunjukkan pola konvergensi yang stabil, di mana *training loss* dan *validation loss* sama-sama menurun dan kemudian mendatar pada *epoch* akhir dengan jarak yang relatif kecil. Nilai *training accuracy* dan *validation accuracy* meningkat secara konsisten hingga mencapai sekitar 99% dan 98,32%, sehingga mengindikasikan bahwa model mampu belajar dengan baik tanpa gejala *overfitting* yang signifikan dan memiliki kemampuan generalisasi yang kuat.



Gambar 4. *MOBILENETV3-Large Batch size* 32 *LR* 0,001 *Epoch* 100

MobileNetV2

Pada konfigurasi *MobileNetV2* dengan *learning rate* 0,0001, *batch size* 32, dan 100 *epoch*, yang dapat dilihat pada gambar 7, grafik loss menggambarkan penurunan *training loss* yang konsisten, sementara *validation loss* ikut menurun dan kemudian cenderung datar pada nilai yang rendah. Kurva akurasi menunjukkan *training accuracy* dan *validation accuracy* yang tinggi hingga sekitar 99,33% dan 98,66%; perbedaan keduanya sedikit lebih besar dibandingkan *MobileNetV3-Large*, sehingga meskipun akurasi yang dicapai sangat tinggi, terdapat indikasi kecenderungan *overfitting* ringan pada beberapa *epoch* akhir.



Gambar 5. *MOBILENETV2 BATCH SIZE* 32 *LR* 0. 0001 *EPOCH* 100

Kesimpulan Hasil Analisis Kurva

Berdasarkan pengamatan terhadap kurva loss dan akurasi, *MobileNetV3-Large* menunjukkan pola konvergensi yang paling stabil dengan jarak yang kecil antara *training* dan *validation*, serta akurasi validasi yang tinggi dan konsisten. *MobileNetV3-Small* memiliki performa yang cukup baik, tetapi lebih sensitif terhadap pemilihan *learning rate* dan cenderung kurang stabil pada konfigurasi tertentu. *MobileNetV2* mampu mencapai akurasi tinggi, namun beberapa konfigurasi menunjukkan indikasi *overfitting* yang lebih kuat. Dengan demikian, dari sudut pandang analisis kurva loss dan akurasi, *MobileNetV3-Large* dapat dinyatakan sebagai arsitektur yang paling baik untuk tugas klasifikasi motif batik pada penelitian ini.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini mengembangkan sistem klasifikasi motif batik Indonesia menggunakan Convolutional Neural Network dengan arsitektur MobileNetV3-Small, MobileNetV3-Large, dan MobileNetV2 pada dataset berisi 3.000 citra dengan 20 kelas motif. Seluruh arsitektur mampu mencapai akurasi pengujian yang tinggi, dengan nilai terbaik melebihi 99%, sehingga ketiganya layak digunakan untuk tugas klasifikasi motif batik dengan jumlah kelas yang besar.

Berdasarkan hasil perbandingan, MobileNetV3-Large secara konsisten menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan MobileNetV3-Small, baik dari sisi akurasi maupun kestabilan metrik evaluasi, sehingga dapat dinyatakan sebagai varian terbaik dalam keluarga MobileNetV3. Jika dibandingkan dengan MobileNetV2, MobileNetV3-Large juga memberikan performa yang lebih unggul secara keseluruhan pada pengaturan learning rate 0,001, karena mampu mencapai akurasi hingga 99% pada berbagai kombinasi batch size dan epoch, sedangkan MobileNetV2 pada learning rate yang sama hanya mencapai akurasi maksimum 98,66%. Dengan demikian, MobileNetV3-Large dapat disimpulkan sebagai arsitektur terbaik dan paling direkomendasikan dalam penelitian ini.

Sistem yang dikembangkan berpotensi diterapkan pada aplikasi pengenalan motif batik berbasis web maupun perangkat bergerak serta mendukung upaya pelestarian dan digitalisasi warisan budaya Indonesia. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas variasi dan jumlah dataset, menerapkan teknik augmentasi yang lebih beragam, serta mengeksplorasi arsitektur deep learning lain guna meningkatkan robustness dan kemampuan generalisasi model pada kondisi data dunia nyata.

REFERENSI

Afifah, W. N., & Lusiana, V. (2025). KLASIFIKASI JENIS BATIK SEMARANGAN MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTION NEURAL NETWORK (CNN). JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika), 10(1), 542–553. https://doi.org/10.29100/jipi.v10i1.5873

Anastasya, D., Fahri, S., Situmorang, S., Ramadhani, F., & Komputer, J. I. (2024). Implementasi Metode Convolutional Neural Network (CNN) Dalam Klasifikasi Motif Batik (Vol. 18, Issue 1). https://journal.fkom.uniku.ac.id/ilkom

Aras, S., & Setyanto, A. (2022). Deep Learning Untuk Klasifikasi Motif Batik Papua Menggunakan EfficientNet dan Trasnfer Learning. 8(1).

Darma Ananda, T., Primajaya, A., Juardi, D., Haerul Jaman, J., & Singaperbangsa Karawang Abstract, U. (2025). Identifikasi Citra Kain Songket Pandai Sikek Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN). Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, 11(7), 278–287.

Dianda, N., Rachman, A. S., & Yadnya, S. (2025). Identifikasi Citra Motif Kain Tenun Sumbawa (Kre Alang) Menggunakan Metode Convolutional Neural Network Arsitektur MobileNetV2. Journal of Information System Research, 6(2), 1225–1234. https://doi.org/10.47065/josh.v6i2.6774

Herawati, A. (2025). Transformasi Batik Abstrak menjadi Media Edukasi: Studi Nilai Seni dan Kreativitas pada Anomart dan Pandono Batik. Irama: Jurnal Seni, Desain Dan Pembelajarannya, 7(1), 25–32. https://doi.org/10.17509/irama.v7i1.80889

Howard, A., Sandler, M., Chu, G., Chen, L.-C., Chen, B., Tan, M., Wang, W., Zhu, Y., Pang, R., Vasudevan, V., Le, Q. V., & Adam, H. (2019). Searching for MobileNetV3. http://arxiv.org/abs/1905.02244

Misela, M., Wona, A., Aulia Asyifa, S., Virgianti, R., Hamid, M. N., Handoko, I. M., Wayan, N., Septiani, P., & Lestari, M. (2023). Klasifikasi Batik Indonesia Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN). In 172 JURTI (Vol. 7, Issue 2). https://www.kaggle.com/datasets/dionisiusdh/indonesianbatik-motifs.

Nur Ramadhan, D., Aldi Erwanto, R., & Tan Enwan, R. (2024). Program Studi Teknik Informatika (Vol. 3).

Puspita Sari, I., & Elvitaria, L. (2025). Data-driven approach for batik pattern classification using convolutional neural network (CNN). 13(3), 323–331. www.ejournal.isha.or.id/index.php/Mandiri

Rafly Alwanda, M., Putra, R., Ramadhan, K., & Alamsyah, D. (2020). Implementasi Metode Convolutional Neural Network Menggunakan Arsitektur LeNet-5 untuk Pengenalan Doodle. In Jurnal Algoritme (Vol. 1, Issue 1).

Ridwan Wibisono, M., Ma'ruf Nugroho, I., Defriani, M., Informatika, T., Tinggi, S., Wastukancana, T., Cikopak, J., 53, N., Babakancikao, K., Purwakarta, K., Barat, J., & Koresponden, P. (2025). Batik Motif Classification Using CNN With Resnet-50 Architecture. In Information Systems and Technology (Vol. 6).

Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A., & Chen, L.-C. (2019). MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks. http://arxiv.org/abs/1801.04381

Tinaliah. (2023). Klasifikasi Lesi Benign Dan Malignant Pada Rongga Mulut Menggunakan Arsitektur ResNet50 (Vol. 10, Issue 4). http://jurnal.mdp.ac.id

Analysis of Tableau Dashboard Visualization for Efficiency and Accuracy in Industrial Decision Making

Dedy Susanto [1)*)], Syaeful Anas Aklani [2)], Mangapul Siahaan [3)]

[1)2)3)]Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Sistem Informasi, Universitas Internasional Batam
[*)]**Correspondence author**: 2231098.dedy@uib.edu, Batam, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3223

Abstract

As data complexity increases, Tableau-based data visualization dashboards play an important role in simplifying information and improving understanding for decision makers. This study uses a mixed methods approach by combining quantitative data from 154 questionnaire respondents and qualitative data through in-depth interviews with five informants from various industrial sectors. Statistical analysis using SmartPLS shows that ease of data comprehension has a significant effect on efficiency (coefficient = 0.703) and decision-making accuracy (coefficient = 0.566), while Tableau dashboard visualization has a positive but more moderate effect (coefficient = 0.207). Qualitative results reinforce these findings, where the application of interactive dashboards has been proven to accelerate the analysis process, reduce interpretation errors, and improve communication between departments within the organization. In addition, real-time data access helps decision makers obtain information more quickly and reliably. However, there are still challenges in implementing data visualization, particularly limitations in digital literacy and technological infrastructure. Therefore, effective data visualization integration needs to be accompanied by technical training and user competency improvement in order to optimize its benefits in the modern industrial era. The results of this study provide practical implications for industry in improving operational performance and the quality of data-based decision making.

Keywords: *Tableau Dashboard, Data Visualization, Efficiency, Accuracy, Decision-Making, Industry*

Abstrak

Seiring dengan meningkatnya kompleksitas data, dashboard visualisasi data berbasis Tableau memainkan peran penting dalam menyederhanakan informasi dan meningkatkan pemahaman bagi pengambil keputusan. Studi ini menggunakan pendekatan campuran dengan menggabungkan data kuantitatif dari 154 responden kuesioner dan data kualitatif melalui wawancara mendalam dengan lima informan dari berbagai sektor industri. Analisis statistik menggunakan SmartPLS menunjukkan bahwa kemudahan pemahaman data memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi (koefisien = 0.703) dan akurasi pengambilan keputusan (koefisien = 0.566), sementara visualisasi dashboard Tableau memiliki pengaruh positif namun lebih moderat (koefisien = 0.207). Hasil kualitatif memperkuat temuan ini, di mana penerapan dashboard interaktif terbukti mempercepat proses analisis, mengurangi kesalahan interpretasi, dan meningkatkan komunikasi antar departemen dalam organisasi. Selain itu, akses data real-time membantu pengambil keputusan memperoleh informasi dengan lebih cepat dan andal. Namun, masih ada tantangan dalam implementasi visualisasi data, terutama keterbatasan literasi digital dan infrastruktur teknologi. Oleh karena itu, integrasi visualisasi data yang efektif perlu didukung oleh pelatihan teknis dan peningkatan kompetensi pengguna agar manfaatnya dapat dioptimalkan di era industri modern. Hasil penelitian ini memberikan implikasi praktis bagi industri dalam meningkatkan kinerja operasional dan kualitas pengambilan keputusan berbasis data.

Kata Kunci: Dashboard Tableau, Visualisasi Data, Efisiensi, Akurasi, Pengambilan Keputusan, Industri

INTRODUCTION

In recent years, data visualization has become a major factor in the decision-making process, especially in the aspect of big data. As the amount of data increases, visualization methods are designed to help users analyze information effectively (Bibire Seyi- Lande et al., 2024). Kucukural et al., (2019) states that although interactive data visualization offers promising opportunities to facilitate understanding of complex data, its analysis in practice is still not optimal. On the one hand, technology allows users to explore and analyze data dynamically, but on the other hand, the utilization of this capability in the field has not been maximized. This gap reflects the challenges in adopting and integrating interactive visualization solutions into everyday use.

Problems in analyzing visualization technology are often related to the limitations of user knowledge and experience (Tratz, 2021). This can slow down the adoption of modern visualization tools and reduce their effectiveness, especially when many professionals still rely on conventional tools such as Microsoft Excel (Lavanya et al., 2023). Other obstacles include a lack of technology, lack of support from superiors, limited resources, and a lack of effective data visualization implementation (Postma & Goedhart, 2019). The appropriate use of visualization, such as in the application of lean production in the automotive sector, has been proven to improve the efficiency and accuracy of decision-making (Canonico et al., 2022). Therefore, providing adequate training and technical services is an important step in overcoming these problems.

Perkhofer et al., (2019) state that interactions between users and data visualizations have a significant impact on perceptions of the efficiency and accuracy of using these visualization tools, while the importance of best practice analysis in data visualization supports data-based security systems, in which structured reports can provide deeper and more practical understanding (Khasnabish et al., 2020). Various obstacles exist in the implementation of interactive visualization, including aspects of human resources and technology (Deshwal, 2025).

Gottfried et al., (2021) state that there is great potential in utilizing open government data for business analysis purposes to improve the quality of decision making. However, limited understanding of how to optimize data remains a major obstacle to its adoption. It is

important to improve literacy and develop more user-friendly visualizations to overcome problems and facilitate data access for decision makers in various industrial sectors (Sharma, 2023). A more detailed and education-focused approach is needed to maximize data visualization analysis in the decision-making process, where efforts are made to overcome obstacles and develop an understanding of visualization tool innovations that play a role in maximizing the benefits of existing data (Lande et al., 2024).

In an industrial context, research from the *Kementrian Industri Indonesia* (2021) shows that the use of interactive dashboard-based data visualization in the manufacturing sector increases operational efficiency by up to 20% and reduces errors in the production process. This study emphasizes the importance of technical training and the application of visualization tools such as Tableau in analyzing production data in real-time. In addition, another study from the Ministry of Communication and Information Technology (Kominfo, 2022) reveals that the integration of data visualization with big data analytics technology in the public transportation sector increases the accuracy of decision-making related to operational schedules and resource allocation by up to 30%. This example shows how the development of more intuitive visualization tools can have a real impact on improving efficiency in various industrial sectors.

Sharma (2023) states that industries that strategically adopt data visualization are able to overcome challenges in complex data management. For example, the logistics sector that uses data-based dashboards has succeeded in accelerating the decision-making process related to goods distribution with a reduction in time of up to 15% and significant savings in operational costs. Therefore, it is important to continue to evaluate and develop more adaptive visualization approaches according to industry needs so that the benefits of data can be maximized optimally.

Literature Review and Hypothesis Development :

1. Data Visualization

   Data visualization is a way of conveying information and data in a graphical form that is easy to understand, analyze, and make decisions (Wicaksono, 2024). Nuraini et al.,(2025) state that effective visualization can simplify complex data so that it is easier to understand and access quickly. In the industrial world, displaying data visualization is

very important because it can help measure performance and make more accurate decisions. Effective visualization can also help detect problems and find patterns that may not be detected using conventional analysis methods (Yalim et al., 2023). That way, it will be more effective in dealing with changes, which ultimately reduces risks and makes operations more efficient.

2. Tableu Dashboard Visualization

Tableau is a widely used data visualization platform that enables users to create interactive dashboards through features such as filtering, drill-down, and real-time data updates. Baktiar et al., (2024) state that data visualization implemented through Tableau dashboards enhances understanding and supports comparative analysis in decision-making. Previous studies indicate that Tableau dashboards facilitate exploratory data analysis by allowing users to interact directly with visual elements and uncover hidden insights (Zahra & Utomo, 2023). Interactivity is a key advantage of Tableau, as it increases user engagement and supports deeper analysis compared to static visualizations.

The effectiveness of Tableau dashboards, however, is influenced by user competency and dashboard design quality. Poorly designed dashboards or insufficient user training may limit the benefits of visualization tools, even when advanced technology is available (Putra & Shofianisa, 2024). Furthermore, dashboards implemented using Tableau have been shown to improve order management visibility and support operational decision-making (Marvaro & Samosir, 2021).Therefore, understanding how Tableau visualization contributes to data comprehension is essential in evaluating its overall impact on decision making.

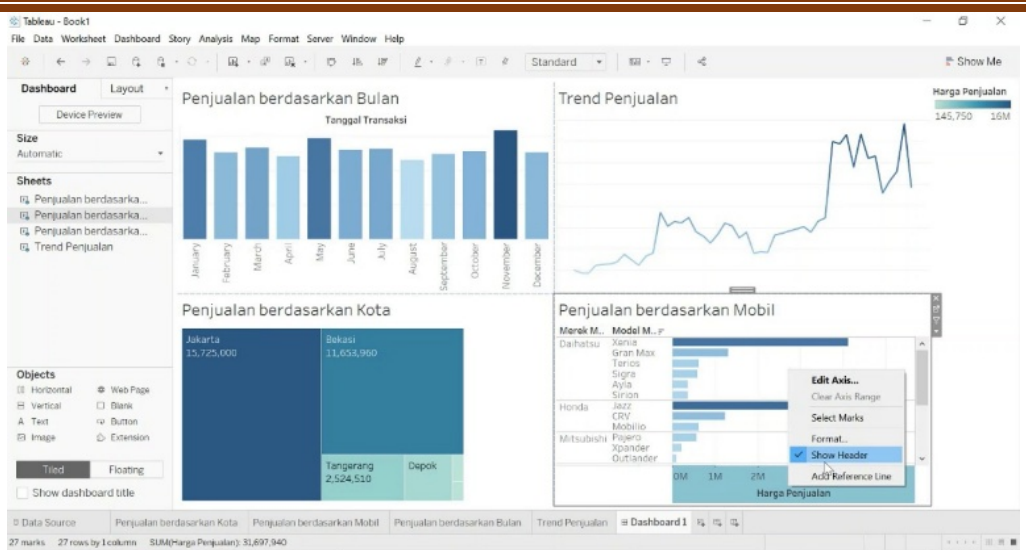


Figure 1. Tableau Data Visualization

3. Ease of Data Comprehension

   Ease of data comprehension refers to the extent to which users can quickly and accurately understand information presented through visual representations. Eberhard, (2023) states that information visualization can improve both the quality and speed of decision-making, although its effects on other variables, such as decision confidence, tend to be more mixed. Similarly, (Suvita et al., 2025) indicate that data visualization has proven to be an effective educational tool for enhancing public understanding of complex information. Furthermore, Interactive dashboards that apply appropriate visual elements such as color, scale, and layout have been shown to enhance user understanding and reduce misinterpretation (Putra & Shofianisa, 2024). Consequently, ease of data comprehension is a critical factor that mediates the relationship between visualization tools and decision-making outcomes.

4. Data-Driven Decision Making

   Data-driven decision making is an approach that uses data and analysis to determine strategic steps for an organization. Decisions based on data analysis have the potential to significantly improve operational efficiency and effectiveness (Kumar, 2019). This is very important in an active and competitive industrial environment. Educational management studies also demonstrate that DDDM significantly improves organizational effectiveness (Alfrica Mustafa et al., 2025). Emma, (2024) states that companies that

analyze data in decision-making prioritize better performance. By applying data to the maximum extent possible, it is possible to minimize uncertainty and risk in the decisions made.

5. Hypothesis Development



Figure 2. Research Model

Based on the theoretical framework, this study proposes the following hypotheses:

H^1: Tableau dashboard visualization has a significant effect on ease of data comprehension.

H^2: Ease of data comprehension has a significant effect on decision-making efficiency.

H^3: Ease of data comprehension has a significant effect on decision-making accuracy.

RESEARCH METHOD

1. Research Design

This study employed a mixed methods research design by integrating quantitative and qualitative approaches. The quantitative approach was used to examine the relationships between data visualization, ease of data comprehension, and decision-making outcomes using structural equation modeling (SEM-PLS). The qualitative approach was conducted to gain deeper insights into users experiences and to support theinterpretation of quantitative findings. The research procedure consisted of problem identification, instrument development, data collection, data analysis, and conclusion drawing. The overall research flow is presented in Figure 3.

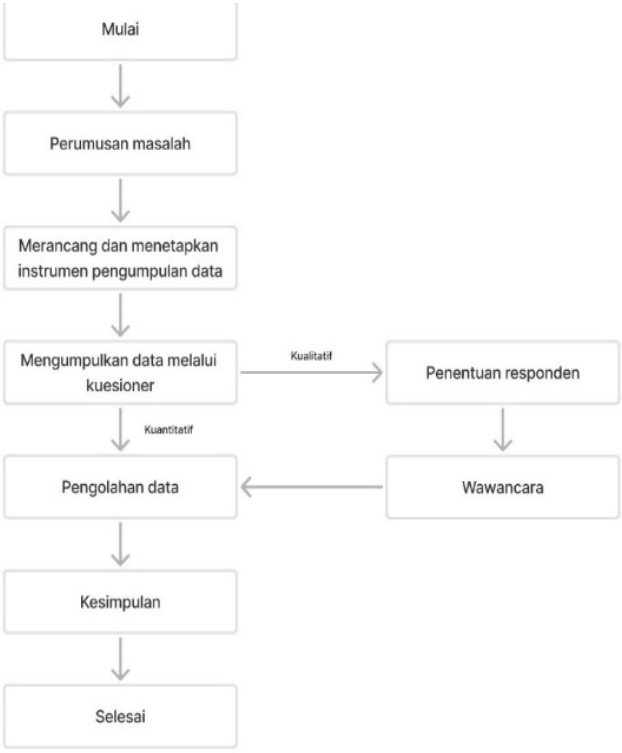


Figure 3. Research Flow

2. Research Object and Respondents

The object of this study was the use of Tableau-based interactive dashboards in supporting decision making within industrial environments. The quantitative data were collected from 154 respondents who work in various industrial sectors, including manufacturing, logistics, finance, and technology. Respondents were selected using a simple random sampling technique with the criteria of having experience in using data visualization tools for work-related decision making.

3. Data Collection Methods

This study uses mixed methods, namely quantitative and qualitative methods.

a. Quantitative Data Collection

Quantitative data were collected through an online questionnaire distributed using Google Forms. The questionnaire employed a five-point Likert scale ranging from 1 (strongly disagree) to 5 (strongly agree). The measurement indicators covered data visualization, ease of data comprehension, decision-making efficiency, and decision-making accuracy.

b. Qualitative Data Collection

Qualitative data were obtained through semi-structured interviews with five informants who were directly involved in data-driven decision-making processes. The interviews aimed to explore users' perceptions, challenges, and experiences in using Tableau dashboards to support their work activities.

4. Data Analysis Method

Quantitative data analysis was conducted using SmartPLS software with the Partial Least Squares–Structural Equation Modeling (PLS-SEM) approach. This method was selected due to its suitability for predictive analysis and complex research models involving mediation effects. The data analysis process consisted of two main stages: measurement model evaluation and structural model evaluation.

The measurement model was assessed to ensure the reliability and validity of the research instruments. Reliability was evaluated using Cronbach's alpha and composite reliability, with values exceeding 0.70 indicating acceptable reliability. Convergent validity was examined through outer loading values and Average Variance Extracted (AVE), where outer loadings above 0.70 and AVE values above 0.50 indicated adequate convergent validity.

The structural model evaluation was conducted to examine the relationships among variables and test the proposed hypotheses. This evaluation involved analyzing path coefficient values to determine the strength and direction of relationships, as well as R-square (R^2) values to assess the explanatory power of the model. Hypothesis testing was performed by evaluating the magnitude and significance of the path coefficients.

Qualitative data analysis was carried out using thematic analysis. Interview data were transcribed, coded, and categorized into key themes that represent users' experiences, perceived benefits, and challenges in using Tableau-based dashboards. The qualitative findings were used to support and enrich the interpretation of the quantitative results.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Respondent Demographics

The descriptive statistics from 154 valid questionnaires present the demographic

characteristics of the respondents, providing an overview of the sample profile used in this study.

Table 1. Demographics and Respondents

Variable	Criteria	Frequency	Percentage (%)
Gender	Male	62	39.7%
	Female	94	60.3%
Age	<20	1	0.6%
	20-25	52	33.3%
	26-30	63	40.4%
	>30	40	25.6%
Idustry	Manufacturing	37	23.7%
	Logistics	37	23.7%
	Finance	46	29.5%
	Technology	34	21.8%
	F&B	2	1.3%
	Mining	1	0.6%

The majority of respondents were women, accounting for 60.3%, while men accounted for 39.7%. Based on age group, the largest number of respondents were in the 26–30 age range, accounting for 40.4%, followed by those aged 20–25, accounting for 33.3%. Respondents aged over 30 accounted for 25.6%, while those under 20 accounted for only 0.6%, making them the smallest group.

The majority of respondents came from the financial sector (29.5%), followed by manufacturing and logistics sectors, each accounting for 23.7%. The technology sector contributed 21.8% of respondents, while the food and beverage sector accounted for 1.3%, and the mining sector represented 0.6% of the sample.

2. Descriptive Statistics

Table 2. Descriptive Statistics

Variabel	Indikator	Mean	Median	Scale min	Scale max	Standard deviation
Visualisasi Data	VD1 Visualisasi data memudahkan pemahaman informasi yang kompleks	4.65	5	3	5	0.497
	VD2 Visualisasi data interaktif meningkatkan pemahaman saya	4.57	5	3	5	0.534
Efisiensi Pengambilan Data	EPD 1Percepatan proses analisis data	4.42	5	2	5	0.666
	EPD 2 Pengurangan beban kerja	4.54	5	1	5	0.699
	EPD 3 Efisiensi waktu manajemen data	4.57	5	3	5	0.587
	EPD 4 Peningkatan produktivitas	4.59	5	1	5	0.665
Akurasi Pengambilan Data	APD 1 Keputusan lebih akurat	4.55	5	2	5	0.606
	APD 2 Interpretasi lebih benar	4.53	5	2	5	0.608
	APD 3 Kesalahan pengambilan data berkurang	4.48	5	2	5	0.685
	APD 4 Percaya diri dalam membaca data	4.51	5	3	5	0.592
Kemudahan Pemahaman Data	KPD 1 Visualisasi data (dashboard interaktif) lebih mudah dipahami dibandingkan Excel	4.46	5	1	5	0.639
	KPD 2 Visualisasi data mempermudah dalam menemukan pola atau tren dibandingkan Excel	4.54	5	1	5	0.699
	KPD 3Visualisasi data lebih efisien dalam menyajikan data kompleks dibandingkan Excel	4.38	4	1	5	0.675

Table 2 presents the descriptive statistics for all research variables, including mean values, medians, minimum and maximum scales, and standard deviations. The mean values of all indicators ranged from 4.38 to 4.65 on a five-point Likert scale, indicating a high level of agreement among respondents. The standard deviation values ranged from 0.49 to 0.70, reflecting relatively low variability in respondents' answers.

For the Data Visualization variable, the highest mean value was observed for indicator VD1 (mean = 4.65; SD = 0.497). For the Data Collection Efficiency

variable, indicator EPD4 showed the highest mean value (mean = 4.59; SD = 0.665), while EPD1 had the lowest mean value. In the Data Collection Accuracy variable, APD1 recorded the highest mean value (mean = 4.55; SD = 0.606), whereas APD3 showed the lowest mean value. For the Data Comprehensibility variable, indicator KPD2 obtained the highest mean value (mean = 4.54; SD = 0.699).

3. Measurement Model Evaluation

Table 3. Validity and Reliability Test

Variabel	Cronbach`s alpha	Composite reliability (rho_c)	Average Variance Extracted (AVE)
Akurasi Pengambilan Data	0.667	0.797	0.498
Efisiensi Pengambilan Data	0.744	0.837	0.565
Kemudahan Pemahaman Data	0.711	0.838	0.634
Visualisasi Data	0.366	0.759	0.612

Based on Table 3, the reliability and convergent validity of the measurement model were evaluated using Cronbach's Alpha, Composite Reliability (CR), and Average Variance Extracted (AVE). The Composite Reliability values for all constructs exceed the recommended threshold of 0.7, indicating satisfactory internal consistency.

The Cronbach's Alpha values for Data Collection Efficiency and Data Comprehensibility are above 0.7, while Data Collection Accuracy records a value of 0.667, which is considered acceptable. The Data Visualization construct shows a lower Cronbach's Alpha value; however, its Composite Reliability value exceeds the recommended threshold, indicating adequate reliability.

Regarding convergent validity, the AVE values for Data Collection Efficiency, Data Comprehensibility, and Data Visualization exceed the minimum threshold of 0.5. The AVE value for Data Collection Accuracy is 0.498, which is marginally below the recommended level but remains acceptable given its satisfactory Composite

Reliability value.

Table 4. Convergent Validity Test

Variabel	Indikator	Outer Loading	AVE	Result
Visualisasi Data	VD 1	0.767	0.612	Valid
	VD 2	0.797		
Efisiensi Pengambilan Data	EPD 1	0.684	0.565	Valid
	EPD 2	0.835		
	EPD 3	0.652		
	EPD 4	0.818		
Akurasi Pengambilan Data	APD 1	0.638	0.498	Tidak Valid
	APD 2	0.789		
	APD 3	0.712		
	APD 4	0.674		
Kemudahan Pemahaman Data	KPD 1	0.720	0.634	Valid
	KPD 2	0.852		
	KPD 3	0.812		

Table 4 presents the outer loading values of each indicator. Most indicators show outer loading values above 0.7, while all indicators meet the minimum acceptable threshold of 0.6. These results indicate that the indicators adequately represent their respective constructs.

4. Structural Model Evaluation

Table 5. R-Square (R^2) Test Results for Research Variables

	R-square	R-square adjusted
Akurasi Pengambilan Data	0.320	0.313
Efisiensi Pengambilan Data	0.494	0.489
Kemudahan Pemahaman Data	0.043	0.033

Table 5 presents the coefficient of determination (R^2) values for the endogenous variables. The R^2 value for Data Collection Accuracy is 0.320, while Data Collection Efficiency records an R^2 value of 0.494. The R^2 value for Data Comprehensibility is 0.043.

Table 6. Path Coefficients

	Path coefficients
Kemudahan pemahaman Data -> Akurasi pengambilan Data	0.566
Kemudahan pemahaman Data -> Efisiensi pengambilan Data	0.703
Visualisasi Data -> Kemudahan pemahaman Data	0.207

The path coefficient results are presented in Table 6. The path coefficient from Data Comprehensibility to Data Collection Accuracy is 0.566, while the path coefficient from Data Comprehensibility to Data Collection Efficiency is 0.703. The path coefficient from Data Visualization to Data Comprehensibility is 0.207.

5. Qualitative Results

The qualitative results were then reinforced through interviews with five informants directly involved in decision-making in the industrial sector. All informants stated that data visualization facilitates the understanding of complex information and speeds up the work process. An operations manager said, "Before the dashboard, we had to read long reports and it took a long time to understand the results. Now, with the graphics and colors, it's immediately clear,“ (Respondent 1). A similar statement was made by a data analyst who explained that, ”Visualization makes complex data easy to explain to management. Just show them the graph, and they immediately understand," (Respondent 3).

Data visualization also improves efficiency by enabling real-time access to information. A logistics supervisor revealed, "In the past, reports were only collected in the afternoon and were often late. Now, just open the dashboard, and all the data appears automatically,“ (Respondent 2). An IT staff member added, ”The dashboard is directly connected to the database, so all indicators appear on one screen, eliminating the need to open multiple files," (Respondent 4). This supports statistical findings that ease of data comprehension increases work efficiency. In addition to efficiency, decision accuracy has also improved. One dashboard user said, “Before this system was in place,

misinterpretations often occurred because the numbers were entered manually. Now the graphs can immediately show if there is any unusual data" (Respondent 5). However, several informants emphasized the importance of proportional design to avoid misreading. "If the graphs are not proportional or the colors are similar, it can cause misreading. So the visual display must be carefully considered," (Respondent 3).

Nevertheless, there are obstacles to the implementation of data visualization, particularly limitations in digital literacy and technical constraints. A logistics supervisor acknowledged, "Some staff are still more comfortable with manual reports," (Respondent 2). IT staff also highlighted network issues, "When the connection is slow, the dashboard is difficult to access," (Respondent 4). Informants hoped that the company would provide regular training and develop a more user-friendly dashboard. "If it can be accessed via mobile phones, management can monitor it at any time," (Respondent 5).

From the thematic analysis of all interviews, four main themes emerged that describe respondents' perceptions of the application of data visualization in industry, namely: (1) data visualization facilitates the understanding of complex information; (2) ease of understanding improves the efficiency and accuracy of decisions; (3) the main obstacles stem from limitations in digital literacy and infrastructure; and (4) the need to develop adaptive and accessible dashboards.

Discussion

1. **Tableau dashboard visualization has a significant effect on ease of data comprehension (H1)**

   The results indicate that ease of data comprehension has a strong positive effect on data collection efficiency, as reflected by the highest path coefficient value ($\beta = 0.703$). This finding suggests that when data is presented in a form that is easy to understand, users can process information more quickly, reduce analysis time, and improve overall productivity.

   This result is consistent with previous studies by (Perkhofer et al., 2019) and Sharma (2023), which emphasize that clear and intuitive data presentation significantly enhances analytical efficiency in organizational contexts. Qualitative findings further support this

result, where informants reported that interactive dashboards enabled faster access to key information and reduced reliance on manual reporting processes.

From a practical perspective, these finding highlights that improving data comprehensibility should be a priority for organizations seeking to enhance operational efficiency. Rather than focusing solely on increasing data volume, organizations should emphasize clarity, structure, and usability in dashboard design.

2. **Ease of data comprehension has a significant effect on decision-making efficiency (H2)**

   The analysis also shows that ease of data comprehension positively affects data collection accuracy ($\beta = 0.566$). This indicates that better understanding of data reduces misinterpretation and supports more accurate decision-making.

   This finding aligns with (Canonico et al., 2022), who found that well-structured visual representations help decision-makers detect anomalies and patterns more effectively, thereby improving accuracy. Interview results support this conclusion, as respondents stated that visual dashboards helped them identify unusual data trends more quickly compared to traditional tabular reports.

   These results imply that accuracy in decision-making is not only influenced by data quality, but also by how information is presented. Clear visualization helps users interpret data correctly and increases confidence in decision outcomes.

3. **Ease of data comprehension has a significant effect on decision-making accuracy (H3)**

   The relationship between data visualization and ease of data comprehension shows a positive but relatively weaker effect ($\beta = 0.207$). Although visualization contributes to improving understanding, its impact is not as strong as the direct influence of data comprehension on efficiency and accuracy.

   This finding suggests that visualization alone is insufficient if not supported by appropriate design principles and user competencies. Similar observations were reported by (Postma & Goedhart, 2019), who emphasized that poorly designed visualizations may fail to enhance understanding despite the use of advanced tools. Interview participants

also noted that unclear color usage or disproportionate graphs could lead to misinterpretation.

Therefore, the effectiveness of data visualization depends not only on the technology used, such as dashboards or visualization software, but also on visual literacy and thoughtful design implementation.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

This study examined the role of Tableau dashboard visualization in supporting industrial decision-making through ease of data comprehension. Using a mixed methods approach, the results demonstrate that ease of data comprehension is a key factor influencing both decision-making efficiency and accuracy.

The findings indicate that ease of data comprehension has a strong positive effect on decision-making efficiency and a significant positive effect on decision-making accuracy. This confirms that when data is presented in a clear and understandable manner, decision-makers are able to process information more quickly, reduce errors, and make more confident decisions. In addition, Tableau dashboard visualization was found to have a positive effect on ease of data comprehension, although its impact is relatively moderate compared to the direct effects of comprehension on efficiency and accuracy.

Qualitative findings reinforce the quantitative results, showing that interactive dashboards help users understand complex information, improve communication across departments, and support real-time monitoring. However, the effectiveness of dashboard visualization depends not only on the technology itself, but also on users' visual literacy and the quality of dashboard design.

Overall, this study concludes that Tableau dashboard visualization serves as an enabling tool that enhances decision-making performance primarily through improving ease of data comprehension in industrial environment.

REFERENCES

Addepalli, Lavanya & Sindhuja, Sakinam & Gaurav, Lokhande & Ali, Waqas. (2023). A Comprehensive Review of Data Visualization Tools: Features, Strengths, and Weaknesses. International Journal of Computer Engineering in Research Trends. 10. 10-20. 10.22362/ijcert/2023/v10/i01/v10i0102.

Baktiar, M. Y., & Ade Davy Wiranata. (2024). Implementasi Business Intelligence Menggunakan Tableau Untuk Visualisasi Data Dampak Judi Online Di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Komputasi*, *23*(2), 283–292. https://doi.org/10.32409/jikstik.23.2.3609

Bibire Seyi- Lande, O., Johnson, E., Sheriff Adeleke, G., Prisca Amajuoyi, C., & Dona Simpson, B. (2024). The role of data visualization in strategic decision making: Case studies from the tech industry. *Computer Science & IT Research Journal*, *5*(6), 1374–1390. https://doi.org/10.51594/csitrj.v5i6.1223

Canonico, P., De Nito, E., Esposito, V., Fattoruso, G., Pezzillo Iacono, M., & Mangia, G. (2022). Visualizing knowledge for decision-making in Lean Production Development settings. Insights from the automotive industry. *Management Decision*, *60*(4), 1076–1094. https://doi.org/10.1108/MD-01-2021-0144

Deshwal, Priyanshi. (2025). Interactivity in Data Visualizations: The Technical Mechanics Behind User Engagement. European Journal of Computer Science and Information Technology. 13. 31-43. 10.37745/ejcsit.2013/vol13n283143.

Eberhard, K. (2023). The effects of visualization on judgment and decision - making : a systematic literature review. In *Management Review Quarterly* (Vol. 73, Issue 1). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/s11301-021-00235-8

Emma, L. (2024). *Data-Driven Decision-Making and Business Intelligence in Modern Organizations* .

Gottfried, A., Hartmann, C., & Yates, D. (2021). Mining open government data for business intelligence using data visualization: A two-industry case study. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, *16*(4), 1042–1065. https://doi.org/10.3390/JTAER16040059

Kementrian Industri Indonesia. (2021). https://www.kemenperin.go.id/

Khasnabish, S., Burns, Z., Couch, M., Mullin, M., Newmark, R., & Dykes, P. C. (2020). Best practices for data visualization: Creating and evaluating a report for an evidence-based fall prevention program. *Journal of the American Medical Informatics Association*, *27*(2), 308–314. https://doi.org/10.1093/jamia/ocz190

Kominfo. (2022). https://www.komdigi.go.id/

Kucukural, Alper & Yukselen, Onur & Ozata, Deniz & Moore, Melissa & Garber, Manuel. (2019). DEBrowser: interactive differential expression analysis and visualization tool for count data. BMC Genomics. 20. 10.1186/s12864-018-5362-x.

Kumar, M. (2019). Data-Driven Decision Making: How Organizations Use Analytics to Transform their Strategies. *International Journal For Multidisciplinary Research*, *1*(2), 1–9. https://doi.org/10.36948/ijfmr.2019.v01i02.20554

Marvaro, E., & Samosir, R. S. (2021). Penerapan business intelligence dan visualisasi informasi di CV. Mitra Makmur dengan menggunakan dashboard Tableau. KALBISCIENTIA Jurnal Sains dan Teknologi, 8(2), 37-46.

Mustafa, I., Syamsuddin, S., Ayusaputri, K., Warman, W., & Hidayanto, D. (2025). Application of Data-Driven Decision Making in Education Management in East Kutai Regency. *AS-SABIQUN*, *7*(2), 308-321. Retrieved from https://ejournal.stitpn.ac.id/index.php/assabiqun/article/view/5644

Perkhofer, L. M., Hofer, P., Walchshofer, C., Plank, T., & Jetter, H. C. (2019). Interactive visualization of big data in the field of accounting: A survey of current practice and potential barriers for adoption. *Journal of Applied Accounting Research*, *20*(4), 497–525. https://doi.org/10.1108/JAAR-10-2017-0114

Postma, M., & Goedhart, J. (2019). Plotsofdata—a web app for visualizing data together with their summaries. *PLoS Biology*, *17*(3), 1–8. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000202

Putra, D. A., & Shofianisa, P. (2024). *Implementasi Sistem Dashboard Visualisasi Data Untuk Meningkatkan Efisiensi Operasional Sebagai Bentuk Optimalisasi Profitabilitas Bisnis*. *3012010008*.

Sasha Safira Nuraini, Azzumardi Mubarok Romadhoni, Muhammad Akmal Faris Taqiyuddin, & Ma'had Wicaksono. (2025). Pemanfaatan Visualisasi Data dalam

Business Intelligence untuk Strategi Bisnis Perusahaan Retail. *Jurnal Manuhara : Pusat Penelitian Ilmu Manajemen Dan Bisnis*, *3*(3), 234–243. https://doi.org/10.61132/manuhara.v3i3.1992

Sharma, S. (2023). *Impact in Decision Making in*. *March*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21906.12483

Suvita, Y., Anjarika, A. L., Hutami, N. R., & Mayfani, S. (2025). *Journal of Guidance and Counseling Data Visualization as a Tool for Public Understanding Education*. *5*(March), 16–26.

Tratz, M. (2021). *Artificial intelligence as enabler for automation of Data Visualization: Potentials and obstacles - an empirical analysis*. 1–7.

Wicaksono, Soetam. (2024). Visualisasi Data dan Storytelling: Looker Studio. 10.5281/zenodo.13704114.

Yalim, C., Handley, H. A. H., & Handley, H. H. (2023). The Effectiveness of Visualization Techniques for Supporting Decision-Making. *Modeling, Simulation and Visualization Student Capstone Conference*, *June*. https://doi.org/10.25776/y65q-qy42

Zahra, S. N., & Utomo, P. E. P. (2023). Visualisasi Data Penjualan Barang Retail di Seluruh Dunia Menggunakan Tableau. *Jurnal Nasional Ilmu Komputer*, *4*(3), 12–21. https://doi.org/10.47747/jurnalnik.v4i3.1217

Introduction to the Pasigala Website-Based Historical Site

Rizka Fadliah Nur[1)*)], Muliadi[2)]

[1)]Sejarah Peradaban Islam, Fakultas Ushuluddin dan Adab, Universitas Islam Negeri Datokarama Palu
[2)]Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Datokarama Palu
***)Correspondence author:** Rizka Fadliah Nur, riskafadliah@gmail.com, Palu, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3171

Abstract

History is one of the cultural heritages that holds significant value in shaping the identity of a nation. Historical sites serve as silent witnesses to the passage of time and store a wealth of valuable information about past civilizations, cultures, and events. This research aims to design and develop a website-based historical site information system for the Pasigala area (Palu, Sigi, Donggala). This system functions as an interactive digital medium that provides comprehensive information about historical sites, with the goal of increasing public awareness of the importance of preserving local culture and supporting the promotion of historical tourism. With the website-based information system, the public can easily access accurate and reliable information about the historical sites in Pasigala. The research method used is Research and Development, with stages including literature review, primary and secondary data collection, needs analysis, and design. With a website-based information system, the public can easily obtain accurate and reliable information about historical sites in Pasigala. The system includes development, testing, and implementation. The result is a responsive web-based application that contains complete data on historical sites along with a photo gallery, and allows user interaction through a suggestion feature. The system has also been tested for functionality and usability with satisfactory results. This research contributes to the preservation of cultural heritage in the digital era while supporting the development of information technology, particularly in the field of website-based information systems.

Keywords: *History, Website, Palu, Sigi, Donggala.*

Abstrak

Sejarah merupakan salah satu warisan budaya yang memiliki nilai penting dalam membangun identitas suatu bangsa. Situs sejarah menjadi saksi bisu perjalanan waktu dan menyimpan banyak informasi berharga tentang peradaban, budaya, dan kejadian di masa lampau. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan sistem informasi pengenalan situs sejarah berbasis website untuk wilayah Pasigala (Palu, Sigi, Donggala). Sistem ini berfungsi sebagai media digital interaktif yang menyediakan informasi lengkap tentang situs sejarah, dengan tujuan meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya pelestarian budaya lokal serta mendukung promosi pariwisata sejarah. Dengan adanya sistem informasi berbasis website, masyarakat dapat dengan mudah memperoleh informasi yang akurat dan terpercaya mengenai situs-situs sejarah yang ada di Pasigala. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development dengan tahap studi literatur, pengumpulan data primer dan sekunder, analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengembangan, pengujian, dan implementasi. Hasilnya adalah sebuah aplikasi berbasis web yang responsif, memuat data situs sejarah lengkap beserta galeri foto, dan memungkinkan interaksi pengguna melalui fitur saran. Sistem ini juga telah diuji fungsionalitas dan kegunaannya dengan hasil memuaskan. Penelitian ini memberikan kontribusi pada

pelestarian warisan budaya di era digital sekaligus mendukung pengembangan teknologi informasi khususnya di bidang sistem informasi berbasis website

Kata Kunci : Sejarah, Website, Palu, Sigi, Donggala.

PENDAHULUAN

Sejarah merupakan salah satu warisan budaya yang memiliki nilai penting dalam membangun identitas suatu bangsa. Situs sejarah menjadi saksi bisu perjalanan waktu dan menyimpan banyak informasi berharga tentang peradaban, budaya, dan kejadian di masa lampau. Di wilayah Pasigala (Palu, Sigi, dan Donggala), terdapat banyak situs sejarah yang kaya akan nilai-nilai sejarah, namun belum sepenuhnya dikenal dan dimanfaatkan oleh masyarakat luas. Kurangnya informasi yang mudah diakses mengenai situs-situs sejarah ini menjadi salah satu kendala utama dalam pengenalan dan pelestariannya. Selain itu, minimnya platform digital yang dapat digunakan sebagai media pengenalan situs sejarah membuat banyak potensi yang dimiliki wilayah Pasigala belum tergali secara maksimal. Perkembangan teknologi informasi memberikan peluang besar untuk mengatasi kendala ini. Salah satu solusi yang dapat diimplementasikan adalah melalui pengembangan sistem informasi berbasis website yang dirancang khusus untuk mengenalkan situs-situs sejarah di wilayah Pasigala. Sistem ini diharapkan mampu menjadi sarana edukasi, promosi, dan pelestarian situs sejarah yang efektif.

Dengan adanya sistem informasi berbasis website, masyarakat dapat dengan mudah memperoleh informasi yang akurat dan terpercaya mengenai situs-situs sejarah yang ada di Pasigala. Hal ini tidak hanya meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pelestarian situs sejarah, tetapi juga dapat mendorong perkembangan pariwisata berbasis budaya di wilayah tersebut. Wilayah Pasigala (Palu, Sigi, dan Donggala) memiliki potensi sejarah yang luar biasa, baik dari segi peninggalan arkeologi, situs tradisional, maupun peristiwa bersejarah. Beberapa situs di wilayah ini, seperti situs Megalitik Besoa, situs Watutau, dan peninggalan sejarah kolonial di Donggala, memiliki nilai historis tinggi yang mencerminkan kekayaan budaya lokal. Namun, potensi ini belum dimanfaatkan secara maksimal karena berbagai kendala, seperti:

a. Minimnya Informasi yang Terorganisasi: Sebagian besar situs sejarah di Pasigala tidak memiliki dokumentasi lengkap dan terstruktur. Informasi yang tersedia sering kali tersebar dalam berbagai sumber, sulit diakses, dan tidak mendukung kebutuhan masyarakat umum atau wisatawan.
b. Kurangnya Pemanfaatan Teknologi: Pengenalan dan promosi situs sejarah masih bergantung pada metode tradisional, seperti pameran budaya atau brosur cetak, yang kurang efektif dalam menjangkau masyarakat modern, terutama generasi muda yang lebih akrab dengan teknologi digital.
c. Kurangnya Kesadaran Masyarakat: Minimnya edukasi mengenai pentingnya pelestarian situs sejarah membuat banyak masyarakat kurang peduli terhadap upaya pelestarian. Bahkan, beberapa situs sejarah menghadapi ancaman kerusakan akibat aktivitas manusia atau faktor alam.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian pengembangan (Research and Development, R&D) yang bertujuan untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi sistem informasi pengenalan situs sejarah berbasis website di wilayah Pasigala. Pendekatan ini dilakukan melalui beberapa tahapan, antara lain:

1. Studi Literatur Dilakukan untuk mengkaji teori-teori yang relevan, termasuk penelitian terdahulu terkait sistem informasi, pelestarian budaya, dan pengembangan situs sejarah berbasis teknologi.
2. Pengumpulan Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup data primer dan sekunder:
   a. Data Primer: Diperoleh melalui wawancara dengan masyarakat setempat, pihak pemerintah daerah, dan pengelola situs sejarah. Selain itu, dilakukan observasi langsung ke lokasi-lokasi situs sejarah di Pasigala untuk mendokumentasikan informasi terkait sejarah, budaya, dan kondisi fisik situs.

b. Data Sekunder: Diperoleh dari dokumen, literatur, dan arsip yang relevan, seperti buku, jurnal, dan laporan pemerintah tentang situs sejarah di Pasigala.

3. Analisis Kebutuhan Sistem Tahap ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan pengguna terhadap sistem informasi yang akan dikembangkan. Data dianalisis untuk menentukan fitur-fitur yang diperlukan, seperti antarmuka pengguna, penyajian informasi, dan integrasi peta interaktif.
4. Perancangan Sistem (System Design) Sistem dirancang menggunakan pendekatan Object-Oriented Design (OOD)
5. Pengembangan Sistem Pengembangan sistem dilakukan menggunakan metodologi prototyping
6. Pengujian Sistem
7. Implementasi dan Evaluasi Setelah sistem selesai diuji, dilakukan implementasi dengan melibatkan masyarakat, pemerintah daerah, dan pemangku kepentingan lainnya. Evaluasi sistem dilakukan untuk menilai dampaknya terhadap peningkatan kesadaran, edukasi, dan promosi situs sejarah di Pasigala

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Sistem

Sistem informasi pengenalan situs sejarah berbasis website di wilayah Pasigala (Palu, Sigi, dan Donggala) merupakan aplikasi berbasis web yang bertujuan menyediakan informasi terstruktur mengenai situs-situs bersejarah, meliputi lokasi, deskripsi sejarah, galeri foto, serta data pendukung lainnya. Sistem ini dirancang sebagai sarana edukasi, dokumentasi, dan media publikasi yang dapat diakses oleh masyarakat umum dan pengelola situs sejarah.

Analisis Kebutuhan Sistem

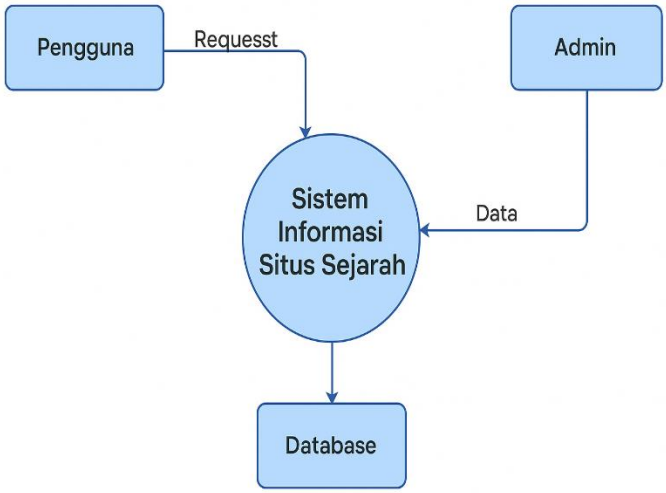
Analisis kebutuhan sistem dilakukan untuk menentukan spesifikasi yang harus dipenuhi dalam pengembangan sistem informasi pengenalan situs sejarah berbasis website. Kebutuhan sistem mencakup kebutuhan fungsional dan non-fungsional, kebutuhan pengguna, serta kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak.

Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem ini memberikan gambaran rancangan bangun yang lengkap sebagai pedoman bagi programmer dalam membangun Sistem Informasi Pengenalan Situs Sejarah berbasis Website

Diagram Konteks

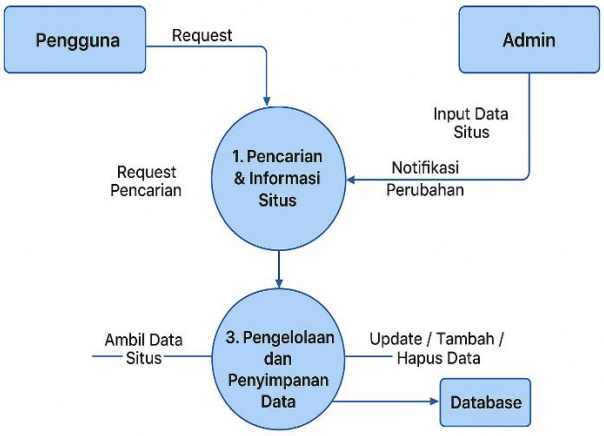
Diagram konteks adalah diagram yang terdiri dari suatu proses dan menggambarkan ruang lingkup suatu sistem. Diagram konteks merupakan level tertinggi dari Data Flow Diagram (DFD) yang menjelaskan secara global bagaimana data digunakan dan ditransformasikan untuk proses atau menggambarkan aliran data kedalam dan keluar system.



Gambar 1. Diagram Konteks

Data Flow Diagram Level 1

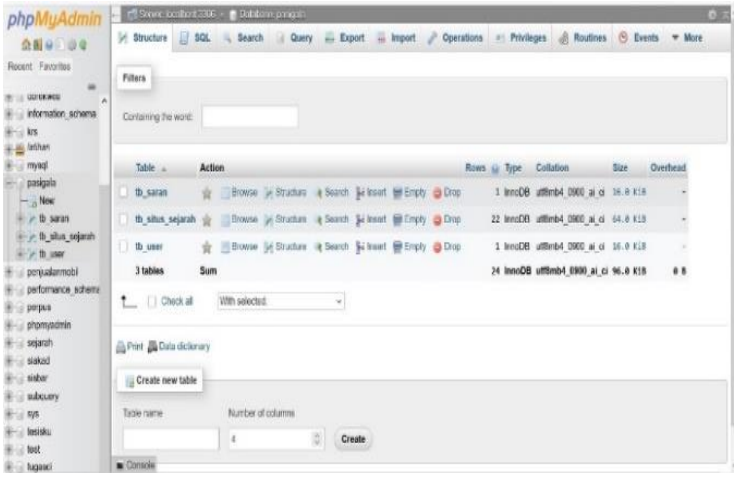
Data Flow Diagram (DFD) Level 1 adalah diagram yang merinci dan memecah proses-proses utama dari DFD Level 0 (diagram konteks) menjadi sub-proses yang lebih mendetail. Diagram ini memberikan pandangan yang lebih dalam tentang sistem dengan menunjukkan bagaimana data mengalir di antara sub-proses tersebut, termasuk penyimpanan data yang relevan dan hubungan sistem dengan lingkungannya melalui arus data masuk dan keluar



Gambar 2. Data Flow Diagram Level 1

Perancangan Database

Database merupakan tempat dari kumpulan yang terintegrasi dan teratur sehingga dapat di cari dan di ambil. Database yang digunakan pada implementasi Sistem Informasi pengenalan situs sejarah berbasis website ini adalah MySql server. Berikut Rancangan Database sistem informasi pengenalan situs sejarah berbasis website PASIGALA.



Gambar 3. Rancangan Database

Berikut ini adalah struktur masing-masing tabel dari database Pengenalan situs sejarah berbasis website PASIGALA

Tabel 1. User /admin

No	Nama Field	Type Data	Size	Keterangan
1	id_user	int		
2	nama_user	Varchar	100	
3	password	Varchar	50	

Tabel 2. Situs Sejarah

No	Nama Field	Type Data	Size	Keterangan
1	id_situs	int		AUTO_INCREMENT
2	nama_situs	Varchar	100	
3	kota_situs	Varchar	100	
4	deskripsi_situs	Varchar	1500	
5	alamat_situs	Varchar	100	
6	foto_situs	Varchar	100	

Tabel 3. Pesan/Saran

No	Nama Field	Type Data	Size	Keterangan
1	id	int		AUTO_INCREMENT
2	nama	Varchar	100	
3	email	Varchar	100	
4	saran	Varchar	300	

Flowchart Sistem

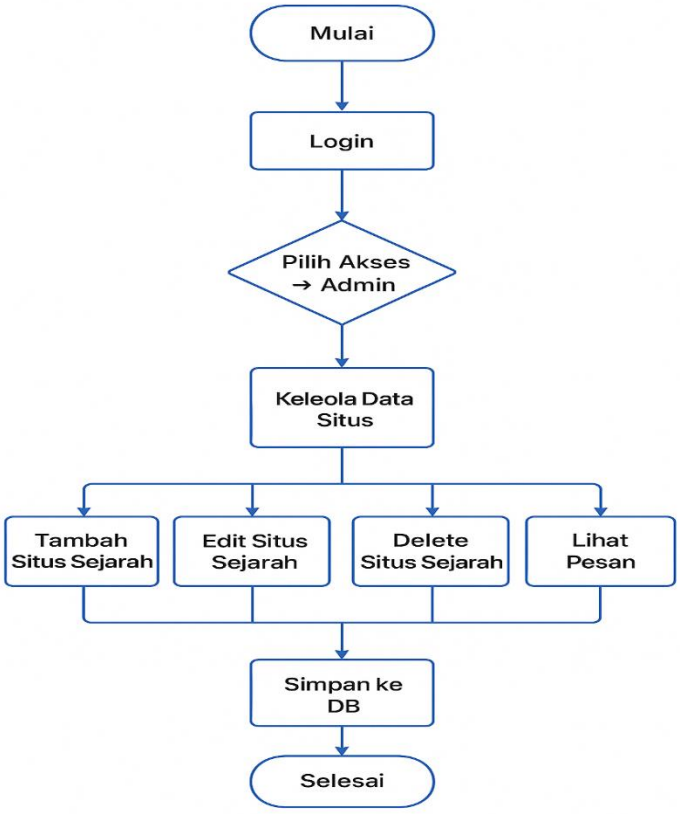
Berikut flowchart dari Sistem informasi pengenalan situs Sejarah berbasis website PASIGALA

Pengguna



Gambar 4. Flowchart Pengguna

User Admin

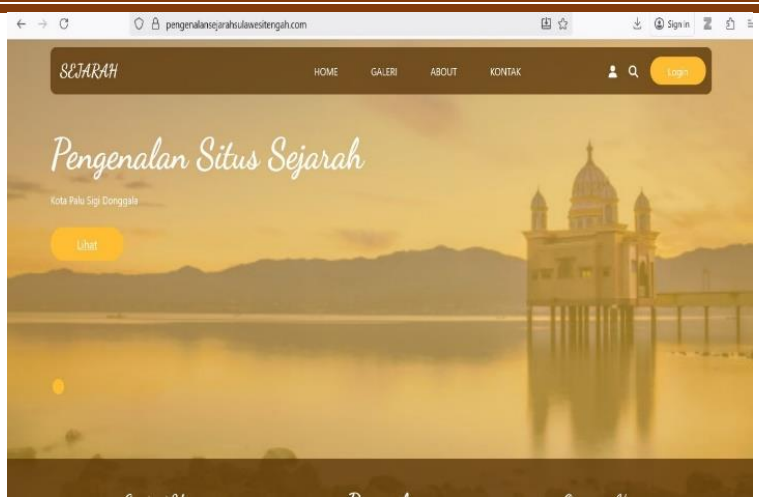


Gambar 5. Flowchart admin

Tampilan Aplikasi

Tampilan Home

Halaman Home / Beranda merupakan halaman utama yang pertama kali dilihat oleh pengguna ketika membuka website. Halaman ini berfungsi sebagai gateway untuk memberikan informasi awal, pengenalan aplikasi, serta akses cepat ke fitur inti seperti daftar situs sejarah, navigasi menu, dan serta menampilkan highlight situs sejarah yang populer.



Gambar 6. Halaman Home

Tampilan Menu Galeri

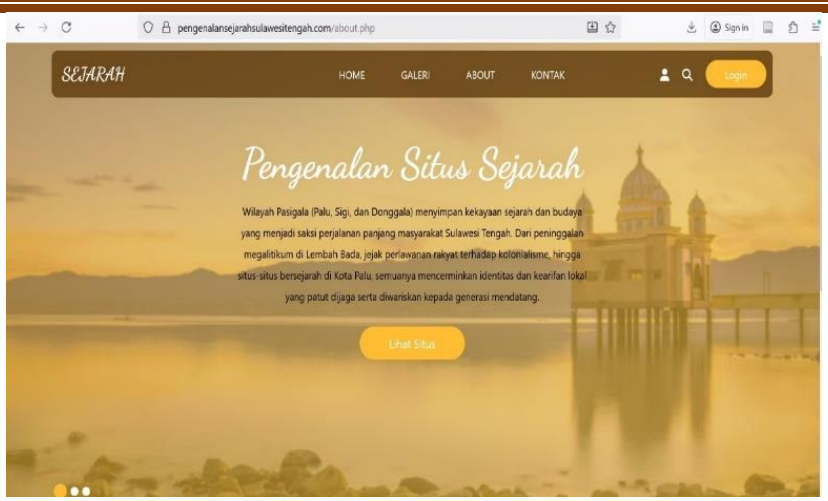
Halaman Galeri pada aplikasi Pengenalan Situs Sejarah Berbasis Website berfungsi sebagai media visual yang menampilkan koleksi dokumentasi berupa foto atau gambar dari berbagai situs bersejarah yang telah terdaftar dalam sistem.



Gambar 7. Halaman Galeri

Tampilan Menu About

Halaman About / Tentang pada aplikasi Pengenalan Situs Sejarah Berbasis Website berfungsi sebagai media informasi yang menjelaskan latar belakang pengembangan aplikasi, tujuan pembuatan sistem, serta manfaat yang ingin dicapai oleh pengguna, masyarakat, dan institusi terkait



Gambar 8. Halaman About

Implementasi Sistem

Lingkungan Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan menggunakan teknologi berbasis web untuk mendukung akses lintas perangkat. Adapun spesifikasi pengembangan sistem sebagai berikut:

Tabel 4. Spesifikasi Pengembangan

Komponnen	Detail
Bahasa Pemrograman	PHP, JavaScript
Framework	Bootstrap (UI), MySQLi (Backend)
Database	MySQL
Web Server	Apache (XAMPP)
Browser Pengujian	Google Chrome, Mozilla Firefox
OS Pengembangan	Windows 10/11
Model Pengembangan	Waterfall

Struktur System

Sistem terdiri dari dua aktor utama:

1. Pengguna (User) → Melihat data situs sejarah, galeri, informasi, serta mengirim saran.
2. Admin → Mengelola konten situs sejarah dan mengelola pesan pengguna.

Implementasi Halaman Utama

Halaman Home menjadi pusat informasi awal yang menampilkan deskripsi aplikasi, tujuan sistem, dan rekomendasi situs sejarah. Tampilan dirancang responsif serta mudah diakses baik melalui PC maupun mobile.

Fitur yang Di implementasikan :

1. Hero/banner pengantar aplikasi
2. Navigasi ke menu utama (Galeri, Tentang, Kontak)
3. Highlight situs sejarah popular

Implementasi Galeri Sejarah

Halaman ini menampilkan daftar situs sejarah dalam bentuk kartu/gambar grid yang memuat nama, lokasi, dan tombol detail.

Fitur:

1. Tampilan gambar situs
2. Informasi singkat lokasi
3. Tombol “Lihat Detail”

Implementasi Halaman Login

Halaman login digunakan untuk membatasi akses admin menggunakan autentikasi username dan password terenkripsi.

Implementasi CRUD Data Situs Sejarah (Admin)

Menu ini memungkinkan admin menambahkan, mengubah, menghapus, dan melihat data situs sejarah.

Tabel 5. Crud

Fungsi	Penjelasan
Tambah Data	Admin mengisi form situs baru lalu disimpan ke database
Edit Data	Admin memperbarui informasi situs sejarah
Delete Data	Delete Data
View Data	Data ditampilkan dalam tabel untuk manajemen

Implementasi Menu Lihat Saran (Admin)

Halaman Admin menampilkan daftar saran yang masuk dalam bentuk tabel dan memungkinkan tindakan seperti melihat detail dan menghapus pesan.

Output Implementasi:

1. Data pesan tersimpan rapi di database
2. Admin dapat mengelola feedback pengguna

Integrasi Sistem

Setelah halaman selesai dibuat, seluruh menu dihubungkan dalam navigasi utama agar sistem berjalan secara utuh:

Alur Integrasi Utama :

User → Melihat Situs → Memberi Saran → Data masuk DB → Admin kelola → Informasi diperbarui

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian yang mencakup analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, serta serangkaian pengujian fungsional dan evaluasi pengguna, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. **Sistem pengenalan situs sejarah berbasis website berhasil dibangun menggunakan pendekatan pengembangan berbasis web yang responsive.**
   Sistem ini menampilkan informasi situs sejarah dalam bentuk teks, gambar, dan struktur navigasi yang terorganisir, sehingga mampu membantu pengguna dalam memperoleh informasi sejarah secara mudah dan terarah.
2. **Penerapan arsitektur sistem berbasis web mempermudah proses pengelolaan data.**
   Menu admin seperti Login, Tambah Data Situs, dan Kelola Data memungkinkan pengelola melakukan input, update, dan penghapusan data secara efisien tanpa harus memodifikasi kode program secara langsung. Hal ini meningkatkan fleksibilitas dan skalabilitas sistem dalam jangka panjang.

3. **Pengujian sistem menggunakan metode Blackbox Testing menunjukkan bahwa seluruh fitur utama berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional.**
   Mulai dari proses autentikasi pengguna, penambahan data, pencarian informasi, hingga tampilan galeri situs sejarah dapat berjalan tanpa error pada seluruh skenario uji yang disusun.
4. **Evaluasi kepuasan pengguna melalui kuesioner memberikan hasil positif.**
   Berdasarkan aspek kegunaan (usability), tampilan (user interface), aksesibilitas, dan kelengkapan informasi, sistem dinilai mudah digunakan, informasinya mudah dipahami, dan tampilannya menarik. Ini menunjukkan bahwa sistem mampu memenuhi kebutuhan pengguna dari sisi pengalaman penggunaan (user experience).
5. **Sistem ini memiliki potensi sebagai media edukasi digital dan pelestarian budaya.**
   Dengan menampilkan informasi sejarah dalam format modern dan mudah diakses, sistem ini berperan dalam meningkatkan pengetahuan masyarakat serta mendorong pelestarian nilai sejarah melalui pemanfaatan teknologi informasi.

Saran

Agar sistem ini dapat dikembangkan lebih baik dan dapat digunakan secara lebih luas, maka beberapa saran yang dapat diajukan adalah:

1. **Pengembangan Fitur Pemetaan Lokasi Secara Interaktif**
   Integrasi layanan peta seperti Google Maps atau OpenStreetMaps akan memudahkan pengguna mengetahui lokasi situs secara akurat dan membantu perencanaan kunjungan lapangan.
2. **Penambahan Konten Multimedia dan Tur Virtual**
   Agar daya tarik informasi meningkat, dapat ditambahkan media audio, video, animasi sejarah, serta fitur *virtual tour* menggunakan pemetaan 360°.
3. **Optimalisasi untuk Tingkat Akses Pengguna Lebih Tinggi**
   Sistem perlu diuji untuk beban pengguna dalam jumlah besar (stress testing) agar performanya stabil jika diakses ratusan atau ribuan pengguna secara bersamaan.

4. **Pengembangan Sistem Multi-Role dan Kolaboratif**

   Akses pengguna dapat dibedakan menjadi administrator, editor, sejarawan, dan masyarakat umum untuk memungkinkan kolaborasi dalam pengumpulan data situs sejarah secara terverifikasi.

5. **Integrasi dengan Sistem atau Basis Data Resmi Pemerintah**

   Sistem dapat dikembangkan untuk bekerja sama dengan instansi kebudayaan seperti Dinas Pariwisata atau Kemdikbud guna memperluas cakupan data dan meningkatkan keabsahan informasi.

6. **Penambahan Keamanan Sistem**

   - Sistem perlu dilengkapi mekanisme keamanan meliputi:
   - enkripsi password
   - validasi input data
   - proteksi dari SQL Injection dan XSS
   - otentikasi token atau JWT agar terhindar dari penyalahgunaan maupun kerusakan data.

REFERENSI

Afriansyah, M. (2025). *Application of social media technology in digital tourism promotion*.

Anggraeni, R., & Nugroho, E. (2020). Sistem informasi geografis berbasis web untuk pemetaan situs sejarah di Kota Semarang. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer, 6*(1), 15–25.

Buhalis, D., & Law, R. (2008). Progress in information technology and tourism management: 20 years on and 10 years after the Internet—The state of eTourism research. *Tourism Management, 29*(4), 609–623. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2008.01.005

Etlacakuş, A. (2025). The role of geographic information system (GIS) in cultural heritage conservation. *International Journal of Conservation, Archaeology and Urbanus Anthropology*.

Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Management information systems: Managing the digital firm* (16th ed.). Pearson Education.

Li, P. (2023). Role of information technology in the development of e-tourism system. *Economic Analysis and Policy*.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2011). *Geographic information systems and science* (3rd ed.). Wiley.

Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things* (Rev. ed.). Basic Books.

Prasetyo, H. (2019). *Pengembangan sistem informasi pemetaan wisata sejarah berbasis website* (Tesis). Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Indonesia.

Pressman, R. S. (2015). *Software engineering: A practitioner's approach* (8th ed.). McGraw-Hill Education.

Rahmawati, F. (2020). *Analisis implementasi sistem informasi geografis pada promosi wisata budaya* (Tesis). Program Studi Sistem Informasi, Universitas Gadjah Mada.

Santoso, T., & Widodo, R. A. (2018). Analisis peran media digital dalam promosi pariwisata budaya. *Jurnal Pariwisata Indonesia, 12*(2), 45–57.

UNESCO. (2003). *Convention for the safeguarding of the intangible cultural heritage*. UNESCO.

Wilke, C. O. (2019). *Fundamentals of data visualization*. O'Reilly Media.

Yulianti, N., & Hartono, R. (2019). Pengembangan sistem informasi pemetaan berbasis website untuk pelestarian warisan budaya. *Jurnal Informatika, 8*(3), 33–42.

Evaluating the Impact of AI-Driven Decision Support Systems on Organizational Performance in the Digital Economy

Soleman [1)*)]

[1)2)3)]Universitas Borobudur
[*)]**Correspondence author**: soleman@borobudur.ac.id, DKI Jakarta, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3240

Abstract

This study aims to evaluate the impact of AI-driven Decision Support Systems (AI-DSS) on organizational performance within the context of the digital economy. Specifically, the research examines how the adoption of AI-based decision-support technologies influences decision quality, operational efficiency, strategic agility, and overall organizational effectiveness. Employing a quantitative research design, the study collected primary data through a structured questionnaire distributed to managers and decision-makers across various industries that have implemented AI-DSS. A total of valid responses were analyzed using Structural Equation Modeling (SEM) with Partial Least Squares (PLS) to assess both direct and indirect relationships among variables. The data analysis focused on measuring the reliability and validity of constructs, hypothesis testing, and the explanatory power of AI-DSS in predicting organizational performance outcomes. The findings indicate that AI-driven decision support systems have a significant and positive effect on organizational performance, primarily through improvements in decision accuracy, speed, and data-driven strategic alignment. Moreover, the results reveal that organizational digital capability acts as a partial mediator, strengthening the relationship between AI-DSS adoption and performance outcomes. This study contributes to the growing body of literature on digital transformation by providing empirical evidence on the strategic value of AI-enabled decision support systems and offers practical implications for organizations seeking to enhance competitiveness in the digital economy.

Keywords: *Artificial Intelligence, Decision Support Systems, Organizational Performance, Digital Economy*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak Sistem Pendukung Keputusan berbasis AI (AI-DSS) terhadap kinerja organisasi dalam konteks ekonomi digital. Secara spesifik, penelitian ini mengkaji bagaimana adopsi teknologi pendukung keputusan berbasis AI memengaruhi kualitas keputusan, efisiensi operasional, ketangkasan strategis, dan efektivitas organisasi secara keseluruhan. Dengan menggunakan desain penelitian kuantitatif, studi ini mengumpulkan data primer melalui kuesioner terstruktur yang didistribusikan kepada manajer dan pengambil keputusan di berbagai industri yang telah menerapkan AI-DSS. Sebanyak tanggapan valid dianalisis dengan menggunakan Pemodelan Persamaan Struktural (SEM) dengan Kuadrat Terkecil Parsial (PLS) untuk menilai hubungan langsung dan tidak langsung antar variabel. Analisis data difokuskan pada pengukuran reliabilitas dan validitas konstruk, pengujian hipotesis, dan daya penjelas AI-DSS dalam memprediksi hasil kinerja organisasi. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem pendukung keputusan berbasis AI memiliki pengaruh yang signifikan dan positif terhadap kinerja organisasi, terutama melalui peningkatan akurasi keputusan, kecepatan, dan keselarasan strategis berbasis data. Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan digital organisasi bertindak sebagai mediator parsial, memperkuat hubungan antara adopsi AI-DSS dan hasil kinerja. Studi ini berkontribusi pada literatur yang berkembang tentang transformasi digital dengan memberikan bukti empiris tentang nilai strategis sistem pendukung keputusan berbasis AI dan menawarkan implikasi praktis bagi organisasi yang berupaya meningkatkan daya saing di ekonomi digital.

Kata Kunci: Kecerdasan Buatan, Sistem Pendukung Keputusan, Kinerja Organisasi, Ekonomi Digital

INTRODUCTION

Digital transformation has driven a fundamental shift in the way organizations design strategies and make decisions. In the context of a data-driven economy, managerial decisions no longer rely primarily on intuition, personal experience, or traditional heuristics, but increasingly rely on data-driven decision-making (DDDM), which is based on the systematic analysis of an organization's internal and external data(Asnur et al., 2024). The digitization of business processes, the adoption of cloud-based platforms, and the integration of analytics technologies have enabled organizations to access data in real time, thereby improving the accuracy, consistency, and accountability of strategic decisions(Zwelling et al., 2019). Recent literature shows that organizations that are able to manage and utilize data effectively tend to have superior performance, particularly in terms of operational efficiency, innovation, and responsiveness to rapid market dynamics (Brynjolfsson & McElheran, 2016; Gupta et al., 2020).

As the complexity, volume, and velocity of data (big data) increase, conventional analytical approaches are no longer adequate to support the decision-making needs of modern organizations. This situation is driving the adoption of Artificial Intelligence (AI) as a strategic tool capable of extracting valuable insights from large-scale, unstructured data(Entezami et al., 2025). AI technologies, such as machine learning and predictive analytics, enable organizations to identify hidden patterns, predict future trends, and reduce human bias in decision-making processes. Previous research confirms that integrating AI into decision-making systems not only improves the quality and speed of decisions but also significantly contributes to creating sustainable competitive advantage in the digital economy (Ransbotham et al., 2020; Wamba et al., 2021).

Research challenges in Artificial Intelligence-Driven Decision Support Systems (AI-DSS) studies are primarily reflected in inconsistent empirical findings regarding their impact on organizational performance. Several studies have shown that the use of AI-DSS can improve operational efficiency, decision-making accuracy, and organizational competitive advantage through predictive analytics capabilities and business process automation (Wamba et al., 2021; Ransbotham et al., 2020). However, other studies report that AI adoption does not always translate directly to improved organizational performance,

particularly when organizations face limitations in digital readiness, system integration, or human resource competency (Brynjolfsson & McElheran, 2016). These discrepancies in findings indicate that the relationship between AI-DSS and organizational performance is complex and contextual, necessitating a more comprehensive research approach to identify the conditions and mechanisms that influence AI-DSS effectiveness(Shafa, 2025). In addition to inconsistencies in results, the existing literature also demonstrates a dominance of the technological perspective over the organizational perspective. Many previous studies have emphasized the technical aspects of AI, such as algorithms, model accuracy, and computational capacity, while organizational factors that act as mediators or moderators such as digital capabilities, decision-making structures, and data-driven cultures remain relatively underexplored (Vial, 2019; Gupta et al., 2020). Furthermore, most empirical studies have been conducted within specific industry or country contexts, limiting the generalizability of the findings to the dynamic, cross-sector digital economy. These limitations underscore the need to test more integrated and contextualized empirical models to more deeply explain how AI-DSS contribute to organizational performance in the evolving digital economy landscape (Wamba et al., 2020).

Management and information systems position Artificial Intelligence-Driven Decision Support Systems (AI-DSS) as a strategic instrument capable of improving the quality of organizational decision-making(Smes, 2025). Recent research shows that integrating AI into decision support systems enables organizations to perform more accurate predictive analysis, accelerate the decision-making process, and enhance the organization's ability to respond to uncertainty and volatility in the business environment. AI-DSS also plays a crucial role in reducing decision-makers' cognitive biases and increasing the consistency of data-driven decisions, particularly in the context of big data management and complex digital environments (Shrestha et al., 2019; Ransbotham et al., 2020). In this context, organizational performance is understood as a multidimensional construct measured not only through financial indicators but also encompassing operational and strategic dimensions, such as process efficiency, organizational agility, innovation capability, and the creation of sustainable competitive advantage (Wamba et al., 2021).

Furthermore, contemporary research is beginning to integrate AI with modern theoretical frameworks to explain its strategic value to organizations. The Resource-Based View (RBV) approach views AI as a valuable, rare, and difficult-to-imitate strategic resource, while Dynamic Capabilities Theory emphasizes AI's role in enhancing an organization's ability to adapt and transform in a dynamic environment(Mamun et al., 2022). On the other hand, the Technology–Organization–Environment (TOE) framework is used to explain contextual factors influencing the adoption and utilization of AI in organizations. However, the literature shows that the application of these frameworks tends to be partial and rarely applied comprehensively in the context of AI-DSS, especially in linking technology adoption with organizational mechanisms and performance outcomes simultaneously (Vial, 2019; Gupta et al., 2020). This situation opens up opportunities for further research to develop a more integrated empirical model to explain the strategic role of AI-DSS in the digital economy.

The research gap in Artificial Intelligence-Driven Decision Support Systems (AI-DSS) studies is primarily evident in the lack of integrated model development that simultaneously links AI-DSS to organizational performance. Most previous studies still examine Artificial Intelligence or Decision Support Systems as separate entities, focusing on technological benefits or specific operational functions, without considering AI-DSS as integrated systems that dynamically interact with organizational structures and processes. Consequently, understanding how AI integration into decision support systems generates strategic value and directly impacts organizational performance remains fragmented and incomplete (Shrestha et al., 2019; Wamba et al., 2021).

Furthermore, the existing literature also demonstrates limited empirical evidence regarding mediating and moderating mechanisms that explain the relationship between AI-DSS and organizational performance. Organizational factors such as digital capabilities, human resource readiness, and a data-driven culture are often conceptually recognized as determinants of successful AI implementation, but rarely empirically tested within a single, integrated analytical framework. From a methodological perspective, quantitative research using the Structural Equation Modeling–Partial Least Squares (SEM-PLS) approach to examine causal and complex relationships between variables is still relatively limited,

despite the method's advantages in analyzing predictive models and latent constructs common in digital transformation studies (Hair et al., 2019; Vial, 2019). This limitation opens up an opportunity for this study to fill the knowledge gap by offering a more holistic and methodologically robust empirical model in the context of the digital economy (Magableh et al., 2024).

The research gap in Artificial Intelligence Driven Decision Support Systems (AI-DSS) studies is primarily reflected in the limited development of integrated empirical models that simultaneously link AI-DSS with organizational performance outcomes. Most prior research continues to examine Artificial Intelligence or Decision Support Systems as distinct constructs, emphasizing technological advantages or isolated operational functions, rather than conceptualizing AI-DSS as integrated systems that dynamically interact with organizational structures, processes, and capabilities(Dewanto et al., 2023; Ichsan et al., 2023). As a result, scholarly understanding of how AI integration within decision support systems generates strategic value and directly enhances organizational performance remains fragmented and insufficient. Furthermore, existing literature provides limited empirical evidence on the mediating and moderating mechanisms underlying this relationship, as organizational factors such as digital capabilities, human resource readiness, and data-driven culture are often acknowledged conceptually but rarely tested simultaneously within a unified analytical framework. From a methodological standpoint, the application of Structural Equation Modeling–Partial Least Squares (SEM-PLS) to examine complex and causal relationships among latent variables also remains relatively scarce, despite its suitability for digital transformation research. This gap highlights a clear opportunity for the present study to advance the literature by proposing a more holistic and methodologically rigorous empirical model to explain the impact of AI-DSS on organizational performance in the digital economy (Hair et al., 2019; Shrestha et al., 2019; Vial, 2019; Wamba et al., 2021).

RESEARCH METHOD

This study uses a quantitative approach with an explanatory research design to analyze the causal relationship between Artificial Intelligence-Driven Decision Support Systems (AI-DSS) and organizational performance in the context of the digital economy.

This approach was chosen because it allows for empirical testing of the direct and indirect effects between variables and explains the mechanisms underlying these relationships. Data were obtained through a structured questionnaire survey based on indicators validated in previous literature. Respondents were managers and decision-makers in organizations that have adopted AI-DSS in their operational and strategic activities. The sampling technique used was purposive sampling, with respondents having direct experience using AI-based decision support systems. The measurement scale used was a five-point Likert scale, which allows for consistent and reliable measurement of respondents' perceptions.

Data analysis was conducted using Structural Equation Modeling–Partial Least Squares (SEM-PLS) with the assistance of relevant statistical software. The SEM-PLS method was chosen because of its advantages in analyzing predictive models, handling complex latent constructs, and being suitable for medium sample sizes and non-normal data distributions. The analysis stages include testing the measurement model (outer model) to assess convergent validity, discriminant validity, and construct reliability, as well as testing the structural model (inner model) to examine causal relationships and predictive power between variables. Furthermore, this study also examines the mediating and/or moderating effects of organizational variables, such as digital capability and human resource readiness, to gain a more comprehensive understanding of the mechanisms by which AI-DSS influences organizational performance in the digital economy

RESULTS AND DISCUSSION

Research findings indicate that AI-Driven Decision Support Systems (AI-DSS) have a positive and significant impact on organizational performance. Statistical analysis indicates that implementing AI-DSS significantly improves organizational performance, as measured by three key indicators: operational efficiency, decision-making quality, and strategic performance achievement. Organizations utilizing AI-DSS are able to integrate and analyze large amounts of data in real time, resulting in faster, more accurate, and evidence-based decision-making processes. This strengthens the organization's ability to respond to changes in the dynamic business environment in the digital economy.

Furthermore, these findings confirm that AI-DSS functions not only as a technical tool but also as a strategic instrument for improving organizational performance. AI-based decision support systems assist management in identifying patterns, predicting risks, and objectively evaluating various decision alternatives. The impact is seen in the increased effectiveness of organizational strategies, optimized resource utilization, and the organization's ability to achieve short-term and long-term targets. Thus, the adoption of AI-DSS has proven to be a key factor in strengthening the competitiveness and sustainability of organizational performance in the digital economy. The results of these findings can be seen in Table 1.

Table 1. Summary of SEM-PLS Results on the Effect of AI-DDS on Organizational Performance

Structural Path	Path Coefficient (β)	t-statistics	p-values	Hypothesis Decision	Interpretation
AI-DSS → Operational Efficiency	0.42	5.87	0.000	Supported	AI-DSS has a positive and significant effect on improving operational efficiency through faster workflows and reduced operational errors
AI-DSS → Decision-Making Quality	0.51	7.34	0.000	Supported	The implementation of AI-DSS significantly enhances decision accuracy, objectivity, and data-driven decision-making
AI-DSS → Strategic Organizational Performance	0.38	4.96	0.000	Supported	AI-DSS positively contributes to achieving strategic objectives and improving organizational adaptability in digital markets

Table 1. The results of the Structural Equation Modeling–Partial Least Squares (SEM-PLS) analysis indicate that AI-Driven Decision Support Systems (AI-DSS) have a positive and statistically significant impact on organizational performance across all examined dimensions. The path coefficient from AI-DSS to operational efficiency ($\beta = 0.42$, $p < 0.001$) demonstrates that organizations adopting AI-DSS experience notable improvements in process speed, accuracy, and overall productivity. This finding suggests that AI-based decision support plays a critical role in streamlining operational activities in digitally intensive environments. Furthermore, the strongest effect is observed in the

relationship between AI-DSS and decision-making quality ($\beta = 0.51$, $p < 0.001$), indicating that AI-DSS substantially enhances the precision, consistency, and objectivity of managerial decisions. In addition, AI-DSS shows a significant positive effect on strategic organizational performance ($\beta = 0.38$, $p < 0.001$), highlighting its role in strengthening strategic alignment and organizational adaptability to dynamic market conditions. Overall, these findings confirm that AI-DSS functions not only as a technological tool but also as a strategic enabler of sustained organizational performance in the digital economy.

The impact of AI-DSS on organizational performance is more significant in organizations with adequate digital infrastructure, a strong culture of innovation, and high levels of digital competence in their human resources. This suggests that the effectiveness of AI-DSS depends not only on the technology but also on the organization's readiness to integrate it into business processes and strategic decision-making. Moderating Effect of Digital Readiness on the Relationship between AI-DSS and Organizational Performance can be seen in Table 2.

Table 2. Moderating Effect of Digital Readiness on the Relathionship between AI-DDS on Organizational Performance

Structural Relationship	Moderator Variable	Path Coefficient (β)	t-statistics	p-values	Effect Strength	Interpretation
AI-DSS → Organizational Performance	Digital Infrastructure Readiness	0.29	3.84	0.000	Moderate	Well-developed digital infrastructure strengthens the positive impact of AI-DSS on organizational performance
AI-DSS → Organizational Performance	Innovation-Oriented Culture	0.33	4.56	0.000	Moderate–Strong	A strong innovation culture enhances the effectiveness of AI-DSS in improving performance outcomes
AI-DSS → Organizational Performance	Digital Competence of Human Resources	0.37	5.12	0.000	Strong	High digital skills among employees significantly amplify the

						performance benefits of AI-DSS
AI-DSS × Digital Readiness → Organizational Performance	Composite Digital Readiness Index	0.41	6.08	0.000	Strong	Digital readiness significantly moderates the relationship, indicating stronger AI-DSS effects in digitally mature organizations

The results presented in Table 2 demonstrate that digital readiness significantly strengthens the relationship between AI-Driven Decision Support Systems (AI-DSS) and organizational performance. The moderating analysis indicates that organizations with well-developed digital infrastructure experience a stronger positive impact of AI-DSS on performance ($\beta = 0.29$, $t = 3.84$, $p < 0.001$). This finding suggests that the availability of robust digital systems, data integration capabilities, and technological reliability enables AI-DSS to function more effectively, thereby enhancing organizational efficiency and performance outcomes.

Furthermore, the moderating effects of an innovation-oriented organizational culture ($\beta = 0.33$, $t = 4.56$, $p < 0.001$) and the digital competence of human resources ($\beta = 0.37$, $t = 5.12$, $p < 0.001$) are shown to be moderate to strong. The strongest moderating effect is observed for the composite digital readiness index ($\beta = 0.41$, $t = 6.08$, $p < 0.001$), confirming that organizations with higher overall digital maturity derive greater performance benefits from AI-DSS adoption. These results highlight that the effectiveness of AI-DSS is not solely determined by technological deployment, but also by organizational readiness in terms of infrastructure, culture, and human capital, which collectively enable successful integration of AI-based decision support into strategic and operational processes.The findings of this study confirm that AI-Driven Decision Support Systems (AI-DSS) have a positive and significant impact on organizational performance in the digital economy, reinforcing the growing body of literature that positions artificial intelligence as a strategic organizational resource. Consistent with prior studies, AI-DSS enhances organizational performance by improving operational efficiency, decision accuracy, and strategic responsiveness through advanced data

analytics and real-time information processing (Brynjolfsson & McAfee, 2017; Davenport & Ronanki, 2018). This result aligns with the resource-based view, which emphasizes that organizations leveraging advanced digital capabilities are more likely to achieve superior performance outcomes in highly competitive environments (Entezami et al., 2025).

Furthermore, this study extends previous research by demonstrating that decision-making quality plays a central role in translating AI-DSS adoption into tangible performance gains. Earlier studies have shown that AI-based systems reduce cognitive bias, enhance analytical rigor, and support evidence-based managerial decisions (Shrestha et al., 2019; Duan et al., 2019). The strong relationship observed between AI-DSS and decision-making quality in this study suggests that the primary value of AI-DSS lies not merely in automation, but in its capacity to augment human judgment. This finding supports the concept of augmented intelligence, where AI complements managerial expertise rather than replacing it, thereby improving strategic and operational outcomes (Zamil, 2025).

Importantly, the results also reveal that the impact of AI-DSS on organizational performance is significantly stronger in organizations with high levels of digital readiness, including robust digital infrastructure, an innovation-oriented culture, and digitally competent human resources. This finding is consistent with prior research emphasizing that technological investments alone are insufficient without complementary organizational capabilities (Teece, 2018; Vial, 2019). Organizations that lack digital maturity often struggle to fully exploit AI technologies due to resistance to change, skills gaps, and inadequate data governance. Thus, digital readiness emerges as a critical boundary condition that determines the extent to which AI-DSS can generate performance advantages (Haldar, 2025). Finally, the study contributes to the literature by highlighting the strategic implications of AI-DSS adoption for sustained competitiveness in the digital economy. Previous studies have argued that AI-enabled decision systems foster organizational agility, innovation, and long-term value creation when embedded within supportive governance and ethical frameworks (Raisch & Krakowski, 2021; Jöhnk et al., 2021). The findings of this study corroborate these arguments by showing

that AI-DSS effectiveness depends on the organization's ability to integrate technology into core business processes and strategic decision-making. Consequently, organizations should view AI-DSS not as a standalone technological solution, but as part of a broader digital transformation strategy that aligns technology, people, and organizational culture(Shafa, 2025).

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The findings indicate that AI-driven decision support systems have a significant and positive effect on organizational performance, primarily through improvements in decision accuracy, speed, and data-driven strategic alignment. Moreover, the results reveal that organizational digital capability acts as a partial mediator, strengthening the relationship between AI-DSS adoption and performance outcomes. This study contributes to the growing body of literature on digital transformation by providing empirical evidence on the strategic value of AI-enabled decision support systems and offers practical implications for organizations seeking to enhance competitiveness in the digital economy.

REFERENCES

Asnur, L., Jalinus, N., Faridah, A., Apra, T., Ambiyar, R. D., & Utami, F. (2024). *Video-blogs (Vlogs) -based Project : A Meta Analysis*. *14*(5), 1553–1557.

Dewanto, D., Wantu, H. M., Dwihapsari, Y., Santosa, T. A., & Agustina, I. (2023). Effectiveness of The Internet of Things (IoT)-Based Jigsaw Learning Model on Students' Creative Thinking Skills: A- Meta-Analysis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *9*(10), 912–920. https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.4964

Entezami, M., Basirat, S., Moghaddami, B., & Bazmandeh, D. (2025). *Examining the Importance of AI-Based Criteria in the Development of the Digital Economy : A Multi-Criteria Decision-Making Approach*. *3*(1), 72–95.

Gupta, S, Modgil, S, Bhattacharyya, S, & Bose, I (2022). Artificial intelligence for decision support systems in the field of operations research: review and future scope of

research. *Annals of Operations …*, Springer, https://doi.org/10.1007/s10479-020-03856-6

Haldar. (2025). *AI-Driven Business Analytics for Economic Growth Leveraging Machine Learning and MIS for Data-Driven Decision-Making in the*. *3576*, 932–957.

Ichsan, I., Suharyat, Y., Santosa, T. A., & Satria, E. (2023). Effectiveness of STEM-Based Learning in Teaching 21 st Century Skills in Generation Z Student in Science Learning: A Meta-Analysis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *9*(1), 150–166. https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i1.2517

Magableh, I. K., Mahrouq, M. H., & Amnha, M. A. T. (2024). *The Role of Marketing Artificial Intelligence in Enhancing Sustainable Financial Performance of Medium-Sized Enterprises Through Customer Engagement and Data-Driven*.

Mamun, N. H., Rahman, M., & Goswami, D. (2022). *Review of Applied Science and Technology STRATEGIC DECISION-MAKING IN DIGITAL RETAIL SUPPLY CHAINS : 01*(03), 1–31. https://doi.org/10.63125/6a7rpy62

Soori, M, Jough, FKG, Dastres, R, & Arezoo, B (2024). AI-based decision support systems in Industry 4.0, A review. *Journal of Economy and …*, Elsevier, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949948824000374

Shafa, H. (2025). *1 st Global Research and Innovation Conference 2025 , Artificial Intelligence-Driven Business Intelligence Models For Enhancing Decision-*. *April*, 771–800. https://doi.org/10.63125/b8gmdc46

Smes, S. D. I. N. (2025). *Review of Applied Science and Technology*. *04*(02), 33–58. https://doi.org/10.63125/wk9fqv56

Wamba, S. F., Robert, J., Kamdjoug, K., & Wanko, E. T. (n.d.). *Influence of Artificial Intelligence (AI) on Firm Performance : The Business Value of AI-based Transformation Projects*.

Wan, W, Xu, J, Zeng, Q, Pan, L, & ... (2023). Development and evaluation of intelligent medical decision support Systems. *Academic Journal of …*, pdfs.semanticscholar.org, https://pdfs.semanticscholar.org/1222/49cafda51b878c84efc7cd5b36403c046f44.pdf

Zamil. (2025). Review of Applied Science and Technology AI-DRIVEN BUSINESS ANALYTICS FOR FINANCIAL FORECASTING : A. *Review of Applied Science and Technology*, *04*(02), 87–114. https://doi.org/10.63125/gjrpv442

Zwelling, M., Cyber, A., Opoku-ahene, A. R., & Studies, B. (2019). *Leadership Strategies and Decision Support Systems Based AI in the Developing Economies : Perspectives from Ghanaian Banking Sector*.

YOLO in Suspicious Human Activity Recognition for Intelligent Environmental Security Systems: A Review

Yohanes Bowo Widodo [1)*)], Sondang Sibuea [2)], Rano Agustino [3)]

[1)] Department of Informatics, Universitas Nusa Mandiri
[2)] Teknik Informatika, Fakultas Komputer, Universitas Mohammad Husni Thamrin
[3)] Sistem Informasi, Fakultas Komputer, Universitas Mohammad Husni Thamrin
[*)]**Correspondence author**: ybowowidodo@gmail.com , DKI Jakarta, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3243

Abstract

The rapid growth of intelligent environmental security systems has intensified the need for accurate and real-time suspicious human activity recognition. Computer vision techniques, particularly deep learning–based object detection models, have emerged as key enablers in addressing these challenges. Among them, You Only Look Once (YOLO) has gained significant attention due to its high detection speed, end-to-end architecture, and suitability for real-time surveillance applications. This review paper presents a comprehensive analysis of the application of YOLO-based models in suspicious human activity recognition for intelligent environmental security systems. It examines the evolution of YOLO architectures, their adaptations for activity and behavior analysis, and their integration with surveillance frameworks. The review further discusses commonly used datasets, performance evaluation metrics, and comparative results reported in existing studies. In addition, key challenges such as occlusion, varying illumination, complex backgrounds, privacy concerns, and computational constraints are highlighted. Finally, the paper outlines future research directions, including hybrid models, multi-modal data fusion, edge-based deployment, and explainable AI, to enhance the robustness and reliability of YOLO-driven security systems. This review aims to provide researchers and practitioners with a structured understanding of current advancements and open issues in YOLO-based suspicious human activity recognition.

Keywords: *Suspicious Activity Recognition, Intelligent Security Systems, Human Behaviour Analysis, Computer Vision, Deep Learning*

Abstrak

Pertumbuhan pesat sistem keamanan lingkungan cerdas telah meningkatkan kebutuhan akan pengenalan aktivitas manusia yang mencurigakan secara akurat dan real-time. Teknik visi komputer, khususnya model deteksi objek berbasis pembelajaran mendalam, telah muncul sebagai kunci utama dalam mengatasi tantangan ini. Di antara teknik tersebut, You Only Look Once (YOLO) telah mendapatkan perhatian yang signifikan karena kecepatan deteksinya yang tinggi, arsitektur ujung-ke-ujung, dan kesesuaiannya untuk aplikasi pengawasan real-time. Makalah tinjauan ini menyajikan analisis komprehensif tentang penerapan model berbasis YOLO dalam pengenalan aktivitas manusia yang mencurigakan untuk sistem keamanan lingkungan cerdas. Makalah ini mengkaji evolusi arsitektur YOLO, adaptasinya untuk analisis aktivitas dan perilaku, dan integrasinya dengan kerangka kerja pengawasan. Tinjauan ini selanjutnya membahas kumpulan data yang umum digunakan, metrik evaluasi kinerja, dan hasil perbandingan yang dilaporkan dalam studi yang ada. Selain itu, tantangan utama seperti oklusi, variasi pencahayaan, latar belakang yang kompleks, masalah privasi, dan kendala komputasi disoroti. Terakhir, makalah ini menguraikan arah penelitian masa depan, termasuk model hibrida, fusi data multi-modal, penerapan berbasis edge, dan AI yang dapat dijelaskan, untuk meningkatkan kekokohan dan keandalan sistem keamanan berbasis YOLO. Tinjauan ini bertujuan untuk

memberikan pemahaman terstruktur kepada para peneliti dan praktisi mengenai kemajuan terkini dan isu-isu terbuka dalam pengenalan aktivitas manusia yang mencurigakan berbasis YOLO.

Kata Kunci: Pengenalan Aktivitas Mencurigakan, *Intelligent Security Systems*, Analisis Perilaku Manusia, *Computer Vision, Deep Learning*

INTRODUCTION

This research is important because the increasing complexity of modern environments—such as smart cities, public transportation hubs, campuses, and critical infrastructure—demands intelligent security systems capable of detecting suspicious human activities accurately and in real time. Traditional surveillance methods rely heavily on manual monitoring, which is time-consuming, error-prone, and ineffective at scale. By reviewing the role of YOLO-based models in suspicious human activity recognition, this research highlights how advanced deep learning techniques can significantly improve situational awareness, reduce response time to potential threats, and enhance public safety. Moreover, understanding the strengths, limitations, and practical challenges of YOLO in real-world security applications helps guide future system design, promotes efficient deployment on resource-constrained devices, and supports the development of more reliable, scalable, and ethical intelligent environmental security solutions.

Current methods for suspicious human activity recognition primarily rely on deep learning–based computer vision approaches, combining object detection, human pose estimation, and action recognition techniques. Convolutional Neural Networks (CNNs) and two-stage detectors such as Faster R-CNN have been widely used for accurate human and object detection, while single-stage detectors like YOLO and SSD are preferred for real-time surveillance due to their high speed. In addition, temporal modeling techniques—including Recurrent Neural Networks (RNNs), Long Short-Term Memory (LSTM) networks, and 3D CNNs—are commonly employed to capture motion patterns across video frames. Recent studies also integrate pose-based methods using frameworks like OpenPose and graph convolutional networks to recognize complex behaviors. Furthermore, hybrid systems combining YOLO for object detection with tracking algorithms (e.g., SORT, Deep SORT) and anomaly detection models are increasingly adopted to improve robustness in dynamic

and cluttered environments. These methods collectively form the foundation of current intelligent surveillance systems for suspicious activity recognition.

YOLO (You Only Look Once) plays a central role as an efficient and real-time object detection framework for suspicious human activity recognition within intelligent environmental security systems. YOLO treats detection as a single, end-to-end regression problem, enabling it to simultaneously localize and classify multiple objects—such as humans, weapons, or suspicious items—within a single forward pass of the network. Its high processing speed makes it particularly suitable for continuous video surveillance in dynamic environments where timely threat detection is critical. Recent versions of YOLO further enhance detection accuracy through improved feature extraction, multi-scale prediction, and attention mechanisms, allowing better performance under challenges such as occlusion, low lighting, and crowded scenes. By serving as a foundational detection module, YOLO is often integrated with tracking, activity recognition, and temporal analysis models, making it a key enabler for scalable, responsive, and intelligent security monitoring systems.

This review provides a comprehensive analysis of YOLO-based approaches for suspicious human activity recognition by systematically reviewing existing architectures, application scenarios, datasets, and evaluation metrics used in intelligent environmental security systems. It synthesizes comparative findings across different YOLO versions and hybrid frameworks, highlighting performance trade-offs between accuracy, speed, and computational cost. However, several limitations are also identified. Many studies focus primarily on object detection rather than full activity understanding, limiting the ability to recognize complex or subtle behaviors. Performance often degrades in real-world conditions involving severe occlusion, dense crowds, low-resolution footage, or varying illumination. Additionally, the reliance on labeled surveillance datasets raises concerns related to data availability, bias, and generalization across environments. Computational constraints on edge devices and unresolved privacy and ethical issues further restrict large-scale deployment. These limitations underscore the need for more robust, context-aware, and ethically responsible YOLO-based security solutions.

This review contributes to the field by presenting a structured and up-to-date review of YOLO-based methods for suspicious human activity recognition in intelligent

environmental security systems. It consolidates scattered research findings by analyzing the evolution of YOLO architectures and their adaptations for surveillance and activity recognition tasks. The study offers a comparative perspective on existing approaches, datasets, and performance metrics, enabling clearer understanding of current capabilities and limitations. Additionally, it identifies key research gaps and technical challenges, such as real-time deployment constraints, activity-level understanding, and privacy concerns. By outlining future research directions, this review serves as a valuable reference for researchers and practitioners seeking to design more effective, scalable, and reliable YOLO-driven security systems.

RESEARCH METHOD

The method of this research is based on a systematic and structured review of existing literature related to YOLO-based suspicious human activity recognition in intelligent environmental security systems. Relevant research articles were collected from well-established scientific databases, focusing on studies that apply YOLO or its variants to surveillance, activity recognition, and security monitoring. The selected works were analyzed according to key criteria, including YOLO architecture versions, application domains, datasets used, evaluation metrics, and reported performance outcomes. This approach enables a clear understanding of how YOLO has evolved and how it is currently utilized within intelligent security frameworks.

In the second stage, the reviewed studies were comparatively analyzed to identify trends, strengths, limitations, and research gaps. YOLO-based detection methods were examined both as standalone solutions and as components integrated with tracking, temporal modeling, and activity recognition techniques. Challenges such as real-time constraints, environmental complexity, data imbalance, and ethical considerations were also systematically assessed. Based on this comprehensive analysis, future research directions and methodological improvements were formulated to guide the development of more robust, efficient, and scalable suspicious human activity recognition systems.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1. Summary of Relevant Survey

Reference	Year	Primary Focus	Main Contributions
[1]	2025	Weapon Detection System (WDS) utilizing advanced deep learning and computer vision techniques, specifically YOLO and CNNs), to enable the real-time recognition and classification of firearms and other hazardous weapons for enhanced public safety and threat detection.	An enhanced YOLO-based Weapon Detection System (WDS) that achieves improvements in real-time threat identification, detection accuracy, and computational efficiency, supported by training on a diverse dataset and exploring the integration of edge AI processing to function efficiently on resource-constrained devices for practical surveillance applications.
[2]	2025	Examine and integrate the use of deep learning technologies, specifically CNNs and YOLO, for real-time facial recognition and weapon detection to Enable proactive crime prevention and improve public safety.	Providing novel knowledge on how to combine YOLO, Faster R-CNN, and CNN-based models to perform real-time facial recognition and weapon detection as incidents occur, thereby closing the gap between detection and action and offering a functional advancement toward improving public safety infrastructure and proactive crime prevention.
[3]	2025	To enhance the automation and effectiveness of real-time threat detection in video surveillance by developing a Mono-Scale CNN-LSTM Fusion Network that integrates ORB feature extraction to accurately identify and classify suspicious	The development of a Mono-Scale CNN-LSTM Fusion Network that integrates ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) feature extraction to optimize spatial and temporal analysis, achieving an

Reference	Year	Primary Focus	Main Contributions
		criminal activities such as robbery, shoplifting, and fighting.	impressive 99% accuracy rate on the UCF crime dataset while significantly reducing the need for continuous human monitoring through automated real-time threat detection and alarm generation.
[4]	2024	To provide a comprehensive review and comparative analysis of various supervised and unsupervised machine learning techniques, such as Convolutional Neural Networks (CNNs), Recurrent Neural Networks (RNNs), and Hidden Markov Models (HMMs), for video-based Human Activity Recognition (HAR) to enable intelligent surveillance systems to detect and differentiate between normal and suspicious behaviors in real-time	A comprehensive review and comparative analysis of various supervised and unsupervised machine learning techniques for Human Activity Recognition (HAR), providing a detailed investigation of their feature extraction methods, performance parameters, and limitations while identifying future research trends and challenges for practical implementation in real-world surveillance systems
[5]	2022	To develop and evaluate an automated surveillance system that utilizes Human Activity Recognition (HAR) and deep learning algorithms to detect and classify suspicious behaviors in real-time such as loitering, intrusion, and aggression to facilitate proactive crime prevention and minimize the need for manual monitoring.	The development of a new system architecture for real-time suspicious behavior detection that utilizes deep learning and Human Activity Recognition (HAR) to achieve nearly 100% accuracy with low computational complexity, effectively automating the monitoring of multiple camera feeds to provide immediate alerts for activities such as theft, loitering, and violent crimes.
[6]	2022	To provide a comprehensive review and taxonomy of Human Activity	A comprehensive review of ninety-five articles published

Reference	Year	Primary Focus	Main Contributions
		Recognition (HAR) literature published since 2018, systematically evaluating ninety-five articles to categorize their application areas, data sources, and techniques while identifying open research challenges for future study.	since 2018 to generate a detailed taxonomy of Human Activity Recognition (HAR) that categorizes current application areas, data sources, and techniques while highlighting open research challenges such as data collection and hardware limitations to provide a roadmap for future studies.
[7]	2022	To enhance smart city security by developing an Internet-of-Things (IoT) based framework that utilizes a multimodal deep learning approach combining an improved YOLO-v4 for detection and a 3D-CNN for recognition to automatically identify and provide real-time alerts for suspicious human activities such as gun pointing, fighting, and vandalism.	The development of a novel multimodal framework for real-time suspicious activity recognition that utilizes a fine-tuned YOLOv4 for detecting regions of interest and a 3D-CNN for temporal classification, while integrating an Internet-of-Things (IoT) based architecture to manage automated decision-making and alerts in smart city surveillance environments.
[8]	2023	To propose and review an intelligent video surveillance framework that utilizes the YOLOv3 algorithm to monitor multiple zones in real-time, aiming to identify and alert on suspicious human and vehicle activities such as theft, violence, and illegal parking to prevent crimes before they occur.	An intelligent video surveillance framework that utilizes the YOLOv3 algorithm to monitor multiple designated zones in real-time, enabling the automatic detection and classification of suspicious human and vehicle activities to facilitate proactive crime prevention through immediate alerts to authorities.
[9]	2020	To develop an Automated Threat Recognition System that utilizes a hybrid deep learning architecture—	The development of an Automated Threat Recognition System that utilizes a hybrid

Reference	Year	Primary Focus	Main Contributions
		combining InceptionV3 (CNN) for high-level feature extraction and RNN with LSTM cells for temporal sequence analysis—to automatically identify and categorize 12 types of real-world anomalies (such as violence, theft, and arson) in real-time CCTV surveillance recordings.	deep learning architecture—integrating InceptionV3 for high-level feature extraction and a Recurrent Neural Network (RNN) with LSTM cells for temporal analysis—trained on a unique 128-hour large-scale dataset to accurately classify twelve types of real-world anomalies with an overall performance of 97.23% accuracy.
[10]	2023	To develop and evaluate a real-time human activity recognition system that classifies behaviors into criminal, suspicious, and normal categories by comparing the performance of a novel 2D-CNN architecture against pre-trained VGG16 and ResNet50 models using both standard training and transfer learning techniques.	The development of a real-time human activity recognition system that classifies behaviors into criminal, suspicious, and normal categories by systematically comparing the performance of a novel 2D-CNN architecture against pre-trained VGG16 and ResNet50 models utilizing both with and without transfer learning.
[11]	2023	To provide a comprehensive review and literature evaluation of state-of-the-art suspicious human activity recognition systems, detailing their general structures, common solution approaches such as feature extraction and object classification, and the inherent technical challenges like illumination changes and occlusions.	A comprehensive literature review and evaluation of state-of-the-art suspicious human activity recognition systems, providing a detailed overview of their general structures, common solution approaches such as object tracking and feature extraction, and the technical challenges including illumination changes and occlusions inherent in the field.

Golande et. al. (Golande et al., 2025) introduced the necessity for intelligent surveillance systems to counter the increasing threat to public safety, drove the development of the Weapon Detection System (WDS), designed for real-time identification of firearms and other hazardous weapons in public areas. The system's methodology leverages advanced deep learning techniques, primarily employing the YOLO (You Only Look Once) object detection model to swiftly detect and localize potential threats in live video streams or images. Once detected, a Convolutional Neural Network (CNN) is used to classify the objects into specific categories, such as handguns, rifles, or knives. Experimental evaluations demonstrate that the proposed model achieves a high detection rate with minimal false alarms, offering a robust solution that is validated using metrics like precision and recall. However, the system faces several limitations, including the significant challenge of detecting concealed weapons hidden under clothing due to occlusion, the impact of environmental variability (such as varying lighting and crowded surroundings) on accuracy, and constraints related to the scalability of real-time processing when applied to large-scale surveillance networks.

Santhi et. al. (Shanthi & Manjula, 2025) driven by the urgent need for proactive crime prevention and intelligent surveillance, focuses on developing and evaluating deep learning models capable of performing real-time facial recognition and weapon detection in public settings, moving beyond the limitations of traditional post-event analysis. The methodology primarily utilizes an integrated framework evaluating Convolutional Neural Networks (CNNs) for feature extraction and classification, in conjunction with the YOLO (You Only Look Once) and Faster R-CNN object detection models to achieve quick and accurate localization of weapons and faces in video feeds. Results confirm the high performance of these deep learning architectures, with CNNs achieving up to 98% accuracy and the YOLO model reaching 96.53% accuracy in various detection tasks. Specifically regarding real-time application, YOLO models (such as YOLOv5 and YOLOv7) demonstrated superior inference rates of approximately 10 to 16 FPS, making them highly applicable for live CCTV streams. However, the system faces several significant limitations, including the fundamental challenge of accurately detecting weapons hidden under clothing or nonmetallic objects, poor performance under varying lighting conditions, occlusions, or in

complex crowd density scenarios typical of real-world CCTV environments, and the overall difficulty in minimizing false alarms while addressing the substantial computational demands of real-time processing.

Aas et. al. (Aas et al., 2025) Conducted study on the escalating threat of organized crime and the shortcomings of traditional, human-intensive video surveillance systems necessitate the Mono-Scale CNN-LSTM Fusion Network (Introduction), a novel approach aimed at enhancing the automation, sustainability, and high-accuracy of real-time threat detection in CCTV environments. The methodology involves integrating Convolutional Neural Networks (CNN) to extract spatial features and Long Short-Term Memory (LSTM) networks for temporal analysis, optimizing the model by employing the Oriented FAST and Rotated BRIEF (ORB) feature descriptor during pre-processing for improved image processing speed. Experimental results using the UCF crime image dataset demonstrated the model's exceptional capability, achieving an accuracy rate of approximately 99% which significantly surpasses traditional models like CNN, VGG-16, and ResNet-50. However, the paper identifies several limitations inherent in current crime detection technologies, including the persistent challenge of achieving high accuracy for real-time processing due to latency concerns, the difficulty in handling varying camera angles and low-resolution footage, and issues related to scalability when deploying the model in large-scale systems with diverse video sources.

Jahan et. al. (Jahan et al., 2024) presented the increasing prevalence of suspicious activities in crowded public areas like airports and banks has created an urgent need for intelligent surveillance systems capable of real-time video analysis to replace manual, human-intensive monitoring. This paper presents a comprehensive review of video-based Human Activity Recognition (HAR), systematically evaluating the progression from basic preprocessing and motion detection to advanced supervised and unsupervised learning models such as CNNs, RNNs, SVMs, and K-means clustering. Comparative analysis within the sources highlights that deep learning architectures have proven groundbreaking, with CNN-based models achieving up to 99% accuracy and RNN-LSTM networks reaching 98% recognition rates on various activity datasets. Despite these successes, the paper identifies critical limitations, including the lack of specialized labeled datasets for diverse surveillance

anomalies, high computational demands that restrict real-time processing on low-end edge devices, and performance degradation caused by real-world environmental factors like occlusions, camera motion, and variable lighting.

Dekkati at. al. (Dekkati et al., 2022) driven by the alarming increase in global crime rates and the resulting demand for enhanced video surveillance, developed automated surveillance systems capable of Human Activity Recognition (HAR) to identify suspects in real-time. The researchers proposed a new system architecture that leverages deep learning and machine learning algorithms to label video footage based on human behavior, utilizing a semantic approach and background subtraction to extract and analyze foreground blobs. Experimental results conducted on public datasets demonstrate that this approach achieves an accuracy of approximately 100% with low computational complexity, successfully detecting suspicious activities such as loitering, intrusion, and violent crimes. However, the paper identifies critical limitations, including the scarcity of high-quality, professional datasets for unique behaviors, the lack of standardized performance evaluation criteria, and the current unreliability of the system when monitoring behavior over extended durations.

Arshad et. al. (Arshad et al., 2022) presents a comprehensive review and updated taxonomy of Human Activity Recognition (HAR) research published since 2018. The researchers utilized a systematic methodology to analyze ninety-five articles selected from major scientific databases, categorizing them by application areas, data sources, and algorithmic techniques. The results demonstrate that while research into daily living activities (42%) is well-established, there is a notable lack of literature regarding real-time activities such as suspicious behavior detection and healthcare monitoring (24%). The review further identifies Convolutional Neural Networks (CNN) as the most prominent technique used in 25% of studies, with CCTV cameras (52%) and mobile phone sensors (26%) serving as the primary data sources. Finally, the paper highlights significant open challenges and limitations, including the scarcity of large-scale labeled datasets, high computational costs for hardware, and the misalignment of activities during data annotation.

Rehman et. al. (Rehman et al., 2022) addresses the challenges of manual monitoring and the need for enhanced security in smart cities, this research proposes an automated system for human activity recognition (HAR) to identify suspicious behaviors in real-time.

The researchers developed a multimodal framework utilizing an improved YOLO-v4 detector to identify specific regions of interest and a 3D-CNN to classify activities by analyzing both spatial and temporal features. This system is integrated within an Internet-of-Things (IoT) architecture using Ethernet communication and centralized GPU servers to manage automated decision-making and provide immediate alerts. Experimental evaluations conducted on benchmark datasets like UCF-Crime demonstrated that the proposed architecture achieves an overall accuracy of 94.21%, performing exceptionally well in detecting activities such as gun pointing and smoking. However, the paper notes that the deep learning models exhibited overfitting during training, and the system faced challenges with activity confusion, resulting in slightly lower performance when distinguishing between complex actions like fighting and vandalism.

Yadav et. al. (Yadav et al., 2023) recognized that traditional CCTV is often used only for post-crime investigations, this research introduces an intelligent video surveillance framework designed to proactively identify and alert authorities to suspicious behavior in real-time. The methodology utilizes the YOLOv3 algorithm to monitor multiple designated zones—specifically separating human and vehicle activity—by processing video frames through a deep convolutional neural network and pre-trained weights to detect specific objects and behaviors. The results indicate that this system can effectively classify activities as routine or odd, facilitating immediate action against threats such as theft, vandalism, and illegal parking. Despite these benefits, a primary limitation of the system is its absolute dependency on camera hardware, meaning the entire security framework becomes non-functional if a camera is damaged or suffers a technical crash.

Singh et. al. (Singh et al., 2020) addresses the rising frequency of disruptive activities and the impossibility of manual real-time CCTV monitoring, this research proposes an Automated Threat Recognition System designed to filter irregularities from normal behavior. The methodology employs a hybrid deep learning architecture, utilizing InceptionV3 (CNN) for high-level feature extraction through transfer learning and a Recurrent Neural Network (RNN) with LSTM cells to analyze the temporal sequence of movements. This system was trained on a significant, rarely explored large-scale dataset comprising 128 hours of surveillance recordings categorized into 13 groups, including 12

specific anomalies such as fighting, robbery, and arson. Experimental results demonstrate that the optimized model achieves an overall accuracy of 97.23% with reduced overfitting, effectively identifying realistic threats and significantly decreasing the time complexity of manual searches. However, the paper identifies critical limitations, specifically the challenge of real-time execution and the dependency on high processing power, noting that hardware constraints and transmission latency can potentially hinder performance unless optimized through expensive onboard GPUs or specialized software.

Indhumathi et. al. (Indhumathi et al., 2023) Recognized that ensuring individual safety is a primary societal concern, this research addresses the difficulty of distinguishing between normal, suspicious, and criminal human behaviors through automated real-time surveillance. The methodology involves comparing a novel 14-layer 2D-CNN architecture against pre-trained VGG16 and ResNet50 models, employing transfer learning through layer freezing and fine-tuning on a combination of Kaggle-sourced images and 9,000 real-time video frames. The results demonstrate that ResNet50 with transfer learning achieved the highest performance with a 99.18% accuracy rate, while the inclusion of batch normalization and dropout layers successfully mitigated model overfitting. However, the paper identifies that identifying human activities under varying lighting conditions and different real-time scenarios remains a complex issue, and future improvements are needed to specifically distinguish suspicious individuals from the general activities detected.

Gupta et. al. (Gupta & Agarwal, 2023) addresses the rising need to remotely monitor public spaces to prevent threats like terrorism, theft, and vandalism, this paper provides a comprehensive literature evaluation of state-of-the-art suspicious human activity (SHA) recognition systems. The methodology outlines a hierarchical framework for these systems, typically starting with splitting video into frames, followed by background subtraction for object detection, feature extraction of motion or shape, and concluding with object classification using algorithms such as SVM, KNN, or CNNs. The review indicates that intelligent systems can effectively categorize behaviors into normal and abnormal classes, with specific reviewed models achieving efficiency ratings as high as 0.99. Despite these advancements, significant limitations remain, including the difficulty of processing

illumination fluctuations, handling object occlusions, and managing the increased processing time required for complex backgrounds in real-time scenario.

In addition to the articles above, there are several articles related to the recognition of suspicious human activities for smart environmental security which can be explained as follows. Golestani et. al. (Golestani & Moghaddam, 2020) introduces an innovative human activity recognition (HAR) system that utilizes magnetic induction (MI) signals and deep recurrent neural networks (LSTM) to accurately identify physical movements while overcoming the power and cost limitations of conventional wearable sensors. Experimental results demonstrate that the system achieves high performance, such as 98.9% accuracy on the MHAD dataset, and provides superior reliability in lossy dielectric media like the human body compared to standard radio-wave technologies.

Mandalapu et. al. (Mandalapu et al., 2023) provides a comprehensive systematic review of over 150 articles to analyze how machine learning and deep learning algorithms are utilized to identify patterns, trends, and hotspots in criminal activity. The study contributes to the field by archiving publicly available crime datasets, identifying that classification tasks are the primary focus of existing research, and highlighting critical future directions such as the need for interpretable models and ethical considerations regarding privacy and bias.

Yuan et. al. (Yuan et al., 2022) describes PRF-PIR, an interpretable, passive, multi-modal sensor fusion system that integrates Software-Defined Radio (SDR) and a novel motion-induced PIR sensor to mitigate the privacy, cost, and interference issues inherent in single-modality monitoring. This framework employs a Recurrent Neural Network (RNN) with LSTM units to achieve high accuracy rates—98.66% for human identification and 96.23% for activity recognition—while utilizing SHAP methodologies to provide transparency and validate the efficacy of the sensor fusion approach.

Vijeikis et. al. (Vijeikis et al., 2022) introduces a lightweight violence detection framework designed for real-time surveillance that combines a U-Net-like spatial feature extractor using a MobileNet V2 encoder with an LSTM network for temporal classification. The proposed model achieves high performance across various benchmarks, notably an 82%

average accuracy on the complex RWF-2000 dataset, while maintaining a small footprint of 4.07 million parameters suitable for low-power edge devices.

Ashraf et. al. (Ashraf et al., 2022) proposes an automated weapon detection system for real-time surveillance that utilizes the YOLO-v5s architecture combined with Gaussian blur preprocessing to minimize false negatives and improve detection efficiency. The results demonstrate that this framework is 19 times faster than existing Faster R-CNN models—achieving a speed of 0.010 seconds per frame—while maintaining high reliability with a recall rate of up to 99% on images and 94% on video.

Burnayev et. al. (Burnayev et al., n.d.) presents an autonomous weapon detection system that utilizes edge computing on a Raspberry Pi and the EfficientDet-Lite0 architecture to identify armed threats locally without requiring an internet connection. By integrating real-time audio notifications and visual overlays for augmented reality glasses, the system achieves an execution time of 1.48 seconds while significantly improving data privacy and reducing network bandwidth compared to cloud-based solutions.

Ahmad et. al. (Ahmad et al., 2021) presents an automatic weapon detection system for smart CCTV surveillance that utilizes the Scaled YOLOv4 algorithm and Convolutional Neural Networks to identify threats like knives and firearms in real-time. The framework is integrated with an interactive dashboard built on Node.js and MongoDB, achieving a high accuracy of 0.89 and a processing speed of 35 FPS to provide immediate security notifications.

Ahmed et. al. (Ahmed et al., 2022) introduces an enhanced real-time weapon detection system utilizing the Scaled-YOLOv4 algorithm, which achieves a high 92.1 mAP score and 85.7 FPS on high-performance GPUs. To facilitate practical deployment, the authors optimized the model using TensorRT for resource-constrained edge-computing devices like the Jetson Nano, providing a comparative analysis of performance across various hardware configurations.

Hnoohom et. al. (Hnoohom et al., 2022) presents an automatic weapon detection system for smart CCTV surveillance that utilizes the Scaled YOLOv4 algorithm and Convolutional Neural Networks to identify threats like knives and firearms in real-time. The framework is integrated with an interactive dashboard built on Node.js and MongoDB,

achieving a high accuracy of 0.89 and a processing speed of 35 FPS to provide immediate security notifications.

Research findings indicate that AI-Driven Decision Support Systems (AI-DSS) have a positive and significant impact on organizational performance. Statistical analysis indicates that implementing AI-DSS significantly improves organizational performance, as measured by three key indicators: operational efficiency, decision-making quality, and strategic performance achievement. Organizations utilizing AI-DSS are able to integrate and analyze large amounts of data in real time, resulting in faster, more accurate, and evidence-based decision-making processes. This strengthens the organization's ability to respond to changes in the dynamic business environment in the digital economy.

Furthermore, these findings confirm that AI-DSS functions not only as a technical tool but also as a strategic instrument for improving organizational performance. AI-based decision support systems assist management in identifying patterns, predicting risks, and objectively evaluating various decision alternatives. The impact is seen in the increased effectiveness of organizational strategies, optimized resource utilization, and the organization's ability to achieve short-term and long-term targets. Thus, the adoption of AI-DSS has proven to be a key factor in strengthening the competitiveness and sustainability of organizational performance in the digital economy. The results of these findings can be seen in Table 1.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

In conclusion, this research demonstrates that YOLO-based models play a vital role in advancing suspicious human activity recognition for intelligent environmental security systems due to their real-time performance and detection efficiency. The review highlights that continuous improvements in YOLO architectures have significantly enhanced accuracy and robustness, making them suitable for dynamic and complex surveillance environments. However, the analysis also reveals that YOLO alone is insufficient for comprehensive activity understanding and must be complemented with temporal modeling, tracking, and contextual analysis techniques. Addressing challenges related to data diversity,

environmental variability, computational limitations, and ethical concerns remains essential for practical deployment. Overall, this research concludes that YOLO-based frameworks, when integrated with complementary models and responsibly deployed, offer a promising foundation for next-generation intelligent security systems.

Future research in YOLO-based suspicious human activity recognition should focus on developing more holistic and context-aware frameworks that go beyond object detection to achieve deeper activity understanding. Integrating YOLO with advanced temporal models, such as transformers and graph-based networks, can improve the recognition of complex and long-duration human behaviors. Multi-modal data fusion—combining video with audio, thermal, depth, or sensor data—offers promising opportunities to enhance robustness under challenging conditions like low lighting or occlusion. Further research is also needed on lightweight and energy-efficient YOLO variants for edge and embedded deployment in large-scale surveillance systems. In addition, improving generalization through self-supervised learning, domain adaptation, and the use of synthetic data can reduce dependency on labeled datasets. Finally, future studies should address privacy preservation, fairness, and explainable AI to ensure that intelligent environmental security systems are trustworthy, transparent, and ethically deployed.

REFERENCES

Aas, A., Naveed, H., Asghar, J., Khaleel, S., Khanum, Z., & Noureen, T. (2025). Efficient and Sustainable Video Surveillance Using CNN-LSTM Model for Suspicious Activity Detection. *VFAST Transactions on Software Engineering*, *13*(1), 60–71. https://doi.org/10.21015/vtse.v13i1.2023

Ahmad, I., Dananjaya, D., Muhammad, A., Arghanie, A., Versantariqh, M. A., David, M., & Fatmawati, U. D. (2021). Sistem Deteksi Senjata Otomatis Menggunakan Deep Learning Berbasis CCTV Cerdas. In *Jurnal Sistem Cerdas*.

Ahmed, S., Bhatti, M. T., Khan, M. G., Lövström, B., & Shahid, M. (2022). Development and Optimization of Deep Learning Models for Weapon Detection in Surveillance Videos. *Applied Sciences (Switzerland)*, *12*(12). https://doi.org/10.3390/app12125772

Arshad, M. H., Bilal, M., & Gani, A. (2022). Human Activity Recognition: Review, Taxonomy and Open Challenges. In *Sensors* (Vol. 22, Issue 17). MDPI. https://doi.org/10.3390/s22176463

Ashraf, A. H., Imran, M., Qahtani, A. M., Alsufyani, A., Almutiry, O., Mahmood, A., Attique, M., & Habib, M. (2022). Weapons detection for security and video surveillance using CNN and YOLO-V5s. *Computers, Materials and Continua*, *70*(2), 2761–2775. https://doi.org/10.32604/cmc.2022.018785

Burnayev, Z. R., Toibazarov, D. O., Atanov, S. K., Canbolat, H., Seitbattalov, Z. Y., Kassenov, D. D., Kazakhstan -Elbasi, of, & -Elbasi, K. (n.d.). Weapons Detection System Based on Edge Computing and Computer Vision. In *IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications* (Vol. 14, Issue 5). www.ijacsa.thesai.org

Dekkati, S., Srujan Gutlapalli, S., Thaduri, U. R., Koteswara, V., & Ballamudi, R. (2022). AI and Machine Learning for Remote Suspicious Action Detection and Recognition. In *ABC Journal of Advanced Research* (Vol. 11, Issue 2).

Golande, R., Bhapkar, R., Nalawade, A., Rashinkar, A., & Mane, S. (2025). Weapon Detection System: Real-Time Object Recognition for Threat Detection. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, *13*(3), 3514–3521. https://doi.org/10.22214/ijraset.2025.68105

Golestani, N., & Moghaddam, M. (2020). Human activity recognition using magnetic induction-based motion signals and deep recurrent neural networks. *Nature Communications*, *11*(1). https://doi.org/10.1038/s41467-020-15086-2

Gupta, N., & Agarwal, B. B. (2023). Recognition of Suspicious Human Activity in Video Surveillance: A Review. In *Technology & Applied Science Research* (Vol. 13, Issue 2). www.etasr.com

Hnoohom, N., Chotivatunyu, P., & Jitpattanakul, A. (2022). ACF: An Armed CCTV Footage Dataset for Enhancing Weapon Detection. *Sensors*, *22*(19). https://doi.org/10.3390/s22197158

Indhumathi, J., Balasubramanian, M., & Balasaigayathri, B. (2023). Real-Time Video based Human Suspicious Activity Recognition with Transfer Learning for Deep Learning.

International Journal of Image, Graphics and Signal Processing, *15*(1), 47–62. https://doi.org/10.5815/ijigsp.2023.01.05

Jahan, S., Roknuzzaman, & Islam, M. R. (2024). *A Critical Analysis on Machine Learning Techniques for Video-based Human Activity Recognition of Surveillance Systems: A Review*. http://arxiv.org/abs/2409.00731

Mandalapu, V., Elluri, L., Vyas, P., & Roy, N. (2023). Crime Prediction Using Machine Learning and Deep Learning: A Systematic Review and Future Directions. *IEEE Access*, *11*, 60153–60170. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3286344

Rehman, A., Saba, T., Khan, M. Z., Damaševičius, R., & Bahaj, S. A. (2022). Internet-of-Things-Based Suspicious Activity Recognition Using Multimodalities of Computer Vision for Smart City Security. *Security and Communication Networks*, *2022*. https://doi.org/10.1155/2022/8383461

Shanthi, P., & Manjula, V. (2025). A systematic review on CNN-YOLO techniques for face and weapon detection in crime prevention. In *Discover Computing* (Vol. 28, Issue 1). Springer Science and Business Media B.V. https://doi.org/10.1007/s10791-025-09715-x

Singh, V., Singh, S., & Gupta, P. (2020). Real-Time Anomaly Recognition Through CCTV Using Neural Networks. *Procedia Computer Science*, *173*, 254–263. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.030

Vijeikis, R., Raudonis, V., & Dervinis, G. (2022). Efficient Violence Detection in Surveillance. *Sensors*, *22*(6). https://doi.org/10.3390/s22062216

Yadav, P., Ghodke, M., Dhokane, V., & Chavan, S. (2023). Predict, Identify and Alert on Suspicious Activity by Multiple Zone. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, *11*(5), 3454–3457. https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.52283

Yuan, L., Andrews, J., Mu, H., Vakil, A., Ewing, R., Blasch, E., & Li, J. (2022). Interpretable Passive Multi-Modal Sensor Fusion for Human Identification and Activity Recognition. *Sensors*, *22*(15). https://doi.org/10.3390/s22155787

IoT-Based Water Quality Monitoring System Using ESP32 with NSF-WQI Method on Various Water Sources

Ulfa Niswatul Khasanah [1)*)], Moh. Mimbar Fauzi [2)], Fatra Nonggala Putra [3)], Imroatul Fatikha Kurniati [4)], Januar Gilang Ramadhan [5)]

[1)]Program Studi Fisika, Fakultas Ilmu Eksakta, Universitas Nahdlatul Ulama Blitar
[2)]Program Studi Peternakan, Fakultas Ilmu Eksakta, Universitas Nahdlatul Ulama Blitar
[*)]**Correspondence author**: ulfaniswatul13@gmail.com, Blitar, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3185

Abstract

Water quality is an important indicator in maintaining environmental health and ecosystem sustainability. Direct water quality monitoring would be challenging for determining the quality of water sources. Therefore, it is necessary to design a real-time Water Quality Index (WQI) monitoring system based on the Internet of Things (IoT) using the ESP32 microcontroller with sensors for pH, temperature, turbidity (NTU), Total Dissolved Solids (TDS), and electrical conductivity (EC). The system is designed to be portable with a battery power source and is capable of sending data in real-time to a server for display via a web interface, as well as providing automatic notifications through Telegram.Water quality assessment is performed using the National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSF-WQI) method with four main parameters: pH, temperature, NTU, and TDS. The system is also capable of classifying water quality into 5 categories: Excellent, Good, Medium, Bad, and Very Bad. Laboratory tests were conducted on various liquids (coffee, soap, and milk), followed by field tests at three locations: Tempur River, Paddy Field Irrigation Flow, and Mbelik Tirta Wening Minggirsari Water Source. The measurement results show WQI values of 65–69 (Medium category) for Tempur River, 75–83 (Good category) for Paddy Field Irrigation Flow, and 93–98 (Excellent category) for Mbelik Tirta Wening Minggirsari Water Source. The system successfully demonstrated accurate, responsive, and reliable performance, making it suitable for sustainable water quality monitoring.

Keywords: *Water Quality Index, Internet of Things (IoT), Sustainability of Water Resource, NSF-WQI*

Abstrak

Kualitas air merupakan salah satu indikator penting dalam menjaga kesehatan lingkungan dan keberlanjutan ekosistem. Pemantauan kualitas air secara langsung akan sulit untuk mengetahui kualitas sumber air, maka perlu dirancang sistem monitoring Indeks Kualitas Air (IKA) secara real time berbasis *internet of things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan sensor pH, suhu, kekeruhan (turbidity), padatan terlarut (TDS) dan konduktivitas listrik (EC). Sistem dirancang portable dengan sumber daya baterai, serta mampu mengirimkan data secara real-time ke server untuk ditampilkan melalui antarmuka web dan memberikan notifikasi otomatis melalui Telegram. Penilaian kualitas air dilakukan menggunakan metode *National Sanitation Foundation Water Quality Index* (NSF-WQI) dengan empat parameter utama: pH, suhu, NTU, dan TDS. Serta mampu mengklasifikasikan kualitas air menjadi 5 kategori yaitu : sangat baik, baik, cukup baik, buruk, sangat buruk. Pengujian laboratorium dilakukan pada berbagai cairan (kopi, sabun, dan susu), diikuti uji lapangan pada tiga lokasi: Sungai Tempur, Aliran Irigasi Sawah, dan Sumber Air Mbelik Tirta Wening Minggirsari. Hasil pengukuran menunjukkan nilai IKA 65–69 (kategori Sedang) untuk Sungai Tempur, 75–83 (kategori Baik) untuk Aliran Irigasi Sawah, dan 93–98 (kategori Sangat Baik) untuk Sumber Air Mbelik Tirta Wening Minggirsari. Sistem berhasil menunjukkan performa akurat, responsif, dan reliabel sehingga layak digunakan untuk monitoring kualitas air secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Indeks Kualitas Air, Intenet of Things, Kelestarian Sumber Air, NSF-WQI

PENDAHULUAN

Kualitas air merupakan salah satu indikator penting dalam menjaga kesehatan lingkungan dan keberlanjutan ekosistem. Peningkatan aktivitas industri, domestik, dan pertanian berdampak pada penurunan kualitas air sungai maupun sumber air bersih(Utami et al., 2024; Velasco-Muñoz et al., 2018). Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan kualitas air yang bersifat real-time, portable, murah, dan mudah diakses.

Perkembangan Internet of Things (IoT) memungkinkan pengembangan perangkat monitoring yang mampu mengirimkan data secara kontinu dan terintegrasi dengan platform digital. Metode penilaian kualitas air *National Sanitation Foundation Water Quality Index* (NSF-WQI) banyak digunakan karena komprehensif dan mudah diaplikasikan(Cristable et al., 2020; Noori et al., 2019).

Untuk mengatasi kompleksitas data, konsep Indeks Kualitas Air (IKA) atau Water Quality Index (WQI) telah dikembangkan dan digunakan secara luas di seluruh dunia. WQI mengintegrasikan berbagai parameter pengukuran menjadi satu nilai tunggal yang merepresentasikan tingkat kualitas air secara keseluruhan. Salah satu metode WQI yang paling banyak diterima dan diakui secara internasional adalah National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSF-WQI). NSF-WQI menimbang sembilan parameter kritis untuk menghasilkan skor antara 0 hingga 100, yang kemudian diklasifikasikan ke dalam kategori kualitas(Marselina et al., 2022).

Seiring dengan perkembangan teknologi, sistem pemantauan kualitas air kini dapat diintegrasikan dengan teknologi Internet of Things (IoT). Pemanfaatan *platform* mikrokontroler berdaya rendah seperti ESP32 yang dikombinasikan dengan sensor digital, memungkinkan data pengukuran pH, suhu, kekeruhan (NTU), dan Total Dissolved Solids (TDS) dikumpulkan dan dikirimkan secara *real-time* ke *cloud server* melalui koneksi internet(Norsuzila Yaacob et al., 2025; Zafi et al., 2024). Pendekatan berbasis IoT ini menjembatani kesenjangan yang ada pada metode konvensional, yaitu ketidakmampuan untuk memberikan informasi secara *instan* dan *berkelanjutan*

Pada penelitian ini dikembangkan sebuah alat monitoring kualitas air berbasis ESP32 yang dilengkapi sensor pH, suhu, kekeruhan (turbidity), TDS, dan EC. Data pengukuran dikirimkan ke server dan ditampilkan melalui web, serta sistem memberikan notifikasi

kondisi kualitas air melalui Telegram. Kinerja alat diuji pada berbagai cairan dan pada tiga lokasi sumber air sehingga diperoleh gambaran performa sistem dalam kondisi nyata.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa dengan pendekatan menerapkan metode Agile sebagai kerangka pengembangan sistem. Metode Agile dipilih karena memungkinkan proses pengembangan sistem monitoring kualitas air berbasis *Internet of Things* (IoT) dilakukan secara iteratif, bertahap, dan adaptif, khususnya dalam integrasi perangkat keras, perangkat lunak, serta proses pengujian. Tahapan metode Agile terdiri dari 5 (lima) tahapan, yaitu: 1) Perencanaan (*Planning*), 2) Perancangan, (*Design*), 3) Pengembangan (*Development*), 4) Pengujian (*Testing*), dan 5) Peluncuran (*Deployment*).

1. **Perencanaan (*Planning)***

   Tahap perencanaan bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan, menetapkan tujuan penelitian, serta menentukan kebutuhan sistem. Pada tahap ini dilakukan studi literatur terkait kualitas air, metode NSF-WQI, dan teknologi Internet of Things (IoT). Selain itu, ditentukan parameter kualitas air yang akan diukur serta kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam sistem monitoring.

2. **Perancangan (*Design)***

   Tahap perancangan meliputi perancangan arsitektur sistem monitoring kualitas air yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras mencakup integrasi mikrokontroler ESP32 dengan sensor suhu, pH, TDS, EC, dan kekeruhan (turbidity), serta perancangan casing alat. Perancangan perangkat lunak meliputi perancangan firmware ESP32, sistem basis data, antarmuka web, dan mekanisme notifikasi melalui Telegram.

3. **Pengembangan (*Development)***

   Tahap pengembangan dilakukan dengan mengimplementasikan hasil perancangan secara bertahap. Pengembangan mencakup pemrograman firmware ESP32 untuk akuisisi data sensor, pengolahan data awal, serta pengiriman data ke server melalui

jaringan Wi-Fi. Selain itu, dikembangkan aplikasi web untuk visualisasi data dan sistem notifikasi Telegram. Setiap modul dikembangkan secara iteratif sesuai prinsip Agile.

4. **Pengujian (*Testing)***

   Tahap pengujian bertujuan untuk memastikan sistem bekerja sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Pengujian meliputi kalibrasi dan uji akurasi sensor menggunakan larutan standar dan larutan uji, pengujian fungsional sistem komunikasi data, serta pengujian keandalan sistem notifikasi. Pengujian lapangan juga dilakukan pada beberapa sumber air untuk memvalidasi kinerja sistem dalam kondisi nyata.

5. **Peluncuran (*Deployment)***

   Tahap peluncuran merupakan tahap penerapan sistem monitoring kualitas air pada lokasi pengujian lapangan. Pada tahap ini sistem dioperasikan secara penuh untuk melakukan pemantauan kualitas air secara real-time, menampilkan data pada antarmuka web, serta mengirimkan notifikasi otomatis melalui Telegram. Data hasil deployment digunakan sebagai bahan analisis untuk menentukan nilai Indeks Kualitas Air (IKA) menggunakan metode NSF-WQI dan mengevaluasi kinerja sistem secara keseluruhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. **Perencanaan (*Planning*)**

   Dalam penelitian ini menggunakan data sifat fisik dan kimia dari 3 titik sumber air yaitu Sungai Tempur, irigasi sawah dan sumber air Mbelik Tirta Wening. Sensor yang digunakan terdiri dari 5 jenis sensor yaitu: Sensor suhu, Sensor *Total Dissolved Solid* (padatan terlarut), Sensor *Electrical Conductivity* (konduktifitas listrik), pH (tingkat keasaman) dan Sensor Turbidity (kekeruhan). Berikut adalah daftar sensor utama yang digunakan untuk mengukur parameter kualitas air yang telah ditetapkan:

Tabel 1. Daftar Sensor Alat Monitoring Kualitas Air

No.	Parameter	Nama Sensor	Kode Modul	Satuan Pengukuran	Keterangan
1	Suhu (Temperature)	Sensor suhu digital DS18B20	DS18B20	°C (Celcius)	DS18B20 adalah sensor digital yang akurat dan tahan air
2	Electrical Conductivity (EC)	Sensor EC Analog (K=1.0)	SEN0244 (DFRobot Gravity)	µS/cm (microSiemens per cm)	EC mengukur konsentrasi ion terlarut
3	Total Dissolved Solid (TDS)	Sensor TDS (Metode EC)	SEN0244 (DFRobot Gravity terintegrasi dengan sensor EC)	ppm (part per million)	TDS mengukur padatan terlarut dalam air
4	pH (Tingkat Keasaman)	Elektroda pH+Modul Konversi	SEN0161 (DFRobot Gravity)	pH	Mengukur tingkat keasaman air
5	Kekeruhan (Turbidity)	Sensor kekeruhan	SEN0189(DFRobot Gravity)	NTU (Nephelometric Turbidity Unit)	Mengukur tingkat dispersi cahaya akibat padatan tersuspensi dalam air.

2. Perancangan (*Design*)

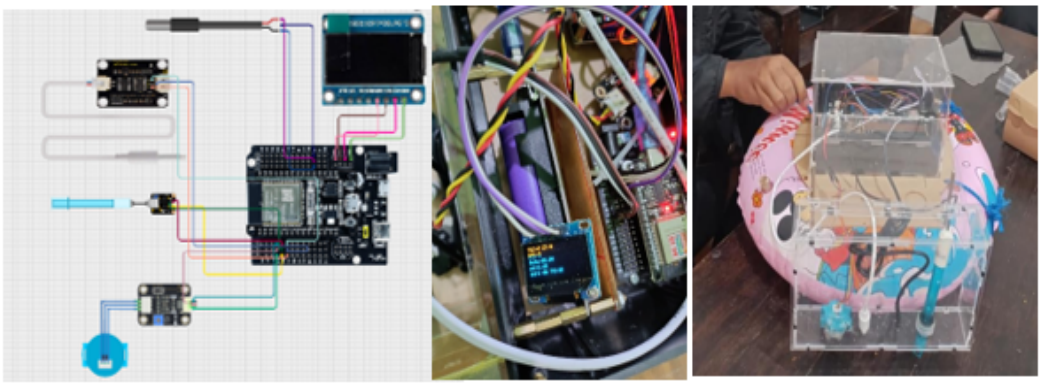
Sistem yang akan dirancang dalam penelitian ini terdiri dari 2 (dua) jenis yaitu perangkat lunak (aplikasi) dan Perangkat keras (hardware).

a) Perancangan Perangkat Keras (Hardware Design)

Unit Pengambilan Data: Merancang sirkuit antarmuka (interface circuit) untuk mengkondisikan dan mengintegrasikan sensor Suhu, Electrical Conductivity (EC), Total Dissolved Solid (TDS), pH, dan Turbidity dengan mikrokontroler.

Unit Pemrosesan dan Komunikasi: Menggunakan mikrokontroler ESP32 yang memiliki kemampuan untuk memproses data sensor dan mengirimkannya melalui modul komunikasi Wi-Fi ke server *(Zafi et al., 2024)*.

Desain Kemasan (Enclosure): Merancang wadah pelindung (*casing*) yang kedap air (*waterproof*) dan tahan kondisi lingkungan untuk menempatkan semua komponen perangkat keras di lokasi monitoring.



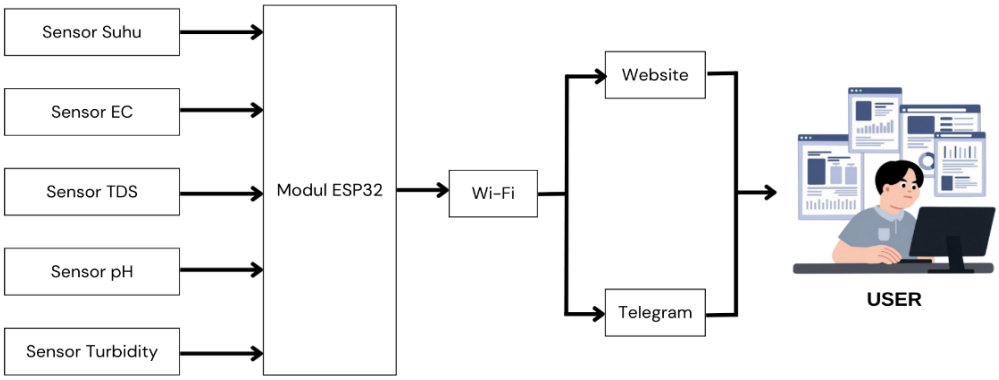
(a) (b) (c)

Gambar 1. (a) Skema Rangkaian (b) Implementasi Perangkat Kera (c) Casing

b) Perancangan Perangkat Keras (Hardware Design)

Sistem dirancang portable dengan sumber daya baterai, serta mampu mengirimkan data secara real-time ke server untuk ditampilkan melalui antarmuka web dan memberikan notifikasi otomatis melalui Telegram. Penilaian kualitas air dilakukan menggunakan metode *National Sanitation Foundation Water Quality Index* (NSF-WQI) dengan empat parameter utama: pH, suhu, NTU, dan TDS (Noori et al., 2019) . Serta mampu mengklasifikasikan kualitas air menjadi 5 kategori yaitu : sangat baik, baik, cukup baik, buruk, sangat buruk. Pengujian laboratorium dilakukan pada berbagai cairan (kopi, sabun, dan susu), diikuti uji lapangan pada tiga lokasi: Sungai Tempur, Aliran Irigasi Sawah, dan Sumber Air Mbelik Tirta Wening Minggirsari.

Untuk memberikan gambaran yang jelas dan sistematis mengenai alur kerja penelitian ini, Diagram Blok pada Gambar 1 menyajikan keseluruhan arsitektur sistem yang diusulkan. Diagram ini secara visual membagi metode menjadi tiga tahapan utama yang saling terintegrasi: Modul Akuisisi Data IoT (mencakup sensor pH, TDS, EC, dan Turbidity serta mikrokontroler), Modul Transmisi Data (melibatkan komunikasi nirkabel menuju *cloud server*) (Chauhan et al., 2023; Jayaraman et al., 2024). Secara keseluruhan, Diagram Blok ini berfungsi sebagai peta jalan yang menunjukkan bagaimana data dari sumber air dikonversi menjadi informasi kelestarian air yang prediktif.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

3. Pengembangan (*Development*)

Tahap ini merupakan lanjutan dari tahap perancangan yang fokus pada:

1) **Pemrograman Mikrkontroler ESP32:** Arduino IDE digunakan untuk memprogram ESP32 dengan bahasa pemrograman C++. Program yang dikembangkan mencakup pembacaan data dari sensor suhu, pH, Total Dissolved Solids (TDS), Electrical Conductivity (EC), dan kekeruhan (turbidity). Nilai pembacaan sensor ditampilkan ke LCD dan dikirimkan ke database server.
2) **Pemrograman Aplikasi Web:** Data nilai sensor yang dikiirm ke database server, ditampilkan dan divisualisasikan dalam aplikasi berbasis web dengan bahasa pemrograman PHP dan Java Script. Aplikasi web dirancang untuk menampilkan parameter kualitas air dalam bentuk nilai numerik, grafik, dan indikator status berdasarkan nilai Indeks Kualitas Air (IKA). Sistem ini juga mendukung pemilihan lokasi monitoring sehingga pengguna dapat memantau kondisi kualitas air dari berbagai titik pengukuran.
3) **Integrasi dengan Telegram**: Integrasi dengan Telegram dilakukan sebagai sistem notifikasi otomatis bagi pengguna. Bot Telegram dikembangkan untuk mengirimkan informasi kondisi kualitas air berdasarkan hasil perhitungan Indeks Kualitas Air (IKA). Notifikasi dikirimkan secara real-time ketika terjadi perubahan signifikan atau ketika nilai kualitas air berada pada kategori tertentu, sehingga pengguna dapat segera memperoleh informasi dan melakukan tindak lanjut.

4. Pengujian (*Testing*)

Tahap berikutnya setelah development yaitu pengujian yang dilakukan dengan menguji akurasi sensor. Dalam sistem monitoring Indeks Kualitas Air (IKA) real-time berbasis IoT, keandalan data sangat bergantung pada akurasi sensor yang digunakan(Pavan, 2024; Uddin et al., 2021). Oleh karena itu, kalibrasi secara berkala pada sensor kritis seperti pH, suhu, Total Dissolved Solids (TDS), Konduktivitas Listrik (EC), dan kekeruhan (turbidity) adalah langkah metodologis fundamental. Kalibrasi ini penting untuk memastikan setiap sensor memberikan respons yang tepat dan konsisten terhadap nilai standar referensi(Sahu & Maldhure, 2025), sehingga nilai eror (deviasi antara nilai ukur dan nilai sebenarnya) dapat diidentifikasi dan diminimalkan, yang pada akhirnya menjamin validitas dan akurasi nilai IKA yang dihasilkan.

Tabel 2. Pengujian pH Meter

No.	Nilai Referensi	Data Pengukuran					Rata-rata	Δerror (%)
		1	2	3	4	5		
Larutan Buffer								
1	7	6,88	6,9	6,89	6,88	6,99	6,908	1,3
2	4	3,99	4,01	3,97	3,98	4,01	3,992	0,2
Larutan Deterjen								
1	5 gram	11.17	11.16	11.18	11.18	11.17	11.172	
2	10 gram	11.24	11.24	11.23	11.24	11.24	11.238	
Larutan Pupuk								
1	5 gram	6.2	6.2	6.21	6.22	6.2	6.206	
2	10 gram	6.04	6.04	6.04	6.04	6.04	6.04	
Larutan Kopi								
1	5 gram	6.51	6.49	6.51	6.48	6.51	6.5	
2	10 gram	5.99	6.01	5.99	6.01	6.02	6.004	
Larutan Susu								
1	10 gram	6.49	6.5	6.49	6.5	6.49	6.494	

Pengujian sensor pH dilakukan dengan menggunakan dua metode, metode yang pertama yaitu membandingkan kemampuan baca sensor pH dengan larutan pH standard yaitu larutan pH buffer 4 dan 7. Metode yang kedua yaitu mengukur kemampuan baca sensor pH pada larutan asam dan basa. Hasil pengujian metode pertama, yang disajikan secara rinci dalam Tabel 2, menunjukkan capaian yang signifikan dalam akurasi. Nilai *error* yang diperoleh, yakni 1,3% dan 0,2%, berada pada rentang yang dapat diterima (*acceptable range*). Tingkat *error* yang kecil ini membuktikan validitas dan kelayakan sensor pH. Hasil pengujian metode kedua telah sesuai dimana pengujian pada larutan deterjen menghasilkan pH 11,1 dan 11,2 yang menunjukkan larutan tersebut bersifat basa. Sifat basa ini berasal dari penambahan senyawa *builder* dan senyawa pengalkali (NaOH atau KOH) yang berfungsi untuk meningkatkan efektivitas pembersihan(Hausmann et al., 2021; Yehia & Said, 2021). Pengujian larutan pupuk menghasilkan pH sebesar 6,2 dan 6,04, yang secara jelas mengindikasikan larutan tersebut bersifat asam. Sifat asam ini muncul karena pupuk yang digunakan kemungkinan besar berbasis Amonium (misalnya Urea atau Amonium Sulfat). Larutan kopi yang diuji menunjukkan nilai pH 6,5 dan 6,004. Hasil ini mengonfirmasi sifat kopi sebagai asam lemah, yang disebabkan oleh kandungan berbagai jenis asam organik seperti asam klorogenat(Ayelign & Sabally, 2013; Narko et al., 2020). Pengujian susu menghasilkan pH 6,494, menempatkan susu pada kategori asam lemah menuju netral. Nilai ini konsisten dengan karakteristik susu segar.

Tabel 3. Pengujian TDS

No.	Nilai Referensi	Data Pengukuran					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
Larutan Deterjen							
1	5 gram	1415	1417	1415	1417	1416	1416
2	10 gram	1420	1422	1420	1420	1422	1420,8
Larutan Pupuk							
1	5 gram	1410	1410	1410	1410	1410	1410
2	10 gram	1423	1424	1425	1417	1422	1422,2
Larutan Kopi							
1	5 gram	717	717	717	717	717	717
2	10 gram	1312	1310	1307	1310	1310	1309,8
Larutan Susu							
1	10 gram	1419	1421	1419	1421	1419	1419,8

Hasil Tabel 3 menunjukkan bahwa larutan pupuk dan deterjen memiliki nilai TDS yang tinggi, hal ini menunjukkan bahwa deterjen dan pupuk merupakan bahan yang mudah larut dalam air. Larutan kopi memiliki nilai (TDS) yang signifikan (lebih tinggi dari air minum biasa), tetapi umumnya jauh lebih rendah dibandingkan deterjen atau pupuk. Susu menunjukka nilai TDS yang cukup tinggi hal ini disebabkan padatan terlarut pada susu utamanya terdiri dari laktosa (gula), protein, dan mineral (seperti kalsium dan fosfor)(Adams et al., 2015; Rizqiati et al., 2025).

Tabel 4. Pengujian EC

No.	Nilai Referensi	Data Pengukuran					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
Larutan Deterjen							
1	5 gram	2274	2274	2274	2274	2274	2274
2	10 gram	2270	2273	2274	2274	2273	2272.8
Larutan Pupuk							
1	5 gram	2270	2270	2270	2270	2270	2270
2	10 gram	2274	2274	2274	2274	2274	2274
Larutan Kopi							
1	5 gram	1147	1147	1147	1147	1147	1147
2	10 gram	2037	2037	2037	2037	2037	2037
Larutan Susu							
1	10 gram	2270	2270	2270	2270	2270	2270

Hasil pengujian menunjukkan karakteristik *Electrical Conductivity* (EC) yang kontras antar jenis sampel, yang mencerminkan perbedaan profil kimia masing-masing larutan. Deterjen dan pupuk menunjukkan nilai EC tertinggi karena proses ionisasi sempurna dari senyawa pengalkali (seperti natrium karbonat) dan garam mineral (seperti nitrogen dan fosfor) yang terkandung di dalamnya (Cancellier et al., 2018; Sulaiman et al., 2021). Hal ini membuktikan bahwa EC dapat berfungsi sebagai indikator utama dalam mendeteksi polutan ionik anorganik yang memiliki daya hantar listrik lebih kuat dibandingkan polutan organik. Di sisi lain, nilai moderat pada kopi dan susu memberikan batasan (*threshold*) yang jelas bahwa tidak semua zat terlarut bersifat polutan berbahaya, melainkan kontribusi dari asam organik dan mineral alami.

Diferensiasi nilai yang tajam ini memperkuat argumen bahwa sistem monitoring berbasis IoT tidak hanya sekadar mengumpulkan data, tetapi juga mampu melakukan klasifikasi awal terhadap tingkat pencemaran air secara presisi. Selain analisis terhadap parameter muatan ionik, pengujian tingkat kekeruhan (*turbidity*) juga dilakukan untuk mengevaluasi kualitas fisik dari masing-masing sampel uji. Hasil pengukuran sensor

turbidity terhadap berbagai variasi sampel mulai dari air baku dengan tingkat kejernihan tinggi hingga larutan dengan konsentrasi partikel padat yang pekat disajikan secara detail pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Turbidity

No.	Nilai Referensi	Data Pengukuran					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
Larutan Deterjen							
1	5 gram	220	218	222	217	219	219.2
2	10 gram	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Larutan Pupuk							
1	5 gram	0	0	0	0	0	0
2	10 gram	0	0	0	0	0	0
Larutan Kopi							
1	5 gram	0	0	0	0	0	0
2	10 gram	0	0	0	0	0	0
Larutan Susu							
1	10 gram	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Pengujian Turbidity (NTU) menunjukkan bahwa semua larutan sampel memiliki tingkat kekeruhan yang signifikan, di mana kopi dan susu menghasilkan nilai (NTU) tertinggi karena merupakan suspensi koloid alami (protein, lemak, dan partikel halus). Sementara itu, kekeruhan tinggi pada deterjen dan pupuk disebabkan oleh partikel *builder* dan padatan tidak larut yang berkontribusi pada polusi tersuspensi.

5. Deployment

Tahap akhir dari penelitian ini adalah implementasi sistem (*deployment*) guna memastikan kesiapan operasional secara penuh dalam kondisi lingkungan yang tidak terkendali (*uncontrolled environment*). Setelah melalui serangkaian uji akurasi di laboratorium, sistem dioperasikan pada lokasi uji lapangan yang mencakup tiga sumber air strategis di Blitar, yaitu Sungai Tempur, Aliran Irigasi Sawah, dan Mbelik Tirta Wening (Minggirsari, Kecamatan Kanigoro). Pemilihan lokasi ini dilakukan untuk

mengevaluasi konsistensi sensor dan stabilitas transmisi data pada karakteristik air yang berbeda, mulai dari air sungai dengan beban polutan variatif, air irigasi yang mengandung residu pertanian, hingga mata air alami yang relatif bersih. Langkah ini krusial untuk memvalidasi bahwa arsitektur IoT yang dibangun mampu menyediakan data telemetri yang andal secara berkelanjutan.

Tabel 6. Identitas Sumber Air

No.	Nama Lokasi	Kecamatan	Karakteristik	Dokumentasi
1.	Aliran Irigasi	Sukorejo	Saluran terbuka tingkat, yang berfungsi menyalurkan air langsung ke petak-petak sawah. Debit air mengalami fluktuasi signifikan antara musim hujan dan kemarau.	
2.	Sungai Tempur	Sukorejo	Sungai ini memiliki mata air (*spring*) yang signifikan sebagai sumber utamanya, Dasar sungai terlihat jelas dan didominasi oleh batuan kerikil dan pasir,	
3.	Mbelik Minggirsari Tirta Wening	Kanigoro	Memiliki kualitas fisik yang sangat baik**,** dengan kejernihan air (*clarity*) yang tinggi dan tingkat kekeruhan (*turbidity*) yang sangat rendah, alirannya tenang dan menjadi hulu bagi sebuah anak sungai kecil	

Setelah serangkaian kalibrasi sensor yang berhasil memastikan akurasi data (pH, kekeruhan, dan suhu), langkah selanjutnya adalah merancang dan mengintegrasikan seluruh sistem, termasuk mikrokontroler, modul komunikasi Wi-Fi, dan *logic*

pemrograman untuk website dan Telegram. Pengujian lapangan ini bertujuan untuk memvalidasi kinerja sistem dalam kondisi operasional yang sebenarnya, menguji stabilitas koneksi jaringan di lokasi, serta memverifikasi kemampuan sistem untuk mengirimkan notifikasi *alert* secara *real-time* ke pengguna ketika terjadi perubahan drastis pada kualitas air, sehingga memastikan bahwa rancangan sistem dapat berfungsi secara efektif dan andal sebagai alat monitoring kualitas air di lingkungan asliny

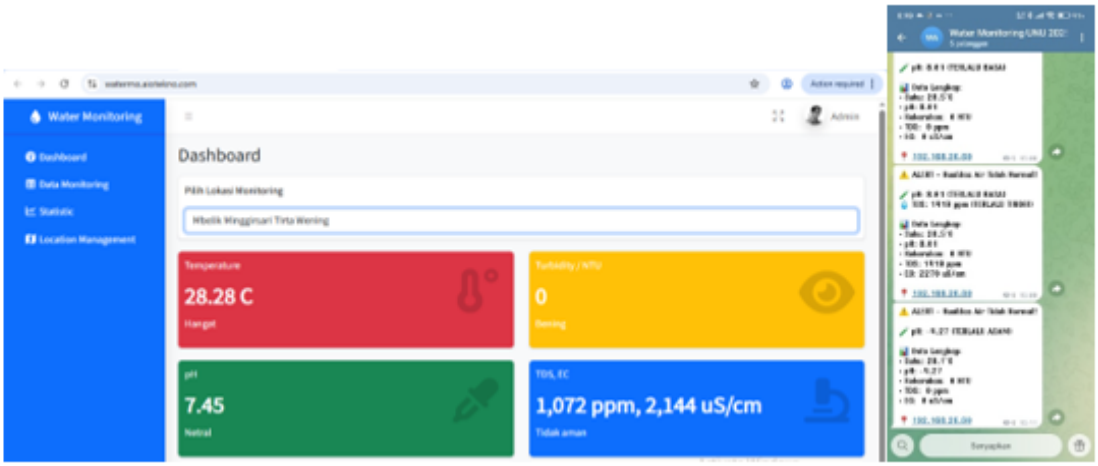
Tabel 7. Hasil Uji Lapangan

No.	Nama Lokasi	Kecamatan	Nilai IKA	Dokumentasi
1.	Aliran Irigasi	Kanigoro	75–83 (kategori Baik)	
2.	Sungai Tempur	Sukorejo	65–69 (kategori Sedang)	
3.	Mbelik Tirta Wening Minggirsari	Kanigoro	93–98 (kategori Sangat Baik)	

Implementasi sistem ini mengandalkan IoT untuk mengakuisisi dan mentransmisikan data sensor secara *real-time* ke *cloud server*. Data tersebut kemudian ditampilkan melalui antarmuka *browser* dalam bentuk grafik dan indikator berwarna, yang menyajikan status Indeks Kualitas Air IKA terkini kepada pengguna. Perancangan

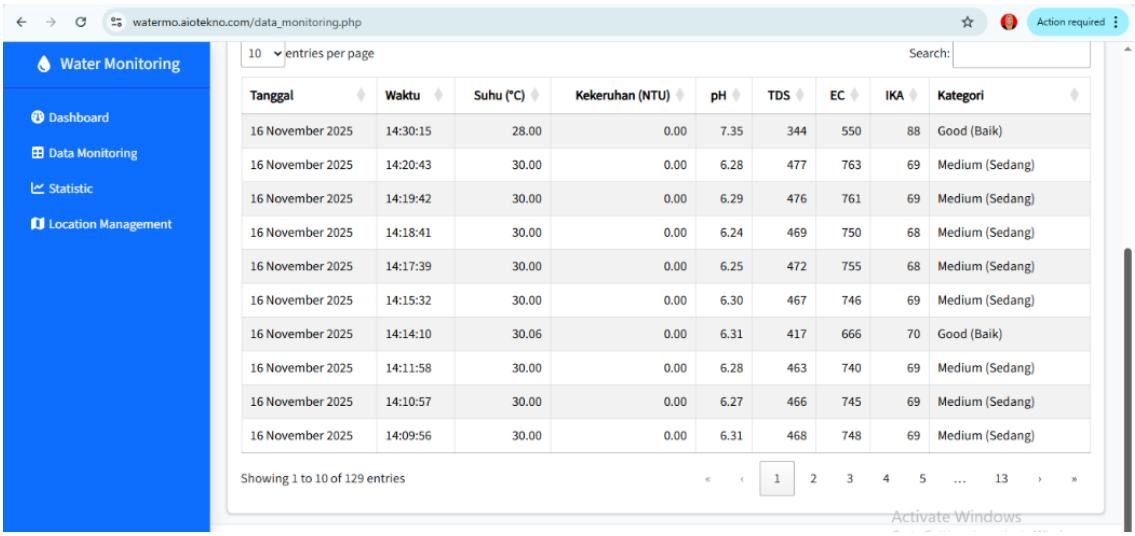
Software ESP32 dikembangkan menggunakan ESP32. Kode program telah mencakup fungsi pembacaan sensor, kalibrasi, pengiriman data ke *server* via Wi-Fi, dan manajemen daya.

Halaman utama website digunakan untuk menampilkan hasil monitoring sensor yang telah ditransmisikan secara real time. Pengguna dapat memilih lokasi monitoring yang diinginkan, sehingga dapat menampilkan data pH, TDS, EC, kekeruhan dan suhu. Rancang bangun sistem monitoring kualitas air ini menunjukkan keberhasilan fungsional dalam mengintegrasikan sensor kualitas air dengan mikrokontroller ESP32 dan Telegram sebagai antarmuka notifikasi utama. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setelah proses kalibrasi, sensor mampu membaca parameter air dengan tingkat akurasi yang dapat diterima, ditunjukkan oleh nilai *error* relatif yang rendah saat dibandingkan dengan alat ukur standar. Selain itu, pengujian komunikasi data memverifikasi bahwa sistem mampu mengirimkan data *real-time* ke *cloud* dan memicu notifikasi peringatan (*alert*) ke aplikasi Telegram dengan waktu respons yang cepat dan stabil. Keberhasilan implementasi ini menegaskan bahwa sistem monitoring berbasis Telegram merupakan solusi yang efisien dan *user-friendly* untuk memantau kondisi kualitas air secara otomatis dari jarak jauh.



Gambar 3. (a) Tampilan Halaman Utama Website (b) Tampilan Halaman Utama Telegram

Rancang bangun sistem monitoring kualitas air ini menunjukkan keberhasilan fungsional dalam mengintegrasikan sensor kualitas air dengan mikrokontroller ESP32 dan Telegram sebagai antarmuka notifikasi utama. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setelah proses kalibrasi, sensor mampu membaca parameter air dengan tingkat akurasi yang dapat diterima, ditunjukkan oleh nilai *error* relatif yang rendah saat dibandingkan dengan alat ukur standar. Selain itu, pengujian komunikasi data memverifikasi bahwa sistem mampu mengirimkan data *real-time* ke *cloud* dan memicu notifikasi peringatan (*alert*) ke aplikasi Telegram dengan waktu respons yang cepat dan stabil. Keberhasilan implementasi ini menegaskan bahwa sistem monitoring berbasis Telegram merupakan solusi yang efisien dan *user-friendly* untuk memantau kondisi kualitas air secara otomatis dari jarak jauh.



Gambar 4. Hasil Pembacaan Kualitas Air

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Sistem monitoring Indeks Kualitas Air (IKA) *real-time* berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan sensor pH, suhu, TDS, EC, dan *turbidity* telah berhasil diimplementasikan. Perangkat yang dirancang portabel ini mampu mengirimkan data secara *real-time* ke *server* dan memberikan notifikasi via Telegram, sekaligus menerapkan Metode National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSF-WQI) untuk mengklasifikasikan kualitas air ke dalam lima kategori. Pengujian lapangan

menunjukkan hasil yang variatif namun sesuai dengan kondisi lingkungan: Sungai Tempur menunjukkan IKA Sedang (65–69), Aliran Irigasi Sawah Baik (75–83), dan Sumber Air Mbelik Tirta Wening Minggirsari Sangat Baik (93–98). Secara keseluruhan, sistem ini terbukti akurat, responsif, dan reliabel, menjadikannya solusi yang layak dan efektif untuk pemantauan kualitas air secara berkelanjutan.

Pada penelitian ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi atas dana hibah penelitian melalui skema Penelitian Dosen Pemula (PDP), LPPM dan Pimpinan Universitas Nahdlatul Ulama Blitar atas dukungan dan fasilitas selama penelitian dan semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan.

REFERENSI

Adams, M. C., Hurt, E. E., & Barbano, D. M. (2015). Effect Of Soluble Calcium And Lactose On Limiting Flux And Serum Protein Removal During Skim Milk Microfiltration1. *Journal Of Dairy Science*, *98*(11). Https://Doi.Org/10.3168/Jds.2015-9474

Ayelign, A., & Sabally, K. (2013). Determination Of Chlorogenic Acids (Cga) In Coffee Beans Using Hplc. *American Journal Of Research Communication*, *1*(2).

Cancellier, E. L., Degryse, F., Silva, D. R. G., Da Silva, R. C., & Mclaughlin, M. J. (2018). Rapid And Low-Cost Method For Evaluation Of Nutrient Release From Controlled-Release Fertilizers Using Electrical Conductivity. *Journal Of Polymers And The Environment*, *26*(12). Https://Doi.Org/10.1007/S10924-018-1309-1

Chauhan, K., Abhang, S., & Agrawal, H. (2023). Iot Based Well Water Level Monitoring Using I2c Protocol. *International Journal For Research In Applied Science And Engineering Technology*, *11*(5). Https://Doi.Org/10.22214/Ijraset.2023.52498

Cristable, R. M., Nurdin, E., & Wardhana, W. (2020). Water Quality Analysis Of Saluran Tarum Barat, West Java, Based On National Sanitation Foundation-Water Quality Index (Nsf-Wqi). *Iop Conference Series: Earth And Environmental Science*, *481*(1). Https://Doi.Org/10.1088/1755-1315/481/1/012068

Hausmann, J. N., Traynor, B., Myers, R. J., Driess, M., & Menezes, P. W. (2021). The Ph Of Aqueous Naoh/Koh Solutions: A Critical And Non-Trivial Parameter For Electrocatalysis. In *Acs Energy Letters* (Vol. 6, Issue 10). Https://Doi.Org/10.1021/Acsenergylett.1c01693

Indrasari, W., Budi, E., Umiatin, Rizqy Alayya, S., & Ramli, R. (2019). Measurement Of Water Polluted Quality Based On Turbidity, Ph, Magnetic Property, And Dissolved Solid. *Journal Of Physics: Conference Series*, *1317*(1). Https://Doi.Org/10.1088/1742-6596/1317/1/012060

Jayaraman, P., Nagarajan, K. K., Partheeban, P., & Krishnamurthy, V. (2024). Critical Review On Water Quality Analysis Using Iot And Machine Learning Models. *International Journal Of Information Management Data Insights*, *4*(1). Https://Doi.Org/10.1016/J.Jjimei.2023.100210

Marselina, M., Wibowo, F., & Mushfiroh, A. (2022). Water Quality Index Assessment Methods For Surface Water: A Case Study Of The Citarum River In Indonesia. *Heliyon*, *8*(7). Https://Doi.Org/10.1016/J.Heliyon.2022.E09848

Narko, T., Wibowo, M. S., Damayanti, S., & Wibowo, I. (2020). Effect Of Kombucha Culture On Caffeine And Chlorogenic Acid Content In Fermentation Of Robusta Green Coffee Beans (Coffea Canephora L.). *Rasayan Journal Of Chemistry*, *13*(2). Https://Doi.Org/10.31788/Rjc.2020.1325675

Noori, R., Berndtsson, R., Hosseinzadeh, M., Adamowski, J. F., & Abyaneh, M. R. (2019). A Critical Review On The Application Of The National Sanitation Foundation Water Quality Index. *Environmental Pollution*, *244*. Https://Doi.Org/10.1016/J.Envpol.2018.10.076

Norsuzila Yaacob, Samzulkamal, N. S. A., Abdul Rahman, A. A., Tajudin, N., Yusof, A. L., & W. Muhamad, W. N. (2025). Iot-Water Quality Monitoring System Using Esp32. *Journal Of Advanced Research In Applied Sciences And Engineering Technology*, *65*(1). Https://Doi.Org/10.37934/Araset.65.1.1426

Pavan, K. S. (2024). Iot Based Drinking Water Quality Monitoring With Esp32. *International Journal For Research In Applied Science And Engineering Technology*, *12*(11). Https://Doi.Org/10.22214/Ijraset.2024.65515

Rizqiati, H., Prayitno, E., & Andani, M. (2025). Influence Of Skim Milk Concentration On The Proximate, Chemical, And Microbiological Properties Of Powdered Buffalo Colostrum Kefir. *Jurnal Teknologi Pertanian*, *26*(1). Https://Doi.Org/10.21776/Ub.Jtp.2025.026.01.3

Sahu, N., & Maldhure, A. (2025). Framework For Evaluating The Performance Of Water Quality Sensors. *Cleaner Water*, *4*. Https://Doi.Org/10.1016/J.Clwat.2025.100144

Sulaiman, A. S. S., Ahmad, M. A., Hassim, S. A., & Azman, M. S. A. (2021). Evaluation Of Fertilizer Electrical Conductivity (Ec) And Temperature Distribution Via Vertical Farming System Under Plant Factory. *Basrah Journal Of Agricultural Sciences*, *34*(Special Issue 1). Https://Doi.Org/10.37077/25200860.2021.34.Sp1.7

Uddin, M. G., Nash, S., & Olbert, A. I. (2021). A Review Of Water Quality Index Models And Their Use For Assessing Surface Water Quality. In *Ecological Indicators* (Vol. 122). Https://Doi.Org/10.1016/J.Ecolind.2020.107218

Utami, R. R., Geerling, G. W., Salami, I. R. S., Notodarmojo, S., & Ragas, A. M. J. (2024). Mapping Domestic Water Use To Quantify Water-Demand And Water-Related Contaminant Exposure In A Peri-Urban Community, Indonesia. *International Journal Of Environmental Health Research*, *34*(1). Https://Doi.Org/10.1080/09603123.2022.2163986

Velasco-Muñoz, J. F., Aznar-Sánchez, J. A., Belmonte-Ureña, L. J., & Román-Sánchez, I. M. (2018). Sustainable Water Use In Agriculture: A Review Of Worldwide Research. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 4). Mdpi. Https://Doi.Org/10.3390/Su10041084

Yehia, H. M. A.-S., & Said, S. M. (2021). Drinking Water Treatment: Ph Adjustment Using Natural Physical Field. *Journal Of Biosciences And Medicines*, *09*(06). Https://Doi.Org/10.4236/Jbm.2021.96005

Zafi, A., Saputra, B. D., & Bianto, M. A. (2024). The Monitoring System For Water Quality Is Based On The Internet Of Things (Iot) And Uses A Tds Sensor. *Indonesian Journal Of Engineering, Science And Technology*, *1*(2). Https://Doi.Org/10.38040/Ijenset.V1i2.1015

Zero-Day Attack Detection Using Autoencoder and XGBoost

Mujibbur Rohman [1)*)], Dharmayanti [2)]

[1)2)]Departemen Teknologi dan Rekayasa, Fakultas Magister Manajemen Sistem Informasi, Universitas Gunadarma
[*)]**Correspondence author**: mujibbur.rohman@gmail.com, Jakarta, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3248

Abstract

Advances in information and communication technology have significantly impacted progress in various sectors, but they have also given rise to increasingly complex network security threats. Cyberattacks such as Distributed Denial of Service (DDoS), ransomware, and software vulnerability exploits continue to increase year after year. Signature-based Intrusion Detection Systems are often ineffective in identifying novel cyberattacks since they rely solely on previously known attack patterns. To address this limitation, this study proposes a hybrid approach that integrates Autoencoders, including Dense and Memory-Augmented variants, with Extreme Gradient Boosting (XGBoost) to enhance zero-day attack detection using the UNSW-NB15 dataset. The research methodology encompasses data exploration, preprocessing with a split-before-transform strategy to prevent information leakage, Autoencoder training to model normal network behavior, reconstruction error computation for anomaly detection under both fixed and adaptive thresholding, and the utilization of these errors as input features for XGBoost classification. Experimental results demonstrate that adaptive thresholding improves F1 performance compared to fixed thresholds, while the hybrid Autoencoder–XGBoost integration achieves a significant performance boost. The proposed model consistently obtained F1 scores above 0.80 and PR-AUC values exceeding 0.81 with a balanced trade-off between precision and recall. These findings confirm that the hybrid approach is more effective, consistent, and adaptive in detecting intrusions, particularly zero-day attacks, and highlight its potential as a robust framework for advancing network security in dynamic threat environments.

Keywords: *Autoencoder, XGBoost, Zero-Day Attacks*

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membawa dampak yang signifikan terhadap kemajuan di berbagai sektor, tetapi di sisi lain juga memunculkan ancaman keamanan jaringan yang semakin kompleks. Serangan siber seperti *Distributed Denial of Service (DDoS)*, ransomware, dan eksploitasi kerentanan perangkat lunak terus meningkat dari tahun ke tahun. *Intrusion Detection System* berbasis tanda tangan terbukti kurang efektif dalam mengenali serangan baru karena keterbatasannya pada pola yang sudah diketahui. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini mengusulkan pendekatan hibrida yang mengombinasikan Autoencoder, termasuk varian *Dense* dan *Memory-Augmented* Autoencoder, dengan XGBoost guna meningkatkan kemampuan deteksi serangan zero-day pada dataset UNSW-NB15. Metodologi penelitian mencakup tahapan eksplorasi data, *preprocessing* dengan strategi *split-before-transform* untuk mencegah kebocoran informasi, pelatihan Autoencoder dalam memodelkan perilaku normal, perhitungan *reconstruction error* untuk mendeteksi anomali dengan pendekatan *threshold* tetap maupun adaptif, serta pemanfaatan *error* tersebut sebagai fitur masukan bagi XGBoost. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa *threshold adaptif* mampu meningkatkan nilai F1 dibanding *threshold* tetap, sementara integrasi Autoencoder dengan XGBoost memberikan peningkatan signifikan pada kinerja deteksi. Model hibrida ini secara konsisten mencapai nilai F1 di atas 0,80 dan PR-AUC lebih dari 0,81 dengan keseimbangan *precision* dan *recall* yang baik. Penelitian ini menegaskan bahwa integrasi Autoencoder dan XGBoost merupakan pendekatan yang efektif, konsisten, dan adaptif untuk menghadapi tantangan deteksi intrusi, khususnya serangan zero-day.

Kata Kunci: Autoencoder, XGBoost, Serangan Zero-Day

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membawa dampak yang signifikan terhadap kemajuan di berbagai sektor, tetapi di sisi lain juga memunculkan ancaman keamanan jaringan yang semakin kompleks. Serangan siber seperti *Distributed Denial of Service* (DDoS), ransomware, dan eksploitasi kerentanan perangkat lunak terus meningkat dari tahun ke tahun. Salah satu ancaman paling berbahaya adalah serangan zero-day yang memanfaatkan kerentanan yang belum terdokumentasi maupun diperbaiki oleh penyedia sistem, sehingga sulit dideteksi oleh mekanisme pertahanan tradisional. *Intrusion Detection System* (IDS) berbasis tanda tangan terbukti efektif mendeteksi serangan yang sudah dikenal tetapi gagal menghadapi pola serangan baru. Oleh karena itu, pendekatan *anomaly-based detection* dengan *machine learning* menjadi solusi menjanjikan karena mampu mempelajari perilaku normal jaringan dan mengidentifikasi penyimpangan yang mencurigakan.

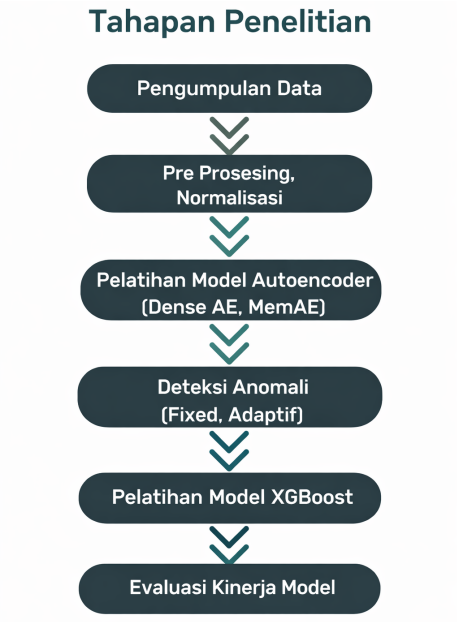
Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan efektivitas *machine learning* dalam meningkatkan performa IDS. Autoencoder sebagai model pembelajaran representasi tanpa label mampu merekonstruksi pola normal lalu lintas jaringan, sehingga penyimpangan rekonstruksi dapat dimanfaatkan sebagai sinyal anomali. Pengembangan *Memory-Augmented* Autoencoder (MemAE) terbukti meningkatkan akurasi deteksi anomali dengan memanfaatkan modul memori untuk membedakan data normal dan abnormal secara lebih tegas (Gong *et al*. 2019). Penggunaan algoritma *boosting* seperti XGBoost dikenal unggul dalam menangani data tidak seimbang serta mampu meningkatkan *precision* dan *recall* dalam skenario deteksi intrusi. Penelitian terdahulu (Dai *et al*. 2024) mengombinasikan autoencoder dengan XGBoost dan menunjukkan peningkatan performa pada data *unseen*, namun masih terbatas pada arsitektur autoencoder standar tanpa memanfaatkan varian berbasis memori.

Berdasarkan latar belakang dan hasil penelitian terdahulu tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi efektivitas integrasi *Dense* Autoencoder dan *Memory-Augmented* Autoencoder dengan XGBoost dalam mendeteksi serangan zero-day menggunakan dataset UNSW-NB15. Tujuan utama penelitian ini adalah menganalisis keterbatasan IDS berbasis tanda tangan, mengevaluasi metode *threshold* tetap dan adaptif,

serta membuktikan bahwa pendekatan hibrida mampu meningkatkan akurasi, *precision*, *recall*, dan F1-*score* dalam mendeteksi intrusi, khususnya serangan zero-day.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini difokuskan pada pengembangan sistem deteksi intrusi berbasis *machine learning* untuk menghadapi serangan zero-day, *dataset* yang digunakan adalah UNSW-NB15 dengan cakupan lebih dari 250 ribu baris data lalu lintas jaringan. Ruang lingkup dibatasi pada eksperimen berbasis simulasi menggunakan Python dan Jupyter Notebook, tanpa implementasi langsung pada infrastruktur IDS nyata. Model yang diteliti meliputi *Dense* Autoencoder (AE), *Memory-Augmented* Autoencoder (MemAE), diintegrasikan dengan XGBoost sebagai pendekatan hibrida.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Metode penelitian dilakukan melalui 6 tahap seperti Gambar 1, diantaranya:

1. **Pengumpulan Data**

   Tahap awal penelitian dilakukan dengan memanfaatkan dataset UNSW-NB15 yang berisi lalu lintas jaringan normal dan anomali. Data diperiksa melalui audit log, statistik inti, distribusi fitur, serta analisis *missing values* dan duplikasi.

2. **Preprocessing dan Normalisasi**

   Dataset dibagi menjadi *train*, *validation*, dan *test*, dengan strategi *split-before-transform* untuk mencegah data *leakage*. Fitur yang berpotensi membocorkan label, seperti id dan attack_cat, dieliminasi untuk menjaga validitas eksperimen. Imputasi median diterapkan untuk fitur numerik dan token khusus untuk kategorikal. Selanjutnya dilakukan *encoding* hemat memori dan normalisasi dengan StandardScaler agar distribusi fitur seimbang dan stabil pada seluruh subset data.

3. **Pelatihan Autoencoder (*Dense* AE dan MemAE)**

   Model *Dense* AE dilatih menggunakan arsitektur *encoder–decoder* berbasis lapisan penuh, sementara MemAE menambahkan modul memori untuk menyimpan representasi pola normal. Kedua model dilatih dengan fungsi *loss* MSE. Teknik *Early Stopping* digunakan untuk menghentikan pelatihan pada titik optimal, sedangkan Model *Checkpoint* menyimpan bobot terbaik.

4. **Deteksi Anomali (*Threshold* Tetap dan Adaptif)**

   Reconstruction error yang dihasilkan Autoencoder dipetakan menjadi skor anomali. Dua metode *threshold* digunakan yaitu *threshold* tetap berdasarkan persentil distribusi *error* data normal, serta *threshold* adaptif berdasarkan optimasi F1-*score* pada *validation* set. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi keseimbangan antara *False Positive Rate* dan *recall*.

5. **Integrasi dengan XGBoost**

   Reconstruction error dari AE/MemAE dijadikan fitur utama bagi XGBoost, dengan kemungkinan penambahan subset fitur numerik. XGBoost memanfaatkan *gradient boosting decision trees* untuk mempelajari pola non-linear, sehingga meningkatkan akurasi klasifikasi intrusi, termasuk pada data serangan zero-day. Analisis *threshold-vs-metrics* digunakan untuk memahami pengaruh variasi ambang terhadap performa model. Hasilnya dibandingkan antara AE murni, *thresholding*, dan integrasi AE–XGBoost untuk menentukan pendekatan paling efektif.

6. **Evaluasi Kinerja Model**

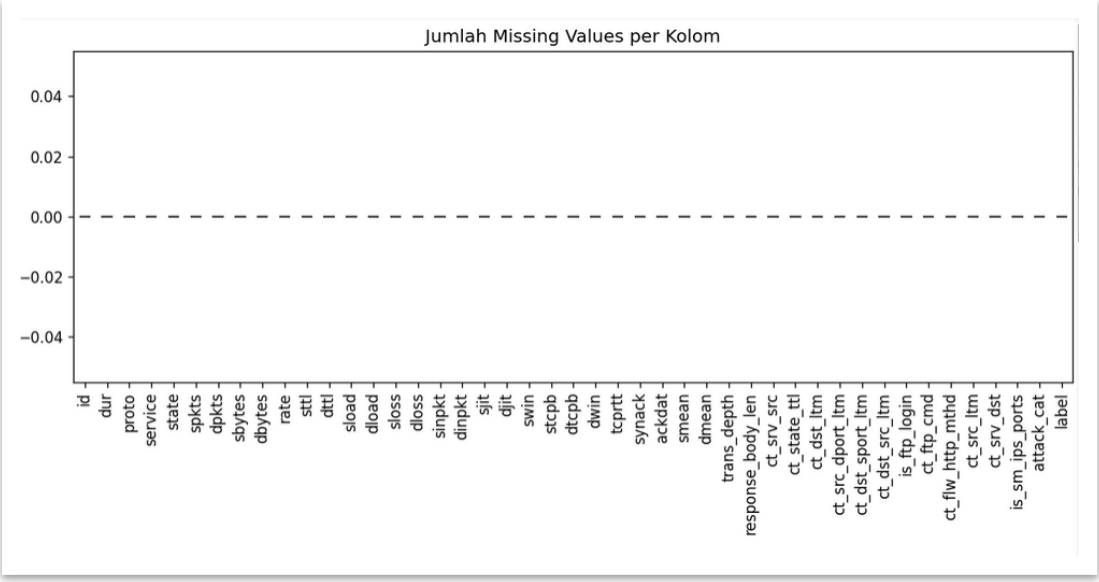
   Model dievaluasi pada data uji menggunakan visualisasi: ROC-AUC, dan PR-AUC.

HASIL DAN PEMBAHASAN

```
Loading: UNSW_NB15_training-set.csv
Loading: UNSW_NB15_testing-set.csv
Sukses memuat dataset: shape=(257673, 45)
```

Gambar 2. Memuat Data

Tahap pengumpulan data menggunakan dataset UNSW-NB15 berhasil dimuat dengan 257.673 record dan 45 atribut seperti terlihat di Gambar 2.



Gambar 3. *Bar Chart Missing Values*

Tahap *preprocessing* dan normalisasi dilakukan pemeriksaan kualitas data, hasilnya menunjukkan tidak terdapat *missing values* seperti terlihat di Gambar 3.

```
Distribusi Label (Persentase):
label
1    63.907744
0    36.092256
Name: proportion, dtype: float64
```

Gambar 4. Distribusi Serangan vs Normal

Distribusi label memperlihatkan ketidakseimbangan kelas dengan 63,9% data berupa serangan (*attack*) dan 36,1% berupa trafik normal terlihat di Gambar 4.

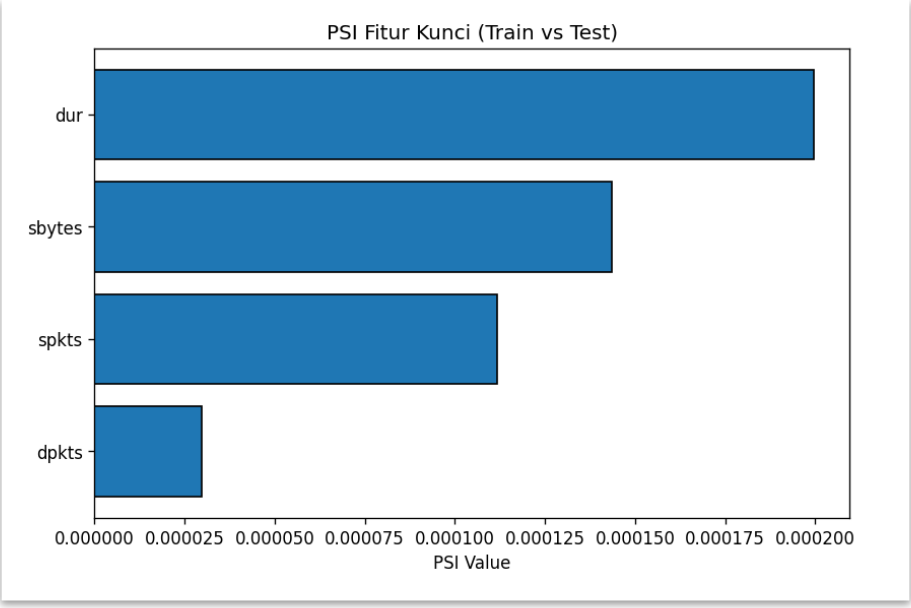
```
Jumlah kolom sebelum eliminasi: 45
Daftar kolom sebelum eliminasi: ['id', 'dur', 'pr
'sloss', 'dloss', 'sinpkt', 'dinpkt', 'sjit', 'dj
ponse_body_len', 'ct_srv_src', 'ct_state_ttl', 'c
w_http_mthd', 'ct_src_ltm', 'ct_srv_dst', 'is_sm_

Jumlah kolom sesudah eliminasi: 43
Daftar kolom sesudah eliminasi: ['dur', 'proto',
', 'dloss', 'sinpkt', 'dinpkt', 'sjit', 'djit', '
body_len', 'ct_srv_src', 'ct_state_ttl', 'ct_dst_
_mthd', 'ct_src_ltm', 'ct_srv_dst', 'is_sm_ips_po

Kolom yang dihapus: ['id', 'attack_cat']
```

Gambar 5. Eliminasi Kolom Beresiko

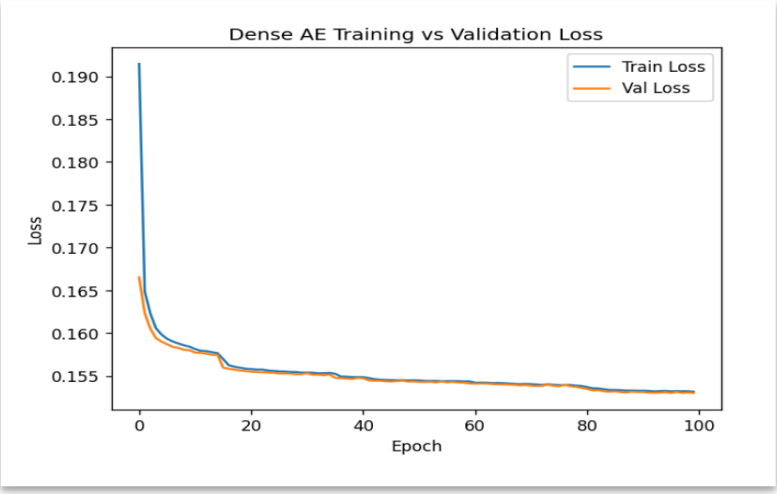
Proses prapemrosesan mencakup eliminasi kolom berisiko (id, attack_cat), *encoding* kategorikal (proto, service, state), serta normalisasi numerik terlihat di Gambar 5.



Gambar 6. Population *Stability Index* (PSI)

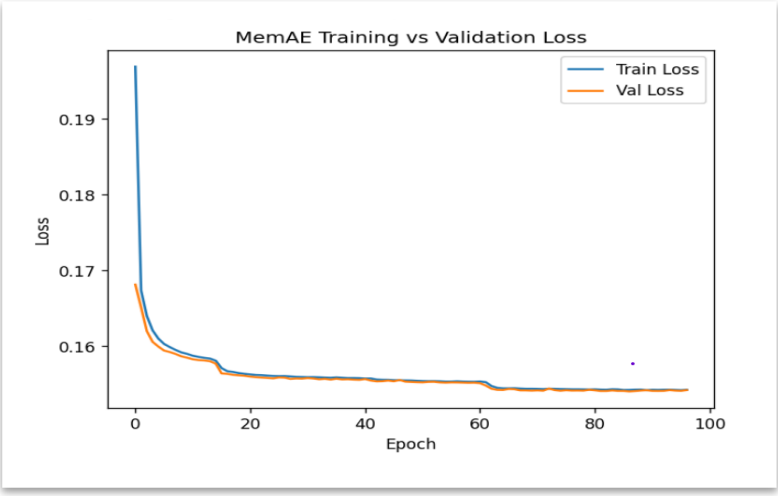
Gambar 6 Analisis *Population Stability Index* (PSI) menunjukkan seluruh fitur inti (dur, spkts, dpkts, sbytes) memiliki nilai < 0,10, sehingga distribusi data stabil dan layak digunakan untuk pelatihan model.

Tahap pelatihan Autoencoder (*Dense* AE dan MemAE), model *Dense* Autoencoder (AE) dan *Memory*-Augmented Autoencoder (MemAE) dilatih dengan mekanisme *early stopping*.



Gambar 7. Dense AE *Validation Loss*

Pada *Dense* AE di Gambar 7, *train loss* berada di sekitar 0,190 dan kemudian turun secara bertahap hingga mencapai sekitar 0,155 pada epoch ke-100. Pola *Validation loss* mengikuti pola Dense AE, dimulai sekitar 0,165 dan menurun hingga sekitar 0,155. Pola ini menunjukkan bahwa *Dense* AE berhasil mencapai konvergensi stabil, dengan gap yang sangat kecil antara *train loss* dan *validation loss*, sehingga risiko *overfitting* rendah.



Gambar 8. MemAE *Validation Loss*

Pada MemAE di Gambar 8, *train loss* awal sekitar 0,195 dan menurun hingga mendekati 0,157, sedangkan validation *loss* dimulai pada 0,167 dan stabil di sekitar 0,158 pada akhir epoch ke-100. Kurva keduanya menunjukkan tren yang berdekatan dan relatif konvergen. Hal ini mengindikasikan bahwa MemAE mampu merepresentasikan pola normal dengan baik, bahkan lebih stabil karena adanya modul memori yang membantu rekonstruksi data normal secara lebih akurat.

Tabel 1. Autoencoder dengan *Threshold* Tetap 70 dan *Threshold* Adaptif

MODEL	PRECISION	RECALL	F1	ROC-AUC
DENSE AE - FIXED (70)	0.561439	0.217623	0.313664	0.345062
MEMAE - FIXED (70)	0.552489	0.20987	0.30419	0.338718
DENSE AE — ADAPTIVE	0.639069	0.99996	0.779782	0.345062
MEMAE — ADAPTIVE	0.639064	0.999939	0.779773	0.338718

Tabel 2. Autoencoder dengan *Threshold* Tetap 75 dan *Threshold* Adaptif

MODEL	PRECISION	RECALL	F1	ROC-AUC
DENSE AE - FIXED (75)	0.560773	0.182017	0.274829	0.34609
MEMAE - FIXED (75)	0.559071	0.181329	0.27384	0.341047
DENSE AE — ADAPTIVE	0.639069	0.99996	0.779782	0.34609
MEMAE — ADAPTIVE	0.639069	0.99996	0.779782	0.341047

Tabel 3. Autoencoder dengan *Threshold* Tetap 80 dan *Threshold* Adaptif

MODEL	PRECISION	RECALL	F1	ROC-AUC
DENSE AE - FIXED (80)	0.530377	0.128294	0.206611	0.339836
MEMAE - FIXED (80)	0.545476	0.138395	0.220776	0.337646
DENSE AE — ADAPTIVE	0.639077	1.0	0.779989	0.339836
MEMAE — ADAPTIVE	0.639078	1.0	0.779802	0.337646

Tahap deteksi anomali dilakukan dengan *threshold* tetap (persentil 70, 75, dan 80) serta *threshold* adaptif (optimasi F1 pada *validation* set) seperti pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3. Pada *threshold* tetap (persentil 70–80) *Dense* AE menghasilkan *precision* antara 0,53–0,56, *recall* hanya sekitar 0,12–0,22, dan F1 di kisaran 0,20–0,31. Pada MemAE menunjukkan hasil yang hampir sama dengan *precision* 0,55, *recall* 0,13–0,20, dan F1 0,22–0,30. Performa *threshold* tetap buruk karena *recall* sangat rendah, menandakan banyak serangan tidak terdeteksi. Pada *threshold* adaptif, baik *Dense* AE maupun MemAE konsisten mencapai *precision* sekitar 0,639, *recall* mendekati 1,0, dan F1 sekitar 0,7798. Hal ini

menunjukkan bahwa *threshold* adaptif jauh lebih efektif dalam menyeimbangkan precision dan *recall*, serta secara signifikan meningkatkan deteksi serangan zero-day dibandingkan *threshold* tetap.

Tabel 4. Autoencoder+*XGBoost* dengan *Threshold* Tetap 70 dan *Threshold* Adaptif

MODEL	PRECISION	RECALL	F1	ROC-AUC
DENSE AE - FIXED (70)	0.561439	0.217623	0.313664	0.345062
MEMAE - FIXED (70)	0.552489	0.20987	0.30419	0.338718
DENSE AE — ADAPTIVE	0.639069	0.99996	0.779782	0.345062
MEMAE — ADAPTIVE	0.639064	0.999939	0.779773	0.338718
XGB — AE-FIXED [TEST]	0.721914	0.912089	0.805935	0.752838
XGB — AE-ADAPTIF [TEST]	0.704602	0.953099	0.810225	0.752838
XGB — MEMAE-FIXED [TEST]	0.716917	0.925671	0.808029	0.739763
XGB — MEMAE-ADAPTIF [TEST]	0.709552	0.947026	0.811268	0.739763

Tabel 5. Autoencoder+*XGBoost* dengan *Threshold* Tetap 75 dan *Threshold* Adaptif

MODEL	PRECISION	RECALL	F1	ROC-AUC
DENSE AE - FIXED (75)	0.560773	0.182017	0.274829	0.34609
MEMAE - FIXED (75)	0.559071	0.181329	0.27384	0.341047
DENSE AE — ADAPTIVE	0.639069	0.99996	0.779782	0.34609
MEMAE — ADAPTIVE	0.639069	0.99996	0.779782	0.341047
XGB — AE-FIXED [TEST]	0.719144	0.924193	0.808876	0.757362
XGB — AE-ADAPTIF [TEST]	0.708262	0.953362	0.812735	0.757362
XGB — MEMAE-FIXED [TEST]	0.7198	0.924861	0.809547	0.737434
XGB — MEMAE-ADAPTIF [TEST]	0.702053	0.965852	0.813091	0.737434

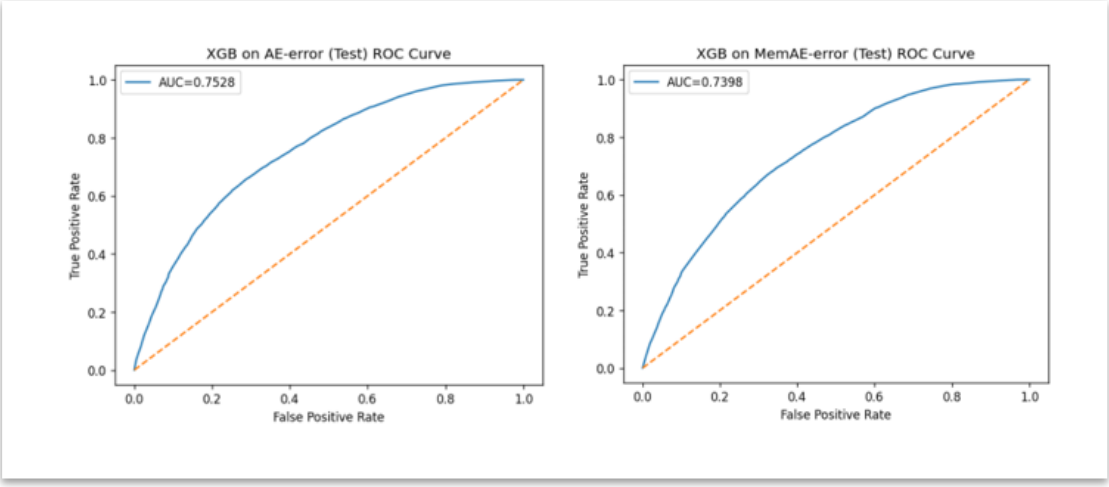
Tabel 6. Autoencoder+*XGBoost* dengan *Threshold* Tetap 80 dan *Threshold* Adaptif

MODEL	PRECISION	RECALL	F1	ROC-AUC
DENSE AE - FIXED (80)	0.530377	0.128294	0.206611	0.339836
MEMAE - FIXED (80)	0.545476	0.138395	0.220776	0.337646
DENSE AE — ADAPTIVE	0.639077	1.0	0.779989	0.339836
MEMAE — ADAPTIVE	0.639078	1.0	0.779802	0.337646
XGB — AE-FIXED [TEST]	0.716366	0.926076	0.807833	0.752197
XGB — AE-ADAPTIF [TEST]	0.69901	0.963605	0.810253	0.752197
XGB — MEMAE-FIXED [TEST]	0.714091	0.934294	0.809485	0.736888
XGB — MEMAE-ADAPTIF [TEST]	0.709653	0.945812	0.810888	0.736888

Tahap integrasi dengan XGBoost menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan *threshold* murni, terlihap pada Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6. Pada *Dense* AE +

XGBoost *Precision* = 0.708262, *Recall* = 0.953362, F1 = 0.812735, ROC-AUC = 0.757362. Pada MemAE + XGBoost *Precision* = 0.702053, *Recall* = 0.965852, F1 = 0.813091, ROC-AUC = 0.737434. Kedua pendekatan konsisten menghasilkan F1 di atas 0,81, menandakan keseimbangan yang baik antara *precision* dan *recall* walaupun ROC-AUC tidak terlalu tinggi (sekitar 0,74–0,75). Hasil ini menegaskan bahwa integrasi AE/MemAE dengan XGBoost lebih efektif dibanding *threshold* murni dalam mendeteksi serangan zero-day, khususnya pada kondisi data yang tidak seimbang.

Tahap evaluasi kinerja model melengkapi tahap integrasi XGBoost dengan gambar visual pendukung meliputi kurva ROC, kurva PR-AUC



Gambar 9. Kurva ROC pada AE dan MemAE

Kurva PR Gambar 9 menjelaskan seberapa baik model mempertahankan keseimbangan antara *Precision* dan *Recall* pada kondisi data tidak seimbang, dengan hasil yang menunjukkan performa tinggi (AUC > 0.81).

Pembahasan

Hasil penelitian *menunjukkan* bahwa pendekatan hibrida Autoencoder dengan XGBoost mampu meningkatkan efektivitas deteksi intrusi, khususnya dalam menghadapi serangan zero-day. Integrasi reconstruction *error* dari Autoencoder ke dalam XGBoost secara konsisten menghasilkan nilai F1 di atas 0.80 dan PR-AUC lebih dari 0.81, menandakan keseimbangan yang baik antara *precision* dan *recall* meskipun dataset tidak seimbang.

Penggunaan *threshold* adaptif terbukti lebih unggul dibandingkan *threshold* tetap. *Threshold* tetap memberikan kontrol False *Positive Rate* (FPR) yang stabil tetapi tidak mampu mengoptimalkan F1-*score*. Sebaliknya, *threshold* adaptif yang dikalibrasi pada data validasi mampu menyeimbangkan *precision* dan *recall* secara lebih efektif. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya (Zoppi *et al*. 2021) yang menunjukkan keunggulan *threshold* adaptif dalam menghadapi distribusi *reconstruction error* yang saling tumpang tindih.

Perbandingan kinerja antara *Dense* AE dan MemAE menunjukkan bahwa MemAE lebih *robust* dalam mendeteksi anomali. Keunggulan MemAE disebabkan oleh adanya modul memori yang memungkinkan penyimpanan representasi pola normal yang lebih kaya. Temuan ini mendukung penelitian Gong *et al*. (2019) yang menegaskan bahwa MemAE lebih efektif membedakan data normal dan abnormal dibanding *Dense* AE.

Nilai ROC-AUC model hibrida berada di kisaran 0.74–0.75, tapi performa PR-AUC yang melebihi 0.81 lebih relevan untuk kasus IDS dengan data tidak seimbang. PR-AUC menekankan performa pada kelas minoritas (serangan) yang menjadi fokus utama dalam sistem deteksi intrusi. Temuan ini selaras dengan literatur mutakhir (Dai *et al*. 2024) yang menekankan pentingnya PR-AUC sebagai metrik utama dalam evaluasi IDS berbasis *machine learning*.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperkuat pemahaman bahwa integrasi metode *unsupervised* (Autoencoder) dengan *supervised boosting classifier* (XGBoost) dapat menghasilkan sistem deteksi intrusi yang lebih adaptif, konsisten, dan efektif dalam mendeteksi serangan zero-day. Model hibrida ini memiliki potensi besar untuk diimplementasikan dalam sistem IDS modern, dengan tetap memperhatikan efisiensi komputasi dan skalabilitas pada trafik jaringan yang besar.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini membuktikan efektivitas pendekatan hibrida antara Autoencoder (Dense AE dan Memory-Augmented AE) dengan XGBoost dalam meningkatkan kemampuan sistem deteksi intrusi, terutama terhadap serangan zero-day pada dataset UNSW-NB15. Melalui serangkaian eksperimen terstruktur mulai dari pra-pemrosesan bebas kebocoran (split-before-transform), pelatihan model Autoencoder untuk mempelajari

perilaku normal jaringan, penentuan ambang anomali menggunakan metode tetap dan adaptif, hingga klasifikasi lanjutan menggunakan XGBoost, penelitian ini berhasil menunjukkan peningkatan signifikan dalam performa deteksi anomali yang kompleks dan belum dikenal sebelumnya.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa penggunaan *threshold* adaptif secara konsisten mengungguli *threshold* tetap, dengan peningkatan F1-score yang signifikan karena mampu menyeimbangkan *precision* dan *recall* secara dinamis. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme adaptif lebih responsif terhadap variasi distribusi data dan mampu meminimalkan tingkat *false negative* pada serangan yang belum pernah muncul sebelumnya. Selain itu, Memory-Augmented Autoencoder (MemAE) terbukti lebih unggul dibandingkan Dense AE karena kemampuannya menyimpan dan membedakan representasi pola normal secara lebih efisien melalui modul memori, sehingga menghasilkan rekonstruksi yang lebih akurat dan stabil.

Integrasi *reconstruction error* dari Autoencoder ke dalam XGBoost memberikan peningkatan performa yang signifikan, di mana model hibrida AE–XGBoost mencapai F1-score di atas 0,80 dan PR-AUC lebih dari 0,81, dengan tingkat keseimbangan yang optimal antara *precision* dan *recall*. Meskipun nilai ROC-AUC berada pada kisaran 0,74–0,75, hal ini masih dianggap memadai karena PR-AUC merupakan metrik yang lebih representatif dalam konteks dataset tidak seimbang seperti IDS. Dengan demikian, model ini tidak hanya efektif dalam mengenali anomali yang sudah dikenal, tetapi juga adaptif terhadap serangan baru tanpa memerlukan pembaruan tanda tangan (*signature*).

Secara konseptual dan empiris penelitian ini menegaskan bahwa kombinasi *unsupervised learning* (Autoencoder) dan *supervised boosting* (XGBoost) mampu menghasilkan sistem *Intrusion Detection System* (IDS) yang lebih tangguh, adaptif, dan *generalizable* terhadap variasi serangan zero-day. Pendekatan ini tidak hanya memperluas cakupan deteksi tetapi juga meningkatkan efisiensi proses pembelajaran melalui pemanfaatan rekonstruksi error sebagai fitur semantik yang bermakna bagi model klasifikasi.

Selain kontribusi empiris penelitian ini juga memberikan dasar teoritis yang kuat bagi pengembangan IDS modern berbasis kecerdasan buatan (AI-driven IDS) yang mampu

beradaptasi dengan dinamika ancaman siber. Dengan performa tinggi dan stabilitas model yang baik, sistem hibrida Autoencoder–XGBoost berpotensi untuk diimplementasikan pada lingkungan produksi *real-time* sebagai komponen utama dalam ekosistem *cyber threat intelligence* dan *adaptive anomaly detection*.

Penelitian *lebih* lanjut integrasi model ini dapat diperluas dengan penambahan arsitektur *deep learning* yang lebih kompleks seperti Variational Autoencoder (VAE), Transformer, serta penerapan Explainable AI (XAI) untuk meningkatkan transparansi keputusan sistem. Implementasi pada trafik *real-time* dan *multi-dataset benchmark* juga akan menjadi langkah penting untuk menilai skalabilitas, efisiensi komputasi, serta kemampuan generalisasi lintas domain. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan solusi konkret terhadap tantangan deteksi serangan zero-day, tetapi juga membuka arah baru bagi pengembangan sistem keamanan siber otonom dan adaptif berbasis pembelajaran mesin.

REFERENSI

Ahmad, R, Alsmadi, I, Alhamdani, W, & ... (2023). Zero-day attack detection: a systematic literature review. *Artificial Intelligence* ..., Springer, https://doi.org/10.1007/s10462-023-10437-z

Alshehri, A, Badr, MM, Baza, M, & Alshahrani, H (2024). Deep anomaly detection framework utilizing federated learning for electricity theft zero-day cyberattacks. *Sensors*, mdpi.com, https://www.mdpi.com/1424-8220/24/10/3236

Alzaylaee, MK (2025). Enhancing Cybersecurity Through Artificial Intelligence: A Novel Approach to Intrusion Detection.. ... *Journal of Advanced Computer Science & ...*, search.ebscohost.com,

Awadia, OA El, & Salem, SA (2023). Unveiling the Unseen: Leveraging Zero-Day Attack Detection Using Unsupervised and Semi-Supervised Learning. *2023 33rd International Conference ...*, ieeexplore.ieee.org, https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10969349/

Aarthi, C, Saranya, K, Saranya, N, & Ponlatha, S (2024). Secured cyber-internet security in intrusion detection with machine learning techniques. *Int. J. Comput. Exp. Sci. Eng*

Babaey, V, & Faragardi, HR (2025). Detecting Zero-Day Web Attacks with an Ensemble of LSTM, GRU, and Stacked Autoencoders. *Computers*, mdpi.com, https://www.mdpi.com/2073-431X/14/6/205

Barnard, P, Marchetti, N, & DaSilva, LA (2022). Robust network intrusion detection through explainable artificial intelligence (XAI). *IEEE Networking Letters*, ieeexplore.ieee.org, https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9807332/

Binbusayyis, A, & Vaiyapuri, T (2021). Unsupervised deep learning approach for network intrusion detection combining convolutional autoencoder and one-class SVM. *Applied Intelligence*, Springer, https://doi.org/10.1007/S10489-021-02205-9

Dai, Z, Por, LY, Chen, YL, Yang, J, Ku, CS, & ... (2024). An intrusion detection model to detect zero-day attacks in unseen data using machine learning. *PloS one*, journals.plos.org, https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0308469

DAS, A, & PRAMOD, S (2022). An Enhanced Optimization Model With Ensemble Autoencoder For Zero-Day Attack Detection. *Journal of Theoretical and Applied Information ...*, jatit.org, https://www.jatit.org/volumes/Vol100No22/26Vol100No22.pdf

Diallo, AF, & Patras, P (2023). Deciphering clusters with a deterministic measure of clustering tendency. *IEEE Transactions on Knowledge and ...*, ieeexplore.ieee.org, https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10227568/

Dini, P, Elhanashi, A, Begni, A, Saponara, S, Zheng, Q, & ... (2023). Overview on intrusion detection systems design exploiting machine learning for networking cybersecurity. *Applied Sciences*, mdpi.com, https://www.mdpi.com/2076-3417/13/13/7507

Gong, D, Liu, L, Le, V, Saha, B, & ... (2019). Memorizing normality to detect anomaly: Memory-augmented deep autoencoder for unsupervised anomaly detection. *Proceedings of the ...*, openaccess.thecvf.com,

Husseini, F El, Noura, H, Salman, O, & ... (2024). Advanced Machine Learning Approaches for Zero-Day Attack Detection: A Review. *2024 8th Cyber ...*, ieeexplore.ieee.org, https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10851751/

Hidayat, I, Ali, MZ, & Arshad, A (2023). Machine learning-based intrusion detection system: an experimental comparison. *Journal of Computational and ...*, ojs.bonviewpress.com, http://ojs.bonviewpress.com/index.php/JCCE/article/view/270

Hindy, H, Atkinson, R, Tachtatzis, C, Colin, JN, Bayne, E, & ... (2020). Utilising deep learning techniques for effective zero-day attack detection. *Electronics*, mdpi.com, https://www.mdpi.com/2079-9292/9/10/1684

Id-SIRTII. (2025). "LANSKAP KEAMANAN SIBER INDONESIA."

Islam, M, Dukyil, AS, Alyahya, S, & Habib, S (2023). An IoT enable anomaly detection system for smart city surveillance. *Sensors*, mdpi.com, https://www.mdpi.com/1424-8220/23/4/2358

Lu, K (2024). Network anomaly traffic analysis. *Academic Journal of Science and Technology*

Minghui, G, Hang, Z, Li, M, Zhijun, Z, Kai, L, & ... (2022). Research on intrusion detection model based on DAE-XGBoost. *2022 IEEE 10th ...*, ieeexplore.ieee.org, https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10006598/

Mohamed, AA, Al-Saleh, A, Sharma, SK, & Tejani, GG (2025). Zero-day exploits detection with adaptive WavePCA-Autoencoder (AWPA) adaptive hybrid exploit detection network (AHEDNet). *Scientific Reports*, nature.com, https://www.nature.com/articles/s41598-025-87615-2

More, S, Idrissi, M, Mahmoud, H, & Asyhari, AT (2024). Enhanced intrusion detection systems performance with UNSW-NB15 data analysis. *Algorithms*, mdpi.com, https://www.mdpi.com/1999-4893/17/2/64

Muneer, S, Farooq, U, Athar, A, & ... (2024). A critical review of artificial intelligence based approaches in intrusion detection: A comprehensive analysis. *Journal of ...*, Wiley Online Library, https://doi.org/10.1155/2024/3909173

Nassif, AB, Talib, MA, Nasir, Q, & Dakalbab, FM (2021). Machine learning for anomaly detection: A systematic review. *Ieee Access*, ieeexplore.ieee.org, https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9439459/

Oettl, FC, Oeding, JF, Feldt, R, Ley, C, & ... (2024). The artificial intelligence advantage: Supercharging exploratory data analysis. *Knee Surgery ...*, Wiley Online Library, https://doi.org/10.1002/ksa.12389

Neto, MP, & Paulovich, FV (2022). Multivariate data explanation by jumping emerging patterns visualization. *IEEE Transactions on Visualization ...*, ieeexplore.ieee.org, https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9956758/

Roshan, K, & Zafar, A (2021). An optimized auto-encoder based approach for detecting zero-day cyber-attacks in computer network. *2021 5th International Conference on ...*, ieeexplore.ieee.org, https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9702437/

Sarhan, M, Layeghy, S, Gallagher, M, & ... (2023). From zero-shot machine learning to zero-day attack detection. *International Journal of ...*, Springer, https://doi.org/10.1007/s10207-023-00676-0

Solunke, P, Guardieiro, V, Rulff, J, & ... (2024). Mountaineer: Topology-Driven Visual Analytics for Comparing Local Explanations. *... on Visualization and ...*, ieeexplore.ieee.org, https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10570334/

Vaiyapuri, T, & Binbusayyis, A (2020). Application of deep autoencoder as an one-class classifier for unsupervised network intrusion detection: a comparative evaluation. *PeerJ Computer Science*, peerj.com, https://peerj.com/articles/cs-327/

Yazdizadeh, T, Hassani, S, & Branco, P (2022). Intrusion detection using ensemble models. *Joint European Conference on ...*, Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-031-23633-4_11

Zahoora, U, Rajarajan, M, Pan, Z, & Khan, A (2022). Zero-day ransomware attack detection using deep contractive autoencoder and voting based ensemble classifier. *Applied Intelligence*, Springer, https://doi.org/10.1007/s10489-022-03244-6

Zhou, KQ (2022). Zero-day vulnerabilities: Unveiling the threat landscape in network security. *Mesopotamian Journal of CyberSecurity*, journals.mesopotamian.press, https://journals.mesopotamian.press/index.php/CyberSecurity/article/view/97

Zoppi, T, Ceccarelli, A, & Bondavalli, A (2021). Unsupervised algorithms to detect zero-day attacks: Strategy and application. *Ieee Access*, ieeexplore.ieee.org, https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9461213/

Comparative Analysis of Indihome and Starlink Network Performance at the Banda Aceh City Office Ookla

M Ulul Azmy[1)*)], Firmansyah[2)]

[1)2)]Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry
***)Correspondence author:** 210212006@student.ar-raniry.ac.id, Banda Aceh, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3263

Abstract

The availability of a fast, stable, and reliable internet network is a crucial factor in supporting office operational activities in the digital era. This study aims to analyze and compare the performance of the IndiHome and Starlink networks in the Banda Aceh City Office environment using the Ookla Speedtest application as the main measuring tool. The research method used is a quantitative approach with a comparative descriptive design. Data collection was carried out through direct network speed testing and the distribution of Likert-based questionnaires to 10 IndiHome office staff. The evaluation approach in this study focused on measuring internet network service quality parameters, such as access speed and delay to objectively assess the performance of IndiHome and Starlink services. Parameters analyzed include download speed, upload speed, latency, network stability, weather effects, ease of installation, and service costs. The results showed that the IndiHome network achieved a success rate of 96%, while the Starlink network achieved 95%, both of which are included in the very feasible category. However, based on Ookla testing results and user perceptions, the IndiHome network demonstrated more stable and consistent performance, even though both services have the same speed capacity of 300 Mbps. These findings indicate that the IndiHome network is more recommended as the primary internet connectivity solution to support office operational needs in Banda Aceh.

Keywords: *Indihome, Starlink, Network Performance, Ookla Speedtest, Office Network*

Abstrak

Ketersediaan jaringan internet yang cepat, stabil, dan andal merupakan faktor krusial dalam mendukung aktivitas operasional perkantoran di era digital. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja jaringan IndiHome dan Starlink di lingkungan Kantor Kota Banda Aceh menggunakan aplikasi Ookla Speedtest sebagai alat ukur utama. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan desain deskriptif komparatif. Pengumpulan data dilakukan melalui pengujian kecepatan jaringan secara langsung serta penyebaran kuesioner berbasis skala Likert kepada 10 orang staf kantor IndiHome. Pendekatan evaluasi dalam penelitian ini difokuskan pada pengukuran parameter kualitas layanan jaringan internet, seperti kecepatan akses, dan delay untuk menilai kinerja layanan IndiHome dan Starlink secara objektif. Parameter yang dianalisis meliputi kecepatan unduh, kecepatan unggah, latensi, stabilitas jaringan, pengaruh cuaca, kemudahan instalasi, serta biaya layanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jaringan IndiHome memperoleh tingkat keberhasilan sebesar 96%, sedangkan jaringan Starlink memperoleh 95%, yang keduanya termasuk dalam kategori sangat layak. Namun demikian, berdasarkan hasil pengujian Ookla dan persepsi pengguna, jaringan IndiHome menunjukkan performa yang lebih stabil dan konsisten meskipun kedua layanan memiliki kapasitas kecepatan yang sama, yaitu 300 Mbps. Temuan ini

mengindikasikan bahwa jaringan IndiHome lebih direkomendasikan sebagai solusi utama konektivitas internet untuk mendukung kebutuhan operasional perkantoran di Kota Banda Aceh.

Kata Kunci : Indihome, Starlink, Kinerja Jaringan, Ookla Speedtest, Jaringan Perkantoran

PENDAHULUAN

Ketersediaan jaringan internet yang cepat dan stabil menjadi kebutuhan utama masyarakat di era digital saat ini. Indihome sebagai penyedia layanan internet berbasis fiber optik berperan penting dalam memenuhi kebutuhan tersebut di Kota Banda Aceh. Analisis kinerja jaringan Indihome sangat penting untuk mengetahui efektivitas pelayanan yang diberikan kepada pelanggan[1]Sejalan dengan perkembangan teknologi internet satelit, kajian ini menyoroti kesiapan strategis PT Telkomsel dalam menghadapi potensi masuknya Starlink ke pasar ritel telekomunikasi Indonesia melalui pendekatan perencanaan skenario, guna mengantisipasi dinamika regulasi dan tingkat adopsi pasar di masa mendatang [2]. sehingga hasil pengukuran tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam menganalisis persepsi dan kualitas layanan internet berdasarkan tanggapan pengguna. [3]. Performa jaringan tidak hanya berpengaruh pada kecepatan akses, namun juga sangat berkaitan dengan kepuasan pelanggan.

Kualitas jaringan yang baik akan meningkatkan tingkat kepercayaan dan kepuasan pelanggan terhadap layanan Indihome di Banda Aceh [4]. Berbagai penelitian optimasi jaringan Indihome menggunakan teknologi GPON (Gigabit Passive Optical Network) juga menunjukkan bahwa penggunaan teknologi fiber optik dapat meningkatkan kapasitas dan keandalan jaringan secara signifikan dibandingkan jaringan berbasis tembaga tradisional [5]. Dalam pengoperasian Indihome di Banda Aceh, terdapat beberapa tantangan teknis, seperti jarak tarikan dari Optical Distribution Point (ODP), kondisi kabel jumper, dan perangkat pendukung lainnya yang berpengaruh pada kestabilan serta kualitas layanan yang diterima pelanggan [6].Faktor eksternal seperti kualitas pelayanan teknis dan pengalaman pelanggan juga menjadi variabel penting yang mempengaruhi loyalitas pelanggan Indihome. Studi menunjukkan bahwa kualitas layanan dan citra perusahaan sangat berkontribusi terhadap kesetiaan pelanggan di Banda Aceh [7]. Brand image dan brand trust terhadap Indihome

juga menjadi faktor yang mendukung keputusan pelanggan untuk tetap menggunakan layanan Indihome, sehingga penting dilakukan evaluasi dan perbandingan performa jaringan untuk menjaga reputasi penyedia layanan [8].

Oleh karena itu, evaluasi dan perbandingan performa jaringan, khususnya dari aspek kecepatan dan stabilitas layanan, menjadi langkah penting bagi penyedia layanan seperti IndiHome untuk mempertahankan kepercayaan pelanggan dan memperkuat citra merek di tengah persaingan dengan layanan alternatif seperti Starlink [9]. Analisis kinerja jaringan juga melibatkan pengukuran parameter teknis seperti Power Link Budget, Bit Error Rate (BER), dan Rise Time Budget yang secara langsung mencerminkan kualitas transmisi pada jaringan fiber optic Indihome [10]. Analisis kinerja jaringan juga melibatkan evaluasi parameter kualitas layanan, baik melalui pengukuran teknis maupun analisis persepsi pengguna, untuk menggambarkan performa jaringan Starlink dan Telkom secara menyeluruh [11]. Pendekatan evaluasi dalam penelitian ini difokuskan pada pengukuran parameter kualitas layanan jaringan internet, seperti kecepatan akses, dan delay untuk menilai kinerja layanan IndiHome dan Starlink secara objektif [12].

Kondisi ini menunjukkan bahwa evaluasi kinerja jaringan juga perlu mempertimbangkan konteks persaingan dan inovasi teknologi dalam industri telekomunikasi, khususnya di tengah struktur pasar oligopoli dan hadirnya layanan internet berbasis satelit seperti Starlink yang mendorong peningkatan kualitas layanan penyedia local [13] Oleh karena itu, distribusi kecepatan unduh, unggah, dan latensi berbasis data Speedtest oleh Ookla menjadi penting sebagai indikator objektif untuk menilai kinerja operator seluler serta mengidentifikasi kesenjangan kualitas layanan antar wilayah dan penyedia jaringan [14] Dengan demikian, kinerja throughput internet satelit Starlink dipengaruhi oleh faktor cuaca, variasi waktu penggunaan, dan protokol jaringan, sehingga diperlukan pengukuran performa jaringan yang objektif dan terstandarisasi untuk memperoleh gambaran kualitas layanan secara akurat [15].

METODE PENELITIAN

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain deskriptif komparatif untuk menganalisis dan membandingkan kinerja jaringan IndiHome dan jaringan starlink. Data kinerja jaringan diperoleh melalui pengukuran langsung menggunakan aplikasi Ookla Speedtest yang umum digunakan untuk menguji kecepatan download dan upload.

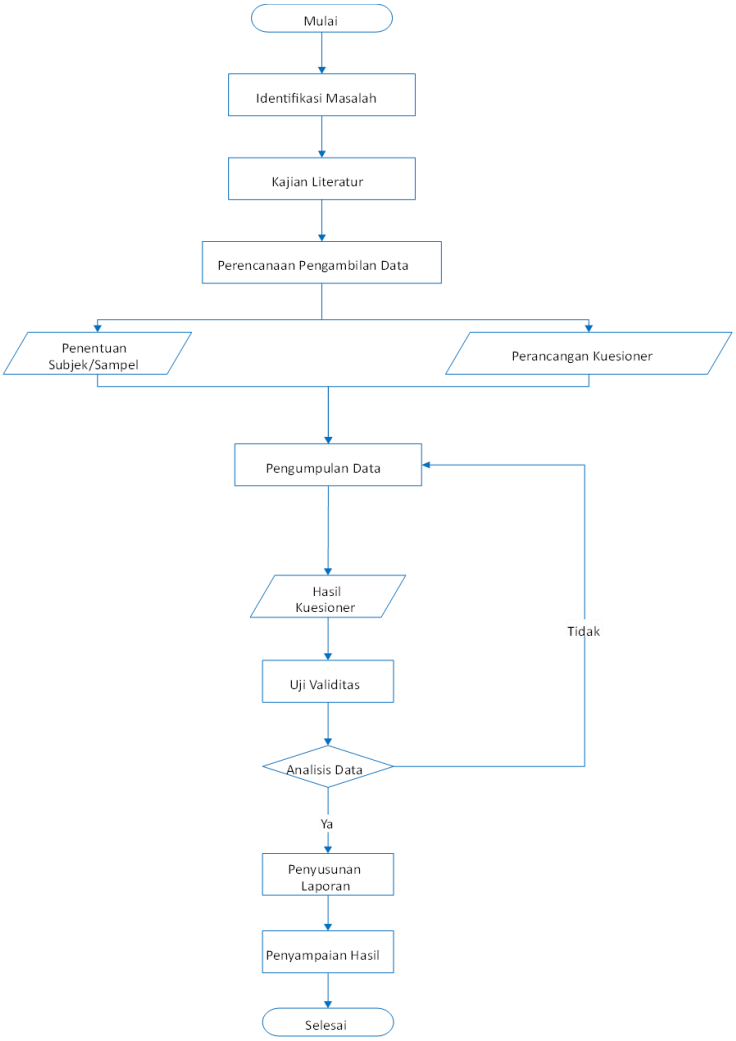
Subjek dan Teknik Pengambilan Sampel

Penelitian ini berfokus pada menganalisis perbandingan kinerja jaringan indihome 300 mbps dan starlink gen 2 300 mbps untuk mendukung operasional kantor indihome. Subjek yang dipilih dalam penelitian ini adalah staf indihome sebanyak 10 orang, dengan rincian 4 orang devisi network , dan 1 team HR(Human resources). Subjek penelitian ini adalah 10 staf kantor Indihome yang memberikan informasi penting untuk penelitian

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah peneliti akan melakukan wawancara dengan staf di kantor indihome untuk memahami pengalaman mereka dalam menggunakan jaringan Indihome dan Starlink untuk operasional kantor. Selain itu, peneliti juga akan membagikan kuesioner yang berisi pertanyaan dan pernyataan terkait pemahaman personal terhadap kualitas jaringan indihome dan starlink dalam bentuk google from.

Tujuan dari kuesioner ini adalah untuk memperoleh data yang akurat mengenai pengalaman responden setelah menggunakan jaringan indihome dan starlink. Setelah data dikumpulkan, teknik analisis data diperoleh. Temuan data dari responden berfungsi sebagai sumber data penelitian. Temuan yang dikumpulkan kemudian diperiksa berdasarkan data sesuai dengan tujuan.

Berikut merupakan diagram dari alur penelitian:



Gambar 1. Flowchart Diagram Alur

Berikut penjelasan diagram alur:

1. Tahap pertama dalam penelitian adalah mengidentifikasi masalah yang menjadi dasar dalam pelaksaan penelitianmemastikan langkah-langkah penelitian terorganisasi dengan baik.
2. Setelah masalah teridentifikasi, peneliti melakukan kajian literatur untuk memperdalam pemahaman mengenai masalah dan konteks penelitian

3. Pada tahap perencanaan penelitian, peneliti menyusun strategi pelaksanaan penelitian secara rinci.
4. Peneliti menggunakan metode kuantitatif untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap mengenai pengalaman pengguna.
5. Setelah data terkumpul, tahap berikutnya adalah analisis data untuk mendapatkan temuan utama dari peneliti
6. Tahap penyusunan laporan dilakukan setelah proses analisis data selesai
7. Tahap akhir adalah penyampaian hasil kepada pihak yang berkepentingan.

Diagram alur penelitian "Analisis Perbandingan Kinerja Jaringan IndiHome dan StarLink di Kantor Kota Banda Aceh OOKLA" dimulai dengan tahap identifikasi masalah, di mana peneliti mendefinisikan isu utama seperti perbedaan kecepatan, latensi, dan stabilitas jaringan berdasarkan keluhan pengguna di kantor Banda Aceh. Selanjutnya, kajian literatur memperdalam pemahaman melalui tinjauan studi sebelumnya tentang IndiHome (fiber optic stabil) dan StarLink (satelit variabel), diikuti perencanaan penelitian yang merinci strategi seperti pengujian Ookla paralel, sampel ukuran, dan periode pengukuran.

$$P = \frac{f}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

P = angka persentase data angket

f = jumlah skor yang diperoleh

N = jumlah skor maksimum

Persentase validasi responden dihitung dalam bentuk skor berdasarkan skala Likert, yang digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai kelayakan media yang dikembangkan. Patokanskor tersebut didasarkan pada skala Likert yang tertera dalam tabel di bawah ini:

Tabel 1. Flowchart Diagram Alur

Presentase	Keterangan
<20%	Sangat Tidak Layak
21-40%	Tidak Layak
41-60%	Cukup Layak
61-80%	Layak
81-100%	Sangat Layak

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah hasil uji coba kualitas jaringan menggunakan aplikasi oklaa. Pengujian dilakukan selama 1 hari pada kantor indihome.



Gambar 2. Uji Coba Pada Starlink



Gambar 3. Uji Coba Pada Starlink 1



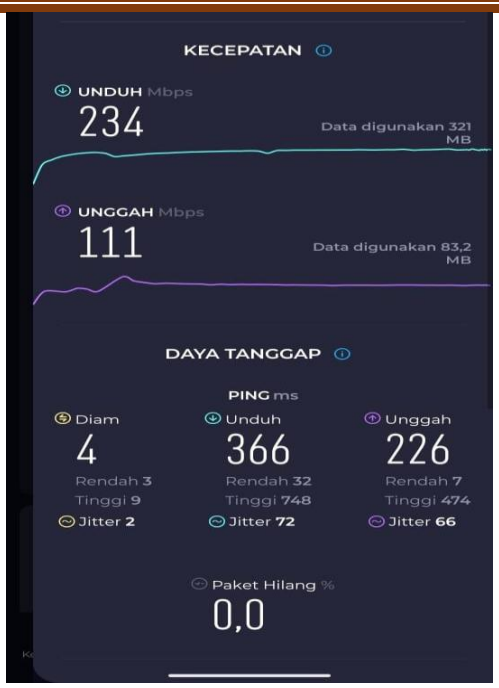
Gambar 4. Uji Coba Pada Starlink 2



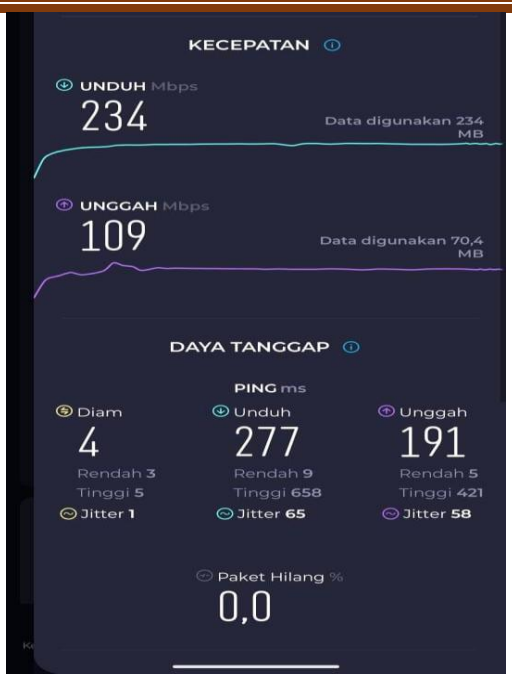
Gambar 5. Uji Coba Pada Starlink 3



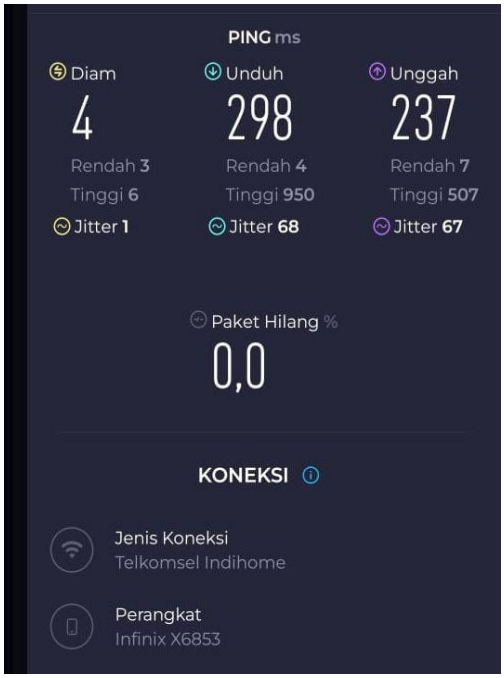
Gambar 6. Uji Coba Pada Starlink 4



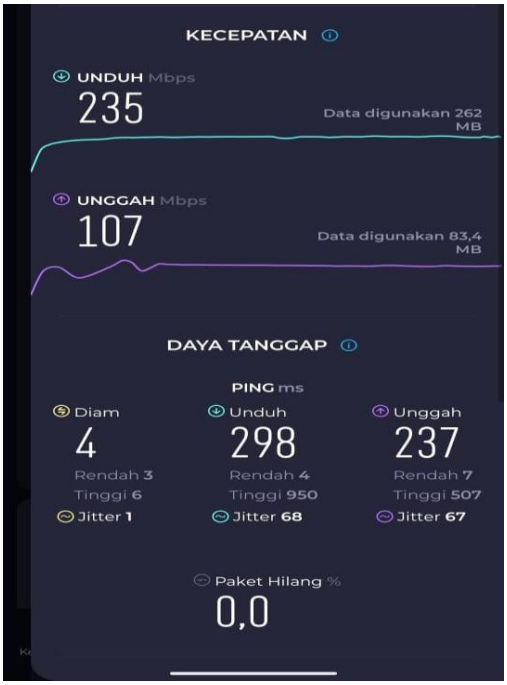
Gambar 7. Uji Coba Pada Indihome 1



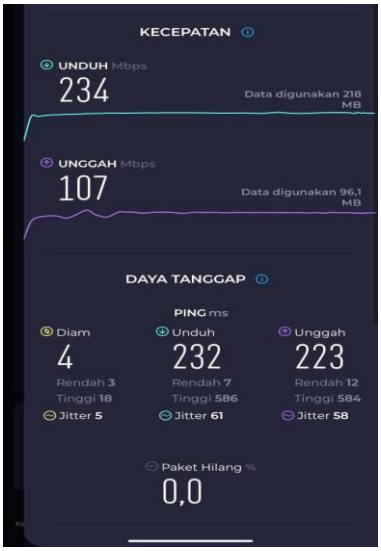
Gambar 8. Uji Coba Pada Indihome 2



Gambar 9. Uji Coba Pada Indihome 3



Gambar 10. Uji Coba Indihome 4



Gambar 11. Uji Coba Indihome 5

Berikut merupakan tabel kuisioner untuk responden:

Tabel 2. Quisioner Penelitian Indihome

No	Pertanyaan	Jumlah	Persentase	Katagori
1	Apakah jaringan Indihome jarang mengalami gangguan selama jam kerja?	9	90%	Sangat bagus
2	Seberapa baik kecepatan unggah untuk mendukung aktivitas seperti konferensi video, pengiriman file besar, dan backup data, saat menggunakan jaringan indihome?	8	80%	Sangat bagus
3	Apakah latensi jaringan indihome cukup rendah untuk mendukung aplikasi real-time?	10	100%	Sangat bagus
4	Seberapa konsisten performa jaringan indihome dalam jangka waktu tertentu (misalnya 1minggu)?	10	100%	Sangat bagus
5	Apakah terdapat penurunan performa yang signifikan saat cuaca buruk?	9	90%	Sangat bagus
6	Bagaimana perbandingan biaya langganan bulanan dan biaya perangkat yang harus dikeluarkan?	10	100%	Sangat bagus
7	Apakah jaringan indihome dapat diakses secara konsissten di lokasi kantor?	10	100%	Sangat bagus
8	Seberapa mudah proses instalasi dan pemeliharaan jaringan indihome untuk keperluan kantor?	10	100%	Sangat bagus
9	Apakah kecepatan internet IndiHome di kantor sudah memenuhi kebutuhan operasional?	10	100%	Sangat bagus
10	Apakah jaringan IndiHome jarang mengalami delay yang mengganggu aktivitas online?	10	100%	Sangat bagus
	Total akhir	96	960%	Sangat bagus
	Rata-rata	9,6	96%	

Tabel 3. Quisioner Penelitian Starlink

No	Pertanyaan	Jumlah	Persentase	Katagori
1	Apakah jaringan starlink jarang mengalami gangguan selama jam kerja?	10	100%	Sangat bagus
2	Seberapa baik kecepatan unggah untuk mendukung aktivitas seperti konferensi video, pengiriman file besar, dan backup data, saat menggunakan jaringan starlink?	10	100%	Sangat bagus
3	Apakah latensi jaringan starlink cukup rendah untuk mendukung aplikasi real-time?	10	100%	Sangat bagus
4	Seberapa konsisten performa jaringan starlink dalam jangka waktu tertentu (misalnya 1minggu)?	10	100%	Sangat bagus
5	Apakah terdapat penurunan performa yang signifikan saat cuaca buruk?	7	70%	Sangat bagus
6	Bagaimana biaya langganan bulanan dan biaya perangkat yang harus dikeluarkan?	9	90%	Sangat bagus
7	Apakah jaringan starlink dapat diakses secara konsissten di lokasi kantor?	10	100%	Sangat bagus
8	Seberapa mudah proses instalasi dan pemeliharaan jaringan starlink untuk keperluan kantor?	9	90%	Sangat bagus
9	Apakah kecepatan internet starlink di kantor sudah memenuhi kebutuhan operasional?	10	100%	Sangat bagus
10	Apakah jaringan starlink jarang mengalami delay yang mengganggu aktivitas online?	10	100%	Sangat bagus
	Total akhir	95	950%	Sangat bagus
	Rata-rata	9,5	95%	

Dalam pengujian kelayakan menunjukkan bahwa penelitian ini menghasilkan temuan bahwa jaringan IndiHome memiliki tingkat keberhasilan yang sangat baik untuk digunakan di lingkungan perkantoran. Hal ini dibuktikan dari hasil uji kelayakan kepada staf, di mana jaringan IndiHome memperoleh skor tingkat keberhasilan sebesar 96%, sedangkan jaringan Starlink memperoleh skor tingkat keberhasilan sebesar 95%. Selain itu, berdasarkan pengujian menggunakan aplikasi Ookla, kualitas kecepatan jaringan IndiHome juga terbukti lebih baik meskipun memiliki kapasitas yang sama dengan Starlink, yaitu 300 Mbps. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa IndiHome lebih layak dan lebih direkomendasikan sebagai jaringan internet untuk mendukung kebutuhan perkantoran.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, diketahui bahwa penggunaan jaringan IndiHome untuk perkantoran sangatlah relevan dan direkomendasikan. Dari hasil uji coba menggunakan aplikasi Ookla Speedtest, ditunjukkan bahwa kualitas jaringan IndiHome lebih baik dibandingkan Starlink meskipun keduanya memiliki kapasitas kecepatan yang sama, yaitu 300 Mbps. Selain itu, hasil penelitian jaringan IndiHome kepada staf mendapatkan skor tingkat keberhasilan sebesar 96%, sedangkan hasil penelitian jaringan Starlink kepada staf mendapatkan skor tingkat keberhasilan sebesar 95%. Perbedaan nilai ini mengindikasikan bahwa secara teknis maupun pengalaman pengguna, IndiHome sedikit lebih unggul dan lebih stabil untuk mendukung aktivitas kerja di kantor.

Dengan demikian, IndiHome dapat disimpulkan sebagai pilihan layanan wifi yang sangat baik digunakan di lingkungan kantor maupun untuk berbagai kebutuhan perkantoran, seperti akses sistem informasi, komunikasi daring, pengelolaan data berbasis cloud, hingga kegiatan rapat dan koordinasi secara virtual. Kestabilan koneksi, kualitas jaringan yang teruji, serta tingkat keberhasilan yang tinggi berdasarkan penilaian staf menjadikan IndiHome layak dijadikan infrastruktur utama jaringan internet di lingkungan perkantoran.

REFERENSI

Aneria, G. D., Wowor, A. D., Kristen, U., & Wacana, S. (2025). Analisis sentimen terhadap kualitas perbandingan satelit jaringan Starlink dan Telkom menggunakan pendekatan machine learning. *Jurnal*, 5, 10482–10495.

An'ars, M. G., Wahyudi, A. D., Hendrastuty, N., et al. (2022). Pelatihan jaringan Mikrotik untuk meningkatkan keterampilan siswa di SMK Negeri 2 Bandarlampung. *Jurnal Sosial Sains dan Teknologi*. https://www.academia.edu/download/101957461/990.pdf

Anzari, A. R., & Veri, J. (2025). Intervening pada pengguna jaringan IndiHome. *Jurnal*, 6(6), 9720–9731.

Aulia, B. W., Rizki, M., Prindiyana, P., et al. (2023). Peran krusial jaringan komputer dan basis data dalam era digital. *Jurnal Sistem Informasi*. https://journal.widyatama.ac.id/index.php/JUSTINFO/article/view/1253

Buttu, J., & Suparman, S. (2023). Analisis kinerja jaringan WLAN pada Sekolah Menengah Pertama Negeri 6 Palopo. *Bandwidth: Journal of Informatics*. https://dmi-journals.org/konsensus/article/view/380

Careau, C., Fredriksson, E., Olsson, R., Sjödin, P., & Beckman, C. (2025). Throughput analysis of Starlink satellite internet: Study on the effects of precipitation and hourly variability with TCP and UDP. *Proceedings*, 4–7.

Dermawa, E., & Rachma, F. (2025). The influence of service quality and customer experience on customer loyalty with customer satisfaction as an intervening variable (A study of IndiHome users in Pandau Jaya Village). *Journal*, 1(1), 61–68.

Febrianda, D., & Saputra, H. (2025). Analisis pengaruh brand image dan brand trust terhadap minat beli layanan internet IndiHome di Desa Mekar Sari Kecamatan Deli Tua. *Jurnal*, 5.

Gde, I. G., Arya, N., & Noviani, S. (2025). Scenario planning: Assessing PT Telkomsel preparedness in the face of potential full retail entry by Starlink in Indonesia telecommunications industry. *IRJEMS*, 4(11), 109–119. https://doi.org/10.56472/25835238/IRJEMS-V4I11P115

Jaringan, A. (2025). Optimasi gigabit passive optical network dan algoritma Naïve. *Jurnal JTIK (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)*, 9, 186–192.

Kusmanto, I., & Al, Z. (2025). Analisis perbandingan kualitas jaringan internet IndiHome dan Iconnet berdasarkan metode QoS. *Jurnal*, 1(1), 63–70.

Manuaba, I. B. K., Agus, F., Ramayu, I. M. S., Saputro, V. A., et al. (2025). *Jaringan komputer*. Google Books. https://books.google.com/books?id=4hFeEQAAQBAJ

Mesuji, K. K. (2022). Pelatihan jaringan dan troubleshooting komputer untuk menambah keahlian perangkat Desa Mukti Karya Kabupaten Mesuji. *Jurnal Widya Laksmi*. http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=2808065

Ridwan, M., Al Islami, T. M. D., Rahayu, P., Az Zahra, F. R., & Aprianto, N. E. K. (2024). Oligopoli telekomunikasi dan inovasi: Analisis dampak masuknya Starlink bagi industri telekomunikasi di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Manajemen*, 2(12), 306–312. https://doi.org/10.61722/jiem.v2i12.3206

Ulvi, H. (2023). Analisis pengujian kecepatan akses internet pada WiFi IndiHome dengan aplikasi Speedtest dan Speedcheck di Dinas Kebudayaan, Pariwisata dan Ekonomi Kreatif Provinsi Sumatera Utara. *Computing | Jurnal Informatika*, 10(2), 42–45. https://doi.org/10.55222/computing.v10i02.1245

Welay, P., Parlina, C. H., Armelinda, I. J., & Parhusip, J. (2024). The distribution of average mobile network speeds. *Journal*, 4(2), 24–29.

A Comparative Study of DenseNet-201 and Swin Transformer for Malignant and Benign Skin Lesion Classification

Dahlan Hidayat [1)], Ahmad Musyafa [2)*)], Murni Handayani [3)]

[1)2)3)]Teknik Informatika S-2, Program Pascasarjana, Universitas Pamulang
[*)]**Correspondence author**: dosen00668@unpam.ac.id, Tangerang Selatan, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3265

Abstract

Skin cancer has a high global prevalence, underscoring the need for accurate and efficient early detection systems to support screening. This study presents a comparative analysis of DenseNet-201 and Swin Transformer for binary classification of malignant and benign skin lesions using the BCN20000 dataset, which contains 12,413 dermoscopic images. The proposed workflow includes image preprocessing and augmentation, transfer learning-based model training, and evaluation under a 5-fold stratified cross-validation protocol. Performance is assessed using Accuracy, Precision, Sensitivity (Recall), F1-score, and the area under the receiver operating characteristic curve (AUC-ROC). In addition, computational efficiency is examined in terms of parameter count, model size, and training time. Across five folds, DenseNet-201 achieved 88.05% Accuracy, 88.90% Precision, 89.48% Sensitivity, 89.17% F1-score, and 94.73% AUC, whereas Swin Transformer achieved 87.42% Accuracy, 89.77% Precision, 87.06% Sensitivity, 88.39% F1-score, and 94.33% AUC. A paired t-test at $\alpha = 0.05$ indicated no statistically significant performance difference between the two models. Model interpretability was investigated using Grad-CAM for DenseNet-201 and EigenCAM for Swin Transformer to verify that predictions were driven by lesion-relevant regions. Overall, the results suggest that both architectures are suitable candidates for dermoscopic image-based skin lesion screening support systems, including teledermatology applications.

Keywords: *Skin Cancer, Image Classification, DenseNet-201, Swin Transformer, BCN20000, Grad-CAM, EigenCAM*

Abstrak

Kanker kulit memiliki prevalensi global yang tinggi, yang menggarisbawahi kebutuhan akan sistem deteksi dini yang akurat dan efisien untuk mendukung skrining. Studi ini menyajikan analisis komparatif DenseNet-201 dan Swin Transformer untuk klasifikasi biner lesi kulit ganas dan jinak menggunakan dataset BCN20000, yang berisi 12.413 gambar dermoskopi. Alur kerja yang diusulkan mencakup pra-pemrosesan dan augmentasi gambar, pelatihan model berbasis transfer learning, dan evaluasi di bawah protokol validasi silang bertingkat 5-fold. Kinerja dinilai menggunakan Akurasi, Presisi, Sensitivitas (Recall), skor F1, dan area di bawah kurva karakteristik operasi penerima (AUC-ROC). Selain itu, efisiensi komputasi diperiksa dalam hal jumlah parameter, ukuran model, dan waktu pelatihan. Pada lima lipatan (folds), DenseNet-201 mencapai Akurasi 88,05%, Presisi 88,90%, Sensitivitas 89,48%, skor F1 89,17%, dan AUC 94,73%, sedangkan Swin Transformer mencapai Akurasi 87,42%, Presisi 89,77%, Sensitivitas 87,06%, skor F1 88,39%, dan AUC 94,33%. Uji t berpasangan pada $\alpha = 0,05$ menunjukkan tidak ada perbedaan kinerja yang signifikan secara statistik antara kedua model tersebut. Interpretasi model diselidiki menggunakan Grad-CAM untuk DenseNet-201 dan EigenCAM untuk Swin Transformer untuk memverifikasi bahwa prediksi didorong oleh wilayah yang relevan dengan lesi. Secara keseluruhan, hasilnya menunjukkan bahwa kedua arsitektur tersebut merupakan kandidat yang cocok untuk sistem pendukung skrining lesi kulit berbasis citra dermoskopi, termasuk aplikasi teledermatologi.

Kata Kunci: Sistem Pendukung Keputusan, Metode TOPSIS, Evaluasi Kinerja, RAD, Website

INTRODUCTION

Skin cancer is among the most prevalent malignancies worldwide and may progress to advanced disease if not detected at an early stage. Its development is influenced by multiple risk factors, including prolonged ultraviolet exposure, genetic predisposition, and heterogeneous clinical manifestations. In clinical practice, dermoscopy is commonly used to enhance visualization of lesion morphology and subsurface structures. However, dermoscopic image interpretation remains dependent on clinician expertise and may be subject to inter-observer variability.

The application of deep learning in medical image analysis, including dermoscopic imaging, has increased substantially due to its capacity for automated feature extraction and improved classification performance. Convolutional neural network (CNN) architectures such as DenseNet-201 have demonstrated strong results across a range of medical imaging tasks. DenseNet employs dense connectivity between layers, which facilitates stable gradient propagation and promotes efficient feature reuse throughout the network. In contrast, transformer-based vision models such as the Swin Transformer leverage self-attention mechanisms to capture broader feature dependencies, potentially improving robustness and adaptability across diverse imaging conditions.

Although numerous studies have investigated CNN and transformer-based approaches for skin lesion classification, direct comparisons between DenseNet-201 and Swin Transformer on real-world dermoscopic datasets such as BCN20000 remain limited. The BCN20000 dataset exhibits substantial image variability and more closely reflects clinical conditions encountered in practice. Consequently, comparative evaluations are required that extend beyond predictive performance to include computational efficiency and human-interpretable decision analysis.

Accordingly, this study makes three main contributions: (1) a systematic comparison of DenseNet-201 and Swin Transformer for benign versus malignant skin lesion classification on the BCN20000 dataset using a 5-fold stratified cross-validation protocol; (2) an assessment of computational efficiency, including model complexity and training characteristics, to support feasibility for practical deployment; and (3) an interpretability

analysis using Grad-CAM and EigenCAM to visualize lesion-relevant regions that drive model predictions.

RESEARCH METHOD

This study adopts a computational experimental design to compare two deep learning architectures, DenseNet-201 and Swin Transformer, for binary skin lesion classification using the BCN20000 dataset. The workflow comprises image preprocessing, data partitioning under a 5-fold stratified cross-validation protocol, model training, performance evaluation using standard classification metrics, statistical comparison via a paired t-test, and interpretability analysis using Grad-CAM and EigenCAM.

1. **Dataset**

   This study utilizes the BCN20000 dataset, which comprises dermoscopic images representing a wide range of skin lesion conditions. The dataset is formulated as a binary classification task with two categories: benign and malignant lesions.

2. **Research Stages**

   The study was carried out through sequential stages, including data collection, image preprocessing, dataset partitioning, model training, performance evaluation, and interpretability analysis. The overall workflow is summarized in Figure 1.

   As illustrated in Figure 1 below, the workflow begins with the acquisition of dermoscopic image data, followed by preprocessing to prepare the inputs for model development. The dataset is then partitioned into training, validation, and testing subsets. During training, data augmentation is applied to increase sample diversity and promote model generalization. Finally, classification is performed using DenseNet-201 and Swin Transformer, and the performance of both models is compared using the selected evaluation metrics.

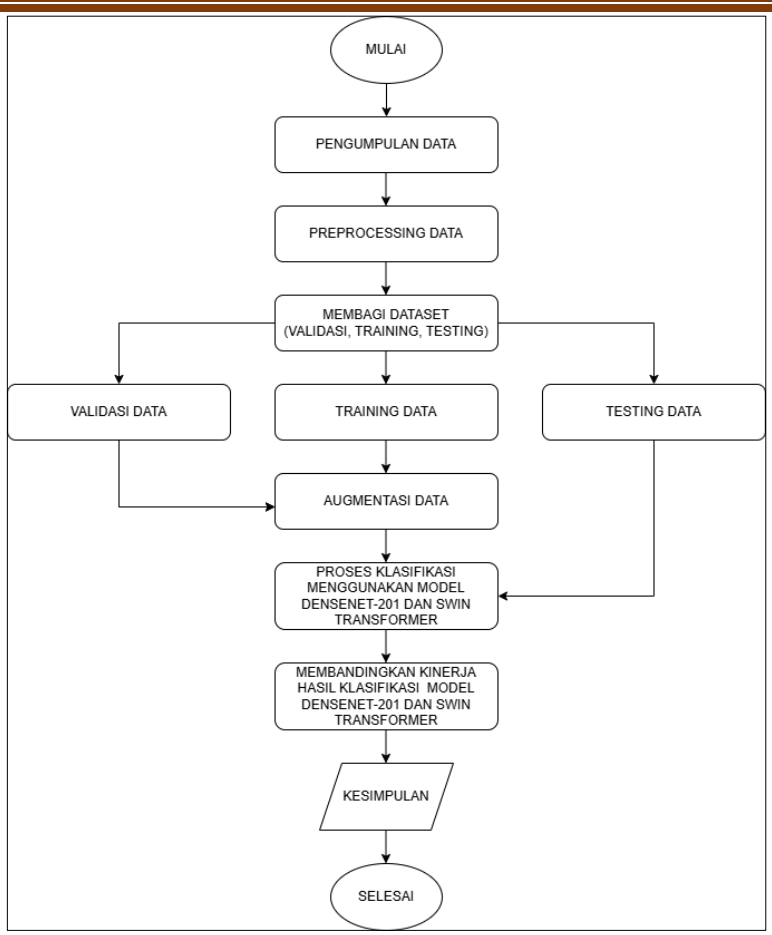


Figure 1. Research Design

3. Preprocessing and Augmentasi

Preprocessing is performed to ensure that all images conform to the input specifications required by the models. This stage includes image resizing, normalization, and other necessary transformations. To increase training data diversity and mitigate overfitting, data augmentation techniques such as rotation, flipping, and other relevant transformations are applied.

4. Model Architectures

This study compares two deep learning architectures:

1) DenseNet-201, a convolutional neural network (CNN) that employs dense inter-layer connectivity to facilitate efficient feature reuse and stable gradient propagation.
2) Swin Transformer, a shifted window-based vision transformer that applies hierarchical self-attention to capture both local and global feature relationships.

5. Evaluation Protocol and Metrics

Model evaluation was performed using a 5-fold stratified cross-validation protocol to preserve class proportions within each fold. Performance was assessed using the following metrics:

- Accuracy
- Precision
- Sensitivity (Recall)
- F1-score
- AUC (Area Under Curve)

In addition, a paired-sample t-test at $\alpha = 0.05$ was conducted to determine whether performance differences between the two models were statistically significant.

6. Model Interpretability

To enhance the transparency of model predictions, interpretability analyses were conducted using two visualization techniques:

- Grad-CAM was applied to DenseNet-201 to highlight image regions that contributed most strongly to the predicted class.
- EigenCAM was applied to the Swin Transformer to generate attention maps derived from feature representations, providing insight into regions that influenced the model's decision-making process.

RESULTS AND DISCUSSION

This section presents the evaluation results of DenseNet-201 and Swin Transformer for binary skin lesion classification using the BCN20000 dataset. All experiments were conducted under a consistent 5-fold stratified cross-validation protocol to ensure a fair and objective comparison between the two models.

Classification Performance Comparison (Mean 5-Fold)

A summary of the mean 5-fold results for both models is shown in Table 1.

Table 1. Summary of Comparison Results for DenseNet-201 and Swin Transformer (Mean 5-Fold)

Model	Accuracy	Precision	Sensitivity	F1-score	AUC
DenseNet-201	88,05%	88,90%	89,48%	89,17%	94,73%
Swin Transformer	87,42%	89,77%	87,06%	88,39%	94,33%

Based on Table 1, DenseNet-201 achieves higher Accuracy, Sensitivity, F1-score, and AUC, whereas Swin Transformer attains higher Precision. In clinical screening applications, Sensitivity is particularly critical because false-negative predictions may result in missed malignant cases and delayed treatment. Although the overall performance differences are modest, the higher Sensitivity of DenseNet-201 suggests that it may be more suitable for screening scenarios that prioritize the detection of malignant lesions.

Computational Efficiency

Beyond predictive performance, computational efficiency was assessed to evaluate the feasibility of deploying each model in practical settings. A comparison of computational efficiency between DenseNet-201 and Swin Transformer is presented in Table 2.

Table 2. Comparison of Computational Efficiency between DenseNet-201 and Swin Transformer

NO	Efficiency Metric	DenseNet-201	Swin Transformer	Advantages
1	Number of Parameters	±20 million (20M)	±28 million (28M)	DenseNet (40% lighter)
2	Model File Size	81.1 MB	114 MB	DenseNet (29% smaller)
3	Total 5-Fold Training Time	7 hours 20 minutes	6 hours 25 minutes	Swin Transformer (12.5% faster)
4	Average per Fold	88 minutes	77 minutes	Swin Transformer (12.5% faster)

Table 2 indicates a clear trade-off between the two architectures. DenseNet-201 has fewer parameters and a smaller model size, which reduces memory requirements and supports deployment on resource-constrained devices. In contrast, Swin Transformer exhibits shorter training time, making it more appropriate for server-based environments where retraining efficiency is a priority.

Paired t-test Statistical Analysis

To determine whether the observed performance differences between the two models were statistically significant, a paired-sample t-test was conducted at a significance level of $\alpha = 0.05$. The results are reported in Table 3.

Table 3. Results of Paired t-test Comparison between DenseNet-201 and Swin Transformer ($\alpha = 0.05$)

Metric	t-statistic	p-value	α	Decision	Conclusion
Accuracy	0,5056	0,6397	0,05	p > α	Not significant
Precision	-1,1477	0,3151	0,05	p > α	Not significant
Sensitivity	1,0897	0,3371	0,05	p > α	Not significant
F1-score	0,6235	0,5668	0,05	p > α	Not significant
AUC	0,4516	0,6750	0,05	p > α	Not significant

As shown in Table 3, all metrics yield p-values greater than 0.05; therefore, the null hypothesis (H0) cannot be rejected. This finding indicates that the performance differences between DenseNet-201 and Swin Transformer are not statistically significant. Consequently, both models can be considered to exhibit comparable performance on the BCN20000 dataset under the 5-fold stratified cross-validation protocol.

DenseNet-201 Evaluation (Best Fold)

1. **DenseNet-201 Confusion Matrix**

   To examine classification errors in greater detail, a confusion matrix is used to summarize the distribution of correct and incorrect predictions across classes. The confusion matrix for DenseNet-201 in the best-performing fold is presented in Figure 2.

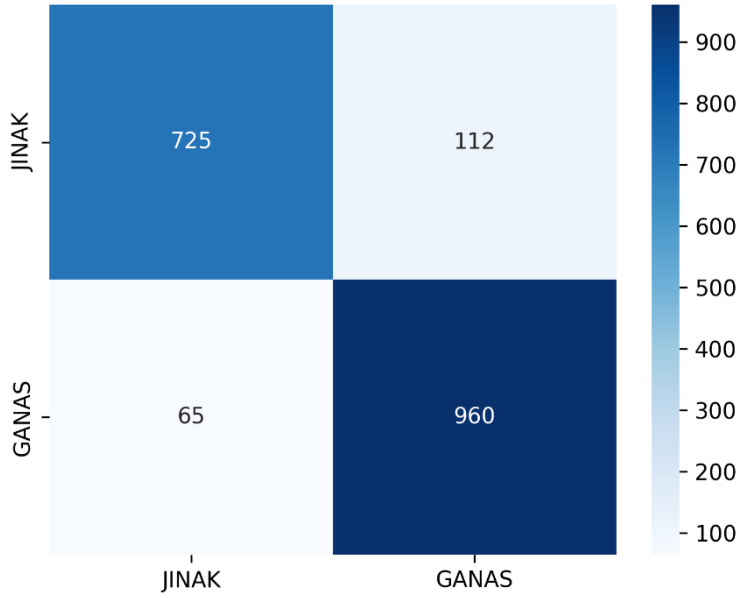


Figure 2. DenseNet-201 Confusion Matrix (Best-Performing Fold)

As shown in Figure 2, DenseNet-201 correctly classified 725 benign samples and 960 malignant samples. Misclassifications included 112 benign samples predicted as malignant (false positives) and 65 malignant samples predicted as benign (false negatives). In clinical screening, false-negative errors are particularly critical because they may result in missed malignant cases and delayed intervention. Nevertheless, the false-negative count in the best-performing fold is lower than the false-positive count, indicating that DenseNet-201 maintains adequate sensitivity for malignant lesion detection.

2. DenseNet-201 ROC Curve

In addition to the confusion matrix, model performance was further evaluated using the receiver operating characteristic (ROC) curve, which illustrates the trade-off between the true positive rate (TPR) and false positive rate (FPR) across different classification thresholds. The ROC curve for DenseNet-201 in the best-performing fold is shown in Figure 3.

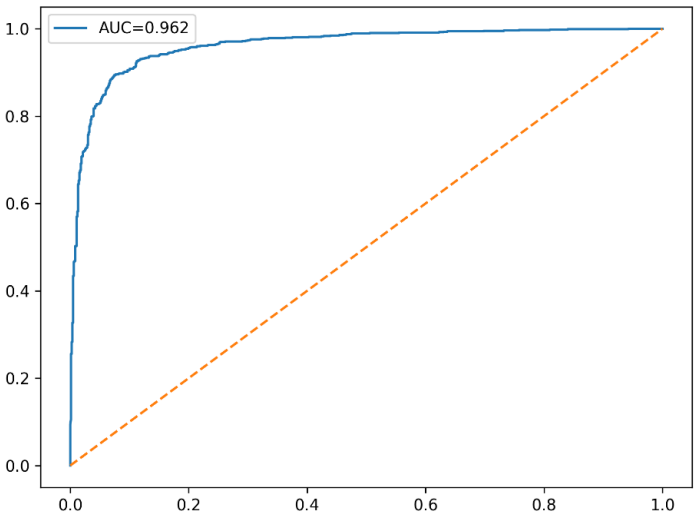


Figure 3. DenseNet-201 ROC Curve (Best-Performing Fold)

As shown in Figure 3, DenseNet-201 achieves an AUC of 0.962, indicating strong discriminative performance in distinguishing malignant from benign skin lesions. The ROC curve remains well above the diagonal baseline, demonstrating performance that exceeds random classification.

3. DenseNet-201 Grad-CAM Visualization

To improve the transparency of model predictions, an interpretability analysis was conducted using Grad-CAM on DenseNet-201. This technique highlights image regions that contribute most strongly to the model's classification decisions.

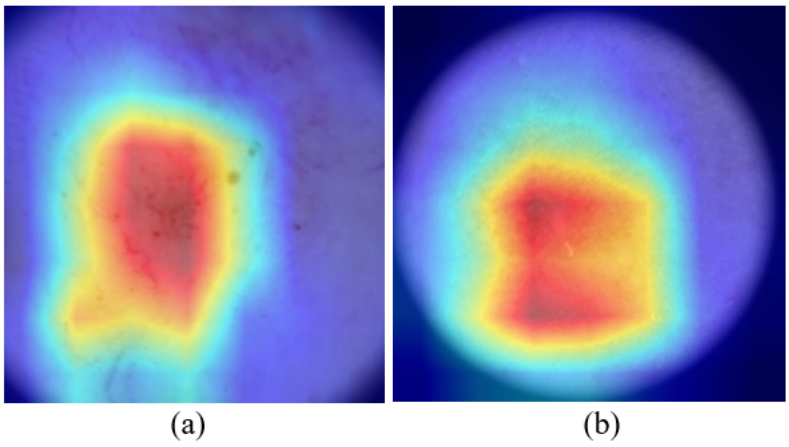
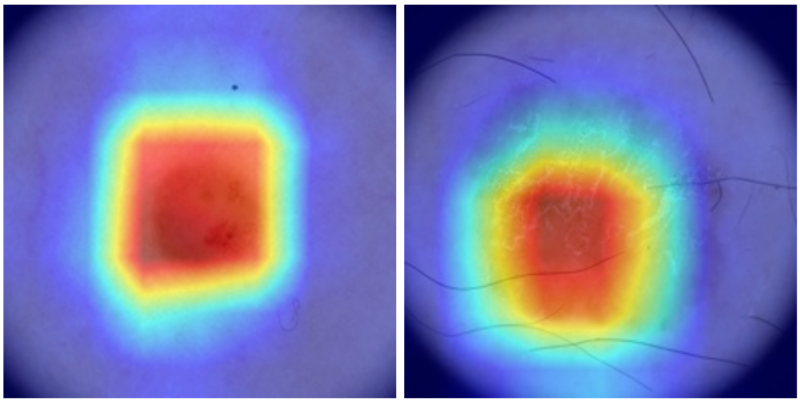


Figure 4. DenseNet-201 Grad-CAM Visualization for Malignant Skin Lesions: (a) Example 1, (b) Example 2

As shown in Figure 4, regions with the highest activation (red to yellow) are concentrated within the lesion core, whereas areas outside the lesion exhibit lower activation. This pattern suggests that DenseNet-201 primarily relies on textural and structural features within the lesion region when predicting the malignant class.

In addition, Grad-CAM was applied to benign lesion images to verify that DenseNet-201 consistently attended to lesion-relevant regions rather than image artifacts or background features.



(a) (b)

Figure 5. DenseNet-201 Grad-CAM Visualization for Benign Skin Lesions: (a) Example 1, (b) Example 2

As shown in Figure 5, the highest activation regions are concentrated within the lesion area, whereas surrounding regions exhibit lower activation. This consistent localization indicates that DenseNet-201 primarily focuses on lesion-relevant regions when generating benign predictions.

Swin Transformer Evaluation (Best Fold)

1. Swin Transformer Confusion Matrix

To analyze the prediction error patterns of Swin Transformer, a confusion matrix is used to summarize the number of correct and incorrect predictions for each class. The confusion matrix for Swin Transformer in the best-performing fold is presented in Figure 6.

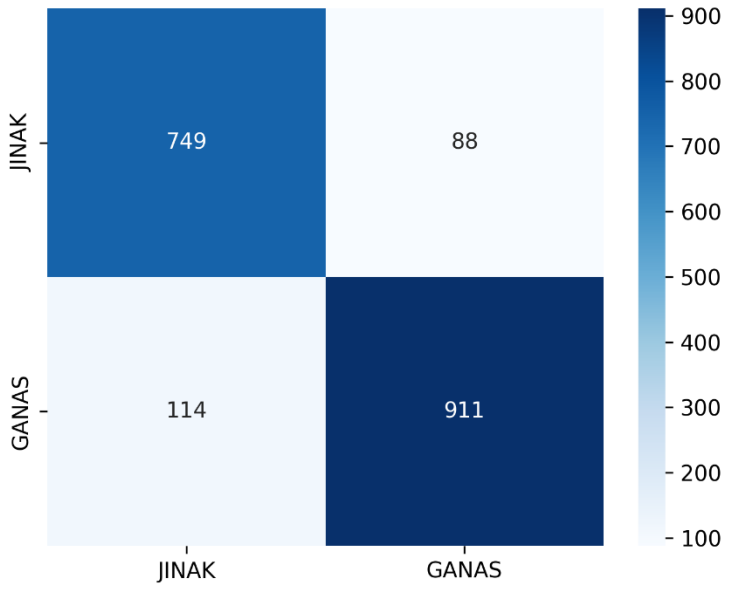


Figure 6. Swin Transformer Confusion Matrix (Best-Performing Fold)

As shown in Figure 6, Swin Transformer correctly classified 749 benign samples and 911 malignant samples. Misclassifications included 88 benign samples predicted as malignant (false positives) and 114 malignant samples predicted as benign (false negatives). Compared with DenseNet-201 in the best-performing fold, Swin Transformer produced fewer false positives but a higher number of false negatives.

2. Swin Transformer ROC Curve

The receiver operating characteristic (ROC) curve is used to illustrate the trade-off between the true positive rate (TPR) and false positive rate (FPR) across different classification thresholds. The ROC curve for Swin Transformer in the best-performing fold is shown in Figure 7.

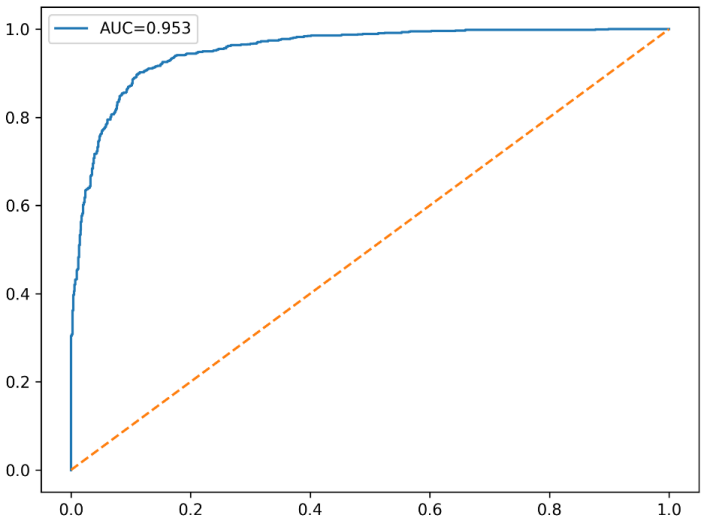


Figure 7. Swin Transformer ROC Curve (Best-Performing Fold)

As shown in Figure 7, Swin Transformer achieves an AUC of 0.953, indicating strong discriminative performance. The ROC curve remains well above the diagonal baseline, demonstrating performance that exceeds random classification.

3. Swin Transformer EigenCAM Visualization

The interpretability of Swin Transformer was examined using EigenCAM to generate attention maps that highlight image regions contributing to the model's predictions.

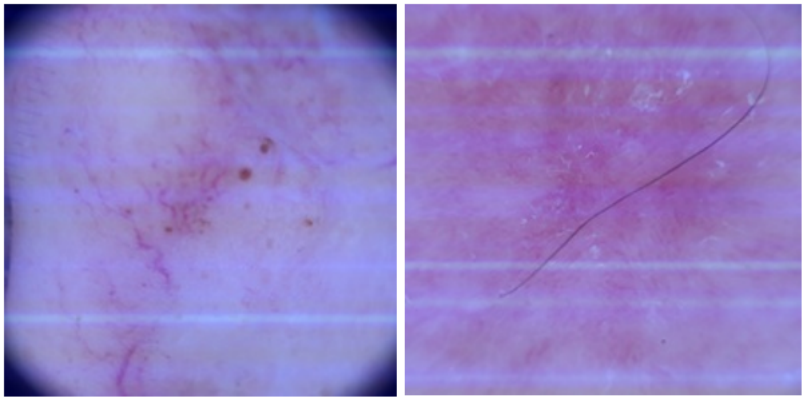


Figure 8. Swin Transformer EigenCAM Visualization for Malignant Skin Lesions: (a) Example 1, (b) Example 2

As shown in Figure 8, the EigenCAM activation maps indicate that the model attends to the lesion region as well as surrounding structures. The broader activation pattern is consistent with the self-attention mechanism of Swin Transformer, which captures feature relationships over a wider spatial context.

In addition, EigenCAM was applied to benign lesion images to verify that Swin Transformer consistently focused on lesion-relevant regions rather than background features.

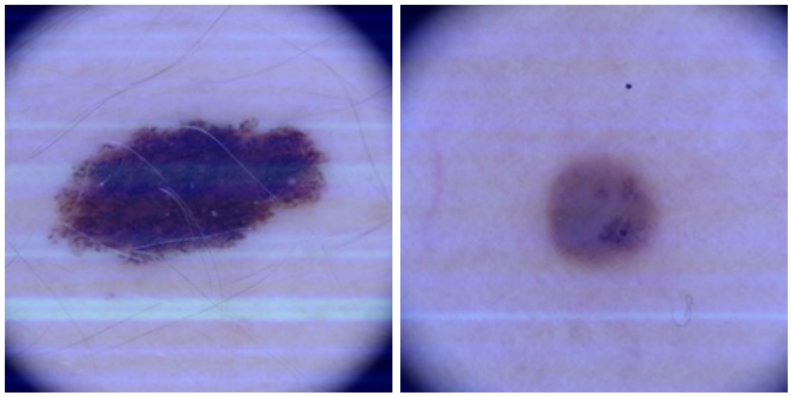


Figure 9. Swin Transformer EigenCAM Visualization for Benign Skin Lesions: (a) Example 1, (b) Example 2

As shown in Figure 9, model attention is primarily directed toward lesion regions that exhibit contrast relative to surrounding normal skin. This pattern suggests that Swin Transformer leverages both local lesion characteristics and broader contextual information to generate benign class predictions.

DenseNet-201 and Swin Transformer Comparison

1. Interpretability Comparison

Overall, Grad-CAM visualizations for DenseNet-201 (Figures 4 and 5) exhibit more localized activation concentrated within the lesion core, whereas EigenCAM visualizations for Swin Transformer (Figures 8 and 9) tend to display broader attention that encompasses both the lesion region and surrounding context. This difference is consistent with architectural characteristics: CNNs primarily emphasize local feature

extraction through convolutional operations, while transformer-based models employ self-attention mechanisms to capture feature dependencies over a wider spatial extent.

2. **ROC Comparison (Best-Performing Fold)**

   DenseNet-201 achieved an AUC of 0.962 in the best-performing fold (Figure 3), whereas Swin Transformer achieved an AUC of 0.953 (Figure 7). This difference indicates that DenseNet-201 provides slightly higher discriminative capability in the best fold, although both models demonstrate high overall performance.

3. **Error Pattern Analysis**

   Based on the confusion matrices from the best-performing folds, DenseNet-201 produced 65 false negatives (FN) and 112 false positives (FP), while Swin Transformer produced 114 FN and 88 FP. DenseNet-201 yields fewer false negatives, which is advantageous for screening settings that prioritize minimizing missed malignant cases. In contrast, Swin Transformer produces fewer false positives, suggesting greater selectivity and potential benefits in reducing false alarms and unnecessary referrals.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

This study compares DenseNet-201 and Swin Transformer for malignant versus benign skin lesion classification using the BCN20000 dataset under a 5-fold stratified cross-validation protocol. DenseNet-201 achieved 88.05% Accuracy, 88.90% Precision, 89.48% Sensitivity, 89.17% F1-score, and 94.73% AUC, whereas Swin Transformer achieved 87.42% Accuracy, 89.77% Precision, 87.06% Sensitivity, 88.39% F1-score, and 94.33% AUC. Computational efficiency analysis indicates that DenseNet-201 is more suitable for deployment due to its smaller model size, while Swin Transformer requires less training time. A paired t-test at $\alpha = 0.05$ shows that performance differences between the two models are not statistically significant, indicating that both architectures are viable candidates for skin lesion screening support systems. Error pattern analysis on the best-performing fold further shows that DenseNet-201 produces fewer false negatives, supporting screening scenarios that prioritize minimizing missed malignant cases, whereas Swin Transformer produces fewer false positives, which may reduce false alarms. Future work should include external validation on additional datasets, the application of more adaptive class imbalance

handling strategies, and the exploration of ensemble or hybrid CNN–Transformer approaches to improve performance stability and generalization.

REFERENCES

Brutti, F., La Rosa, F., Lazzeri, L., Benvenuti, C., Bagnoni, G., Massi, D., & Laurino, M. (2023). Artificial intelligence algorithms for benign vs. malignant dermoscopic skin lesion image classification. *Bioengineering, 10*(11), 1322.

Bhattacharjee, T (2025). *GoogLeNet/DenseNet-201 to classify near-infrared (NIR) spectrum graphs for cancer diagnosis–using pretrained image networks for medical spectroscopy*., researchsquare.com, https://www.researchsquare.com/article/rs-6562812/latest

Das, S, & Sahoo, BK (2025). Brain tumor identification using DenseNet-201 deep learning model. *Design Optimization Using Artificial ...*, taylorfrancis.com, https://doi.org/10.1201/9781003589716-13/brain-tumor-identification-using-densenet-201-deep-learning-model-soubhagya-das-bidush-kumar-sahoo

Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M., & Thrun, S. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature, 542*(7639), 115–118.

Fortarezza, F., Cazzato, G., & Ingravallo, G. (2024). The 2023 WHO updates on skin tumors: Advances since the 2018 edition. *Pathologica, 116*(4), 193–206.

Hernández Pérez, C., Combalia, M., Podlipnik, S., Codella, N. C. F., Rotemberg, V., Halpern, A. C., Reiter, O., Carrera, C., Barreiro, A., Helba, B., Puig, S., Vilaplana, V., & Malvehy, J. (2024). BCN20000: Dermoscopic lesions in the wild. *Scientific Data, 11*(1), Article 641.

Huang, G., Liu, Z., van der Maaten, L., & Weinberger, K. Q. (2017). Densely connected convolutional networks. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*.

Liu, Z., Lin, Y., Cao, Y., Hu, H., Wei, Y., Zhang, Z., ... & Guo, B. (2021). Swin transformer: Hierarchical vision transformer using shifted windows. In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision* (pp. 10012–10022).

Lu, T, Han, B, Chen, L, Yu, F, & Xue, C (2021). Author Correction: A generic intelligent tomato classification system for practical applications using DenseNet-201 with transfer learning. *Scientific Reports*, pmc.ncbi.nlm.nih.gov, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8455630/

Mahbod, A., Schaefer, G., Ellinger, I., et al. (2023). Swin transformer for multi-label skin lesion classification using ISIC datasets. *Computers in Biology and Medicine, 162*, 107075.

Pacal, I., Alaftekin, M., & Devrim, F. (2024). Enhancing skin cancer diagnosis using Swin transformer with hybrid shifted window-based multi-head self-attention and SwiGLU-based MLP. *Journal of Imaging Informatics in Medicine, 37*(6), 3174–3192. https://doi.org/10.1007/s10278-024-01140-8

Salim, F, Saeed, F, Basurra, S, Qasem, SN, & ... (2023). *DenseNet-201 and Xception Pre-Trained Deep Learning Models for Fruit Recognition. Electronics 2023, 12, 3132.*, academia.edu, https://www.academia.edu/download/107856186/electronics-12-03132.pdf

Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., & Bray, F. (2021). Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians, 71*(3), 209–249.

Wang, SH, & Zhang, YD (2020). DenseNet-201-based deep neural network with composite learning factor and precomputation for multiple sclerosis classification. *ACM Transactions on Multimedia Computing ...*, dl.acm.org, https://doi.org/10.1145/3341095

Whiteman, D. C., et al. (2022). Mortality and metastasis in melanoma and non-melanoma skin cancers: An updated global overview. *The Lancet Oncology, 23*(5), e197–e206.

User Interface and User Experience Design for Character Development System Web Application at State Vocational School 56 Jakarta Based on Prototypes with The User Centered Design Method

Miftahudin Rifki [1)*)], Verdi Yasin [2)], Anton Zulkarnain Sianipar [3)]

[1)3)]Program Studi Sistem Informasi, STMIK Jayakarta
[2)] Program Studi Teknik Informatika, STMIK Jayakarta
[*)]**Correspondence author**: miftahudin.riefq@gmail.com, DKI Jakarta, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3266

Abstract

In the digital era, information technology plays a crucial role in supporting various activities, including education. One increasingly developed technology implementation is a web-based student violation recording system. This system not only simplifies the process of recording and monitoring violation data but can also be integrated with student character development programs. At SMK Negeri 56 Jakarta, character development is a crucial part of the educational process, but its implementation still faces various challenges, particularly regarding the effectiveness and efficiency of digital data recording. This research aims to design the User Interface (UI) and User Experience (UX) for a prototype-based character development system web application using the User-Centered Design (UCD) method. This method is used to ensure that the application design truly centers on the needs of the user, in this case the Student Affairs Team. Through this approach, the application is expected to present an easy-to-use, engaging interface and provide a positive user experience. The result of this research is a web application prototype design that can display historical student violation data, facilitate the development process more efficiently, and present interactive data visualizations to assist the school in analyzing student character development. Therefore, this application is expected to support the increased effectiveness of character development at SMK Negeri 56 Jakarta and become a digital solution that adapts to the needs of modern education.

Keywords: *User Interface, User Experience, Character Development, Web Prototype, User-Centered Design*

Abstrak

Dalam era digital, teknologi informasi memiliki peran penting dalam mendukung berbagai kegiatan, termasuk dunia pendidikan. Salah satu implementasiteknologi yang semakin berkembang adalah system pencatatan pelanggaran murid berbasis web. Sistem ini tidak hanya mempermudah proses pencatatan dan pemantauan data pelanggaran, tetapi juga dapat diintegrasikan dengan program pembinaan karakter siswa. Di SMK Negeri 56 Jakarta, pembinaan karakter menjadi bagian penting dari proses pendidikan, namun penerapannya masih menghadapi berbagai kendala, terutama dalam hal efektivitas dan efisiensi pencatatan data secara digital. Penelitian ini bertujuan untuk merancang User Interface (UI) dan User Experience (UX) pada aplikasi web system pembinaan karakter berbasis prototype menggunakan metode User-Centered Design (UCD). Metode ini digunakan untuk memastikan bahwa rancangan aplikasi benar-benar berpusat pada kebutuhan pengguna, dalam hal ini Tim Kesiswaan. Melalui pendekatan ini, aplikasi diharapkan mampu menghadirkan antarmuka yang mudah digunakan, menarik, dan memberikan pengalaman pengguna yang positif. Hasil dari penelitian ini berupa rancangan prototype aplikasi web yang mampu menampilkan data pelanggaran siswa secara historis, memfasilitasi proses pembinaan dengan lebih efisien, serta menyajikan visualisasi data yang interaktif untuk membantu pihak sekolah dalam menganalisis perkembangan karakter murid. Dengan demikian, aplikasi ini diharapkan dapat mendukung peningkatan efektivitas pembinaan karakter di SMK Negeri 56 Jakarta serta menjadi solusi digital yang adaptif terhadap kebutuhan pendidikan modern.

Kata Kunci: User Interface, User Experience, Pembinaan Karakter, Prototipe Web, User-Centered Design

PENDAHULUAN

Kekuatan karakter bangsa memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan kedudukan serta kehormatannya di mata bangsa lain, karena karakter yang kuat mencerminkan martabat suatu bangsa. Oleh karena itu, pembangunan karakter menjadi aspek penting dalam upaya meningkatkan kualitas dan daya saing suatu bangsa (Muchtar & Suryani, 2019). Di era digital, teknologi informasi juga berperan besar dalam mendukung proses pendidikan dan pengembangan karakter murid. Karakter menjadi fondasi penting dalam membentuk kepribadian, seperti kedisiplinan, tanggung jawab, dan wawasan kebangsaan. Bung Karno menegaskan bahwa pembangunan bangsa harus dimulai dari pembangunan karakter sebagai dasar kemajuan Negara (Sabar et al., 2024).

Sekolah memiliki peran penting sebagai institusi pendidikan dalam membentuk karakter peserta didik. Dengan demikian, pengembangan karakter tidak hanya terjadi pada individu, tetapi juga menjadi bagian dari sistem dan budaya yang berkembang dalam lingkungan pendidikan (Ibrohim et al., 2020). Disiplin siswa memiliki peran penting dalam meningkatkan prestasi akademik dan membentuk karakter positif. Dengan pendekatan yang tepat, siswa dapat mengembangkan sifat-sifat seperti tanggungjawab, kejujuran, dan kemandirian, Sebaliknya, pembinaan yang kurang efektif dapat menghambat perkembangan kepribadian (Siswa et al., 2025). Banyak sekolah menerapkan sistem poin pelanggaran sebagai alat monitoring perilaku murid. Namun, pencatatan pelanggaran di beberapa sekolah masih dilakukan secara manual, sehingga rawan kesalahan, memakan waktu, dan menyulitkan evaluasi. Kondisi ini menunjukkan perlunya sistem digital yang mampu melakukan pencatatan secara lebih cepat, akurat, dan terstruktur.

Di SMKN 56 Jakarta, pembinaan karakter sudah menjadi kegiatan rutin, tetapi pencatatan poin pelanggaran masih menghadapi kendala dalam efektivitas, akses data, dan kerapihan dokumentasi. Masalah ini mengarah pada kebutuhan akan aplikasi yang secara khusus mendukung pencatatan pelanggaran berbasis poin.Agar aplikasi tersebut benar-benar mudah digunakan, aspek User Interface (UI) dan User Experience (UX) sangat penting. Pendekatan User Centered Design (UCD) menjadi metode yang sesuai karena menempatkan kebutuhan pengguna sebagai fokus utama dalam perancangan.

Mengacu pada pemaparan latar belakang penelitian, dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang menjadi fokus penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

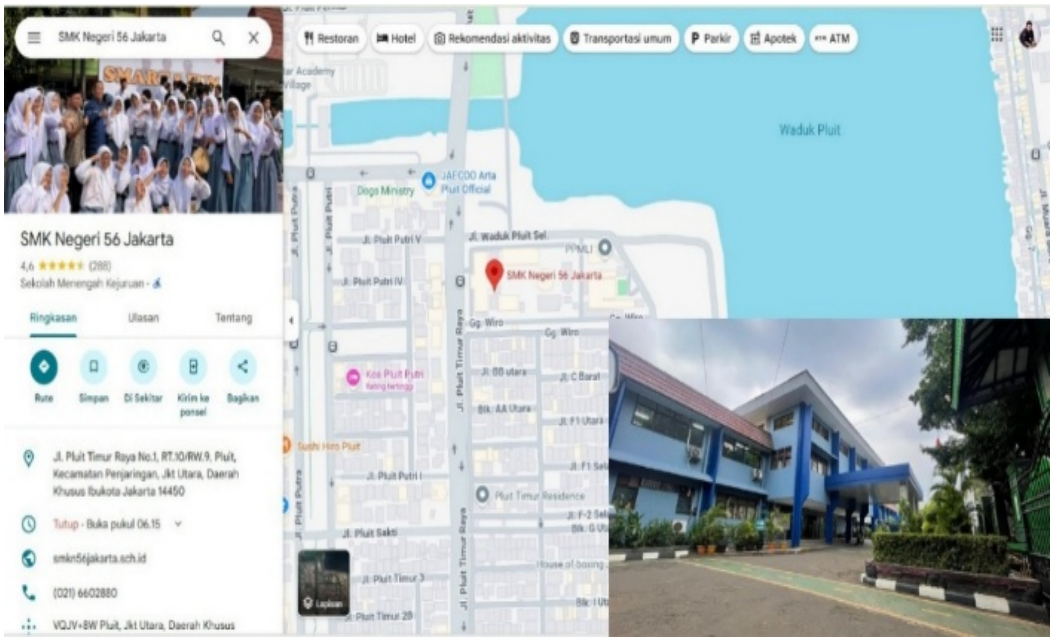
1. Belum tersedia aplikasi berbasis web yang secara khusus dirancang untuk mendukung program pembinaan karakter murid di SMKN 56 Jakarta. Meskipun pembinaan karakter telah menjadi bagian dari kurikulum, belum ada platform digital yang terintegrasi untuk memfasilitasi kegiatan tersebut secara efisien dan berkelanjutan.
2. Tim kesiswaan mengalami kesulitan dalam menelusuri riwayat (history) pelanggaran murid. Tidak adanya sistem yang terdigitalisasi menyebabkan data sulit dicari, tidak terorganisir dengan baik, dan memerlukan waktu lebih lama saat proses evaluasi atau pembinaan.
3. Antarmuka sistem atau aplikasi yang pernah digunakan sebelumnya belum intuitif dan belum memenuhi kebutuhan pengguna. Tim kesiswaan tidak mendapatkan pengalaman penggunaan yang optimal karena tampilan yang kurang jelas, navigasi yang membingungkan, serta minimnya elemen visual yang mendukung pemahaman.
4. Belum ada standarisasi visual terkait pembinaan karakter dan poin pelanggaran. Ketiadaan struktur tampilan yang seragam membuat informasi tidak konsisten dan sulit dipahami oleh Tim Kesiswaan.

   Belum diterapkannya pendekatan User Centered Design (UCD) dalam proses perancangan aplikasi pembinaan karakter. Padahal pendekatan ini penting agar desain benar-benar menyesuaikan kebutuhan pengguna utama, yaitu Tim Kesiswaan SMKN 56 Jakarta.

METODE PENELITIAN

Tempat penelitian merupakan objek penelitian dimana kegiatan penelitian dilakukan. Penentuan lokasi penelitian dimaksudkan untuk mempermudah atau memperjelas tempat yang menjadi sasaran dalam penelitian. Tempat penelitian merupakan objek penelitian dimana kegiatan penelitian dilakukan. Penentuan lokasi penelitian dimaksudkan untuk mempermudah atau memperjelas tempat yang menjadi sasaran dalam penelitian. Penelitian ini dilakukan di Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 56 Jakarta yang beralamat di Jl. Pluit Timur Raya No. 1, RT.010/RW.009, Pluit, Kec. Penjaringan, Jakarta Utara, DKI Jakarta,

14450.



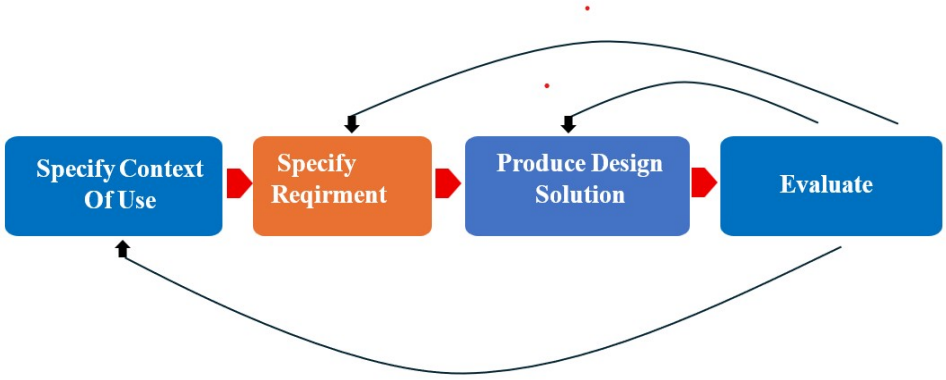
Gambar 1. Lokasi Kegiatan

Penelitian ini menerapkan desain penelitian deskriptif dengan menggunakan pendekatan kualitatif. Pendekatan kualitatif berlandaskan pada pemahaman interpretatif, di mana objek diteliti dalam kondisi yang alami dan Dalam penelitian ini, peneliti berperan sebagai instrumen utama. Proses pengumpulan data dilakukan dengan teknik triangulasi yang mengombinasikan observasi, wawancara, dan dokumentasi untuk memperoleh data yang bersifat deskriptif. Analisis dilakukan secara induktif, dengan tujuan memahami makna, mengungkap pola, dan menjelaskan fenomena yang terjadi dalam proses pencatatan pelanggaran siswa.

Desain penelitian ini difokuskan untuk memahami kebutuhan serta preferensi pengguna, khususnya Tim Kesiswaan di SMK Negeri 56 Jakarta, sehingga rancangan antar muka aplikasi pembinaan karakter berbasis web dapat dirumuskan dengan tepat menggunakan metode User Centered Design (UCD). Metode deskriptif digunakan untuk menggambarkan dan menganalisis proses pencatatan manual yang masih berlangsung, serta mengidentifikasi masalah-masalah yang muncul.

Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk menggali informasi secara mendalam melalui interaksi langsung dengan subjek penelitianmelaluiobservasi dan wawancara. Data

ini kemudian digunakan sebagai dasar dalam menerapkan alur UCD. Setiap tahap UCD memberikan kontribusi penting untuk memastikan bahwa rancangan UI/UX yang dihasilkan tidak hanya efektif, tetapi juga sesuai dengan konteks kerja pengguna.



Gambar 2. Desain Penelitian UCD

Berdasarkan gambar desain penelitian, setiap tahap ini memainkan peran penting dalam memastikan bahwa aplikasi yang dirancang tidak hanya efektif secara teknis tetapi juga relevan dengan kebutuhan pengguna.

Penelitian ini juga memberikan beberapa solusi yang ditawarkan yaitu sebagai berikut:

1) Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan UI/UX aplikasi web pencatatan pelanggaran berbasis poin untuk mendukung pembinaan karakter di SMKN 56 Jakarta dengan pendekatan UCD. Perancangan ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pembinaan dan memberikan pengalaman penggunaan yang lebih baik bagi seluruh penggunanya.
2) Untuk menerapkan metode User Centered Design (UCD) dalam proses perancangan UI/UX aplikasi pembinaan karakter sehingga desain yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan, alur kerja, dan preferensi tim kesiswaan sebagai pengguna utama aplikasi.
3) Dapat memberikan manfaat dengan memperluas wawasan dan kemampuan dalam merancang antarmuka aplikasi berbasis web menggunakan metode *User Centered Design*. Serta dapat memberikan pengalaman langsung dalam penggunaan alat bantu desain seperti Figma untuk pembuatan prototipe.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah mengadakan penelitian diuraikan sebuah gambaran umum sistem yaitu sebuah sistem yang akan dibangun dengan mengkomputerisasi rancangan UI/UX aplikasi pencatatan pelanggaran dengan menggunakan aplikasi berbasis website dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP dan datanya MySql.

Sistem informasi berbasis website ini merupakan sebuah sistem program yang diusulkan untuk mempermudah suatu pengolahan data rancangan UI/UX aplikasi pencatatan pelanggaran dan mempermudah untuk pengaksesan suatu informasi. Dengan menggunakan media telekomunikasi dengan menghubungkan ke jaringan internet agar pengguna dapat mengakses suatu informasi kapan dan dimana saja setiap ingin melihat update terbaru mengenai data rancangan UI/UX aplikasi pencatatan pelanggaran. Sistem usulan ini akan berguna dan membantu bagi Kepala Sekolah SMKN 56 Jakarta., karena dengan sistem usulan ini akan mempermudah bagi Kepala Sekolah SMKN 56 Jakarta. untuk pencatatan pelanggaran berbasis poin untuk mendukung pembinaan karakter di SMKN 56 Jakarta dengan pendekatan UCD.

Dalam hal ini penulis menggunakan website untuk mempermudah pihak sekolah dalam pencatatan pelanggaran berbasis poin untuk mendukung pembinaan karakter di SMKN 56 Jakarta dengan pendekatan UCD dengan menggunakan dunia internet.

Penelitian ini memberikan rancangan UI/UX aplikasi pencatatan pelanggaran yang lebih praktis, rapi, dan mudah digunakan. Desain yang dihasilkan membantu mempercepat proses pencatatan, meminimalkan kesalahan, serta memudahkan penelusuran data pelanggaran. Selain itu, prototipe ini dapat menjadi acuan jika sekolah ingin mengembangkan aplikasi pencatatan pelanggaran ke tahap implementasi**.**

Analisa Sistem Usulan

Setelah melakukan tahap analisis sistem, ditemukan beberapa kelemahan pada sistem yang sedang berjalan. Maka pada tahap perancangan ini dibuat sebuah sistem informasi pencatatan pelanggaran berbasis poin untuk mendukung pembinaan karakter di SMKN 56 Jakarta dengan pendekatan UCD Berbasis Web yang merupakan sebuah usulan yang diharapkan dapat memperbaiki kelemahan pada sistem yang sedang berjalan.

Analisis kebutuhan pengguna dilakukan untuk memperoleh pemahaman yang mendalam mengenai kebutuhan, kendala, serta harapan pengguna terhadap system pencatatan pelanggaran murid di SMK Negeri 56 Jakarta. Tahap ini merupakan bagian dari hasil penelitian karena diperoleh langsung dari data lapangan melalui interaksi dengan pengguna sistem.

Analisis kebutuhan pengguna menjadi landasan penting dalam perancangan antarmuka dan pengalaman pengguna aplikasi pencatatan pelanggaran berbasis web, sehingga sistem yang dirancang dapat sesuai dengan kebutuhan nyata pengguna dan mendukung proses pembinaan karakter secara lebih efektif.

User Goal

User goal merupakan tujuan yang ingin dicapai oleh pengguna ketika menggunakan sistem pencatatan pelanggaran murid.



Gambar 3. *User Goal*

How Might We

How Might We (HMW) digunakan untuk mengubah kebutuhan dan tujuan pengguna menjadi pertanyaan desain yang berorientasi pada solusi.



Gambar 4. *How Might We*

Implementasi Sistem Usulan

Setelah penyusunan sitemap, tahap selanjutnya dalam proses perancangan antarmuka adalah pembuatan *wireframe* atau *low fidelity prototype*. Wireframe digunakan untuk menggambarkan rancangan awal tata letak halaman aplikasi tanpa menampilkan detail visual sepertiwarna, tipografi, dan elemen grafis. Fokus utama pada tahap ini adalah penempatan komponen antarmuka serta alur interaksi pengguna. Pembuatan wireframe bertujuan untuk memastikan bahwa struktur halaman, urutan informasi, dan navigasi antar halaman telah sesuai dengan kebutuhan pengguna serta alur kerja yang telah dianalisis sebelumnya. Dengan adanya wireframe, peneliti dapat mengevaluasi rancangan awal secara konseptual sebelum dikembangkan lebih lanjut ketahap *high fidelity prototype*. Wireframe pada penelitian ini mencakup rancangan halaman utama aplikasi SIPAKAR, seperti halaman login, dashboard, halaman data pelanggaran, dan halaman input data pelanggaran. Setiap wireframe dirancang untuk memudahkan pengguna dalam memahami fungsi halaman serta mempercepat proses interaksi dengan sistem.

1. Halaman Login

Halaman login halaman awal yang digunakan oleh pengguna untuk mengakses sistem SIPAKAR. Pada halaman ini, pengguna diminta memasukkan nama pengguna, kata

sandi, serta memilih peran pengguna sebelum masuk ke dalam sistem. Halaman login dirancang agar memudahkan proses autentikasi pengguna.



Gambar 5. Halaman *Login*

2. Tampilan Dashboard

Dashboard adalah pusat kontrol utama aplikasi yang menampilkan rangkuman informasi penting secara visual. Pada halaman ini, pengguna dapat melihat data grafik pelanggaran pada semester tertentu, top 3 pelanggaran terbanyak, serta notifikasi jika ada update dari admin web. Desain dashboard dibuat sederhana dan terorganisasi, dengan navigasi yang jelas untuk mempermudah akses ke fitur-fitur lainnya dalam aplikasi. Berikut adalah gambar hasil desain untuk tampilan Halaman Dashboard:

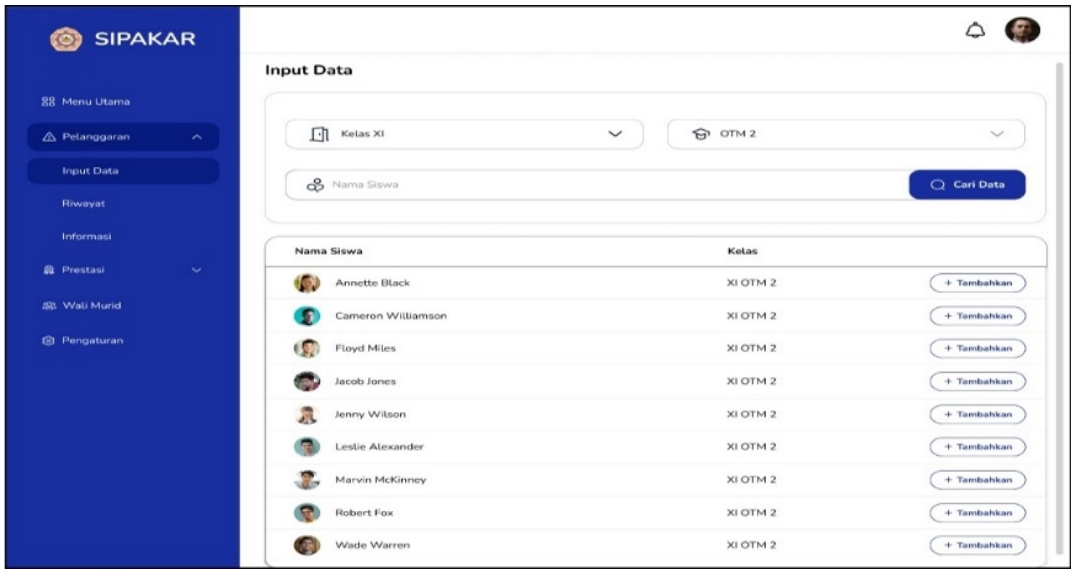


Gambar 6. Tampilan Halaman *Dashboard*

1) Halaman Data Murid

Halaman ini menampilkan daftar murid yang ada pada setiap rombongan belajar dalam sistem, lengkap dengan informasi seperti nama, kelas, jumlah stok, tombol tambahkan untuk menambahkan data pelanggaran. Pengguna juga dapat menggunakan fitur pencarian untuk menemukan nama tertentu dengan cepat. Halaman ini dirancang untuk mempermudah pencatatan pelanggaran secara real-time.

Berikut gambar hasil desain tampilan Halaman Data Murid :

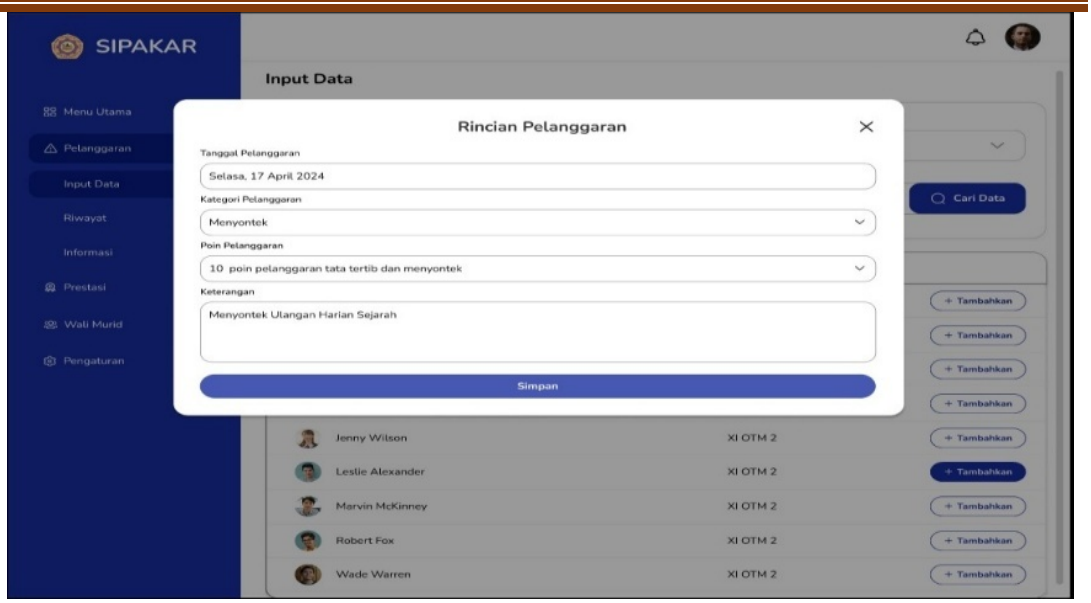


Gambar 7. Halaman Data Murid

2) Halaman Input Data Pelanggaran

Halaman ini dirancang khusus untuk mencatat detil pelanggaran yang akan di masukan ke dalam sistem. Pengguna dapat memasukkan informasi seperti tanggal pelanggaran, katergori pelanggaran, poin pelanggaran, dan keterangan yang perlu di isi dengan kronologis atau informasi terjadinya tindak pelanggaran. Tata letaknya intuitif, sehingga pengguna dapat dengan cepat mencatat pelanggaran yang terjadi tanpa risiko kesalahan.

Berikut adalah gambar hasil desain untuk tampilan Halaman Input Pelanggaran murid:

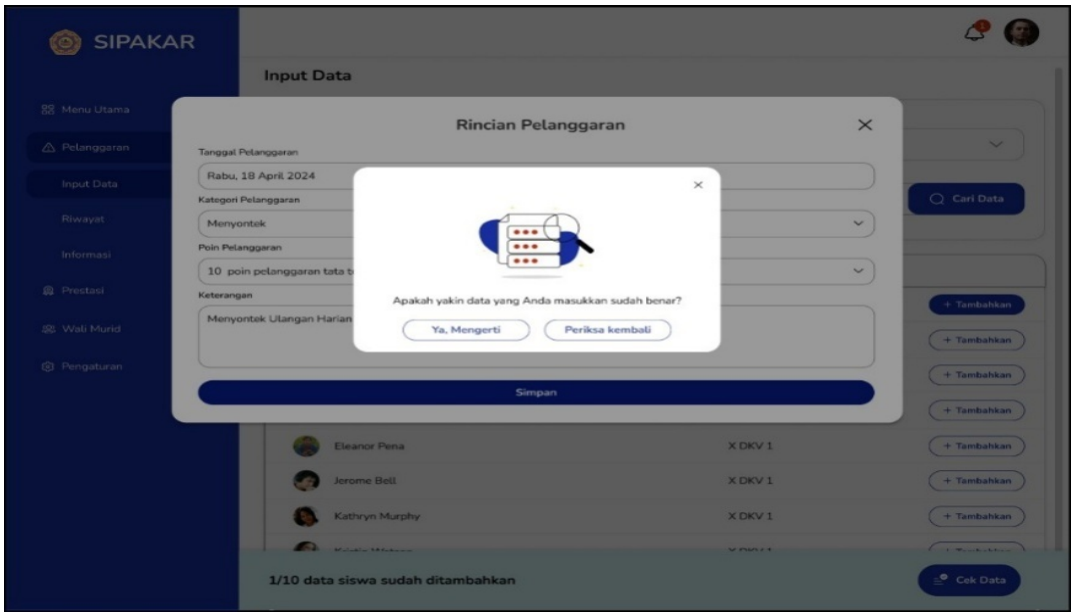


Gambar 8. Halaman Input Data Pelanggaran

3) Halaman Konfirmasi Data Input

Halaman ini menampilkan Pop Up yang menampilkan pertanyaan konfirmasi apakah data yang di catat sudah benar atau perlu perbaikan. Halaman ini juga membantu pengguna untuk memeriksa kembali data yang sudah di catat supaya tidak terjadi kesalahan pencatatan data.

Berikut adalah gambar hasil desain untuk tampilan Halaman Konfirmasi Data:

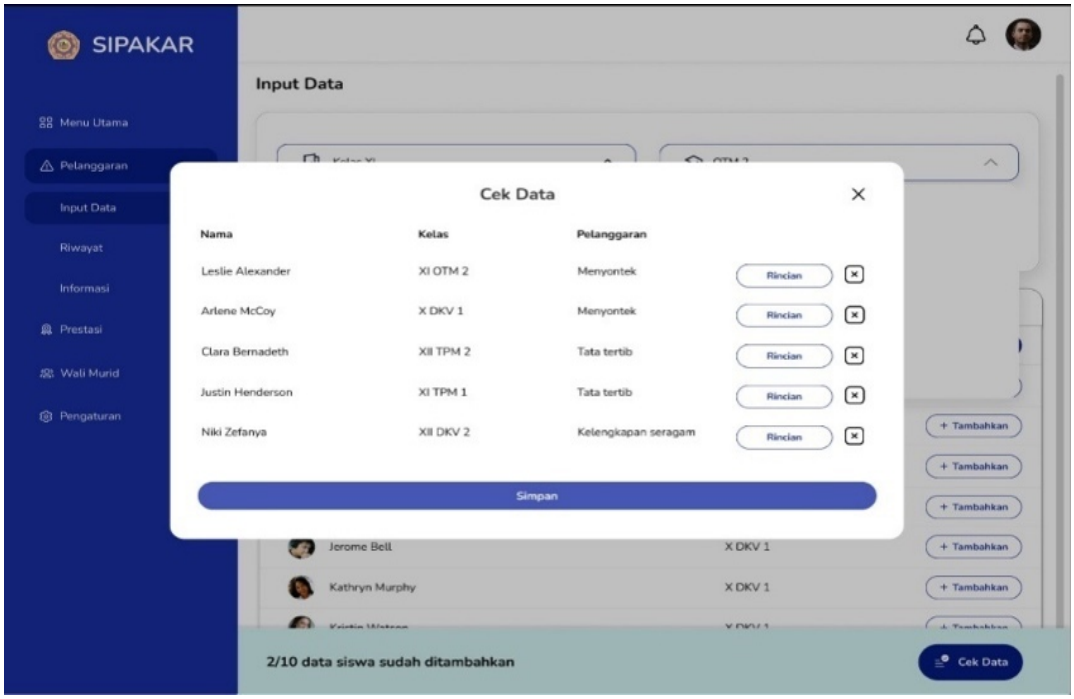


Gambar 9. Halaman Konfirmasi Data

4) Halaman Cek Data Pelanggaran

Halaman ini menampilkan daftar rincian pelanggaran yang sudah pernah di catat dari setiap murid. Halaman ini berguna untuk melakukan pengecekan atau akumulasi poin pelanggaran yang sudah di terima oleh murid.

Berikut adalah gambar hasil desain untuk tampilan Halaman Cek Data Pelanggaran:

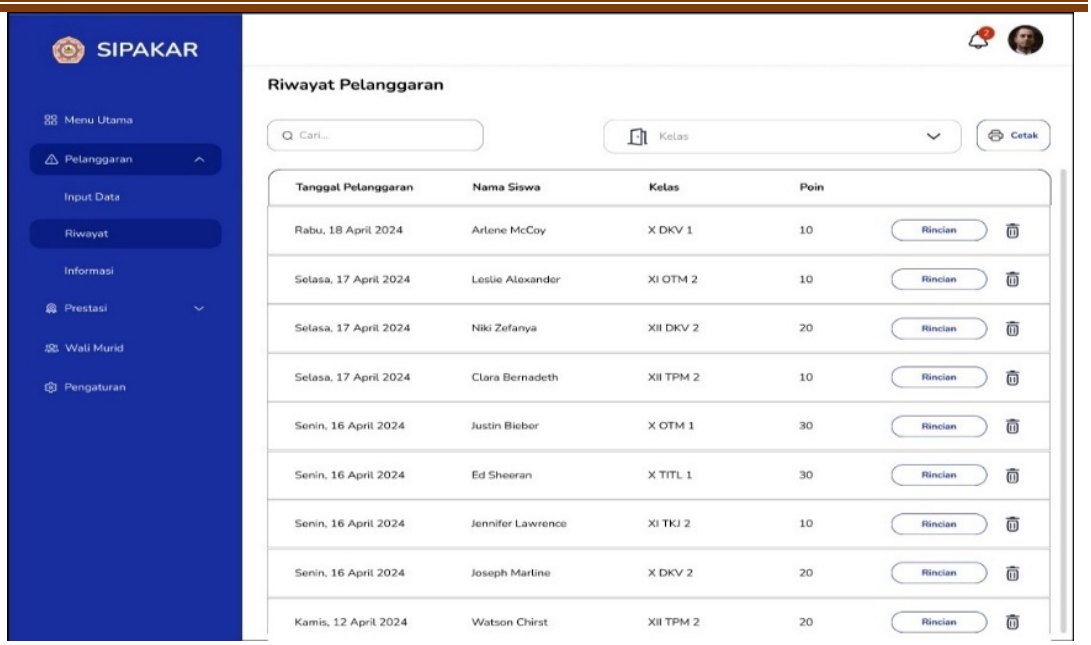


Gambar 10. Halaman Cek Data Pelanggaran

5) Halaman Riwayat Pelanggaran

Halaman ini menyajikan daftar Riwayat Pelanggaran murid yang telah tercatat dalam sistem, lengkap dengan informasi tanggal, nama murid, kelas, dan poin pelanggaran yang telah di akumulasi. Data disusun dalam tabel yang mempermudah pengguna untuk melihat rincian atau menghapus informasi atau data pencatatan.

Berikut adalah gambar hasil desain untuk tampilan Halaman Riwayat Pelanggaran:



Gambar 11. Halaman Riwayat Pelanggaran

6) Halaman Laporan Pelanggaran

Halaman laporan dirancang untuk menyajikan ringkasan data nama murid, kelas, poin, kategori, keterangan, dan informasi lainnya dalam format yang mudah dipahami. Pengguna dapat memilih jenis laporan yang diinginkan, seperti laporan mingguan atau bulanan. Desain halaman ini dibuat sederhana untuk memastikan bahwa laporan dapat dihasilkan dengan cepat tanpa proses yang rumit.



Gambar 12. Halaman Laporan Pelanggaran

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proses pencatatan pelanggaran murid di SMK Negeri 56 Jakarta masih menghadapi berbagai kendala dari sisi kemudahan penggunaan dan keteraturan informasi akibat sistem pencatatan yang dilakukan secara manual. Kondisi tersebut mendorong perlunya perancangan antarmuka yang mampu mendukung aktivitas pencatatan dan pemantauan pelanggaran secara lebih terstruktur dan mudah dipahami oleh pengguna.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proses pencatatan pelanggaran murid di SMK Negeri 56 Jakarta masih menghadapi berbagai kendala dari sisi kemudahan penggunaan dan keteraturan informasi akibat sistem pencatatan yang dilakukan secara manual. Kondisi tersebut mendorong perlunya perancangan antarmuka yang mampu mendukung aktivitas pencatatan dan pemantauan pelanggaran secara lebih terstruktur dan mudah dipahami oleh pengguna.

Hasil evaluasi usability terhadap *prototype* yang dirancang menggunakan metode System Usability Scale (SUS) menunjukkan nilai rata-rata skor sebesar **82**, yang berada pada kategori *Acceptable* dengan tingkat penilaian *Excellent*. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa rancangan antarmuka yang dihasilkan memiliki tingkat kemudahan penggunaan yang sangat baik dan dapat diterima oleh pengguna. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pendekatan User Centered Design (UCD) efektif digunakan dalam perancangan UI/UX aplikasi pencatatan pelanggaran murid pada tahap *prototype*.

Pengujian lanjutan dapat menggunakan metode evaluasi tambahan selain System Usability Scale (SUS), seperti pengujian *user satisfaction* atau *task completion time*, untuk memperkaya analisis pengalaman pengguna.

REFERENSI

Agung Feby Prasetya, Sintia, & Utin Lestari Dewi Putri. (2021). Sistem informasi Data Poin Pelanggaran Siswa Menggunakan Metode Prototyping Berbasis Web Pada SMA Negeri 10 Kota. Jurnal Ilmiah ILKOMINFO-Ilmu Komputer & Informatika, *4*(2), 93–103.

Agustina, N. laras. (2019). No Titילle. ペインクリニック学会治療指針２, 1–9.

Agustyn, Z. B., & Wardhana, A. C. (2024). Rancang Bangun Sistem Informasi Pemantauan Pelanggaran Siswa Di Smp Negeri 1 Sumbang. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, *12*(2), 1043–1052. https://doi.org/10.23960/jitet.v12i2.4113

Arie Sandi, Y., Ma, I., Nugroho, ruf, & Raymond Ramadhan, Y. (2022). Penerapan Metode Ucd Untuk Perancangan UI Dan UX Dalam Membangun Fitur Mentor On Demand Dan Live Chat Pada Website Skilvul. In Ramadhan Jurnal Ilmiah Betrik (Vol. 13, Issue 03).

FONT NUNITO. (n.d.). https://www.dafontfree.io/nunito-font-family/

Ibrohim, I., Mansyur, S., Syah, M., Ruswandi, U., Uin, P., Gunung, S., & Bandung, D. (2020). Jurnal Educatio FKIP UNMA. *Ejournal.Unma.Ac.Id*, *6*(2), 548–560. https://doi.org/10.31949/educatio.v6i2.594

ISO 9241-210. (2010). ISO 9241-210: Ergonomics of human–system interaction - Human-centred design for interactive systems. International Organization for Standardization, 2010, 32.

Maulana, M. I. T., Dahri, N., & Yahyan, W. (2023). Jurnal manajemen teknologi informatika. Sistem Informasi Pengelolaan Nilai Berbasis Web Pada Sdn 13 Purus *M.*, *1*(2), 66–74.

Muchtar, D., & Suryani, A. (2019). Pendidikan Karakter Menurut Kemendikbud. Edumaspul: Jurnal Pendidikan, 3(2), 50–57. https://doi.org/10.33487/edumaspul.v3i2.142

Multazam, M., Paputungan, I. V, & Susanto, B. (2020). Perancangan User Interface dan User Experience pada Placeplus menggunakan Pendekatan User Centered Design. Universitas Islam Indonesia, *1*(2), 1–8. https://journal.uii.ac.id/AUTOMATA/article/view/15528/10233

Mulyanah, Junaedi, I., & Sianipar, A. Z. (2022). Perancangan Sistem Informasi Persediaan Barang Dan Pencatatan Transaksi Berbasis Web (Studi Kasus Di Toko Bangunan Sinar Berkah Agung). Journal of Information System, Informatics and Computing, *6*(2), 300–321. https://doi.org/10.52362/jisicom.v6i2.673

Musa, S. H., & Yulia, E. R. (2024). Metode Design Thinking Perancangan Ui/Ux Sistem Informasi Booking Ruang Meeting Pt Medquest Jaya Global. JIPETIK:Jurnal Ilmiah

Penelitian Teknologi Informasi & Komputer, *5*(1), 1–10. https://doi.org/10.26877/jipetik.v5i1.17185

Nugroho, D. P., & Sari, R. (n.d.). Analisis UI/UX menggunakan Metode User Centered-Design Pada Aplikasi TSP Mobile. In *Jurnal Infortech* (Vol. 5, Issue 2). http://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/infortech

Rahayu, W. D. P., Hendriadi, A. A., & Ridwan, T. (2024). Perancangan Ui Ux Aplikasi Website Sistem Informasi Menggunakan Metode User Centered Dsign (Studi Kasus Desa Losari Kidul). Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan, *12*(3), 2952–2964. https://doi.org/10.23960/jitet.v12i3.4994

Sabar, R., Anuar, N. K., Ariffin, A. S., & Hashom, H. (2024). Halal-Logistics Value Creation (HLVC) on micro, small, and medium enterprises (MSMEs) Halal Branding. *Corporate Branding in Logistics and Transportation: Recent Developments and Emerging Issues*, *7*(2), 121–137. https://doi.org/10.4324/9781003356882-11

Savira, Y. P., Paputungan, I. V, & Suranto, B. (2020). Analisis User Experience pada Pendekatan User Centered Design dalam rancangan Aplikasi Placeplus. *Automata*, *1*(2), 28–29.

Siswa, K., Sma, D. I., & Kotaagung, N. (2025). Efektivitas Penerapan Bobot Poin Pada. *7*(1), 9–13.

SK Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 05601984, tanggal 20 Nopember Tahun *1984.pdf*. (n.d.).

Supriadi, D., Dzulfiqar Iskandar, I., Rahmah, D. S., Bina, U., & Informatika, S. (2024). Perancangan Sistem Informasi Point Siswa SMP YPI Alhuda Kota Tasikmalaya SMP YPI Alhuda Kota Tasikmalaya Perancangan Sistem Informasi Pemberian Point *Disiplin Siswa*. *14*(2), 75–86.

Yonara, F. N., & Aryanto, H. (2023). Perancangan Desain Kemasan Hoshii Udon. *Jurnal Barik*, *5*(1), 1–14. https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JDKV/

Application of Artificial Neural Network in Estimating Harvest Time of Lettuce and Spinach Plants in Nutrient Film Technique Hydroponic System

Zilfa Agustina Munawar [1)*)], Gina Purnama Insany [2)], Ivana Lucia Kharisma [3)]

[1)2)3)]Teknik Informatika, Fakultas Komputer dan Desain, Universitas Nusa Putra
[*)]**Correspondence author**: zilfa.agustina_ti20@nusaputra.ac.id, Sukabumi, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3261

Abstract

Hydroponic farming using the Nutrient Film Technique (NFT) system is widely implemented due to its efficiency in nutrient management and water use. Spinach and lettuce are leafy commodities widely cultivated using this system because they have a relatively short growth cycle and high economic value. However, determining harvest time is still often done manually based on experience, potentially leading to inaccurate decisions that impact the quality and quantity of production. This study aims to develop a prediction model for harvest time for hydroponic spinach and lettuce plants based on Artificial Neural Network (ANN) by utilizing environmental and physiological parameters of the plant. The parameters used include water temperature, air humidity, light intensity, pH, Electrical Conductivity (EC), and plant age. The dataset used consists of 1,200 observation data of NFT hydroponic cultivation results from January to July 2025. The data went through a preprocessing stage in the form of cleaning, normalization, and dividing training data and test data with a ratio of 80:20. The ANN model was built using the backpropagation method with training parameter optimization. Data was obtained from plant growth monitoring, then normalized and divided into training and test data. Test results showed a prediction accuracy of 92.8% based on MAPE, MAE, and R-squared. This model was implemented in a Streamlit-based web application to facilitate farmer use, making harvest timing more objective, measurable, and data-driven.

Keywords: *Artificial Neural Network, Hydroponics, NFT, Harvest Time Prediction*

Abstrak

Pertanian hidroponik dengan sistem *Nutrient Film Technique* (NFT) banyak diterapkan karena efisiensinya dalam pengelolaan nutrisi dan penggunaan air. Tanaman bayam dan selada bokor merupakan komoditas daun yang banyak dibudidayakan dengan sistem ini karena memiliki siklus pertumbuhan yang relatif singkat dan nilai ekonomi yang tinggi. Namun, penentuan waktu panen masih sering dilakukan secara manual berdasarkan pengalaman, sehingga berpotensi menimbulkan ketidaktepatan keputusan yang berdampak pada kualitas dan kuantitas hasil produksi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model prediksi waktu panen tanaman hidroponik bayam dan selada bokor berbasis *Artificial Neural Network* (ANN) dengan memanfaatkan parameter lingkungan dan fisiologis tanaman. Parameter yang digunakan meliputi suhu air, kelembaban udara, intensitas cahaya, pH, *Electrical Conductivity* (EC), serta umur tanaman. Dataset yang digunakan terdiri dari 1.200 data pengamatan hasil budidaya hidroponik NFT selama periode Januari hingga Juli 2025. Data melalui tahap praproses berupa pembersihan, normalisasi, dan pembagian data latih serta data uji dengan rasio 80:20. Model ANN dibangun menggunakan metode *backpropagation* dengan optimasi parameter pelatihan. Data diperoleh dari pemantauan pertumbuhan tanaman, kemudian dinormalisasi dan dibagi menjadi data latih dan uji. Hasil pengujian menunjukkan akurasi prediksi sebesar 92,8% berdasarkan MAPE, MAE, dan R-squared. Model ini diimplementasikan dalam aplikasi web berbasis Streamlit untuk memudahkan penggunaan oleh petani, sehingga penentuan waktu panen menjadi lebih objektif, terukur, dan berbasis data.

Kata Kunci: *Artificial Neural Network*, Hidroponik, NFT, Prediksi Waktu Panen

PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat terhadap pangan sehat dan bergizi semakin meningkat seiring dengan kesadaran akan pentingnya gaya hidup sehat, terutama di wilayah perkotaan. Namun, urbanisasi yang pesat dan keterbatasan lahan di daerah perkotaan menjadikan pertanian konvensional sulit untuk diterapkan secara optimal (Pratio, 2024). Hidroponik merupakan metode bercocok tanam tanpa menggunakan tanah, melainkan dengan larutan nutrisi yang diberikan langsung ke akar tanaman. Berbagai metode hidroponik yang ada, sistem *Nutrient Film Technique* (NFT) menjadi salah satu teknik yang paling banyak digunakan karena mampu mengalirkan larutan nutrisi dalam lapisan tipis secara terus-menerus ke akar tanaman, sehingga memaksimalkan penyerapan unsur hara (Purwalaksana, 2024).

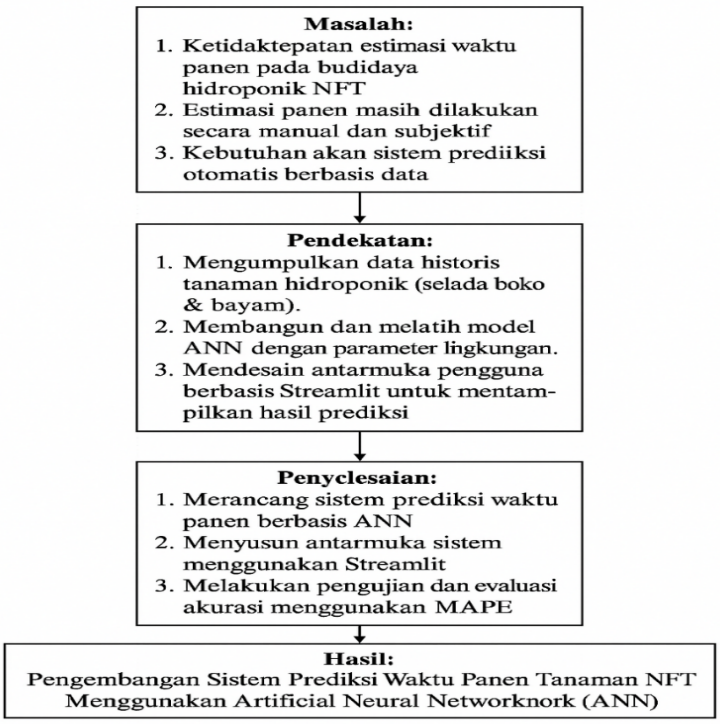
Tanaman selada (*Lactuca sativa*) dan bayam (*Amaranthus spp*.) merupakan jenis tanaman daun yang sangat cocok dibudidayakan dengan sistem NFT karena memiliki siklus hidup yang relatif pendek, pertumbuhan yang cepat, serta permintaan pasar yang tinggi. Namun demikian, dalam praktiknya, salah satu tantangan utama yang masih dihadapi oleh petani hidroponik adalah dalam hal estimasi waktu panen. Saat ini, penentuan waktu panen masih banyak dilakukan secara manual dan intuitif berdasarkan pengamatan visual atau pengalaman subjektif petani. Cara ini tidak hanya menyulitkan bagi petani pemula, tetapi juga dapat menyebabkan ketidaktepatan dalam waktu panen, yang berdampak pada kualitas, kuantitas, dan kesegaran produk hasil pertanian (Suryanto, 2020) .

Meskipun demikian, dalam praktik budidaya hidroponik NFT masih terdapat permasalahan dalam penentuan waktu panen. Proses panen umumnya dilakukan berdasarkan pengamatan visual dan pengalaman subjektif petani, sehingga berpotensi menimbulkan ketidaktepatan waktu panen yang berdampak pada kualitas dan kuantitas hasil produksi. Padahal, pertumbuhan dan kematangan tanaman dipengaruhi oleh berbagai parameter lingkungan dan fisiologis, seperti suhu air, kelembapan udara, intensitas cahaya, pH larutan nutrisi, *Electrical Conductivity* (EC), serta umur tanaman. Ketidakterkendalian parameter-parameter tersebut dapat menyebabkan keterlambatan panen atau penurunan mutu hasil tanaman.

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan, khususnya *Artificial Neural Network* (ANN), menawarkan pendekatan yang lebih presisi dalam memodelkan hubungan kompleks

antar variabel lingkungan dan pertumbuhan tanaman. ANN memiliki kemampuan pembelajaran nonlinier yang baik dan telah banyak digunakan dalam berbagai bidang prediksi dan pengambilan keputusan berbasis data, termasuk di sektor pertanian. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan ANN pada sistem hidroponik mampu meningkatkan akurasi prediksi hasil dan waktu panen dibandingkan metode konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa ANN berpotensi menjadi solusi efektif dalam mendukung pertanian presisi berbasis hidroponik.

Berdasarkan permasalahan tersebut, hipotesis penelitian ini adalah bahwa penerapan model *Artificial Neural Network* dengan memanfaatkan parameter lingkungan dan umur tanaman mampu memprediksi waktu panen tanaman bayam dan selada bokor pada sistem hidroponik NFT secara akurat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi model prediksi waktu panen berbasis ANN, serta mengimplementasikannya dalam sistem berbasis web yang mudah diakses. Diharapkan hasil penelitian ini dapat membantu petani hidroponik dalam menentukan waktu panen secara lebih tepat, terukur, dan berbasis data, sehingga meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil budidaya.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran dan Hipotesis

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain penelitian eksperimental berbasis pemodelan dan analisis data dengan pendekatan kuantitatif. Fokus penelitian adalah pengembangan dan evaluasi model prediksi waktu panen tanaman hidroponik menggunakan metode *Artificial Neural Network* (ANN). Metode ini menekankan pada makna, pemahaman, dan interpretasi terhadap gejala sosial dalam konteks yang alamiah, sehingga data yang diperoleh disajikan dalam bentuk deskripsi naratif berupa kata-kata atau bahasa, bukan angka-angka statistic (Assyakurrohim, 2023).

Subjek dalam penelitian ini adalah tanaman bayam (*Amaranthus spp.*) dan selada bokor (*Lactuca sativa*) yang dibudidayakan menggunakan sistem hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT). Data penelitian diperoleh dari aktivitas budidaya hidroponik yang dilakukan selama periode Januari hingga Juli 2025. Dataset yang digunakan terdiri dari 1.200 data pengamatan, dengan 604 data untuk selada bokor dan 596 data untuk bayam. Setiap data pengamatan merepresentasikan kondisi pertumbuhan tanaman berdasarkan parameter lingkungan dan fisiologis pada waktu tertentu hingga mendekati masa panen.

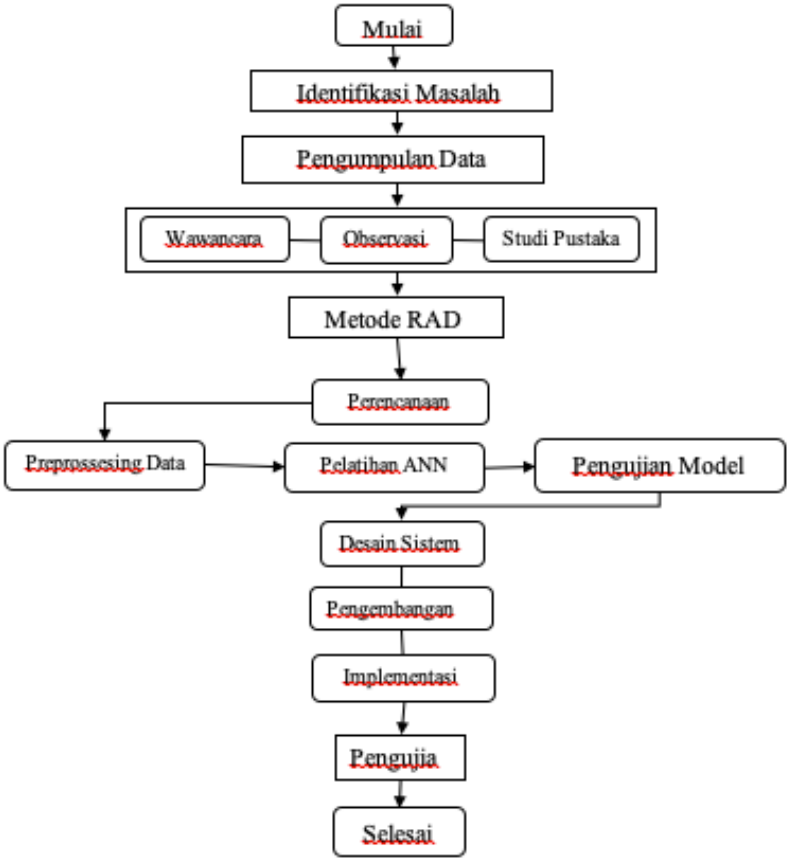
Instrumen penelitian berupa dataset numerik hasil pencatatan budidaya hidroponik NFT yang mencakup variabel umur tanaman, pH larutan nutrisi, suhu air, *Electrical Conductivity* (EC), intensitas cahaya, kelembapan udara, jenis tanaman, serta estimasi waktu panen.

Tabel 1. Tabel Fitur Data

Nama Kolom	Deskripsi	Satuan
Umur	Usia tanaman saat dilakukan pengukuran	Hari
pH	Derajat keasaman larutan nutrisi pada sistem hidroponik	Skala 0–14
Suhu	Suhu larutan nutrisi dalam sistem hidroponik	°C (derajat Celsius)
EC	*Electrical Conductivity*, yaitu tingkat kepekatan nutrisi dalam larutan	mS/cm
Cahaya	Intensitas cahaya yang diterima tanaman	Lux
Kelembaban	Kelembaban udara di lingkungan pertumbuhan tanaman	Persen (%)
Tanaman	Jenis tanaman yang diamati	Kategori (*Bayam* / *Selada Bokor*)
Estimasi_Panen	Waktu estimasi panen tanaman berdasarkan kondisi lingkungan dan perawatan	Hari

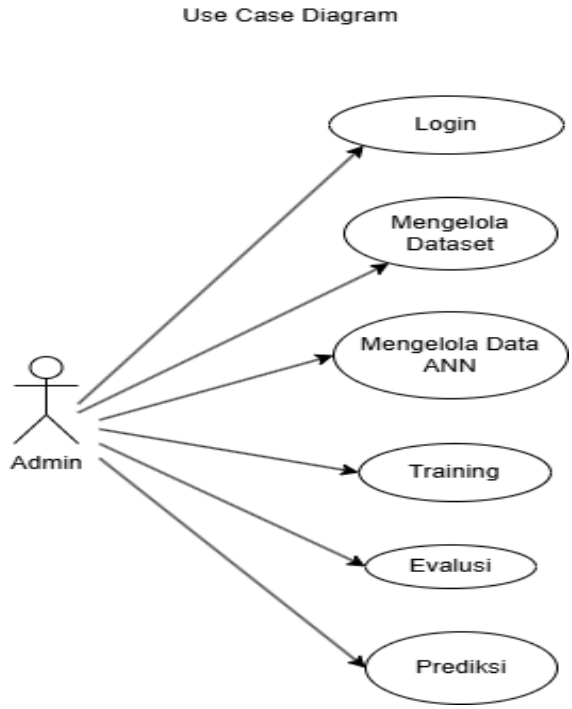
Selain itu, perangkat lunak Python digunakan sebagai alat utama dalam pengolahan data dan pengembangan model ANN, dengan dukungan pustaka pembelajaran mesin. Untuk implementasi sistem, digunakan framework Streamlit sebagai antarmuka aplikasi berbasis web yang menampilkan hasil prediksi secara interaktif.

Prosedur pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap proses budidaya tanaman hidroponik NFT, wawancara dengan petani dan pengelola kebun hidroponik, serta studi pustaka terhadap penelitian terdahulu yang relevan. Observasi bertujuan untuk mencatat kondisi lingkungan dan praktik budidaya tanaman, sementara wawancara digunakan untuk memperoleh informasi kontekstual mengenai kriteria penentuan waktu panen berdasarkan pengalaman praktis. Data numerik hasil observasi kemudian dikompilasi menjadi dataset terstruktur yang digunakan dalam proses pemodelan. Seluruh data yang terkumpul melalui proses seleksi dan pembersihan untuk memastikan kelengkapan dan konsistensi sebelum dianalisis lebih lanjut.



Gambar 2. Tahapan Penelitian

Analisis data diawali dengan tahap *preprocessing* yang meliputi pembersihan data dari nilai kosong dan pencilan, normalisasi data agar seluruh variabel berada pada skala yang seragam, serta pembagian dataset menjadi data latih dan data uji dengan rasio 80:20. Selanjutnya, model ANN dibangun menggunakan algoritma *backpropagation* dengan dua *hidden layer* dan parameter pelatihan yang disesuaikan untuk memperoleh performa optimal. Model yang telah dilatih kemudian diuji menggunakan data uji untuk mengevaluasi akurasi prediksi waktu panen. Kinerja model dievaluasi menggunakan metrik *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), *Mean Absolute Error* (MAE), dan koefisien determinasi (*R-squared*). Hasil analisis digunakan untuk menilai efektivitas ANN dalam memprediksi waktu panen dan sebagai dasar implementasi sistem prediksi berbasis web.



Gambar 3. Use Case Diagram

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah tanaman bayam (*Amaranthus spp.*) dan selada bokor (*Lactuca sativa*) yang dibudidayakan menggunakan sistem hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT). Data yang dianalisis terdiri dari 1.200 data pengamatan, dengan 596

data bayam dan 604 data selada bokor, yang dikumpulkan selama periode Januari hingga Juli 2025. Setiap data merepresentasikan kondisi pertumbuhan tanaman berdasarkan parameter lingkungan dan fisiologis, yaitu umur tanaman, pH larutan nutrisi, suhu air, *Electrical Conductivity* (EC), intensitas cahaya, dan kelembapan udara, serta estimasi waktu panen dalam satuan hari. Karakteristik data menunjukkan bahwa kedua jenis tanaman memiliki rentang umur panen yang relatif pendek, sesuai dengan karakter tanaman daun yang responsif terhadap kondisi lingkungan terkontrol.

Analisis univariat dilakukan untuk menggambarkan distribusi masing-masing variabel penelitian secara deskriptif. Hasil analisis menunjukkan bahwa umur tanaman memiliki rentang nilai yang bervariasi, mencerminkan fase pertumbuhan dari awal tanam hingga mendekati panen. Nilai pH larutan nutrisi umumnya berada pada kisaran optimal untuk pertumbuhan bayam dan selada bokor, meskipun terdapat beberapa variasi yang berpotensi memengaruhi laju pertumbuhan tanaman. Suhu air dan kelembapan udara menunjukkan fluktuasi yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar, sedangkan nilai EC mencerminkan tingkat kepekatan nutrisi yang diberikan selama masa tanam. Intensitas cahaya juga menunjukkan variasi yang cukup signifikan, terutama akibat perbedaan waktu pengamatan dan sumber pencahayaan.

2. Analisis Bivariat

Analisis bivariat dilakukan untuk melihat hubungan antara masing-masing variabel independen dengan variabel dependen, yaitu estimasi waktu panen. Hasil analisis menunjukkan bahwa umur tanaman memiliki hubungan yang paling kuat dengan waktu panen, di mana peningkatan umur tanaman secara langsung berkorelasi dengan semakin dekatnya waktu panen. Parameter pH, EC, dan suhu air menunjukkan hubungan yang signifikan terhadap waktu panen, karena ketidaksesuaian nilai-nilai tersebut dari kisaran optimal dapat memperlambat pertumbuhan tanaman. Intensitas cahaya dan kelembapan udara juga berkontribusi terhadap variasi waktu panen, meskipun pengaruhnya cenderung tidak linier. Pola hubungan antar variabel ini mengindikasikan bahwa faktor lingkungan bekerja secara simultan dalam memengaruhi kecepatan pertumbuhan dan kematangan tanaman, sehingga pendekatan prediktif berbasis data menjadi relevan.

3. Analisis Multivariat

Analisis multivariat dilakukan dengan membangun model *Artificial Neural Network* (ANN) untuk mempelajari hubungan kompleks dan nonlinier antara seluruh variabel input terhadap waktu panen. Model ANN dilatih menggunakan data latih sebesar 80% dari total dataset dan diuji menggunakan 20% data uji. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa ANN mampu memodelkan interaksi antarparameter lingkungan secara efektif, yang ditunjukkan oleh nilai kesalahan prediksi yang relatif rendah. Evaluasi performa model menggunakan metrik MAPE, MAE, RMSE, dan koefisien determinasi menunjukkan bahwa model memiliki tingkat akurasi prediksi yang tinggi.

Tabel 2. Hasil Pengujian

Metrik Evaluasi	Hasil
Mean Absolute Percentage Error (MAPE)	6.75%
Mean Absolute Error (MAE)	1.42 hari
Root Mean Square Error (RMSE)	1.87 hari
Akurasi Prediksi (Estimasi Panen)	93.25%

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini membuktikan bahwa hipotesis yang diajukan dapat diterima, yaitu bahwa penerapan *Artificial Neural Network* (ANN) dengan memanfaatkan parameter lingkungan dan umur tanaman mampu memprediksi waktu panen tanaman bayam dan selada bokor pada sistem hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT) secara akurat dan konsisten. Tujuan penelitian untuk mengembangkan model prediksi waktu panen berbasis ANN serta mengimplementasikannya dalam sistem berbasis web telah tercapai, ditunjukkan melalui kemampuan model dalam mempelajari hubungan nonlinier antara variabel pertumbuhan tanaman dan kondisi lingkungan sebagaimana dibahas pada bagian hasil dan diskusi. Temuan penelitian menunjukkan bahwa pendekatan berbasis kecerdasan buatan mampu menggantikan metode estimasi manual yang subjektif menjadi proses pengambilan keputusan yang objektif dan berbasis data, serta relevan untuk diterapkan pada praktik budidaya hidroponik modern. Diskusi hasil juga menegaskan bahwa integrasi model prediktif ke dalam aplikasi web memberikan nilai tambah dari sisi kemudahan akses dan

pemanfaatan praktis oleh petani. Untuk pengembangan ke depan, penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperluas jenis tanaman, memperkaya variasi dan volume data, serta mengintegrasikan sumber data real-time berbasis sensor guna meningkatkan ketahanan dan generalisasi model prediksi dalam mendukung sistem pertanian presisi yang berkelanjutan.

REFERENSI

Assyakurrohim, D, Ikhram, D, Sirodj, RA, & ... (2022). Metode studi kasus dalam penelitian kualitatif. ... *Pendidikan Sains Dan* ..., researchgate.net,

A. Suryanto. (2020). Analisis Faktor Penentu Kualitas Panen Sayuran Hidroponik, *Jurnal Pertanian Modern,* vol. I, no. 5, pp. 25-23

Albahri, AS, Alnoor, A, Zaidan, AA, Albahri, OS, & ... (2022). Hybrid artificial neural network and structural equation modelling techniques: a survey. *Complex &Intelligent* ..., Springer, https://doi.org/10.1007/s40747-021-00503-w

Babatunde, DE, Anozie, A, & Omoleye, J (2020). Artificial neural network and its applications in the energy sector: an overview. *International Journal of Energy Economics and* ...

Chen, Y, Song, L, Liu, Y, Yang, L, & Li, D (2020). A review of the artificial neural network models for water quality prediction. *Applied Sciences*, mdpi.com, https://www.mdpi.com/2076-3417/10/17/5776

Dastres, R, & Soori, M (2021). Artificial neural network systems. *International Journal of Imaging and Robotics (IJIR* ..., hal.science, https://hal.science/hal-03349542/

Guha, S, Jana, RK, & Sanyal, MK (2022). Artificial neural network approaches for disaster management: A literature review. *International Journal of Disaster Risk* ..., Elsevier, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212420922004952

Kurucan, M, ÷zbaltan, M, Yetgin, Z, & Alkaya, A (2024). Applications of artificial neural network based battery management systems: A literature review. *Renewable and Sustainable* ..., Elsevier, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032123011206

Musleh, MM, Alajrami, E, Khalil, AJ, & ... (2019). Predicting liver patients using artificial neural network. ... *Journal of Academic* ..., researchgate.net,

Okwu, MO, & Tartibu, LK (2020). Artificial neural network. ... *optimization: nature-inspired algorithms swarm and* ..., Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-030-61111-8_14

Paul, AK, Prasad, A, & Kumar, A (2022). Review on artificial neural network and its application in the field of engineering. *J. Mech. Eng. Prakash*, researchgate.net,

Pratio, GA, Rohmah, SN, Akbarsyah, MA, & ... (2024). Konsep urban farming pada kota tanpa lahan pertanian. *Jurnal Bengawan Solo* ..., elibrary.ru, https://elibrary.ru/item.asp?id=82084992

Purwalaksana, AZ, Wahyu, S, & ... (2024). Penerapan Sistem Hidroponik Berbasis Sensor untuk Pemberdayaan Desa Majalaya. ... *Masyarakat Sains dan* ..., journal.unj.ac.id, https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jpm-sains/article/view/49491

Sadanand, D, & Bhosale, S (2023). Basic of artificial neural network. *Int. J. Adv. Res. Sci. Commun. Technol*, researchgate.net,

Thorat, M, Pandit, S, & Balote, S (2022). Artificial neural network: a brief study. ... *In Technology (AJCT) ISSN-2350-1146*, asianssr.org, http://www.asianssr.org/index.php/ajct/article/view/1241

Analysis of IT Service Management at PT Bukit Asam Tbk using the ITIL V4 Framework

Alda Putri Zahara [1)], Yulhendri [2)*)]

[1)2)]Sistem Informasi, Ilmu Komputer, Universitas Esa Unggul
[*)]**Correspondence author**: yulhendri@esaunggul.ac.id , Jakarta, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3277

Abstract

PT. Bukit Asam Tbk (PTBA) is a mining company that utilizes information technology to support its business. In practice, IT services play an important role in supporting business operations from production, security, to supply chains. These services are also subject to Incident s and problems such as network disruptions, application troubleshooting, password resets, work device repairs, and access rights requests. Therefore, PTBA needs to implement Incident and Problem Management practices based on the ITIL V4 framework to handle Incident s as quickly as possible, so that their impact can be minimized and repeated Incident s prevented. This study aims to determine the extent of the implementation of Incident and Problem Management practices at PTBA using the ITIL V4 Maturity Level Self Assessment questionnaire. The questionnaire was distributed to eight stakeholders selected through purposive sampling. The results of the study show that the implementation of Incident Management practices at PTBA is at Level 3 (Product) with a gap of 1 from the target level, and Problem Management practices are at Level 3.5 (Quality Control) with a gap of 0.5 from the target level. Core processes such as recording, classification, prioritization, escalation, handling, and closure have mostly been implemented. However, there are weaknesses such as prioritization not being based on impact, and cross-party coordination not being fully structured. Therefore, recommendations were compiled based on ITIL V4 Incident and Problem Management practices, with the hope of helping PTBA improve the quality of its IT services.

Keywords: *ITSM, ITIL, V4, IT Service*

Abstrak

PT. Bukit Asam Tbk (PTBA) merupakan perusahaan pertambangan yang memanfaatkan teknologi informasi untuk mendukung bisnisnya. Dalam pelaksanaanya, layanan TI berperan penting mendukung operasional bisnis dari produksi, keamanan, hingga rantai pasok. Layanan tersebut juga tidak terlepas dari insiden dan permasalahan seperti gangguan jaringan, *troubleshoot* aplikasi, *reset password*, perbaikan perangkat kerja, dan permintaan hak akses. Karena itu, PTBA perlu menerapkan praktik *Incident* dan *Problem Management* berdasarkan *framework* ITIL V4 untuk menangani insiden secepat mungkin, sehingga dampaknya dapat diminimalisir dan mencegah insiden berulang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana penerapan praktik *Incident* dan *Problem Management* di PTBA menggunakan kuesioner *Maturity Level Self Assessment* ITIL V4. Kuesioner dibagikan kepada delapan *stakeholder* yang dipilih melalui teknik *purposive sampling*. Hasil penelitian menunjukkan penerapan praktik *Incident Management* di PTBA berada pada *Level* 3. (*Product*) dengan *ga* 1 dari *level* target dan praktik *Problem Management* berada pada *Level* 3.5 (*Quality Control*) dengan *gap* 0.5 dari *level* target. Proses inti seperti pencatatan, pengklasifikasian, prioritas, eskalasi, penanganan, hingga penutupan sebagian besar telah dilaksanakan. Namun, terdapat kelemahan seperti penetapan prioritas bukan berdasarkan dampaknya, dan koordinasi lintas pihak belum sepenuhnya terstruktur. Sehingga, disusunlah rekomendasi berdasarkan praktik *Incident* dan *Problem Management* ITIL V4, dengan harapan dapat membantu PTBA meningkatkan kualitas layanan TI.

Kata Kunci: ITSM, ITIL, V4, Layanan TI

PENDAHULUAN

Teknologi informasi mampu memberikan kemudahan bagi masyarakat untuk melaksanakan pekerjaannya, salah satunya bagi industri pertambangan. Semakin berkembangnya teknologi informasi, membuat perusahaan harus membuat pembaharuan terhadap sistem kerjanya demi menyesuaikan kebutuhan perusahaan dan mencapai tujuannya. Dalam penerapannya, tentunya ada berbagai layanan TI yang digunakan untuk mendukung operasional pertambangan, dari produksi, keamanan, hingga rantai pasok. Salah satu perusahaan yang menerapkan teknologi informasi untuk operasional bisnisnya yakni PT. Bukit Asam Tbk yang merupakan perusahaan milik negara (BUMN) yang bergerak di industri pertambangan batubara di Indonesia.

PT. Bukit Asam menyediakan Aplikasi *Helpdesk* TI yang dapat membantu para pegawainya untuk melakukan permintaan layanan TI. Namun dalam implementasinya, tentunya tidak lepas dari terjadinya insiden dan permasalahan. Insiden dan permasalahan yang sering dilaporkan diantaranya seperti, gangguan jaringan yang berdampak pada penurunan produktivitas karena menghambat pekerjaan, error aplikasi, permintaan reset password, gangguan pada perangkat kerja, dan permintaan layanan hak akses untuk mengakses aplikasi maupun dokumen.

Berdasarkan data survey yang dilakukan oleh FreshService yang merupakan perusahaan manajemen TI, ditemukan bahwa 94% *Incident* secara keseluruhan dapat diselesaikan dengan bantuan tim ITSM, yang mana 70% insiden tersebut dapat diselesaikan pada interaksi pertama (*How to Improve Your IT Incident Management Processes*, 2023). Salah satu framework yang paling banyak digunakan adalah ITIL V4. Dalam konteks ini ITIL V4 merupakan kerangka kerja yang relevan dengan kondisi eksisting di PTBA karena menyediakan panduan dalam praktik *Incident Management* dan *Problem Management*. Praktik ini dipilih karena memiliki keterkaitan dengan kondisi manajemen layanan TI di PTBA, yang mana insiden dapat mempengaruhi keberlangsungan aktivitas pengguna, sehingga dibutuhkan *Incident Management* untuk mengelola insiden tersebut agar dampak negatifnya dapat diminimalisir. Sedangkan *Problem Management* memberikan panduan untuk mengidentifikasi penyebab masalah agar mencegah insiden berulang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana *Maturity Level* penerapan *Incident Management* dan *Problem Management* terkait layanan TI di PTBA menggunakan framework ITIL V4. Hasil dari pengukuran tersebut dapat menunjukan kondisi eksisting dari manajemen layanan TI di PTBA, dan selanjutnya bisa diketahui *gap* antara kondisi eksisting dengan *best practice* ITIL V4. Sehingga dapat disusun rekomendasi untuk peluang peningkatan manajemen layanan TI berdasarkan hasil analisis *gap* tersebut.

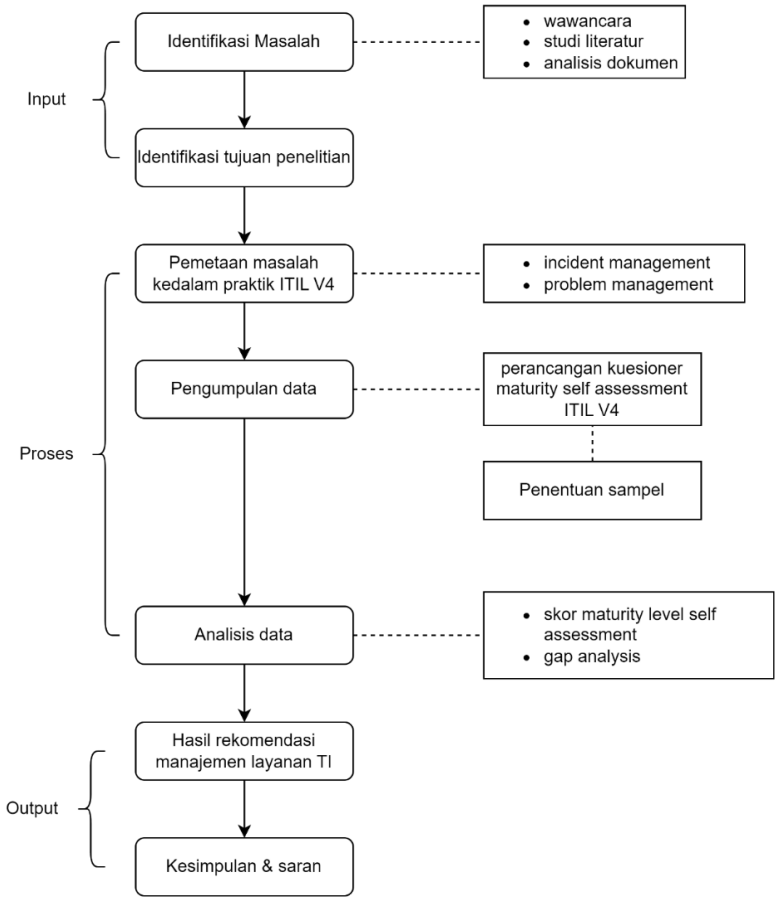
METODE PENELITIAN

Penelitian menggabungkan metode kuantitatif dan kualitatif (mixed methods). Menurut (Creswell, 2015) dalam (Nasarudin et al., 2024) mixed methods merupakan penelitian yang mengumpulkan, menganalisis, dan mengkombinasikan metode penelitian kuantitatif dan kualitatif dalam suatu rangkaian penelitian untuk memahami permasalahan penelitian. Metode kuantitatif digunakan untuk mengukur *Maturity Level* kondisi aktual di PTBA dan mengetahui *gap level*. Sedangkan metode kualitatif digunakan untuk mengidentifikasi kesenjangan kondisi *eksisting* di PTBA dengan best practice ITIL V4 pada *Incident Management* dan *Problem Management*.

Penelitian dilakukan di Kantor Satuan Kerja TI PT Bukit Asam Tbk yang berlokasi di Tanah Putih. Pengumpulan data melalui wawancara, studi pustaka, dan analisis dokumen untuk mengidentifikasi permasalahan dan mengetahui kondisi eksisting di PTBA. Selanjutnya, juga dilakukan penyebaran kuesioner *Maturity Level self assessment* melalui google form kepada para responden untuk mengumpulkan data yang akan digunakan untuk mengukur sejauh kondisi eksisting di PTBA. Responden ditentukan berdasarkan metode *purposive sampling* untuk memilih responden berdasarkan kriteria tertentu. Sehingga didapatkan delapan *expert* responden yang berkaitan langsung dengan pelayanan dan penanganan *Incident Management* dan *Problem Management.* Responden tersebut diantaranya adalah IT *Helpdesk, Incident* Manager, Staf *Incident Management*, *Incident Communication Manager*, *Problem Manager*, Staf *Problem Management*, *Problem Communication Manager*, dan *Service Level Management*.

Hasil dari penelitian berupa tabel skor *Maturity Level* kondisi eksisting di PTBA. Sehingga dari hasil *maturity* tersebut dapat diketahui *gap* antara kondisi eksisting dengan

kondisi yang diharapkan. Berdasarkan *gap* tersebut, penulis dapat merekomendasikan beberapa saran yang diharapkan dapat membantu untuk meningkatkan kualitas layanan TI di PTBA.



Gambar 1. Alur Penelitian
Sumber: Peneliti

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil *Maturity Level* Self Assessment

Metode Maturity self assessment adalah suatu metode penilaian atau evaluasi yang dilakukan oleh organisasi untuk mengetahui sejauh mana organisasi tersebut telah mencapai tingkat kedewasaan dalam suatu bidang tertentu(Mambu et al., 2023). Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran *Maturity Level* layana TI di PTBA berdasarkan kuesioner *Maturity Level* self assessment ITIL V4 pada praktik *Incident Management*

dan *Problem Management*. Hasil data dari kuesioner di deskripsikan dalam bentuk tabel, dan menggunakan skala guttman dengan dua opsi jawaban, yakni ***(Y)es or (N)****o*. Setiap *level* memiliki pertanyaan "*Mandatory*" yang wajib dijawab *(Y)es*, serta nilai *minimum* yang harus dipenuhi untuk mendapatkan hasil "PASS". Tingkat kematangan selanjutnya ditentukan berdasarkan level tertinggi yang dapat dipenuhi secara berurutan. Jika perusahaan gagal memenuhi nilai *minimum* pada suatu *level*, dan di *level* berikutnya mampu mencapai nilai minimum, maka tingkat kematangan ditetapkan berdasarkan pada level terakhir yang berhasil dicapai sebelum kegagalan tersebut. Berikut merupakan hasil pengukuran *Maturity Level* Self Assessment ITIL V4 pada praktik *Incident Management*:

Tabel 1. Hasil Tingkat Kematangan Incident Management PT. Bukit Asam Tbk
Sumber: Peneliti

Level	***Minimum Pass***	***Maximum Pass***	***Achievement***	***Status PASS/FAIL***
Level 1: Pre-requisites	M+1=5	6	5	*PASS*
Level 1.5: Management Intent	2M+1=7	8	7	*PASS*
Level 2: Process Capability	6M+1=25	28	26	*PASS*
Level 2.5: Internal Integration	M+1=3	4	3	*PASS*
Level 3: Product	3M+1=10	12	12	*PASS*
Level 3.5: Quality Control	3M+1=10	11	6	*FAIL*
Level 4: Management Information	2M+2=8	8	4	*FAIL*
Level 4.5 External Integration	3M+2=11	13	10	*FAIL*
Level 5 Customer Interface	5M=10	10	10	*PASS*
Total	**89**	**100**	**83**	

Berdasarkan hasil dari kuesioner ditunjukkan bahwa hasil *Maturity Level* pada praktek *Incident Management* di PT. Bukit Asam Tbk berada pada *Level 3 Product* dengan skor *PASS* berjumlah 53 poin dan skor yang dicapai adalah 83, selisih untuk skor sempurna adalah 17 poin.

Tabel 2. Hasil Tingkat Kematangan Problem Management PT. Bukit Asam Tbk
Sumber: Peneliti

Level	***Minimum Pass***	***Maximum Pass***	***Achievement***	***Status PASS/FAIL***
Level 1: Pre-requisites	M+1=5	7	6	*PASS*
Level 1.5: Management Intent	M+2=6	8	7	*PASS*
Level 2: Process Capability	3M+2=17	20	18	*PASS*
Level 2.5: Internal Integration	2M+2=12	14	13	*PASS*
Level 3: Product	2M+2=12	6	6	*PASS*
Level 3.5: Quality Control	2M+1=9	10	10	*PASS*
Level 4: Management Information	2M+1=9	10	8	*FAIL*
Level 4.5 External Integration	M+4=10	15	9	*FAIL*
Level 5: Customer Interface	5M=10	10	10	*PASS*
Total	**82**	**100**	**87**	

Berdasarkan hasil dari kuesioner ditunjukkan bahwa hasil *Maturity Level* pada praktik *Problem Management* di PT. Bukit Asam Tbk berada pada *Level 3.5 Quality Control* dengan skor *PASS* berjumlah 60 poin dan skor yang dicapai adalah 87, selisih untuk skor sempurna adalah 13 poin.

2. *Gap Analysis*

Analisis *gap* dilakukan dengan melihat nilai *Maturity Level* pada kondisi saat ini kemudian membandingkan dengan nilai *Maturity Level* untuk kondisi mendatang (Mahardika & Emanuel, 2023). Rumus perhitungan dilakukan menggunakan $Q = P(perception) - E(expectation)$. Berikut adalah *gap level* saat ini dengan target sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Gap Maturity Level Self Assessment ITIL V4*
Sumber: Peneliti

ITIL Practices	**Level Saat Ini**	**Target**	***Gap***
Incident Management	3	4	1
Problem Management	3.5	4	0.5

Berdasarkan tabel 3 dapat diketahui PTBA telah berhasil mengimplementasikan sebagian besar proses yang terdapat pada praktik *Incident Management* ITIL V4. Namun

demikian, masih terdapat beberapa proses yang gagal dipenuhi pada praktik *Incident Management*.

Tabel 4. Kesenjangan antara Kondisi Eksisting PTBA dengan Kondisi Ideal *ITIL V4* pada Praktik *Incident Management*
Sumber: Peneliti

Aktivitas	**Kondisi Saat Ini**	**Kondisi Ideal ITIL V4**	***Gap Analysis***
Incident Identification	PTBA memiliki "Aplikasi *Service Desk* TI" dan via *email* yang untuk dapat melaporkan permasalahan pengguna, sehingga melalui platform ini pengguna dapat melakukan *ticketing* untuk permintaan layanan.	Tersedia media yang dapat menampung permintaan pengguna, sehingga seluruh permintaan dapat dikumpulkan untuk diidentifikasi masalah yang sedang terjadi.	PTBA telah memiliki *platform* yang dapat digunakan untuk menampung permasalahan dan berbagai permintaan layanan dari pengguna.
Incident Logging	Permasalahan yang dilaporkan pada aplikasi *Service Desk* TI dan *email* dikumpulkan dan kemudian diolah menjadi laporan berupa *incident record.*	Tersedia dokumentasi permasalahan melalui *email*, telepon, sms, formulir, maupun platform khusus yang bisa digunakan untuk merancang *incident record* yang memuat waktu, kejadian, deskripsi, dan dampak insiden.	Perusahaan telah memiliki *incident record* dalam bentuk laporan bulanan, yang mana laporan ini juga akan diverifikasi terlebih dahulu sebelumnya diberikan kepada pihak manajemen.
Incident Categorization	PT. Bukit Asam Tbk memiliki Dokumen *Service Portofolio* yang berisi panduan bagi para staf untuk mengelompokkan insiden berdasarkan permasalahannya.	Insiden dikelompokkan kedalam beberapa jenis dan karakteristiknya	PTBA telah mengkategori insiden, dan *Service Desk* juga melakukan SLA sesuai dengan standar yang telah diatur pada Dokumen *Service Portofolio*

Incident Prioritization	PTBA memprioritaskan insiden berdasarkan *client* atau penggunanya. Pengguna terbagi kedalam dua kategori yakni VIP dan *reguler*, dengan waktu respon dan penyelesaian berbeda untuk masing-masing kategori.	Adanya tingkatan prioritas insiden agar dapat menentukan urutan penangan sehingga dampak yang ditimbulkan dapat dikendalikan.	PTBA telah menentukan prioritas, namun prioritas ditetapkan berdasarkan jenis pengguna bukan berdasarkan dampak yang ditimbulkan dari insiden.
Incident Diagnosis	Dirancang laporan Layanan Aplikasi dan Operasional TI untuk identifikasi awal penyebab dan dampak dari insiden, dan insiden berulang.	Perusahaan harus memiliki database *known error* yang dapat digunakan untuk identifikasi awal penyebab dan dampak dari insiden.	PTBA telah memanfaatkan laporan untuk mengidentifikasi penyebab dan dampak dari insiden.
Incident Escalation	PTBA memiliki empat layer dalam menangani masalah, layer pertama adalah *Service Desk* TI, kedua yakni teknisi terkait permasalahan, ketiga spesialis, dan keempat adalah pihak eksternal seperti vendor khusus.	Perusahaan harus memiliki level staff dalam menangani permasalahan, terutama masalah yang sifatnya kompleks.	PTBA telah menerapkan eskalasi insiden untuk menangani permasalahan yang lebih kompleks.
Resolution and Recovery	PTBA memiliki Dokumen *Knowledge Base* yang dapat diakses oleh semua *user* untuk *troubleshoot* mandiri, dan jika permasalahan tidak dapat ditangani, maka pihak *Service Desk* TI dan teknisi terkait yang akan dilibatkan pada proses penangananya.	Permasalahan diperbaiki sesuai dengan teknisi terkait, selain itu perusahaan juga harus memiliki Dokumen *Knowledge Base* yang memuat solusi sementara maupun permanen.	PTBA telah memiliki Dokumen *Knowledge Base* yang bisa digunakan *user* untuk trobleshooting mandiri.

Incident Closure	Penilaian *user* terhadap layanan dapat dilihat pada Aplikasi *Helpdesk* TI, setiap tiga bulan sekali terdapat survei melalui form tingkat kepuasan pengguna. Selain itu, dilakukan audit *Balance Score Card* untuk memeriksa apakah pihak *Incident Management* telah berhasil mendukung kebutuhan bisnis melalui pelayanan TI. Selanjutnya informasi tersebut dikelola sebagai agenda untuk evaluasi peningkatan layanan TI.	Tersedia platform maupun media lain yang dapat menampung pendapat pengguna terkait masalah yang telah diperbaiki, hal ini juga bertujuan untuk mengetahui apakah pengguna sudah merasa puas dengan layanan yang diberikan, sehingga selanjutnya pendapat tersebut dapat digunakan sebagai landasan dalam perbaikan berkelanjutan.	Perusahaan telah melakukan survei dan pemantauan kepuasan pengguna melalui platform yang disediakan, kemudian berdasarkan informasi dari penilaian tersebut perusahaan dapat merancang peningkatan layanan TI.

Berdasarkan tabel 4 dapat diketahui bahwa PTBA telah berhasil mengimplementasikan sebagian besar proses yang terdapat pada praktik *Problem Management* ITIL V4, namun disamping itu juga masih terdapat beberapa proses yang gagal dipenuhi pada praktik *Problem Management*, berikut merupakan hasil dari *Gap Analysis* kondisi saat ini dengan kondisi ideal dari *Maturity* Self Assessment ITIL V4 pada praktik *Problem Management*.

Tabel 5. Kesenjangan antara Kondisi Eksisting PTBA dengan Kondisi Ideal *ITIL V4* pada Praktik *Problem Management*
Sumber: Peneliti

Aktivitas	**Kondisi Saat Ini**	**Kondisi Ideal ITIL V4**	***Gap Analysis***
Problem Identification	Permintaan *user* pada Aplikasi *Helpdesk* TI dan *email* disusun dalam laporan, yang memuat deskripsi, sifat, waktu, dan dampak masalah.	Tersedia laporan kinerja berdasarkan operasional TI yang berisi dampak, waktu, dan deskripsi permasalahan.	Perusahaan telah memiliki laporan kinerja yang bisa digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan.

Categorization and Prioritization	Pada Dokumen *Service Portofolio* terdapat panduan untuk mengkategorikan dan menetapkan prioritas. Prioritas ditentukan berdasarkan jenis *client* yakni VIP dan reguler dengan waktu respon dan penyelesaian yang berbeda.	Pengklasifikasian masalah berdasarkan jenis seperti software, hardware, jaringan dan keamanan. Perusahaan juga harus bisa menetapkan prioritas permasalahan untuk menekankan dampaknya.	PTBA telah mengkategorikan masalah berdasarkan panduan dari dokumen yang ada, namun prioritas belum ditentukan berdasarkan dampaknya.
Root Cause Analysys	PTBA memiliki Laporan Layanan Aplikasi dan Operasional TI yang menyediakan informasi terkait permasalahan dan juga informasi terkait insiden berulang.	Mengidentifikasi penyebab dan dampak permasalahan serta hubungannya untuk mencegah adanya insiden berulang yang saling memiliki keterkaitan.	PTBA telah memanfaatkan laporan yang ada untuk mengidentifikasi sebab dan akibat dari suatu permasalahan sehingga bisa diketahui insiden berulang yang memiliki keterkaitan.
Solution Development	Dokumen Tata Laksana *Service Desk* sebagai pedoman untuk penanganan masalah seperti mengidentifikasi dan mencatat sifat dari masalah tersebut, sehingga bisa dirancang solusi perbaikan.	Mengembangkan solusi sementara maupun permanen untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan.	Pengembangan solusi berjalan dengan baik, permasalahan diidentifikasi untuk mengetahui hubungan sebab dan akibatnya sesuai dengan prosedur yang ada pada Dokumen Tata Laksana *Service Desk*.
Solution Implementation	Penerapan solusi berjalan dengan baik, para staff telah mengikuti prosedur dari Dokumen Tata Laksana *Service Desk*, serta PTBA memiliki Dokumen *Knowledge Base* yang bisa diakses oleh pengguna untuk *troubleshoot* mandiri	Solusi yang telah disusun diuji untuk memastikan efektivitasnya tidak mengganggu layanan. Setelah berhasil, solusi diterapkan dan dipastikan agar tidak menimbulkan masalah baru.	Perusahaan telah mengani permasalahans esuai dengan solusi yang dirancang, namun belum ada pengujian apakah solusi tersebut tidak akan mengganggu layanan lain.

Monitoring and Evaluation	Pihak *problem* manajemen mengevaluasi untuk memastikan apakah target telah sesuai dan tidak ada lagi masalah berulang, selain itu dilakukan peninjauan ulasan pengguna yang pada aplikasi *Service Desk*, dan hasil tinjauan digunakan sebagai bahan evaluasi untuk perbaikan berkelanjutan.	Solusi yang diimplementasikan ditinjau untuk memastikan tidak ada masalah berulang, dan evaluasi juga dilakukan untuk mengetahui apakah sejauh mana solusi tersebut berpengaruh.	PTBA belum mengevaluasi sejauh mana solusi yang diterapkan telah berdampak, namun telah melakukan peninjauan solusi berdasarkan ulasan dari pengguna untuk memastikan bahwa tidak ada masalah berulang yang terjadi. Hasil peninjauan disusun ke dalam Laporan Layanan Aplikasi dan Operasional TI untuk merancang perbaikan berkelanjutan
Documentation and Reporting	Perusahaan memiliki Laporan Layanan Aplikasi dan Operasional TI yang didalamnya memuat semua detail analisis dari permasalahan yang dilaporkan oleh pengguna. Laporan juga diberikan kepada pihak manajemen atas untuk ditinjau kembali hasil laporan tersebut.	Mencatat semua detail terkait permasalahan, baik itu sifat, sebab dan akibat, solusi sementara maupun permanen, dan hasil evaluasi. Kemudian seluruh hasil analisis disusun ke dalam suatu laporan untuk ditinjau kembali oleh stakeholder terkait.	Perusahaan telah mencatat dan mendokumentasikan semua detail terkait permasalahan ke dalam Laporan Layanan Aplikasi dan Operasional TI, kemudian laporan ini juga diberikan kepada stakeholder terkait untuk ditinjau kembali hasilnya.
Continual Improvement	Laporan Layanan Aplikasi dan Operasional TI mencatat ulasan dari para pengguna, ulasan ini kemudian dijadikan sebagai informasi untuk menyusun perbaikan berkelanjutan.	Mengidentifikasi setiap informasi yang bisa diambil dari hasil laporan permasalahan untuk menyusun solusi perbaikan berkelanjutan yang dapat menyesuaikan kebutuhan penggunanya.	PTBA telah memanfaatkan informasi pada laporan dan ulasan pengguna untuk menyusun solusi perbaikan berkelanjutan sesuai dengan kebutuhan dari para penggunanya yang terus berubah-ubah.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan penelitian *Maturity Level* manajemen layanan TI di PT. Bukit Asam Tbk menggunakan Framework ITIL V4 pada praktik *Incident Management* dan *Problem Management* diperoleh beberapa hasil yakni:

1. Pengukuran *Maturity Level* manajemen layanan TI di PTBA berdasarkan framework ITIL V4 pada praktik *Incident Management* berada pada *Level* 3 (*Product*). Praktik *Incident Management* di PT. Bukit Asam Tbk saat ini menunjukkan kondisi yang cukup baik. PTBA menyediakan Dokumen *Service Portofolio* dan Tata Laksana *Service Desk* yang bisa digunakan sebagai acuan dalam prosedur *incident management* mulai dari proses identifikasi, dokumentasi, klasifikasi, prioritas insiden, eskalasi, penanganan, hingga penutupan insiden. Setiap bulan juga disusun Laporan Layanan Aplikasi yang mencakup sifat, klasifikasi, dan penanganan insiden. Selain itu juga pihak *Incident Management* juga menyediakan Dokumen *Knowledge Base* yang dapat digunakan oleh oleh pengguna untuk melakukan *troubleshoot* secara mandiri. Namun masih terdapat kelemahan yakni pelatihan formal untuk Staf *Incident Management* yang belum konsisten, sehingga pemahaman staf terhadap prosedur, dan standar masih terbatas. Selain itu, target yang belum ditetapkan dengan jelas berpotensi mengakibatkan inkonsistensi penanganan insiden, serta belum ada koordinasi yang terstruktur antara pihak *Incident Management* dengan Change *Management* dan *Service Level Management* menyebabkan pertukaran informasi masih terbatas.
2. Terdapat *gap* pada praktik *Incident Management* di PTBA, yang mana kondisi saat ini berada pada level 3, dan kondisi target adalah level 4. Sehingga $Q = P(perception) - E(expectation) = 4 - 3 = 1$, artinya perusahaan masih memiliki selisih 1 tingkatan untuk mencapai kondisi yang diharapkan. Berdasarkan hasil analisis *gap* kondisi aktual dengan standar ITIL V4, dapat diketahui PTBA umumnya telah mengimplementasikan praktik *Incident Management* dengan cukup baik. Perusahaan telah berhasil menjalankan sebagian besar aktivitas inti, seperti identifikasi, dokumentasi, klasifikasi, eskalasi, penanganan, dan penutupan insiden. Namun, masih terdapat kesenjangan dalam aspek prioritas, yang mana penetapan prioritas lebih berfokus pada jenis pengguna (VIP dan *reguler*) dibandingkan berdasarkan dampak yang ditimbulkan dari insiden.

3. Pengukuran *Maturity Level* pada manajemen layanan TI di PT Bukit Asam Tbk berdasarkan framework ITIL V4 pada praktik *Problem Management* berada pada Level 3.5 (*Quality Control*). Praktik *Problem Management* di PTBA menunjukkan kondisi yang baik. Sebagian aktivitas inti telah dilaksanakan sesuai dengan kerangka kerja ITIL V4. Seluruh laporan dan permintaan pada Aplikasi *Helpdesk* TI telah didokumentasikan dalam Laporan Layanan Aplikasi dan Operasional TI yang mencakup sifat, waktu, dampak, dan deskripsi permasalahan. Laporan ini digunakan untuk menganalisis akar penyebab masalah (Root Cause Analysis) untuk mengetahui hubungan antar insiden berulang. PTBA juga memiliki Dokumen *Service Portofolio* dan Tata Laksana TI yang menjadi pedoman dalam pengelompokkan, penetapan prioritas, eskalasi, dan pengembangan solusi sementara maupun permanen untuk suatu masalah. Kemudian, para staf juga telah menyusun solusi tersebut kedalam Dokumen *Knowledge Base* yang dapat digunakan untuk melakukan *troubleshoot* secara mandiri. Selain itu, perusahaan juga telah memanfaatkan ulasan pengguna terhadap layanan yang diterimanya untuk agenda yang dibahas dalam rapat bulanan dan acuan dalam perbaikan berkelanjutan. Namun demikian, masih terdapat kelemahan pada koordinasi lintas bidang teknis, dan pemantauan efektivitas dari solusi yang diterapkan, serta penetapan prioritas RFC (*Request for Change*) belum didasarkan pada dampak yang ditimbulkan.
4. Terdapat *gap* pada praktik *Problem Management* saat ini berada pada *Level* 3.5, dan kondisi target adalah *Level* 4. Sehingga $Q = P(perception) - E(expectation) = 4 - 3.5 = 0.5$, artinya perusahaan masih memiliki selisih 0.5 tingkatan untuk mencapai kondisi yang diharapkan. Berdasarkan hasil analisis *gap*, ditemukan bahwa masih terdapat kesenjangan antara kondisi saat ini dengan standar praktik *Problem Management* ITIL V4. Praktik *Problem Management* di PTBA umumnya telah berjalan dengan baik dan proses inti telah berhasil dilaksanakan, diantaranya seperti identifikasi masalah, dokumentasi, eskalasi, pengembangan dan implementasi solusi perbaikan, serta pemanfaatan ulasan pengguna sebagai bahan peningkatan berkelanjutan. Namun demikian, masih terdapat beberapa kelemahan, seperti penentuan prioritas masalah masih berdasarkan pada jenis penggunanya (VIP dan *reguler*), belum dilakukan

pengujian solusi sebelum implementasi, dan proses evaluasi pengaruh dari solusi yang diterapkan belum sepenuhnya sistematis.

Berdasarkan penelitian *Maturity Level* manajemen layanan TI di PTBA menggunakan *Framework* ITIL V4 pada praktik *Incident Management* dan *Problem Management* diperoleh rekomendasi sesuai dengan layanan TI di PTBA, yakni:

1. Rekomendasi pada Layanan Jaringan Internal adalah berupa implementasi monitoring jaringan yang terintegrasi untuk deteksi dini gangguan insiden agar dapat dimonitoring langsung oleh manajer. Selanjutnya PTBA diharapkan dapat menyusun dokumentasi lengkap terkait layanan jaringan dan komunikasi untuk membantu *troubleshoot*ing. Selain itu pengembangan layanan jaringan berbasis *cloud* juga diperlukan untuk meningkatkan fleksibilitas dan skalabilitas IT *Helpdesk.*
2. Rekomendasi pada Layanan *End-user Computing* adalah dengan penerapan layanan helpdesk dengan dukungan *remote support* untuk penanganan cepat dengan *second line support* dan *third party supplier*. Selain itu juga, perusahaan diharapkan dapat menyusun program pelatihan yang lebih formal, terstruktur, berkala termasuk bagi staf baru, sehingga staf secara konsisten dapat memahami panduan, prosedur, maupun standar layanan.
3. Rekomendasi pada Layanan Solusi Bisnis adalah seperti menambahkan e-learning atau pelatihan online agar jangkauan lebih luas dan fleksibel. PTBA juga harus menyediakan data yang diperlukan oleh pengguna dan memastikan kualitas, keakuratan, serta keamanan data. Selanjutnya perusahaan juga perlu mengembangkan aplikasi baru yang sesuai dengan kebutuhan bisnis untuk mendukung proses kerja dan efisiensi perusahaan. Selain itu, PTBA perlu melakukan evaluasi menyeluruh pada dokumentasi insiden dan permasalahan.
4. Rekomendasi pada Layanan Dukungan Pelanggan adalah dengan memastikan bahwa katalog layanan TI selalu diperbarui dan mensialisasikannya kepada pengguna, sehingga informasi terkait layanan selalu akurat dan relevan. PTBA juga perlu mengembangkan SLA layanan TI yang telah disesuaikan dengan kebutuhan pengguna dengan tujuan agar waktu respon dan penyelesaian insiden dan masalah sesuai dengan harapan

penggunanya. Beserta menyusun rekomendasi layanan TI menjadi SOP atau proposal resmi agar staf dan manajemen mempunyai panduan yang jelas dalam mengambil keputusan.

5. Rekomendasi pada Layanan Aplikasi adalah PTBA diharapkan dapat melakukan *monitoring* kepatuhan SLA melalui dashboard untuk memastikan bahwa performa layanan telah sesuai dengan target. Selain itu juga dengan pemantauan ini, gangguan dapat dideteksi lebih awal, sehingga dampaknya dapat diminimalisir. Selanjutnya perusahaan dapat menetapkan jadwal release pembaruan layanan aplikasi yang terkoordinasi, sehingga tidak mengganggu operasional bisnis perusahaan. Melakukan *backup* aplikasi & *database* terjadwal untuk mencegah kehilangan data, serta mempermudah pemulihan apabila terjadi gangguan sistem. Terakhir PTBA perlu menetapkan prioritas berdasarkan dampak yang ditimbulkan dari gangguan, sehingga masalah yang paling kritis dapat ditangani terlebih dahulu agar dampak buruk pada layanan yang dapat mengganggu proses bisnis dapat diminimalisir.

REFERENSI

Andika, JR, & Pakarbudi, A (2025). Evaluasi Manajemen Layanan TI pada PT. Mukti Adhi Sejahtera melalui Pengukuran Maturity Level ITIL V3. *Prosiding Seminar Nasional Teknik* ..., ejurnal.itats.ac.id, https://ejurnal.itats.ac.id/snestik/article/view/7132

Ayu, KK, Utomo, AP, & Mariana, N (2025). Evaluasi Integrasi ITIL dan COBIT 5 untuk Manajemen Layanan TI ICRM+. *Jurnal Informatika*, journal.darmajaya.ac.id, https://journal.darmajaya.ac.id/index.php/JurnalInformatika/article/view/999

Apriza, D, & Sutabri, T (2024). Analisis Kualitas Layanan TI pada Aplikasi Bimbingan TA UIN Raden Fatah Palembang dengan Menggunakan Framework ITIL V3. *TEKNIKA*, jurnal.polsri.ac.id, https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/teknika/article/view/8582

Aleksi, A, & Afrina, M (2023). Pengukuran Tingkat Kematangan Layanan TI Pada UPT Perpustakaan Universitas Sriwijaya Menggunakan Framework COBIT 2019. *JUSTIN (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi)*

Creswell, J. W. (2015). *A Concise Introduction to Mixed Methods Research*. https://books-googlecoid.translate.goog/books?id=51UXBAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=i

d&source=gbs_ge_summary_r&cad=0&_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc#v=onepage&q&f=false

Faturrahmamn, TA (2025). Analisis Perbandingan Implementasi COBIT 5 dan ITIL v4 dalam Konteks Manajemen Layanan TI Governance. *Journal of Education Informatic Technology ...*, ejurnal.umri.ac.id, https://ejurnal.umri.ac.id/index.php/JeITS/article/view/8822

How to Improve Your IT Incident Management Processes. (2023). Device42. https://www.device42.com/blog/2023/01/27/how-to-improve-your-it-*Incident Management*-processes/

Imron, A (2025). Analisis dan Desain Pengguna Layanan TI dalam Manajemen Masalah dan Insiden. *REMIK: Riset dan E-Jurnal Manajemen Informatika ...*, jurnal.polgan.ac.id, https://www.jurnal.polgan.ac.id/index.php/remik/article/view/14630

Mahardika, W. K., & Emanuel, A. W. R. (2023). Analisis Layanan Teknologi Informasi Menggunakan Framework ITIL V.3 (Studi Kasus: Perpustakaan UKDW). *Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi Dan Komputer)*, *12*(2), 205–211.

Mambu, J. Y., Matindas, E., Adam, S., & Wulyatiningsih, T. (2023). Self Assessment Manajemen Layanan Menggunakan Framework Information Technology Infrastructure Library (ITILv4) Pada *Incident Management* Rumah Sakit Hermina, Lembean, Sulawesi Utara. *Jurnal Informasi Dan Teknologi*, *5*(2), 9–18. https://doi.org/10.37034/jidt.v5i2.319

Nasarudin, Rahayu, M., Asyari, D. P., Sofyan, A., Fadli, M., Hari, K. K., Nehe, B. M., Manarfa, L. O. M. R. A. U., Yelfiza, Mulyati, E., Abbas, S., Safli, M., & Sarie, F. (2024). *Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Method)*. https://books.google.co.id/books?id=rFErEQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=method+penelitian+mixed+method+sugiyono&hl=id&nebks_redir=0&source=gb_mobile_search&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Nugraha, W (2021). Analisis Layanan Ti Pada Domain Service Operation Dengan Menggunakan Framework Itil V3. *JUSIM (Jurnal Sistem Informasi Musirawas)*, academia.edu, https://www.academia.edu/download/100819597/753.pdf

Rahayu, I (2023). *Analisis Studi Literatur tentang Pengenalan Sistem Manajemen Mutu Proyek TI untuk Meningkatkan Kualitas Layanan Restoran XYZ.*, cyberarea.id, http://cyberarea.id/index.php/cyberarea/article/view/325

Setiyono, NC, & Kurniawan, Y (2024). Adopsi Kerangka Kerja Itil 3.0 untuk Perancangan Manajemen Layanan Si/ti pada Perusahaan Manufaktur (Studi Kasus: PT Xyz). *Kurawal-Jurnal Teknologi ...*, jurnal.machung.ac.id, http://jurnal.machung.ac.id/index.php/kurawal/article/view/1077

Sihombing, A (2024). *Penerapan Metode TF-IDF dan Deep Neural Network (DNN) pada Chatbot Layanan Informasi Akademik Fasilkom-TI USU.*, repositori.usu.ac.id, https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/96016

Performance Evaluation of ARIMA, LSTM, and Hybrid ARIMA–LSTM Models for Daily Solar Energy Prediction in Bali

Aslimah[1)*], Sajarwo Anggai[2)], Tukiyat[2)]

[1)]Balai Besar Meteorologi Klimatologi & Geofisika Wilayah II Tangerang Selatan
[1)2)3)]Teknik Informatika S-2, Program Pascasarjana, Universitas Pamulang
***)Correspondence author:** Aslimah, aslimah@bmkg.go.id, Tangerang Selatan, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3283

Abstract

Solar energy is one of the most promising renewable energy sources in Indonesia, particularly in Bali, which has relatively high solar irradiance throughout the year. However, daily variability in solar radiation caused by weather conditions and atmospheric factors leads to fluctuations in solar energy production, making accurate forecasting essential for effective energy planning. This study aims to evaluate the performance of the Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA), Long Short-Term Memory (LSTM), and hybrid ARIMA–LSTM models in forecasting daily solar energy at the Jembrana Climatological Station, Bali. The dataset consists of 10-minute solar radiation observations obtained from an Automatic Weather Station (AWS) for the period January 2023 to September 2025, which were aggregated into daily solar energy values expressed in kWh/m². Data preprocessing included missing value handling, outlier correction, normalization, and an 80:20 split between training and testing datasets. Model performance was evaluated using Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), and Mean Absolute Percentage Error (MAPE). The results show that the hybrid ARIMA–LSTM model achieved the best performance, with an RMSE of 0.960 kWh/m², MAE of 0.771 kWh/m², and MAPE of 22.245%, outperforming both the ARIMA and LSTM models. These findings indicate that the hybrid approach is more effective in capturing both linear and nonlinear characteristics of daily solar energy time series.

Keywords: *Solar Energy, Time Series Forecasting, ARIMA, LSTM, Hybrid ARIMA–LSTM*

Abstrak

Energi surya merupakan sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar di Indonesia, khususnya di wilayah Bali yang memiliki intensitas radiasi matahari relatif tinggi sepanjang tahun. Namun, variabilitas radiasi matahari akibat kondisi cuaca dan faktor atmosfer menyebabkan fluktuasi produksi energi surya, sehingga diperlukan metode prediksi yang akurat untuk mendukung perencanaan sistem energi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA), Long Short-Term Memory (LSTM), dan hybrid ARIMA–LSTM dalam memprediksi energi surya harian di Stasiun Klimatologi Jembrana, Bali. Dataset yang digunakan berupa data radiasi matahari hasil pengamatan Automatic Weather Station (AWS) dengan resolusi 10 menit pada periode Januari 2023 hingga September 2025, yang dikonversi menjadi data energi surya harian dalam satuan kWh/m². Data diproses melalui tahapan pra-pemrosesan meliputi penanganan missing value, koreksi outlier, normalisasi, serta pembagian data latih dan data uji dengan rasio 80:20. Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan metrik Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model hybrid ARIMA–LSTM memberikan kinerja terbaik dengan nilai RMSE sebesar 0,960 kWh/m², MAE sebesar 0,771 kWh/m², dan MAPE sebesar 22,245%, lebih baik dibandingkan model

ARIMA dan LSTM. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan hybrid lebih efektif dalam memodelkan karakteristik linier dan nonlinier deret waktu energi surya harian

Kata Kunci : Energi Surya, Prediksi Deret Waktu, ARIMA, LSTM, Hybrid ARIMA–LSTM

PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi global serta keterbatasan sumber energi fosil mendorong pengembangan energi terbarukan sebagai solusi berkelanjutan. Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang paling potensial karena ketersediaannya yang melimpah dan sifatnya yang ramah lingkungan (Ali & Windarta, 2020). Indonesia sebagai negara tropis memiliki intensitas radiasi matahari yang relatif tinggi sepanjang tahun, sehingga memiliki peluang besar dalam pengembangan energi surya.

Wilayah Bali memiliki potensi energi surya yang signifikan dan berperan penting dalam mendukung ketahanan energi daerah. Namun, pemanfaatan energi surya sangat dipengaruhi oleh variabilitas radiasi matahari yang berubah secara harian akibat kondisi cuaca, tutupan awan, dan faktor atmosfer lainnya. Variabilitas ini menyebabkan fluktuasi produksi energi listrik dari sistem fotovoltaik, yang dapat berdampak pada ketidakstabilan sistem kelistrikan apabila tidak diantisipasi dengan perencanaan yang baik.

Prediksi energi surya harian menjadi komponen penting dalam perencanaan operasional pembangkit listrik tenaga surya. Prediksi yang akurat dapat membantu pengelolaan beban, perencanaan kapasitas, serta pengambilan keputusan dalam sistem energi berbasis surya. Oleh karena itu, diperlukan metode prediksi yang mampu merepresentasikan karakteristik deret waktu energi surya secara akurat dan andal.

Model statistik klasik seperti Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) telah banyak digunakan dalam pemodelan deret waktu karena kemampuannya dalam menangkap pola linier (Chodakowska et al., 2023; Colak, 2024; Moroki & Septy Wauran, 2019). Namun, model ARIMA memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan pola nonlinier yang sering muncul pada data energi surya akibat pengaruh cuaca yang kompleks. Seiring dengan perkembangan teknologi komputasi, pendekatan pembelajaran mendalam seperti Long Short-Term Memory (LSTM) mulai banyak diterapkan karena kemampuannya

dalam memodelkan hubungan nonlinier dan ketergantungan jangka panjang dalam data deret waktu (Gider et al., 2022; Golam et al., 2022; Sari et al., 2022).

Meskipun demikian, model LSTM tidak secara eksplisit memisahkan komponen linier dan nonlinier dalam data. Oleh karena itu, dikembangkan pendekatan hybrid ARIMA–LSTM yang mengombinasikan keunggulan ARIMA dalam memodelkan pola linier dan LSTM dalam menangkap pola nonlinier residual (Hoai Thu et al., 2022; Wu et al., 2024). Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja model ARIMA, LSTM, dan hybrid ARIMA–LSTM dalam memprediksi energi surya harian di Bali.

METODE PENELITIAN

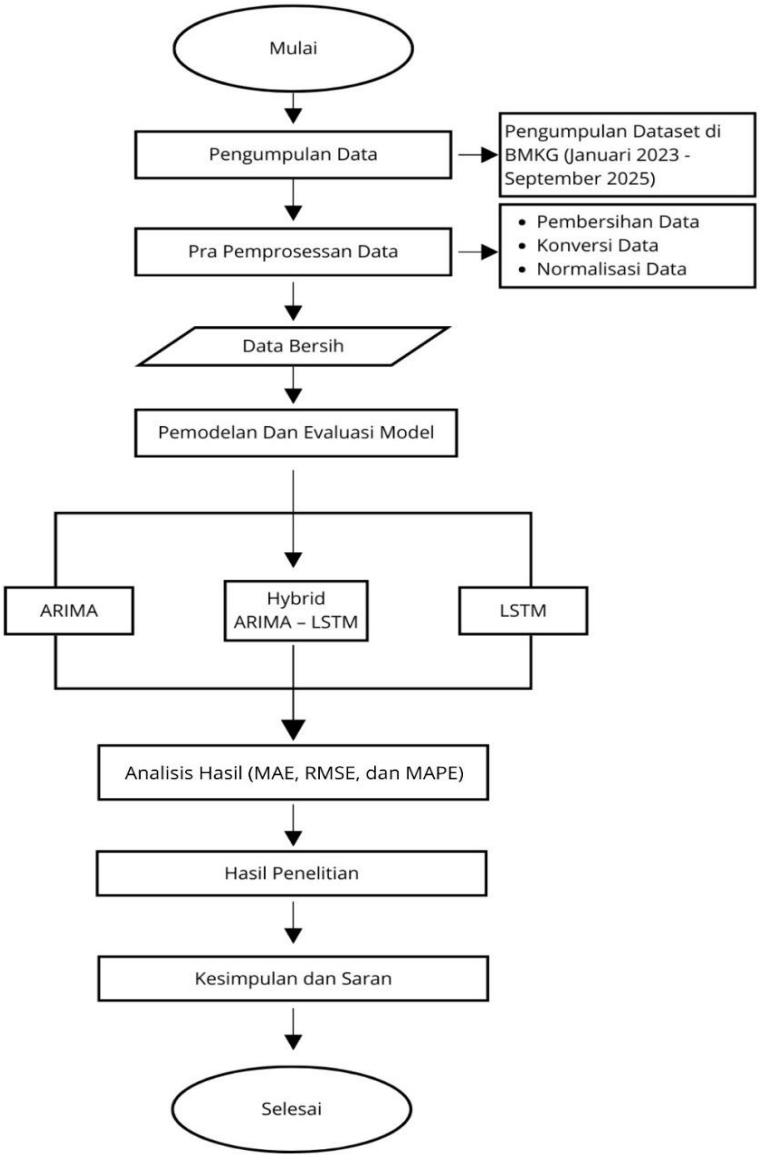
Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan pemodelan deret waktu (time series forecasting). Fokus penelitian adalah evaluasi kinerja model ARIMA, LSTM, dan hybrid ARIMA–LSTM dalam memprediksi energi surya harian.

Dataset

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini berupa data energi surya harian di wilayah Bali yang diperoleh dari hasil pengamatan Automatic Weather Station (AWS) stasiun klimatologi Jembrana Bali BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) . Data awal berupa radiasi matahari dengan resolusi waktu 10 menit pada jam 06:00 – 18:00 yang kemudian konversi menjadi data energi surya harian dalam satuan kWh/m². Dengan periode waktu 01 Januari 2023 sampai dengan 30 September 2025 dengan total hari kalender 1004 hari, dimana terdapat 3 data hilang (missing value)

Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode komputasional berbasis deep learning, secara konseptual dapat dirancang sebagai berikut:



Gambar 1. Perancangan Penelitian

Tahapan dimulai dari pengumpulan data dari Staklim Jembrana Bali BMKG (Januari 2023–September 2025), dilanjutkan dengan tahap pra-pemrosesan data meliputi pembersihan, konversi, dan normalisasi, kemudian data bersih digunakan untuk pemodelan dan evaluasi tiga model yaitu ARIMA, LSTM, dan Hybrid ARIMA-LSTM. Selanjutnya, hasil pemodelan dianalisis berdasarkan metrik evaluasi MAE, RMSE, dan MAPE untuk menghasilkan kesimpulan dan saran sebagai akhir dari proses penelitian.

Pra-Pemrosesan Data

Tahapan pra-pemrosesan data merupakan langkah penting untuk memastikan kualitas dan kesiapan data sebelum digunakan dalam pemodelan deret waktu. Pada penelitian ini, pra-pemrosesan dilakukan secara berurutan dan sistematis terhadap data energi surya harian Staklim Jembrana Bali.

Tahap pertama adalah pembentukan deret waktu harian. Data awal berupa radiasi matahari dengan resolusi waktu 10 menit yang tercatat pada rentang waktu 06.00–18.00 WITA. Data radiasi tersebut terlebih dahulu diolah dengan cara agregasi temporal, di mana nilai radiasi 10-menitan dirata-ratakan menjadi data per jam, kemudian seluruh nilai per jam dijumlahkan untuk memperoleh energi surya harian. Proses ini menghasilkan deret waktu energi surya harian dalam satuan kWh/m² yang merepresentasikan total energi matahari yang diterima setiap hari.

Tahap selanjutnya adalah penanganan missing value. Pada periode pengamatan Januari 2023 hingga September 2025, terdapat sejumlah kecil data harian yang tidak tercatat. Untuk menjaga kontinuitas deret waktu dan menghindari distorsi pola temporal, missing value ditangani menggunakan metode interpolasi linier (Sianturi, 2021). Metode ini dipilih karena mempertahankan tren lokal data dan sesuai untuk kasus data hilang yang jumlahnya relatif kecil.

Setelah itu dilakukan koreksi outlier untuk mengurangi pengaruh nilai ekstrem yang tidak merepresentasikan kondisi fisis sebenarnya. Deteksi outlier dilakukan menggunakan pendekatan Interquartile Range (IQR), dengan menentukan batas bawah dan batas atas berdasarkan kuartil pertama (Q1) dan kuartil ketiga (Q3) (Kurniasari et al., 2023). Nilai yang berada di luar rentang tersebut dianggap sebagai outlier dan dikoreksi agar tidak mendominasi proses pelatihan model.

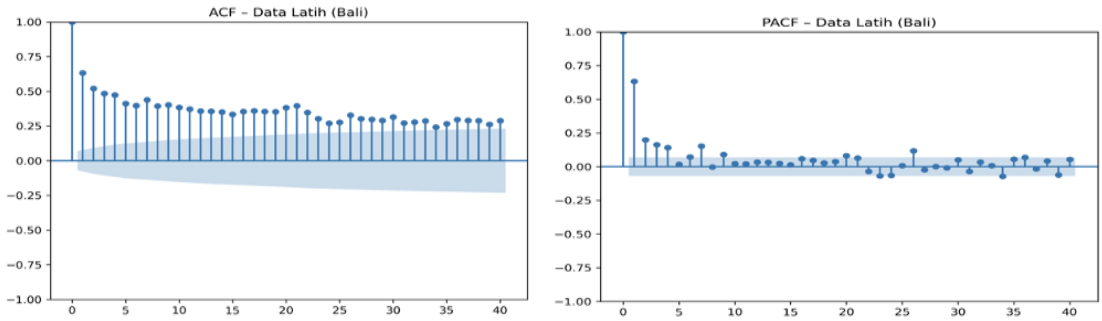
Tahap berikutnya adalah normalisasi data menggunakan metode Min–Max Scaling. Normalisasi ini bertujuan untuk menskalakan data ke dalam rentang [0,1], sehingga mempercepat konvergensi dan meningkatkan stabilitas proses pelatihan model LSTM yang sensitif terhadap skala data (Golam et al., 2022; Teta et al., 2024). Data yang telah

dinormalisasi digunakan khusus pada pemodelan berbasis LSTM dan hybrid ARIMA-LSTM.

Tahap terakhir adalah pembagian data latih dan data uji. Dataset energi surya harian dibagi dengan rasio 80:20, di mana 80% data awal digunakan sebagai data latih dan 20% sisanya sebagai data uji. Pembagian dilakukan secara kronologis tanpa pengacakan untuk menjaga struktur temporal deret waktu, sehingga evaluasi model merepresentasikan kondisi prediksi yang mendekati penerapan nyata.

Pemodelan ARIMA

Pemodelan ARIMA dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan berurutan, diawali dengan uji kestasioneran menggunakan Augmented Dickey-Fuller (ADF), kemudian dilanjutkan dengan identifikasi parameter (p, d, q) berdasarkan pola yang terlihat pada analisis Autocorrelation Function (ACF) dan Partial Autocorrelation Function (PACF) seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. ACF dan PACF Data Latih Staklim Jembrana Bali

Berdasarkan hasil uji dan identifikasi tersebut, dilakukan estimasi parameter dan pemilihan model p, d, q terbaik adalah 2,0,1. Bersama dengan konfirmasi stasioneritas dari uji ADF. Tahap akhir adalah diagnostik residual untuk memastikan model sudah memadai, yang mencakup uji white noise dan uji normalitas residual.

Pemodelan LSTM

Pemodelan Long Short-Term Memory (LSTM) dilakukan untuk menangkap pola nonlinier dan ketergantungan temporal jangka panjang pada deret waktu energi surya harian yang tidak dapat dimodelkan secara optimal oleh pendekatan statistik linier. Sebelum proses pemodelan, data energi surya harian terlebih dahulu dinormalisasi menggunakan metode Min–Max Scaling agar berada pada rentang [0,1], guna meningkatkan stabilitas dan efisiensi proses pelatihan jaringan saraf.

Model LSTM dibangun menggunakan arsitektur satu lapis (single-layer LSTM) dengan konfigurasi parameter yang disesuaikan berdasarkan eksperimen pada tesis, yaitu panjang jendela waktu (look-back) sebesar 14 hari, jumlah unit LSTM sebanyak 32 neuron, batch size sebesar 32, serta proses pelatihan selama 100 epoch. Optimisasi bobot jaringan dilakukan menggunakan optimizer Adam dengan learning rate bawaan (default).

Data latih disusun dalam bentuk pasangan input–output berbasis urutan waktu, sehingga setiap prediksi energi surya harian dipengaruhi oleh informasi dari beberapa hari sebelumnya. Model LSTM kemudian digunakan untuk memprediksi energi surya harian pada data uji, dan kinerjanya dievaluasi menggunakan metrik RMSE, MAE, dan MAPE.

Pemodelan Hybrid ARIMA-LSTM

Model hybrid ARIMA-LSTM dikembangkan untuk mengombinasikan, keunggulan pendekatan statistic, dan pembelajaran mendalam dalam memodelkan deret waktu energi surya harian. Pendekatan hybrid yang digunakan dalam penelitian ini berbasis pemodelan residual, di mana ARIMA digunakan sebagai model utama untuk menangkap komponen linier, sedangkan LSTM digunakan untuk memodelkan komponen nonlinier yang tersisa.

Tahapan pemodelan hybrid diawali dengan membangun model ARIMA(2,0,1) pada data latih untuk menghasilkan prediksi linier energi surya harian. Residual kemudian dihitung sebagai selisih antara nilai aktual dan hasil prediksi ARIMA. Residual ini selanjutnya dinormalisasi dan digunakan sebagai data input untuk melatih model LSTM dengan konfigurasi parameter yang sama seperti pada pemodelan LSTM murni.

Model LSTM residual dilatih untuk mempelajari pola nonlinier yang tidak mampu ditangkap oleh ARIMA. Prediksi akhir energi surya harian pada pendekatan hybrid diperoleh dengan menjumlahkan hasil prediksi ARIMA dan hasil prediksi residual LSTM. Dengan pendekatan ini, model hybrid terbukti mampu merepresentasikan karakteristik linier dan nonlinier secara lebih komprehensif, sehingga meningkatkan akurasi prediksi dibandingkan penggunaan satu model tunggal.

Metode Evaluasi

Evaluasi kinerja model dalam penelitian ini dilakukan menggunakan tiga metrik utama, yaitu Root Mean Square Error (RMSE) untuk mengukur besarnya kesalahan prediksi dengan memberikan bobot lebih pada kesalahan besar, Mean Absolute Error (MAE) yang menghitung rata-rata kesalahan absolut tanpa memperhatikan arah kesalahan, serta Mean Absolute Percentage Error (MAPE) yang menyajikan kesalahan dalam bentuk persentase relatif terhadap nilai aktual, sehingga memungkinkan analisis akurasi yang lebih interpretatif dan komparatif antar model.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemodelan

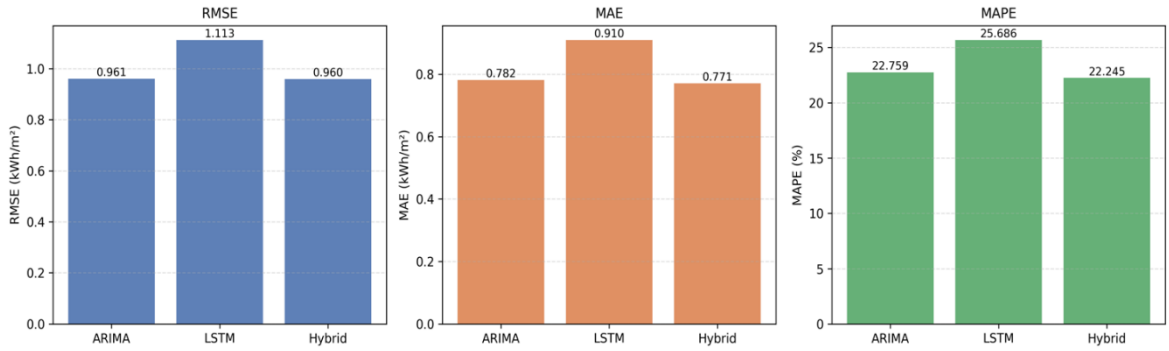
Hasil pemodelan menunjukkan adanya perbedaan kinerja yang jelas antara model ARIMA, LSTM, dan hybrid ARIMA-LSTM dalam memprediksi energi surya harian di Bali. Perbedaan kinerja ini mencerminkan kemampuan masing-masing model dalam merepresentasikan karakteristik deret waktu energi surya yang dipengaruhi oleh dinamika cuaca harian serta kombinasi pola linier dan nonlinier.

Ringkasan hasil evaluasi kinerja ketiga model pada data uji disajikan pada Tabel 1. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE).

Tabel 1. Hasil Evaluasi Kinerja Model ARIMA, LSTM, dan Hybrid ARIMA–LSTM pada Prediksi Energi Surya Harian di Bali

Model	RMSE (kWh/m²)	MAE (kWh/m²)	MAPE (%)
ARIMA (2,0,1)	0,961	0,782	22,759
LSTM	1,113	0,910	25,686
Hybrid ARIMA–LSTM	0,960	0,771	22,245

Untuk memperjelas perbandingan kinerja antar model, hasil evaluasi pada tabel 1 divisualisasikan dalam bentuk grafik batang sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3. Grafik tersebut menampilkan perbandingan nilai RMSE, MAE dan MAPE secara berdampingan sehingga perbedaan tingkat kesalahan antar model dapat diamati secara lebih jelas.



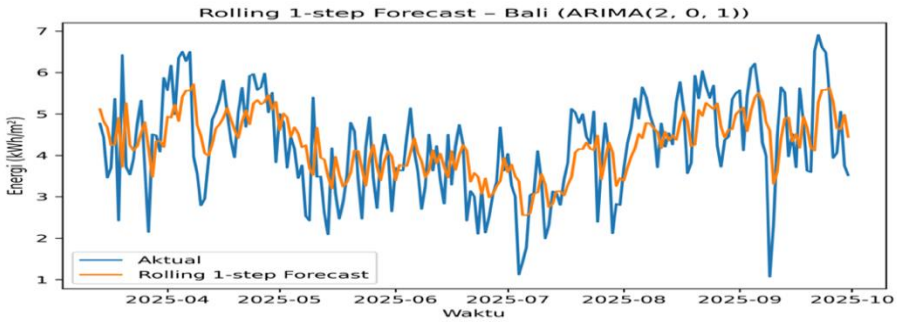
Gambar 3. Grafik Batang RMSE, MAE dan MAPE Staklim Jembrana Bali

Selain evaluasi numerik, performa masing-masing model juga dianalisis secara visual melalui perbandingan antara data aktual dan hasil prediksi energi surya harian.

Analisis Model ARIMA

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 1, model ARIMA terbaik yang diperoleh untuk wilayah Bali adalah ARIMA(2,0,1). Model ini menghasilkan nilai RMSE sebesar 0,961 kWh/m², MAE sebesar 0,782 kWh/m², dan MAPE sebesar 22,759%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model ARIMA cukup efektif dalam menangkap pola linier utama pada deret waktu energi surya harian. Namun, nilai kesalahan yang masih relatif besar mengindikasikan keterbatasan ARIMA dalam mengikuti fluktuasi harian yang bersifat nonlinier akibat variabilitas kondisi atmosfer. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas

mengenai kemampuan model ARIMA dalam memprediksi energi surya harian, hasil prediksi rolling 1-step model ARIMA(2,0,1) dibandingkan dengan data aktual sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.

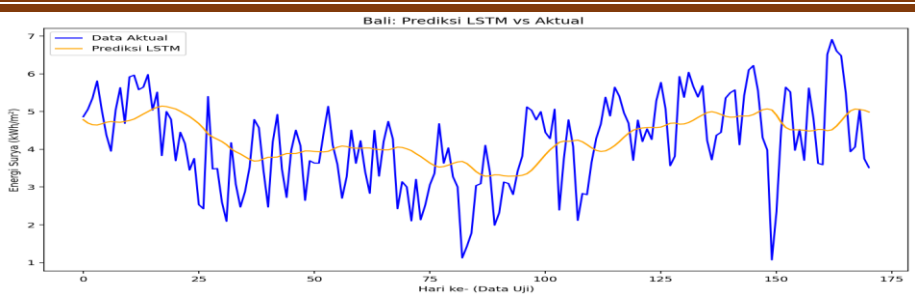


Gambar 4. Rolling One Step Ahead Forecast Staklim Jembrana Bali

Berdasarkan Gambar 4, terlihat bahwa model ARIMA mampu mengikuti tren umum energi surya harian dengan cukup baik, terutama pada periode perubahan yang bersifat gradual. Namun, pada beberapa kejadian fluktuasi tajam, prediksi cenderung lebih halus dan tertinggal dari nilai aktual. Hal ini menunjukkan keterbatasan ARIMA dalam menangkap pola nonlinier yang dipengaruhi oleh variabilitas kondisi atmosfer harian.

Analisis Model LSTM

Model LSTM menghasilkan nilai RMSE sebesar 1,113 kWh/m², MAE sebesar 0,910 kWh/m², dan MAPE sebesar 25,686%. Nilai kesalahan yang lebih tinggi dibandingkan model ARIMA menunjukkan bahwa penerapan LSTM secara mandiri belum memberikan kinerja yang optimal dalam memprediksi energi surya harian di Bali. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun LSTM mampu memodelkan hubungan nonlinier dan ketergantungan jangka panjang, keberadaan komponen linier yang dominan dalam data energi surya harian kurang terakomodasi secara efektif oleh model ini. Visualisasi hasil prediksi energi surya harian menggunakan model LSTM dibandingkan dengan data aktual ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Plot Hasil Prediksi Model LSTM

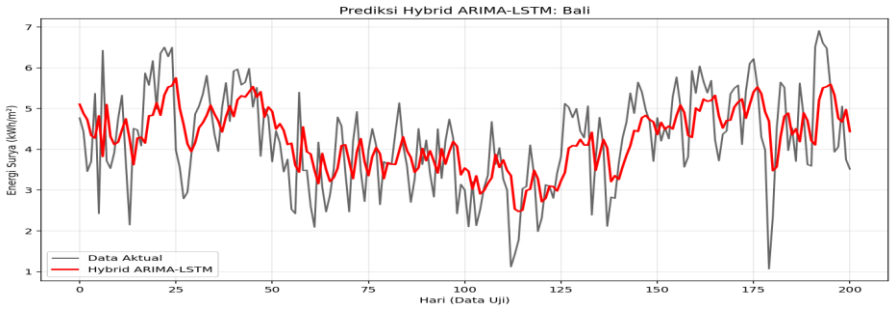
Berdasarkan Gambar 5, prediksi LSTM cenderung membentuk kurva yang lebih halus dibandingkan data aktual dan kurang responsif terhadap perubahan ekstrem. Meskipun LSTM mampu memodelkan hubungan nonlinier dan ketergantungan jangka panjang, keberadaan komponen linier yang dominan dalam data energi surya harian menyebabkan kinerja model ini belum optimal ketika digunakan secara mandiri.

Analisis Model Hybrid ARIMA-LSTM

Model hybrid ARIMA–LSTM menunjukkan kinerja terbaik dibandingkan kedua model lainnya. Model ini menghasilkan nilai RMSE sebesar 0,960 kWh/m², MAE sebesar 0,771 kWh/m², dan MAPE sebesar 22,245%, yang merupakan nilai terendah di antara seluruh model yang diuji. Penurunan nilai RMSE dan MAE menunjukkan bahwa pendekatan hybrid mampu meningkatkan akurasi prediksi dengan mengombinasikan kemampuan ARIMA dalam memodelkan komponen linier dan LSTM dalam menangkap pola nonlinier residual yang tidak dapat dimodelkan oleh ARIMA.

Visualisasi hasil prediksi pada gambar 2 memperkuat hasil numerik yang ditunujkkan pada tabel 1, di mana model Hybrid ARIMA-LSTM secara konsisten menghasilkan nilai kesalahan yang lebih rendah dibandingkan model ARIMA dan LSTM pada seluruh metrik evaluasi. Model LSTM menunjukkan nilai kesalahan tertinggi, sedangkan model ARIMA berada diantara kedua model tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi pendekatan statistic dan pembelajaran mendalam lebih efektif dibandingkan penggunaan satu model tunggal. Hasil prediksi energi surya harian

menggunakan model hybrid ARIMA-LSTM dibandingkan dengan data aktual ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Plot Hasil Prediksi Model Hybrid ARIMA-LSTM Staklim Jembrana Bali

Berdasarkan Gambar 6, terlihat bahwa prediksi hybrid mampu mengikuti tren linier utama sekaligus merespons fluktuasi nonlinier dengan lebih adaptif. Selisih antara nilai aktual dan prediksi secara umum lebih kecil dan lebih konsisten dibandingkan dua model lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan hybrid mampu merepresentasikan karakteristik deret waktu energi surya harian secara lebih komprehensif.

Sintesis dan Implikasi

Secara keseluruhan, baik hasil evaluasi numerik maupun visualisasi prediksi menunjukkan bahwa deret waktu energi surya harian di Staklim Jembrana Bali mengandung komponen linier dan nonlinier yang signifikan. Model ARIMA efektif dalam menangkap pola linier, sedangkan LSTM mampu memodelkan hubungan nonlinier, namun masing-masing memiliki keterbatasan ketika digunakan secara terpisah. Pendekatan hybrid ARIMA-LSTM terbukti lebih efektif dalam meningkatkan kinerja prediksi melalui integrasi keunggulan masing-masing model, sehingga lebih direkomendasikan untuk aplikasi prediksi energi surya harian di wilayah Bali.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil evaluasi kinerja model prediksi energi surya harian di Staklim Jembrana Bali, model hybrid ARIMA–LSTM menunjukkan kinerja terbaik dibandingkan model ARIMA dan LSTM. Model ARIMA(2,0,1) menghasilkan nilai RMSE sebesar 0,961 kWh/m², MAE sebesar 0,782 kWh/m², dan MAPE sebesar 22,759%, sedangkan model LSTM menghasilkan nilai RMSE sebesar 1,113 kWh/m², MAE sebesar 0,910 kWh/m², dan MAPE sebesar 25,686%. Model hybrid ARIMA–LSTM mampu meningkatkan akurasi prediksi dengan menghasilkan nilai RMSE sebesar 0,960 kWh/m², MAE sebesar 0,771 kWh/m², dan MAPE sebesar 22,245%, yang merupakan nilai terendah di antara seluruh model yang diuji. Hasil ini didukung oleh hasil visualisasi prediksi yang menunjukkan bahwa pendekatan hybrid lebih mampu mengikuti tren dan fluktuasi energi surya harian. Oleh karena itu, model hybrid ARIMA–LSTM lebih direkomendasikan untuk prediksi energi surya harian di wilayah Staklim Jembrana Bali.

REFERENSI

Afriansyah, M. (2025). *Application of social media technology in digital tourism promotion*.

Ali, M., & Windarta, J. (2020). Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Energi Bersih yang Ramah Lingkungan. Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan, 1(2), 68–77. https://doi.org/10.14710/jebt.2020.10059

Anggraeni, R., & Nugroho, E. (2020). Sistem informasi geografis berbasis web untuk pemetaan situs sejarah di Kota Semarang. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer, 6*(1), 15–25.

Buhalis, D., & Law, R. (2008). Progress in information technology and tourism management: 20 years on and 10 years after the Internet—The state of eTourism research. *Tourism Management, 29*(4), 609–623. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2008.01.005

Chodakowska, E., Nazarko, J., Nazarko, Ł., Rabayah, H. S., Abendeh, R. M., & Alawneh, R. (2023). ARIMA Models in Solar Radiation Forecasting in Different Geographic Locations. Energies, 16(13). https://doi.org/10.3390/en16135029

Colak, M. (2024). Forecasting of Solar Irradiance Using ARIMA. 13th International Conference on Renewable Energy Research and Applications, ICRERA 2024, 1271–1276. https://doi.org/10.1109/ICRERA62673.2024.10815408

Gider, V., Budak, C., Izci, D., & Ekinci, S. (2022). Daily Solar Radiation Prediction Using LSTM Neural Networks. IEEE Global Energy Conference, GEC 2022, 168–172. https://doi.org/10.1109/GEC55014.2022.9987055

Golam, M., Akter, R., Lee, J. M., & Kim, D. S. (2022). A Long Short-Term Memory-Based Solar Irradiance Prediction Scheme Using Meteorological Data. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 19. https://doi.org/10.1109/LGRS.2021.3107139

Hoai Thu, N. T., Van, P. N., Bao, P. Q., Nhat Nam, N. V., Minh, P. H., & Quang, T. N. (2022). Short-term Forecasting of Solar Radiation Using a Hybrid Model of CNN-LSTM Integrated with EEMD. Proceedings of 2022 6th International Conference on Green Technology and Sustainable Development, GTSD 2022, 854–859. https://doi.org/10.1109/GTSD54989.2022.9988761

Kurniasari, E. N., Rusmayadi, G., Wianto, T., Mahyudin, I., Alam, S., Lingkungan, D., Perikanan, F., & Kelautan, D. (2023). Perubahan Iklim Dan Potensi Energi Surya Di Wilayah Monsun Climate Change and Solar Energy Potential in Monsoon Regions. 19(1).

Moroki, I., & Septy Wauran, A. (2019). Model Statistika Prediksi Energi Surya Dengan Menggunakan Autoregresif Integrated Moving Average (ARIMA). In JURNAL MIPA (Vol. 8, Number 3).

Sari, D. P., Zainul Fanani, A., & Shidik, G. F. (2022). Prediction of hourly solar radiation in Indonesia using LSTM. 2022 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication: Technology 4.0 for Smart Ecosystem: A New Way of Doing Digital Business, ISemantic 2022, 389–395. https://doi.org/10.1109/iSemantic55962.2022.9920429

Sianturi, Y. (2021). Pengukuran dan Analisa Data Radiasi Matahari di Stasiun Klimatologi Muaro Jambi. Megasains, 12(1), 40–47. https://doi.org/10.46824/megasains.v12i1.45

Teta, A., Medkour, M., Rabehi, A., Korich, B., & Bakria, D. (2024). Long-term solar radiation forecasting based on LSTM and attention mechanism: a case study in Algeria. Studies In Engineering And Exact Sciences, 5(1), 1117–1134. https://doi.org/10.54021/seesv5n1-058

Wu, G., Hu, D., Zhang, Y., Bao, G., & He, T. (2024). A Convolutional Neural Network–Long Short-Term Memory–Attention Solar Photovoltaic Power Prediction–Correction Model Based on the Division of Twenty-Four Solar Terms. Energies, 17(22). https://doi.org/10.3390/en17225549

Applying SEO Methods (On-Page and Off-Page) to Optimize the Ranking of the Top Herbal Atsiri Website

Chelsy Jelita Chinta Putri Herwindo[1)], Endang Sulistiyani[2)*)]

[1)2)]Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ekonomi Bisnis dan Teknologi Digital, Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya
***)Correspondence author:** Endang Sulistiyani, sulistiyani.endang@unusa.ac.id, Surabaya, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3278

Abstract

Search Engine Optimization (SEO) is an important strategy for improving website rankings in search engines. The website of PT. Unggul Herbal Atsiri, which operates in the herbal health product sector, still does not appear on the first page of Google search results even though it has used relevant keywords such as "telon oil" and "essential oil". This condition indicates a problem in the implementation of SEO strategies that are not optimal, so a more effective approach is needed to improve the website's search performance. This study used On-Page and Off-Page SEO methods, both individually and in combination. The implementation was carried out based on 3 (three) different scenarios and analyzed by considering the results on 2 (two) types of devices, namely mobile and desktop. The results showed that the application of the combination of On-Page and Off-Page SEO methods provided the best results in 2 (two) main parameters, namely increased visitor traffic and website page loading speed. However, in the keyword search ranking parameter, the results were not optimal. Of the 7 (seven) keywords tested, only 1 (one) managed to enter the first page of Google. Thus, the combination SEO strategy has proven effective in certain aspects, but still needs strengthening to improve performance in keyword-based searches. This research is expected to provide more specific and relevant solutions for improving website rankings, both in mobile and desktop search engines, thereby supporting the achievement of effective digital marketing goals.

Keywords: *Search Engine Optimization (SEO), On Page SEO, Off Page SEO, Website Ranking Optimization*

Abstrak

Search Engine Optimization (SEO) merupakan strategi penting untuk meningkatkan peringkat website di mesin pencarian. Website PT. Unggul Herbal Atsiri yang bergerak di bidang produk kesehatan herbal masih belum muncul di halaman pertama hasil pencarian Google meskipun telah menggunakan kata kunci relevan seperti “minyak telon” dan “essential oil”. Kondisi ini menunjukkan adanya permasalahan dalam penerapan strategi SEO yang belum optimal, sehingga dibutuhkan pendekatan yang lebih efektif untuk meningkatkan performa pencarian website tersebut. Penelitian ini menggunakan metode SEO On Page dan Off Page, baik secara individu maupun dalam kombinasi. Implementasi dilakukan berdasarkan 3 (tiga) skenario berbeda dan dianalisis dengan mempertimbangkan hasil pada 2 (dua) jenis perangkat yaitu mobile dan desktop. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan kombinasi metode SEO On Page dan Off Page memberikan hasil terbaik pada 2 (dua) parameter utama, yaitu peningkatan trafik kunjungan dan kecepatan loading halaman website. Namun, pada parameter peringkat pencarian kata kunci, hasilnya belum optimal. Dari 7 (tujuh) kata kunci yang diuji, hanya 1 (satu) yang berhasil masuk ke halaman pertama Google. Dengan demikian, strategi kombinasi SEO terbukti efektif dalam aspek tertentu, namun masih perlu penguatan untuk meningkatkan performa pada pencarian berbasis kata kunci. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan solusi yang

lebih spesifik dan relevan untuk meningkatkan peringkat website, baik di mesin pencarian untuk perangkat mobile atau desktop, sehingga dapat mendukung pencapaian tujuan pemasaran digital yang efektif.

Kata Kunci : Search Engine Optimization (SEO), SEO On Page, SEO Off Page, Optimasi Peringkat Website.

PENDAHULUAN

Search Engine Optimization (SEO) adalah serangkaian proses yang dilakukan secara sistematis yang bertujuan untuk meningkatkan jumlah kunjungan melalui mesin pencari menuju website dengan memanfaatkan mekanisme kerja atau algoritma mesin pencari (Amin & Nurraharjo, 2019). Melalui penerapannya, SEO dapat meningkatkan trafik kunjungan, pencarian organik serta kualitas backlink (Darojatu Sidqi & Marcos, 2021). Selain itu, SEO memegang peran penting dalam meningkatkan brand awarness (Raygie Ramadhan, 2018). SEO juga memberikan peluang bagi website untuk muncul dihalaman pertama Search Engine Result Page (SERP) (Dwitya Pramudita & Solihin, 2019). Oleh karenanya, SEO menjadi salah satu komponen penting untuk meningkatkan peringkat website yang dapat mendukung kesuksesan bisnis di era digital.

Website PT. Unggul Herbal Atsiri merupakan platform resmi perusahaan PT. Unggul Herbal Atsiri yang menyediakan informasi mengenai produk berbahan dasar herbal, seperti essential oil, minyak kayu putih, dan minyak telon dengan merek dagang HERBY. Website ini dirancang untuk mempromosikan produk serta memberikan kemudahan bagi pengunjung dalam mengenal manfaat dan keunggulan produk yang ditawarkan. Namun, kondisi awal website ini menunjukkan bahwa optimasi SEO masih sangat diperlukan. Ketika dilakukan pencarian menggunakan kata kunci seperti “minyak telon”, “essential oil”, dan kata kunci terkait lainnya, website ini tidak muncul di halaman pertama hasil pencarian. Oleh karena itu, langkah strategi seperti penerapan SEO menjadi sangat penting untuk meningkatkan peringkatnya di hasil pencarian mesin pencari.

Akan tetapi, mengoptimalkan website dengan menggunakan metode SEO tidaklah mudah, karena diperlukan pemahaman mendalam tentang metode yang digunakan serta penyesuaian terhadap faktor internal dan eksternal yang mempengaruhi performa website. Dalam penerapannya, SEO terbagi menjadi dua metode utama yaitu SEO On Page dan SEO Off Page (Shahzad et al., 2020). SEO On Page merupakan optimalisasi yang dilakukan pada

elemen internal website, sedangkan SEO Off Page berfokus pada faktor eksternal website. Masing-masing metode SEO memiliki kinerja yang berbeda-beda. SEO On Page memiliki kinerja yang efektif, mencakup teknik optimasi penulisan judul yang relevan dan menarik, penggunaan kata kunci dalam paragraf awal, pembaruan konten secara teratur. Sementara itu, terdapat pernyataan bahwa SEO Off Page merupakan pelengkap dari SEO On Page. Tidak hanya itu, berdasarkan perangkat pengguna SEO dibedakan menjadi dua, yaitu SEO Mobile dan SEO Desktop yang dimana dimungkinkan kedua jenis SEO ini memiliki strategi optimasi yang berbeda sesuai dengan karakteristik perangkat yang digunakan untuk mengakses website.

Sudah terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang membahas tentang penerapan metode SEO. Terdapat salah satu penelitian terdahulu yang menggunakan metode SEO On Page dengan fokus pada objek penelitian yang mempertimbangkan evaluasi jumlah pengunjung dan waktu loading halaman (Woncharso et al., 2021). Sementara itu, ada penelitian lainnya yang menerapkan metode SEO Off Page dengan fokus utama pada pembangunan sturktur link dan peningkatan kualitas domain (Alamsyah et al., 2019). Selain itu, terdapat juga penelitian yang telah menerapkan kedua metode SEO tersebut yang berfokus pada peningkatan ranking di Search Engine Result Page (SERP), lalu lintas organik, jumlah pengguna baru, dan sesi pengguna pada website e-commerce dengan membandingkan hasil kinerja sebelum dan sesudah menerapkan metode SEO.

Meskipun banyak penelitian yang telah membahas tentang metode SEO akan tetapi, masih terbatas pada penerapannya saja, belum mengkaji efektifitas kombinasi kedua metode. Padahal disebutkan bahwa metode SEO Off Page merupakan pelengkap. Tidak hanya itu dari 10 (sepuluh) penelitian terdahulu terkait penerapan metode SEO, belum ada yang secara spesifik mengkaji hasil penerapan metode SEO berdasarkan jenis perangkatnya baik mobile maupun desktop. Padahal disebutkan dimungkinkan ada perbedaan yang signifikan antara penerapan metode SEO pada perangkat desktop maupun mobile yang meliputi perilaku pencarian, algoritma peringkat, keterlibatan pengguna, dan kualitas sinyal.

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kinerja kombinasi metode SEO (On Page dan Off Page) website PT.

Unggul Herbal Atsiri. Selain itu, penelitian ini juga akan melengkapi kekurangan dengan membandingkan kinerja metode SEO sambil memperhatikan perbedaan performa antar tampilan di perangkat mobile dan desktop. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih spesifik dan relevan untuk meningkatkan peringkat website, baik di mesin pencarian untuk perangkat mobile atau desktop, sehingga dapat mendukung pencapaian tujuan pemasaran digital yang efektif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan sistematis yang digambarkan dalam diagram alir, yang bertujuan untuk menerapkan dan membandingkan efektivitas metode SEO On Page dan Off Page dalam meningkatkan performa website. Tahapan metode yang digunakan termasuk persiapan, analisis kondisi awal tanpa SEO (Pre-Test), penerapan metode SEO, analisis kondisi setelah penerapan SEO (Post-Test), dan diakhiri dengan analisis perubahan kondisi objek.



Gambar 1. Metode Penelitian

1. Tahap persiapan, pada tahap ini dilakukan 3 (tiga) langkah. Diawali dengan mengidentifikasi objek penelitian, menentukan parameter penelitian, dan diakhiri dengan menentukan tools penelitian.
2. Analisis kondisi tanpa SEO (pre-test), tahap ini dilakukan dengan menganalisi performa awal website objek penelitian, seperti posisi di mesin pencari, kecepatan akses, dan trafik kunjungan. Data yang diperoleh dari analisis ini kemudian disusun dalam tabel hasil

kondisi awal objek tanpa SEO, yang akan menjadi acuan penting dalam mengukur efektivitas metode SEO pada tahapan selanjutnya.

3. Penerapan metode SEO, pada tahap ini dilakukan dengan menerapkan teknik metode SEO On Page dan SEO Off Page.
4. Analisi objek setelah menerapkan SEO (post-test), proses ini menampilkan hasil dari penerapan metode SEO yang sudah dilakukan dengan menggunakan parameter seperti peringkat di mesin pencari, jumlah pengunjung, dan kecepatan akses yang dilihat dari 2 (dua) sisi yaitu perangkat desktop dan mobile.
5. Analisis perubahan kondisi objek, pada tahap ini dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sebelum menerapkan SEO (pre-test) dan setelah penerapan SEO kombinasi (post-test). Pada tahap ini mengidentifikasi perubahan yang terjadi pada beberapa parameter pengukuran penting, seperti peringkat website dimesin pencarian dengan kata kunci tertentu, trafik kunjungan, dan kecepatan loading halaman website. Data ini kemudian diolah untuk memberikan perbandingan yang jelas antara kondisi sebelum dan sesudah penerapan SEO.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan diawali dari mengidentifikasi objek penelitian, dilakukan eksplorasi dan analisis terhadap website PT. Unggul Herbal Atsiri untuk memahami karakteristik utamanya. Identifikasi ini mencakup berbagai aspek, seperti nama website, link website, sistem manajemen konten yang digunakan, jenis website, serta fitur-fitur yang tersedia pada website tersebut. Objek yang digunakan dalam penelitian ini berupa website PT. Unggul Herbal Astiri dengan alamat https://herbalastiri.com/. Website ini menggunakan Content Management System (CMS) yang merupakan sebuah sistem pengelolaan bisnis online melalui website yang dapat digunakan secara gratis (Wahyu Nurharjadmo et al., 2023).

Salah satu jenis CMS yang digunakan adalah WordPress yang merupakan sebuah tools berbasis web yang kegunaannya untuk memanipulasi dan mengatur isi maupun

tampilan pada suatu website (Sigit Santosa et al., 2021) serta termasuk dalam kategori website dinamis dan interaktif. Adapun fitur-fitur yang tersedia pada website ini meliputi Beranda, Tentang Kami, Produk, Izin dan BPOM, Riset dan Pengembangan, Artikel, serta Kontak. Kemudian yang kedua, menentukan parameter penelitian.

Terdapat 3 (tiga) parameter penelitian yang digunakan yaitu peringkat website di mesin pencarian untuk kata kunci tertentu (Urmila et al., 2023), mengukur trafik kunjungan (Nareza Ayu et al., 2024), dan mengukur kecepatan loading website (Fabriyan Fandi et al., 2020). Tahap persiapan yang terakhir yaitu tools penelitian. Tools penelitian yang digunakan antara lain Google Analitycs merupakan sebuah platform marketing yang disediakan oleh Google untuk dapat membantu pelaku usaha khususnya dalam mengumpulkan databaik yang bersumber dari aplikasi atau traffic web (Ayu Umyana et al., 2023), Google PageSpeed Insight merupakan alat pengukur kecepatan loading sebuah blog atau website, dimana kita dapat mengetahui berapa kecepatan loading blog atau website ketika diakses melalui perangkat seluler maupun perangkat desktop (Heidi Angela et al., 2022), Yoast SEO salah satu plugin populer di WordPress yang digunakan untuk mengoptimasi SEO pada sebuah website (Nur Widiyasono dan Hasanudin, 2021), SEMrush digunakan untuk riset kata kunci, analisis strategi kompetitor, audit SEO, pencarian peluang backlink, serta berbagai analisis lain guna meningkatkan performa website di mesin pencari (Adi Nugroho Susanto P., 2024), dan SERPROBOT.

Analisis Kondisi Tanpa SEO (Pre-Test)

Langkah selanjutnya dalam penelitian ini adalah melakukan analisis kondisi tanpa SEO (Pre-Test), yang merupakan tahapan awal dalam proses implementasi strategi SEO. Tahapan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi dasar website sebelum dilakukan pengoptimalan, baik melalui perangkat mobile maupun desktop. Parameter yang dicek meliputi peringkat website di mesin pencari, kecepatan loading halaman, dan trafik kunjungan selama 30 hari terakhir. Hasil dari tahap ini disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Kondisi Tanpa SEO (*Pre-Test*)

Parameter	Kata Kunci	Hasil *Mobile*	Hasil *Desktop*
Peringkat *website* di mesin pencarian untuk kata kunci tertentu.	*Essential Oil*	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.
	Minyak Telon	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.
	Produk Herbal	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.
	Produk Perawatan Bayi	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.
	Minyak Kayu Putih	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.
	PT Atsiri	Urutan ke 12 dihalaman hasil pencarian Google.	Halaman ke 1 urutan yang ke 5 hasil pencarian Google.
	PT Unggul Herbal	Urutan pertama dihalaman hasil pencarian Google	Urutan pertama dihalaman hasil pencarian Google
Mengukur Trafik Kunjungan	**Indikator**	**Hasil *Mobile***	**Hasil *Desktop***
	Total Pengguna	10 Pengguna	26 Pengguna
	Pengguna Baru	9 Pengguna	26 Pengguna
	Sesi	13 Sesi	44 Sesi
	Kunjungan Per Sesi	1,77	1,73
	Durasi Sesi Rata-Rata	42 detik	02 mnt 08 dtk
Mengukur Kecepatan *Loading Website*	-	70 dari 100	96 dari 100

Hasil analisis pada Tabel 1 menunjukkan bahwa dari 7 (tujuh) kata kunci yang diuji, 6 (enam) tidak muncul di 100 besar hasil pencarian Google, baik mobile maupun desktop, kecuali “PT Atsiri” yang berada di halaman ke-12 mobile dan “PT Unggul Herbal” di peringkat kelima halaman pertama desktop, sehingga visibilitas website masih sangat rendah. Dari sisi trafik, pengguna mobile hanya 10 orang dengan rata-rata durasi 42 detik, sedangkan desktop 26 pengguna dengan durasi 2 menit 08 detik, menunjukkan interaksi yang masih rendah. Adapun kecepatan website lebih optimal di desktop (skor 96)

dibandingkan mobile (skor 70), sehingga secara keseluruhan website belum teroptimasi dengan baik dan membutuhkan strategi SEO yang lebih terstruktur.

Penerapan Metode SEO (On Page dan Off Page)

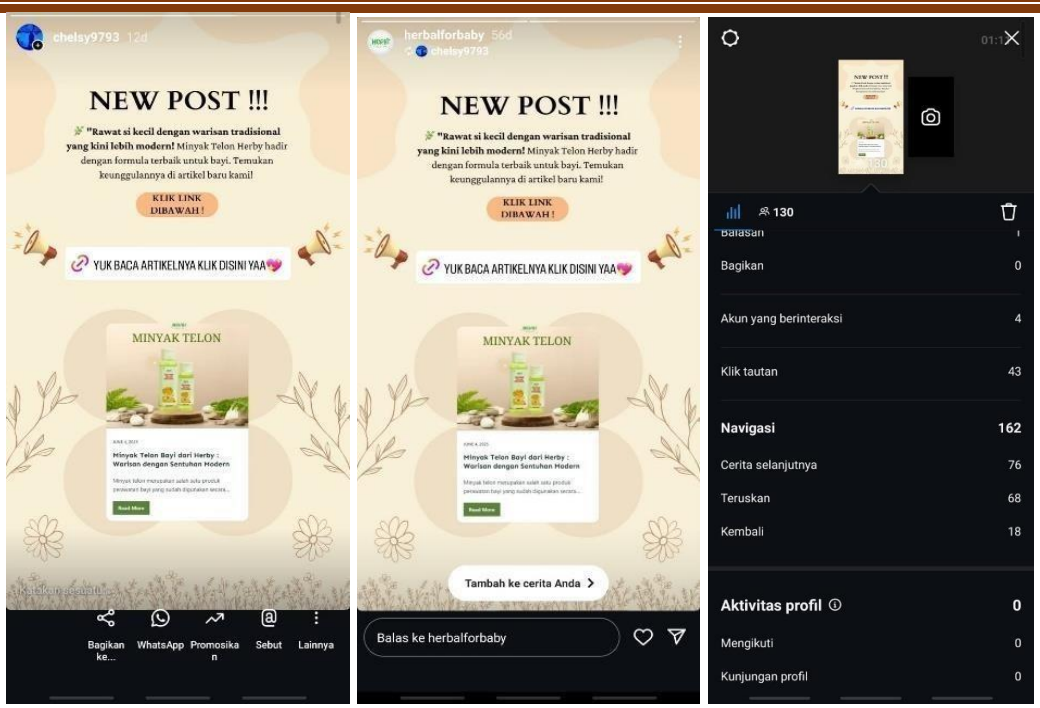
Pada implementasi SEO On Page ini dilakukan dengan mengunggah artikel di halaman website PT. Unggul Herbal Atsiri dengan kata kunci tertentu, salah satunya kata kunci minyak telon. Implementasi SEO On Page ini dilakukan dengan bantuan tool Yoast SEO dimana ada indikator berwarna hijau setelah SEO diterapkan. Dalam implementasi SEO On Page ini yang pertama dilakukan yaitu optimasi title tags merupakan teknik SEO yang dilakukan dengan mengatur judul halaman website agar sesuai dengan konten, mengandung kata kunci relevan, serta mampu membantu mesin pencari memahami topik halaman (Bimo Haryo et al., 2024).

Kedua optimasi meta description merupakan teknik SEO yang dilakukan dengan menyusun deskripsi singkat halaman website yang merangkum keseluruhan konten serta mengandung kata kunci relevan (Zahra Maulaa et al,. 2024), yang ketiga optimasi isi konten yang merukapan teknik SEO yang dilakukan dengan menyusun konten secara terstruktur menggunakan heading tag serta menempatkan fokus keyword pada bagian penting, seperti awal paragraf, agar konten mudah dikenali dan dipahami oleh mesin pencari (Muliadi et al., 2022), dan yang keempat atau yang terakhir optimasi gambar merupakan teknik SEO yang dilakukan dengan mengatur ukuran gambar agar tidak terlalu besar sehingga mempercepat waktu akses website, serta menambahkan alt text dan deskripsi gambar yang mengandung kata kunci sesuai dengan target keyword. Implementasi dari SEO On Page tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Penerapan SEO On Page

Pada penerapan SEO Off Page ini dilakukan dengan cara membuat story di sosial media Instagram dengan menyantumkan link menuju website PT. Unggul Herbal Atsiri. Caranya dengan membuat story di sosial media Instagram dengan menyantumkan link menuju website PT. Unggul Herbal Atsiri, dilakukan dengan mengunggah melalui dua akun, yaitu akun Instagram pribadi dan akun resmi Instagram milik PT. Unggul Herbal Atsiri. Proses pengunggahan dilakukan terlebih dahulu melalui akun pribadi, yang kemudian menandai (tag) akun resmi perusahaan. Setelah itu, konten yang sama diunggah kembali melalui akun Instagram milik PT. Unggul Herbal Atsiri.



Gambar 3. Penerapan SEO Off Page

Seperti yang ada pada Gambar 3 merupakan bentuk penerapan SEO Off Page melalui media sosial Instagram Story. Konten ini dipublikasikan melalui akun pribadi milik serta dibagikan kembali melalui akun bisnis yang merupakan milik PT. Unggul Herbal Atsiri. Dalam gambar tersebut, ditampilkan promosi artikel terbaru yang mengulas keunggulan produk Minyak Telon Herby, yang menggabungkan tradisi dan inovasi melalui formula modern. Desain visual menggunakan latar berwarna krem lembut dengan ornamen bunga-bunga, menciptakan nuansa hangat dan alami yang sesuai dengan karakteristik produk bayi berbahan herbal. Terdapat juga call-to-action berupa tautan langsung menuju artikel di situs resmi PT. Unggul Herbal Atsiri turut disematkan guna mengarahkan audiens ke website.

Ditampilkan juga hasil dari penerapan strategi SEO Off Page pada implementasi SEO kombinasi melalui fitur Instagram Story. Statistik ini berasal dari konten yang mempromosikan artikel tentang keunggulan Minyak Telon Herby, sebagai bagian dari strategi untuk meningkatkan trafik ke website PT. Unggul Herbal Atsiri. Dari tampilan hasil terdapat total 130 tayangan, terdapat 43 klik tautan yang menunjukkan minat audiens untuk membaca lebih lanjut artikel yang ditautkan. Selain itu, pada bagian navigasi tercatat 162

aktivitas, yang meliputi 76 kali dilanjutkan ke cerita berikutnya, 68 kali diteruskan, dan 18 kali kembali ke cerita sebelumnya. Meskipun tidak terdapat aktivitas berupa kunjungan profil ataupun bagikan, satu balasan dan empat akun yang berinteraksi menandakan adanya keterlibatan langsung dari audiens. Jumlah klik tautan yang lebih tinggi dari hari sebelumnya juga memperlihatkan efektivitas konten dalam menarik perhatian pengguna serta mendorong eksplorasi lebih lanjut terhadap informasi yang ditawarkan.

Analisis Kondisi Setelah Menerapkan SEO (Post-Test)

Seperti yang ditampilkan pada Tabel 2 yang merupakan hasil penerapan SEO On Page dan SEO Off Page yang menunjukkan performa website pada hasil pencarian Google dengan menggunakan beberapa kata kunci tertentu, baik di perangkat mobile maupun desktop.

Tabel 2. Analisis Kondisi Setelah Menerapkan SEO (Post-Test)

Parameter	**Kata Kunci**	**Hasil *Mobile***	**Hasil *Desktop***
Peringkat *website* di mesin pencarian untuk kata kunci tertentu	*Essential Oil*	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.
	Minyak Telon	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.
	Produk Herbal	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.
	Produk Perawatan Bayi	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.
	Minyak Kayu Putih	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.
	PT Atsiri	Urutan ke 17 dihalaman hasil pencarian Google.	Halaman ke 2 urutan ke 5 hasil pencarian Google.
	PT Unggul Herbal	Urutan pertama dihalaman hasil pencarian Google	Urutan pertama dihalaman hasil pencarian Google
Mengukur Trafik Kunjungan	**Indikator**	**Hasil *Mobile***	**Hasil *Desktop***
	Total Pengguna	131 Pengguna	18 Pengguna
	Pengguna Baru	122 Pengguna	13 Pengguna
	Sesi	157 Sesi	23 Sesi
	Kunjungan Per Sesi	1,78	1,65
	Durasi Sesi Rata-Rata	31 detik	03 mnt 07 dtk
Mengukur Kecepatan *Loading Website*		91 dari 100	98 dari 100

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 2, mayoritas kata kunci seperti "Essential Oil", "Minyak Telon", "Produk Herbal", "Produk Perawatan Bayi", dan "Minyak Kayu Putih" belum berhasil masuk ke dalam peringkat hasil pencarian Google di kedua perangkat. Namun demikian, untuk kata kunci "PT Atsiri", website berhasil muncul di urutan ke-17 pada halaman pencarian Google versi mobile, dan berada di halaman ke-2 urutan ke-5 pada versi desktop.

Hasil yang lebih signifikan terlihat pada kata kunci "PT Unggul Herbal" yang menempati urutan pertama di halaman hasil pencarian baik pada perangkat mobile maupun desktop. Selain performa kata kunci, tabel ini juga memaparkan hasil pengukuran trafik kunjungan. Jumlah total pengguna di perangkat mobile mencapai 131 pengguna, dengan 122 di antaranya merupakan pengguna baru. Sementara itu, di perangkat desktop hanya terdapat 18 pengguna, di mana 13 di antaranya adalah pengguna baru. Sesi kunjungan dari mobile tercatat sebanyak 157 sesi dengan rata-rata kunjungan per sesi sebesar 1,78 dan durasi sesi rata-rata selama 31 detik. Di sisi lain, sesi desktop hanya tercatat sebanyak 23 sesi dengan rata-rata kunjungan per sesi sebesar 1,65 dan durasi sesi rata-rata lebih tinggi yakni 3 menit 07 detik. Dari sisi kecepatan loading website, performa juga cukup baik dengan skor kecepatan 91 dari 100 pada mobile dan 98 dari 100 pada desktop.

Analisis Perubahan Kondisi Objek

Berikut ini merupakan hasil tahapan analisis perubahan kondisi objek yang ditampilkan pada Tabel 3. Terdapat juga kolom status yang berisikan perubahan kondisi objek seperti tetap tidak ada perubahan, meningkat, dan menurun.

Tabel 3. Analisis Perubahan Kondisi Objek

Parameter	Kata Kunci	Hasil *Pre-Test*		Hasil *Post-Test*		Status	
		Mobile	***Desktop***	***Mobile***	***Desktop***	***Mobile***	***Desktop***
Peringkat *website* di mesin pencarian untuk kata kunci tertentu	*Essential Oil*	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tetap tidak ada perubahan	Tetap tidak ada perubahan
	Minyak Telon	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tetap tidak ada perubahan	Tetap tidak ada perubahan
	Produk Herbal	Tidak ada dalam peringkat hasi pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tetap tidak ada perubahan	Tetap tidak ada perubahan
	Produk Perawatan Bayi	Tidak ada dalam peringkat hasi pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tetap tidak ada perubahan	Tetap tidak ada perubahan
	Minyak Kayu Putih	Tidak ada dalam peringkat hasi pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tidak ada dalam peringkat hasil pencarian Google.	Tetap tidak ada perubahan	Tetap tidak ada perubahan
	PT Atsiri	Urutan ke 12 dihalaman hasil pencarian Google.	Halaman ke 1 urutan yang ke 5 hasil pencarian Google.	Urutan ke 17 dihalaman hasil pencarian Google.	Halaman ke 2 urutan ke 5 hasil pencarian Google.	Menurun	Menurun
	PT Unggul Herbal	Urutan pertama dihalaman hasil pencarian Google.	Urutan pertama dihalaman hasil pencarian Google.	Urutan pertama dihalaman hasil pencarian Google.	Urutan pertama dihalaman hasil pencarian Google.	Tetap tidak ada perubahan	Tetap tidak ada perubahan
Mengukur Trafik	**Indikator**	***Mobile***	***Desktop***	***Mobile***	***Desktop***	***Mobile***	***Desktop***
	Total Pengguna	10 Pengguna	26 Pengguna	131 Pengguna	18 Pengguna	Meningkat	Menurun
	Pengguna Baru	9 Pengguna	26 Pengguna	122 Pengguna	13 Pengguna		

Kunjungan	Sesi	13 Sesi	44 Sesi	157 Sesi	23 Sesi		
	Kunjungan Per Sesi	1,77	1,73	1,78	1,65		
	Durasi Sesi Rata-Rata	42 detik	02 mnt 08 dtk	31 detik	03 mnt 07 dtk		
Mengukur Kecepatan Loading *Website*		70 dari 100	96 dari 100	91 dari 100	98 dari 100	Meningkat	Meningkat

Pada Tabel 3 ditampilkan hasil analisis perubahan kondisi objek sebelum dan sesudah penerapan kombinasi teknik SEO On Page dan Off Page. Untuk parameter peringkat website, lima kata kunci utama seperti “Essential Oil”, “Minyak Telon”, “Produk Herbal”, “Produk

Perawatan Bayi”, dan “Minyak Kayu Putih” tidak menunjukkan perubahan karena tetap tidak muncul di hasil pencarian Google pada mobile maupun desktop. Sebaliknya, kata kunci “PT Atsiri” mengalami penurunan peringkat, sedangkan “PT Unggul Herbal” tetap stabil di posisi pertama, sehingga masing-masing diberi status “menurun” dan “tetap tidak ada perubahan”. Pada parameter trafik kunjungan, terjadi peningkatan signifikan di perangkat mobile, terutama pada jumlah pengguna, pengguna baru, dan sesi. Meski durasi sesi menurun, status keseluruhan tetap dicatat sebagai “meningkat”. Sebaliknya, di desktop terjadi penurunan pada hampir semua indikator trafik, sehingga statusnya dicatat sebagai “menurun”. Sementara itu, pada parameter kecepatan loading website, terjadi peningkatan pada kedua perangkat. Nilai skor mobile naik dari 70 ke 91 dan desktop dari 96 ke 98 oleh karena itu, statusnya dinyatakan “meningkat”.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan penelitian yang telah penulis lakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Penerapan kombinasi metode SEO On Page dan SEO Off Page pada SEO Website memiliki hasil yang meningkatkan kinerja website pada 2 (dua) parameter pengukur keberhasilan yaitu trafik kunjungan dan kecepatan loading halaman website. Sedangkan, pada parameter keberhasilan peringkat website di mesin pencarian dengan kata kunci

tertentu memiliki hasil yang buruk dimana dari 7 (tujuh) kata kunci yang digunakan, hanya 1 (satu) kata kunci yang menunjukkan hasil baik, sementara sisanya tidak masuk dalam peringkat hasil pencarian Google, baik melalui perangkat mobile maupun desktop.

Kinerja dari kombinasi metode SEO (On Page dan Off Page) memiliki hasil paling baik dibandingkan metode SEO On Page atau Off Page pada semua parameter keberhasilan. Akan tetapi hasil terbaik secara keseluruhan hanya diperoleh pada 2 (dua) parameter yaitu trafik kunjungan dan kecepatan loading website. Berdasarkan hasil, metode kombinasi ini menempati peringkat pertama dalam kontribusinya terhadap peningkatan parameter trafik kunjungan indikator total pengguna pada perangkat mobile ada 131 pengguna sedangkan perangkat desktop 18 pengguna, indikator pengguna baru pada perangkat mobile 122 pengguna sedangkan perangkat desktop 13 pengguna, indikator jumlah sesi pada perangkat mobile 157 sesi sedangkan perangkat desktop 23 sesi, serta parameter kecepatan loading website. Sementara itu, pada parameter peringkat website di mesin pencarian untuk kata kunci tertentu, hasilnya masih belum optimal. Dari 7 (tujuh) kata kunci yang diuji, hanya 1 (satu) kata kunci yang menunjukkan hasil bagus dengan berada di halaman pertama hasil pencarian Google, sedangkan sisanya tetap tidak muncul dalam peringkat pencarian baik pada perangkat mobile maupun desktop.

REFERENSI

Adi Nugroho Susanto Putro. (2024). Optimalisasi website STAB Negeri Raden Wijaya dengan search engine optimization untuk meningkatkan jumlah mahasiswa baru. *Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science, 4*(1), 293–307. https://doi.org/10.57152/malcom.v4i1.1034

Angela Tengriano, H., Yunus, A., & Sudirman. (2022). Analisis performa website AyoMulai menggunakan GTMetrix dan PageSpeed Insight. *Pusat Penelitian STMIK Kharisma Makassar, 17*(2), 199–213. https://doi.org/10.55645/kharismatech.v17i2.347

Ayu F., N., Tridian G., S., & Agung P., S. (2024). Implementasi search engine optimization (SEO) pada website Printblcdesigns.com untuk meningkatkan brand awareness.

Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer MH. Thamrin, 10(2), 519–533. https://doi.org/10.37012/jtik.v10i2.2263

Darojatu Sidqi, F., & Marcos, H. (2021). Optimasi website menggunakan metode search engine optimization (SEO) on page dan off page dalam meningkatkan trafik kunjungan (Studi kasus: Hustle Media Grub). *JOISM: Jurnal of Information System Management, 3*(2), 55–58. https://doi.org/10.24076/joism.2021v3i2.456

Fandi Dwi I., F., Wibowo, R., & Dwi M., J. (2020). Penerapan search engine optimization untuk meningkatkan peringkat website pada search engine results page Google (Studi kasus: www.superbengkel.co.id). *Evolusi: Jurnal Sains dan Manajemen, 8*(2), 28–39. https://doi.org/10.31294/evolusi.v8i2.9172

Habiibah, Z. M., Hermawan, A., & Guntara, R. G. (2024). Implementasi teknik SEO dengan metode on page dan off page dalam meningkatkan peringkat website Canopybandung.com. *Ulil Albab: Jurnal Ilmiah Multidisiplin, 3*(9), 323–338. https://doi.org/10.56799/jim.v3i9.4991

Muliadi, Aziz, A., & Wiguna, A. S. (2022). Implementasi search engine optimization (SEO) pada situs trafik tinggi menggunakan metode on page dan off page SEO. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika, 6*(2), 482–486. https://doi.org/10.36040/jati.v6i2.4783

Nugroho, B. H., Hamidin, D., & Supriady. (2024). Analisis dan implementasi SEO algoritma Google Panda untuk optimasi website PT Revolusi Kesehatan. *Jurnal Komputer Antartika, 2*(3), 102–111. https://doi.org/10.70052/jka.v2i3.463

Nurharjadmo, W., Khadija, M. A., & Usman, I. L. (2023). Content management system OpenCart untuk mendukung smart branding bisnis kosmetik. *Noctis: Jurnal Kajian dan Analisis Industri Kreatif, 2*(1), 30–41. https://doi.org/10.13057/noctis.v2i1.971

Shahzad, A., Jacob, D. W., Nawi, N. M., Mahdin, H., & Saputri, M. E. (2020). The new trend for search engine optimization, tools and techniques. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 19*(3), 1568–1583.

Santosa, S., & Ismaya, H. (2021). Perancangan sistem informasi penjualan menggunakan CMS WordPress pada toko importir laptop Bandung. *Pro Mark: Jurnal Bisnis dan Pemasaran, 1*(1), 1–8.

Umyana, A., Yani, A., Fitriana, A., Setiawan, H., & Maulid, R. (2023). Pemanfaatan Google Analytics sebagai marketing tools bagi pelaku UMKM di Kabupaten Kubu Raya. *Dedikasi Sains dan Teknologi: Jurnal Pengabdian Masyarakat, 3*(2), 212–229. https://doi.org/10.47709/dst.v3i2.3212

Urmila, Sastrawan, E., & Adda, H. W. (2023). Penerapan teknik SEO (search engine optimization) pada website Pikiran-Rakyat.com dalam strategi pemasaran. *Jurnal Manajemen dan Ekonomi Kreatif, 1*(3), 50–56. https://doi.org/10.59024/jumek.v1i3.111

Widiyasono, N., & Hasanudin. (2021). Implementasi Yoast SEO dan optimasi keyword untuk meningkatkan rank pada Google search engine result page. *Jurnal Siliwangi, 7*(2), 58–65.

Woncharso, E., Muawwal, A., & Afifah. (2021). Penerapan search engine optimization (SEO) untuk meningkatkan pengunjung pada website SCLEAN. *Pusat Penelitian STMIK Kharisma Makassar, 16*(2), 141–155. https://doi.org/10.55645/kharismatech.v16i2.139

Comparison of Faster R-CNN and YOLO v12 on Passport Text Extraction Based on Optical Character Recognition

Masniari Samosir [1)*], Sajarwo Anggai [2)], Taswanda Taryo [3)]

[1)2)3)]Teknik Informatika S-2, Program Pascasarjana, Universitas Pamulang
[*)]**Correspondence author**: samosirmasniari@gmail.com, Tanggerang Selatan, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3307

Abstract

Current developments in information technology are driving the need for digitalization of official identity documents, including passports, to improve service efficiency and reduce reliance on manual processes. The digitalization of official identity documents such as passports still faces efficiency and accuracy challenges due to manual data entry processes. This study aims to compare the performance of Faster R-CNN and YOLO v12 in an automatic text extraction system based on Optical Character Recognition (OCR). The research employed an experimental method with a comparative approach using 31 preprocessed passport images. YOLO v12 was integrated with EasyOCR, while Faster R-CNN was combined with a PyTorch-based OCR module. The evaluation metrics included mAP, Character Accuracy Rate (CAR), Word Error Rate (WER), F1-score, and inference time. The results indicate that YOLO v12 outperforms Faster R-CNN in object detection, achieving an mAP@50 of 95.0% and mAP@50–95 of 90.0%, compared to 93.0% and 89.0%, respectively. In terms of text extraction accuracy, Faster R-CNN achieved a CAR of 50.01% and an F1-score of 55.75%, slightly higher than YOLO v12 with a CAR of 47.72% and an F1-score of 53.84%. However, YOLO v12 produced a lower WER and faster inference time of 2.4202 seconds (0.45 FPS). The findings suggest that YOLO v12 excels in efficiency and detection performance, while Faster R-CNN performs better in specific text extraction accuracy.

Keywords: *Model Comparison, OCR, Faster R-CNN, YOLO v12, Passport Text Extraction*

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi saat ini mendorong kebutuhan akan digitalisasi dokumen identitas resmi, salah satunya paspor, guna meningkatkan efisiensi layanan dan mengurangi ketergantungan terhadap proses manual. Proses digitalisasi dokumen identitas resmi seperti paspor masih menghadapi kendala efisiensi dan akurasi akibat penginputan data manual. Penelitian ini bertujuan membandingkan kinerja Faster R-CNN dan YOLO v12 pada sistem ekstraksi teks otomatis berbasis *Optical Character Recognition (OCR)*. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan komparatif terhadap 31 citra paspor yang telah melalui tahap prapemrosesan. YOLO v12 diintegrasikan dengan *EasyOCR*, sedangkan Faster R-CNN dipadukan dengan modul OCR berbasis *PyTorch*. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik *mAP*, *Character Accuracy Rate (CAR)*, *Word Error Rate (WER)*, *F1-score*, serta waktu inferensi. Hasil menunjukkan bahwa YOLO v12 unggul dalam deteksi objek dengan *mAP@50* sebesar 95,0% dan *mAP@50–95* sebesar 90,0%, dibandingkan Faster R-CNN yang memperoleh 93,0% dan 89,0%. Dari sisi akurasi ekstraksi teks, Faster R-CNN menunjukkan *CAR* 50,01% dan *F1-score* 55,75%, sedikit lebih tinggi dibandingkan YOLO v12 dengan *CAR* 47,72% dan *F1-score* 53,84%. Namun, YOLO v12 menghasilkan *WER* lebih rendah dan waktu inferensi lebih cepat, yaitu 2,4202 detik (0,45 *FPS*). Penelitian ini menyimpulkan bahwa YOLO v12 lebih unggul dalam efisiensi dan kualitas deteksi, sedangkan Faster R-CNN lebih baik pada ketelitian ekstraksi teks tertentu.

Kata Kunci: Komparasi Model*, OCR, Faster R-CNN, YOLO v12,* Ekstraksi Teks Paspor

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi mendorong kebutuhan akan digitalisasi dokumen identitas resmi, salah satunya paspor, guna meningkatkan efisiensi layanan dan mengurangi ketergantungan terhadap proses manual. Namun, penginputan data paspor secara manual masih rentan terhadap kesalahan manusia, memerlukan waktu yang lama, serta berpotensi menurunkan kualitas layanan publik. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang mampu melakukan ekstraksi informasi secara otomatis dan akurat dari dokumen paspor.

Optical Character Recognition (OCR) merupakan salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam proses pengenalan dan ekstraksi teks dari citra dokumen. Seiring berkembangnya teknik *Deep Learning*, kinerja *OCR* semakin meningkat melalui integrasi dengan metode deteksi objek berbasis *convolutional neural network (CNN)*. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan model deteksi objek seperti *Faster Region-Based Convolutional Neural Network (Faster R-CNN)* dan *You Only Look Once (YOLO)* mampu meningkatkan ketepatan dalam menentukan area teks *(Region of Interest)* sebelum dilakukan proses pengenalan karakter.

Meskipun demikian, setiap metode memiliki karakteristik dan performa yang berbeda, khususnya dalam hal akurasi dan kecepatan pemrosesan. *Faster R-CNN* dikenal memiliki akurasi yang tinggi dalam mendeteksi objek, namun relatif membutuhkan waktu inferensi yang lebih lama. Sebaliknya, *YOLO* dirancang untuk deteksi objek secara real-time dengan kecepatan tinggi, namun tetap perlu diuji tingkat akurasinya dalam konteks dokumen resmi seperti paspor.

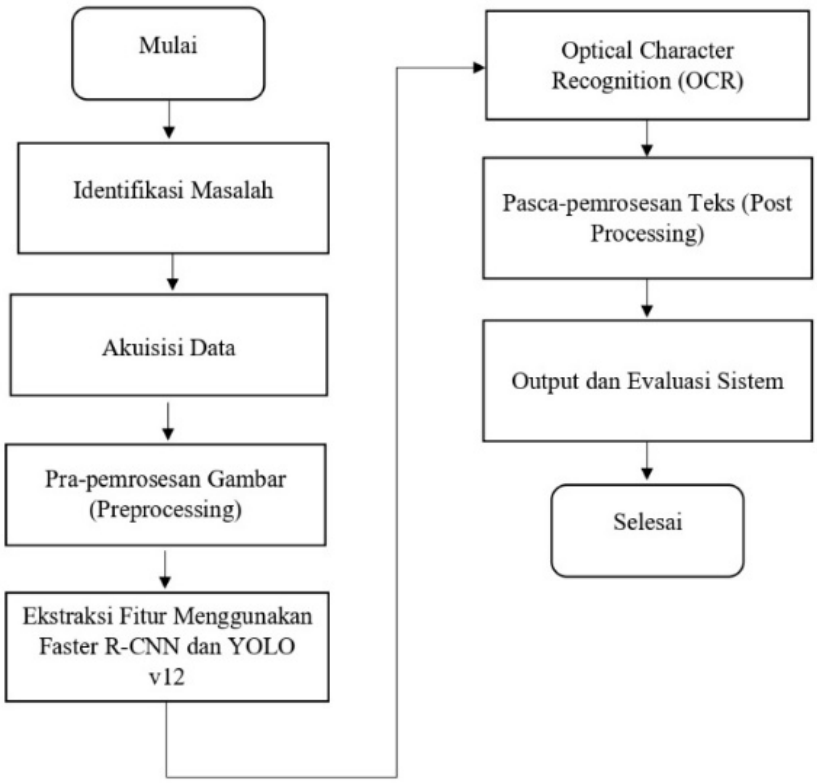
Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan menerapkan Faster *R-CNN* dan *YOLO v12* dalam sistem ekstraksi teks otomatis berbasis *OCR* pada dokumen paspor. Penelitian ini tidak hanya membangun sistem ekstraksi teks paspor, tetapi juga mengevaluasi kinerja kedua metode berdasarkan metrik *mean Average Precision (mAP), Character Accuracy Rate (CAR), Word Error Rate (WER),* serta waktu inferensi. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem digitalisasi dokumen identitas resmi yang lebih efektif dan efisien, serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya di bidang pengolahan citra dan kecerdasan buatan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode eksperimen dengan pendekatan komparatif untuk mengevaluasi kinerja Faster R-CNN dan YOLO v12 dalam sistem ekstraksi teks paspor berbasis *Optical Character Recognition* (OCR). Data yang digunakan sebanyak 31 citra paspor yang telah melalui tahap prapemrosesan berupa penyesuaian ukuran, normalisasi, dan pelabelan area teks. Proses pengembangan meliputi pelatihan model deteksi objek, integrasi dengan modul OCR, serta pengujian performa. YOLO v12 diintegrasikan dengan *EasyOCR*, sedangkan Faster R-CNN dikombinasikan dengan modul OCR berbasis *PyTorch*. Deteksi dilakukan untuk menentukan *region of interest* sebelum tahap pengenalan karakter. Evaluasi dilaksanakan menggunakan metrik *mean Average Precision* (mAP), *Character Accuracy Rate* (CAR), *Word Error Rate* (WER), *F1-score*, serta pengukuran waktu inferensi dan *frame per second* (FPS). Hasil pengujian dianalisis guna mengetahui tingkat akurasi deteksi, ketelitian ekstraksi teks, dan efisiensi pemrosesan dari masing-masing model.

Perancangan Sistem

Alur kerja sistem ekstraksi teks paspor disusun secara sistematis mulai dari pengumpulan data hingga evaluasi kinerja sistem. Proses diawali dengan akuisisi citra paspor, dilanjutkan dengan tahap prapemrosesan citra untuk meningkatkan kualitas input, pendeteksian area teks menggunakan model *Faster R-CNN* dan *YOLO v12*, pengenalan karakter menggunakan modul *OCR*, hingga penyimpanan hasil ekstraksi dalam basis data.



Gambar 1. Diagram Perancangan Sistem Ekstraksi Teks Otomatis pada Dokumen Paspor Berbasis OCR

Dataset yang digunakan terdiri dari 31 citra dokumen paspor yang berasal dari *Generated USA Passports Dataset* pada *platform Kaggle*. Seluruh citra melalui tahap prapemrosesan meliputi konversi citra ke skala abu-abu *(grayscale),* binarisasi untuk memperjelas kontras teks dan latar belakang, penghapusan noise, serta koreksi kemiringan citra *(deskewing)*.

Dataset yang digunakan merupakan data sintetis/public dataset sehingga tidak melibatkan data pribadi nyata dan tidak melanggar aspek privasi.

Anotasi Data dan Region of Interest

Untuk memfokuskan proses deteksi pada area penting paspor, dilakukan anotasi *Region of Interest (ROI)* menggunakan Label Studio. Area yang dianotasi meliputi informasi utama seperti nama pemegang paspor, nomor paspor, kewarganegaraan, serta tanggal lahir.



Gambar 2. Contoh Anotasi Region of Interest (ROI) pada Dokumen Paspor Menggunakan Label Studio

Arsitektur dan Integrasi Model

Sistem ekstraksi teks dibangun dengan dua skema utama. Pada skema pertama, *YOLO v12* digunakan sebagai pendeteksi area teks yang kemudian diintegrasikan dengan *EasyOCR* untuk melakukan pengenalan karakter. Pada skema kedua, *Faster R-CNN* digunakan untuk mendeteksi area teks dan dipadukan dengan modul *OCR* berbasis *PyTorch.* Kedua skema dijalankan secara independen untuk memperoleh evaluasi komparatif yang objektif.

Pascapemrosesan Teks

Hasil teks dari proses *OCR* selanjutnya diproses melalui tahap pascapemrosesan yang meliputi koreksi ejaan *(spell checking),* pembersihan karakter tidak valid menggunakan regular *expression (regex),* serta normalisasi format teks sebelum disimpan ke dalam basis data.

Evaluasi Kinerja

Evaluasi kinerja sistem dilakukan dengan membandingkan hasil deteksi dan pengenalan teks dari kedua metode menggunakan metrik *mean Average Precision (mAP), Character Accuracy Rate (CAR), Word Error Rate (WER),* serta waktu inferensi untuk mengukur kecepatan pemrosesan sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem ekstraksi teks otomatis pada dokumen paspor pada keseluruhan dataset dilakukan dengan membandingkan kinerja metode *Faster R-CNN* dan *YOLO v12* yang terintegrasi dengan sistem *OCR*. Evaluasi dilakukan terhadap kemampuan deteksi area teks *(Region of Interest)* serta akurasi hasil pengenalan karakter yang dihasilkan oleh masing-masing metode.

Tabel 1. Perbandingan Kinerja Faster R-CNN dan YOLO v12

Metrik Evaluasi	Faster R-CNN	YOLO v12
mAP@50 (%)	93,0%	95,0%
mAP@50–95 (%)	89,0 %	90,0 %
CAR	50,01 %	47,72 %
CER	52,28 %	49,99 %
WAR	44,33 %	42,73 %
WER	0,7634	0,6631
Precision	62,6 %	59,77 %
Recall	50,65 %	49,29 %
Accuracy	43,55 %	41,61 %
F1 Score	55,75 %	53,84 %

Berdasarkan Tabel 1, YOLO v12 menunjukkan kinerja deteksi objek yang lebih baik dibandingkan Faster R-CNN. Hal ini ditunjukkan oleh nilai mAP@50 sebesar 95,0% dan mAP@50–95 sebesar 90,0%, yang lebih tinggi dibandingkan Faster R-CNN dengan mAP@50 sebesar 93,0% dan mAP@50–95 sebesar 89,0%. Hasil ini mengindikasikan bahwa YOLO v12 lebih akurat dan konsisten dalam mendeteksi area teks pada dokumen paspor.

Dari sisi akurasi ekstraksi teks, Faster R-CNN memperoleh nilai Character Accuracy Rate (CAR) sebesar 50,01% dan F1-score sebesar 55,75%, sedikit lebih tinggi dibandingkan

YOLO v12 dengan CAR sebesar 47,72% dan F1-score sebesar 53,84%. Namun demikian, YOLO v12 menghasilkan tingkat kesalahan yang lebih rendah dengan Word Error Rate (WER) sebesar 0,6631, dibandingkan Faster R-CNN yang memiliki WER sebesar 0,7634, sehingga menunjukkan hasil ekstraksi teks yang lebih stabil.



Gambar 3. Visualisasi Hasil Deteksi Bounding Box dan Prapemrosesan Dokumen Paspor Menggunakan YOLO v12

Visualisasi pada Gambar 3 menunjukkan bahwa *YOLO v12* mampu mendeteksi area teks pada dokumen paspor secara presisi, sehingga mempermudah proses pengenalan karakter pada tahap *OCR*.



Gambar 4. Visualisasi Hasil Deteksi Bounding Box dan Prapemrosesan Dokumen Paspor Menggunakan Faster R-CNN

Visualisasi pada Gambar 4 menunjukkan bahwa *Faster R-CNN* mampu mendeteksi area teks pada dokumen paspor dengan akurasi yang baik, namun dengan waktu inferensi yang relatif lebih lama dibandingkan *YOLO v12.*

Selain aspek akurasi, kecepatan pemrosesan juga menjadi parameter penting dalam sistem ekstraksi teks otomatis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *YOLO v12* mampu memproses citra dengan kecepatan inferensi rata-rata sekitar 0,45 *frame* per *second (FPS),* sedangkan *Faster R-CNN* hanya mencapai sekitar 0,10 *FPS*. Perbedaan ini menunjukkan bahwa *YOLO v12* lebih sesuai diterapkan pada sistem yang membutuhkan pemrosesan real-time atau hampir real-time.



Gambar 5. Hasil Cropping Area Teks Dokumen Paspor Menggunakan Faster R-CNN



Gambar 6. Hasil Cropping Adaptif Area Teks pada Dokumen Paspor Menggunakan Model YOLO v12

Hasil *cropping* area teks menggunakan *Faster R-CNN* dan *YOLO v12* ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Proses ini bertujuan untuk mengekstraksi area hasil deteksi sebelum dilakukan proses *OCR.* Dibandingkan dengan *YOLO v12*, hasil *cropping Faster R-CNN* cenderung menghasilkan area yang lebih luas dan kurang presisi, yang berdampak pada meningkatnya kesalahan pengenalan karakter.

```
{
    "image": "input_paspor\\paspor2.png",
    "raw": {
        "photo": "<PHOTO_DETECTED>",
        "date_of_birth": "23 MAR 1990",
        "date_of_issue": "24 OCT 2008",
        "given_names": "AMY",
        "date_of_expiry": "24 OCT 2018",
        "place_of_birth": "LESOTHO",
        "mrz":
"P<U<ABALDWI<<<<AMY<<<<<<<<O<<<<<<<<<<<<<<<\n07146531811VU<A4830
898<9674755539622439<<<<<",
        "nationality": "UNITED STATES OF AMERICA",
        "sex": "@6 F @ 6",
        "surname": "BALDWIN",
        "passport_number": "071465318"
    },
    "cleaned": {
        "photo": "<PHOTO_DETECTED>",
        "date_of_birth": "1990-03-23",
        "date_of_issue": "24 0CT 2008",
        "given_names": "AMY",
        "date_of_expiry": "24 0CT 2018",
        "place_of_birth": "LESOTHO",
        "mrz":
"P<U<ABALDWI<<<<AMY<<<<<<<<O<<<<<<<<<<<<<<<\n07146531811VU<A4830
898<9674755539622439<<<<<",
        "nationality": "UNITED STATES OF AMERICA",
        "sex": "F",
        "surname": "BALDWIN",
        "passport_number": "071465318"
    },
    "confidence": {
        "photo": 0.9966661334037781,
        "date_of_birth": 0.9944012761116028,
        "date_of_issue": 0.9927137494087219,
        "given_names": 0.9917405843734741,
        "date_of_expiry": 0.9915776252746582,
        "place_of_birth": 0.9824650883674622,
        "mrz": 0.9807459115982056,
        "nationality": 0.9789360761642456,
        "sex": 0.9713220000267029,
        "surname": 0.9633755683898926,
        "passport_number": 0.9430087804794312
    },
```


Gambar 7. Contoh Hasil Ekstraksi Teks Dokumen Paspor menggunakan Faster R-CNN dalam Format JSON


```
{
    "image": "input_paspor\\paspor1.png",
    "raw": {
        "photo": "PHOTO_DETECTED",
        "date_of_expiry": "20 Oct 2016",
        "mrz":"P<USAWARNER<<AAR0N<<<<<<<<<<2099755642USA5897818M7
693441381<247483",
        "place_of_birth": "SURINAME",
        "nationality": "UNITED STATES OF AMERICA",
        "surname": "WARNER",
        "passport_number": "209975564",
        "given_names": "AARON",
        "sex": "OGXE A#HORITY MDORIL /I",
        "date_of_issue": "21 Oct 2006",
        "date_of_birth": "24 Nov 1987"
    },
    "cleaned": {
        "photo": "PHOTO_DETECTED",
        "date_of_expiry": "2016-10-20",
        "mrz":"P<USAWARNER<<AAR0N<<<<<<<<<<2099755642USA5897818M7
693441381<247483",
        "place_of_birth": "SURINAME",
        "nationality": "UNITED STATES OF AMERICA",
        "surname": "WARNER",
        "passport_number": "209975564",
        "given_names": "AARON",
        "sex": "M",
        "date_of_issue": "2006-10-21",
        "date_of_birth": "1987-11-24"
    },
    "confidence": {
        "photo": 1.0,
        "date_of_expiry": 0.7147274682471729,
        "mrz": 0.2871015184821009,
        "place_of_birth": 0.8661094392027027,
        "nationality": 0.8962794254122929,
        "surname": 0.9988584179597596,
        "passport_number": 0.9999951918862087,
        "given_names": 0.9992386858194773,
        "sex": 0.18141705850895531,
        "date_of_issue": 0.5885387208011081,
        "date_of_birth": 0.9682836897105795
    },
```

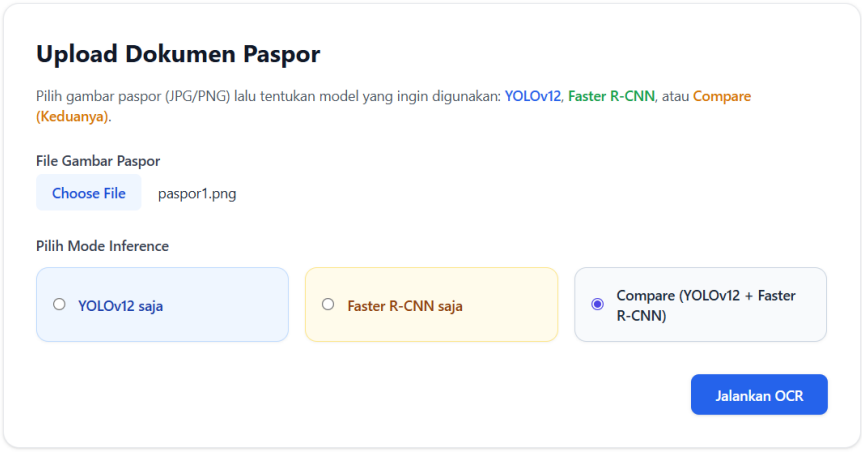

Gambar 8. Hasil Ekstraksi Teks Dokumen Paspor dalam Format JSON

Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan bahwa kedua metode, baik *Faster R-CNN* maupun *YOLO v12*, mampu menghasilkan keluaran dalam format data terstruktur *(JSON)*. Namun, *YOLO v12* menghasilkan tingkat kesalahan yang lebih rendah dibandingkan *Faster R-CNN,* sebagaimana tercermin dari nilai *Word Error Rate (WER)* yang lebih kecil.

Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan dalam bentuk aplikasi berbasis web yang dibangun menggunakan *Python Flask* untuk mengekstraksi teks dokumen paspor secara otomatis dengan memanfaatkan model *YOLO v12* dan *Faster R-CNN*. Sistem dirancang untuk mengekstraksi informasi pada setiap field paspor yang meliputi *surname*, *given names*, *passport number*, *nationality*, *date of birth*, *date of issue*, *date of expiry*, *sex*, *place of birth*, serta *Machine Readable Zone (MRZ)*.

Gambar 9. menunjukkan antarmuka sistem untuk proses unggah dokumen paspor dan pemilihan mode inferensi. Sistem memungkinkan pengguna mengunggah citra paspor dalam format JPG/PNG serta memilih model deteksi yang digunakan, yaitu YOLO v12, Faster R-CNN, atau mode perbandingan kedua model secara bersamaan. Fitur ini mendukung pengujian terkontrol dan komparatif, sehingga memudahkan evaluasi kinerja masing-masing model dalam proses ekstraksi teks dokumen paspor



Gambar 9. Antarmuka Unggah Dokumen Paspor dan Pemilihan Mode Inferensi

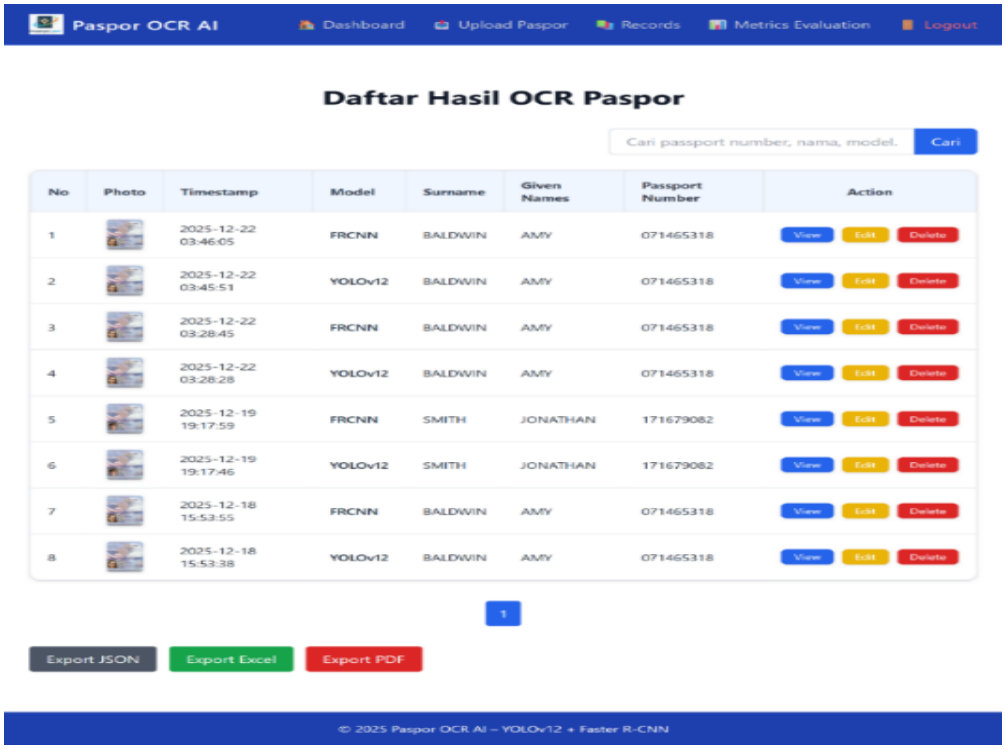
Pada Gambar 10. dibawah menampilkan hasil ekstraksi informasi paspor menggunakan model *YOLO v12* dan *Faster R-CNN* yang disajikan secara berdampingan. Informasi yang diekstraksi meliputi *surname*, *given names*, *passport number*, *nationality*,

date of birth, *date of issue*, *date of expiry*, *sex*, *place of birth*, serta *Machine Readable Zone (MRZ)*, sehingga memudahkan perbandingan hasil ekstraksi pada setiap field. Selain itu, gambar ini juga menyajikan perbandingan kinerja kedua model berdasarkan nilai *mAP*, yang menunjukkan perbedaan akurasi deteksi objek antara *YOLO v12* dan *Faster R-CNN*.



Gambar 10. Hasil Ekstraksi Informasi Paspor dan Perbandingan Kinerja YOLO v12 dan Faster R-CNN

Pada Gambar 11**.** dibawah menampilkan daftar hasil ekstraksi OCR paspor yang tersimpan pada basis data *MySQL*. Informasi yang ditampilkan meliputi waktu pemrosesan, model yang digunakan, serta data utama hasil ekstraksi, sehingga memudahkan pengelolaan dan penelusuran hasil OCR.



Gambar 11. Tampilan Daftar Hasil Ekstraksi Paspor yang Tersimpan pada Basis Data MySQL

Pada Gambar 12. dibawah menyajikan perbandingan hasil ekstraksi OCR antara model *YOLO v12, Faster R-CNN,* dan data *ground truth* pada setiap field paspor. Perbandingan ini menunjukkan tingkat kesesuaian hasil ekstraksi masing-masing model terhadap data acuan, sehingga memudahkan identifikasi perbedaan dan kesalahan pada proses pengenalan karakter

Perbandingan Ground Truth vs Prediksi

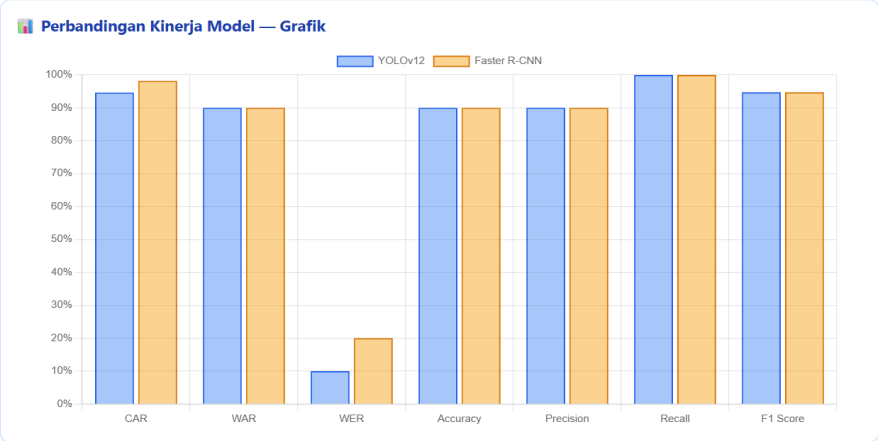
Field	YOLOv12	Faster R-CNN	Ground Truth
Surname	WARNER	WARNER	WARNER
Given Names	AARON	AARON	AARON
Passport Number	209975564	209975564	209975564
Nationality	UNITED STATES OF AMERICA	UNITED STATES OF AMERICA	UNITED STATES OF AMERICA
Place Of Birth	SURINAME	SURINAME	SURINAME
Date Of Birth	24 Nov 1987	24 Nov 1987	24 Nov 1987
Sex	M	M	M
Date Of Issue	21 Oct 2006	21 Oct 2006	21 Oct 2006
Date Of Expiry	20 Oct 2016	20 Oct 2016	20 Oct 2016
Mrz	P<USAWARNER<<AARON<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<20 99755642USA5897818M7693441381<247483	P<UCAWA<<<<<<AA<O<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<< <<<<< 2099755642U<A5897818M7693441381424 7483<<<<<<	P<USAWARNER<<AARON<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<< <<<<209975564 2USA5897818M7693441381<274843 9

Gambar 12. Perbandingan Hasil Ekstraksi OCR YOLO v12, Faster R-CNN, dan Ground Truth

Pada Gambar 13 dibawah menyajikan perbandingan metrik evaluasi OCR antara YOLO v12 dan Faster R-CNN pada citra dokumen paspor, meliputi *CAR*, *WAR*, *WER*, *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Nilai-nilai tersebut kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik pada Gambar 14 untuk memudahkan analisis perbedaan kinerja kedua model secara komparatif.



Gambar 13. Perbandingan Metriks Evaluasi OCR antara YOLO v12 dan Faster R-CNN pada Citra Dokumen Paspor



Gambar 14. Grafik Perbandingan Metriks Evaluasi YOLO v12 dan Faster R-CNN

Tampilan implementasi sistem pada bagian ini ditunjukkan berdasarkan pengujian pada salah satu sampel dokumen paspor sebagai ilustrasi fungsional sistem, sedangkan evaluasi kinerja secara kuantitatif tetap mengacu pada hasil pengujian terhadap keseluruhan dataset. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu menyajikan informasi hasil ekstraksi secara terstruktur, menyimpan data hasil OCR ke dalam basis data, serta menyediakan fasilitas ekspor data dalam format terstruktur. Dengan demikian, sistem yang

dikembangkan tidak hanya valid secara akademik sebagai sarana evaluasi metode, tetapi juga aplikatif dalam mendukung proses digitalisasi dokumen identitas resmi.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini berhasil menerapkan *Faster R-CNN* dan *YOLO v12* dalam sistem ekstraksi teks otomatis berbasis *Optical Character Recognition (OCR)* pada dokumen paspor. Berdasarkan hasil pengujian terhadap 31 dokumen paspor, model *YOLO v12* menunjukkan kinerja deteksi objek yang lebih baik dibandingkan *Faster R-CNN*, dengan nilai *mAP@50* sebesar 95,0% dan *mAP@50–95* sebesar 90,0%, sedangkan *Faster R-CNN* memperoleh *mAP@50* sebesar 93,0% dan *mAP@50–95* sebesar 89,0%. Dari sisi akurasi ekstraksi teks, *Faster R-CNN* menghasilkan nilai *CAR* sebesar 50,01% dan *F1-score* sebesar 55,75%, sedikit lebih tinggi dibandingkan *YOLO v12* dengan *CAR* sebesar 47,72% dan *F1-score* sebesar 53,84%. Namun demikian, *YOLO v12* menghasilkan tingkat kesalahan yang lebih rendah dengan nilai *CER* sebesar 52,28% dan *WER* sebesar 0,6631, dibandingkan *Faster R-CNN* dengan *CER* sebesar 49,99% dan *WER* sebesar 0,7634. Selain itu, dari aspek efisiensi pemrosesan, YOLO v12 secara signifikan lebih unggul dengan waktu inferensi rata-rata 2,4202 detik dan *FPS* sebesar 0,45, sedangkan *Faster R-CNN* membutuhkan waktu inferensi rata-rata 10,3725 detik dengan *FPS* sebesar 0,10. Dengan demikian, YOLO v12 lebih sesuai untuk sistem OCR yang menuntut kecepatan dan kualitas deteksi tinggi, sementara Faster R-CNN lebih tepat digunakan pada aplikasi yang mengutamakan ketelitian ekstraksi teks tertentu. Sebagai pengembangan ke depan, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan sistem dengan akuisisi citra berbasis kamera secara *real-time*, menambahkan modul verifikasi keaslian dokumen seperti *fraud detection* dan pencocokan biometrik, serta memperluas penerapan sistem agar mampu menangani berbagai jenis dokumen identitas resmi lainnya secara adaptif.

REFERENSI

Abdillah, G., & Ilyas, R. (2024). Deteksi Objek Bahasa Isyarat Huruf Bisindo Menggunakan SSD-Mobilenet. *Kesatria : Jurnal Penerapan Sistem Informasi (Komputer Dan*

Manajemen), *5*(1), 47–60.

Adi Saputra, D., Istiadi, I., & Yuniar Rahman, A. (2024). Deteksi Kesegeran Ikan Layur Berdasarkan Citra Mata Menggunakan Yolov8. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *8*(5), 10263–10270. https://doi.org/10.36040/jati.v8i5.11020

Alif, M. A. R., & Hussain, M. (2025). *YOLOv12: A Breakdown of the Key Architectural Features*. http://arxiv.org/abs/2502.14740

Danyalson, C., Cahyanti, M., Swedia, E. R., & Sarjono, M. W. (2024). Comparison of Yolov7 and Yolov8 Architectures for Detecting Shirt Collars. *Sebatik*, *28*(2), 372–379. https://doi.org/10.46984/sebatik.v28i2.2492

Hanif, M. Z., Saputra, W. A., Choo, Y. H., & Yunus, A. P. (2024). Rupiah Banknotes Detection Comparison of The Faster R-CNN Algorithm and YOLOv5. *Jurnal Infotel*, *16*(3), 502–517. https://doi.org/10.20895/infotel.v16i3.1189

Meirza, A., & Puteri, N. R. (2024). Implementasi Metode YOLOV5 dan Tesseract OCR untuk Deteksi Plat Nomor Kendaraan. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Desain Komunikasi Visual*, *9*(1), 424–435.

Menggunakan, I., & Yulianto, A. (2024). Pengembangan Sistem Pengenalan Plat Nomor Indonesia Menggunakan YOLOv8 dan EasyOCR. *Jurnal Ilmiah Komputasi*, *23*(4), 571–578. https://doi.org/10.32409/jikstik.23.4.3659

Prasetio, B., & Pratiwi, N. (2025). Deteksi Sampah Organik dan Anorganik Menggunakan Model YOLOv8. *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, *10*(1), 494–506. https://doi.org/10.29100/jipi.v10i1.5965

Putra, F. A.-I. A., Jatmiko, A. R., Putri, D. M., & Al-Fath, A. H. (2024). Vehicle Licence Number Plate Recognition Using Convolution Neural Network for Traffic Violators in Indonesia. *Inform : Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, *9*(2), 181–186. https://doi.org/10.25139/inform.v9i2.8449

Raya Ismail, D., & Rahmadewi, R. (2025). Sistem Deteksi Jalan Berlubang Secara Real-Time Menggunakan Yolov11: Integrasi Data Dan Lokasi Melalui Website. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *9*(3), 3953–3961. https://doi.org/10.36040/jati.v9i3.13436

Richo, R. (2025). Sistem Identifikasi Informasi Expired Date Produk Kemasan

Menggunakan Kolaborasi Metode Yolo-V11M Dan Paddleocr. *Jurnal Rekayasa Sistem Informasi Dan Teknologi*, *2*(3), 886–900. https://doi.org/10.70248/jrsit.v2i3.1719

Rina, R., Hidayat, T., & Uki Eka Saputri, D. (2024). Analisis Percepatan Pemulihan Ekonomi Indonesia Pasca Pandemi Dengan Big Data Dan Deep Learning. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *8*(3), 3244–3252. https://doi.org/10.36040/jati.v8i3.9420

Rofiq, H. N., Mafela, G., & Sujak, M. (2024). Vessel Detection Using YOLO and Satellite Imagery to Enhance Customs Patrol Efficiency. *Jurnal BPPK*, *17*(December), 62–78.

Utomo, K. S., Christian, Y., & Yulianto, A. (2024). Pengembangan Verifikasi Informasi Cek Bank dengan Menggunakan CNN-XGBoost Image Classification untuk Verifikasi Tanda Tangan dan Pengenalan Tulisan Tangan. In *INSERT : Information System and Emerging Technology Journal* (Vol. 5, Issue 2, pp. 162–172). https://doi.org/10.23887/insert.v5i2.85907

Zebua, N. J. D. K., Waruwu, E., Zebua, D. S., & Mendrofa, Y. (2024). Implementasi Sistem Pencatatan Laporan Persediaan Barang Berbasis Digital di Satuan Polisi Pamong Praja Kota Gunungsitoli. *Tuhenori: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, *2*(4), 269–291. https://doi.org/10.62138/tuhenori.v2i4.85

Digital Business Model Development through the Implementation of a Smart Tuition Payment System

Laqma Dica Fitrani[1)*)], Angga Lisdiyanto[2)], Masti Fatchiyah Maharani[3)], Yerezqy Bagus[4)], Dina Zatusiva Haq[5)]

[1)]Bisnis Digital, Fakultas, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
[2)]Magister Teknologi Informasi, Fakultas, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
[3)]Sains Data, Fakultas, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
[4)5)]Informatika, Fakultas, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
***)Correspondence author:** Laqma Dica Fitrani, Laqma_dica.bd@upnjatim.ac.id, Surabaya, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3282

Abstract

The tuition payment system is an essential component of school financial administration that supports educational operations. However, many schools still rely on manual or semi-digital payment processes, which often result in delayed transaction recording, data entry errors, and limited transparency in financial reporting. This study aims to develop a web-based online tuition payment application to improve the efficiency, accuracy, and transparency of school financial management. The research employed a qualitative descriptive approach with data collected through observation, interviews, and literature review. System development was conducted using the Agile method, allowing the application to be refined iteratively according to user needs. The system was implemented using PHP and MySQL and includes features such as student data management, tuition billing generation, payment recording, digital receipt generation, and real-time financial reporting. The results indicate that the developed system enhances administrative efficiency, reduces recording errors, and improves the timeliness and transparency of financial reports. Furthermore, the implementation of this system supports the achievement of Sustainable Development Goal (SDG) 4: Quality Education by strengthening governance and sustainability in educational services.

Keywords: *Tuition Payment System, Educational Finance, Web Application, School Administration, SDGs 4 Quality Education*

Abstrak

Sistem pembayaran SPP merupakan salah satu komponen penting dalam pengelolaan administrasi keuangan sekolah yang berperan dalam mendukung kelancaran operasional pendidikan. Namun, proses pembayaran yang masih dilakukan secara manual atau semi-digital di banyak institusi pendidikan berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan, seperti keterlambatan pencatatan, kesalahan input data, serta rendahnya transparansi laporan keuangan. Kondisi tersebut menyulitkan pihak sekolah dalam memantau status pembayaran siswa secara akurat dan tepat waktu. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi SPP online berbasis web guna memudahkan pengelolaan tagihan, pencatatan pembayaran, dan penyajian laporan keuangan secara terstruktur dan sistematis sebagai bagian dari penguatan tata kelola layanan pendidikan. Metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan pendekatan Agile. Pengembangan sistem dilakukan menggunakan metode Agile agar sistem dapat disesuaikan secara bertahap dengan kebutuhan

pengguna. Aplikasi dikembangkan berbasis web menggunakan bahasa pemrograman PHP dan basis data MySQL, serta dilengkapi fitur pembuatan tagihan, pencatatan transaksi, pencetakan kwitansi digital, dan laporan keuangan real-time. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi administrasi, meminimalkan kesalahan pencatatan, serta meningkatkan transparansi dan ketepatan waktu pelaporan keuangan sekolah, sehingga mendukung pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs) 4: Pendidikan Berkualitas melalui penguatan tata kelola dan keberlanjutan layanan pendidikan.

Kata Kunci : Sistem SPP Online, Pembayaran Pendidikan, Aplikasi Web, Administrasi Keuangan, SDGs4 Pendidikan Berkualitas.

PENDAHULUAN

Perkembangan ekosistem bisnis digital telah mendorong terjadinya disrupsi struktural pada berbagai sektor layanan publik, termasuk sektor pendidikan tinggi dan pendidikan menengah (Saputra, Hanif, & Devi, 2025). Digitalisasi tidak lagi terbatas pada proses pembelajaran, tetapi telah merambah pada sistem pendukung pendidikan (educational support systems), khususnya dalam pengelolaan pembiayaan pendidikan yang menuntut efisiensi, transparansi, dan akuntabilitas yang tinggi (Basatha, Akhsani, Prayoga, Akbar, & Dwika, 2025). Dalam konteks ini, integrasi teknologi informasi dengan model bisnis digital menjadi strategi krusial untuk menjamin keberlanjutan layanan pendidikan yang adaptif terhadap dinamika sosial, ekonomi, dan teknologi (Kusumaningrum et al., 2024).

Salah satu permasalahan klasik yang masih dihadapi institusi pendidikan adalah sistem pembayaran biaya pendidikan yang bersifat konvensional, fragmentatif, serta minim integrasi data. Sistem tersebut berpotensi menimbulkan inefisiensi administratif, keterlambatan pembayaran, kesalahan pencatatan, serta keterbatasan akses bagi peserta didik dan orang tua (Prasetya, Chotimah, & Fitri, 2023). Kondisi ini secara tidak langsung berdampak pada kualitas layanan pendidikan dan bertentangan dengan prinsip pemerataan akses pendidikan yang menjadi fokus utama Sustainable Development Goal (SDG) 4, yaitu menjamin pendidikan berkualitas yang inklusif, adil, dan berkelanjutan bagi seluruh lapisan masyarakat (Zen & Mageiasti, 2025).

Pengembangan Smart Tuition Payment System sebagai bagian dari inovasi bisnis digital menawarkan solusi strategis untuk mengatasi permasalahan tersebut. Sistem ini dirancang sebagai platform terintegrasi yang memanfaatkan teknologi berbasis web dan/atau

mobile, data analytics, serta sistem pembayaran digital untuk mengoptimalkan proses transaksi biaya pendidikan secara real-time, aman, dan transparan (Lestari, Perdana, Arabiansyah, & Haryono, 2025). Selain berfungsi sebagai alat transaksi, sistem ini juga berperan sebagai instrumen pengambilan keputusan manajerial melalui penyediaan data keuangan yang akurat, sehingga mendukung tata kelola institusi pendidikan yang lebih efektif dan berorientasi pada kualitas layanan (Oktasena, Arwani, Hayuhardhika, & Putra, 2023).

Lebih lanjut, implementasi Smart Tuition Payment System berkontribusi langsung terhadap pencapaian SDG 4 dengan memperkuat dimensi aksesibilitas dan keberlanjutan pendidikan. Sistem pembayaran yang fleksibel, transparan, dan terintegrasi dapat menurunkan hambatan administratif bagi peserta didik, meningkatkan kepercayaan publik terhadap institusi pendidikan, serta menciptakan ekosistem pembiayaan pendidikan yang lebih inklusif (Sassi, 2024). Dengan demikian, pengembangan sistem ini tidak hanya merepresentasikan inovasi teknologi, tetapi juga menjadi instrumen strategis dalam mendukung transformasi pendidikan berbasis digital yang berkelanjutan.

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini berfokus pada pengembangan dan analisis Smart Tuition Payment System sebagai model bisnis digital yang mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan pembiayaan pendidikan sekaligus memperkuat kontribusi institusi pendidikan dalam pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan, khususnya SDG 4: Pendidikan Berkualitas.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (Research and Development) dengan pendekatan Agile dalam pengembangan Smart Tuition Payment System. Pendekatan Agile dipilih untuk memastikan pengembangan Smart Tuition Payment System berjalan fleksibel dan adaptif terhadap kebutuhan pengguna yang beragam. Pendekatan ini memungkinkan penyesuaian sistem secara cepat, mengurangi risiko kesalahan melalui pengujian bertahap, serta meningkatkan kualitas sistem berdasarkan umpan balik pengguna (Chandra, Tambay, Kungkung, & Hasan, 2025). Selain itu, Agile

mempercepat proses pengembangan dan implementasi, serta mendukung pengembangan sistem yang berkelanjutan sesuai kebutuhan institusi dan perkembangan teknologi. Di mana proses pengembangan sistem dilakukan secara iteratif dalam empat sprint yang masing-masing berdurasi dua minggu. Partisipan penelitian terdiri dari lima Petugas Tata Usaha, dua Admin Sistem, serta dua puluh siswa yang terlibat sebagai responden uji coba sistem untuk memastikan kesesuaian kebutuhan pengguna dengan implementasi aplikasi.

Sprint pertama difokuskan pada analisis kebutuhan dan perancangan sistem, sprint kedua pada pengembangan modul tagihan dan pembayaran, sprint ketiga pada implementasi fitur laporan keuangan dan kwitansi digital, serta sprint keempat pada pengujian, evaluasi usability, dan penyempurnaan sistem berdasarkan umpan balik pengguna. Evaluasi dilakukan menggunakan instrumen terukur berupa skala Likert 1–5 untuk menilai aspek usability, perbandingan waktu proses antara metode manual dan sistem digital untuk mengukur efisiensi, serta analisis persentase kesalahan pencatatan sebelum dan sesudah implementasi sistem guna menilai peningkatan akurasi.Tahapan penelitian dilakukan menggunakan siklus Agile yang berfokus pada pengembangan model bisnis digital melalui implementasi Smart Tuition Payment System. Setiap tahap dirancang untuk memastikan sistem tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga memberikan nilai tambah bagi layanan pendidikan.

1. Tahap perencanaan (planning) diawali dengan identifikasi masalah dan kebutuhan sistem melalui observasi, wawancara, dan studi dokumen terkait proses pembayaran pendidikan. Tahap ini menghasilkan product backlog yang memuat kebutuhan fitur sistem serta alur bisnis digital yang akan dikembangkan.
2. Pada tahap perancangan (design), sistem dirancang menggunakan diagram alur proses dan use case sederhana untuk menggambarkan interaksi pengguna, proses bisnis pembayaran, serta integrasi antara sistem akademik dan keuangan.
3. Tahap pengembangan (development) dilakukan secara iteratif melalui beberapa sprint. Setiap sprint menghasilkan modul sistem yang mendukung model bisnis digital, seperti modul pembayaran digital, pencatatan transaksi otomatis, dan laporan keuangan real-time.

4. Selanjutnya, tahap pengujian (testing) dilakukan pada setiap sprint menggunakan pengujian fungsional (black box) dan uji coba pengguna untuk memastikan sistem berjalan sesuai kebutuhan dan mendukung efisiensi layanan.
5. Tahap evaluasi (review and feedback) dilakukan dengan mengumpulkan umpan balik pengguna untuk menyempurnakan sistem dan memastikan kesesuaian sistem dengan kebutuhan operasional serta model bisnis institusi pendidikan.

Melalui pendekatan Agile, sistem dikembangkan secara adaptif dan berorientasi pada pengguna, sehingga mendukung penguatan model bisnis digital institusi pendidikan dan berkontribusi pada pencapaian SDG 4: Pendidikan Berkualitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian diperoleh melalui serangkaian tahapan pengembangan sistem yang meliputi observasi, perencanaan dan analisis, perancangan, pengembangan, hingga pengujian. Setiap tahapan menggambarkan proses bagaimana Smart Tuition Payment System dikonseptualisasikan, dikembangkan, dan dievaluasi berdasarkan data empiris yang diperoleh dari lingkungan madrasah/sekolah sebagai objek penelitian. Proses ini menghasilkan sistem pembayaran digital yang dirancang untuk mengatasi permasalahan administratif, khususnya dalam pencatatan pembayaran, akurasi data transaksi, serta transparansi informasi keuangan.

1. Hasil Tahap Perencanaan (Planning)

Tahap perencanaan merupakan fondasi utama dalam pengembangan Smart Tuition Payment System karena menentukan kebutuhan sistem dan arah pengembangan model bisnis digital. Berdasarkan hasil observasi terhadap proses pembayaran SPP di madrasah/sekolah, ditemukan bahwa pencatatan pembayaran masih dilakukan secara manual atau semi-digital, sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan input, keterlambatan pelaporan, serta rendahnya transparansi informasi pembayaran bagi siswa dan orang tua.

Wawancara dengan petugas Tata Usaha dan admin sistem menunjukkan bahwa beban administratif menjadi kendala utama dalam pengelolaan pembayaran pendidikan.

Selain itu, studi dokumen terkait laporan pembayaran dan peraturan sekolah menunjukkan adanya variasi kebijakan pembayaran antar sekolah yang membutuhkan sistem yang fleksibel dan dapat dikonfigurasi.

Hasil tahap perencanaan ini adalah product backlog yang berisi kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem, termasuk modul pengelolaan data siswa, pembuatan tagihan SPP bulanan dan tagihan lain-lain, pencatatan pembayaran, pelaporan keuangan, serta konfigurasi aturan pembayaran sesuai kebijakan sekolah. Product backlog ini menjadi acuan utama dalam penentuan prioritas pengembangan pada setiap sprint Agile.

2. Hasil Tahap Perancangan (Design)

Tahap perancangan bertujuan untuk memvisualisasikan kebutuhan sistem dalam bentuk model yang mudah dipahami dan dapat diimplementasikan secara teknis (Fitrani et al., 2023). Perancangan dilakukan menggunakan use case diagram dan diagram alur proses untuk menggambarkan interaksi antara aktor sistem, yaitu Petugas TU, Admin Sistem, dan Siswa, dengan sistem pembayaran SPP.

Pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan pengguna berdasarkan alur operasional pengelolaan pembayaran SPP di madrasah/sekolah. Kebutuhan yang teridentifikasi meliputi autentikasi pengguna untuk menjamin keamanan akses sistem, pengelolaan data siswa dan tagihan oleh petugas Tata Usaha, serta fasilitas bagi siswa/orang tua untuk melihat tagihan, melakukan pembayaran, dan memantau histori transaksi. Administrator memiliki hak akses penuh untuk mengatur kebijakan pembayaran sesuai peraturan sekolah.

Pengembangan sistem menggunakan perangkat lunak berupa Windows 10, XAMPP sebagai web server, peramban web untuk pengujian antarmuka, Microsoft Visio untuk pemodelan sistem, serta PHP dengan framework CodeIgniter dan basis data MySQL. Kebutuhan sistem terdiri atas kebutuhan fungsional yang mencakup pengelolaan tagihan dan pembayaran, serta kebutuhan informasi yang meliputi data siswa, data tagihan, data transaksi, dan laporan keuangan sebagai pendukung administrasi sekolah.

a. Kebutuhan Fungsional dan Non-Fungsional

Kebutuhan utama sistem terdiri atas kebutuhan fungsional dan kebutuhan informasi. Kebutuhan fungsional meliputi autentikasi pengguna, pengelolaan data siswa dan tagihan, pencatatan serta verifikasi pembayaran, serta penyajian laporan pembayaran. Sementara itu, kebutuhan informasi mencakup data siswa, data tagihan, data transaksi pembayaran, dan laporan keuangan sebagai output sistem.

Tabel 1. Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan Fungsional	Deskripsi
Autentikasi pengguna	Sistem menyediakan mekanisme autentikasi bagi Petugas TU, Admin Sistem, dan Siswa
Pengelolaan data siswa	Sistem memungkinkan Petugas TU melakukan penambahan, pembaruan, dan penghapusan data siswa
Validasi data siswa	Sistem menyediakan fitur validasi data siswa sebelum diproses lebih lanjut
Pembuatan tagihan SPP bulanan	Sistem mendukung pembuatan tagihan angsuran bulanan secara terstruktur
Pembaruan tagihan SPP	Sistem memungkinkan pengubahan atau koreksi data tagihan sesuai kebijakan sekolah
Pengelolaan tagihan lain-lain	Sistem mendukung pencatatan tagihan non-SPP seperti kegiatan atau ujian
Visualisasi laporan tagihan dan pembayaran	Sistem menyajikan informasi tagihan dan status pembayaran secara real-time
Pencatatan transaksi pembayaran	Sistem mencatat transaksi pembayaran secara otomatis dan terintegrasi
Pencetakan bukti pembayaran	Sistem menghasilkan bukti pembayaran dalam bentuk digital atau cetak
Konfigurasi aturan pembayaran sekolah	Sistem memungkinkan pengaturan kebijakan pembayaran sesuai peraturan masing-masing sekolah

Kebutuhan non-fungsional aplikasi SPP online menekankan keamanan, keandalan, dan ketersediaan sistem. Sistem dirancang untuk melindungi kerahasiaan data siswa dan transaksi pembayaran, mengatur hak akses pengguna, serta berjalan stabil dengan dukungan koneksi internet dan server yang andal. Selain itu, aplikasi berbasis web ini dioptimalkan agar dapat digunakan secara lancar dalam proses pembayaran dan pelaporan administrasi sekolah.

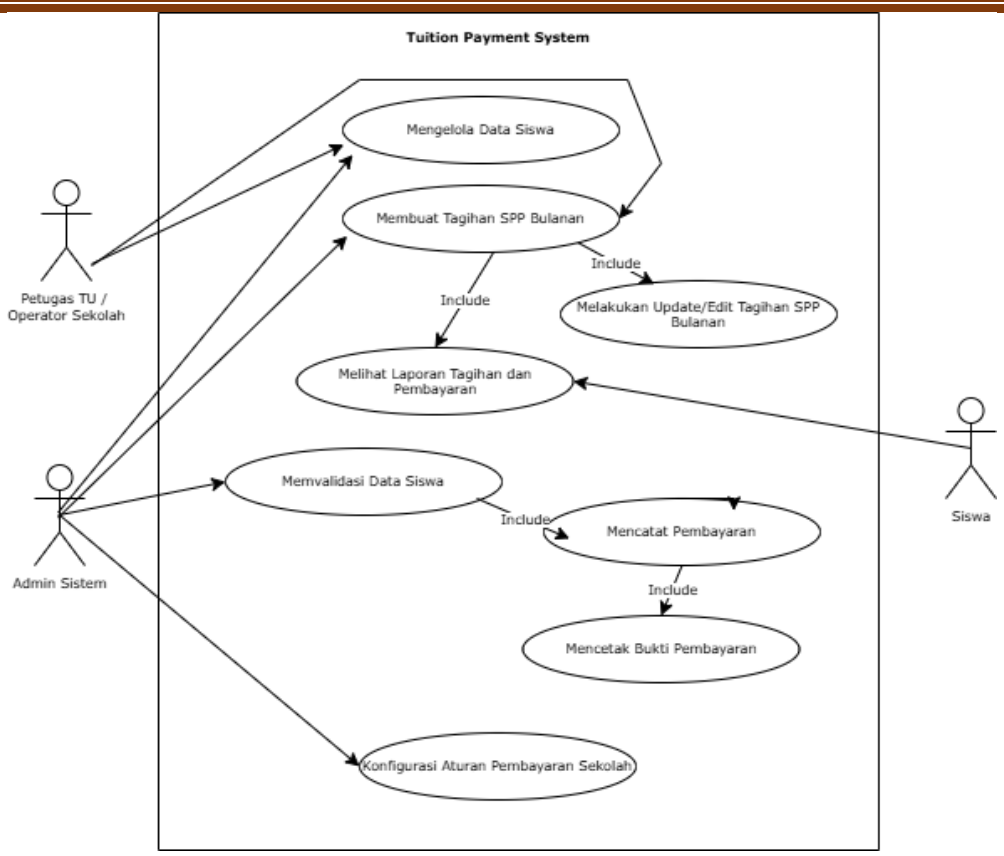
Tabel 2. Kebutuhan Non Fungsional

Kebutuhan Non-Fungsional	Deskripsi
Keamanan data	Sistem harus menjamin kerahasiaan dan integritas data siswa serta transaksi
Kemudahan penggunaan	Sistem dirancang dengan antarmuka yang mudah dipahami oleh pengguna
Kinerja sistem	Sistem mampu memproses transaksi dan menampilkan data secara cepat
Ketersediaan layanan	Sistem dapat diakses secara konsisten selama jam operasional sekolah
Keandalan sistem	Sistem mampu beroperasi secara stabil dengan tingkat kesalahan minimal
Fleksibilitas sistem	Sistem dapat disesuaikan dengan kebijakan pembayaran setiap sekolah
Skalabilitas	Sistem mendukung pengembangan untuk kebutuhan pengguna yang lebih besar
Akses multi-pengguna	Sistem mampu melayani banyak pengguna secara bersamaan
Audit trail	Sistem menyimpan jejak aktivitas pengguna untuk keperluan audit
Pencadangan data	Sistem menyediakan mekanisme backup data secara berkala

Kebutuhan non-fungsional yang telah dirumuskan tidak hanya menjadi batasan teknis sistem, tetapi juga menjadi dasar dalam merancang interaksi antara pengguna dan aplikasi. Untuk memastikan aspek keamanan, keandalan, dan ketersediaan layanan dapat terpenuhi, kebutuhan tersebut diwujudkan ke dalam fungsi-fungsi sistem yang kemudian divisualisasikan melalui use case diagram. Melalui diagram ini, alur interaksi antara aktor dan sistem ditampilkan secara terstruktur sesuai dengan peran dan hak akses masing-masing pengguna.

b. Use Case Diagram

Use case diagram pada Gambar 1 menggambarkan interaksi antara aktor dan sistem pada Tuition Payment System yang digunakan di madrasah/sekolah. Diagram ini menunjukkan fungsi utama sistem dalam mendukung proses pengelolaan pembayaran SPP, mulai dari pengelolaan data siswa, pembuatan tagihan, pencatatan pembayaran, hingga pelaporan keuangan. Setiap aktor memiliki peran yang berbeda sesuai dengan hak aksesnya, sehingga sistem dapat berjalan secara terstruktur dan terkontrol.



Gambar 1. Use Case Diagram

Berdasarkan use case diagram, Petugas Tata Usaha berperan dalam mengelola data siswa, membuat dan memperbarui tagihan SPP bulanan, serta melihat laporan tagihan dan pembayaran. Admin Sistem bertanggung jawab dalam memvalidasi data siswa, mencatat pembayaran, mencetak bukti pembayaran, serta mengonfigurasi aturan pembayaran sesuai kebijakan sekolah. Sementara itu, siswa dapat melihat informasi tagihan dan status pembayaran melalui sistem. Perancangan use case ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendukung proses pembayaran pendidikan secara terintegrasi, transparan, dan fleksibel sesuai kebutuhan operasional sekolah.

Tabel 3. Use Case Description

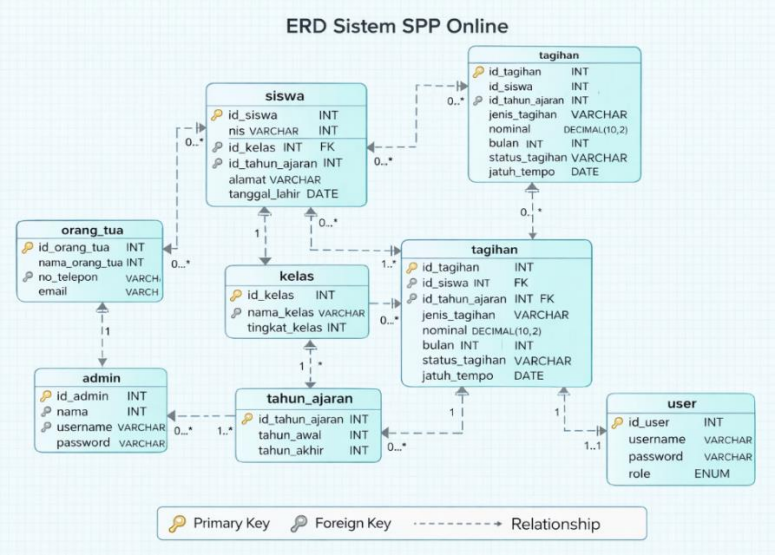
No	Use Case	Aktor	Tujuan	Deskripsi	Pre condition	Post condition
1	Mengelola Data Siswa	Petugas TU	Menyediakan data siswa yang valid	Petugas menambah, mengubah, atau menghapus data siswa dalam sistem	Petugas telah login	Data siswa tersimpan dan siap digunakan
2	Membuat Tagihan SPP Bulanan	Petugas TU	Membuat tagihan pembayaran SPP	Sistem menghasilkan tagihan SPP berdasarkan data siswa dan aturan pembayaran	Data siswa sudah valid	Tagihan SPP bulanan berhasil dibuat
3	Mengubah Tagihan SPP	Petugas TU	Menyesuaikan tagihan sesuai kebijakan sekolah	Petugas memperbarui data tagihan SPP yang sudah ada	Tagihan telah tersedia	Tagihan diperbarui sesuai aturan
4	Melihat Laporan Tagihan & Pembayaran	Petugas TU, Siswa	Mengetahui status pembayaran	Sistem menampilkan informasi tagihan dan status pembayaran	Pengguna telah login	Informasi pembayaran ditampilkan
5	Memvalidasi Data Siswa	Admin Sistem	Menjamin keabsahan data siswa	Admin memeriksa dan memvalidasi data siswa	Data siswa telah diinput	Data siswa berstatus valid
6	Mencatat Pembayaran	Admin Sistem	Mencatat transaksi pembayaran	Sistem menyimpan data pembayaran siswa dan memperbarui status tagihan	Tagihan tersedia	Pembayaran tercatat di sistem
7	Mencetak Bukti Pembayaran	Admin Sistem	Menyediakan bukti transaksi pembayaran	Sistem menghasilkan bukti pembayaran dalam bentuk digital/cetak	Pembayaran sudah tercatat	Bukti pembayaran tersedia
8	Mengatur Aturan Pembayaran	Admin Sistem	Menyesuaikan kebijakan pembayaran sekolah	Admin mengatur parameter pembayaran dalam sistem	Admin telah login	Aturan pembayaran diterapkan

c. Entity Relationship Diagram

Entity Relationship Diagram (ERD) pada sistem SPP online menggambarkan struktur basis data yang digunakan untuk mendukung proses pengelolaan pembayaran pendidikan secara terintegrasi. ERD ini terdiri atas beberapa entitas utama yang saling berhubungan, yaitu users, siswa, petugas, aturan_pembayaran, tagihan, pembayaran, bukti_pembayaran, dan laporan.

Entitas *users* berfungsi sebagai pengelola autentikasi sistem, yang mengatur akses pengguna berdasarkan peran (Firmansyah, Hamdi, & Riandini, 2026). Entitas *siswa* menyimpan data peserta didik yang menjadi dasar pembuatan tagihan. Setiap siswa dapat

memiliki satu atau lebih *tagihan* yang merepresentasikan kewajiban pembayaran SPP bulanan maupun tagihan lain-lain. Tagihan tersebut dihubungkan dengan entitas *aturan_pembayaran* yang memungkinkan sistem disesuaikan dengan kebijakan masing-masing sekolah.



Gambar 2. Entity Relationship Diagram

Proses transaksi dicatat pada entitas *pembayaran*, di mana setiap pembayaran terhubung dengan satu tagihan dan menghasilkan satu *bukti_pembayaran* sebagai output transaksi. Seluruh data transaksi kemudian direkap dalam entitas *laporan* yang digunakan untuk keperluan monitoring dan pelaporan keuangan sekolah. Selain itu, entitas *petugas* terhubung dengan sistem melalui *users* untuk memastikan setiap aktivitas administratif dapat dilacak berdasarkan peran pengguna. Struktur ERD ini dirancang untuk menjamin integritas data, mendukung fleksibilitas kebijakan pembayaran, serta meningkatkan efisiensi dan transparansi pengelolaan keuangan pendidikan melalui sistem SPP online.

Beberapa relasi utama dalam sistem basis data dirancang untuk memastikan pengelolaan transaksi pembayaran berjalan secara terstruktur dan terintegrasi. Entitas siswa memiliki atribut utama id_siswa sebagai primary key (PK) yang berfungsi sebagai identitas unik setiap siswa. Entitas tagihan memiliki id_tagihan sebagai primary key (PK) dan id_siswa sebagai foreign key (FK) yang menghubungkan setiap tagihan dengan siswa tertentu.

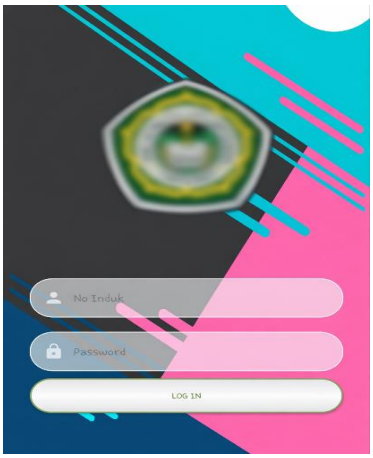
Dengan demikian, setiap tagihan pasti dimiliki oleh satu siswa yang terdaftar dalam sistem. Selanjutnya, entitas pembayaran memiliki id_pembayaran sebagai primary key (PK) dan id_tagihan sebagai foreign key (FK) yang menghubungkan transaksi pembayaran dengan tagihan yang bersangkutan. Entitas users menggunakan id_user sebagai primary key (PK) untuk mengelola autentikasi dan hak akses sistem, sedangkan entitas petugas memiliki id_petugas sebagai primary key (PK) dan id_user sebagai foreign key (FK) untuk mengaitkan data petugas dengan akun pengguna dalam sistem. Dalam struktur relasionalnya, sistem menerapkan hubungan one-to-many di beberapa bagian penting, yaitu satu siswa dapat memiliki banyak tagihan, satu tagihan dapat memiliki banyak pembayaran (misalnya pembayaran angsuran), dan setiap pembayaran menghasilkan satu bukti pembayaran. Pola relasi ini memastikan bahwa setiap transaksi tercatat secara jelas dan dapat ditelusuri berdasarkan hubungan antar entitas. Dengan penggunaan primary key dan foreign key yang tepat, sistem mampu menjaga integritas referensial, mencegah duplikasi atau inkonsistensi data, serta menjamin keakuratan dan konsistensi data transaksi dalam pengelolaan pembayaran pendidikan.

3. Tahap Pengembangan (Development)

Tahap pengembangan dilakukan dengan mengimplementasikan hasil perancangan sistem ke dalam bentuk aplikasi SPP online berbasis web. Pengembangan sistem dilakukan secara bertahap menggunakan pendekatan Agile, di mana setiap modul dikembangkan dalam beberapa iterasi (sprint) untuk memastikan kesesuaian sistem dengan kebutuhan pengguna. Implementasi dilakukan menggunakan teknologi web yang terdiri dari bahasa pemrograman PHP dengan framework CodeIgniter, basis data MySQL, serta HTML, CSS, dan JavaScript untuk antarmuka pengguna.

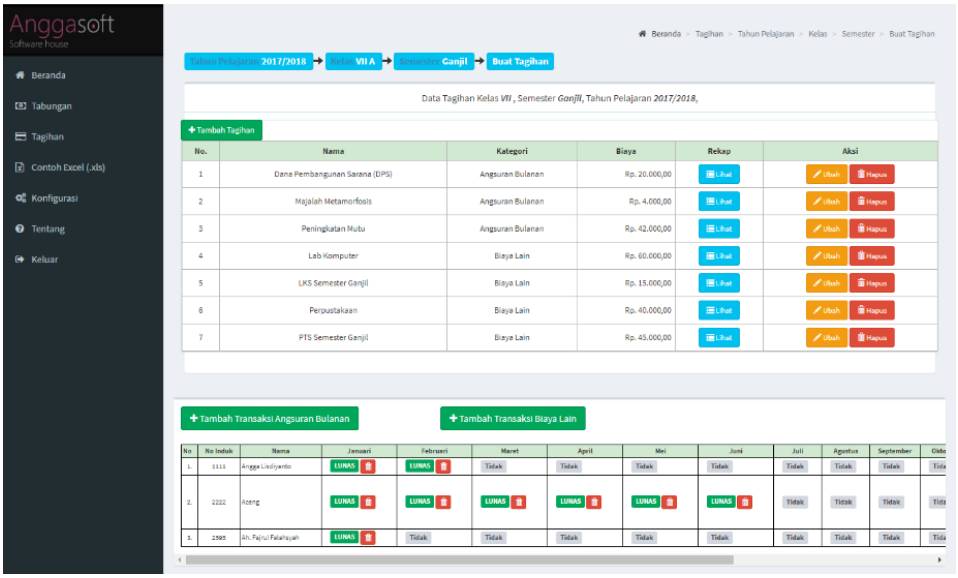
Pada tahap ini, sistem dikembangkan dengan beberapa tampilan utama yang merepresentasikan fungsi-fungsi inti sistem. Tampilan halaman login disediakan sebagai mekanisme autentikasi untuk memastikan keamanan akses pengguna berdasarkan peran, yaitu petugas Tata Usaha, admin sistem, dan siswa. Setelah berhasil masuk, pengguna

diarahkan ke dashboard, yang menampilkan ringkasan informasi pembayaran, jumlah tagihan, serta status transaksi secara real-time.



Gambar 3. Login Sistem

Gambar 3 menunjukkan tampilan login yang dirancang untuk mendukung proses autentikasi pengguna secara aman, di mana pengguna harus memasukkan nomor induk dan kata sandi sebelum mengakses fitur sistem. Mekanisme ini memastikan bahwa hanya pengguna yang memiliki hak akses yang dapat masuk ke dalam sistem sesuai dengan perannya.



Gambar 4. Halaman Manajemen Tagihan

Gambar 4 di atas menunjukkan tampilan antarmuka halaman manajemen tagihan, yang digunakan oleh petugas Tata Usaha untuk mengelola seluruh komponen biaya pendidikan. Pada halaman ini, sistem menampilkan daftar tagihan berdasarkan kelas, semester, dan tahun pelajaran, sehingga memudahkan proses pemantauan dan pengelolaan kewajiban pembayaran siswa.

Implementasi fitur ini menunjukkan bahwa sistem telah mampu mengotomatisasi proses administrasi pembayaran yang sebelumnya dilakukan secara manual. Dengan dukungan tampilan yang terstruktur dan responsif, sistem memudahkan petugas dalam mengelola tagihan serta mendukung efisiensi operasional pengelolaan keuangan sekolah. Hal ini membuktikan bahwa tahap pengembangan berhasil menghasilkan sistem yang fungsional, adaptif, dan siap digunakan sebagai solusi pembayaran digital di lingkungan pendidikan.



Gambar 5. Cetak Kwitansi

Gambar 5 menunjukkan tampilan antarmuka cetak kwitansi, yang dihasilkan secara otomatis setelah proses pembayaran berhasil dicatat dalam sistem. Kwitansi ini memuat informasi penting seperti identitas siswa, rincian pembayaran, nominal transaksi, serta kode QR sebagai elemen verifikasi data.

Fitur cetak kwitansi memungkinkan petugas untuk mencetak bukti pembayaran langsung melalui sistem atau menyimpannya dalam bentuk digital, sehingga meningkatkan efisiensi proses administrasi dan mengurangi penggunaan dokumen manual. Implementasi modul ini menunjukkan bahwa sistem telah mampu mengintegrasikan proses pencatatan transaksi dengan pembuatan bukti pembayaran secara real-time, sekaligus mendukung transparansi dan akuntabilitas pengelolaan keuangan sekolah. Dengan adanya fitur ini, sistem SPP online dapat berfungsi sebagai solusi pembayaran yang terstandar, terdokumentasi, dan siap digunakan dalam operasional pendidikan sehari-hari.

4. Tahap Pengujian (Testing)

Pengujian Blackbox dilakukan untuk memvalidasi ketepatan fungsi dan keandalan sistem SPP online yang dikembangkan untuk pengelolaan pembayaran pendidikan. Metode pengujian ini berfokus pada evaluasi keluaran sistem berdasarkan masukan tertentu tanpa meninjau struktur kode internal. Tujuan pengujian adalah memastikan bahwa setiap fitur sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah ditetapkan dan mampu memenuhi kebutuhan pengguna dalam kondisi operasional nyata (Perdana et al., 2024).

Skenario pengujian mencakup komponen utama sistem, yaitu autentikasi pengguna, pengelolaan data siswa, pembuatan tagihan SPP, pencatatan pembayaran, pencetakan kwitansi, serta penyajian laporan keuangan. Setiap kasus uji dijalankan menggunakan berbagai peramban dan perangkat untuk mengevaluasi stabilitas, kompatibilitas, dan responsivitas sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem SPP online berfungsi dengan baik dan mampu mendukung layanan pembayaran digital secara efektif dan andal di lingkungan institusi pendidikan.

Tabel 4. Black Box Testing

No	Skenario Pengujian	Langkah Pengujian	Output yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Login pengguna	Memasukkan nomor induk dan kata sandi yang valid	Sistem menampilkan dashboard sesuai peran pengguna	Dashboard tampil dengan benar	Berhasil
2	Pembuatan tagihan SPP	Memilih siswa dan periode pembayaran	Sistem menghasilkan tagihan SPP	Tagihan berhasil dibuat	Berhasil
3	Pencatatan pembayaran	Memasukkan data pembayaran siswa	Status tagihan diperbarui otomatis	Status berubah sesuai transaksi	Berhasil
4	Cetak kwitansi pembayaran	Menekan tombol cetak kwitansi	Sistem menampilkan kwitansi digital	Kwitansi berhasil ditampilkan	Berhasil
5	Laporan pembayaran	Memilih periode laporan	Sistem menampilkan laporan pembayaran	Laporan tampil sesuai data	Berhasil

5. Tahap evaluasi (review and feedback)

Tahap evaluasi dilakukan untuk menilai kinerja dan kesesuaian sistem SPP online dengan kebutuhan pengguna berdasarkan indikator usability, efficiency, dan accuracy. Evaluasi melibatkan petugas Tata Usaha dan admin sistem sebagai pengguna utama, yang berperan langsung dalam pengelolaan pembayaran dan pelaporan keuangan sekolah. Proses ini dilakukan setelah sistem diimplementasikan dan diuji secara fungsional pada setiap iterasi pengembangan.

Tabel 5. Evaluasi Sistem

No	Indikator Evaluasi	Aspek yang Dinilai	Skor Rata-rata (1–5)	Hasil Evaluasi	Kesimpulan
1	*Usability*	Kemudahan penggunaan sistem	4.4	Sistem mudah dipahami dan digunakan oleh petugas TU dan admin	Memenuhi kebutuhan pengguna
2	*Efficiency*	Kecepatan proses administrasi pembayaran	4.2	Proses pencatatan dan pelaporan lebih cepat dibandingkan metode manual	Meningkatkan efisiensi
3	*Accuracy*	Ketepatan data transaksi pembayaran	4.4	Data transaksi tercatat akurat dan konsisten	Menjamin keandalan sistem

Umpan balik pengguna digunakan untuk menyempurnakan tampilan antarmuka, alur kerja, dan performa sistem pada iterasi selanjutnya. Hasil evaluasi ini menegaskan bahwa pendekatan Agile efektif dalam menghasilkan sistem yang adaptif, berorientasi pada pengguna, serta mendukung pengelolaan pembayaran pendidikan yang lebih transparan dan akuntabel.

Berdasarkan Tabel 4 hasil evaluasi, sistem memperoleh skor rata-rata 4,4 pada aspek kemudahan penggunaan dan keakuratan data yang termasuk dalam kategori sangat baik, menunjukkan bahwa sistem mudah dipahami serta mampu menghasilkan data yang akurat. Sementara itu, aspek kecepatan sistem memperoleh skor 4,2 dengan kategori baik, yang menandakan bahwa performa sistem sudah cukup cepat dan mendukung proses administrasi secara efektif.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini menghasilkan Sistem SPP Online berbasis digital yang mendukung pengelolaan pembayaran pendidikan secara terintegrasi, efisien, dan transparan. Sistem dikembangkan menggunakan metode Agile secara iteratif mulai dari perencanaan hingga implementasi, dan seluruh fitur utama seperti pembuatan tagihan, pencatatan pembayaran, kwitansi digital, dan laporan keuangan berfungsi dengan baik sesuai kebutuhan operasional sekolah. Hasil evaluasi menunjukkan sistem mudah digunakan, mempercepat proses administrasi, serta menghasilkan data yang akurat dan konsisten, sehingga berkontribusi pada penguatan tata kelola dan transformasi digital layanan pendidikan.

Namun, penelitian ini masih terbatas pada satu institusi, belum terintegrasi dengan payment gateway nasional, dan jumlah responden uji coba masih terbatas. Penelitian selanjutnya disarankan mengembangkan integrasi e-wallet, QRIS, serta fitur analitik berbasis dashboard untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih optimal.

REFERENSI

Basatha, R., Akhsani, R., Prayoga, S., Akbar, M. S., & Dwika, E. (2025). Systematic Literature Review on the Implementation of Game-Based Learning Management Systems through ClassDojo in Indonesian Education : A Focus on Parental Involvement and Teacher Readiness to Increase Student Learning Motivation ., 0.

Chandra, N., Tambay, P., Kungkung, A. Y., & Hasan, P. (2025). A Prototype-Based Monitoring System for Customer Installment Fine Payments at PT . PLN (Persero) ULP Arso, 4(3), 448–461.

Fatmawati, D, & Megawati, DA (2023). Aplikasi Supervisi Dosen Berbasis Web Di Universitas XYZ. *J. Inform. dan Rekayasa …*, pdfs.semanticscholar.org, https://pdfs.semanticscholar.org/3d05/80e61ec8b5629029248e41056ed838de9d28.pdf

Febriyani, A, & Martanto, M (2023). Rancang Bangun Aplikasi Penjualan Kebutuhan Pokok Berbasis Web Pada Toko Khansaa. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik …*, ejournal.itn.ac.id, https://www.ejournal.itn.ac.id/jati/article/view/6353

Firmansyah, R., Hamdi, A., & Riandini, D. (2026). Perancangan sistem autentikasi multi-role berbasis rbac pada platform e-learning pemberdayaan ekonomi perempuan 1) 1,2,3), 11(1), 1094–1104.

Fitrani, L. D., Puspitaningrum, A. C., Hayam, U., Perbanas, W., Timur, J., & Akademik, S. I. (2023). Utilization of Unified Modeling Language (UML) in the Design of Academic Information Systems based on the OOAD Method, 12, 614–625.

Kusumaningrum, H., Innah, Mutma, A., Fayza, Nur, F. K., Isfayanti, & Citra, A. (2024). Integrasi Teknologi Dalam Manajemen Pendidikan :, 2(3), 263–277.

Lestari, A. T., Perdana, A. N., Arabiansyah, R., & Haryono, W. (2025). Penerapan Sistem Pembayaran SPP Online untuk Meningkatkan Efisiensi Administrasi Keuangan di SMK Techno Media Berbasis Website dengan Model Agile, 3(2).

Oktasena, A., Arwani, I., Hayuhardhika, W., & Putra, N. (2023). Pengembangan Aplikasi Manajemen Pembayaran Biaya Pendidikan Siswa pada SMK Muhammadiyah Cilegon, 7(8), 3649–3657.

Perdana, F., Satria, D., Kartika, Y., Permatasari, R., Informasi, S., Komputer, F. I., … Menurut, S. (2024). Pengujian sistem informasi manajemen aset pada perusahaan perkebunan menggunakan metode black box testing, 8(3), 4011–4016.

Prasetya, A., Chotimah, C., & Fitri, A. Z. (2023). Penerapan Sistem Informasi Manajemen Pendidikan Dalam Kompetisi Bisnis, 18(1), 32–49. https://doi.org/10.29408/edc.v18i1.12538

Saputra, R., Hanif, & Devi, Y. (2025). Ancaman Transformasi Digital Dan Disrupsi Digital Resiliensi Sebagai Variabel Moderasi, 3(11).

Sassi, K. (2024). Hasil Pencapaian Pendidikan Tinggi di Indonesia dalam Mendukung Suistanable Development Goals Abad 21 Results of Higher Education Achievements in Indonesia in Supporting the 21st Century Sustainable Development Goals, 7(12), 4498–4509. https://doi.org/10.56338/jks.v7i12.6413

Sinlae, F, Maulana, I, Setiyansyah, F, & Ihsan, M (2024). Pengenalan Pemrograman Web: Pembuatan Aplikasi Web Sederhana Dengan PHP dan MYSQL. *J. Siber Multi Disiplin*

Zen, N. H., & Mageiasti, L. (2025). Analisis Penerapan Sdgs Dalam Pembangunan Berkelanjutan Di Indonesia : Tinjauan Literatur Dan Tantangan Implementasi, 3, 775–785.

Zero Trust Network Architecture Design For Mid-Scale Organizations

Nurul Kamila[1)], Makhsun[2)], Sudarno[3)]

[1)2)3)]Teknik Informatika S-2, Program Pascasarjana, Universitas Pamulang
***)Correspondence author:** Nurul Kamila, nurulkamila1899@gmail.com, Tangerang Selatan, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3292

Abstract

The development of information technology, the adoption of cloud-based services, and the implementation of remote work patterns increase network security risks in medium-sized organizations. Traditional network security approaches that focus on the perimeter are considered no longer adequate in facing increasingly complex cyber threats. This study presents the design of a Zero Trust Network (ZTN) architectural blueprint specifically designed for medium-sized organizations. The research method used is a conceptual approach through literature review, network security requirements analysis, and the design of the ZTN logical architecture. The research results are a Zero Trust Network architectural blueprint that emphasizes continuous verification, identity-based access control, and the application of the principles of least privilege and micro-segmentation. The architectural design is arranged in a modular and phased manner and is aligned with the NIST SP 800-207 framework, so it remains realistic for adoption without requiring drastic infrastructure changes. The resulting ZTN architectural blueprint can be used as an initial reference for medium-sized organizations in designing a Zero Trust-based network security strategy. This research is conceptual in nature and does not include the implementation stage or empirical testing in a real operational environment. It is hoped that the results of this study can serve as an initial reference for medium-sized organizations in designing a more adaptive and sustainable network security strategy.

Keywords: *Zero Trust Network, Network Security, Network Architecture, Medium-Scale Organizations*

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi, adopsi layanan berbasis cloud, serta penerapan pola kerja jarak jauh meningkatkan risiko keamanan jaringan pada organisasi skala menengah. Pendekatan keamanan jaringan tradisional yang berfokus pada perimeter dinilai tidak lagi memadai dalam menghadapi ancaman siber yang semakin kompleks. Penelitian ini menyajikan perancangan sebuah blueprint arsitektur Zero Trust Network (ZTN) yang dirancang khusus untuk organisasi skala menengah. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan konseptual melalui studi literatur, analisis kebutuhan keamanan jaringan, serta perancangan arsitektur logis ZTN. Hasil penelitian berupa blueprint arsitektur Zero Trust Network yang menekankan verifikasi berkelanjutan, kontrol akses berbasis identitas, serta penerapan prinsip least privilege dan micro-segmentation. Rancangan arsitektur disusun secara modular dan bertahap serta diselaraskan dengan kerangka kerja NIST SP 800-207, sehingga tetap realistis untuk diadopsi tanpa memerlukan perubahan infrastruktur secara drastis. Blueprint arsitektur ZTN yang dihasilkan dapat digunakan sebagai referensi awal bagi organisasi skala menengah dalam merancang strategi keamanan jaringan berbasis Zero Trust. Penelitian ini bersifat konseptual dan belum mencakup tahap implementasi maupun pengujian empiris di lingkungan operasional nyata. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi referensi awal bagi organisasi skala menengah dalam merancang strategi keamanan jaringan yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

Kata Kunci : Zero Trust Network, Keamanan Jaringan, Arsitektur Jaringan, Organisasi Skala Menengah

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi yang pesat, adopsi layanan berbasis cloud, serta penerapan pola kerja jarak jauh telah meningkatkan kompleksitas dan risiko keamanan jaringan pada organisasi skala menengah (Ahmadi, 2024; Lund et al., 2024). Model keamanan jaringan tradisional yang berfokus pada pertahanan perimeter tidak lagi mampu memberikan perlindungan yang memadai terhadap ancaman siber modern (Gambo & Almulhem, 2025; Lund et al., 2024), terutama ketika akses terhadap sistem dan data dilakukan dari berbagai lokasi dan perangkat.

Pendekatan keamanan konvensional umumnya mengasumsikan bahwa entitas yang berada di dalam jaringan internal dapat dipercaya, sementara ancaman dianggap berasal dari luar jaringan (Lund et al., 2024). Asumsi ini menjadi tidak relevan dalam kondisi lingkungan kerja saat ini, di mana batas antara jaringan internal dan eksternal semakin kabur. Serangan siber seperti pencurian kredensial, pergerakan lateral penyerang, serta kebocoran data menunjukkan bahwa kepercayaan implisit dalam jaringan internal dapat menjadi celah keamanan yang serius (Kipkoech Denzel, 2025).

Zero Trust Network (ZTN) hadir sebagai pendekatan keamanan alternatif yang menolak konsep kepercayaan bawaan dan menerapkan prinsip never trust, always verify (Rose et al., 2020; Senan Mahmod Attar Bashi & Senan, 2025). Dalam model Zero Trust, setiap permintaan akses harus melalui proses verifikasi yang ketat berdasarkan identitas pengguna, kondisi perangkat, serta konteks akses, tanpa bergantung pada lokasi jaringan. Pendekatan ini dinilai lebih adaptif dalam menghadapi dinamika ancaman siber modern.

Meskipun konsep Zero Trust telah banyak diadopsi oleh organisasi berskala besar, penerapannya pada organisasi skala menengah masih menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan anggaran, sumber daya manusia, dan infrastruktur teknologi (Abdelmagid & Diaz, 2025; Kumar, 2025). Oleh karena itu, diperlukan suatu rancangan arsitektur Zero Trust yang disesuaikan dengan kebutuhan dan kemampuan organisasi skala menengah, tanpa menghilangkan prinsip-prinsip inti keamanan.

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas implementasi Zero Trust Architecture pada organisasi berskala besar maupun lingkungan cloud enterprise. Namun,

sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada aspek implementasi teknis atau kajian literatur sistematis, dan belum secara spesifik merancang blueprint arsitektur Zero Trust yang disesuaikan dengan karakteristik organisasi skala menengah yang memiliki keterbatasan sumber daya. Selain itu, pendekatan modular dan bertahap yang realistis untuk konteks organisasi menengah masih belum banyak dibahas secara konseptual. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi kesenjangan tersebut melalui perancangan blueprint arsitektur Zero Trust Network yang adaptif dan aplikatif untuk organisasi skala menengah.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah blueprint arsitektur Zero Trust Network yang relevan dan realistis untuk diterapkan pada organisasi skala menengah. Rancangan yang diusulkan disusun secara konseptual, modular, dan bertahap, serta diselaraskan dengan kerangka kerja Zero Trust yang direkomendasikan oleh NIST SP 800-207. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi referensi awal bagi organisasi skala menengah dalam merancang strategi keamanan jaringan yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan konseptual dengan tujuan merancang sebuah blueprint arsitektur Zero Trust Network (ZTN) yang sesuai untuk organisasi skala menengah. Metode penelitian difokuskan pada perancangan arsitektur dan analisis konseptual tanpa melakukan implementasi langsung pada lingkungan operasional.

Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur terhadap konsep, prinsip, dan arsitektur Zero Trust Network dari berbagai sumber ilmiah dan standar keamanan jaringan, termasuk kerangka kerja NIST SP 800-207. Studi literatur ini bertujuan untuk mengidentifikasi prinsip-prinsip utama Zero Trust serta komponen arsitektur yang relevan untuk diterapkan pada organisasi skala menengah.

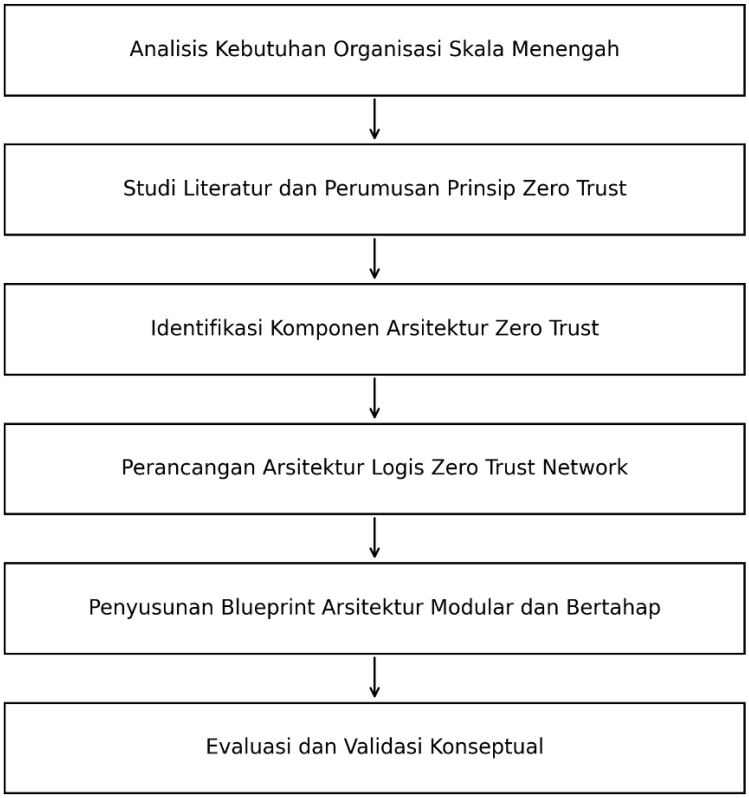
Selanjutnya dilakukan analisis kebutuhan keamanan jaringan organisasi skala menengah, dengan mempertimbangkan karakteristik umum organisasi, seperti keterbatasan anggaran, sumber daya manusia, serta kompleksitas infrastruktur teknologi informasi.

Analisis ini digunakan untuk menentukan komponen Zero Trust yang paling prioritas dan realistis untuk diadopsi.

Berdasarkan hasil studi literatur dan analisis kebutuhan, dilakukan perancangan arsitektur logis Zero Trust Network yang mencakup komponen utama seperti Identity and Access Management (IAM), Multi-Factor Authentication (MFA), Policy Decision Point (PDP), Policy Enforcement Point (PEP), micro-segmentation, serta mekanisme monitoring terpusat. Rancangan arsitektur disusun secara modular dan bertahap untuk memudahkan proses adopsi.

Tahap akhir penelitian adalah validasi konseptual, yaitu dengan membandingkan rancangan arsitektur yang diusulkan terhadap prinsip dan komponen Zero Trust yang direkomendasikan dalam NIST SP 800-207 serta temuan pada studi literatur terkait. Validasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa blueprint arsitektur yang dirancang telah selaras dengan standar Zero Trust dan relevan untuk diterapkan pada organisasi skala menengah.

Untuk memperjelas proses validasi konseptual, penelitian ini menggunakan beberapa parameter evaluasi yang mengacu pada prinsip utama Zero Trust. Parameter tersebut meliputi: (1) penerapan verifikasi berkelanjutan pada setiap permintaan akses, (2) implementasi kontrol akses berbasis identitas dan prinsip least privilege, (3) penerapan micro-segmentation untuk membatasi pergerakan lateral, serta (4) integrasi monitoring dan logging terpusat. Blueprint arsitektur dinilai memenuhi validasi konseptual apabila seluruh parameter tersebut terakomodasi secara sistematis dalam rancangan yang diusulkan.



Gambar 1. Diagram Tahapan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan Blueprint Arsitektur Zero Trust Network

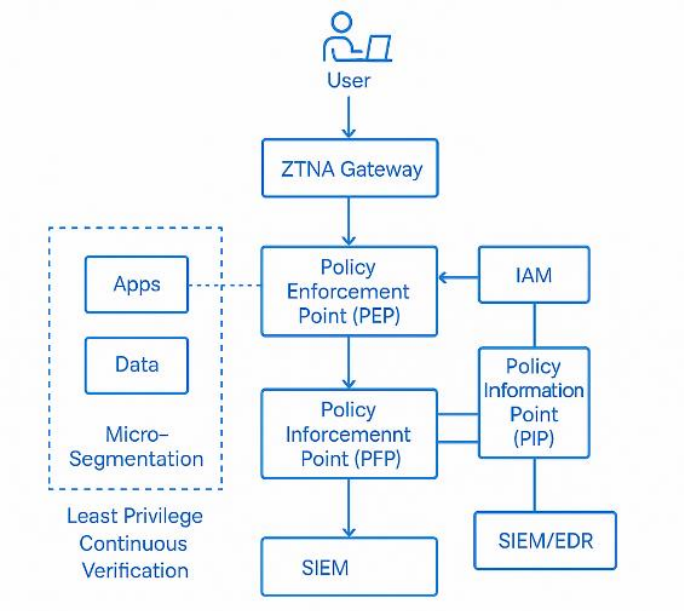
Hasil utama dari penelitian ini adalah sebuah blueprint arsitektur Zero Trust Network (ZTN) yang dirancang khusus untuk organisasi skala menengah. Rancangan arsitektur ini disusun berdasarkan prinsip dasar Zero Trust, yaitu tidak adanya kepercayaan bawaan terhadap pengguna maupun perangkat, serta penerapan proses verifikasi secara berkelanjutan pada setiap permintaan akses.

Blueprint arsitektur yang diusulkan menempatkan Policy Enforcement Point (PEP) sebagai gerbang utama akses ke sumber daya organisasi. Setiap permintaan akses dari pengguna atau perangkat akan terlebih dahulu melalui PEP sebelum diteruskan ke sistem internal. Selanjutnya, Policy Decision Point (PDP) berperan dalam melakukan evaluasi

kebijakan akses berdasarkan informasi identitas, peran pengguna, kondisi perangkat, serta konteks akses yang diperoleh dari Policy Information Point (PIP).

Komponen Identity and Access Management (IAM) dan Multi-Factor Authentication (MFA) diintegrasikan untuk memastikan bahwa proses autentikasi dilakukan secara kuat dan tidak hanya bergantung pada kredensial tunggal. Selain itu, penerapan micro-segmentation membagi jaringan ke dalam beberapa segmen kecil, sehingga akses terhadap satu layanan tidak secara otomatis memberikan akses ke layanan lainnya. Pendekatan ini bertujuan untuk membatasi pergerakan lateral apabila terjadi kompromi pada salah satu komponen sistem.

Rancangan arsitektur Zero Trust Network yang diusulkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 2. Arsitektur Zero Trust Network

Secara teknis, relasi antar komponen dalam arsitektur yang diusulkan mengikuti prinsip kontrol akses terpusat. Setiap permintaan akses dari pengguna atau perangkat pertama kali melewati Policy Enforcement Point (PEP) yang berfungsi sebagai gerbang kontrol. PEP kemudian meneruskan permintaan tersebut ke Policy Decision Point (PDP) untuk dilakukan evaluasi kebijakan. PDP memperoleh informasi tambahan dari Policy Information Point (PIP), termasuk atribut identitas pengguna, status perangkat, serta konteks

akses. Keputusan akses yang dihasilkan oleh PDP dikirim kembali ke PEP untuk dieksekusi dalam bentuk pemberian akses terbatas atau penolakan akses. Mekanisme ini memastikan bahwa proses otorisasi tidak bergantung pada lokasi jaringan, melainkan pada verifikasi identitas dan kebijakan yang berlaku secara dinamis.

Integrasi antara IAM dan MFA memperkuat proses autentikasi sebelum keputusan akses diambil, sementara penerapan micro-segmentation membatasi komunikasi antar-segmen jaringan sehingga mencegah pergerakan lateral apabila terjadi kompromi. Monitoring terpusat melalui SIEM dan EDR memungkinkan deteksi aktivitas anomali secara berkelanjutan dan mendukung prinsip continuous verification dalam arsitektur Zero Trust.

Integrasi Komponen dan Alur Akses Zero Trust

Rancangan arsitektur Zero Trust Network yang diusulkan menekankan integrasi antar komponen keamanan secara terpusat dan terkoordinasi. Alur akses dimulai ketika pengguna melakukan permintaan terhadap aplikasi atau sumber daya tertentu. Permintaan tersebut tidak langsung diteruskan, melainkan diverifikasi melalui proses autentikasi dan otorisasi berbasis kebijakan.

Dalam proses ini, PDP melakukan pengambilan keputusan akses dengan mempertimbangkan berbagai parameter, seperti identitas pengguna, peran atau hak akses, status perangkat, serta kondisi lingkungan akses. Keputusan yang dihasilkan kemudian diterapkan oleh PEP dalam bentuk pemberian akses terbatas, penolakan akses, atau permintaan verifikasi tambahan. Dengan mekanisme ini, prinsip least privilege access dapat diterapkan secara konsisten pada seluruh sistem.

Selain kontrol akses, mekanisme monitoring terpusat melalui sistem Security Information and Event Management (SIEM) dan Endpoint Detection and Response (EDR) digunakan untuk memantau aktivitas pengguna dan perangkat secara berkelanjutan. Apabila terdeteksi aktivitas yang tidak normal, sistem dapat memberikan peringatan dini atau melakukan tindakan pembatasan akses secara otomatis.

Tahapan Implementasi

Untuk menyesuaikan dengan keterbatasan sumber daya organisasi skala menengah, blueprint arsitektur Zero Trust Network dirancang untuk dapat diimplementasikan secara bertahap. Tahap awal difokuskan pada penguatan identitas dan autentikasi melalui penerapan IAM dan MFA. Tahap selanjutnya mencakup penerapan kontrol akses berbasis kebijakan melalui PEP dan PDP, serta pembagian jaringan menggunakan micro-segmentation. Tahap akhir diarahkan pada optimalisasi monitoring dan respons insiden melalui integrasi SIEM dan EDR.

Pendekatan bertahap ini memungkinkan organisasi untuk mengadopsi konsep Zero Trust tanpa harus melakukan perubahan infrastruktur secara drastis dalam satu waktu. Dengan demikian, implementasi Zero Trust Network dapat dilakukan secara lebih realistis, terukur, dan sesuai dengan kapasitas organisasi skala menengah. Perbandingan antara model keamanan tradisional dan Zero Trust Network ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Keamanan Tradisional dan ZTN

Aspek	Keamanan Tradisional	Zero Trust Network
Model Kepercayaan	Trust berdasarkan lokasi jaringan	Tidak ada kepercayaan bawaan
Autentikasi	Username dan password	*MFA* dan *IAM* berbasis identitas
Segmentasi Jaringan	Jaringan bersifat flat	*Micro-segmentation*
Kontrol Akses	Akses luas setelah login	*Least privilege access*
Monitoring	Terbatas dan pasif	Berkelanjutan dan terpusat

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas implementasi Zero Trust Architecture pada berbagai konteks organisasi, baik melalui pendekatan implementasi teknis maupun kajian literatur sistematis. Namun, sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada organisasi berskala besar atau lingkungan cloud enterprise, serta belum secara spesifik merancang blueprint arsitektur yang disesuaikan dengan karakteristik organisasi skala menengah.

Dibandingkan dengan penelitian oleh Abdelmagid dan Diaz (2025) yang menitikberatkan pada analisis risiko pada small–medium enterprises, penelitian ini berfokus pada perancangan blueprint arsitektur secara modular dan bertahap. Sementara itu,

penelitian oleh Gambo dan Almulhem (2025) merupakan kajian literatur sistematis yang mengidentifikasi tantangan implementasi Zero Trust, namun belum menyajikan rancangan arsitektur logis yang terstruktur. Dengan demikian, kontribusi penelitian ini terletak pada penyusunan blueprint arsitektur Zero Trust Network yang aplikatif dan realistis untuk organisasi skala menengah dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya dan kompleksitas infrastruktur.

Kelebihan dan Keterbatasan Rancangan Arsitektur

Rancangan blueprint arsitektur Zero Trust Network yang diusulkan dalam penelitian ini memiliki beberapa kelebihan. Pertama, arsitektur dirancang secara modular dan bertahap sehingga memungkinkan organisasi skala menengah untuk mengadopsinya sesuai dengan kapasitas sumber daya yang dimiliki. Kedua, blueprint menekankan integrasi kontrol akses berbasis identitas, penerapan prinsip least privilege, serta micro-segmentation yang mampu membatasi pergerakan lateral dalam jaringan. Ketiga, rancangan ini diselaraskan dengan kerangka kerja NIST SP 800-207 sehingga tetap relevan dengan standar keamanan yang diakui secara internasional.

Namun demikian, terdapat beberapa keterbatasan dalam penelitian ini. Blueprint yang diusulkan masih bersifat konseptual dan belum diuji melalui implementasi empiris pada lingkungan operasional nyata. Selain itu, efektivitas penerapan arsitektur sangat bergantung pada kesiapan infrastruktur identitas serta kemampuan organisasi dalam melakukan monitoring dan respons insiden secara berkelanjutan. Oleh karena itu, penelitian lanjutan yang mencakup tahap implementasi dan pengujian kinerja arsitektur diperlukan untuk mengukur efektivitasnya secara kuantitatif.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini menghasilkan sebuah blueprint arsitektur Zero Trust Network (ZTN) yang dirancang untuk menjawab tantangan keamanan jaringan pada organisasi skala menengah. Rancangan arsitektur yang diusulkan mengadopsi prinsip-prinsip utama Zero Trust, seperti verifikasi berkelanjutan, kontrol akses berbasis identitas, penerapan least

privilege, serta micro-segmentation, dengan mengintegrasikan komponen IAM, MFA, PDP, dan PEP. Blueprint disusun secara modular dan bertahap serta diselaraskan dengan kerangka kerja NIST SP 800-207, sehingga tetap relevan secara konseptual dan realistis untuk diadopsi tanpa menuntut perubahan infrastruktur secara drastis. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi awal bagi pengembangan strategi keamanan jaringan berbasis Zero Trust pada organisasi skala menengah. Namun demikian, perlu ditegaskan bahwa penelitian ini bersifat konseptual dan belum mencakup tahap implementasi maupun pengujian empiris di lingkungan operasional nyata.

REFERENSI

Abdelmagid, A. M., & Diaz, R. (2025). Zero trust architecture as a risk countermeasure in small–medium enterprises and advanced technology systems. *Risk Analysis*. https://doi.org/10.1111/risa.70026

Ahmadi, S. (2024). Zero trust architecture in cloud networks: Application, challenges and future opportunities. *Journal of Engineering Research and Reports, 26*(2), 215–228. https://doi.org/10.9734/jerr/2024/v26i21083

Arora, S., & Hastings, J. (2024). Microsegmented cloud network architecture using open source tools for a zero trust foundation. https://doi.org/10.1109/SIN63213.2024.10871361

Bashi, Z. S. M. A., & Senan, S. (2025). A comprehensive review of zero trust network architecture (ZTNA) and deployment frameworks. *International Journal on Perceptive and Cognitive Computing, 11*(1), 148–153. https://doi.org/10.31436/ijpcc.v11i1.494

Cao, Y., Pokhrel, S. R., Zhu, Y., Doss, R., & Li, G. (2024). Automation and orchestration of zero trust architecture: Potential solutions and challenges. *Machine Intelligence Research, 21*(2), 294–317. https://doi.org/10.1007/s11633-023-1456-2

Cloud Computing Indonesia. (2024, November 24). UMKM dan organisasi besar kian rentan serangan ransomware.

Gambo, M. L., & Almulhem, A. (2025). Zero trust architecture: A systematic literature review. http://arxiv.org/abs/2503.11659

Godwin Nzeako, & Shittu, R. A. (2024). Implementing zero trust security models in cloud computing environments. *World Journal of Advanced Research and Reviews, 24*(3), 1647–1660. https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.24.3.3500

Kipkoech, D. (2025). A survey of security in zero trust network architectures. *GSC Advanced Research and Reviews, 22*(2), 182–214. https://doi.org/10.30574/gscarr.2025.22.2.0036

Kumar, P. (2025). Zero trust architecture for SME cybersecurity: Enhancing resilience in the digital transformation era. *Journal of Progressive Research in Engineering Management and Science, 5*, 2791–2819.

Lund, B. D., Lee, T.-H., Wang, Z., Wang, T., & Mannuru, N. R. (2024). Zero trust cybersecurity: Procedures and considerations in context. *Encyclopedia, 4*(4), 1520–1533. https://doi.org/10.3390/encyclopedia4040099

Mukhlisin, M., & Firmansyah, R. A. (2025). Zero trust architecture: Solusi keamanan dan privasi untuk institusi pendidikan, systematic literature review. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika, 9*(4).

Nusantara. (2024). Jaminan informasi dan keamanan yang lebih baik: Studi kasus BPJS Kesehatan.

Rahman, A., Indrajit, E., Unggul, A., & Dazki, E. (2024). Implementation of zero trust security in MSME enterprise architecture: Challenges and solutions. *Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika, 8*(3). https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i3.13949

Rahman, R., Rahman, A. F., & Artikel, S. (2024). Penerapan zero trust network access (ZTNA) dengan penggunaan captcha pada website umum. *Technology Sciences Insights Journal*.

Implementation of Information System and Software Quality Testing in Company Operational Applications Based on ISO/IEC 25010 (Case Study: PT Snapdev Digital Indonesia)

Chairul Anwar [1)*)]

[1)]Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pamulang
[*)]**Correspondence author**: Dosen02917@unpam.ac.id, Tanggerang Selatan, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3294

Abstract

Implementation of information system quality testing is an important factor in supporting the effectiveness and efficiency of company operations. This study aims to implement an information system and conduct software quality testing based on the ISO/IEC 25010 standard at PT Snapdev Digital Indonesia. Quality testing is carried out by measuring seven main characteristics, namely Performance Efficiency, Compatibility, Usability, Reliability, Security, Maintainability, and Portability. The research methods used include observation, data collection, and analysis of test results based on indicators in each ISO/IEC 25010 characteristic. The measurement results show that the percentage value for each aspect of system quality is in the range of 79%–83%, which indicates that the system has met most of the established quality criteria. The overall average value of 80.97% places the system quality in the very good category. This indicates that the system has efficient performance, adequate levels of security and reliability, good ease of use, and can be maintained and run in various environments. However, there are still opportunities for improvement in several aspects to improve system quality to be more optimal. Overall, the implemented information system is considered suitable for use and complies with international software quality standards.

Keywords: *Information Systems, ISO/IEC 25010, Software Quality, Software Testing, System Evaluation*

Abstrak

Implementasi pengujian kualitas sistem informasi merupakan faktor penting dalam mendukung efektivitas dan efisiensi operasional perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem informasi serta melakukan pengujian kualitas perangkat lunak berdasarkan standar ISO/IEC 25010 pada PT Snapdev Digital Indonesia. Pengujian kualitas dilakukan dengan mengukur tujuh karakteristik utama, yaitu *Performance Efficiency, Compatibility, Usability, Reliability, Security, Maintainability, dan Portability*. Metode penelitian yang digunakan meliputi observasi, pengumpulan data, serta analisis hasil pengujian berdasarkan indikator pada masing-masing karakteristik ISO/IEC 25010. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai persentase pada setiap aspek kualitas sistem berada pada rentang 79%–83%, yang mengindikasikan bahwa sistem telah memenuhi sebagian besar kriteria kualitas yang ditetapkan. Nilai rata-rata keseluruhan sebesar 80,97% menempatkan kualitas sistem pada kategori sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kinerja yang efisien, tingkat keamanan dan keandalan yang memadai, kemudahan penggunaan yang baik, serta mampu dipelihara dan dijalankan pada berbagai lingkungan. Meskipun demikian, masih terdapat peluang perbaikan pada beberapa aspek guna meningkatkan kualitas sistem agar lebih optimal. Secara keseluruhan, sistem informasi yang diimplementasikan dinilai layak digunakan dan sesuai dengan standar kualitas perangkat lunak internasional.

Kata Kunci: Sistem Informasi, ISO/IEC 25010, Kualitas Perangkat Lunak, Pengujian Perangkat Lunak, Evaluasi Sistem

PENDAHULUAN

Transformasi digital telah menjadi kebutuhan strategis bagi organisasi modern dalam menghadapi dinamika persaingan bisnis yang semakin kompleks. Perkembangan teknologi informasi mendorong perusahaan untuk mengintegrasikan sistem informasi ke dalam proses bisnis guna meningkatkan akurasi pengolahan data, efisiensi operasional, serta kecepatan dalam pengambilan keputusan manajerial. Sistem informasi tidak lagi dipandang sebagai alat pendukung semata, melainkan sebagai fondasi utama dalam membangun keunggulan kompetitif perusahaan.

Keberhasilan implementasi sistem informasi tidak hanya ditentukan oleh kelengkapan fitur yang tersedia, tetapi juga oleh kualitas perangkat lunak yang mendasarinya. Sistem dengan kualitas yang kurang memadai berpotensi menimbulkan berbagai kendala, seperti ketidaksesuaian fungsi dengan kebutuhan pengguna, waktu respons yang lambat, tingkat kesalahan sistem yang tinggi, serta kerentanan terhadap ancaman keamanan data. Kondisi tersebut dapat menghambat produktivitas dan menurunkan tingkat kepercayaan pengguna terhadap sistem.

PT Snapdev Digital Indonesia sebagai perusahaan yang bergerak di bidang teknologi digital telah memanfaatkan sistem informasi untuk mendukung aktivitas operasional dan manajemen bisnis. Seiring meningkatnya kompleksitas proses kerja dan volume data yang dikelola, diperlukan evaluasi menyeluruh terhadap kualitas perangkat lunak yang digunakan. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem yang diimplementasikan mampu memenuhi standar kualitas yang relevan serta mendukung keberlanjutan operasional perusahaan secara optimal.

Dalam melakukan evaluasi kualitas perangkat lunak, diperlukan model pengukuran yang sistematis dan terstandar agar hasil analisis bersifat objektif serta dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. ISO/IEC 25010 merupakan salah satu standar internasional yang menyediakan kerangka kerja komprehensif untuk mengukur kualitas perangkat lunak melalui delapan karakteristik utama, yaitu functional suitability, performance efficiency, compatibility, usability, reliability, security, maintainability, dan portability. Model ini memungkinkan penilaian dilakukan secara menyeluruh baik dari aspek teknis maupun perspektif pengguna.

Pemanfaatan sistem informasi di PT Snapdev Digital Indonesia telah menjadi bagian penting dalam mendukung operasional dan pengelolaan bisnis perusahaan. Namun demikian, peningkatan intensitas penggunaan sistem serta bertambahnya kompleksitas kebutuhan organisasi menuntut adanya jaminan bahwa sistem yang digunakan benar-benar memiliki kualitas yang memadai. Tanpa evaluasi yang terukur, perusahaan berpotensi menghadapi permasalahan seperti ketidaksesuaian fungsi dengan kebutuhan pengguna, penurunan kinerja sistem, kurang optimalnya pengalaman pengguna, hingga potensi risiko terhadap keamanan dan integritas data. Permasalahan utama dalam penelitian ini terletak pada belum adanya pengukuran kualitas perangkat lunak secara komprehensif berdasarkan standar internasional yang dapat memberikan gambaran objektif mengenai tingkat kualitas sistem informasi yang digunakan. Oleh karena itu, diperlukan analisis mendalam untuk mengetahui sejauh mana sistem informasi yang diterapkan telah memenuhi karakteristik kualitas perangkat lunak serta aspek apa saja yang masih memerlukan perbaikan.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi menyeluruh terhadap kualitas sistem informasi yang digunakan di PT Snapdev Digital Indonesia dengan mengacu pada standar ISO/IEC 25010. Evaluasi ini dilakukan untuk memperoleh gambaran yang terstruktur mengenai tingkat pencapaian kualitas perangkat lunak berdasarkan delapan karakteristik utama yang telah ditetapkan dalam standar tersebut. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi aspek-aspek yang telah berjalan dengan baik maupun aspek yang masih memerlukan peningkatan. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi strategis dan teknis guna meningkatkan kualitas sistem informasi sehingga mampu mendukung efektivitas operasional dan keberlanjutan bisnis perusahaan.

Upaya penyelesaian permasalahan dalam penelitian ini dilakukan melalui pendekatan evaluatif yang sistematis dan terstruktur. Tahap awal dimulai dengan melakukan identifikasi terhadap sistem informasi yang digunakan serta memahami kebutuhan pengguna melalui observasi dan wawancara. Selanjutnya, disusun instrumen evaluasi yang mengacu pada indikator-indikator kualitas dalam ISO/IEC 25010 agar proses pengukuran dilakukan secara objektif dan terstandar. Data yang diperoleh dari pengguna dan pengelola sistem kemudian dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif untuk mengetahui tingkat

kualitas masing-masing karakteristik perangkat lunak. Hasil analisis tersebut akan diinterpretasikan untuk menentukan area yang memerlukan perbaikan serta merumuskan rekomendasi pengembangan sistem yang lebih optimal. Melalui langkah-langkah tersebut, diharapkan penelitian ini mampu memberikan solusi yang aplikatif dan berkelanjutan bagi peningkatan kualitas sistem informasi di PT Snapdev Digital Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan survei untuk mengevaluasi kualitas perangkat lunak pada sistem informasi yang diimplementasikan di PT Snapdev Digital Indonesia. Pendekatan kuantitatif dipilih karena memungkinkan pengukuran tingkat kualitas sistem secara objektif melalui perhitungan skor dan analisis statistik deskriptif berdasarkan persepsi pengguna sistem.

Pengujian kualitas perangkat lunak pada Sistem Informasi PT Snapdev Digital Indonesia dilakukan dengan melibatkan 30 responden yang merupakan pengguna aktif sistem, yang terdiri atas administrator, staf operasional, serta pihak manajemen. Pemilihan responden dilakukan secara purposive sampling dengan mempertimbangkan tingkat intensitas penggunaan sistem dan keterlibatan dalam proses operasional. Keterlibatan berbagai peran pengguna ini bertujuan untuk memperoleh gambaran evaluasi yang komprehensif dari berbagai sudut pandang penggunaan sistem.

Instrumen penelitian yang digunakan berupa kuesioner yang disusun berdasarkan delapan karakteristik kualitas perangkat lunak dalam standar *ISO/IEC 25010*. Total pertanyaan yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 15 butir, yang didistribusikan ke dalam masing-masing karakteristik sebagai berikut: *functional suitability* sebanyak 2 pertanyaan, *performance efficiency* sebanyak 2 pertanyaan, *compatibility* sebanyak 2 pertanyaan, *usability* sebanyak 3 pertanyaan, *reliability* sebanyak 2 pertanyaan, *security* sebanyak 2 pertanyaan, *maintainability* sebanyak 1 pertanyaan, dan *portability* sebanyak 1 pertanyaan. Distribusi ini dirancang agar setiap karakteristik utama tetap terwakili secara proporsional sesuai dengan konteks implementasi sistem di perusahaan.

Pengumpulan data dilakukan menggunakan kuesioner sebagai instrumen penelitian. Kuesioner disusun berdasarkan karakteristik kualitas dalam standar *ISO/IEC 25010* dan

menggunakan skala Likert lima tingkat. Penggunaan skala Likert bertujuan untuk mengukur persepsi pengguna secara kuantitatif terhadap kualitas sistem informasi (Sugiyono, 2021; Nugroho & Prasetyo, 2021). Setiap pertanyaan dalam kuesioner diukur menggunakan skala Likert lima tingkat dengan rentang nilai 0 sampai 4, di mana nilai 0 menunjukkan "sangat tidak setuju" dan nilai 4 menunjukkan "sangat setuju". Penggunaan skala ini bertujuan untuk mengukur tingkat persepsi dan kepuasan pengguna terhadap kualitas sistem secara kuantitatif. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menghitung skor rata-rata masing-masing karakteristik, persentase tingkat pencapaian kualitas, serta kategori penilaian untuk menentukan tingkat kelayakan sistem berdasarkan standar *ISO/IEC 25010*.

Evaluasi kualitas perangkat lunak dalam penelitian ini mengacu pada standar internasional *ISO/IEC 25010*, yang merupakan standar resmi dalam pengukuran kualitas sistem dan perangkat lunak (ISO/IEC, 2023).



Gambar 1. ISO/IEC 25010

Objek penelitian adalah sistem informasi yang digunakan oleh PT Snapdev Digital Indonesia dalam mendukung kegiatan operasional perusahaan. Subjek penelitian terdiri dari pengguna aktif sistem informasi, yaitu karyawan dan pihak terkait yang terlibat langsung dalam penggunaan sistem. Pemilihan responden didasarkan pada pengalaman penggunaan sistem sehingga mampu memberikan penilaian yang relevan dan akurat terhadap kualitas perangkat lunak (Laudon & Laudon, 2022).

Skor Maximal= Jumlah Pertanyaan x Bobot Tertinggi x Jumlah Responden ……(1)

Instrumen penelitian terdiri dari sejumlah pernyataan yang merepresentasikan karakteristik kualitas ISO/IEC 25010, yaitu *functional suitability, performance efficiency, compatibility, usability, reliability, security, maintainability dan portability*. Pernyataan-

pernyataan tersebut disesuaikan dengan konteks penggunaan sistem informasi di PT Snapdev Digital Indonesia agar hasil evaluasi mencerminkan kondisi sistem yang sebenarnya.

Analisis data dilakukan dengan menghitung skor aktual dari jawaban responden pada setiap karakteristik kualitas, kemudian dibandingkan dengan skor ideal untuk memperoleh nilai persentase kualitas perangkat lunak. Hasil perhitungan persentase tersebut diklasifikasikan ke dalam kategori kualitas, yaitu sangat baik, baik, cukup, kurang, dan sangat kurang. Hasil analisis ini digunakan sebagai dasar dalam menarik kesimpulan mengenai tingkat kualitas perangkat lunak sistem informasi serta sebagai bahan rekomendasi perbaikan dan pengembangan sistem di masa mendatang (Kurniawan & Wibowo, 2023; Hidayat & Nugraha, 2022).

$$\textbf{Persentase Kualitas} = \frac{\text{Skor Aktual}}{\text{Skor Maximal}} \text{ x } 100\% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Persentase kualitas dihitung dengan membandingkan skor aktual yang diperoleh dari hasil pengisian kuesioner oleh responden dengan skor maksimal yang mungkin dicapai, kemudian dikalikan 100%. Skor aktual merepresentasikan tingkat pencapaian kualitas sistem berdasarkan persepsi pengguna, sedangkan skor maksimal menunjukkan nilai ideal apabila seluruh pernyataan memperoleh penilaian tertinggi. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kualitas perangkat lunak yang diuji telah memenuhi kriteria yang ditetapkan. Hasil persentase yang diperoleh digunakan sebagai indikator tingkat kualitas sistem informasi, sehingga dapat diklasifikasikan ke dalam kategori penilaian tertentu. Dengan demikian, persentase kualitas menjadi dasar yang objektif dan terukur dalam mengevaluasi kualitas perangkat lunak serta menentukan kelayakan dan kebutuhan pengembangan sistem di masa mendatang.

$$\textbf{Range} = \frac{\text{Nilai Maksimum-Nilai Minimum}}{\text{Jumlah}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

$$\textbf{Range} = \frac{100\%-0\%}{5} = 20\%$$

Tabel 1. Range

Kategori	Keterangan
0% - 20%	Sangat Kurang
21% - 40%	Kurang
41% - 60%	Cukup
61% - 80%	Baik
81% - 100%	Sangat Baik

Penentuan rentang kategori penilaian kualitas dilakukan dengan membagi skala persentase keseluruhan, yaitu 0% hingga 100%, ke dalam lima kategori kualitas. Pembagian ini bertujuan untuk memberikan interpretasi yang jelas dan terukur terhadap hasil perhitungan persentase kualitas perangkat lunak. Dari hasil pembagian tersebut, diperoleh interval sebesar 20% untuk setiap kategori penilaian. Rentang 0%–20% merepresentasikan kategori Sangat Kurang, yang menunjukkan bahwa kualitas sistem berada pada tingkat paling rendah dan belum memenuhi kriteria yang diharapkan. Rentang 21%–40% termasuk dalam kategori Kurang, yang menandakan kualitas sistem masih jauh dari standar dan memerlukan banyak perbaikan. Rentang 41%–60% dikategorikan sebagai Cukup, yang berarti sistem telah memenuhi sebagian kriteria dasar namun belum optimal. Rentang 61%–80% berada pada kategori Baik, yang menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi sebagian besar standar kualitas. Sementara itu, rentang 81%–100% diklasifikasikan sebagai Sangat Baik, yang menandakan bahwa kualitas sistem telah memenuhi hampir seluruh kriteria yang ditetapkan dan layak digunakan secara optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kualitas perangkat lunak pada Sistem Informasi PT Snapdev Digital Indonesia dilakukan dengan melibatkan 30 responden yang merupakan pengguna aktif sistem, terdiri dari administrator, staf operasional, dan manajemen. Instrumen penelitian yang digunakan berupa kuesioner dengan 15 pertanyaan yang disusun berdasarkan delapan karakteristik kualitas perangkat lunak pada standar ISO/IEC 25010, yaitu *functional suitability* 2 pertanyaan, *performance efficiency* 2 pertanyaan, *compatibility* 3 pertanyaan, *usability* 2 pertanyaan, *reliability* 2 pertanyaan, *security* 2 pertanyaan, *maintainability* 1 pertanyaan, dan *portability* 1 pertanyaan. Setiap pertanyaan dinilai menggunakan skala Likert lima tingkat, mulai dari nilai 0 (sangat tidak setuju) hingga nilai 4 (sangat setuju).

Tabel 2. Jumlah Pertanyaan

Karakteristik ISO/IEC 25010	Jumlah Pertanyaan
Functional Suitability	2
Performance Efficiency	2
Compatibility	2
Usability	3
Reliability	2
Security	2
Maintainability	1
Portability	1
Total	**15**

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem informasi yang diimplementasikan di PT Snapdev Digital Indonesia memiliki kualitas yang baik berdasarkan standar ISO/IEC 25010. Mayoritas karakteristik memperoleh penilaian positif dari responden, yang menandakan bahwa sistem telah mampu mendukung kebutuhan operasional perusahaan secara efektif dan layak untuk digunakan serta dikembangkan lebih lanjut.

Tabel 3. Inisial Pembobotan

No	Kategori	Inisial	Bobot
1	Sangat Tidak Setuju	STS	0
2	Tidak Setuju	TS	1
3	Netral	N	2
4	Setuju	S	3
5	Sangat Setuju	SS	4

Rumus menghitung skor aktual (SA)

$$\mathbf{SA} = Pn \times T \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

Penjelasan rumus:

SA = Skor aktual

T = Jumlah tanggapan responden sesuai dengan bobot indikator

Pn = Bobot indikator skor likert

Functional Suitability

Tabel 4. Data Responden *Functional Suitability*

No	Nama	Pernyataan P1	Pernyataan P2	No	Nama	Pernyataan P1	Pernyataan P2
1	R1	S	S	**16**	R16	S	S
2	R2	S	SS	**17**	R17	S	SS
3	R3	SS	SS	**18**	R18	SS	SS
4	R4	S	S	**19**	R19	SS	SS
5	R5	S	SS	**20**	R20	S	S
6	R6	S	S	**21**	R21	N	N
7	R7	SS	SS	**22**	R22	S	S
8	R8	S	S	**23**	R23	SS	SS
9	R9	S	N	**24**	R24	S	S
10	R10	SS	SS	**25**	R25	S	SS
11	R11	SS	SS	**26**	R26	SS	SS
12	R12	N	N	**27**	R27	SS	SS
13	R13	STS	STS	**28**	R28	SS	SS
14	R14	SS	SS	**29**	R29	S	S
15	R15	S	S	**30**	R30	SS	SS

Tabel 5. Hasil Responden *Functional Suitability*

No	Keterangan	Pn	T	Hasil
1	Skor aktual 'Sangat Tidak Setuju'	**0**	2	0
2	Skor aktual 'Tidak Setuju'	**1**	0	0
3	Skor aktual 'Netral'	**2**	5	10
4	Skor aktual 'Setuju'	**3**	25	75
5	Skor aktual 'Sangat Setuju'	**4**	28	112
Skor Aktual				**197**
Skor Maximal				**240**

$$\textbf{\textit{Persentase Functional Suitability}} = \frac{197}{240} \times 100\% = 82{,}08\% \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai *Functional Suitability* diperoleh dari perbandingan antara skor aktual sebesar 197 dengan skor maksimal 240, kemudian dikalikan 100%. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tingkat *Functional Suitability* mencapai 82,08%. Nilai ini menunjukkan bahwa fungsi-fungsi yang tersedia dalam sistem informasi telah sesuai dengan kebutuhan pengguna dan tujuan sistem. Sebagian besar fitur yang disediakan mampu berjalan dengan baik, akurat, dan relevan dalam mendukung proses operasional di PT Snapdev Digital Indonesia. Persentase ini termasuk dalam kategori Sangat Baik, meskipun masih terdapat ruang perbaikan pada beberapa fungsi tertentu agar sistem dapat beroperasi secara lebih optimal dan menyeluruh.

Performance Efficiency

Tabel 6. Data Responden *Performance Efficiency*

No	Nama	Pernyataan		No	Nama	Pernyataan	
		P1	P2			P1	P2
1	R1	S	S	**16**	R16	S	SS
2	R2	SS	SS	**17**	R17	S	S
3	R3	SS	SS	**18**	R18	SS	SS
4	R4	S	S	**19**	R19	SS	SS
5	R5	S	N	**20**	R20	S	N
6	R6	N	S	**21**	R21	N	N
7	R7	SS	SS	**22**	R22	SS	SS
8	R8	S	S	**23**	R23	SS	SS
9	R9	S	SS	**24**	R24	S	S
10	R10	SS	SS	**25**	R25	SS	S
11	R11	S	S	**26**	R26	SS	SS
12	R12	N	N	**27**	R27	S	SS
13	R13	STS	STS	**28**	R28	SS	SS
14	R14	SS	SS	**29**	R29	S	S
15	R15	S	S	**30**	R30	SS	SS

Tabel 7. Hasil Responden *Performance Efficiency*

No	Keterangan	Pn	T	Hasil
1	Skor aktual 'Sangat Tidak Setuju'	**0**	0	0
2	Skor aktual 'Tidak Setuju'	**1**	0	0
3	Skor aktual 'Netral'	**2**	14	14
4	Skor aktual 'Setuju'	**3**	69	69
5	Skor aktual 'Sangat Setuju'	**4**	112	112
Skor Aktual				**195**
Skor Maximal				**240**

$$\textbf{\textit{Persentase Performance Efficiency}} = \frac{195}{240} \times 100\% = 81{,}25\% \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, nilai *Performance Efficiency* sebesar 81,25% menunjukkan bahwa kinerja aktual telah mencapai lebih dari empat perlima dari target maksimum yang ditetapkan. Hal ini mengindikasikan bahwa proses atau aktivitas yang dievaluasi berjalan dengan cukup efektif dan efisien, karena sebagian besar target berhasil direalisasikan sesuai rencana. Namun demikian, selisih sebesar 18,75% dari target maksimum menunjukkan masih adanya kesenjangan kinerja yang perlu diperhatikan. Kesenjangan ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti keterbatasan sumber daya, kendala operasional, waktu pelaksanaan yang belum optimal, atau prosedur kerja yang masih dapat ditingkatkan. Oleh karena itu, hasil ini tidak hanya mencerminkan capaian yang baik,

tetapi juga menjadi dasar evaluasi untuk melakukan perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) agar kinerja ke depan dapat mendekati atau mencapai tingkat efisiensi optimal.

Compatibility

Tabel 8. Data Responden *Compatibility*

No	Nama	Pernyataan P1	Pernyataan P2	No	Nama	Pernyataan P1	Pernyataan P2
1	R1	S	S	**16**	R16	S	S
2	R2	N	SS	**17**	R17	S	SS
3	R3	SS	SS	**18**	R18	SS	SS
4	R4	S	S	**19**	R19	SS	SS
5	R5	TS	SS	**20**	R20	S	S
6	R6	N	S	**21**	R21	N	N
7	R7	SS	SS	**22**	R22	SS	S
8	R8	S	S	**23**	R23	SS	SS
9	R9	S	N	**24**	R24	S	S
10	R10	SS	SS	**25**	R25	SS	S
11	R11	SS	SS	**26**	R26	S	SS
12	R12	TS	TS	**27**	R27	SS	S
13	R13	STS	STS	**28**	R28	SS	SS
14	R14	SS	SS	**29**	R29	S	S
15	R15	S	S	**30**	R30	SS	SS

Tabel 9. Hasil Responden *Compatibility*

No	Keterangan	Pn	T	Hasil
1	Skor aktual 'Sangat Tidak Setuju'	**0**	2	0
2	Skor aktual 'Tidak Setuju'	**1**	3	3
3	Skor aktual 'Netral'	**2**	5	10
4	Skor aktual 'Setuju'	**3**	23	69
5	Skor aktual 'Sangat Setuju'	**4**	27	108
Skor Aktual				**190**
Skor Maksimal				**240**

$$\textbf{\textit{Persentase Compatibility}} = \frac{190}{240} \times 100\% = 79{,}17\% \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai *Compatibility* diperoleh dari perbandingan antara capaian aktual sebesar 190 terhadap target maksimum 240, kemudian dikalikan 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tingkat *Compatibility* mencapai 79,17%.Nilai ini mengindikasikan bahwa tingkat kesesuaian sistem, proses, atau komponen yang dievaluasi telah memenuhi sebagian besar standar atau kriteria yang ditetapkan. Meskipun demikian, masih terdapat selisih sebesar 20,83% yang menunjukkan adanya aspek-aspek tertentu yang belum sepenuhnya kompatibel. Oleh karena itu, hasil ini dapat dijadikan dasar untuk

melakukan evaluasi dan penyesuaian lebih lanjut guna meningkatkan tingkat kompatibilitas agar mendekati kondisi ideal.

Usability

Tabel 10. Data Responden *Usability*

No	Nama	Pernyataan			No	Nama	Pernyataan		
		P1	P2	P3			P1	P2	P3
1	R1	S	S	S	**16**	R16	SS	SS	S
2	R2	N	S	SS	**17**	R17	SS	SS	S
3	R3	SS	SS	SS	**18**	R18	SS	SS	SS
4	R4	S	S	S	**19**	R19	SS	SS	SS
5	R5	SS	STS	SS	**20**	R20	S	N	S
6	R6	N	S	N	**21**	R21	N	N	N
7	R7	SS	SS	SS	**22**	R22	S	SS	SS
8	R8	S	S	S	**23**	R23	SS	SS	SS
9	R9	N	SS	S	**24**	R24	S	S	S
10	R10	SS	SS	SS	**25**	R25	SS	S	S
11	R11	S	S	S	**26**	R26	SS	S	SS
12	R12	TS	TS	TS	**27**	R27	SS	SS	S
13	R13	STS	STS	STS	**28**	R28	SS	SS	SS
14	R14	SS	SS	SS	**29**	R29	S	S	S
15	R15	S	S	SS	**30**	R30	SS	SS	S

Tabel 11. Hasil Responden *Usability*

No	Keterangan	Pn	T	Hasil
1	Skor aktual 'Sangat Tidak Setuju'	**0**	4	0
2	Skor aktual 'Tidak Setuju'	**1**	3	3
3	Skor aktual 'Netral'	**2**	8	16
4	Skor aktual 'Setuju'	**3**	33	99
5	Skor aktual 'Sangat Setuju'	**4**	42	168
Skor Aktual				**286**
Skor Maksimal				**360**

$$\textbf{\textit{Persentase Usability}} = \frac{286}{360} \times 100\% = 79{,}44\% \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai *Usability* diperoleh dari perbandingan antara capaian aktual sebesar 286 terhadap target maksimum 360, kemudian dikalikan 100%. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tingkat *Usability* mencapai 79,44%. Nilai ini menandakan bahwa sistem atau aplikasi yang dievaluasi telah memiliki tingkat kemudahan penggunaan yang cukup baik, di mana sebagian besar fungsi dapat digunakan dengan efektif dan dipahami oleh pengguna. Namun, masih terdapat selisih sebesar 20,56% yang mengindikasikan adanya beberapa aspek usability—seperti kemudahan navigasi, kejelasan antarmuka, konsistensi desain, atau kenyamanan pengguna—yang masih perlu ditingkatkan.

Dengan melakukan perbaikan pada aspek-aspek tersebut, diharapkan tingkat usability dapat meningkat sehingga pengalaman pengguna menjadi lebih optimal.

Reliability

Tabel 12. Data Responden *Reliability*

No	Nama	Pernyataan P1	Pernyataan P2	No	Nama	Pernyataan P1	Pernyataan P2
1	R1	S	S	**16**	R16	S	S
2	R2	SS	S	**17**	R17	N	SS
3	R3	SS	SS	**18**	R18	SS	SS
4	R4	S	S	**19**	R19	SS	SS
5	R5	S	S	**20**	R20	SS	STS
6	R6	S	N	**21**	R21	N	N
7	R7	SS	SS	**22**	R22	S	SS
8	R8	S	S	**23**	R23	SS	SS
9	R9	SS	N	**24**	R24	S	S
10	R10	SS	SS	**25**	R25	SS	SS
11	R11	SS	SS	**26**	R26	SS	SS
12	R12	TS	TS	**27**	R27	SS	SS
13	R13	STS	STS	**28**	R28	SS	SS
14	R14	S	SS	**29**	R29	S	S
15	R15	SS	SS	**30**	R30	SS	SS

Tabel 13. Hasil Responden *Reliability*

No	Keterangan	Pn	T	Hasil
1	Skor aktual 'Sangat Tidak Setuju'	**0**	3	0
2	Skor aktual 'Tidak Setuju'	**1**	2	2
3	Skor aktual 'Netral'	**2**	5	10
4	Skor aktual 'Setuju'	**3**	18	54
5	Skor aktual 'Sangat Setuju'	**4**	32	128
Skor Aktual				**194**
Skor Maximal				**240**

$$\textbf{\textit{Persentase Reliability}} = \frac{194}{240} \times 100\% = 80{,}83\% \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai *Reliability* diperoleh dari perbandingan antara capaian aktual sebesar 194 terhadap target maksimum 240, kemudian dikalikan 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tingkat *Reliability* mencapai 80,83%. Nilai ini mengindikasikan bahwa sistem atau layanan yang dievaluasi telah menunjukkan tingkat keandalan yang baik, di mana sebagian besar fungsi dapat berjalan secara stabil, konsisten, dan sesuai dengan yang diharapkan. Meskipun demikian, masih terdapat selisih sebesar 19,17% yang menandakan adanya potensi gangguan, kesalahan, atau ketidakkonsistenan pada kondisi tertentu. Oleh karena itu, hasil ini dapat dijadikan dasar evaluasi untuk

meningkatkan stabilitas, mengurangi kesalahan, serta memperkuat mekanisme pengendalian agar tingkat *reliability* dapat mendekati kondisi optimal.

Security

Tabel 14. Data Responden *Security*

No	Nama	Pernyataan P1	Pernyataan P2	No	Nama	Pernyataan P1	Pernyataan P2
1	R1	S	S	**16**	R16	S	S
2	R2	S	SS	**17**	R17	SS	SS
3	R3	SS	SS	**18**	R18	SS	SS
4	R4	S	S	**19**	R19	SS	SS
5	R5	SS	S	**20**	R20	SS	S
6	R6	S	TS	**21**	R21	N	N
7	R7	SS	SS	**22**	R22	SS	SS
8	R8	S	S	**23**	R23	SS	SS
9	R9	SS	SS	**24**	R24	S	S
10	R10	SS	SS	**25**	R25	N	SS
11	R11	S	S	**26**	R26	S	S
12	R12	TS	TS	**27**	R27	SS	SS
13	R13	STS	STS	**28**	R28	SS	SS
14	R14	SS	SS	**29**	R29	S	S
15	R15	SS	SS	**30**	R30	SS	S

Tabel 15. Hasil Responden *Security*

No	Keterangan	Pn	T	Hasil
1	Skor aktual 'Sangat Tidak Setuju'	**0**	2	0
2	Skor aktual 'Tidak Setuju'	**1**	3	3
3	Skor aktual 'Netral'	**2**	3	6
4	Skor aktual 'Setuju'	**3**	21	63
5	Skor aktual 'Sangat Setuju'	**4**	31	124
Skor Aktual				**196**
Skor Maksimal				**240**

$$\textbf{\textit{Persentase Security}} = \frac{196}{240} \times 100\% = 81{,}67\% \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai *Security* diperoleh dari perbandingan antara capaian aktual sebesar 196 terhadap target maksimum 240, kemudian dikalikan 100%. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tingkat *Security* mencapai 81,67%. Nilai ini mengindikasikan bahwa sistem telah memiliki tingkat keamanan yang baik, di mana sebagian besar mekanisme pengamanan—seperti perlindungan data, kontrol akses, dan pencegahan terhadap ancaman—telah diterapkan dan berfungsi dengan efektif. Namun, masih terdapat selisih sebesar 18,33% yang menunjukkan adanya potensi celah keamanan atau aspek pengamanan tertentu yang perlu ditingkatkan. Oleh karena itu, hasil ini dapat

dijadikan dasar untuk memperkuat kebijakan keamanan, meningkatkan proteksi sistem, serta melakukan evaluasi dan pembaruan keamanan secara berkala guna mencapai tingkat keamanan yang lebih optimal.

Maintainability

Tabel 16. Data Responden *Maintainability*

No	Nama	P1	No	Nama	P1
1	R1	S	**16**	R16	S
2	R2	SS	**17**	R17	SS
3	R3	SS	**18**	R18	SS
4	R4	S	**19**	R19	SS
5	R5	SS	**20**	R20	S
6	R6	S	**21**	R21	N
7	R7	SS	**22**	R22	S
8	R8	S	**23**	R23	SS
9	R9	N	**24**	R24	S
10	R10	SS	**25**	R25	S
11	R11	SS	**26**	R26	SS
12	R12	TS	**27**	R27	S
13	R13	STS	**28**	R28	SS
14	R14	SS	**29**	R29	S
15	R15	S	**30**	R30	SS

Tabel 17. Hasil Responden *Maintainability*

No	Keterangan	Pn	T	Hasil
1	Skor aktual ‘Sangat Tidak Setuju’	**0**	1	0
2	Skor aktual ‘Tidak Setuju’	**1**	1	1
3	Skor aktual ‘Netral’	**2**	2	4
4	Skor aktual ‘Setuju’	**3**	12	36
5	Skor aktual ‘Sangat Setuju’	**4**	14	56
Skor Aktual				**97**
Skor Maksimal				**120**

$$\textbf{\textit{Persentase Maintainability}} = \frac{97}{120} \times 100\% = 80{,}83\% \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai *Maintainability* diperoleh dari perbandingan antara capaian aktual sebesar 97 terhadap target maksimum 120, kemudian dikalikan 100%. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tingkat *Maintainability* mencapai 80,83%. Nilai ini mengindikasikan bahwa sistem memiliki tingkat kemudahan pemeliharaan yang baik, di mana sebagian besar aktivitas pemeliharaan—seperti perbaikan, pembaruan, dan penyesuaian sistem—dapat dilakukan dengan relatif efektif. Meskipun demikian, masih terdapat selisih sebesar 19,17% yang menunjukkan adanya aspek-aspek tertentu yang dapat

ditingkatkan, seperti dokumentasi teknis, struktur kode, atau prosedur pemeliharaan. Oleh karena itu, hasil ini dapat dijadikan dasar evaluasi untuk meningkatkan kualitas pemeliharaan sistem agar lebih efisien dan berkelanjutan.

Portability

Tabel 18. Data Responden *Portability*

No	Nama	P1	No	Nama	P1
1	R1	S	**16**	R16	S
2	R2	SS	**17**	R17	N
3	R3	SS	**18**	R18	SS
4	R4	S	**19**	R19	SS
5	R5	S	**20**	R20	SS
6	R6	S	**21**	R21	N
7	R7	SS	**22**	R22	S
8	R8	S	**23**	R23	SS
9	R9	SS	**24**	R24	S
10	R10	SS	**25**	R25	SS
11	R11	SS	**26**	R26	SS
12	R12	TS	**27**	R27	SS
13	R13	STS	**28**	R28	SS
14	R14	S	**29**	R29	S
15	R15	SS	**30**	R30	SS

Tabel 19. Hasil Responden *Portability*

No	Keterangan	Pn	T	Hasil
1	Skor aktual 'Sangat Tidak Setuju'	**0**	1	0
2	Skor aktual 'Tidak Setuju'	**1**	1	1
3	Skor aktual 'Netral'	**2**	2	4
4	Skor aktual 'Setuju'	**3**	10	30
5	Skor aktual 'Sangat Setuju'	**4**	16	64
Skor Aktual				**99**
Skor Maksimal				**120**

$$\textbf{\textit{Persentase Portability}} = \frac{99}{120} \times 100\% = 82{,}50\% \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai *Portability* diperoleh dari perbandingan antara capaian aktual sebesar 99 terhadap target maksimum 120, kemudian dikalikan 100%. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tingkat *Portability* mencapai 82,50%. Nilai ini mengindikasikan bahwa sistem memiliki tingkat kemampuan adaptasi dan pemindahan yang baik, di mana aplikasi dapat dijalankan pada berbagai lingkungan, platform, atau konfigurasi dengan penyesuaian yang relatif minimal. Meskipun demikian, masih terdapat selisih sebesar 17,50% yang menunjukkan adanya keterbatasan pada aspek tertentu, seperti

ketergantungan terhadap platform tertentu atau kebutuhan konfigurasi tambahan. Oleh karena itu, hasil ini dapat dijadikan dasar untuk meningkatkan fleksibilitas sistem agar lebih mudah diimplementasikan pada lingkungan yang berbeda.

Rekapitulasi Hasil Pengujian

Tabel 20. Hasil Rekapitulasi Hasil Pengujian

Karakter	Jumlah Pertanyaan	Skor Aktual	Skor Maximal	Persentase	Bobot
Functional Suitability	2	197	240	82,08%	Sangat Baik
Performance Efficiency	2	195	240	81,25%	Sangat Baik
Compatibility	2	190	240	79,17%	Baik
Usability	3	286	360	79,44%	Baik
Reliability	2	194	240	80,83%	Sangat Baik
Security	2	196	240	81,67%	Sangat Baik
Maintainability	1	97	120	80,83%	Sangat Baik
Portability	1	99	120	82,50%	Sangat Baik
Persentase Keseluruhan				**80,97%**	**Sangat Baik**

Berdasarkan hasil rekapitulasi pengukuran kualitas sistem informasi pada seluruh karakteristik yang mengacu pada standar *ISO/IEC 25010*, diperoleh nilai rata-rata persentase keseluruhan sebesar 80,97%. Nilai ini menunjukkan bahwa secara umum sistem telah memenuhi standar kualitas perangkat lunak yang ditetapkan dengan tingkat pencapaian yang tinggi. Capaian persentase 80,97% menempatkan kualitas sistem pada kategori Sangat Baik, yang mengindikasikan bahwa sistem memiliki kinerja yang efektif, andal, dan stabil dalam mendukung kebutuhan operasional. Selain itu, sistem juga menunjukkan tingkat keamanan yang memadai, kemudahan penggunaan yang baik, serta kemampuan pemeliharaan dan adaptasi yang cukup fleksibel pada berbagai lingkungan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem informasi yang diuji telah layak digunakan dan mampu memberikan dukungan optimal, meskipun tetap diperlukan upaya peningkatan berkelanjutan untuk mencapai kualitas yang lebih sempurna.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil pengukuran terhadap seluruh aspek kualitas sistem yang meliputi *Performance Efficiency, Compatibility, Usability, Reliability, Security, Maintainability, dan Portability*, diperoleh nilai persentase yang secara umum berada pada rentang 79%–83%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi sebagian besar kriteria kualitas yang

ditetapkan dan mampu beroperasi dengan baik sesuai dengan kebutuhan pengguna. Hasil perhitungan rata-rata keseluruhan sebesar 80,97% menempatkan kualitas sistem pada kategori sangat baik. Capaian ini mengindikasikan bahwa sistem memiliki kinerja yang efisien, tingkat keamanan dan keandalan yang memadai, kemudahan penggunaan yang baik, serta mampu dipelihara dan dijalankan pada berbagai lingkungan dengan cukup fleksibel. Meskipun demikian, masih terdapat ruang untuk peningkatan pada beberapa aspek agar kualitas sistem dapat semakin optimal dan mendekati kondisi ideal. Secara keseluruhan, sistem dinilai layak digunakan dan telah memenuhi standar kualitas yang diharapkan.

REFERENSI

Alenezi, M., & Basri, S. (2021). Software maintainability measurement using ISO standards. *Journal of Systems and Software*, 172, 110860.

Alshamrani, A., & Bahattab, A. (2021). A comparison between three SDLC models: Waterfall, Spiral, and Incremental. *International Journal of Computer Science Issues*, 18(2), 45–52.

Bass, L., Clements, P., & Kazman, R. (2022). Software Architecture in Practice (4th ed.). Addison-Wesley.

Behl, A., & Behl, K. (2022). Cybersecurity and Cyberwar: What Everyone Needs to Know. Oxford University Press.

Hidayat, R., & Nugraha, F. (2022). Analisis usability sistem informasi menggunakan ISO/IEC 25010. *Jurnal RESTI*, 6(3), 421–429.

IEEE Computer Society. (2022). Guide to Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK V4.0). IEEE.

ISO/IEC. (2023). ISO/IEC 25010:2023 Systems and Software Engineering — Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). International Organization for Standardization.

Kurniawan, D., & Wibowo, A. (2023). Evaluation of information system quality based on ISO/IEC 25010. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 14(5), 312–319.

Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2022). Management Information Systems: Managing the Digital Firm (16th ed.). Pearson.

Nugroho, Y., & Prasetyo, H. (2021). Evaluasi kualitas perangkat lunak menggunakan standar ISO/IEC 25010. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 8(4), 675–684.

Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2021). Software Engineering: A Practitioner's Approach (9th ed.). McGraw-Hill.

Putra, R. A., & Santoso, H. B. (2022). Software quality measurement using ISO/IEC 25010: A case study. *Procedia Computer Science,* 197, 503–510.

Rahman, A., & Suryanto, T. (2023). Software security assessment using ISO/IEC 25010. *Journal of Information Security and Applications*, 71, 103365.

Rocha, A., & Martins, J. (2021). Quality evaluation of software products using ISO/IEC 25010. *Journal of Software Engineering Research and Development*, 9(1), 1–12.

Rosa, A. S., & Shalahuddin, M. (2021). Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek. *Informatika* Bandung.

Setiawan, E., & Ramadhan, R. (2022). Pengujian reliability dan performance efficiency pada sistem informasi. *Jurnal Informatika*, 9(2), 155–163.

Sommerville, I. (2021). Software Engineering (10th ed.). Pearson Education.

Susanto, A., & Meiryani. (2021). Sistem Informasi Manajemen. Lingga Jaya.

Widodo, P. P., & Herlawati. (2021). Menggunakan UML. Informatika Bandung.

Wiegers, K. E., & Beatty, J. (2022). Software Requirements (4th ed.). Microsoft Press.

Application of Transfer Learning Method on Convolutional Neural Network (CNN) to Identify Genuine and Fake Diplomas

Rifa Awaludin[1)*)], Anggun Fergina[2)], Gina Purnama Insany[3)]

[1)2)3)] Teknik Informatika, Fakultas Komputer dan Desain, Universitas Nusa Putra
***)Correspondence author:** Rifa Awaludin, rifa.awaludin_ti19@nusaputra.ac.id, Sukabumi, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3295

Abstract

The authenticity of diplomas plays a crucial role in maintaining the integrity of the education system and ensuring that recognized academic competencies align with an individual's actual achievements. Diplomas are not merely administrative documents, but strategic instruments in job recruitment and professional qualification assessment. However, with increasing educational mobility, document misuse through diploma forgery is becoming increasingly prevalent, potentially undermining public trust in educational institutions. Currently, the verification process is still largely carried out manually through visual inspection of document elements such as layout and stamps. The reliance on the examiner's experience makes this method vulnerable to inconsistencies and human error, especially when dealing with fake diplomas with visual qualities that increasingly resemble genuine documents. Diploma forgery is a problem that impacts the credibility of educational institutions and the validity of academic data. Manual inspection is often inconsistent and time-consuming. This study develops a model for classifying genuine and fake diplomas using a Convolutional Neural Network (CNN) with a transfer learning scheme. The performance of the ResNet50, VGG16, and MobileNetV2 architectures is comparatively analyzed. Data preprocessing included resizing, normalization, and augmentation. Test results showed the ResNet50 architecture achieved optimal performance with 92.63% accuracy, 92.16% precision, 94.00% recall, and 93.07% F1-score. The system was implemented in a Streamlit-based web application to facilitate the verification process.

Keywords: *Diploma, Image Classification, Convolutional Neural Network, Transfer Learning, Document Forgery*

Abstrak

Keaslian ijazah memiliki peran krusial dalam menjaga integritas sistem pendidikan dan memastikan kompetensi akademik yang diakui sesuai dengan capaian riil individu. Ijazah bukan sekadar dokumen administratif, melainkan instrumen strategis dalam rekrutmen tenaga kerja dan penilaian kualifikasi profesional. Namun, seiring meningkatnya mobilitas pendidikan, penyalahgunaan dokumen melalui pemalsuan ijazah kian marak terjadi, yang berpotensi menurunkan kepercayaan publik terhadap institusi pendidikan. Saat ini, proses verifikasi masih banyak dilakukan secara manual melalui pemeriksaan visual elemen dokumen seperti tata letak dan stempel. Ketergantungan pada pengalaman pemeriksa membuat metode ini rentan terhadap ketidakkonsistenan dan human error, terutama saat menghadapi ijazah palsu dengan kualitas visual yang semakin menyerupai dokumen asli. Pemalsuan ijazah merupakan persoalan yang berdampak pada kredibilitas institusi pendidikan dan keabsahan data akademik. Pemeriksaan manual sering kali tidak konsisten dan membutuhkan waktu lama. Penelitian ini mengembangkan model klasifikasi ijazah asli dan palsu menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) dengan skema transfer learning. Performa arsitektur ResNet50, VGG16, dan MobileNetV2 dianalisis secara komparatif. Pra-pemrosesan data meliputi penyesuaian ukuran, normalisasi, dan augmentasi. Hasil pengujian menunjukkan arsitektur ResNet50 mencapai performa

optimal dengan akurasi 92,63%, presisi 92,16%, recall 94,00%, dan F1-score 93,07%. Sistem diimplementasikan dalam aplikasi web berbasis Streamlit untuk memudahkan proses verifikasi.

Kata Kunci : Ijazah, Klasifikasi Citra, Convolutional Neural Network, Transfer Learning, Pemalsuan Dokumen

PENDAHULUAN

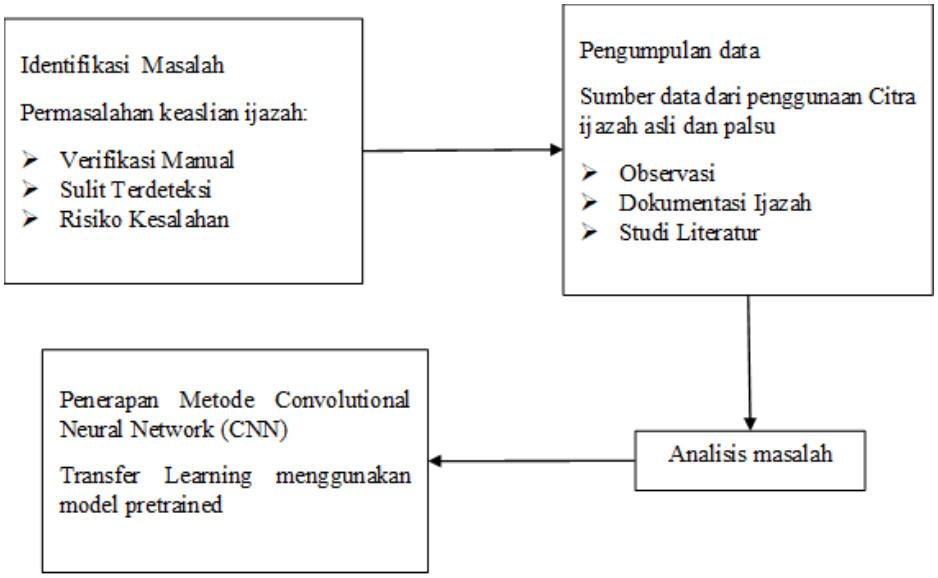
Keaslian ijazah memiliki peran krusial dalam menjaga integritas sistem pendidikan dan memastikan kompetensi akademik yang diakui sesuai dengan capaian riil individu. Ijazah bukan sekadar dokumen administratif, melainkan instrumen strategis dalam rekrutmen tenaga kerja dan penilaian kualifikasi profesional. Namun, seiring meningkatnya mobilitas pendidikan, penyalahgunaan dokumen melalui pemalsuan ijazah kian marak terjadi, yang berpotensi menurunkan kepercayaan publik terhadap institusi pendidikan. Saat ini, proses verifikasi masih banyak dilakukan secara manual melalui pemeriksaan visual elemen dokumen seperti tata letak dan stempel. Ketergantungan pada pengalaman pemeriksa membuat metode ini rentan terhadap ketidakkonsistenan dan human error, terutama saat menghadapi ijazah palsu dengan kualitas visual yang semakin menyerupai dokumen asli.

Kemajuan teknologi desain grafis memungkinkan pihak tidak bertanggung jawab menghasilkan ijazah palsu yang samarnya batas perbedaannya dengan dokumen asli, terutama dalam bentuk hasil pemindaian digital. Kondisi ini menuntut adanya pendekatan sistematis berbasis pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan. Convolutional Neural Network (CNN) dikenal sebagai model yang andal dalam mempelajari pola visual kompleks seperti tekstur, logo, dan hubungan antar elemen citra secara otomatis (Srinivas, 2020). Namun, membangun model CNN dari awal membutuhkan sumber daya komputasi dan dataset yang sangat besar (Goodfellow et al., 2016).

Tujuan utama dari penelitian ini adalah membangun sistem klasifikasi otomatis yang mampu membedakan ijazah asli dan palsu secara objektif dan terukur. Hipotesis dalam penelitian ini adalah bahwa implementasi arsitektur ResNet50 akan memberikan akurasi yang lebih optimal dibandingkan arsitektur lainnya karena adanya mekanisme residual learning yang efektif menangani kompleksitas fitur dokumen tanpa mengalami degradasi

performa (He et al., 2016). Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat praktis bagi instansi terkait sebagai sistem pendukung keputusan dalam proses verifikasi dokumen akademik berbasis web.

Hipotesis dalam penelitian ini adalah bahwa implementasi arsitektur ResNet50 akan memberikan akurasi yang lebih optimal dibandingkan arsitektur lainnya karena adanya mekanisme residual learning yang efektif menangani kompleksitas fitur dokumen tanpa mengalami degradasi performa. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat praktis bagi instansi terkait sebagai sistem pendukung keputusan dalam proses verifikasi dokumen akademik berbasis web.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran dan Hipotesis

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini disusun secara sistematis untuk mengembangkan sistem klasifikasi ijazah asli dan palsu menggunakan teknik Deep Learning. Penelitian ini mengintegrasikan pengolahan citra digital dengan pengembangan sistem berbasis web menggunakan kerangka kerja Streamlit.

Alur Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dari identifikasi masalah terkait keterbatasan verifikasi ijazah secara manual, dilanjutkan dengan pengumpulan data, analisis masalah, pemilihan model, hingga evaluasi sistem. Secara ringkas, alur penelitian meliputi studi pustaka, akuisisi citra ijazah, pra-pemrosesan data, pelatihan model dengan skema transfer learning, dan pengujian performa menggunakan confusion matrix.

Pengumpulan dan Distribusi Data

Penelitian ini menggunakan dataset citra digital ijazah hasil pemindaian yang dikategorikan menjadi dua kelas: asli dan palsu. Setelah dilakukan teknik augmentasi, total dataset yang tersedia adalah 635 citra. Data tersebut kemudian didistribusikan ke dalam tiga bagian untuk kebutuhan pelatihan, validasi, dan pengujian dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 1. Distribusi Data

Kategori	Data Asli (Scan)	Setelah Augmentasi	Training (70%)	Validation (15%)	Test (15%)
Ijazah Asli	50	315	221	48	50
Ijazah Palsu	50	320	224	47	45
Total	100	635	445	95	95

- Data Training (70%): Digunakan oleh model untuk mempelajari pola visual (fitur) ijazah asli dan palsu.
- Data Validation (15%): Digunakan saat proses pelatihan untuk memantau apakah model mengalami overfitting atau tidak.
- Data Testing (15%): Sebanyak 95 data yang disiapkan sebagai data uji final untuk mengetahui akurasi murni model terhadap data yang benar-benar baru

Pra-pemrosesan Citra dan Augmentasi

Tahap prapemrosesan dilakukan untuk menyeragamkan format input model. Langkah awal adalah melakukan resizing citra menjadi ukuran 224 × 224 piksel. Selanjutnya, Untuk memperkaya variasi data tanpa menambah jumlah dokumen fisik, teknik augmentasi diterapkan pada saat proses loading data menggunakan fungsi ImageDataGenerator. Parameter augmentasi yang digunakan meliputi rotation_range

sebesar 15 derajat, brightness_range 0,20, zoom_range 0,10, serta penerapan horizontal flip dan vertical flip.

Pengembangan Sistem dengan Metode RAD

Sistem diimplementasikan menggunakan metode Rapid Application Development (RAD) yang terdiri dari fase perencanaan kebutuhan, design workshop (perancangan antarmuka), dan implementasi. Pendekatan ini memungkinkan pengembangan aplikasi web yang adaptif terhadap integrasi model CNN hasil pelatihan.

Arsitektur Transfer Learning

Penelitian ini menerapkan teknik transfer learning dengan membandingkan tiga arsitektur pre-trained: ResNet50, VGG16, dan MobileNetV2. Strategi ini digunakan untuk memanfaatkan bobot (weights) yang sudah terlatih pada dataset besar, kemudian dilakukan proses fine-tuning pada lapisan Fully Connected agar spesifik dalam mengenali karakteristik unik pada dokumen ijazah. dikarenakan keterbatasan jumlah data primer yang dapat dikumpulkan secara manual, peneliti menerapkan teknik data augmentation. Teknik ini bertujuan untuk memperbanyak variasi data tanpa harus menambah jumlah dokumen fisik, sehingga model tetap memiliki performa yang baik dan terhindar dari overfitting.

Tahap augmentasi data dilakukan untuk memperkaya variasi dataset primer yang berjumlah terbatas. Teknik ini diterapkan pada saat proses loading data menggunakan fungsi ImageDataGenerator. Parameter yang digunakan meliputi rotation_range sebesar 15 derajat, Brigtness_Range 0.20, Zoom_Range 0.10, Training 70% ,validaion 15%, Resize 224, horizontal_flip dan vertikal filp. Adapun rincian distribusi jumlah data sebelum dan sesudah augmentasi, serta pembagian data untuk kebutuhan pelatihan, validasi, dan pengujian disajikan pada tabel 2 :

Tabel 2. Tabel Fitur Dataset Ijazah

Kategori	Data Asli (Scan)	Setelah Augemntasi	Training (70%)	Validasi (15%)	Test (15%)
Ijazah Asli	50	315	221	48	50
Ijazah Palsu	50	320	224	47	45
Total	100	635	445	95	95

Data Training (70%) Digunakan oleh model untuk mempelajari pola visual (fitur) ijazah asli dan palsu. Data Validation (15%) Digunakan saat proses pelatihan untuk memantau apakah model mengalami overfitting atau tidak. Ibaratnya sebagai "ujian tengah semester". Data Testing (15%): Digunakan setelah pelatihan selesai untuk mengetahui akurasi murni model terhadap data yang benar-benar baru. Ibaratnya sebagai "ujian akhir".

Selain itu, pengujian model juga mencakup perbandingan kinerja beberapa arsitektur CNN yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu VGG16, ResNet50, dan MobileNetV2. Perbandingan dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbedaan arsitektur terhadap tingkat akurasi dan efisiensi klasifikasi. Hasil pengujian model digunakan sebagai dasar dalam menentukan arsitektur CNN yang memiliki performa terbaik untuk diimplementasikan dalam sistem klasifikasi ijazah.

Tabel 3. Struktur Confusion Matrix

	Prediksi: Asli	**Prediksi: Palsu**
Aktual: Asli	True Positive (TP)	False Negative (FN)
Aktual: Palsu	False Positive (FP)	True Negative (TN)

Keterangan :

- True Positive (TP): Jumlah data ijazah asli yang di prediksi benar sebagai asli.
- True Negative (TN): Jumlah Data ijazah palsu yang di prediksi benar sebagai palsu.
- False Positive (FP) : Jumlah data ijazah palsu yang salah di prediksi sebagai asli.
- False Negative (FN): Jumlah data ijazah asli yang salah di prediksi sebagai palsu.

Berdasarkan nilai yang diperoleh dari Confusion Matrix, dilakukan perhitungan statistik menggunakan rumus sebagai berikut:

- Akurasi (Accuracy): Mengukur sejauh mana model mampu mengklasifikasikan seluruh data secara benar (baik asli maupun palsu).

$$\textbf{Akurasi} = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN)$$

- Presisi (Precision): Mengukur keakuratan model dalam memprediksi kelas positif (asli). Hal ini penting untuk meminimalkan ijazah palsu yang terdeteksi sebagai asli.

$$\textbf{Presisi} = TP / (TP + FP)$$

- Recall (Sensitivity): Mengukur kemampuan model dalam menemukan kembali semua data dari kelas positif (asli).

Recall = TP / (TP + FN)

- F1-Score: Metrik yang menggabungkan precision dan recall, sangat cocok digunakan ketika kita menghadapi ketidakseimbangan data dan ingin mendapatkan keseimbangan antara precision dan recall.

F1-Score = 2 × (Presisi × Recall) / (Presisi + Recall).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hasil Pelatihan Model

Proses pelatihan model dilakukan selama 50 epoch menggunakan optimizer Adam dengan learning rate 0,0001. Berdasarkan pengamatan pada grafik akurasi dan loss, model ResNet50 menunjukkan tren konvergensi yang stabil. Model berhasil meminimalisir loss pada data validasi tanpa menunjukkan tanda-tanda overfitting yang signifikan, yang mengindikasikan bahwa proses augmentasi telah membantu model dalam melakukan generalisasi fitur ijazah dengan baik.

Perbandingan Performa Arsitektur CNN

Evaluasi dilakukan terhadap 95 citra data uji yang belum pernah dilihat sebelumnya oleh model. Hasil perbandingan metrik evaluasi dari tiga arsitektur disajikan pada

Tabel 4. Perbandingan Kinerja Model CNN

Model	Akurasi (%)	Presisi (%)	Recall (%)	F1-Score (%)	Specificity (%)
ResNet50	92,63	92,16	94,00	93,07	91,11
VGG16	93,68	95,83	92,00	93,87	95,56
MobileNetV2	91,58	93,75	90,00	91,84	93,33

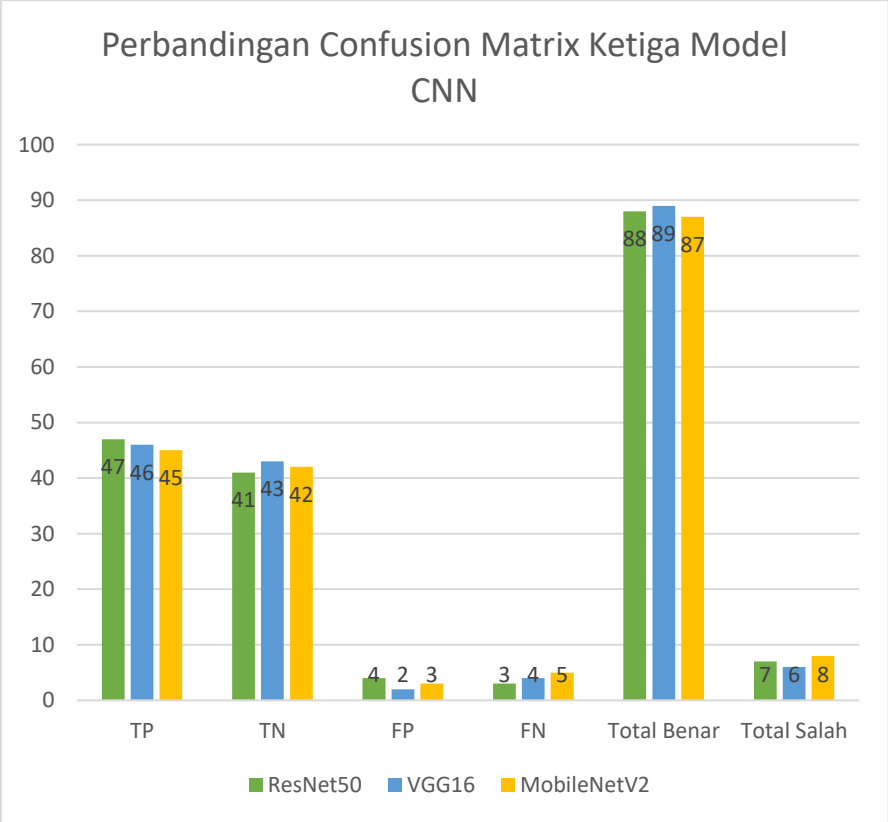
Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, VGG16 merupakan model dengan performa terbaik secara keseluruhan, unggul dalam akurasi (93,68%), presisi (95,83%), F1-Score (93,87%), dan specificity (95,56%). Di sisi lain, ResNet50 memiliki recall tertinggi (94,00%), yang menunjukkan kemampuannya yang sangat baik dalam mendeteksi ijazah asli.

Evaluasi Confusion Matrix

Detail prediksi dari model terbaik (VGG16) dan perbandingannya divisualisasikan melalui confusion matrix. Dari 95 data uji yang digunakan, model berhasil melakukan klasifikasi dengan rincian sebagai berikut:

- True Positive (TP): 47 data ijazah asli diprediksi benar sebagai asli.
- True Negative (TN): 42 data ijazah palsu diprediksi benar sebagai palsu.
- False Positive (FP): 3 data ijazah palsu diprediksi salah sebagai asli.
- False Negative (FN): 3 data ijazah asli diprediksi salah sebagai palsu.

Terdapat 6 data yang mengalami kesalahan klasifikasi, yang setelah dianalisis disebabkan oleh variasi pencahayaan yang ekstrem dan kualitas resolusi citra input yang rendah pada beberapa sampel data uji.



Gambar 2. Perbandingan Confusion Matrix

Ringkasan Perbandingan

Berdasarkan hasil evaluasi, dapat disimpulkan bahwa:

- VGG16 merupakan model dengan performa terbaik secara keseluruhan, unggul dalam akurasi (93,68%), presisi (95,83%), F1-Score (93,87%), dan specificity (95,56%).
- ResNet50 memiliki recall tertinggi (94,00%), menunjukkan kemampuan terbaik dalam mendeteksi ijazah asli.
- MobileNetV2 menawarkan keseimbangan antara performa yang baik dan efisiensi komputasi, cocok untuk implementasi pada sistem dengan keterbatasan sumber daya.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini berhasil membuktikan bahwa teknologi Deep Learning dengan pendekatan transfer learning merupakan solusi yang efektif untuk klasifikasi keaslian ijazah secara otomatis. Melalui analisis komparatif terhadap arsitektur ResNet50, VGG16, dan MobileNetV2, ditemukan bahwa arsitektur VGG16 merupakan model yang paling unggul dengan tingkat akurasi sebesar 93,68%, presisi 95,83%, dan F1-Score 93,87%.

Meskipun demikian, ResNet50 tetap menunjukkan performa yang kompetitif, terutama pada aspek recall yang mencapai 94,00%, menjadikannya pilihan yang andal dalam mendeteksi ijazah asli. Penggunaan framework Streamlit juga terbukti mempermudah implementasi model ke dalam aplikasi berbasis web yang responsif dan siap pakai. Berdasarkan temuan tersebut, penelitian ini merekomendasikan beberapa pengembangan di masa depan untuk meningkatkan keandalan sistem:

- Pertama, penambahan jumlah dan variabilitas dataset dari berbagai institusi sangat diperlukan agar model memiliki cakupan generalisasi yang lebih luas.
- Kedua, integrasi teknik prapemrosesan citra tingkat lanjut, seperti automatic denoising dan koreksi kontras, disarankan untuk mengatasi kendala klasifikasi pada citra dengan kualitas rendah.
- Terakhir, pengembangan sistem di masa depan dapat dikolaborasikan dengan teknologi Optical Character Recognition (OCR) untuk melakukan sinkronisasi data teks ijazah

dengan database resmi guna menciptakan sistem verifikasi yang lebih komprehensif dan berlapis.

REFERENSI

Ayeni, J. (2022). Convolutional neural network (CNN): The architecture and applications. *Applied Journal of Physical Science*. https://www.academia.edu/download/117519439/ajps2022.pdf

Bichler, O. (2021). *Convolutional neural network* (U.S. Patent No. 11,055,608). Google Patents. https://patents.google.com/patent/US11055608B2/en

Chollet, F. (2017). *Deep learning with Python*. Manning Publications.

Cong, S., & Zhou, Y. (2023). A review of convolutional neural network architectures and their optimizations. *Artificial Intelligence Review*. https://doi.org/10.1007/s10462-022-10213-5

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.

He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (pp. 770–778).

Howard, A. G., Zhu, M., Chen, B., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T., Andreetto, M., & Adam, H. (2017). MobileNets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications. *arXiv Preprint*. https://arxiv.org/abs/1704.04861

Khan, S., Rahmani, H., Shah, S. A. A., & others. (2022). Convolutional neural network. In *Introduction to convolutional neural networks*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-01821-3_4

Kshatri, S. S., & Singh, D. (2023). Convolutional neural network in medical image analysis: A review. *Archives of Computational Methods in Engineering*. https://doi.org/10.1007/s11831-023-09898-w

Pan, S. J., & Yang, Q. (2010). A survey on transfer learning. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 22*(10), 1345–1359.

Prasetyo, E. (2014). *Data mining: Mengolah data menjadi informasi menggunakan MATLAB*. Andi Offset.

Purwono, P., Ma'arif, A., Rahmaniar, W., & others. (2023). Understanding of convolutional neural network (CNN): A review. *International Journal of Robotics and Control Systems*. https://pubs2.ascee.org/index.php/IJRCS/article/view/888

Saleem, M. A., Senan, N., Wahid, F., Aamir, M., & others. (2022). Comparative analysis of recent architecture of convolutional neural network. *Mathematical Problems in Engineering*. https://doi.org/10.1155/2022/7313612

Shorten, C., & Khoshgoftaar, T. M. (2019). A survey on image data augmentation for deep learning. *Journal of Big Data, 6*(1), 1–48.

Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *arXiv Preprint*. https://arxiv.org/abs/1409.1556

Srinivas, M. N. (2020). Klasifikasi dokumen menggunakan convolutional neural network. *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi, 2*(3), 85–91.

Streamlit. (2023). *Streamlit: The fastest way to build and share data apps*. https://streamlit.io

Taye, M. M. (2023). Theoretical understanding of convolutional neural network: Concepts, architectures, applications, and future directions. *Computation, 11*(3), 52. https://doi.org/10.3390/computation11030052

Zhang, X., Zhang, X., & Wang, W. (2023). Convolutional neural network. In *Intelligent information processing*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-99-6449-9_2

Application of Data Mining to Analyze Sales Patterns of Merchandise in MSMEs in Sait Buttu Saribu Tourism Village Using the Apriori Algorithm

Khofifah Fauzani[1)*)], Ali Ikhwan[2)]

[1)2)3)]Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sumatera Utara
***)Correspondence author:** Khofifah Fauzani, zanikim02@gmail.com, Medan, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3291

Abstract

The development of information technology in the era of globalization has brought significant changes to various aspects of life, including business and trade activities. Information is a crucial component in supporting fast, precise, and accurate decision-making, both at the operational and strategic levels. This study aims to apply the Apriori algorithm to analyze the sales patterns of MSMEs in the Sait Buttu Saribu Tourism Village and to develop a web-based system that can support business decision-making. MSMEs play a vital role in the local economy, but sales data utilization is still suboptimal. Sales transaction data from 2023–2024 from 57 active MSMEs were used as the research object. The research method used is Research and Development (R&D) with the system development using the Waterfall method. The Apriori algorithm was applied to find association patterns between products based on support and confidence values. The results show that the Apriori algorithm is able to identify product combinations that are frequently purchased together so that they can be utilized for sales strategies such as product bundling, product arrangement, and inventory control. The developed system is expected to help MSMEs manage sales data more effectively and support data-driven decision-making. Therefore, this study applies the Apriori algorithm to analyze the sales patterns of MSME merchandise in Sait Buttu Saribu Tourism Village and builds a web-based system as a decision-making tool.

Keywords: *Data Mining, Apriori Algorithm, Sales Pattern, MSMEs, Association Rule*

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi pada era globalisasi telah membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam aktivitas bisnis dan perdagangan. Informasi menjadi komponen penting dalam mendukung pengambilan keputusan yang cepat, tepat, dan akurat, baik pada tingkat operasional maupun strategis. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan algoritma Apriori dalam menganalisis pola penjualan barang dagang UMKM di Desa Wisata Sait Buttu Saribu serta membangun sistem berbasis web yang dapat membantu pengambilan keputusan bisnis. UMKM memiliki peran penting dalam perekonomian lokal, namun pemanfaatan data penjualan masih belum optimal. Data transaksi penjualan tahun 2023–2024 dari 57 UMKM aktif digunakan sebagai objek penelitian. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan pengembangan sistem menggunakan metode Waterfall. Algoritma Apriori diterapkan untuk menemukan pola asosiasi antar produk berdasarkan nilai support dan confidence. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma Apriori mampu mengidentifikasi kombinasi produk yang sering dibeli secara bersamaan sehingga dapat dimanfaatkan untuk strategi penjualan seperti bundling produk, penataan barang, dan pengendalian persediaan. Sistem yang dibangun diharapkan dapat membantu UMKM dalam mengelola data penjualan secara lebih efektif dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan algoritma Apriori untuk menganalisis pola penjualan barang dagang UMKM di Desa Wisata Sait Buttu Saribu serta membangun sistem berbasis web sebagai alat bantu pengambilan keputusan.

Kata Kunci : Data Mining, Algoritma Apriori, Pola Penjualan, UMKM, Association Rule

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi pada era globalisasi telah membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam aktivitas bisnis dan perdagangan. Informasi menjadi komponen penting dalam mendukung pengambilan keputusan yang cepat, tepat, dan akurat, baik pada tingkat operasional maupun strategis. Kemajuan teknologi digital juga memengaruhi perilaku manusia yang semakin bergantung pada sistem informasi dalam mengelola data dan aktivitas bisnis, terutama dalam proses pencatatan transaksi dan pengendalian persediaan barang (Nadya Andreyanto et al., 2023).

Di tingkat global, meningkatnya volume data transaksi mendorong perlunya pemanfaatan teknologi yang mampu mengolah data tersebut menjadi informasi bernilai. Sistem pengendalian barang berbasis teknologi tidak hanya berfungsi untuk mencatat keluar-masuk barang, tetapi juga dapat dimanfaatkan untuk menganalisis pola pembelian konsumen, mengklasifikasikan produk, serta mendukung strategi pemasaran seperti bundling dan pemberian diskon (Namun, tanpa adanya pengolahan data yang tepat, data transaksi hanya akan menjadi arsip yang belum memberikan manfaat maksimal bagi pengembangan bisnis.

Pada tingkat nasional, Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) memiliki peran yang sangat penting dalam perekonomian Indonesia. UMKM berkontribusi signifikan terhadap penyerapan tenaga kerja dan pertumbuhan ekonomi nasional. Di tengah persaingan bisnis yang semakin ketat, pelaku UMKM dituntut untuk mampu mengelola sumber daya secara lebih efektif dan efisien agar dapat bertahan dan berkembang (Kusumaningrum et al., 2023). Salah satu tantangan utama yang dihadapi UMKM adalah keterbatasan dalam memanfaatkan data penjualan sebagai dasar pengambilan keputusan bisnis.

Data penjualan yang dihasilkan dari aktivitas transaksi UMKM sebenarnya menyimpan potensi besar untuk dianalisis lebih lanjut. Melalui pengolahan data yang tepat, pelaku usaha dapat memperoleh informasi mengenai kecenderungan pembelian konsumen, produk yang sering dibeli secara bersamaan, serta pola penjualan yang dapat digunakan sebagai dasar dalam menyusun strategi pemasaran dan pengendalian persediaan barang

(Bulu et al., 2024). Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk menggali informasi tersebut adalah data mining, yaitu proses penggalian pengetahuan dari kumpulan data dalam jumlah besar.

Salah satu teknik dalam data mining yang banyak digunakan untuk analisis pola pembelian adalah algoritma Apriori. Algoritma Apriori berfungsi untuk menemukan hubungan atau korelasi antar item dalam data transaksi, sehingga mampu mengidentifikasi item-item yang sering dibeli secara bersamaan (Jessfry & Siddik, 2024). Algoritma ini menghasilkan association rule yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung pengambilan keputusan, seperti penentuan strategi bundling produk, penataan barang, serta rekomendasi produk tambahan berdasarkan pola pembelian sebelumnya (Studi dkk., 1957).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa algoritma Apriori efektif dalam menganalisis pola penjualan. Prasista et al. (2024) menyatakan bahwa algoritma Apriori mampu menghasilkan aturan asosiasi dengan tingkat kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan metode lain pada kasus tertentu. Selain itu, penelitian oleh Bulu et al. (2024) membuktikan bahwa algoritma Apriori dapat digunakan untuk mengidentifikasi produk yang paling sering terjual berdasarkan nilai support dan confidence tertentu. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada proses analisis data secara terpisah dan belum sepenuhnya diintegrasikan ke dalam sistem operasional berbasis web yang dapat digunakan secara langsung dan berkelanjutan oleh pelaku UMKM. Di sisi lain, penelitian mengenai sistem persediaan berbasis website pada UMKM umumnya hanya menitikberatkan pada pencatatan transaksi dan manajemen stok tanpa dilengkapi dengan fitur analitik data mining untuk mengidentifikasi pola pembelian konsumen secara otomatis (Marli'aini & Anggoro, 2024). Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan antara pengembangan metode analisis pola penjualan dengan penerapannya dalam sistem yang praktis dan aplikatif, khususnya pada UMKM di tingkat desa wisata seperti Desa Wisata Sait Buttu Saribu.

Pada tingkat lokal, Desa Wisata Sait Buttu Saribu merupakan salah satu desa wisata yang memiliki potensi besar dalam pengembangan UMKM. Hingga saat ini, desa tersebut telah menaungi 57 UMKM aktif dengan beragam produk yang dipasarkan kepada

wisatawan. Aktivitas penjualan yang berlangsung secara terus-menerus menghasilkan data transaksi yang cukup banyak. Namun, dalam praktiknya, data penjualan tersebut belum dimanfaatkan secara optimal untuk menganalisis pola pembelian konsumen dan mendukung pengambilan keputusan bisnis.

Pengelolaan data penjualan di UMKM Desa Wisata Sait Buttu Saribu masih terbatas pada pencatatan transaksi dan penyajian laporan sederhana. Sistem yang ada belum menyediakan analisis pola penjualan yang dapat membantu pelaku UMKM dalam mengendalikan persediaan barang, menyusun strategi pemasaran, atau meningkatkan efektivitas penjualan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem persediaan berbasis website sering kali hanya berfokus pada manajemen data tanpa dilengkapi dengan analitik yang lebih mendalam, seperti analisis pola dan tren penjualan (Marli'aini & Anggoro, 2024).

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu solusi yang mampu mengolah data transaksi penjualan UMKM secara sistematis dan menghasilkan informasi yang bernilai strategis. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan algoritma Apriori untuk menganalisis pola penjualan barang dagang UMKM di Desa Wisata Sait Buttu Saribu serta membangun sistem berbasis web sebagai alat bantu pengambilan keputusan. Dengan penerapan algoritma Apriori, diharapkan UMKM dapat memperoleh informasi mengenai hubungan antar produk yang sering dibeli secara bersamaan, sehingga dapat mendukung strategi penjualan seperti bundling produk, penataan barang, dan pengendalian persediaan secara lebih efektif (Nurislah & Gustian, 2024).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengambil studi kasus di Desa Wisata Sait Buttu Saribu yang memiliki 57 pelaku UMKM dengan ratusan produk UMKM serta produk sembako merek lokal dan internasional. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan mengacu pada model pengembangan yang terdiri dari tujuh tahapan, yaitu: potensi dan masalah, pengumpulan data, desain produk, validasi desain, revisi desain, uji coba produk, dan produk akhir (Waruwu, 2024).

Metode R&D merupakan metode penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan, menghasilkan, dan menyempurnakan suatu produk melalui proses sistematis yang mencakup perancangan, pengujian, dan validasi. Dalam penelitian ini, produk yang dikembangkan berupa sistem berbasis web yang mengimplementasikan algoritma Apriori untuk analisis pola penjualan. Teknik pengumpulan data yang digunakan meliputi:

1. Observasi langsung terhadap proses pencatatan transaksi dan pengelolaan persediaan barang pada UMKM.
2. Wawancara dengan pelaku UMKM untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem dan permasalahan yang dihadapi.
3. Studi pustaka untuk memperoleh landasan teori terkait data mining, algoritma Apriori, serta pengembangan sistem berbasis web.



Gambar 1. Tahapan Metode Penelitian R&D

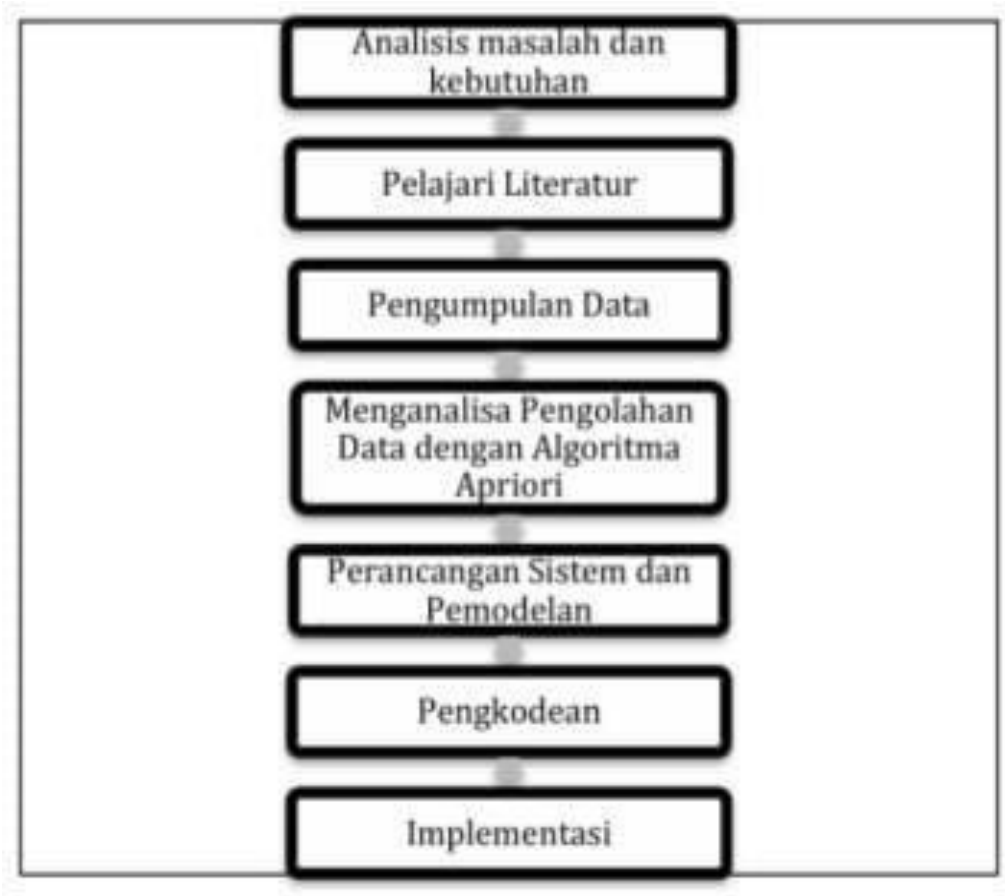
Diagram tersebut menggambarkan alur pengembangan produk atau sistem yang dilakukan secara bertahap dan sistematis, mulai dari identifikasi masalah hingga menghasilkan produk akhir yang siap digunakan.

Secara keseluruhan, diagram ini menunjukkan bahwa proses pengembangan dilakukan secara bertahap dan bersifat iteratif, terutama pada bagian validasi dan revisi, untuk memastikan produk yang dihasilkan benar-benar sesuai dengan kebutuhan dan memiliki kualitas yang baik.

Metode Pengembangan Sistem

Dalam pengembangan sistem untuk analisis pola penjualan barang UMKM pada tempat penelitian yang dipilih dengan menggunakan algoritma Apriori, metode pengembangan sistem yang dipilih adalah metode Waterfall. Metode Waterfall merupakan model klasik yang yang terorganisir, berturut dalam konstruksi perangkat lunak untuk perancangan suatu studi yang dilakukan dengan metode pengembangan software. Metode ini dipilih karena pendekatannya yang terstruktur dan sistematis, yang memungkinkan setiap tahapan pengembangan dilakukan secara berurutan (Arizka Anggraini et al. 2024).

Tahap ini merupakan tahap akhir dari seluruh rangkaian perancangan sistem. Pada tahap ini sistem yang telah diuji akan diimplementasikan langsung pada UMKM Desa Wisata Sait Buttu Saribu.



Gambar 2. Tahapan Metode Waterfall

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, penulis menuliskan langkah-langkah yang terdapat dalam metode Waterfall.

Analisis Masalah dan Kebutuhan

Tahap awal penelitian ini dilakukan dengan menganalisis permasalahan yang terjadi pada UMKM Desa Wisata Sait Buttu Saribu. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, diketahui bahwa pengolahan data penjualan masih bersifat administratif dan belum dimanfaatkan untuk analisis pola penjualan konsumen. Data transaksi hanya digunakan sebagai arsip pencatatan tanpa menghasilkan informasi strategis untuk mendukung pengambilan keputusan. Kondisi ini berdampak pada kurang optimalnya pengendalian persediaan barang, penentuan strategi penjualan, serta peluang penerapan bundling produk. Berdasarkan permasalahan tersebut, kebutuhan sistem yang diidentifikasi meliputi:

(1) sistem yang mampu menyimpan dan mengelola data produk serta transaksi penjualan UMKM, (2) sistem yang dapat melakukan analisis pola penjualan menggunakan algoritma Apriori, dan (3) sistem yang dapat menyajikan hasil analisis dalam bentuk informasi yang mudah dipahami oleh pengguna sebagai dasar pengambilan keputusan bisnis.

Studi Literatur

Tahap studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teori dan referensi yang relevan dengan penelitian. Literatur yang dipelajari meliputi konsep data mining, association rule, algoritma Apriori, sistem informasi, serta penelitian terdahulu yang membahas analisis pola penjualan. Hasil studi literatur menunjukkan bahwa algoritma Apriori efektif digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antar item dalam data transaksi penjualan dan menghasilkan aturan asosiasi berdasarkan nilai support dan confidence. Selain itu, studi literatur juga memberikan gambaran mengenai penerapan algoritma Apriori dalam sistem berbasis web sebagai alat bantu pengambilan keputusan.

Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara dengan pelaku UMKM di Desa Wisata Sait Buttu Saribu untuk mengetahui alur penjualan dan jenis produk yang dipasarkan. Data

sekunder berupa data transaksi penjualan UMKM selama periode tahun 2023–2024 yang diperoleh dari pengelola UMKM desa wisata. Berdasarkan hasil pengumpulan data, diperoleh:

- Total produk terdaftar: 250 produk
- Total transaksi periode 2023–2024: 500 transaksi

Data yang dikumpulkan kemudian diseleksi dan dipersiapkan untuk proses analisis. Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang digunakan valid, relevan, dan sesuai dengan kebutuhan sistem, sehingga dapat menghasilkan analisis pola penjualan yang akurat. Berikut adalah data produk sampel yang ada di UMKM Desa Wisata Sait Buttu Saribu, termasuk produk UMKM dan sembako merk lokal sampai internasional.

Tabel 1. Data Sampel Produk

No	Nama Produk	Stok	Harga
1	Keripik Bayam	20	Rp. 15.000
2	Eskrim Kelapa	20	Rp. 10.000
3	Sambal Dabu-dabu	20	Rp. 25.000
4	Sale Pisang	20	Rp. 20.000
5	Soto Medan Kaleng	20	Rp. 35.000
6	Bayclean Pewangi	50	Rp. 5.000
7	Royco Sapi	100	Rp. 2.000
8	Daging Ayam Frozen Utuh	5	Rp. 26.000
.....	.....	.....	.....
250	Minyak Goreng Sania	50	Rp. 14.000

Dibawah ini merupakan data sampel transaksi penjualan pada tahun 2023-2024

Tabel 2. Data Sampel Transaksi Penjualan

No	Tanggal Transaksi	Data Transaksi
1	01/01/2023	Keripik Bayam, Es Krim Kelapa, Sambal Dabu-dabu
2	02/01/2023	Keripik Bayam, Sambal Dabu-dabu
3	03/01/2023	Keripik Bayam, Sambal Dabu-dabu, Sale Pisang
4	04/01/2023	Serundeng Pedas, Kue Ketayap, Selai Durian, Soto Medan Kaleng
5	05/01/2023	Sambal Mangga, Bolu Kampung, Nastar Keju
6	06/01/2023	Kebab Frozen, Kopi Arabika, Soto Medan Kaleng
7	07/01/2023	Dodol 4 Varian, Sale Pisang, Kerupuk Udang, Kue Lapis Surabaya
8	08/01/2023	Keripik Bayam, Es Krim Kelapa
9	09/01/2023	Kue Ketayap, Sale Pisang, Selai Durian, Manisan Salak
.....	.....	.....
500		Sale Pisang, Soto Medan Kaleng

Analisis Pengolahan Data Dengan Algoritma Apriori

Pada tahap ini, data transaksi penjualan dianalisis menggunakan algoritma Apriori. Penulis mengambil data sampel dari transaksi penjualan, kemudian dilakukan penyelesaian yaitu analisa frekuensi tertinggi dan penentuan aturan asosiasi. Pada proses perhitungan manual algoritma Apriori, penulis menggunakan 10 data transaksi sebagai sampel dari total

500 transaksi periode 2023–2024. Penggunaan 10 transaksi ini bertujuan untuk mempermudah penjelasan tahapan perhitungan secara manual, sedangkan pada implementasi sistem perhitungan dilakukan menggunakan seluruh data transaksi. Penulis melakukan perubahan data item transaksi menjadi data tabular yang terdapat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3. Tabel Tabular

No	Item
1	Keripik Bayam (A1)
2	Es Krim Kelapa (A2)
3	Sambal dabu-dabu (A3)
4	Sale Pisang (A4)
5	Soto Medan Kaleng (A5)

Proses kemudian dilanjutkan dengan pembentukan kombinasi item set tunggal, dengan rumus sebagai berikut:

$$Support\ A = \frac{\text{Jumlah transaksi mengandung A}}{\text{Total Transaksi}} \text{ X } 100$$

Berdasarkan rumus tersebut, maka didapatkan item set yang terdapat di bawah ini:

Tabel 4. Item Set

No	Item	Frekuensi	Support
1	Keripik Bayam	8	80%
2	Es Krim Kelapa	2	20%
3	Sambal Dabu-dabu	8	80%
4	Sale Pisang	6	60%
5	Soto Medan Kaleng	4	40%

Dari pembentukan Item Set pada tabel diatas dengan minimum support 30%, dapat diketahui yang memenuhi standar minimum support yaitu Keripik Bayam, Sambal Dabu-dabu, Sale Pisang, dan Soto Medan Kaleng.

Dari hasil diatas, maka didapatkan k-item support yang memenuhi minimum support, sehingga terpilih k-itemset sebagai pola frekuensi tertinggi yang diselesaikan dengan rumus berikut:

$$\textit{Support}\ (A,B) \quad \frac{\Sigma \text{ transaksi mengandung A \& B}}{\text{Total transaksi}} \quad X\ 100$$

Dengan menggunakan rumus tersebut, diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 5. Support 2 Item set

No	*Item*	Frekuensi	*Support Count*
1	Keripik Bayam & Sambal Dabu-dabu	8	80%
2	Keripik Bayam & Sale Pisang	4	40%
3	Keripik Bayam & Soto Medan Kaleng	2	20%
4	Sambal Dabu-dabu & Sale Pisang	4	40%
5	Sale Pisang & Soto Medan Kaleng	4	40%
6	Sambal Dabu-dabu & Soto Medan Kaleng	2	20%

Dari proses pembentukan 2 Item set pada tabel diatas, dengan minimum support 30% dapat diketahui yang memenuhi standar minimum support yaitu pada Item Set (Keripik Bayam & Sambal Dabu-dabu), (Keripik Bayam & Sale Pisang), (Sambal Dabu-dabu & Sale Pisang), serta (Sale Pisang & Soto Medan Kaleng).

Setelah pola frekuensi tinggi ditemukan, barulah dicari aturan asosiasi yang emenuhi syarat minimum untuk confidence dengan menghitung confidence aturan asosiatif A->B. Minimum Confidence = 60%. Nilai confidance diselesaikan dengan rumus berikut ini :

$$\textit{Confidence}\ (A,B) \quad \frac{\Sigma \text{ transaksi mengandung A \& B}}{\Sigma \text{ transaksi mengandung A}} \quad X\ 100$$

Tabel 6. Nilai Confidence

No	Pola Kombinasi 2 *Item Set*	Frekuensi	*Confidence*	Support
1	Keripik Bayam & Sambal Dabu-dabu	8	100%	80%
2	Keripik Bayam & Sale Pisang	4	50%	40%
3	Keripik Bayam & Soto Medan Kaleng	2	25%	20%
4	Sambal Dabu-dabu & Sale Pisang	4	50%	40%
5	Sambal Dabu-dabu & Soto Medan Kaleng	2	25%	20%
6	Sale Pisang & Soto Medan Kaleng	4	66,6%	40%

Dari proses diatas, selanjutnya nilai untuk support & confidence dengan pola kombinasi 2 itemset dengan minimum support 30% dan minimum confidence 60% adalah sebagai berikut :

Tabel 7. Hasil Akhir Perhitungan

No	Pola Kombinasi 2 *Item Set*	Frekuensi	*Confidence*	Support
1	Keripik Bayam & Sambal Dabu-dabu	8	100%	80%
2	Sale Pisang & Soto Medan Kaleng	4	66,6%	40%

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, data mining Apriori yang telah ditetapkan sudah memberikan informasi mengenai pola transaksi dan mengetahui produk apa saja yang sering dibeli di UMKM Desa Wisata Sait Buttu.

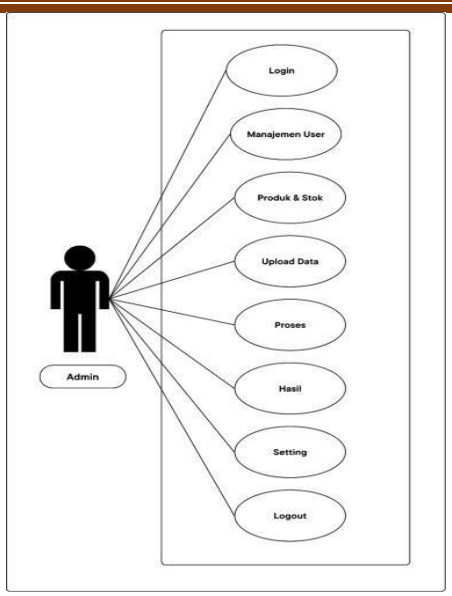
1. Keripik Bayam berasosiasi dengan Sambal Dabu-dabu, artinya jika Keripik Bayam dibeli, maka kemungkinan Sambal Dabu-dabu juga akan dibeli
2. Sale Pisang berasosiasi dengan Soto Medan Kaleng, artinya jika Sale Pisang dibeli, maka kemungkinan Sambal Dabu-dabu juga akan dibeli.

Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem dilakukan untuk menggambarkan struktur dan alur kerja sistem yang akan dibangun. Tahap ini mencakup perancangan antarmuka dan logika sistem. Dalam tahap ini, diperlukan beberapa tahapan sebelum sistem dibangun, seperti desain sistem, desain proses, desain database, dan desain interface untuk memudahkan proses perancangan.

1. Use Case Diagram

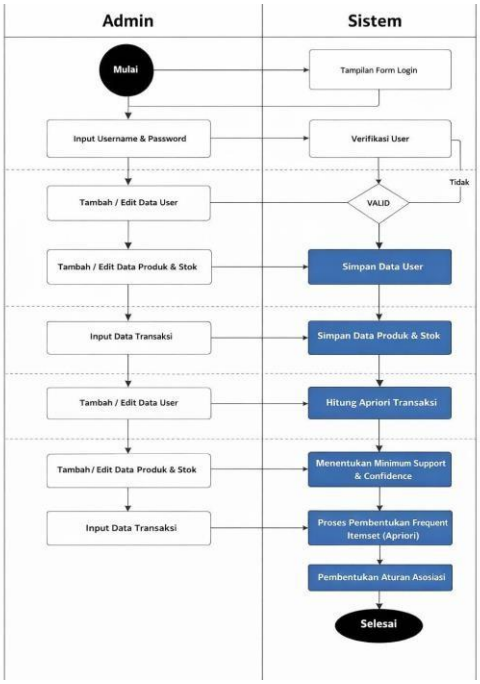
Pada desain use case diagram, sistem ini hanya memiliki 1 aktor, yakni admin. Admin dalam memproses prediksi transaksi penjualan dengan teknik data mining menggunakan metode association rule algoritma Apriori dari suatu data transaksi penjualan yang dihasilkan oleh sistem aplikasi yang digunakan.



Gambar 3. Use Case Diagram

2. Activity Diagram

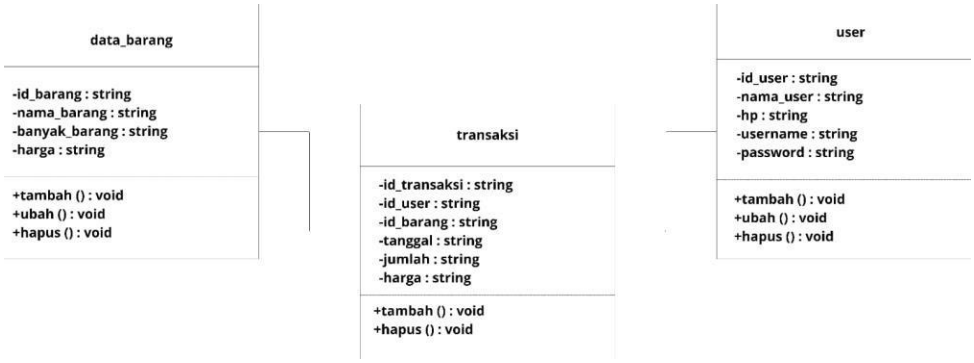
Diagram berikut menunjukkan alur dari sistem yang telah dibuat. Alur ini merupakan alur dalam proses login sampai proses data mining yang dilakukan oleh user.



Gambar 4. Activity Diagram

3. Class Diagram

Class Diagram adalah sebuah spesifikasi khusus yang jika diinstansiasi akan menghasilkan sebuah objek yang merupakan sebuah inti dari pengembangan, dan juga desain yang berorientasi pada suatu objek.

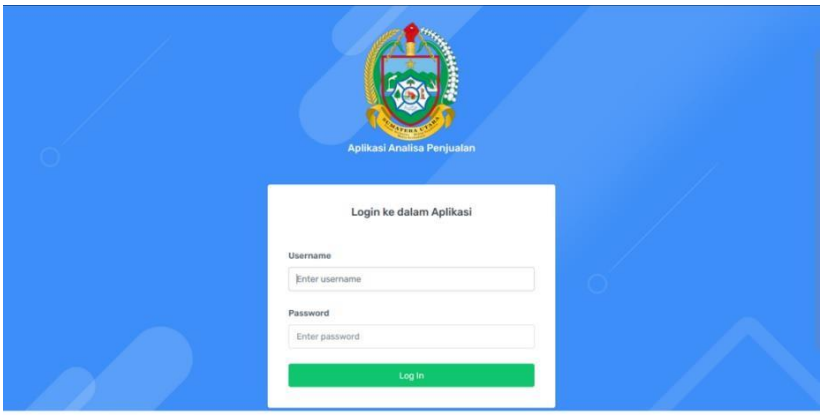


Gambar 5. Class Diagram

4. Pengkodean

Tahap pengkodean adalah proses penerjemah hasil perancangan ke dalam bahasa pemrograman. Sistem dikembangkan mengunakan bahasa pemrograman berbasis web dengan dukungan database MySQL. Pengkodean dilaksanakan secara bertahap dan terstruktur sesuai dengan sistem yang telah dibuat di tahap sebelumnya.

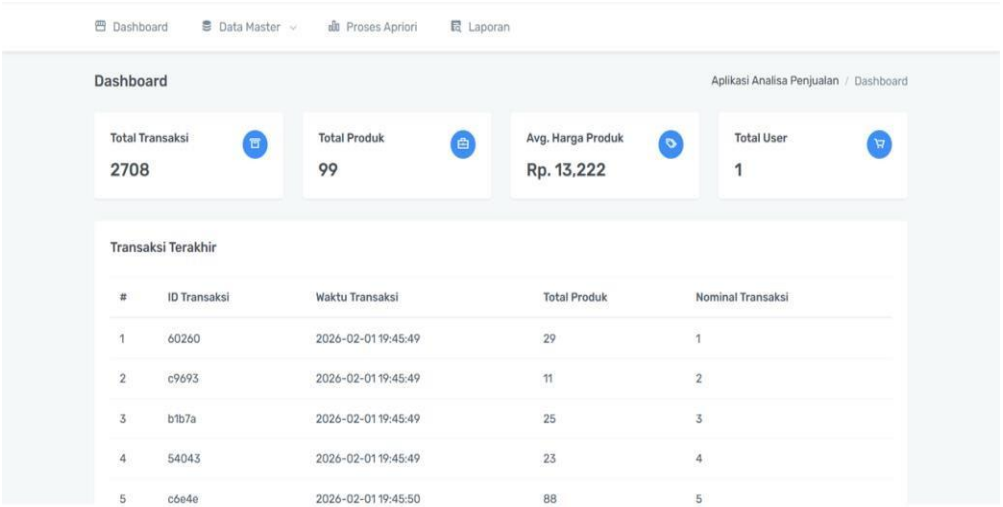
a. Tampilan Login



Gambar 6. Tampilan Login

Halaman awal ini merupakan bentuk dari halaman login yang pertama kali admin lihat saat membuka website tersebut

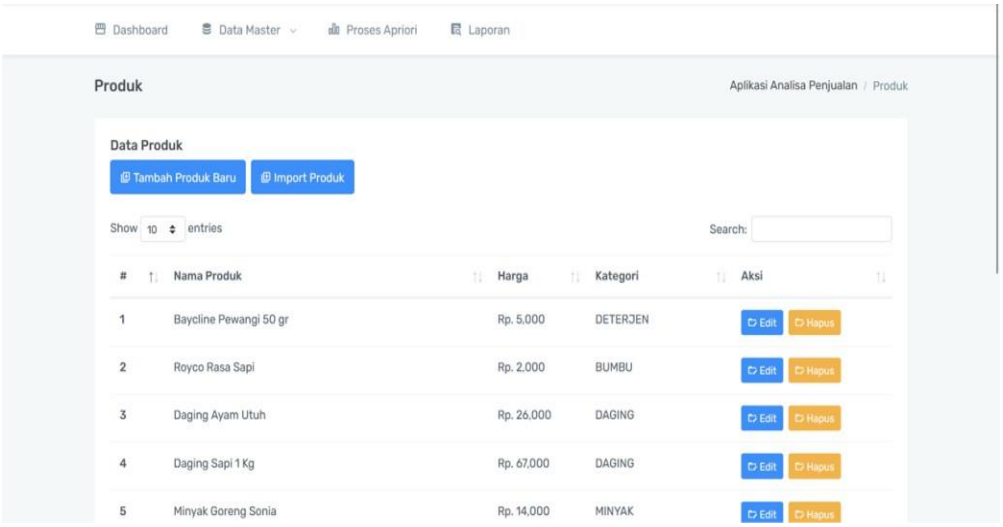
b. Tampilan Dashboard



Gambar 7. Tampilan Dashboard

Dashboard merupakan bentuk dari halaman pertama setelah berhasil melakukan login pada aplikasi.

c. Tampilan Data Produk



Gambar 8. Tampilan Data Produk

Halaman ini memuat informasi tentang data produk yang telah terdapat dalam database. Pada tampilan ini, admin dapat menginput, mengubah, dan menghapus data yang telah ada.

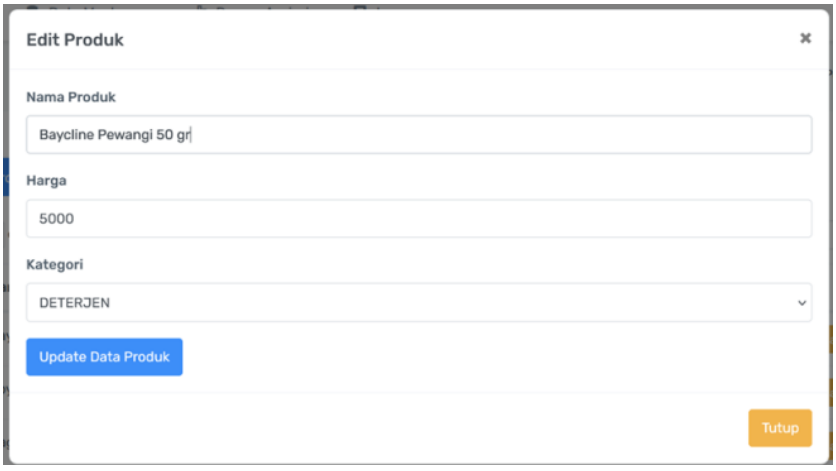
d. Tampilan Tambah Produk



Gambar 9. Tampilan Tambah Produk

Pada tampilan ini, admin dapat menambah data produk UMKM maupun produk sembako merk lokal dan internasional yang ingin ditambahkan, yang kemudian data yang di input akan masuk ke dalam sistem database dan akan ditampilakan dalam halaman produk.

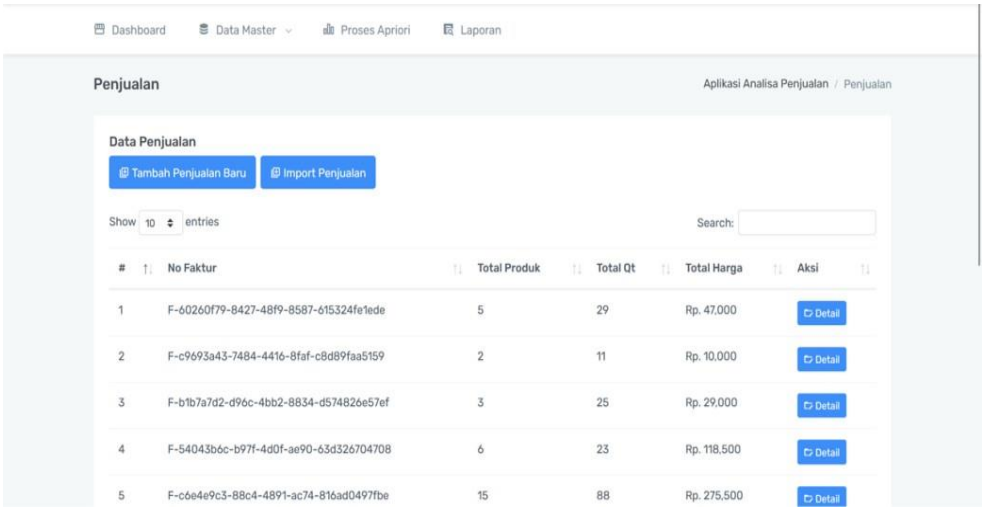
e. Tampilan Edit Produk



Gambar 10. Tampilan Edit Produk

Pada tampilan ini, admin dapat mengubah data produk yang salah input, kemudian data yang di ubah akan otomatis akan masuk k dalam databae sistem dan data akan ditampilkan pada halaman produk.

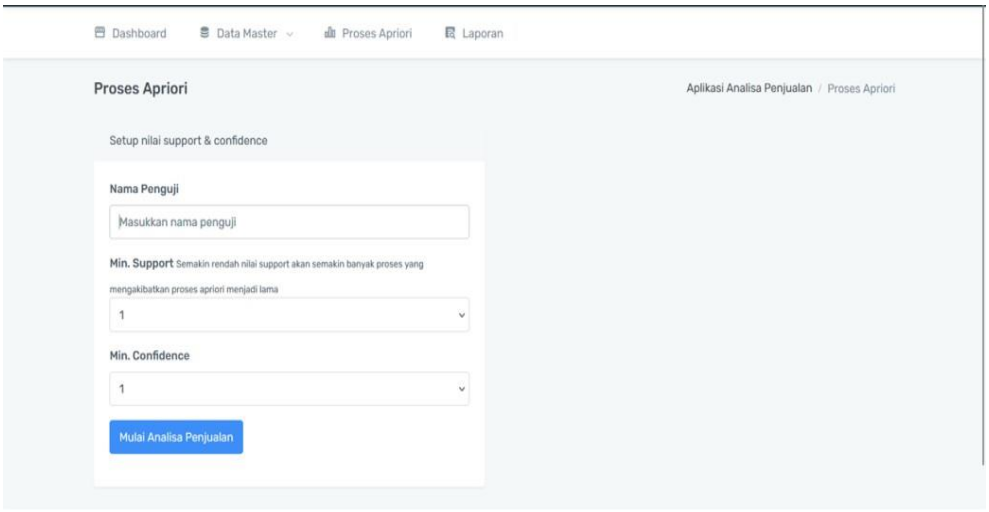
f. Tampilan Data Penjualan



Gambar 11. Tampilan Data Penjualan

Halaman ini adalah halaman dimana admin akan meng-upload data transaksi penjuakan sebelum datanya diuji untuk melihat ata produk apa saja yang paling laku terjual.

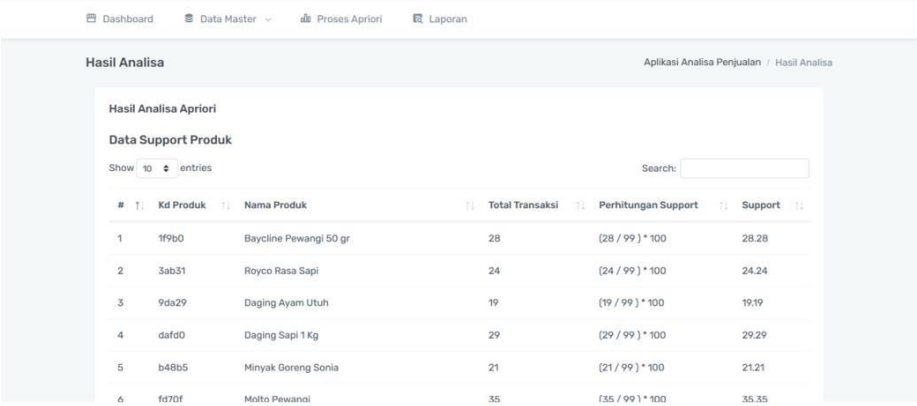
g. Tampilan Proses Apriori



Gambar 12. Tampilan Proses Apriori

Pada halaman ini, admin dapat memasukkan tanggal mulai transaksi sampai tanggal selesai transaksi untuk menguji data. Kemudian admin emasukkan min support dan min confidence untuk memproses perhitungan data mining apriori.

h. Tampilan Hasil Perhitungan Apriori



Gambar 13. Tampilan Hasil Analisa Apriori

Ini merupakan halaman yang memuat informasi tentang data pengujian Apriori. Pada halaman ini dijelaskan bagaimana analisis perhitungan data mining Apriori tersebut.

5. Implementasi

Tahap implementasi dilakukan dengan menerapkan hasil perancangan ke dalam sistem berbasis web yang digunakan oleh UMKM Desa Wisata Sait Buttu Saribu. Sistem ini dirancang untuk mengelola data produk, mencatat transaksi penjualan, serta melakukan analisis pola pembelian menggunakan algoritma Apriori. Sistem memiliki beberapa fitur utama, yaitu:

- Menu Data Produk, untuk menambah, mengubah, dan menghapus data produk.
- Menu Data Transaksi, untuk mencatat transaksi penjualan harian.
- Menu Proses Apriori, untuk menentukan nilai minimum support (30%) dan minimum confidence (60%) serta menjalankan proses perhitungan otomatis.
- Menu Hasil Analisis, untuk menampilkan aturan asosiasi yang memenuhi parameter yang telah ditentukan.

Algoritma Apriori diimplementasikan secara otomatis dalam sistem dengan menghitung nilai support dan confidence berdasarkan seluruh data transaksi periode 2023–2024. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan aturan asosiasi

yang relevan dan dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan strategi penjualan dan pengendalian persediaan.

6. Implementasi Pengujian Sistem

Tahap pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem berbasis web yang dibangun dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan pada tahap analisis. Pengujian dilakukan menggunakan metode Black Box Testing, yaitu pengujian yang berfokus pada fungsi sistem tanpa melihat struktur kode program. Pengujian dilakukan pada beberapa fitur utama sistem, yaitu:

1. Login Admin
2. Input Data Produk
3. Inpit Data Transaksi
4. Proses Perhitungan Apriori
5. Menampilkan HasilAssociation Rule

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Sistem mampu:

1. Menyimpan data produk dan transaksi dengan benar
2. Menghitung nilai support dan confidence secara otomatis
3. Menampilkan aturan asosiasi sesuai parameter minimum support (30%) dan minimum confidence (60%)

Dengan demikian, secara fungsional sistem dinyatakan berjalan dengan baik.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan algoritma Apriori pada sistem informasi penjualan UMKM di Desa Wisata Sait Buttu Saribu mampu mengolah data transaksi menjadi informasi yang bernilai melalui pembentukan aturan asosiasi berdasarkan nilai support dan confidence. Sistem yang dibangun tidak hanya berfungsi sebagai alat pencatatan transaksi, tetapi juga membantu mengidentifikasi pola pembelian konsumen yang dapat

dimanfaatkan untuk strategi bundling, penataan barang, dan pengendalian persediaan secara lebih efektif.

Sistem berbasis web yang dikembangkan telah berhasil diimplementasikan dan dapat digunakan oleh pelaku UMKM untuk mengelola data produk dan transaksi serta melihat hasil analisis secara langsung, sehingga mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan pada penggunaan data periode 2023–2024 dan belum membandingkan algoritma Apriori dengan metode lain. Ke depan, sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur visualisasi dashboard, integrasi data secara real-time, serta penerapan algoritma pembanding untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi analisis.

REFERENSI

Amanda, S. M. A. A. I., Setiawan, D., & … (2023). Penerapan algoritma Apriori dalam menganalisis pola minat beli konsumen di coffee shop. *JEKIN: Jurnal Teknik …*. https://mail.rumahjurnal.or.id/index.php/JEKIN/article/view/483

Andreyanto, N., Putra, R. A., & Hidayat, T. (2023). Pengaruh pemanfaatan teknologi informasi terhadap pengambilan keputusan bisnis. *Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, 7*(1), 12–20.

Bulu, A. S., Sitanggang, R., & Simarmata, J. (2024). Penerapan algoritma Apriori untuk analisis pola penjualan pada sistem persediaan barang. *Jurnal Teknologi Informasi dan Sistem Informasi, 6*(1), 45–54.

Chen, R. (2023). The application of data mining in data analysis. *... on Mathematics, Modeling, and Computer Science …*. https://doi.org/10.1117/12.2670423.short

Dongga, J., Koru, N., & Lante, G. (2023). Implementasi data mining menggunakan algoritma Apriori dalam menentukan persediaan barang (Studi kasus: Toko Swapen Jaya Manokwari). *G-Tech: Jurnal …*. https://ejournal.uniramalang.ac.id/g-tech/article/view/1938

Durugkar, S. R., Raja, R., Nagwanshi, K. K., & … (2022). Introduction to data mining. *Data Mining and …*. https://doi.org/10.1002/9781119792529.ch1

Hibnastiar, N. A., Setiawan, A. F., & … (2025). Penerapan algoritma Apriori dalam menentukan rekomendasi paket produk: Implementation of Apriori algorithm for product bundle recommendations. *…: Indonesian Journal of …*. https://www.journal.irpi.or.id/index.php/malcom/article/view/1782

Jessfry, J., & Siddik, M. (2024). Analisis pola pembelian konsumen menggunakan algoritma Apriori berbasis web. *Jurnal Informatika dan Komputer, 8*(2), 101–110.

Kusumaningrum, D., Prasetyo, A., & Rahmawati, N. (2023). Pemanfaatan sistem informasi dalam meningkatkan kinerja UMKM di Indonesia. *Jurnal Manajemen dan Bisnis, 10*(3), 215–223.

Marli'aini, S., & Anggoro, D. A. (2024). Sistem persediaan barang berbasis website pada UMKM. *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi, 5*(2), 89–97.

Nurislah, E., & Gustian, D. (2024). Penerapan data mining dalam pengambilan keputusan penjualan UMKM. *Jurnal Informatika Terapan, 9*(1), 33–41.

Parinduri, R. D., Defit, S., & Nurcahyo, G. W. (2024). Implementasi algoritma Apriori dalam data mining untuk optimalisasi stok obat di apotik. *Jurnal KomtekInfo*. https://jkomtekinfo.org/ojs/index.php/komtekinfo/article/view/544

Perdana, R., & Meri, R. (2023). Implementasi data mining pada penjualan seprai menggunakan algoritma Apriori. *JOISIE (Journal of Information …)*. https://www.ejournal.pelitaindonesia.ac.id/ojs32/index.php/JOISIE/article/view/2958

Prasista, I. M., Putri, A. A., & Kurniawan, D. (2024). Perbandingan algoritma Apriori dan FP-Growth dalam analisis data transaksi penjualan. *Jurnal Teknologi dan Informasi, 11*(1), 56–65.

Rachmawati, D., Cahyana, Y., Awal, E. E., & … (2024). Perbandingan algoritma Apriori dan algoritma FP-Growth dalam menentukan pola penjualan pupuk. *Jurnal RESISTOR …*. http://ejournal.instiki.ac.id/index.php/jurnalresistor/article/view/1527

Rosmayati, I., Wahyuningsih, W., Harahap, E. F., & … (2023). Implementasi data mining pada penjualan kopi menggunakan algoritma Apriori. *Jurnal Algoritma*. https://sttgarut.ac.id/jurnal/index.php/algoritma/article/view/1259

East Java Inflation Prediction Based on Exchange Rates and International Trade Using the ARIMAX Approach

Zahrotun Nafisah[1)*)], Rizky Aditya Nugroho[2)], Awang Andhyka[3)]

[1)2)3)]Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo
***)Correspondence author:** Zahrotun Nafisah, 21422008.student@unusida.ac.id, Sidoarjo, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3287

Abstract

East Java's macroeconomic stability is vulnerable to external shocks, particularly imported inflation, which impacts domestic price formation. This study aims to develop an inflation forecasting model using the AutoRegressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables (ARIMAX) approach as an Early Warning System instrument for regional policymakers. This study uses monthly time series data for the 2015–2024 period. Exogenous variable selection was conducted through the Granger Causality Test, which showed that only import volume had a significant effect on inflation, while exchange rates and exports were insignificant. The estimation results show that the ARIMAX(1,0,1) model is the best model with a forecasting accuracy level based on the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) value of 10.40%, which is categorized as good. East Java's inflation projection for the 2025–2029 period shows an increasing trend from 1.99% to 3.28%, indicating the need for vigilance for policymakers in strengthening import supply chain management to mitigate the risk of future price pressures. Based on the theoretical and empirical review, this study hypothesizes that the exchange rate and international trade indicators have a significant predictive relationship with the inflation rate in East Java Province. This study aims to develop an inflation forecasting model for East Java using the ARIMAX approach, considering the exchange rate and international trade variables as candidate exogenous variables.

Keywords: *Inflation, ARIMAX, Forecasting, Import, East Java*

Abstrak

Stabilitas makroekonomi Jawa Timur rentan terhadap guncangan eksternal, khususnya fenomena imported inflation yang memengaruhi pembentukan harga domestik. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model peramalan inflasi menggunakan pendekatan AutoRegressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables (ARIMAX) sebagai instrumen Sistem Peringatan Dini bagi pengambil kebijakan daerah. Penelitian ini menggunakan data deret waktu bulanan periode 2015–2024. Seleksi variabel eksogen dilakukan melalui Uji Kausalitas Granger, yang menunjukkan bahwa hanya volume impor memiliki pengaruh signifikan terhadap inflasi, sementara nilai tukar dan ekspor tidak signifikan. Hasil estimasi menunjukkan bahwa model ARIMAX(1,0,1) merupakan model terbaik dengan tingkat akurasi peramalan berdasarkan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 10,40%, yang dikategorikan baik. Proyeksi inflasi Jawa Timur untuk periode 2025–2029 menunjukkan tren peningkatan dari 1,99% menjadi 3,28%, yang mengindikasikan perlunya kewaspadaan bagi pemangku kebijakan dalam memperkuat manajemen rantai pasok impor guna memitigasi risiko tekanan harga di masa mendatang. Berdasarkan tinjauan teoretis dan empiris tersebut, penelitian ini mengajukan hipotesis bahwa nilai tukar serta indikator perdagangan internasional memiliki hubungan prediktif yang signifikan terhadap tingkat inflasi di Provinsi Jawa Timur. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model peramalan inflasi Jawa Timur menggunakan pendekatan ARIMAX dengan mempertimbangkan nilai tukar dan variabel perdagangan internasional sebagai kandidat variabel eksogen.

Kata Kunci : Inflasi, ARIMAX, Peramalan, Impor, Jawa Timur

PENDAHULUAN

Stabilitas makroekonomi yang tercermin dari tingkat inflasi yang terkendali merupakan prasyarat fundamental bagi pertumbuhan ekonomi nasional yang berkelanjutan di tingkat regional (Wulandari dkk., 2023). Inflasi yang berfluktuasi dapat mendistorsi keputusan investasi, menurunkan daya beli masyarakat, serta meningkatkan ketidakpastian dalam perencanaan pembangunan daerah (Sekarsari dkk., 2024). Oleh karena itu, dalam konteks perumusan kebijakan ekonomi, akurasi peramalan (forecasting) menjadi instrumen penting bagi pemerintah daerah dan otoritas terkait untuk menyusun kebijakan yang bersifat antisipatif (forward-looking) (Putri & Zilrahmi, 2025). Peramalan inflasi menjadi semakin kompleks karena dinamika harga tidak hanya dipengaruhi oleh faktor internal, seperti permintaan agregat dan distribusi, tetapi juga oleh guncangan eksternal akibat keterbukaan ekonomi suatu wilayah (Rahmatin & Hutabarat, 2025).

Dalam literatur ekonomi internasional, transmisi tekanan harga dari pasar global ke pasar domestik dikenal sebagai imported inflation. Fenomena ini umumnya terjadi melalui dua kanal utama, yaitu perdagangan internasional dan nilai tukar (Wati dkk., 2025). Keterbukaan perdagangan meningkatkan keterkaitan antara harga global dan harga domestik, sehingga fluktuasi aktivitas ekspor dan impor berpotensi memengaruhi stabilitas harga di dalam negeri (Pratama dkk., 2025). Salah satu studi empiris menunjukkan bahwa perubahan volume perdagangan internasional dapat memengaruhi indeks harga produsen yang selanjutnya diteruskan ke tingkat konsumen akhir. Selain itu, peningkatan aktivitas ekspor juga berpotensi menekan ketersediaan barang di pasar domestik, yang pada akhirnya dapat mendorong kenaikan inflasi (Kurniawan & Kadir, 2023).

Selain perdagangan internasional, nilai tukar merupakan kanal transmisi eksternal yang memiliki peran penting dalam dinamika inflasi. Fluktuasi nilai tukar memengaruhi harga barang impor dan biaya input produksi melalui mekanisme exchange rate pass-through, di mana depresiasi mata uang domestik cenderung meningkatkan harga barang impor dan memicu tekanan inflasi (Novianda, 2025). Penelitian sebelumnya menunjukkan

bahwa nilai tukar memiliki hubungan yang signifikan terhadap inflasi, meskipun besarnya pengaruh dapat berbeda antarwilayah dan periode waktu (Jarot dkk., 2021). Oleh karena itu, nilai tukar sering dipertimbangkan sebagai variabel kandidat dalam model peramalan inflasi berbasis pendekatan multivariat.

Provinsi Jawa Timur sebagai salah satu pusat industri dan perdagangan utama di Indonesia memiliki karakteristik perekonomian yang relatif terbuka terhadap aktivitas perdagangan internasional. Struktur ekonomi Jawa Timur yang didominasi oleh sektor industri pengolahan menyebabkan ketergantungan yang cukup tinggi terhadap bahan baku impor, sekaligus menjadikan wilayah ini sensitif terhadap perubahan arus ekspor dan fluktuasi nilai tukar (Junari dkk., 2020). Studi terdahulu oleh Monica dkk. (2022) memodelkan inflasi di beberapa wilayah Jawa Timur dengan mempertimbangkan variasi kalender, namun belum secara eksplisit mengintegrasikan variabel perdagangan internasional dan nilai tukar sebagai faktor penjelas utama. Sementara itu, Novianda (2025) lebih menekankan peran komoditas pangan dalam peramalan harga, tetapi kurang mengeksplorasi pengaruh supply shock eksternal yang bersumber dari aktivitas perdagangan internasional. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian terkait pemodelan inflasi regional yang mempertimbangkan keterkaitan ekonomi global secara lebih komprehensif.

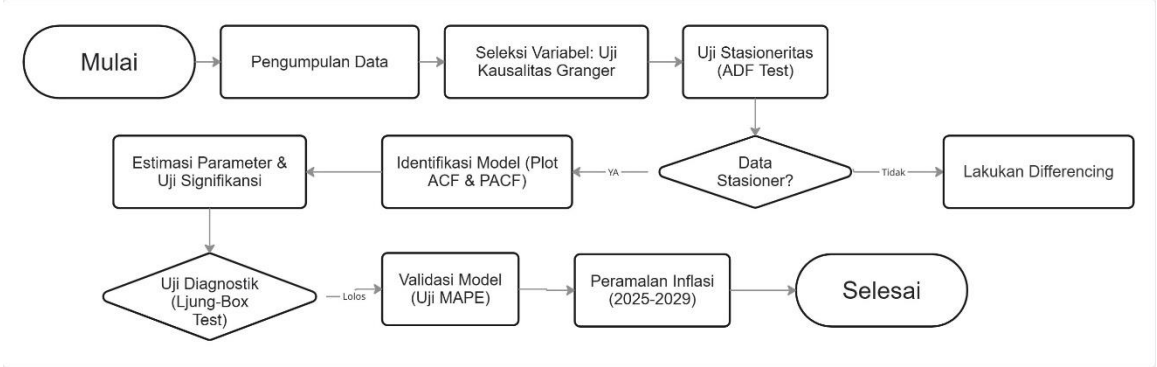
Secara metodologis, metode AutoRegressive Integrated Moving Average (ARIMA) telah banyak digunakan dalam peramalan data deret waktu karena kemampuannya dalam menangkap pola historis secara linear (Saputra & Febrianti, 2025). Namun, sebagai model univariat, ARIMA memiliki keterbatasan karena hanya mengandalkan informasi masa lalu dari variabel inflasi itu sendiri dan mengabaikan pengaruh variabel eksternal (Vernando dkk., 2025). Pengembangan model AutoRegressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables (ARIMAX) memungkinkan integrasi variabel eksternal seperti nilai tukar dan indikator perdagangan internasional untuk meningkatkan presisi peramalan (Susila, 2020). Penelitian oleh Newing dkk., (2025) menunjukkan bahwa model ARIMAX menghasilkan tingkat kesalahan peramalan yang lebih rendah dibandingkan model univariat, khususnya dalam kondisi ekonomi yang dipengaruhi oleh guncangan eksternal.

Berdasarkan tinjauan teoretis dan empiris tersebut, penelitian ini mengajukan hipotesis bahwa nilai tukar serta indikator perdagangan internasional memiliki hubungan prediktif yang signifikan terhadap tingkat inflasi di Provinsi Jawa Timur. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model peramalan inflasi Jawa Timur menggunakan pendekatan ARIMAX dengan mempertimbangkan nilai tukar dan variabel perdagangan internasional sebagai kandidat variabel eksogen. Selain menguji kinerja dan akurasi model, penelitian ini juga bertujuan memanfaatkan hasil peramalan periode 2025–2029 sebagai Sistem Peringatan Dini (Early Warning System) bagi Tim Pengendalian Inflasi Daerah (TPID), sehingga dapat mendukung pengambilan kebijakan pengendalian inflasi yang lebih preventif dan berbasis data.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode peramalan deret waktu menggunakan AutoRegressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables (ARIMAX). Metode ARIMAX mengikuti kerangka Box–Jenkins yang terdiri atas tiga tahapan utama, yaitu tahap identifikasi model, tahap estimasi dan pengujian parameter, serta tahap pemeriksaan diagnostik (Box dkk., 2016). Model ARIMAX dapat digunakan sebagai metode prediksi apabila memenuhi kriteria kelayakan statistik dan diagnostik residual. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data deret waktu bulanan selama periode Januari 2015 hingga Desember 2024 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS), dengan jumlah observasi sebanyak 120 data (N = 120).

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah tingkat inflasi Provinsi Jawa Timur (Y), sedangkan variabel independen meliputi volume impor (X_1), volume ekspor (X2) dan nilai tukar USD/IDR (X3). Seluruh proses pengolahan dan analisis data dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python pada platform Google Colab. Berikut ini adalah tahapan metode ARIMAX, sebagaimana pada Gambar 1:



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Metode ARIMAX

Pada Gambar 1 ditunjukkan alur penelitian yang dimulai dari proses pengumpulan data, seleksi variabel menggunakan uji kausalitas Granger, pengujian stasioneritas, identifikasi model ARIMAX, estimasi dan pengujian parameter, pemeriksaan diagnostik, hingga tahap peramalan inflasi. Diagram ini menggambarkan bahwa proses pemodelan bersifat iteratif, khususnya pada tahap stasioneritas dan identifikasi model.

Tahap Identifikasi Model

Pada tahap identifikasi model bertujuan untuk mendeteksi permasalahan stasioneritas data dan hubungan kausalitas antar variabel. Karena ARIMAX melibatkan variabel eksogen, terlebih dahulu dilakukan Uji Kausalitas Granger untuk menyeleksi variabel independen (Impor, Ekspor, dan Kurs) yang memiliki pengaruh signifikan terhadap inflasi. Penentuan panjang lag (jeda waktu) optimal pada Uji Kausalitas Granger tidak dilakukan secara acak, melainkan didasarkan pada evaluasi kriteria informasi (Information Criteria). Lag optimal dipilih berdasarkan nilai Schwarz Information Criterion (SIC) atau Bayesian Information Criterion (BIC) terkecil untuk mendapatkan model yang paling efisien dan parsimoni.

Selanjutnya dilakukan uji stasioneritas. Jika hasil yang diperoleh tidak stasioner, maka bisa dilakukan proses diferensiasi (differencing) untuk mendapatkan data stasioner. Disini dapat dicari kombinasi suatu model dari komponen ARIMA yang ada dari plot autokorelasi tertentu. Misalkan plot autokorelasi menentukan ordo MA(q) dan dari plot autokorelasi parsial menentukan ordo AR(p). Selanjutnya melakukan identifikasi model melalui fungsi autocorrelation (ACF) dan fungsi autokorelasi parsial (PACF). Karena data

dalam penggunaan ARIMAX merupakan data time series maka sangat berkorelasi dengan autocorrelation. Berikut ini tahapan penggunaan model, dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Tahap Penggunaan Model ARIMA/ARIMAX

Tipe Model	Pola ACF	Pola PACF
AR (p)	Berkurang secara eksponensial ke arah nol (tails off)	Penting pada semua lag p (cut off)
MA (q)	Penting pada semua lag q (cut off)	Berkurang secara eksponensial ke arah nol (tails off)
ARMA (p, q)	Berkurang secara eksponensial ke arah nol	Berkurang secara eksponensial ke arah nol
ARIMA (p, d, q)	Berkurang secara eksponensial menuju nol dengan pembedaan	Berkurang secara eksponensial menuju nol dengan pembedaan

Tabel 1 menjelaskan karakteristik pola ACF dan PACF yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan orde autoregressive (p) dan moving average (q) pada model ARIMA maupun ARIMAX.

Syarat utama pada model AR, MA, dan ARIMAX adalah data runtun waktu harus bersifat stasioner, yaitu memiliki nilai rata-rata, varians, dan fungsi autokorelasi yang konstan terhadap waktu. Jika data belum stasioner, maka dilakukan proses diferensiasi untuk memperoleh data yang memenuhi asumsi tersebut. Proses ini dapat dilakukan secara berulang hingga data benar-benar stasioner.

Tahap Pengukuran dan Pengujian

Pada tahap ini, ada langkah fundamental untuk mendapatkan estimasi parameter model, baik koefisien ARIMA (p,q) maupun koefisien variabel eksogen (β). Secara matematis, model ARIMAX(1,0,1) yang diestimasi dalam penelitian ini dapat dinyatakan dalam persamaan (1):

$$\mathbf{Y_t = \mu + \phi_1 Y_{t-1} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \beta_1 X_t + \varepsilon_t} \quad \mathbf{(1)}$$

Keterangan:

Y_t : Tingkat Inflasi Jawa Timur pada periode t.

μ : Konstanta (Intercept).

ϕ_1 : Koefisien Autoregressive (AR) orde 1.

θ_1 : Koefisien Moving Average (MA) orde 1.

β_1 : Koefisien variabel eksogen volume impor.

X_t : Nilai hasil diferensiasi tingkat pertama dari logaritma natural volume impor pada periode t.

ε_t : Nilai kesalahan (residual)

Langkah selanjutnya yaitu sebagai berikut:

a. Dengan langkah uji coba dan estimasi parameter, uji beberapa nilai yang berbeda dan pilih salah satu model (atau seperangkat nilai) yang meminimalkan jumlah kuadrat dari nilai-nilai yang tersisa (sum of squared residual) dan memiliki nilai Akaike Info Criterion (AIC) terkecil
b. Memperbaiki secara iteratif untuk mendapatkan model yang paling fit dengan data historis.

Berikut ini langkah pengujian parameter:

a. Pengujian oleh masing-masing parameter model secara parsial (t-test). Hal ini dilakukan untuk melihat signifikansi pengaruh variabel eksogen (Impor/Ekspor/Kurs) dan koefisien AR/MA.
b. Pengujian kelayakan model berdasarkan kriteria statistik.

Model dapat dikatakan baik jika nilai error bersifat acak, artinya sudah tidak mempunyai pola tertentu lagi. Dengan kata lain model yang diperoleh dapat menangkap dengan baik dari pola data yang diperoleh. Untuk melihat hasil nilai error secara acak dilakukan pengujian terhadap nilai koefisien autokorelasi dari nilai error (Uji Ljung-Box).

Tahap Pemeriksaan Diagnostik

Model terbaik adalah model yang memiliki parameter signifikan secara statistik dan residual yang bersifat white noise. Pemeriksaan residual dilakukan untuk memastikan bahwa model tidak mengandung autokorelasi dan telah mampu menangkap pola utama data, yang ditunjukkan oleh hasil uji diagnostik residual. Selain itu, pemilihan model terbaik juga mempertimbangkan nilai Akaike Information Criterion (AIC) yang paling minimum serta nilai kesalahan peramalan yang relatif kecil.

Pada tahap ini dilakukan evaluasi akurasi peramalan menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) untuk menilai kemampuan prediksi model ARIMAX yang terbentuk. Perhitungan MAPE dilakukan dengan rumus berikut:

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} \left|\frac{A_t - F_t}{A_t}\right| \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

n : Jumlah data pengamatan.

At : Nilai data aktual (Actual).

Ft : Nilai hasil peramalan (Forecast).

Model dengan nilai MAPE yang relatif rendah dikategorikan memiliki kemampuan peramalan yang baik dan layak digunakan sebagai instrumen Sistem Peringatan Dini inflasi. Selain menghasilkan nilai ramalan titik (point forecast), tahapan peramalan dalam penelitian ini juga mengekstraksi nilai Interval Kepercayaan 95% (95% Confidence Interval) untuk menentukan batas bawah (lower bound) dan batas atas (upper bound) dari proyeksi inflasi. Estimasi interval ini dieksekusi secara otomatis menggunakan pustaka statistik pada bahasa pemrograman Python guna memetakan tingkat ketidakpastian (margin of error) dari model, sehingga proyeksi yang dihasilkan lebih realistis untuk digunakan sebagai dasar antisipasi kebijakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis data deret waktu menggunakan pemodelan deret waktu ARIMAX untuk menguji hubungan kausal dan melakukan peramalan inflasi, penelitian ini menghasilkan sejumlah temuan ilmiah terkait hipotesis yang diajukan.

1. Penyiapan Data

   Penelitian ini menggunakan data deret waktu bulanan periode Januari 2015 –Desember 2024. Variabel dependen yang dianalisis adalah Inflasi Indeks Harga Konsumen (IHK) Provinsi Jawa Timur, sedangkan variabel kandidat eksogen meliputi Volume Impor, Volume Ekspor, dan Nilai Tukar (Kurs) USD/IDR. Seluruh data diperoleh dari publikasi

resmi Badan Pusat Statistik (BPS) dan Bank Indonesia. Cuplikan data awal yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2, yang menunjukkan pola fluktuasi inflasi dan indikator ekonomi selama periode pengamatan.

Tabel 2. Cuplikan Data Inflasi dan Indikator Ekonomi

Periode	Inflasi (%)	Impor (Ton)	Ekspor (Ton)	Kurs (IDR)
2015-01	6.86	1.803.670	1.777.580	12.579
2015-02	6.55	1.650.400	1.690.200	12.750
...	...	...	...	...
2024-12	1.99	2.185.300	2.050.120	15.665

Pada Tabel 2 disajikan cuplikan data inflasi dan indikator ekonomi yang digunakan dalam penelitian. Tabel ini memberikan gambaran awal mengenai fluktuasi inflasi serta dinamika volume impor, ekspor, dan nilai tukar selama periode pengamatan, yang menjadi dasar dalam proses pemodelan deret waktu.

2. Seleksi Variabel Eksogen

Seleksi variabel eksogen dilakukan untuk menentukan variabel yang memiliki hubungan kausalitas terhadap inflasi. Pengujian dilakukan menggunakan Uji Kausalitas Granger dengan bantuan perangkat lunak Python. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kausalitas Granger

Variabel Kandidat → Inflasi	Lag Optimal	P-Value	Keterangan
Impor → Inflasi	1	0.0241	Signifikan
Ekspor → Inflasi	1	0.0930	Tidak signifikan
Kurs → Inflasi	3	0.0790	Tidak signifikan

Berdasarkan Tabel 3, hanya variabel Volume Impor yang menunjukkan nilai p-value < 0,05, sehingga dinyatakan menunjukkan hubungan kausalitas Granger yang signifikan terhadap inflasi. Oleh karena itu, pemodelan ARIMAX selanjutnya hanya memasukkan Volume Impor sebagai variabel eksogen, sedangkan Ekspor dan Kurs dikeluarkan dari model.

Meskipun variabel nilai tukar (kurs) menunjukkan nilai p-value yang relatif mendekati tingkat signifikansi, variabel tersebut tidak dimasukkan ke dalam model akhir karena tidak memenuhi kriteria signifikansi yang ditetapkan dalam tahap seleksi variabel serta untuk menjaga parsimoni model.

3. Identifikasi Model

a. Uji Stasioneritas

Uji stasioneritas dilakukan menggunakan Augmented Dickey-Fuller (ADF) untuk memastikan data memenuhi prasyarat model ARIMAX. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 4.

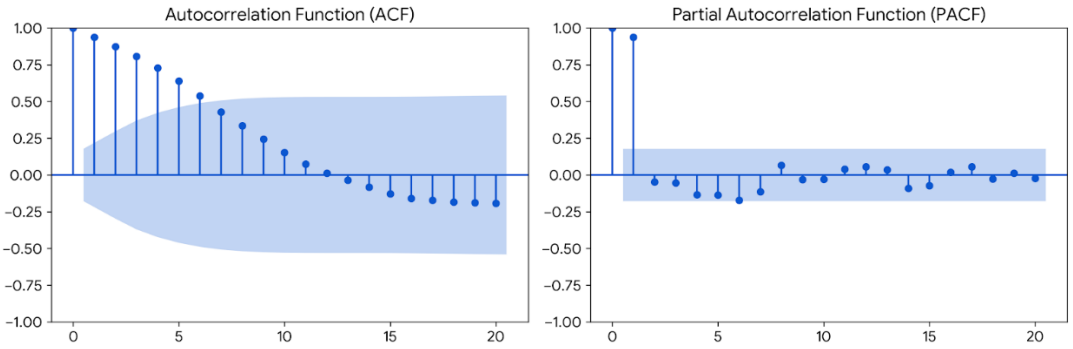
Tabel 4. Hasil Uji Stasioneritas (ADF Test)

Variabel	Tingkat Uji	P-Value	Kesimpulan
Inflasi	Level	0.0117	Stasioner
Ln(Impor)	Level	0.6385	Tidak stasioner
D(Ln(Impor))	First Difference	0.0000	Stasioner

Tabel 4 menunjukkan hasil uji stasioneritas menggunakan metode Augmented Dickey-Fuller (ADF). Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap variabel memenuhi asumsi stasioneritas yang disyaratkan dalam pemodelan ARIMAX. Hasil uji menunjukkan bahwa inflasi sudah stasioner pada level, sedangkan variabel impor memerlukan diferensiasi tingkat pertama untuk mencapai kondisi stasioner.

b. Identifikasi Orde Model

Penentuan orde AR dan MA dilakukan dengan mengamati pola Autocorrelation Function (ACF) dan Partial Autocorrelation Function (PACF).



Gambar 2. Plot ACF dan PACF Data Inflasi

Pada Gambar 2 ditampilkan plot Autocorrelation Function (ACF) dan Partial Autocorrelation Function (PACF) yang digunakan untuk mengidentifikasi struktur autoregressive dan moving average dari model. Pola signifikansi pada lag awal

mengindikasikan bahwa model ARIMAX(1,0,1) merupakan model yang sesuai untuk merepresentasikan pola data inflasi.

4. Estimasi dan Pengujian Parameter

Estimasi parameter model ARIMAX(1,0,1) dilakukan dengan memasukkan variabel Impor yang telah didiferensiasi sebagai variabel eksogen. Hasil estimasi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Estimasi Parameter Model ARIMAX(1,0,1)

Parameter	Koefisien	P-Value	Keterangan
Konstanta	0.1474	0.2921	Tidak signifikan
Impor	-0.1146	0.4814	Dipertahankan
AR(1)	0.9574	0.0000	Signifikan
MA(1)	0.1784	0.0178	Signifikan

Tabel 5 menyajikan hasil estimasi parameter model ARIMAX(1,0,1), termasuk koefisien variabel eksogen dan komponen AR dan MA. Tabel ini menunjukkan bahwa parameter AR(1) dan MA(1) signifikan secara statistik, yang menandakan bahwa dinamika inflasi sangat dipengaruhi oleh nilai inflasi masa lalu dan komponen kesalahan sebelumnya.

Meskipun koefisien variabel impor tidak signifikan secara parsial (p-value = 0,4814), variabel tersebut tetap dipertahankan dalam model karena secara teoretis volume impor memiliki keterkaitan erat dengan tekanan inflasi regional melalui kanal imported inflation. Perbedaan hasil signifikansi ini dapat dipahami secara analitis; Uji Kausalitas Granger sebelumnya menangkap efek lag (jeda waktu) dari masa lalu, sementara parameter eksogen pada ARIMAX(1,0,1) ini mengukur efek kontemporer (periode yang sama).

Hal ini sangat wajar mengingat imported inflation umumnya membutuhkan waktu transmisi (jeda) untuk merambat dari harga di tingkat importir/produsen hingga akhirnya berdampak pada harga konsumen akhir. Sebagai pembahasan kuantitatif untuk menjustifikasi hal tersebut, dilakukan perbandingan nilai Akaike Information Criterion (AIC) antara model univariat (sebelum penambahan variabel) dan model ARIMAX (sesudah penambahan variabel), sebagaimana disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Nilai AIC Model

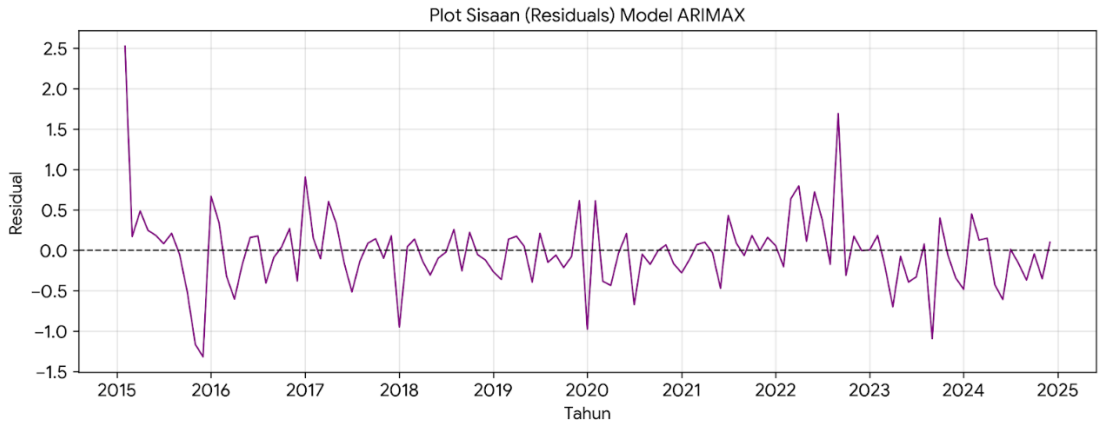
Spesifikasi Model	Variabel Eksogen	Nilai AIC	Keterangan
ARIMA(1,0,1)	Tidak ada	141,32	Model Baseline
ARIMAX(1,0,1)	Volume Impor	142,42	Model Akhir Terpilih

Berdasarkan Tabel 6, model ARIMAX(1,0,1) yang ditetapkan sebagai model akhir memiliki nilai AIC sebesar 142,42. Penambahan variabel impor menghasilkan selisih AIC yang sangat kecil (ΔAIC = 1,1) dibandingkan model univariat ARIMA(1,0,1) murni yang memiliki nilai AIC sebesar 141,32. Mengacu pada kaidah empiris (Burnham & Anderson, 2004), selisih AIC yang kurang dari 2 (ΔAIC < 2) mengindikasikan bahwa kedua model tersebut pada dasarnya memiliki dukungan statistik dan kualitas informasi yang setara. Oleh karena itu, model ARIMAX(1,0,1) dengan nilai AIC 142,42 secara sah dipertahankan sebagai model akhir guna mengakomodasi instrumen peringatan dini terhadap supply-shock eksternal.

5. Pemeriksaan Diagnostik

a. Uji White Noise (Ljung-Box)

Pemeriksaan residual dilakukan untuk memastikan bahwa residual bersifat acak (white noise).



Gambar 3. Plot Residual Model ARIMAX

Gambar 3 memperlihatkan plot residual dari model ARIMAX yang terbentuk. Visualisasi ini digunakan untuk mengevaluasi apakah residual bersifat acak dan tidak membentuk pola tertentu. Penyebaran residual di sekitar garis nol menunjukkan bahwa model telah mampu menangkap pola utama data dengan baik.

Tabel 7. Hasil Uji Ljung-Box

Lag	Statistik	P-Value	Keputusan
10	12.85	0.1672	Terima H_0

Hasil uji Ljung-Box pada Tabel 7 digunakan untuk menguji apakah residual model masih mengandung autokorelasi. Nilai probabilitas yang lebih besar dari tingkat signifikansi menunjukkan bahwa residual bersifat white noise, sehingga model dinyatakan valid secara statistik.

c. Uji Akurasi Peramalan

Akurasi peramalan dievaluasi menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebagaimana ditampilkan pada Tabel 8.

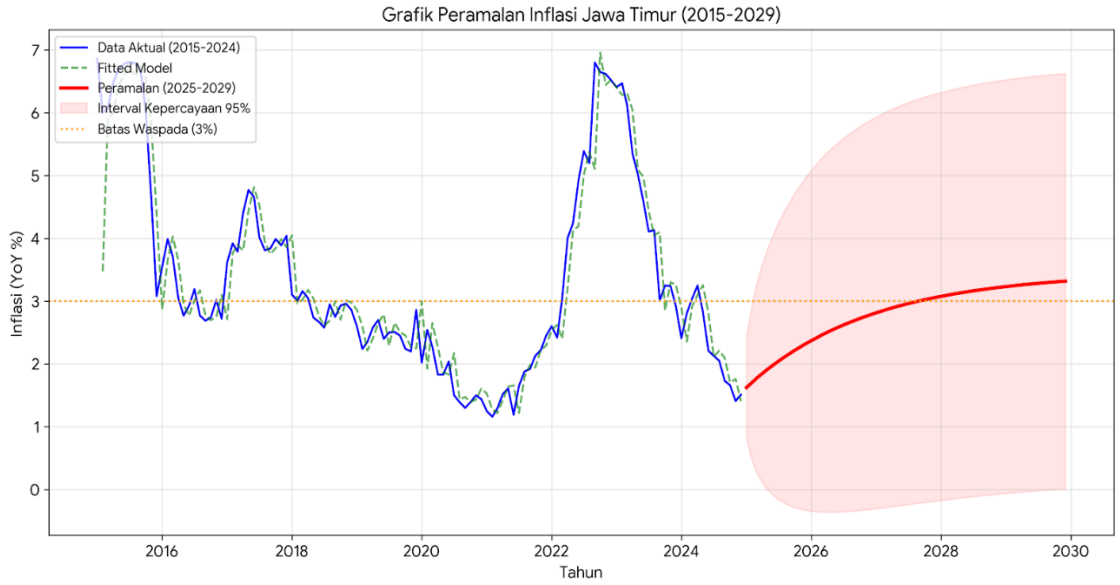
Tabel 8. Evaluasi Akurasi Model

Indikator	Nilai	Kategori
MAPE	10.40%	Baik

Tabel 8 menampilkan hasil evaluasi akurasi peramalan menggunakan indikator Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Nilai MAPE sebesar 10,40% menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesalahan peramalan yang relatif rendah dan cukup andal untuk tujuan peramalan jangka menengah.

6. Peramalan Inflasi

Model ARIMAX terbaik digunakan untuk meramalkan inflasi Jawa Timur selama periode 2025–2029.



Gambar 4. Grafik Peramalan Inflasi Jawa Timur 2025–2029

Pada Gambar 4 ditampilkan hasil peramalan inflasi Provinsi Jawa Timur untuk periode 2025 –2029 menggunakan model ARIMAX. Grafik ini memperlihatkan kecenderungan inflasi yang meningkat secara bertahap, yang dapat dijadikan sebagai dasar dalam penyusunan sistem peringatan dini inflasi. Ringkasan hasil proyeksi inflasi tahunan disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Proyeksi Inflasi Jawa Timur (2025–2029)

No	Tahun	Prediksi Inflasi (%)	Batas Bawah (95% CI)	Batas Atas (95% CI)
1.	2025	1.99	-0,00	4,00
2.	2026	2.59	-0,34	5,53
3.	2027	2.95	-0,24	6,14
4.	2028	3.15	-0,11	6,43
5.	2029	3.28	-0,02	6,58

Tabel 9 merupakan rangkuman hasil proyeksi inflasi tahunan beserta interval kepercayaannya (95% Confidence Interval). Informasi ini memberikan interpretasi praktis dari rentang pergerakan hasil peramalan, sehingga dapat dimanfaatkan oleh pengambil kebijakan (TPID) sebagai instrumen Sistem Peringatan Dini untuk menyusun strategi antisipasi terhadap potensi tekanan harga di masa mendatang.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa inflasi di Provinsi Jawa Timur menunjukkan keterkaitan dengan dinamika perdagangan internasional, khususnya volume impor, yang tercermin dari hasil uji kausalitas Granger. Temuan ini mengindikasikan adanya peran mekanisme imported inflation dalam dinamika inflasi regional, meskipun pengaruhnya tidak selalu muncul secara signifikan dalam estimasi parameter model. Sementara itu, variabel nilai tukar dan volume ekspor tidak menunjukkan hubungan kausal yang signifikan terhadap inflasi selama periode pengamatan.

Model ARIMAX(1,0,1) yang dikembangkan dalam penelitian ini terbukti memiliki kinerja peramalan yang baik dengan tingkat kesalahan yang relatif rendah (MAPE sebesar 10,40%). Hasil proyeksi sistem peringatan dini mengindikasikan adanya kecenderungan peningkatan inflasi dalam jangka menengah, dari 1,99% pada tahun 2025 hingga mencapai 3,28% pada tahun 2029, yang perlu menjadi perhatian dalam perumusan kebijakan pengendalian inflasi daerah.

Berdasarkan temuan tersebut, Tim Pengendalian Inflasi Daerah (TPID) disarankan untuk memperhatikan dinamika impor bahan baku industri sebagai salah satu indikator pendukung dalam perumusan strategi pengendalian inflasi, khususnya dalam konteks keterbukaan ekonomi regional. Selain itu, penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model dengan memasukkan variabel eksternal lain seperti harga energi global atau menerapkan pendekatan kecerdasan buatan (machine learning) guna membandingkan dan meningkatkan akurasi peramalan inflasi.

REFERENSI

Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2016). Time series analysis: Forecasting and control (Fifth edition). Wiley.

Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2004). Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection. Sociological Methods & Research, 33(2), 261–304. https://doi.org/10.1177/0049124104268644

Jarot, R. E., Pudjowati, J., & Fattah, A. (2021). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Inflasi di Jawa Timur. EkoBis: Jurnal Ekonomi & Bisnis, 1(2), 98–108. https://doi.org/10.46821/ekobis.v1i2.33

Junari, T., Rustiadi, E., & Mulatsih, S. (2020). Identifikasi Sektor Industri Pengolahan Unggulan Propinsi Jawa Timur (Analisis Input Output). Tataloka, 22(3), 308–320. https://doi.org/10.14710/tataloka.22.3.308-320

Kurniawan, W., & Kadir, K. (2023). International Trade Price Index: A Leading Indicator for Indonesia's Inflation? Economics Development Analysis Journal, 12(2), 182–193. https://doi.org/10.15294/edaj.v12i2.63088

Monica, M., Suharsono, A., & Ampa, A. T. (2022). Peramalan Inflasi Kota Malang Menggunakan Autoregressive Integrated Moving Average Exogenous dengan Efek Variasi Kalender. Al-Khwarizmi: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, 10(2), 149–162. https://doi.org/10.24256/jpmipa.v10i2.2988

Newing, O. S., Suryowati, K., & Bekti, R. D. (2025). Penerapan Metode Arima dan Arimax dalam Meramalkan Fluktuasi Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) dengan Variabel Eksogen Emas di Indonesia. Jurnal Statistika Industri Dan Komputasi, 10(02), 43–57. https://doi.org/10.34151/statistika.v10i02.5315

Novianda, B. (2025). Forecasting Inflation in Indonesia Using ARIMAX: The Role of Money Supply and Exchange Rate. Equity: Jurnal Ekonomi, 13(2), 33–44. https://doi.org/10.33019/equity.v13i2.370

Pratama, A., Damia, P., & Conteh, M. (2025). Dampak Keterbukaan Perdagangan Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia. Journal of Economics Development Issues, 8(1), 52–67. https://doi.org/10.33005/jedi.v8i1.381

Putri, L., & Zilrahmi. (2025). Forecasting Inflation Rate in Indonesia Using Autoregressive Integrated Moving Average Method. UNP Journal of Statistics and Data Science, 3(3), 288–295. https://doi.org/10.24036/ujsds/vol3-iss3/377

Rahmatin, N. I., & Hutabarat, R. E. (2025). Pengaruh Keterbukaan Perdagangan, Inflasi, dan Nilai Tukar Terhadap FDI di Indonesia. Jurnal Ekonomi Sakti (JES), 14(3), 377–391. https://doi.org/10.36272/jes.v14i3.467

Saputra, J. E., & Febrianti, W. (2025). Application of Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) for Forecasting Inflation Rate in Indonesia. Jurnal Matematika, Statistika Dan Komputasi, 21(2), 382–396. https://doi.org/10.20956/j.v21i2.36609

Sekarsari, D., Zahra, F. A. A., Ayuningtyas, F. R., & Fadilla, A. (2024). Analisis Dinamika Inflasi dan Implikasinya terhadap Stabilitas Ekonomi di Indonesia. Journal of Macroeconomics and Social Development, 1(3), 1–9. https://doi.org/10.47134/jmsd.v1i3.194

Susila, M. R. (2020). Pengaruh Hari Raya Idul Fitri Terhadap Inflasi di Indonesia dengan Pendekatan Arimax (Variasi Kalender). Barekeng: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan, 14(3), 367–376. https://doi.org/10.30598/barekengvol14iss3pp367-376

Vernando, J., Insani, F., & Kurnia, F. (2025). Application of Arima and Arimax Methods to Predict The Number Of Visitors to Hotel XYZ Pekanbaru. Jurnal Inovtek Polbeng - Seri Informatika, 10(2), 847–856. https://doi.org/10.35314/enrfna19

Wati, E. J., Hidayattullah, Y., Said, L. A., & Sari, M. I. (2025). Pengaruh Ekspor dan Impor Terhadap Tingkat Inflasi di Indonesia. Jurnal Media Akademik (JMA), 3(11), 1–11. https://doi.org/10.62281/pdbcmk64

Wulandari, D., Aziz, K. F., & Muslinawati, R. (2023). Pengaruh Inflasi, Nilai Tukar, Keterbukaan Perdagangan, dan Investasi terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia. Jurnal Proaksi, 10(4), 610–627. https://doi.org/10.32534/jpk.v10i4.4976

Design of Web-Based Warehouse: A Case Study of Web-Based Project Equipment Inventory System Using Waterfall Method

Handa Gustiawan [1)], Hesti Rian [2)*)], Akbar Muhamad Irfan [3)]

[1)]Program Studi Sistem Informasi, Universitas Mohammad Husni Thamrin
[2)3)]Program Studi Manajemen Informatika, Politeknik LP3I Jakarta
[*)]**Correspondence author**: hestiriangustiawan@gmail.com, Jakarta, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3310

Abstract

Inventory is crucial for a company. The warehouse still uses books to record receipts, expenditures, and stock. Manual inventory management often leads to various problems, such as data accumulation, inconsistencies in stock quantities, late reporting, and the risk of data loss. This study aims to design and build a web-based inventory information system to replace manual recording and improve warehouse management efficiency in a contractor company to address these issues. The research method used is the waterfall method, which includes requirements analysis, design, coding, and testing. The system was developed using the PHP programming language with a MySQL database and an easy-to-use web-based interface. The results show that the system was successfully built with features for managing incoming and outgoing goods, suppliers, customers, and monthly reports. Black Box Testing on the login form produced all valid scenarios as expected. This system has been proven to accelerate the process of recording and generating inventory reports accurately and efficiently.

Keywords: *Inventory System, Web-Based System, Warehouse Management, Waterfall Method*

Abstrak

Persediaan barang adalah hal penting dalam suatu perusahaan. Pada bagian gudang dalam proses pencatatan penerimaan, pengeluaran, dan stok barang masih menggunakan pencatatan dengan menggunakan media buku. Pengelolaan persediaan barang di gudang yang masih dilakukan secara manual sering menimbulkan berbagai permasalahan, seperti penumpukan data, tidak, ketidaksesuaian jumlah stok, keterlambatan laporan, serta risiko kehilangan data. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem informasi persediaan barang berbasis web guna menggantikan proses pencatatan manual serta meningkatkan efisiensi pengelolaan gudang pada perusahaan kontraktor guna mengatasi permasalahan tersebut. Metode penelitian yang digunakan adalah metode *waterfall* yang mencakup tahap analisis kebutuhan, desain, pengkodean, dan pengujian. Sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan basis data MySQL dengan antarmuka berbasis web yang mudah digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil dibangun dengan fitur pengelolaan data barang masuk, barang keluar, supplier, pelanggan, serta laporan bulanan. Pengujian menggunakan Black Box Testing pada form login menghasilkan seluruh skenario valid sesuai harapan. Sistem ini terbukti mampu mempercepat proses pencatatan dan pembuatan laporan persediaan barang secara akurat dan efisien.

Kata Kunci: Sistem Inventaris, Sistem Berbasis Web, Manajemen Gudang, Metode Waterfall

PENDAHULUAN

Persediaan barang adalah hal penting dalam suatu perusahaan. Pada bagian gudang dalam proses pencatatan penerimaan, pengeluaran, dan stok barang masih menggunakan pencatatan dengan menggunakan media buku. Bagian gudang harus mencatat satu persatu barang yang terpakai, dan jumlah stok barang. Media buku tersebut memiliki kekurangan dikarenakan buku tersebut dapat rusak, hilang, dan lain sebagainya. Buku tersebut berisikan data-data penting yang dijadikan bagian gudang dalam mengolah data barang yang terpakai dan stok yang nantinya akan dilaporkan ke admin. Proses pembuatan laporan memakan waktu lama, karena admin harus membuka satu-persatu lembar laporan harian barang yang terpakai, penerimaan serta stok barang yang akan dijadikan laporan bulanan.

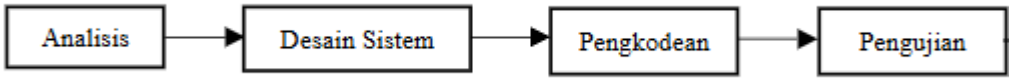
Permasalahan pengelolaan persediaan secara manual ini juga ditemukan di berbagai organisasi. Rahayu (2021) melaporkan hal serupa pada CV. Karya Collection, sementara Rian dan Yudhisira (2020) mengidentifikasi kendala pencatatan bahan baku pada PT. Gema Putra Abadi. Namun, penelitian-penelitian tersebut belum secara spesifik menangani kebutuhan sistem inventory untuk perusahaan kontraktor peralatan proyek yang memiliki karakteristik barang bergerak tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk mengisi kesenjangan tersebut.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: bagaimana merancang dan membangun sistem informasi persediaan barang berbasis web yang dapat menggantikan proses pencatatan manual di gudang? Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan aplikasi berbasis web yang dapat memudahkan penginputan data barang, permintaan penambahan stok, dan data barang yang terpakai, serta memudahkan admin dalam mengelola data supplier, konfirmasi penambahan stok, dan pembuatan laporan bulanan. Kontribusi penelitian ini adalah tersedianya sistem inventory berbasis web yang dapat diterapkan pada perusahaan kontraktor untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi pengelolaan persediaan barang.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode *waterfall* (Pressman, 2023), yaitu model pengembangan perangkat lunak yang bersifat sekuensial dan sistematis.

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga teknik: (1) observasi langsung terhadap proses pencatatan barang di gudang, (2) wawancara dengan administrator dan petugas gudang, serta (3) studi pustaka dari referensi ilmiah terkait sistem informasi inventory. Tahapan metode *waterfall* yang diterapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Tahapan Metode Waterfall

1. Analisis, kegiatan menganalisis kebutuhan sistem berdasarkan permasalahan pencatatan persediaan barang di gudang, dilakukan melalui observasi lapangan dan wawancara dengan pengguna sistem.
2. Desain Sistem, kegiatan merancang arsitektur sistem dan antarmuka pengguna menggunakan diagram UML (Use Case Diagram, Class Diagram, ERD) serta perancangan User Interface berbasis web.
3. Pengkodean, kegiatan implementasi desain sistem menjadi kode program menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan framework CodeIgniter, basis data MySQL, serta antarmuka berbasis HTML dan CSS.
4. Pengujian, kegiatan verifikasi dan validasi sistem menggunakan metode Black Box Testing untuk memastikan seluruh fungsi berjalan sesuai kebutuhan yang telah didefinisikan pada tahap analisis.

Analisis kebutuhan fungsional sistem dilakukan berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan pengguna. Kebutuhan fungsional menggambarkan fungsi-fungsi yang harus dimiliki sistem, sedangkan kebutuhan non-fungsional mencakup aspek keamanan (autentikasi login), kegunaan (antarmuka yang intuitif), dan ketersediaan (sistem dapat diakses melalui browser web). Berikut adalah rincian kebutuhan fungsional berdasarkan peran pengguna:

Halaman Administrasi:

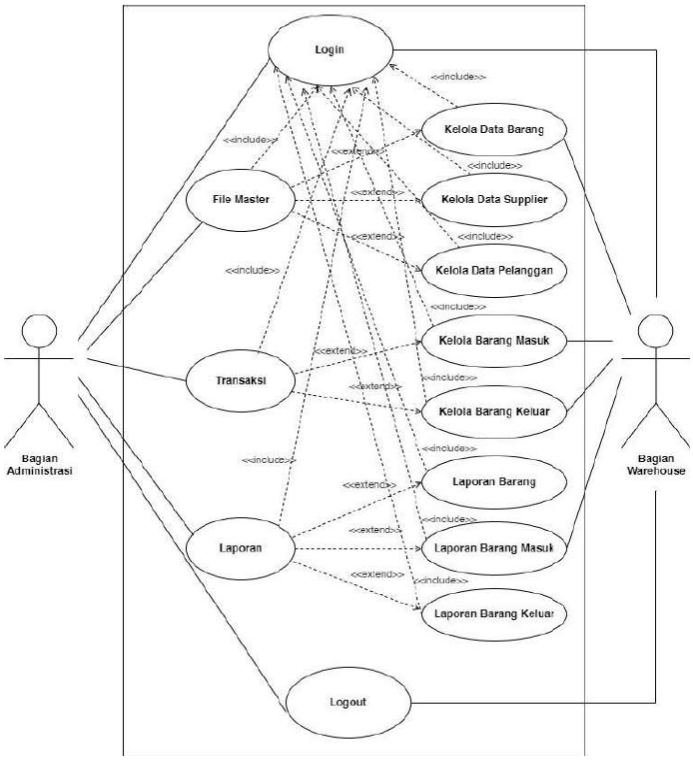
1. Administrasi dapat melakukan login
2. Administrasi dapat mengelola data master barang
3. Administrasi dapat mengelola data barang masuk
4. Administrasi dapat mengelola data barang keluar
5. Administrasi dapat mengelola laporan

Halaman Gudang:

1. Gudang dapat melakukan login
2. Gudang dapat mengelola data master barang
3. Gudang dapat mengelola data barang masuk
4. Gudang dapat mengelola data barang keluar
5. Gudang dapat mengelola laporan barang masuk

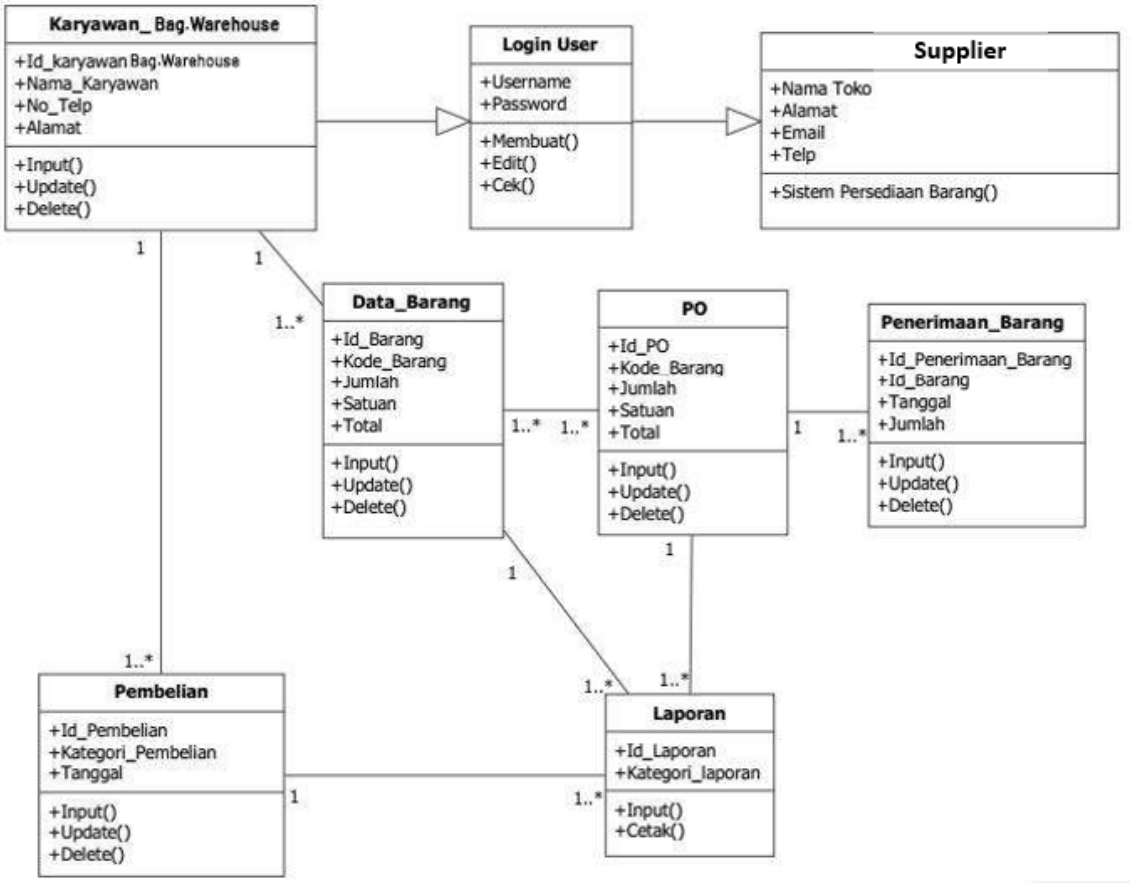
HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain sistem usulan digambarkan menggunakan *Use Case diagram* di bawah ini:



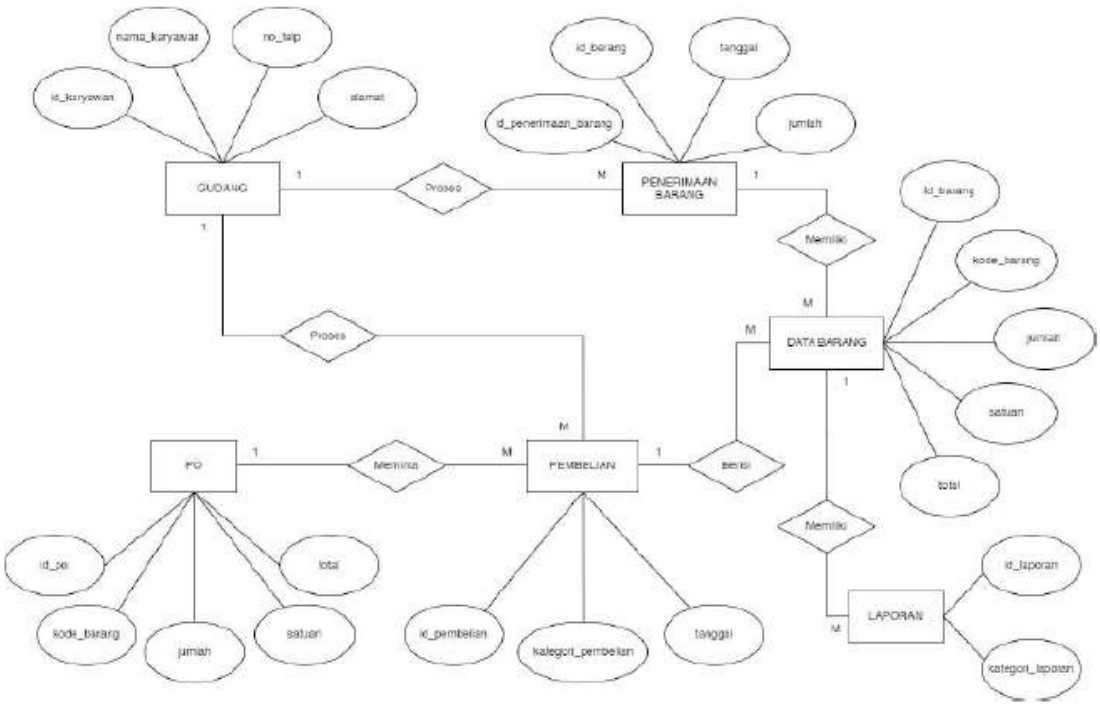
Gambar 2. *Use Case Diagram*

Pada Use case Diagram ini terdapat dua user seperti Administrasi dengan beberapa use case yang dapat diakses melalui login terlebih dahulu yaitu seperti mengelola data barang, supplier, pelanggan, barang masuk, barang keluar dan laporan. User kedua yaitu Warehouse. Gudang dapat mengakses beberapa use case melalui login terlebih dahulu yaitu seperti mengelola data barang, barang masuk, barang keluar dan laporan barang masuk.



Gambar 3. *Class Diagram*

Class Diagram terdiri dari class karyawan, supplier, barang, transaksi, pembelian barang dan penerimaan barang.

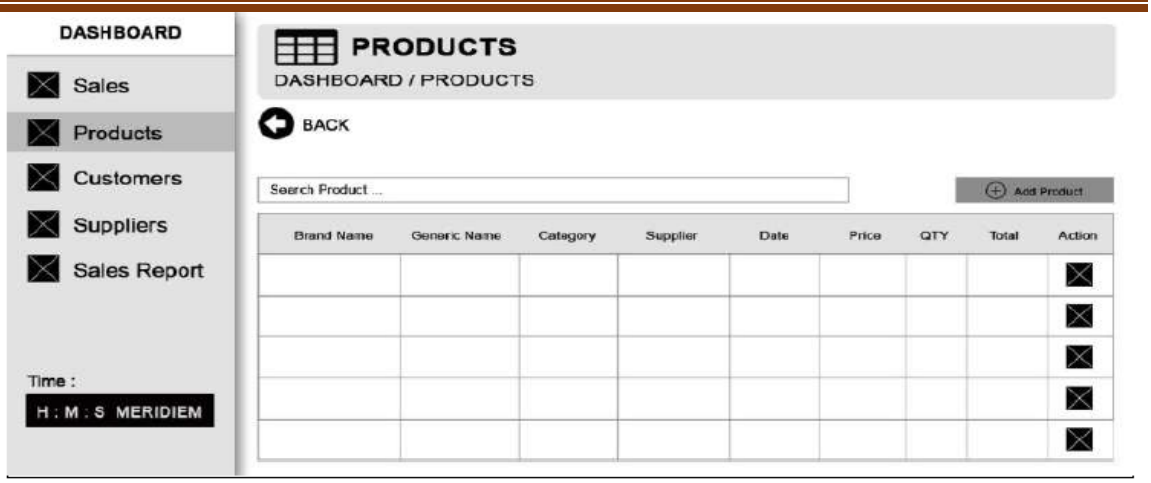


Gambar 4. *Entity Relationship Diagram*

Entity-entitynya terdiri dari Gudang, Supplier dan Barang dengan cardinality rasio adalah one to many.



Gambar 5. Perancangan *User Interface* Form Login



Gambar 6. Perancangan *User Interface* Data Barang

Perancangan Desain User Interface dibuat mulai dari login, form-form master sampai dengan laporan.

Kebutuhan Infrastruktur:

1. Kebutuhan Hardware

Tabel 1. Kebutuhan Hardware

Kebutuhan	Spesifikasi Minimum
Processor Type	*Intel Core i3-2350M 2.30 GHz*
Hardisk / Storage	100 GB
Random Access Memory	2 GB
Mouse	*Optik* USB
Printer	Canon MG2570S

2. Kebutuhan Software

Tabel 2. Kebutuhan Software

Kebutuhan	Spesifikasi Minimum
Sistem Operasi	Windows 10 Pro 64 Bit
Server	Xampp 5.6 (PHP 5)
Pengelola Database	PhpMyAdmin dan MySQL
Text Editor	Visual Studio Code
Web Browser	Google Chrome V.108
Design User Interface	Photoshop CS6, Figma
Web Server • Apache • MySQL • PHP • Java	Xampp V.3.2.2 Apache 2.4.18 MySQL 5.5.8 PHP 7.0.3 Java Development Kit 8.7.7

Tabel 3. Hasil Pengujian *Black Box Testing Form Login*

No.	Fungsi Yang Diuji	Kondisi	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Login	Username dan Password benar	Sistem menerima akses login lalu masuk ke halaman dashboard	Sesuai	Valid
2	Login	Username salah	Sistem menolak akses login lalu menampilkan pesan "Login tidak valid"	Sesuai	Valid
3	Login	Username benar dan password salah	Sistem menolak akses login lalu menampilkan pesan "Password salah"	Sesuai	Valid

Hasil pengujian dari form login dengan empat kondisi, kondisi pertama Username dan Password benar, kondisi kedua Username salah, kondisi ketiga Username benar dan password salah.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Pencatatan sebaiknya dilakukan dengan menggunakan program Sistem Persediaan Barang untuk mencatat adanya selisih dengan melihat data barang masuk dan data barang keluar yang ada di *warehouse* demi kelancaran dan kesuksesan perusahaan dan mempercepat proses pembuatan Laporan.

REFERENSI

E. D. Rahayu. (2021). Perancangan Sistem Informasi Persediaan Barang Pada CV. KARYA COLLECTION. *TAMIKA J. Tugas Akhir Manaj. Inform. Komputerisasi Akunt.*, vol. 1, no. 2.

Elgamar. (2020). *Konsep Dasar Pemrograman Website Dengan Php*. Ahlimedia Book.

Falahah Suprato. (2018). Rekayasa Perangkat Lunak. Lentera Ilmu Cendekia.

F. Sukmawati. (2021). Aplikasi Berbasis Web Untuk Pencatatan Persediaan dan Penjualan Barang menggunakan Metode FIFO. *e-Proceeding Appl. Sci.*, vol. 7, no. 5, pp. 1367–1372.

G. Syarafi and R. Herdiansyah. (2022). Perancangan Simba Berbasis Web Untuk Meningkatkan Manajemen Barang Di Dinas Lingkungan Hidup Kota Tanggerang Selatan, *J. Ilm. Komputer.*, vol. 99, no. 99, pp. 1586–1595.

Hansel, Melkior. (2022). Perancangan Sistem Informasi Pencatatan Gudang Berbasis Website (Studi Kasus Slingbag Salatiga). Jatisi, 9(1), 373. doi: 10.35957/jatisi.v9i1.1503.

Hidayatullah, Priyanto. (2021). Pemrogaman Web Edisi 3. Informatika.

H. Rian. K. Yudhisira. (2020). Rancang Bangun Sistem Informasi Persediaan Bahan Baku Pada PT.Gema Putra Abadi Bekasi. *J.Tek. Inform. dan Komput. MH Thamrin)*, vol. 6, no. 2, pp. 137–143.

K. Rozikin. (2022). Sistem Informasi Inventory Barang Berbasis Web Dengan Framework Codeigniter Di Toko Sinar Putra Jaya. Jurnal Teknik Informatika Dan Multimedia, *J. Tek. Inform. DAN Multimed.*, vol. 2, no. 2, pp. 56–68.

K. Ruliyanto, S. Andryana, and A. Gunaryati. (2021). Sistem Informasi Manajemen Persediaan Barang Berbasis Web Menggunakan Metode Prototype Pada Apotek. *STRING (Satuan Tulisan Ris. Dan Inov. Teknol.*, vol. 5, no. 3, p. 284, doi: 10.30998/string.v5i3.8113.

Munawar. (2022). Analisis Perancangan Sistem Berorientasi Objek Dengan UML Edisi 2. Informatika.

Pressman, Roger, S. (2023). Rekayasa Perangkat Lunak. Andi.

Sarabia, Rainier. (2023). Test-Driven Development With PHP 8. Packt.

Setiyadi, Didik. (2020). Sistem Basis Data dan SQL. Mitra Wacana Media.

Sidik, Betha. (2019). HTML 5 Dasar-dasar Untuk Pengembangan Aplikasi Berbasis Web. Informatika.

Comparison of ResNet50, ResNet101, and ResNet152 Architectures in Image-Based Rice Leaf Disease Classification

Ardi Setyiawan[1)], Anindita Septiarini[2)*)], Andi Tejawati[3)]

[1)2)3)]Informatika, Teknik, Universitas Mulawaman
***)Correspondence author:** Anindita Septiarini, anindita@unmul.ac.id, Samarinda, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3289

Abstract

Rice leaf diseases are one of the main threat that can reduce rice crop productivity especially if they are not detected at an early stage. Conventional disease identification still has limitations because it relies on visual observation and the experience of farmers. Therefore, this study proposes a rice leaf disease classification approach based on digital images using deep learning methods. This study aims to compare the performance of three Residual Network architectures, namely ResNet50, ResNet101, and ResNet152. The dataset used was collected from three public Kaggle datasets, consisting 7.322 images divided into four classes (healthy, hispa, sheath blight, and brown spot). The dataset was split into training, validation, and testing sets with a ratio of 70:20:10 and processed through image preprocessing and data augmentation. All models were trained using a transfer learning approach with the same training configuration to ensure a fair comparison. Model performance was evaluated with the test sets using loss, accuracy, and confusion matrix analysis. The experimental results show that ResNet101 achieved the best performance with a loss value of 0,0146 and an accuracy of 0,9973. Followed by ResNet50 with an accuracy of 0,9918, and ResNet152 with an accuracy of 0,9837. These results indicate that ResNet101 provides the best balance between network depth and classification performance.

Keywords: *Image Classification, Convolutional Neural Network, ResNet, Rice Leaf Diseases, Deep Learning*

Abstrak

Penyakit daun padi merupakan salah satu ancaman utama yang dapat menurunkan produktivitas tanaman padi apabila tidak terdeteksi secara dini. Identifikasi penyakit secara konvensional masih memiliki keterbatasan karena bergantung pada pengamatan visual dan pengalaman petani. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pendekatan klasifikasi penyakit daun padi berbasis citra digital menggunakan metode deep learning. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa tiga arsitektur Residual Network, yaitu ResNet50, ResNet101, dan ResNet152. Dataset yang digunakan berasal dari tiga sumber dataset publik Kaggle dengan total 7.322 citra yang terbagi ke dalam empat kelas (healthy, hispa, sheath blight, dan brown spot). Dataset dibagi menjadi data latih, validasi, dan uji dengan rasio 70:20:10, serta melewati tahap preprocessing dan augmentasi citra. Ketiga model dilatih menggunakan pendekatan transfer learning dengan parameter pelatihan yang sama untuk memastikan perbandingan yang adil. Evaluasi performa dilakukan menggunakan metrik loss dan akurasi dan confusion matrix pada data uji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ResNet101 menghasilkan performa terbaik dengan nilai loss sebesar 0,0146 dan akurasi sebesar 0,9973, diikuti oleh ResNet50 dengan akurasi sebesar 0,9918, dan ResNet152 dengan akurasi sebesar 0,9837. Hasil ini menunjukkan bahwa ResNet101 memberikan keseimbangan terbaik antara kedalaman arsitektur dan performa klasifikasi.

Kata Kunci : Klasifikasi Citra, Convolutional Neural Network, ResNet, Penyakit Daun Padi, Deep Learning

PENDAHULUAN

Padi (Oryza sativa L.) merupakan komoditas pangan utama di Indonesia yang memiliki peran strategis dalam menjaga ketahanan pangan nasional. Tingginya ketergantungan masyarakat terhadap beras tercermin dari data konsumsi beras rumah tangga di Indonesia yang mencapai 98,86% pada tahun 2023 (Supriyanto, 2023). Hal ini menuntut peningkatan produktivitas padi secara berkelanjutan. Namun, produktivitas padi sering mengalami penurunan akibat serangan penyakit daun, seperti brown spot, sheath blight, dan hispa yang dapat mengganggu proses fotosintesis serta menurunkan hasil panel apabila tidak ditangani secara dini (Molla dkk., 2020). Oleh karena itu, deteksi penyakit daun padi secara tepat dan cepat menjadi langkah penting untuk meminimalkan kerugian hasil pertanian.

Identifikasi penyakit daun padi secara konvensional umumnya dilakukan melalui pengamatan visual oleh petani atau pakar pertanian. Metode ini memiliki keterbatasan karena bersifat subjektif, bergantung pada pengalaman, serta kurang efisien ketika diterapkan pada area pertanian yang luas. Seiring perkembangan teknologi, pendekatan berbasis computer vision dan deep learning mulai banyak dimanfaatkan untuk melakukan klasifikasi penyakit tanaman secara otomatis, cepat, dan konsisten berbasis citra digital (Pacal dkk., 2024).

Salah satu metode deep learning yang paling banyak digunakan dalam klasifikasi citra ada Convolutional Neural Network (CNN). CNN dirancang untuk mengekstraksi fitur visual secara otomatis melalui operasi konvolusi dan pooling, sehingga mampu mempelajari pola, tekstur, serta variasi warna tanpa memerlukan perancangan fitur secara manual. Keunggulan CNN dalam berbagai tugas klasifikasi citra telah banyak dilaporkan dalam berbagai penelitian (Ardiansyah & Tinaliah, 2025; Setyadi dkk., 2024) yang menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam menangani permasalahan dengan variasi visual yang kompleks. Kemampuan CNN dalam mengekstraksi fitur secara otomatis dari data citra tanpa memerlukan intervensi manual menjadikannya alat yang sangat efektif untuk pengelan pola pada citra pertanian (Pranatha dkk., 2024).

Namun, peningkatan kedalaman jaringan CNN sering menghadapi permasalahan degradasi performa dan vanishing gradient. Untuk mengatasi masalah tersebut, Residual

Network (ResNet) diperkenalkan dengan konsep skip connection yang memungkinkan pelatihan jaringan saraf yang sangat dalam secara lebih stabil (He dkk., 2016). Arsitektur ResNet telah banyak diterapkan pada berbagai tugas klasifikasi penyakit tanaman dengan kemampuan ekstraksi fitur yang lebih efektif (Johri dkk., 2024). Dalam penelitian ini, arsitektur ResNet digunakan dengan pendekatan transfer learning sehingga model dapat mengenali pola dasar seperti tekstur, bentuk, dan warna secara lebih efektif (Hasanah dkk., 2023).

Arsitektur ResNet memiliki beberapa varian dengan jumlah lapisan dan parameter yang berbeda, seperti ResNet50, ResNet101, dan ResNet152 yang masing-masing terdiri dari 50, 101, dan 152 lapisan. Perbedaan kedalaman jaringan tersebut memengaruhi kompleksitas proses pembelajaran serta kemampuan model dalam mengekstraksi fitur visual. Arsitektur dengan jumlah lapisan yang dalam memungkinkan model mempelajari fitur yang lebih kompleks dan detail tetapi memerlukan waktu pelatihan serta sumber daya komputasi yang lebih besar (Hasanah dkk., 2023).

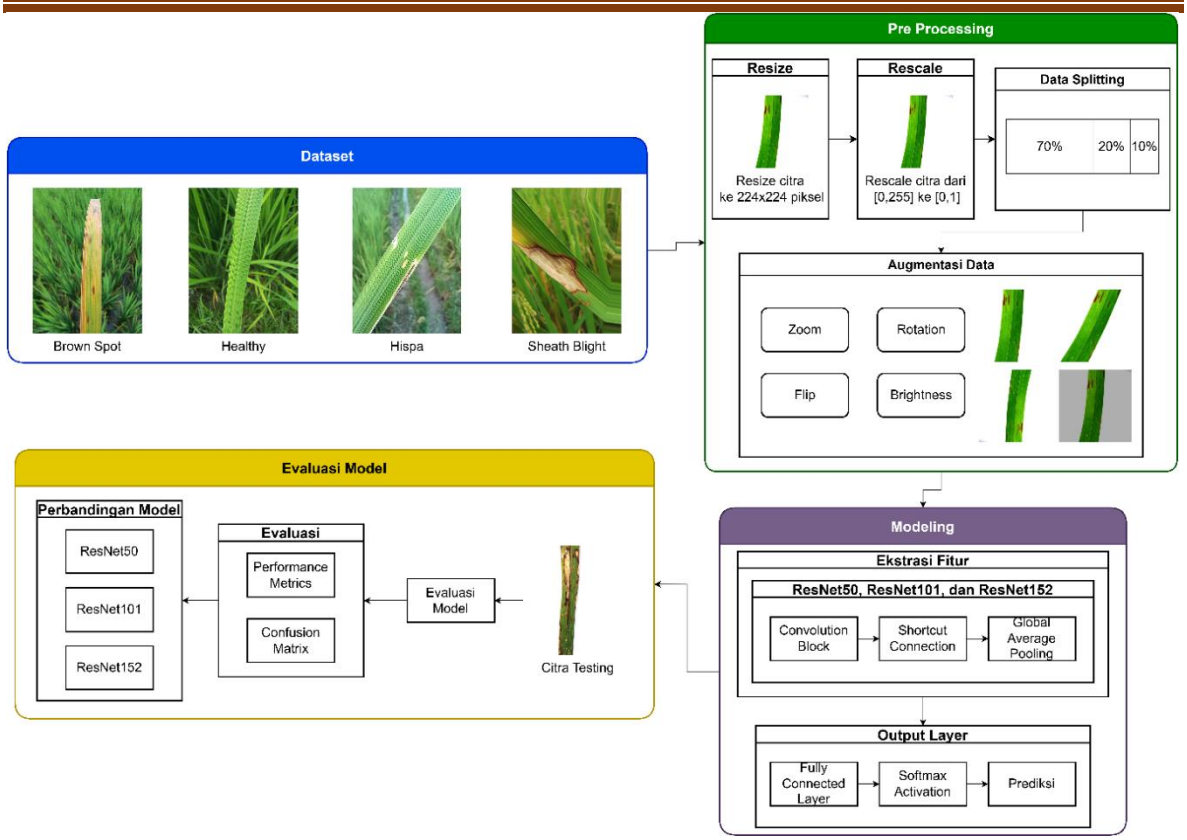
Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa tiga varian arsitektur ResNet, yaitu ResNet50, ResNet101, dan ResNet152 dengan pendekatan transfer learning guna mengidentifikasi model yang paling optimal dalam mengklasifikasikan penyakit daun padi secara akurat dan konsisten.

METODE PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan metode yang digunakan pada penelitian ini meliputi perancangan, pengumpulan dan persiapan data, tahapan preprocessing, pengembangan model menggunakan arsitektur ResNet, dan evaluasi performa model.

Perancangan Penelitian

Perancangan penelitian menjelaskan kerangka kerja keseluruhan dari penelitian ini untuk memastikan setiap tahapan dilakukan secara terstruktur dan sistematis. Penelitian dimulai dari pengumpulan data, preprocessing, dan pemodelan, kemudian dilanjutkan dengan tahap evaluasi model. Alur kerja penelitian secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Kerja Penelitian

Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan dataset publik yang diperoleh dari tiga sumber dataset Kaggle yang digabungkan menjadi satu dataset. Seluruh citra pada dataset digunakan sebagai data input dalam proses pelatihan dan pengujian model klasifikasi penyakit daun padi. Contoh citra daun padi dari masing-masing kelas ditunjukkan pada Gambar 2, sedangkan rincian spesifikasi dataset disajikan pada Tabel 1, dan distribusi jumlah citra pada setiap kelas ditampilkan pada Tabel 2.



Gambar 2. Sampel Citra Daun Padi dari Dataset Publik

Tabel 1. Rincian Spesifikasi Dataset Publik

Spesifikasi	Rentang/Nilai Tunggal
Format	JPG
Ukuran File	46 – 2.179 kb
Resolusi	512 × 500 – 4.284 × 4.284 piksel
Total Citra	7.322 Citra

Tabel 2. Jumlah Citra pada Tiap Kelas Dataset Publik

Kelas	Jumlah Citra
Brown Spot	1.883 Citra
Healthy	1.856 Citra
Hispa	1.793 Citra
Sheath Blight	1.790 Citra

Preprocessing

Dataset yang digunakan melewati tahapan data splitting, terbagi menjadi tiga subsets: 70% training, 20% validation, dan 10% testing yang menghasilkan 5.125 data train, 1.463 data validation dan 734 data test. Pembagian rasio data ini bertujuan untuk memastikan proses pelatihan model berlangsung secara efektif (Rosalina dkk., 2025). Hasil pembagian data dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah Citra pada Tiap Subset

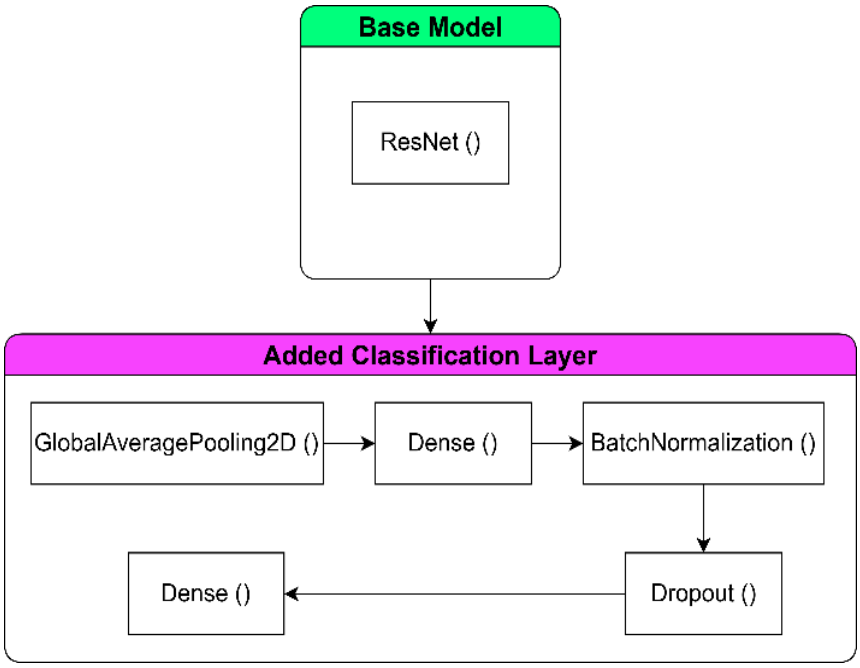
Subset	Jumlah Citra
Train	5.125 Citra
Validation	1.463 Citra
Test	734 Citra

Setelah dataset dibagi, seluruh citra melewati beberapa tahapan preprocessing untuk menjaga konsistensi dan meningkatkan performa model (Zuhari dkk., 2022). Tahapan ini meliputi resizing, normalisasi (rescaling), dan augmentasi data. Adapun teknik preprocessing yang diterapkan yaitu, setiap citra diubah ukurannya menjadi 224×224 piksel agar sesuai dengan dimensi input standar arsitektur ResNet. Nilai piksel kemudian dinormalisasi dari rentang [0, 255] menjadi [0, 1] untuk menstabilkan proses pelatihan model (Doggalli dkk., 2025). Selanjutnya, data latih diaugmentasi menggunakan fungsi ImageDataGenerator dari library Keras. Fungsi ImageDataGenerator memungkinkan augmentasi secara langsung saat proses pelatihan, sehingga variasi citra dihasilkan secara

acak pada tiap epoch pelatihan tanpa menambah jumlah total dataset. Teknik augmentasi yang diterapkan pada data latih meliputi brightness (0,6 – 1,2), rotation (20°), zoom (0,2), serta horizontal dan vertical flipping.

Modeling

Penelitian ini menggunakan arsitektur Residual Network (ResNet) sebagai feature extractor dengan tiga varian, yaitu ResNet50, ResNet101, dan ResNet152. ResNet diperkenalkan oleh He dkk. (2016) dengan konsep shortcut connection atau skip connection yang memungkinkan pelatihan jaringan saraf yang sangat dalam menjadi lebih stabil. Model dilatih menggunakan pendekatan transfer learning dari ImageNet untuk mengekstraksi fitur visual umum seperti tepi, warna, dan tekstur, yang terbukti efektif dalam berbagai tugas klasifikasi citra (Hasanah dkk., 2023; Johri dkk., 2024). Setiap model dimodifikasi dengan menambahkan lapisan klasifikasi untuk meningkatkan performa dan memungkinkan klasifikasi penyakit daun padi. Untuk menjaga konsistensi dan keadilan dalam perbandingan, ketiga model menggunakan struktur konfigurasi yang sama. Struktur keseluruhan model yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Struktur Model

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, arsitektur model terbagi atas dua bagian utama, yaitu base model ResNet dan lapisan klasifikasi tambahan. Lapisan fully connected bawaan ResNet dihilangkan (include_top=False) dan digantikan dengan lapisan klasifikasi khusus agar sesuai dengan empat kelas penyakit daun padi. Model menerima masukan citra berukuran 224x224 piksel dengan tiga kanal warna (RGB), kemudian fitur diektraksi menggunakan arsitektur ResNet. Setelah tahap ekstraksi fitur, ditambahkan lapisan Global Average Pooling 2D, diikuti oleh lapisan Dense dengan 256 neuron dan fungsi aktivasi ReLU, Batch Normalization, serta Dropout dengan tingkat 0,5 untuk mengurangi overfiting. Lapisan keluaran akhir menggunakan Dense layer dengan empat neuron dan fungsi aktivasi Softmax untuk menghasilkan probabilitas klasifikasi pada setiap kelas penyakit daun padi (Sukmawardani dkk., 2024).

Evaluasi Model

Pada penelitian ini, evaluasi menggunakan dua pendekatan utama, yaitu performance metrics dan confusion matrix. Performance metrics digunakan dengan melihat akurasi dan loss untuk menilai kinerja keseluruhan serta stabilitas proses pelatihan dari setiap model ResNet. Akurasi menunjukkan proporsi data yang berhasil diklasifikasikan dengan benar, sedangkan loss menunjukkan tingkat kesalahan prediksi model, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai kemampuan model dalam mempelajari pola citra dan kemampuan generalisasi pada citra yang belum pernah dilihat (Elharrouss dkk., 2025).

Selain itu, confusion matrix digunakan untuk menganalisis hasil klasifikasi secara lebih detail dengan membandingkan label aktual dan prediksi pada setiap kelas penyakit. Matriks ini merangkum prediksi benar dan salah ke dalam empat komponen, yaitu True Positive (TP), True Negative (TN), False Positive (FP), dan False Negative (FN). Nilai-nilai tersebut menjadi dasar perhitungan metrik evaluasi seperti akurasi, presisi, recall, dan F1-Score (Muhlashin & Stefanie, 2023).

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

$$Presisi = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$F1 - Score = 2 \times \frac{Presisi \times Recall}{Presisi + Recall}$$

Akurasi mengukur proporsi prediksi yang benar terhadap seluruh data, sedangkan presisi dan recall masing-masing menunjukkan kemampuan model dalam meminimalkan kesalahan klasifikasi dan mendeteksi kelas yang relevan secara tepat. F1-Score merupakan nilai rata-rata harmonik dari Presisi dan Recall yang memberikan ukuran kinerja model secara seimbang. Secara keseluruhan, metrik-metrik tersebut digunakan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mengklasifikasikan citra penyakit daun padi secara efektif dan konsisten (Rainio dkk., 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini dilakukan implementasi sistem klasifikasi penyakit daun padi berdasarkan citra dengan menggunakan arsitektur ResNet50, ResNet101, dan ResNet152. Proses pengembangan model dilakukan menggunakan platform Visual Studio Code dengan bahasa pemrograman Python dan dukungan library TensorFlow dan Keras. Konfigurasi pelatihan menggunakan learning rate sebesar 0,0001, batch size 32, serta optimizer Adam untuk mengoptimalkan proses update bobot model. Dataset dibagi menjadi tiga bagian, yaitu 70% training, 20% validation, dan 10% testing. Ketiga model dilatih selama 50 epoch dengan konfigurasi dan parameter pelatihan yang sama untuk memastikan evaluasi yang konsisten dan adil.

Pada setiap model, ditambahkan lapisan klasifikasi tambahan yang terdiri dari Global Average Pooling 2D, lapisan Dense dengan 256 neuron dan aktivasi ReLU, Batch Normalization, serta dropout dengan tingkat 0,5, dan lapisan output berupa Softmax. Selain itu, selama proses pelatihan diterapkan mekanisme callback berupa early stopping dengan melihat akurasi validasi model selama pelatihan. Mekanisme ini digunakan untuk mencegah terjadinya overfitting serta meningkatkan efisiensi proses pelatihan.

Evaluasi dilakukan dengan menggunakan performance metrics untuk menilai performa model secara keseluruhan. Selain itu, confusion matrix digunakan untuk menganalisis kemampuan model dalam mengklasifikasikan setiap kelas penyakit daun padi secara lebih rinci. Kombinasi kedua pendekatan ini memungkinkan evaluasi yang tidak hanya berfokus pada performa model secara umum, tetapi juga pada pola kesalahan klasifikasi pada masing-masing kelas.

Analisis Performa Model

Tabel 4 menyajikan hasil pengujian performa ketiga model dalam klasifikasi penyakit daun padi. Pengujian dilakukan menggunakan data test final sebanyak 734 citra yang belum pernah dilihat oleh model selama proses pelatihan. Evaluasi performa menampilkan nilai akurasi dan loss model ketika diuji dengan menggunakan data validasi dan data uji. Dengan ini evaluasi ini memberikan gambaran menyeluruh terhadap kemampuan klasifikasi model. Hasil evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Evaluasi Model ResNet

Model	**Akurasi**		***Loss***	
	Validation Set	*Test Set*	*Validation Set*	*Test Set*
ResNet50	0,9918	0,9918	0,0260	0,0369
ResNet101	0,9925	0,9973	0,0181	0,0146
ResNet152	0,9768	0,9837	0,0667	0,0594

Berdasarkan Tabel 4, seluruh arsitektur ResNet yang diuji menunjukkan performa klasifikasi yang tinggi. Akurasi pada ketiga model berada di atas 97% pada data validasi dan data uji, sehingga mengindikasikan bahwa pendekatan deep learning berbasis ResNet efektif untuk klasifikasi penyakit daun padi.

ResNet50 menunjukkan kinerja yang stabil dengan akurasi 0,9918 pada data validasi dan data uji, meskipun nilai loss pada data uji meningkat sedikit dibandingkan dengan data validasi. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun ResNet50 mampu melakukan klasifikasi dengan tingkat ketepatan yang tinggi.

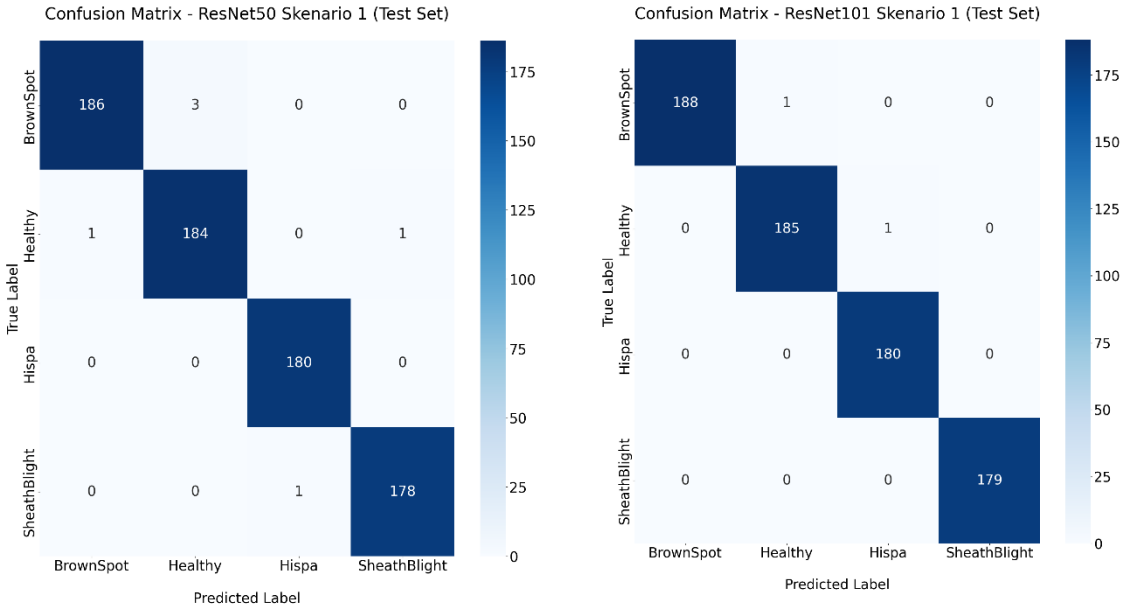
ResNet101 menghasilkan performa terbaik dibandingkan dua model lainnya. Pada data uji, ResNet101 mencapai akurasi tertinggi sebesar 0,9973 dengan nilai loss terendah

sebesar 0,0146. Hal ini menunjukkan bahwa ResNet101 memiliki kemampuan generalisasi yang sangat baik terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

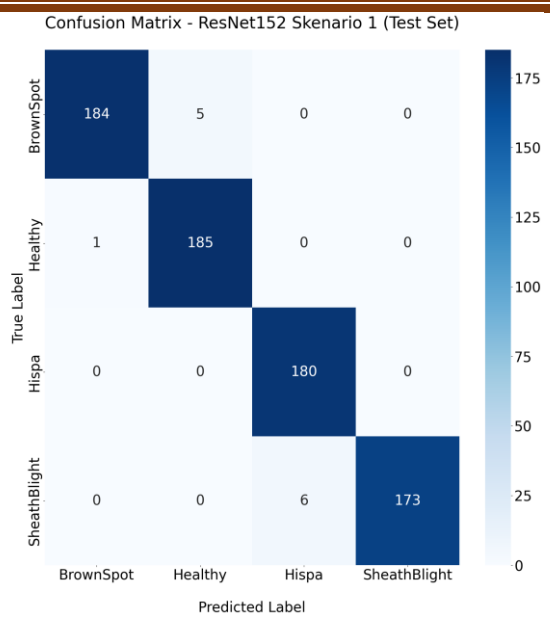
Sementara itu, ResNet152 memperoleh performa terendah di antara ketiga model dengan akurasi 0,9768 pada data validasi dan 0,9837 pada data uji, serta nilai loss yang relatif lebih tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan kedalam layer model tidak selalu menjamin peningkatan performa model dan bahkan dapat menyebabkan penurunan performa akibat kompleksitas model yang terlalu tinggi.

Analisis Confusion Matrix

Tahap ini dilakukan untuk menganalisis performa klasifikasi secara lebih rinci pada setiap kelas penyakit daun padi. Analisis confusion matrix memungkinkan identifikasi pola kesalahan prediksi yang tidak dapat terlihat hanya dari nilai akurasi dan loss. Visualisasi confusion matrix untuk ResNet50, ResNet101, dan ResNet152 dapat dilihat pada Gambar 4.



(a) (b)



(c)

Gambar 4. Visualisasi Confusion Matrix Model ResNet: (a) ResNet50, (b) ResNet101. dan (c) ResNet152

Untuk memberikan analisis yang lebih rinci, hasil confusion matrix ditunjukkan dalam bentuk True Positive (TP), True Negative (TN), False Positive (FP), dan False Negative (FN). Nilai TP menunjukkan jumlah citra yang diklasifikasikan secara benar pada suatu kelas. Nilai FP dan FN menunjukkan kesalahan klasifikasi dan nilai TN menunjukkan jumlah citra yang dikenali dengan benar sebagai bukan kelas tersebut.

Pada Gambar 4 (a), ResNet50 mampu mengklasifikasikan sebagian besar kelas secara tepat, namun masih terdapat kesalahan klasifikasi. Kelas brown spot memili nilai TP = 186, FN = 3, FP = 1, dan TN = 543. Pada kelas Healthy diperoleh TP = 184, FN = 1, FP = 3, dan TN = 545. Sementara itu kelas Hispa memiliki TP = 180, FN = 0, FP = 1, dan TN = 525, dan terakhir kelas Sheath Blight memiliki TP = 178, FN = 1, FP = 0, dan TN = 554. Nilai TP yang tinggi serta nilai FN dan FP yang rendah menunjukkan bahwa ResNet50 mampu melakukan klasifikasi dengan baik meskipun masih terdapat kesalahan klasifikasi antar kelas.

Pada Gambar 4 (b), ResNet101 memiliki performa klasifikasi terlihat paling optimal. Hampir seluruh citra pada setiap kelas terklasifikasi dengan benar. Kelas Brown Spot memiliki nilai TP = 188, FN = 1, FP = 0, dan TN = 545. Pada kelas Brown Spot diperoleh TP = 188, FN = 1, FP = 1, dan TN = 547. Kelas Healthy memiliki nilai TP = 185, FN = 1, FP = 1, dan TN = 547. Kelas Hispa memiliki TP = 180, FN = 0, FP = 1, dan TN = 553, sedangkan kelas Sheath Blight memiliki TP = 179, FN = 0, FP =0, dan TN = 555. Nilai FN dan FP yang sangat kecil menunjukkan bahwa ResNet101 memiliki kemampuan klasifikasi dan generalisasi yang sangat baik dalam membedakan setiap kelas penyakit daun padi.

Sementara itu, pada Gambar 4 (c), ResNet152 menunjukkan jumlah kesalahan klasifikasi yang lebih tinggi dibandingkan dua model lainnya. Kelas Brown Spot memiliki nilai TP = 184, FN = 5, FP = 1, dan TN = 554. Kelas Healthy memiliki TP = 185, FN = 1, FP = 5, dan TN = 543. Kelas Hispa memiliki TP = 180, FN = 0, FP = 6, dan TN = 548, sedangkan kelas Sheath Blight memiliki TP = 173, FN = 6, FP = 0, dan TN = 555. ResNet152 memiliki nilai FP dan FN pada beberapa kelas yang lebih tinggi dari dua model sebelumnya menunjukkan bahwa ResNet152 mengalami lebih banyak kesalahan klasifikasi dibandingkan model lainnya.

Secara keseluruhan, hasil visualisasi confusion matrix menunjukkan bahwa ketiga model ResNet mampu melakukan klasifikasi penyakit daun padi dengan tingkat ketepatan yang sangat tinggi. Di antara ketiga model tersebut, ResNet101 menunjukkan performa paling konsisten dengan jumlah kesalahan klasifikasi yang paling rendah pada seluruh kelas. Kesalahan klasifikasi yang ada pada ResNet50 dan ResNet152 umumnya terjadi pada kelas dengan karakteristik visual yang relatif mirip seperti Brown Spot dan Healthy atau Sheath Blight dan Hispa. Hasil ini menguatkan hasil evaluasi metrik performa sebelumnya bahwa ResNet101 memiliki keseimbangan terbaik antara kedalaman arsitektur dan kemampuan generalisasi dalam mengklasifikasikan penyakit daun padi.

Untuk melengkapi analisis visual tersebut, performa setiap model pada masing-masing kelas juga disajikan dalam bentuk tabel classification report yang memuat nilai Precision, Recall, dan F1-Score yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Precision, Recall, dan F1-score dari tiap Kelas Penyakit di Ketiga Model ResNet

Model	Kelas	*Precision*	*Recall*	*F1-Score*
ResNet50	*Brown Spot*	0,99	0,98	0,99
	Healthy	0,98	0,99	0,99
	Hispa	0,99	1,00	1,00
	Sheath Blight	0,99	0,99	0,99
ResNet101	*Brown Spot*	1,00	0,99	1,00
	Healthy	0,99	0,99	0,99
	Hispa	0,99	1,00	1,00
	Sheath Blight	1,00	1,00	1,00
ResNet152	*Brown Spot*	0,99	0,97	0,98
	Healthy	0,97	0,99	0,98
	Hispa	0,97	1,00	0,98
	Sheath Blight	1,00	0,97	0,98

Berdasarkan classification report pada Tabel 5, seluruh model ResNet menunjukkan performa yang sangat baik pada keempat kelas penyakit daun padi dengan nilai precision, recall, dan F1-Score berada di atas 0,97. Hal ini menunjukkan bahwa arsitektur ResNet mampu mengenali setiap kelas penyakit dengan tingkat ketepatan dan konsistensi yang sangat baik.

Pada ResNet50, performa model relatif stabil di seluruh kelas dengan nilai F1-score sebesar 0,99 untuk kelas Brown Spot, Healthy, dan Sheath Blight, serta nilai sempurna (1,00) pada kelas Hispa. Nilai precision dan recall yang tinggi menunjukkan bahwa model ResNet50 mampu mengklasifikasi penyakit daun padi dengan tepat, meskipun masih terdapat sedikit ketidakseimbangan pada beberapa kelas.

ResNet101 menunjukkan performa yang paling optimal dan konsisten. Kelas Brown Spot dan Sheath Blight masing-masing memperoleh nilai precision sebesar 1,00 dengan recall 0,99 pada Brown Spot dan 1,00 pada Sheath Blight. Selain itu, kelas Hispa dan Sheath Blight mencapai nilai F1-score sempurna (1,00). Hal ini menunjukkan bahwa hampir seluruh citra pada kelas tersebut berhasil diklasifikasikan dengan benar. Konsistensi nilai metrik pada seluruh kelas menunjukkan bahwa ResNet101 memiliki performa yang terbaik dan paling seimbang.

Sementara itu, ResNet152 menunjukkan performa yang sedikit lebih rendah dibandingkan dua model lainnya. Nilai recall pada kelas Brown Spot (0,97) dan Sheath Blight (0,97) menunjukkan bahwa masih terdapat sejumlah citra yang tidak terklasifikasi dengan benar. Meskipun demikian, nilai F1-score yang tetap tinggi (0,98) menunjukkan bahwa model ini masih mampu melakukan klasifikasi secara efektif, namun kurang optimal dibandingkan dengan ResNet101.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa arsitektur ResNet50, ResNet101, dan ResNet152 mampu mengklasifikasikan penyakit daun padi dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi. Hasil evaluasi dengan menggunakan metrik akurasi, loss, serta confusion matrix menunjukkan bahwa ResNet101 menjadi model dengan performa yang terbaik dengan nilai akurasi tertinggi dan nilai loss yang terendah serta paling konsisten saat melakukan klasifikasi seluruh kelas penyakit ditandai dengan keseimbangan yang optimal antara precision, recall, dan F1-score. Hasil ini mengindikasikan bahwa kedalaman jaringan yang menengah pada ResNet101 mampu menghasilkan model yang lebih efektif dibandingkan ResNet50 maupun ResNet152.

Sebagai saran untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melatih dan menguji model pada dataset yang lebih besar dan beragam untuk meningkatkan kemampuan generalisasi sistem. Selain itu, pengembangan model dapat dilakukan dengan mengimplementasi metode hiperparameter untuk meningkatkan performa klasifikasi. Untuk mendukung penerapan langsung di lapangan, penelitian selanjutnya juga dapat mengeksplorasi penggunaan arsitektur yang ringan seperti MobileNet agar model dapat diintegrasikan langsung pada aplikasi mobile, sehingga petani dapat melakukan deteksi penyakit daun padi secara langsung di lapangan.

REFERENSI

Ardiansyah, A., & Tinaliah. (2025). Classification of Indonesian batik patterns using convolutional neural network with MobileNetV3 architecture. *Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer*, 12(1), 38–53. https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3205

Doggalli, R., Deep, A., Naik, R. V., Achari, V. B., Muttagi, V., & Kulkarni, U. (2025). Early detection of diabetic retinopathy using ResNet-18. *SCITEPRESS*, 81–90. https://doi.org/10.5220/0013609200004664

Elharrouss, O., Mahmood, Y., Bechqito, Y., Serhani, M. A., Badidi, E., Riffi, J., & Tairi, H. (2025). Task-based loss functions in computer vision: A comprehensive review. 1–36. http://arxiv.org/abs/2504.04242

Hasanah, S. A., Pravitasari, A. A., Abdullah, A. S., Yulita, I. N., & Asnawi, M. H. (2023). A deep learning review of ResNet architecture for lung disease identification in CXR image. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(24). https://doi.org/10.3390/app132413111

He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. *Microsoft Research*, 770–778. http://image-net.org/challenges/LSVRC/2015/

Johri, P., Kim, S. K., Dixit, K., Sharma, P., Kakkar, B., Kumar, Y., Shafi, J., & Ijaz, M. F. (2024). Advanced deep transfer learning techniques for efficient detection of cotton plant diseases. *Frontiers in Plant Science*, 15. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1441117

Molla, K. A., Karmakar, S., Molla, J., Bajaj, P., Varshney, R. K., Datta, S. K., & Datta, K. (2020). Understanding sheath blight resistance in rice: The road behind and the road ahead. *Plant Biotechnology Journal*, 18(4), 895–915. https://doi.org/10.1111/pbi.13312

Muhlashin, M. N. I., & Stefanie, A. (2023). Klasifikasi penyakit mata berdasarkan citra fundus menggunakan YOLO v8. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 7(2), 1363.

Pacal, I., Kunduracioglu, I., Alma, M. H., Deveci, M., Kadry, S., Nedoma, J., Slany, V., & Martinek, R. (2024). A systematic review of deep learning techniques for plant

diseases. *Artificial Intelligence Review*, 57(11). https://doi.org/10.1007/s10462-024-10944-7

Pranatha, M. D., Maricar, M. A., & Setiawan, G. H. (2024). Implementasi arsitektural ResNet-34 dalam klasifikasi gambar penyakit pada daun kentang. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Bisnis*, 6(3), 575–580. https://doi.org/10.47233/jteksis.v6i3.1431

Rainio, O., Teuho, J., & Klén, R. (2024). Evaluation metrics and statistical tests for machine learning. *Scientific Reports*, 14(1). https://doi.org/10.1038/s41598-024-56706-x

Rosalina, R., Husodo, A. Y., & Wijaya, I. G. P. S. (2025). Development of a convolutional neural network method for classifying ripeness levels of servo variety tomatoes. *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, 6(2), 501–520. https://doi.org/10.52436/1.jutif.2025.6.2.4168

Setyadi, R. A., Rahman, S., Manurung, D., Hasanah, M., & Indrawati, A. (2024). Implementasi transfer learning untuk klasifikasi penyakit pada daun cabai menggunakan CNN. *Jurnal Teknologi Informasi*, 5(2). https://doi.org/10.46576/djtechno

Sukmawardani, R., Nurpulaela, L., & Rahmadewi, R. (2024). Implementasi arsitektur ResNet152 untuk klasifikasi uang kertas rupiah dengan metode transfer learning. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 8(4), 5650–5657.

Supriyanto, S. (2023). *Pengeluaran untuk konsumsi penduduk Indonesia* (A. Chamami, B. Setiawam, & R. Nainggolan, Ed.; Vol. 27). Badan Pusat Statistik.

Zuhari, A. B., Maulana, D. I., & Maheswara, E. S. (2022). Optimation image classification pada ikan hiu dengan metode convolutional neural network dan data augmentasi. *Jurnal TIKA*, 7, 1–11.

Implementation of Temporal Fusion Transformer (TFT) for Short-Term Sales Prediction of Telkomsel Data Packages in East Java

Muhammad Azkiya Akmal [1)*)], Trimono [2)], Alfan Rizaldy Pratama [3)]

[1)2)3)]Sains Data, Ilmu Komputer, UPN "Veteran" Jawa Timur
[*)]**Correspondence author**: 22083010084@student.upnjatim.ac.id, Surabaya, Indonesia
DOI:

Abstract

The development of the cellular telecommunications industry is driving an increasing demand for fast, stable, and affordable data services. Data packages are one of the key products that determine customer satisfaction and telecommunications operators' revenues. Accurate forecasting of mobile data package sales remains a critical challenge for telecommunication operators due to high demand volatility and complex time series patterns. This study aims to implement a Seasonal-Trend Decomposition using Loess (STL)-based Temporal Fusion Transformer (TFT) model for short-term sales forecasting of Telkomsel data packages in East Java. The dataset consists of hourly transaction records from January to June 2024, focusing on the top five data packages with the highest sales volume. STL decomposition is applied during the preprocessing stage to separate trend, seasonal, and residual components, which are subsequently incorporated as additional features in the TFT model. Model performance is evaluated using Mean Absolute Error (MAE) and Quantile Risk (q-Risk). The experimental results demonstrate that the proposed TFT model achieves strong predictive performance with an MAE of 3.6941 and an average q-Risk of 0.0808. Furthermore, interpretability analysis reveals that historical sales, seasonal components, and calendar-related variables play dominant roles in shaping the prediction outcomes. These findings indicate that the STL-based Temporal Fusion Transformer is an effective approach for short-term sales forecasting and has the potential to support data-driven operational decision-making in the telecommunication sector.

Keywords: *Time Series Forecasting, Temporal Fusion Transformer, STL Decomposition, Data Package Sales, Deep Learning*

Abstrak

Perkembangan industri telekomunikasi seluler mendorong peningkatan kebutuhan akan layanan data yang cepat, stabil, dan terjangkau. Paket data menjadi salah satu produk utama yang menentukan tingkat kepuasan pelanggan serta pendapatan operator telekomunikasi. Peramalan penjualan paket data yang akurat menjadi tantangan penting bagi operator telekomunikasi akibat tingginya fluktuasi permintaan dan kompleksitas pola deret waktu. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan model Temporal Fusion Transformer (TFT) berbasis Seasonal-Trend Decomposition using Loess (STL) untuk memprediksi penjualan jangka pendek paket data Telkomsel di wilayah Jawa Timur. Data yang digunakan berupa transaksi penjualan dengan resolusi waktu per jam pada periode Januari hingga Juni 2024, dengan fokus pada lima paket data dengan volume transaksi tertinggi. Metode STL diterapkan pada tahap pra-pemrosesan untuk memisahkan komponen tren, musiman, dan residual, yang selanjutnya digunakan sebagai fitur tambahan dalam pemodelan TFT. Kinerja model dievaluasi menggunakan Mean Absolute Error (MAE) dan Quantile Risk (q-Risk). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model TFT mampu menghasilkan prediksi yang akurat dengan nilai MAE sebesar 3,6941 dan q-Risk rata-rata sebesar 0,0808. Selain itu, analisis interpretabilitas mengungkap bahwa variabel historis penjualan, komponen musiman, serta variabel kalender memiliki kontribusi dominan terhadap hasil prediksi. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan TFT berbasis STL efektif untuk peramalan penjualan jangka pendek dan berpotensi mendukung pengambilan keputusan operasional berbasis data pada sektor telekomunikasi.

Kata Kunci: Peramalan Deret Waktu, Temporal Fusion Transformer, STL, Penjualan Paket Data, Deep Learning

PENDAHULUAN

Perkembangan industri telekomunikasi seluler mendorong peningkatan kebutuhan akan layanan data yang cepat, stabil, dan terjangkau. Paket data menjadi salah satu produk utama yang menentukan tingkat kepuasan pelanggan serta pendapatan operator telekomunikasi (Andi Dwi Riyanto, 2024). Kemampuan dalam memprediksi penjualan paket data secara akurat menjadi faktor penting dalam mendukung perencanaan stok, strategi distribusi, dan pengambilan keputusan operasional berbasis data (APJII, 2023).

Namun demikian, peramalan penjualan paket data bukanlah tugas yang sederhana. Data penjualan umumnya berbentuk deret waktu yang bersifat fluktuatif, nonlinier, dan dipengaruhi oleh berbagai faktor temporal seperti jam, hari, dan pola musiman (Baradie et al., 2022; Indonesia, 2024). Pendekatan peramalan konvensional berbasis metode statistik, seperti ARIMA dan exponential smoothing, memiliki keterbatasan dalam menangkap pola kompleks dan ketergantungan jangka panjang pada data dengan dinamika tinggi (Aditya Nugroho, 2023; Thomas Mola, 2025).

Seiring dengan perkembangan teknologi komputasi, pendekatan machine learning dan deep learning mulai banyak digunakan dalam peramalan deret waktu karena kemampuannya dalam memodelkan hubungan nonlinier(Bihan Mokodompit, 2025). Model berbasis Recurrent Neural Network (RNN), khususnya Long Short-Term Memory (LSTM), telah menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan metode statistik dalam berbagai studi peramalan(Choirul Anam, 2024; Izzul Wafa, 2025). Meskipun demikian, model LSTM konvensional masih memiliki keterbatasan dalam hal interpretabilitas serta kesulitan dalam mengintegrasikan variabel eksogen secara sistematis (Amtul Wahab et al., 2024).

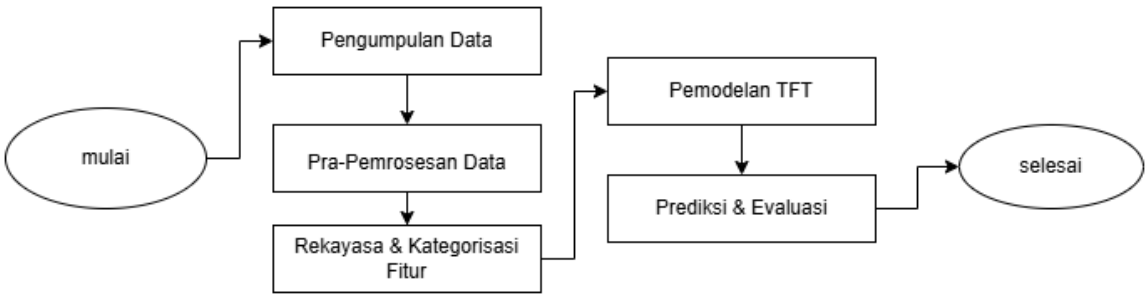
Sebagai pengembangan lebih lanjut, Temporal Fusion Transformer (TFT) diperkenalkan sebagai arsitektur deep learning yang dirancang khusus untuk peramalan multihorizon dengan tingkat interpretabilitas yang tinggi (Türkmen et al., 2021). Model ini mengombinasikan mekanisme sequence modeling dengan attention mechanism serta Variable Selection Network yang memungkinkan identifikasi variabel paling berpengaruh terhadap hasil prediksi (Suharno, 2025). Keunggulan ini menjadikan TFT lebih sesuai untuk aplikasi peramalan yang membutuhkan akurasi sekaligus transparansi model (Vishwakarma & Solanki, 2022).

Metode Seasonal-Trend Decomposition using Loess (STL) merupakan teknik dekomposisi deret waktu yang efektif dalam memisahkan komponen tren, musiman, dan residual (Deretić et al., 2022). Penggunaan STL pada tahap pra-pemrosesan telah terbukti mampu memperjelas struktur temporal data dan meningkatkan performa model peramalan berbasis pembelajaran mesin (Sirisha et al., 2022).

Untuk mengisi celah dari penelitian terdahulu dan menonjolkan kebaruan, penelitian ini membandingkan performa model usulan dengan metode konvensional ARIMA (SARIMAX) sebagai baseline peramalan. Kontribusi utama dari penelitian ini mencakup integrasi metode STL sebagai *feature engineering* pada arsitektur TFT untuk memperkuat ekstraksi pola temporal yang kompleks, serta evaluasi kinerja model secara probabilistik menggunakan metrik *q-Risk* guna mengukur ketidakpastian prediksi di samping evaluasi akurasi titik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental yang bertujuan mengembangkan dan mengevaluasi model prediksi penjualan jangka pendek paket data menggunakan arsitektur deep learning. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, pra-pemrosesan, pemodelan menggunakan Temporal Fusion Transformer (TFT), serta evaluasi kinerja model berdasarkan metrik kesalahan prediksi.



Gambar 1. Alur Penelitian

1. Jenis dan Sumber Data

   Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder berupa log transaksi penjualan paket data Telkomsel yang diperoleh dari aplikasi Digipos Aja! sebagai kanal distribusi ritel resmi Telkomsel. Data mencakup periode Januari hingga Juni 2024

dengan resolusi waktu per jam.

Objek penelitian difokuskan pada lima jenis paket data dengan volume transaksi tertinggi (Top 5 Products) di wilayah Jawa Timur. Pembatasan ini dilakukan untuk menghindari permasalahan *sparse count process* pada paket dengan volume penjualan rendah yang dapat mengganggu proses pembelajaran model. Variabel target dalam penelitian ini adalah jumlah transaksi penjualan paket data per jam.

2. Pra-Pemrosesan Data

   Tahap *pra-pemrosesan* bertujuan meningkatkan kualitas dan struktur data sebelum digunakan dalam pemodelan. Data transaksi terlebih dahulu diagregasi ke dalam interval waktu per jam dan dilakukan pengecekan terhadap nilai hilang.

   Selanjutnya, metode *Seasonal-Trend Decomposition using Loess* (STL) diterapkan pada variabel target untuk memisahkan komponen tren, musiman, dan residual. Dekomposisi ini bertujuan memperjelas struktur temporal data sehingga pola utama deret waktu dapat dipelajari secara lebih efektif oleh model prediksi. Ketiga komponen hasil dekomposisi tersebut kemudian digunakan sebagai fitur tambahan dalam proses pemodelan.

3. Variabel Penelitian dan Kategorisasi Input

   Data dibagi secara *time-based split* ke dalam data pelatihan (*training*) dan pengujian (*testing*) untuk menjaga konsistensi temporal. Model dilatih dengan meminimalkan fungsi *Quantile Loss* pada beberapa nilai kuantil.

   Kinerja model dievaluasi menggunakan metrik *Quantile Risk* (q-Risk) serta *Mean Absolute Error* (MAE) untuk menilai akurasi prediksi. Selain evaluasi numerik, analisis interpretabilitas dilakukan dengan mengamati bobot seleksi variabel dan pola *attention* yang dihasilkan oleh model, sehingga faktor-faktor temporal yang dominan dapat diidentifikasi dan dianalisis secara kualitatif.

4. Arsitektur Temporal Fusion Transformer

   Model prediksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Temporal Fusion Transformer* (TFT), yang dirancang untuk peramalan multihorizon dengan tingkat interpretabilitas tinggi. Arsitektur TFT mengombinasikan *Long Short-Term Memory* (LSTM) sebagai pemroses sekuensial dengan mekanisme *self-attention* untuk

menangkap ketergantungan temporal jangka panjang.

Komponen utama dalam arsitektur TFT meliputi *Variable Selection Network* untuk menentukan tingkat kepentingan masing-masing variabel, LSTM *encoder–decoder* untuk pemodelan sekuens, static enrichment untuk mengintegrasikan informasi statis, serta *interpretable multi-head attention* yang memungkinkan analisis kontribusi timestep historis terhadap hasil prediksi. Output model dihasilkan melalui *quantile regression layer* sehingga mampu memodelkan ketidakpastian prediksi secara probabilistik.

5. Skema Pelatihan dan Evaluasi Model

Data dibagi secara time-based split ke dalam data pelatihan (training) dan pengujian (testing) untuk menjaga konsistensi temporal. Model dilatih dengan meminimalkan fungsi *Quantile Loss* (QL) pada kuantil $q \in (0, 1)$, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$QL_q(y, \hat{y}) = \max\left(q(y - \hat{y}), (q - 1)(y - \hat{y})\right)$$

Kinerja model dievaluasi menggunakan metrik *Quantile Risk* (q-Risk) serta *Mean Absolute Error* (MAE) untuk menilai akurasi prediksi. MAE digunakan untuk mengevaluasi akurasi titik dengan mengukur rata-rata selisih absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual:

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|y_i - \hat{y}_i|$$

Di mana y_i adalah nilai aktual penjualan paket data, $\hat{y}_i$ adalah nilai prediksi dari model, dan n adalah jumlah observasi. Sementara itu, untuk mengevaluasi rentang ketidakpastian prediksi, *Quantile Loss* dinormalisasi menjadi metrik q-Risk agar dapat diinterpretasikan secara relatif terhadap total volume aktual penjualan:

$$q - Risk = \frac{2\sum_i QL_q(y_i, \hat{y}_i)}{\sum_i |y_i|}$$

Selain evaluasi numerik, analisis interpretabilitas dilakukan dengan mengamati bobot seleksi variabel dan pola attention yang dihasilkan oleh model, sehingga faktor-faktor temporal yang dominan dapat diidentifikasi dan dianalisis secara kualitatif.

6. Metode Pembanding ARIMA

Sebagai pembanding metode konvensional, penelitian ini menggunakan ARIMA musiman yang diimplementasikan melalui SARIMAX. Model baseline dibangun secara terpisah untuk setiap deret waktu sehingga karakteristik tiap series tetap terwakili pada proses pemodelan. Evaluasi baseline dilakukan menggunakan skema *time-series cross-validation* yang konsisten dengan skema evaluasi penelitian, agar tidak terjadi data leakage dan setiap fold tetap merepresentasikan prediksi terhadap data masa depan. Kinerja baseline diukur menggunakan Mean Absolute Error (MAE), kemudian performa dilaporkan dalam bentuk rata-rata MAE antar fold serta variasinya untuk menggambarkan stabilitas model.

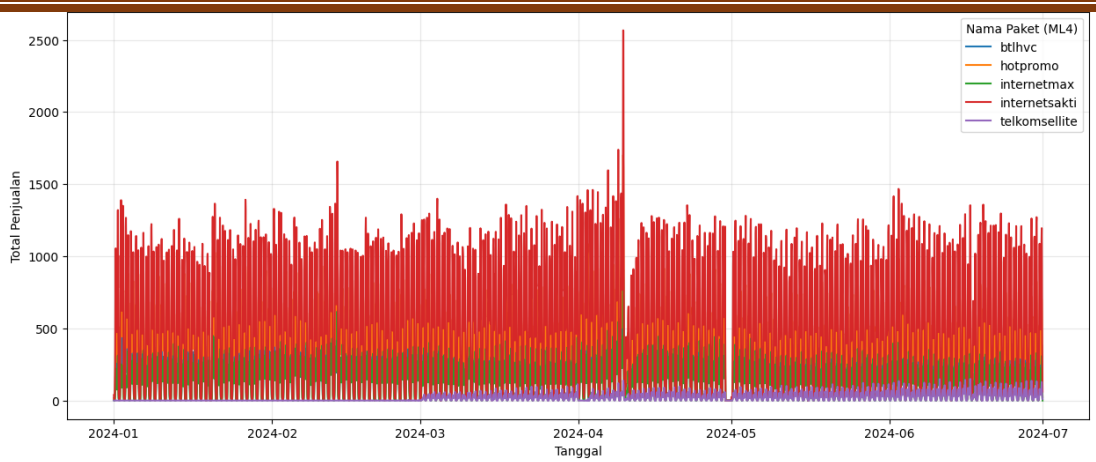
Skema *time-series cross-validation* digunakan untuk memberikan gambaran stabilitas performa model pada berbagai periode pengujian. Hasil cross-validation pada baseline konvensional (ARIMA/SARIMAX) digunakan sebagai acuan pembanding untuk menilai kelayakan pendekatan yang diusulkan. Dengan demikian, klaim efektivitas dan kelayakan metode usulan tidak hanya didasarkan pada satu kali pembagian data, tetapi juga mempertimbangkan variasi performa baseline pada beberapa fold evaluasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Data Penjualan

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data transaksi penjualan paket data Telkomsel di wilayah Jawa Timur dengan periode pengamatan Januari hingga Juni 2024 dan resolusi waktu per jam. Fokus penelitian diarahkan pada lima jenis paket data dengan volume transaksi tertinggi untuk memastikan kestabilan pola deret waktu dan menghindari permasalahan data yang terlalu jarang.

Analisis awal terhadap data menunjukkan bahwa pola penjualan bersifat fluktuatif dengan variasi yang signifikan pada skala harian dan mingguan. Lonjakan transaksi umumnya terjadi pada jam-jam tertentu serta pada akhir pekan, yang mengindikasikan adanya pola musiman yang kuat. Karakteristik ini menunjukkan bahwa pendekatan peramalan yang mampu menangkap dinamika temporal kompleks diperlukan.



Gambar 2. Visualisasi Deret Waktu Penjualan per Jam

2. Hasil Pra-Pemrosesan dan Dekomposisi STL

Tahap pra-pemrosesan dilakukan untuk meningkatkan kualitas data sebelum digunakan dalam proses pemodelan. Setelah agregasi data dan penanganan nilai hilang, metode Seasonal-Trend Decomposition using Loess (STL) diterapkan pada variabel target penjualan.

Tabel 1. Hasil Dekomposisi STL

Date	Observed	Trend	Seasonal	Residual
2024-01-01 00:00:00	0	27,85	-27,98	0,13
2024-01-01 01:00:00	5	27,96	-30,74	7,77
2024-01-01 02:00:00	1	28,07	-28,57	1,50
2024-01-01 03:00:00	1	28,17	-27,81	0,63
2024-01-01 04:00:00	0	28,28	-27,89	-0,39

Hasil dekomposisi STL menunjukkan pemisahan yang jelas antara komponen tren, musiman, dan residual. Komponen tren menggambarkan kecenderungan umum penjualan selama periode observasi, sementara komponen musiman menunjukkan pola berulang yang konsisten pada interval harian dan mingguan. Komponen residual merepresentasikan variasi acak yang tidak dapat dijelaskan oleh tren maupun musiman. Pemisahan ini membantu memperjelas struktur temporal data dan memberikan representasi fitur yang lebih informatif bagi model Temporal Fusion Transformer, sehingga diharapkan dapat meningkatkan akurasi prediksi.

3. Kinerja Model *Temporal Fusion Transformer*

Model Temporal Fusion Transformer dilatih menggunakan data latih dengan skema pembagian data berbasis waktu (time-based split). Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan metrik Mean Absolute Error (MAE) dan Quantile Risk (q-Risk) untuk mengukur akurasi serta kemampuan model dalam memprediksi ketidakpastian.

Tabel 2. Hasil Evaluasi Kinerja Model STL

MAE (*Mean Absolute Error*)	3.6941
Quantile Loss (*Average*)	1.2425
q-Risk (P10)	0.0595
q-Risk (P50 - Median)	0.1201
q-Risk (P90)	0.0627
q-Risk (*Average All*)	0.0808

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model TFT mampu menghasilkan prediksi penjualan jangka pendek dengan tingkat kesalahan yang relatif rendah. Nilai MAE sebesar 3.6941 dan q-Risk sebesar 0.0808 mengindikasikan bahwa model mampu mengikuti pola fluktuasi penjualan secara konsisten.

4. Perbandingan dengan Baseline ARIMA (SARIMAX)

Hasil evaluasi baseline ARIMA (SARIMAX) pada skema *time-series cross-validation* ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4. Pada 8 fold evaluasi, baseline ARIMA menghasilkan MAE rata-rata sebesar 5,694 dengan standar deviasi 5,737 yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan Performa Baseline ARIMA (SARIMAX)

model	MAE mean	MAE std	N folds
ARIMA(SARIMAX)	5,694	5,737	8

Nilai deviasi yang relatif besar menunjukkan bahwa performa ARIMA tidak sepenuhnya stabil pada seluruh periode evaluasi. Hal ini terlihat pada Tabel 4, di mana fold pertama menghasilkan MAE 19,875013, jauh lebih tinggi dibanding fold lainnya yang berada pada kisaran sekitar 3,109 hingga 4,039. Variasi error antar fold ini mengindikasikan bahwa metode konvensional cenderung sensitif terhadap perubahan pola penjualan pada periode tertentu, sehingga kurang robust untuk dinamika penjualan yang fluktuatif.

Tabel 4. Nilai MAE Baseline ARIMA (SARIMAX)

model	fold	MAE
ARIMA(SARIMAX)	1	19,875013
ARIMA(SARIMAX)	2	3,664932
ARIMA(SARIMAX)	3	3,109245
ARIMA(SARIMAX)	4	3,748000
ARIMA(SARIMAX)	5	4,039820
ARIMA(SARIMAX)	6	3,956091
ARIMA(SARIMAX)	7	3,769517
ARIMA(SARIMAX)	8	3,395377

Untuk melihat konsistensi baseline pada kondisi data panel multi-klaster, dilakukan analisis MAE baseline ARIMA per cluster seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5. Hasil menunjukkan adanya perbedaan tingkat kesalahan antar wilayah. Cluster dengan MAE rata-rata terendah adalah BANYUWANGI (2,893), sedangkan MAE rata-rata tertinggi terdapat pada PONOROGO TRENGGALEK (9,116). Selain perbedaan rerata, beberapa cluster juga menunjukkan variasi yang cukup besar antar fold, misalnya PONOROGO TRENGGALEK (12,385), MADURA (10,696), dan MADIUN (10,501). Temuan ini *memperlihatkan* bahwa performa ARIMA tidak seragam pada berbagai karakteristik cluster, sehingga baseline konvensional kurang robust untuk skenario peramalan penjualan yang heterogen antar wilayah.

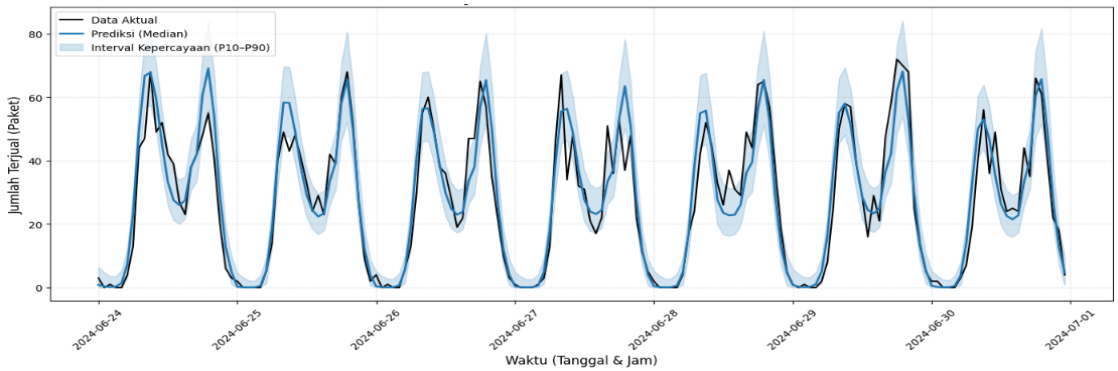
Tabel 5. Ringkasan MAE Baseline ARIMA (SARIMAX) per Cluster

Cluster	MAE mean	MAE std	N folds
BANYUWANGI	2.893638	2.343316	8
SITUBONDOWOSO	3.831729	3.584363	8
TUBAN BOJONEGORO	3.920426	3.843630	8
JOMBANG MOJOKERTO	4.035364	3.804563	8
TULUNGAGUNG	4.277606	4.537973	8
KOTA SURABAYA	4.758759	4.163286	8
LAMONGAN GRESIK	4.852200	5.482484	8
KOTA PROBOLINGGO	5.432797	6.170117	8
KEDIRI	6.082722	6.629417	8
MALANG	6.110580	4.819171	8
SIDOARJO PASURUAN	6.254406	6.776441	8
MADIUN	7.652896	10.501220	8
JEMBER	7.983747	3.213163	8
MADURA	8.217666	10.696009	8

Berdasarkan hasil baseline, ARIMA menunjukkan variasi error yang cukup besar antar periode evaluasi dan antar cluster. Kondisi ini menegaskan keterbatasan pendekatan konvensional dalam menangkap dinamika penjualan yang fluktuatif dan heterogen, terutama ketika pola dipengaruhi oleh komponen musiman, tren, dan faktor kalender. Variasi MAE baseline ARIMA antar fold menunjukkan bahwa metode konvensional memiliki sensitivitas terhadap perubahan pola pada periode tertentu. Oleh karena itu, ketika metode usulan menghasilkan error yang lebih rendah pada skenario evaluasi yang sama, hasil tersebut dapat dipandang sebagai indikasi bahwa pendekatan berbasis model modern lebih relevan dan layak diterapkan untuk peramalan penjualan pada data panel multi-klaster.

5. Analisis Prediksi terhadap Data Aktual

Perbandingan antara hasil prediksi model dengan data aktual menunjukkan bahwa model Temporal Fusion Transformer mampu menangkap pola penjualan secara akurat, baik pada periode normal maupun pada periode dengan lonjakan transaksi. Pola naik dan turun penjualan dapat diikuti dengan baik oleh model, meskipun pada beberapa titik ekstrem masih terdapat deviasi kecil.



Gambar 3. Perbandingan Nilai Akutual dan Hasil Prediksi Penjualan

Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi informasi historis, variabel temporal, serta komponen hasil dekomposisi STL memberikan kontribusi positif dalam meningkatkan kemampuan model dalam memprediksi dinamika penjualan jangka pendek.

6. Analisis Interpretabilitas Model

Salah satu keunggulan utama Temporal Fusion Transformer adalah kemampuannya dalam menyediakan interpretabilitas model. Analisis variable importance menunjukkan bahwa variabel historis penjualan serta komponen musiman hasil dekomposisi STL memiliki kontribusi terbesar terhadap hasil prediksi. Variabel kalender seperti jam dan hari dalam minggu juga memberikan pengaruh signifikan terhadap pembentukan prediksi.

Tabel 6. Bobot Seleksi Variabel dan Attention Model TFT

Nama Variabel	Skor Importance	Kontribusi (%)
cluster	21.322042	14.21
jumlah_terjual_center	20.496000	13.66
jumlah_terjual_scale	17.708147	11.81
jumlah_terjual	16.692118	11.13
relative_time_idx	12.726393	8.48
trend_stl	12.678770	8.45
hour	12.658747	8.44
ML4	11.459095	7.64
residual_stl	6.564823	4.38
time_idx	4.441592	2.96
day_of_week	4.139474	2.76
encoder_length	4.014716	2.68
seasonal_stl	2.801109	1.87

Selain itu, mekanisme attention pada model menunjukkan bahwa timestep historis tertentu memiliki pengaruh yang lebih dominan terhadap prediksi, khususnya pada periode dengan pola penjualan yang berulang. Hasil ini mengindikasikan bahwa model mampu mempelajari ketergantungan temporal jangka pendek secara efektif.

7. Pembahasan Hasil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi metode STL dan Temporal Fusion Transformer efektif dalam memodelkan deret waktu penjualan paket data yang bersifat fluktuatif dan nonlinier. Dekomposisi STL membantu memisahkan struktur dasar data sehingga memudahkan model dalam mempelajari pola utama, sementara arsitektur TFT memungkinkan pemodelan multihorizon dengan tingkat interpretabilitas yang tinggi.

Dibandingkan dengan pendekatan statistik konvensional yang umumnya terbatas dalam menangkap pola kompleks, pendekatan ini lebih adaptif terhadap variasi temporal dan mampu memberikan wawasan tambahan terkait faktor-faktor yang memengaruhi

penjualan. Dengan demikian, model yang diusulkan memiliki potensi untuk mendukung perencanaan dan pengambilan keputusan operasional berbasis data pada sektor telekomunikasi.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan model Temporal Fusion Transformer (TFT) berbasis Seasonal-Trend Decomposition using Loess (STL) untuk memprediksi penjualan jangka pendek paket data Telkomsel di wilayah Jawa Timur. Integrasi metode STL pada tahap pra-pemrosesan terbukti mampu memperjelas struktur temporal data melalui pemisahan komponen tren, musiman, dan residual, sehingga memperkaya representasi fitur yang digunakan dalam pemodelan.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model TFT memiliki kinerja prediksi yang baik dengan nilai Mean Absolute Error (MAE) sebesar 3,6941 dan nilai Quantile Risk rata-rata sebesar 0,0808, yang mengindikasikan kemampuan model dalam menangkap fluktuasi penjualan secara akurat serta memodelkan ketidakpastian prediksi. Analisis visual antara data aktual dan hasil prediksi juga menunjukkan kesesuaian pola yang konsisten, baik pada periode normal maupun pada saat terjadi lonjakan transaksi.

Selain akurasi, keunggulan utama pendekatan ini terletak pada aspek interpretabilitas. Analisis variable importance dan mekanisme attention mengungkap bahwa variabel historis penjualan, komponen hasil dekomposisi STL, serta variabel kalender seperti jam dan hari dalam minggu merupakan faktor dominan yang memengaruhi hasil prediksi. Temuan ini memberikan wawasan yang bernilai bagi pengambil keputusan dalam memahami pola permintaan pelanggan.

Berdasarkan hasil evaluasi dan perbandingan terhadap baseline konvensional yang diuji menggunakan time-series cross-validation, pendekatan yang diusulkan menunjukkan potensi yang lebih baik untuk peramalan penjualan pada data panel multi-klaster. Dengan demikian, metode ini layak dipertimbangkan untuk digunakan pada skenario operasional.

REFERENSI

Aditya Nugroho. (2023, September 11). *DigiposAja! Sudah Dipakai 670 Ribu Reseller Telkomsel.* RM.Id. https://rm.id/baca-berita/ekonomi-bisnis/196299/sabet-penghargaan-best-in-future-of-customer-experience-digiposaja-sudah-dipakai-670-ribu-reseller-telkomsel

Amtul Wahab, Iffath Unnisa Begum, Baspally Babitha, Durgeshwari, Etlapur Renuka, & Rozeena Tahmeena. (2024). A Study on Inventory Management at D Mart. *International Journal of Engineering Technology and Management Sciences*, *8*(2), 354–358. https://doi.org/10.46647/ijetms.2024.v08i02.045

Andi Dwi Riyanto. (2024, February 21). *Hootsuite (We are Social): Data Digital Indonesia 2024*. https://data.goodstats.id/statistic/4-provider-seluler-ri-dengan-pengguna-terbanyak-1Ne6i

APJII. (2023). *Laporan Survei Internet APJII 2023*. https://apjii.or.id/berita/d/apjii-jumlah-pengguna-internet-indonesia-tembus-221-juta-orang

Baradie, S., Reddy, R., Lipps, C., & Schotten, H. D. (2022). Managing the Fifth Generation (5G) Wireless Mobile Communication: A Machine Learning Approach for Network Traffic Prediction. *Mobile Communication - Technologies and Applications; 26th ITG-Symposium*, 1–6.

Bihan Mokodompit. (2025, August 24). *Penetrasi Internet Jawa Timur Ada di Angka 82,19 Persen, Diskominfo Ingatkan Ancaman Serius Judi Online*. https://radartuban.jawapos.com/nasional/866474482/penetrasi-internet-jawa-timur-ada-di-angka-8219-persen-diskominfo-ingatkan-ancaman-serius-judi-online?page=2

Choirul Anam. (2024, April 1). *Trafik Data Telkomsel dan Smartfren di Jatim, Bali, Nusa Tenggara Diproyeksi Naik Signifikan*. Bisnis Indonesia. https://surabaya.bisnis.com/read/20240401/531/1754512/trafik-data-telkomsel-dan-smartfren-di-jatim-bali-nusa-tenggara-diproyeksi-naik-signifikan

Deretić, N., Stanimirović, D., Al Awadh, M., Vujanović, N., & Djukić, A. (2022). SARIMA Modelling Approach for Forecasting of Traffic Accidents. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(8). https://doi.org/10.3390/su14084403

Indonesia, T. (2024). *Laporan Keuangan Konsolidasian 2024*. https://www.telkom.co.id/sites/hubungan-investor/id_ID/page/laporan-1025

Izzul Wafa. (2025, August 15). *Penetrasi Internet Indonesia Konsisten Naik, Tembus 80% pada 2025*. GoodStats. https://data.goodstats.id/statistic/penetrasi-internet-indonesia-konsisten-naik-tembus-80-pada-2025-jSGpJ

Sirisha, U. M., Belavagi, M. C., & Attigeri, G. (2022). Profit Prediction Using ARIMA, SARIMA and LSTM Models in Time Series Forecasting: A Comparison. *IEEE Access*, *10*, 124715–124727. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3224938

Suharno. (2025, August 11). *ARPU Telkomsel dan Indosat Melambat di Semester I 2025*. Selular.ID. https://selular.id/2025/08/arpu-telkomsel-dan-indosat-melambat-di-semester-i-2025

Thomas Mola. (2025). *Perbandingan ARPU dan Pelanggan Telkomsel vs Indosat*. Bisnis.Com. https://teknologi.bisnis.com/read/20250506/101/1874829/perbandingan-arpu-dan-pelanggan-telkomsel-vs-indosat

Türkmen, A. C., Januschowski, T., Wang, Y., & Cemgil, A. T. (2021). Forecasting intermittent and sparse time series: A unified probabilistic framework via deep renewal processes. *PLOS ONE*, *16*(11), e0259764. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259764

Vishwakarma, S., & Solanki, Dr. S. C. (2022). Predicting sales during COVID using Machine Learning Techniques. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, *10*(4), 2481–2489. https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.41822

Implementation of Multidimensional Enterprise Architecture for Optimizing Suka Nanti Village-Owned Enterprises

Repaldo[1)*)], Yogi Isro Mukti[2)], Risnaini Masdalipa[3)]

[1)2)3)]Program Studi Informatika, Institut Teknologi Pagar Alam
***)Correspondence author:** Repaldo, repaldo611@gmail.com, Pagar Alam, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3336

Abstract

The problems faced by BUMDes Suka Nanti in developing its Bottled Drinking Water (AMDK) business are the lack of structured and integrated business planning, where business processes are still conventional, data management has not been well documented, and the use of technology is limited, potentially causing operational inefficiencies and unclear financial management. This study aims to develop a business plan and blueprint for developing BUMDes AMDK using the Integrated Multidimensional Enterprise Architecture (idEA) approach and analyze its readiness for implementation through a SWOT analysis. The research method is carried out by analyzing the current business process to identify weaknesses, then modeling new business processes using the idEA approach that includes business architecture, data, applications, and technology, and is complemented by a SWOT analysis to evaluate the strengths, weaknesses, opportunities, and threats of implementing the blueprint. The results of the study indicate that the idEA approach produces an integrated and applicable AMDK business process blueprint, while the SWOT analysis shows that the design has strong potential to be implemented with the right strategy to improve operational efficiency, financial transparency, and support BUMDes Suka Nanti to become a modern and sustainable business. By implementing Integrated Multidimensional Enterprise Architecture (idEA), a blueprint was designed that includes mapping the dimensions of business, data, applications, and technology. This can serve as a strategic guide for the planning, implementation, and operational evaluation of the Suka Nanti Village-Owned Enterprise (BUMDes).

Keywords: *Architecture, Enterprise, Integrated, Multidimensional*

Abstrak

Permasalahan yang dihadapi BUMDes Suka Nanti dalam pengembangan usaha Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) adalah belum adanya perencanaan usaha yang terstruktur dan terintegrasi, di mana proses bisnis masih bersifat konvensional, pengelolaan data belum terdokumentasi dengan baik, serta pemanfaatan teknologi yang terbatas sehingga berpotensi menimbulkan ketidakefisienan operasional dan ketidakjelasan pengelolaan keuangan. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun rencana usaha dan *blueprint* pengembangan BUMDes AMDK menggunakan pendekatan *Integrated Multidimensional Enterprise Architecture* (*idEA*) serta menganalisis kesiapan penerapannya melalui *analisis SWOT*. Metode penelitian dilakukan dengan menganalisis proses bisnis yang berjalan untuk mengidentifikasi kelemahan, kemudian memodelkan proses bisnis baru menggunakan pendekatan *idEA* yang mencakup arsitektur bisnis, data, aplikasi, dan teknologi, serta dilengkapi dengan *analisis SWOT* untuk mengevaluasi kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman penerapan *blueprint*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *idEA* menghasilkan *blueprint* proses bisnis AMDK yang terintegrasi dan aplikatif, sementara *analisis SWOT* menunjukkan bahwa rancangan tersebut memiliki potensi kuat untuk diterapkan dengan strategi yang tepat guna meningkatkan efisiensi operasional, transparansi keuangan, serta mendukung BUMDes Suka Nanti menjadi usaha yang modern dan berkelanjutan. Dengan penerapan Integrated Multidimensional Enterprise Architecture (idEA), dengan merancang Blueprint yang

meliputi pemetaan dimensi bisnis, data, aplikasi, dan teknologi. Sehingga dapat menjadi panduan strategis untuk perencanaan, implementasi, dan evaluasi operasional BUMDes Desa Suka Nanti.

Kata Kunci : Architecture, Enterprise, Integrated, Multidimensional

PENDAHULUAN

Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) adalah entitas ekonomi desa yang diatur pada peraturan Undang-Undang No. 6 Tahun 2014 tentang Desa namun dengan tujuan utama meningkatkan kualitas hidup masyarakat melalui pemanfaatan sumber daya lokal yang dikelola oleh komunitas. Kehadiran Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) secara umum bertujuan untuk memajukan ekonomi lokal melalui berbagai unit usaha di sektor jasa, perdagangan, hingga pengolahan sumber daya alam. Namun, seperti yang terjadi di banyak daerah, efektivitasnya sering terhambat oleh pemilihan bisnis yang tidak strategis. Hal ini sama seperti BUMDes di Desa Suka Nanti, yang unit usahanya bergerak di bidang penyewaan tenda dan tirai. Usaha ini tidak memberikan keuntungan yang besar dan gagal mensejahterakan masyarakat karena kegiatannya hanya ada sesekali dan pendapatannya kecil. Padahal, Desa Suka Nanti memiliki potensi sumber daya yang luar biasa yang dapat dikapitalisasi, seperti sumber air yang bersih dan melimpah, lokasi yang strategis, dan lahan yang memadai. Potensi unggulan ini mendorong rekomendasi untuk beralih ke unit usaha Air Minum Dalam Kemasan.

Sejumlah besar BUMDes menghadapi tantangan seperti sistem yang terfragmentasi, operasi yang tidak efisien, dan kurangnya integrasi data, yang pada akhirnya menyebabkan kegagalan dalam mencapai tujuan kemandirian ekonomi. Dari penelitian terdahulu, keberlanjutan unit usaha Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) yang diukur dari keberhasilan maupun kegagalannya sangat ditentukan oleh kualitas tata kelola internal dan dukungan lingkungan eksternal. Penelitian (Akbar et al., n.d.) yang berjudul, “Analisis Faktor Penghambat Perkembangan Badan Usaha Milik Desa (Bumdes) Bina Usaha”, mengungkapkan kegagalan BUMDes disebabkan oleh lemahnya tata kelola internal yang tercermin dari rendahnya kemampuan manajerial dan kepemimpinan pengurus, keterbatasan kualitas sumber daya manusia, serta tidak tertatanya administrasi dan pengelolaan keuangan. Kondisi ini diperparah oleh kurangnya koordinasi dan pengawasan dari pemerintah desa dan

keterbatasan skala serta relevansi unit usaha dengan kebutuhan lokal. Sebaliknya, usaha yang diindikasikan berhasil adalah BUMDes yang menunjukkan fokus pada pemberdayaan dan mampu menerapkan tata kelola yang efektif. Dalam jurnal "Analysis Of The Role Of Village-Owned Enterprises (Bumdes) In Improving The Economy Of The Bongki Lengkese Village Community" oleh(Nisa et al., 2022), BUMDes di Desa Bongki Lengkese menunjukkan keberhasilan melalui peran pelayanan dan pemberdayaan ekonomi di sektor budidaya cabai, yang terbukti berhasil meningkatkan Pendapatan Asli Desa (PADes) dan standar hidup masyarakat lokal. Prinsip keberhasilan ini dikuatkan oleh penelitian "GOVERNANCE AND PERFORMANCE OF VILLAGE-OWNED ENTERPRISES (BUMDES)" oleh (Kurnianto, 2021), yang menyimpulkan bahwa BUMDes yang mencapai kinerja organisasi yang positif adalah BUMDes yang konsisten menerapkan prinsip-prinsip

Penerapan Integrated Multidimensional Enterprise Architecture (idEA) dalam membangun Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) yang berkelanjutan di masa mendatang sangat penting, mengingat BUMDes berfungsi sebagai instrumen utama dalam perekonomian pedesaan di Indonesia, yang harus mampu menyesuaikan diri dengan perubahan digital untuk menangani tantangan global seperti kompetisi pasar dan perubahan peraturan. Sebagaimana dijelaskan oleh(BrainDevs, 2025) Multidimensional Architecture terintegrasi dengan berbagai dimensi organisasi seperti program, regulasi, data, aplikasi, risiko dan kpi. Dengan idEA, BUMDes dapat meningkatkan pengelolaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK), meminimalkan duplikasi data, serta memperbaiki interoperabilitas sistem, sehingga berkontribusi pada pembangunan yang lestari. Dalam lingkungan desa digital, implementasi Enterprise Architecture telah terbukti memperbaiki efisiensi layanan kesehatan dasar, seperti yang terjadi di Puskesmas Sleman, di mana idEA memfasilitasi penyederhanaan pengelolaan TIK dengan pendekatan multidimensi. Sebagaimana dijelaskan oleh(Gading & Haryono, 2025) dalam jurnal "Optimalisasi Tata Kelola TIK pada Layanan Kesehatan Primer Menggunakan Pendekatan Arsitektur Enterprise", penerapan idEA di Puskesmas Sleman berhasil meningkatkan interoperabilitas sistem dan mengurangi redundansi data, menawarkan solusi yang adaptif terhadap evolusi kebutuhan layanan kesehatan. Lebih lanjut, dalam pengembangan desa wisata, EA yang

berbasis pada TOGAF ADM telah mendukung integrasi proses operasional bisnis, namun idEA memberikan keunggulan tambahan dalam hal kesederhanaan dan fleksibilitas untuk konteks pedesaan yang berubah-ubah. Menurut (Rozas et al., 2022) dalam jurnal "Digital Enterprise Architecture for Green SPBE in Indonesia", idEA tidak hanya mendukung transformasi digital menggunakan big data, sistem cerdas, dan simulasi proses bisnis, tetapi juga membantu perusahaan seperti BUMDes agar dapat beradaptasi dengan lingkungan yang terus berubah. Hal ini dicapai melalui integrasi strategi, operasional, data, aplikasi, dan teknologi dimensi.

Dari hasil observasi dan wawancara di Desa Suka Nanti, Usaha Air Minum Dalam Kemasan memiliki peluang yang sangat menjanjikan. Dengan adanya sumber air yang melimpah, bersih, lokasi yang strategis, dan lahan yang memadai. Oleh karena itu Desa Suka Nanti cocok untuk dibangunnya BUMDes Air Minum Dalam Kemasan. Seiring dengan berjalannya waktu permintaan dari customer pastinya akan meningkat maka dari itu BUMDes Air minum dalam Kemasan ini dapat ditingkatkan lagi baik dari sisi produksi hingga perluasan lahan BUMDes Air Minum Dalam Kemasan. Masyarakat Desa Suka Nanti juga sangat mendukung dengan program BUMDes Air Minum Dalam Kemasan, karena memiliki peluang menciptakan lapangan pekerjaan baru bagi masyarakat Desa Suka Nanti, semua itu semakin menguatkan potensi usaha ini untuk menjadi salah satu BUMDes yang memberi keuntungan ekonomi bagi masyarakat dan Desa Suka Nanti. Namun, Usaha BUMDes Air Minum Dalam Kemasan ini belum dapat dijalankan karena aset sumber daya dan akses distribusi belum diimbangi dengan perancangan arsitektur proses produksi, penguatan sistem informasi, dan peta jalan bisnis organisasi serta kesenjangan antara sumber daya yang tersedia dengan kapasitas kelembagaan BUMDes. Maka dari itu dibutuhkan perencanaan arsitektur bisnis dengan pendekatan Integrated Multidimensional Enterprise Arcitecture, agar arsitektur bisnis dapat disusun terpadu, selaras dengan dimensi strategi, struktur organisasi, proses kerja, pengelolaan sumber daya, dan implementasi teknologi atau pembangunan BUMDes yang efektif, berkelanjutan, dan adaptif.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengoptimalkan Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) Suka Nanti, Kecamatan Jarai, Kabupaten Lahat. Dengan penerapan Integrated

Multidimensional Enterprise Architecture (idEA), dengan merancang Blueprint yang meliputi pemetaan dimensi bisnis, data, aplikasi, dan teknologi. Sehingga dapat menjadi panduan strategis untuk perencanaan, implementasi, dan evaluasi operasional BUMDes Desa Suka Nanti.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Desa Suka Nanti Kecamatan jarai Kabupaten Lahat, menggunakan metode kualitatif dengan tahapan yang pertama yaitu Observasi(observation) pendekatan observasi dapat dikelompokan ke dalam observasi perilaku(behavioral observasion) dan observasi non-perilaku (nonbehavioral observation). Metode observasi dipakai seseorang peneliti untuk mengamati perilaku atau situasi individu(Okma, 2021). Peneliti melakukan pengumpulan data dengan datang langsung ke tempat penelitian yang beralamat di Desa Suka Nanti, Kecamatan Jarai, Kabupaten Lahat.

Kedua wawancara (Interview) adalah komunikasi dua arah untuk mendapatkan data dari responden, dalam wawancara ada dua teknik yang bisa dilakukan seperti wawancara personal (personal interview) yaitu wawancara dengan melakukan tatap muka langsung dengan responden, Wawancara intersep(intercept interview) yaitu wawancara dengan responden yang dipilih dilokasi umum (Jogiyanto, 2008) Wawancara yang peneliti lakukan pada beberapa narasumber yaitu Kepala Desa dan Perangkat Desa Suka Nanti yaitu Kaur Pelayanan yang bertujuan mencari atau mengumpulkan data tentang proses bisnis BUMDes dan potensi Desa Suka Nanti.

Ketiga Studi pustaka, dalam penulisan, peneliti menggunakan berbagai refrensi seperti jurnal dan buku yang berhubungan dengan penelitian, seperti pedoman penulisan skripsi serta jurnal dan buku yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan.

Selanjutnya tahap perancangan enterprise architecture tahap ini menggunakan framwork idA yaitu, Project Planning, Vision architecture, Business Architecture, Data Architecture, Application Architecture, Technology Architecture dan Implementation

Architecture(BrainDevs, 2025). Terakhir menggunakan anlisis swot untuk menganalisis potesnsi desa dan kelayakan BUMDes.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan blueprint Enterprise Architecture (EA) pada BUMDes Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) Desa Suka Nanti menggunakan pendekatan Integrated Multidimensional Enterprise Architecture (idEA) dengan alat pemodelan Sparx Systems Enterprise Architect. Arsitektur yang dirancang mengintegrasikan lapisan visi, bisnis, data, aplikasi, dan teknologi sehingga mampu menggambarkan keterkaitan proses organisasi secara sistematis serta dapat disimulasikan untuk menyesuaikan dengan kondisi operasional BUMDes.

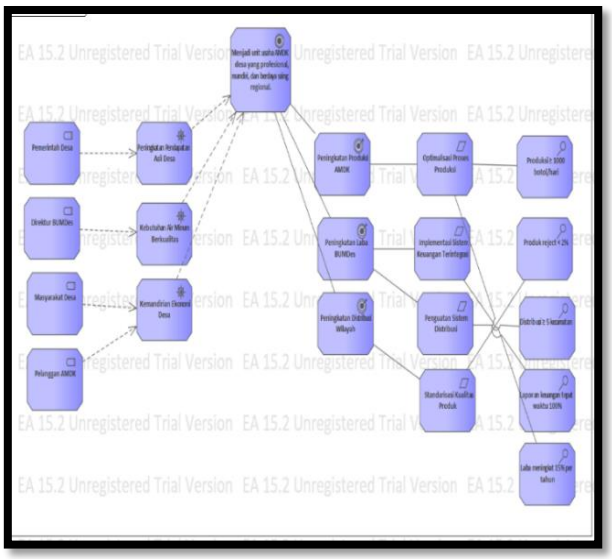
Hasil analisis SWOT menunjukkan bahwa BUMDes memiliki kekuatan pada ketersediaan sumber daya air, dukungan modal desa, dan loyalitas masyarakat. Namun demikian, terdapat kelemahan internal berupa keterbatasan SDM, belum terintegrasinya sistem informasi, serta ketergantungan pada dana desa. Dari sisi eksternal, terdapat peluang berupa digitalisasi dan kemitraan distribusi, tetapi juga ancaman dari persaingan merek AMDK nasional, tuntutan standar regulasi seperti Badan Pengawas Obat dan Makanan dan Badan Standardisasi Nasional, serta risiko keberlanjutan sumber daya air.

Dibandingkan dengan framework Enterprise Architecture seperti TOGAF yang cenderung kompleks untuk organisasi berskala besar, pendekatan idEA lebih adaptif karena mampu mengintegrasikan aspek strategis dan operasional secara kontekstual pada organisasi lokal seperti BUMDes. Penerapan blueprint arsitektur ini berpotensi menjadi pedoman strategis dan operasional dalam pengembangan sistem informasi terintegrasi, peningkatan kapasitas SDM, penyusunan SOP berbasis arsitektur, serta penguatan strategi branding dan pengelolaan sumber daya air guna meningkatkan efektivitas tata kelola dan daya saing BUMDes AMDK Suka Nanti.

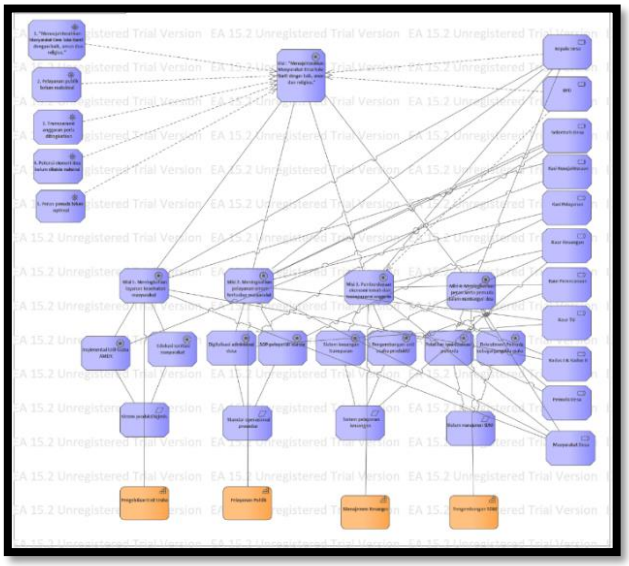
Project Planning

Tahap awal penerapan *Enterprise Architecture* (EA) pada BUMDes Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) Desa Suka Nanti dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Integrated Multidimensional Enterprise Architecture* (idEA) yang diawali melalui kegiatan *Project Planning*. Tahapan ini bertujuan untuk menetapkan batasan pengembangan, menentukan hasil yang akan dicapai, membentuk tim pelaksana, serta menyusun rencana waktu pelaksanaan yang disesuaikan dengan kondisi dan kemampuan desa. Secara kelembagaan, pendirian dan pengelolaan BUMDes berlandaskan pada Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2014 tentang Desa, yang kemudian diperbarui melalui Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja serta ditegaskan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 11 Tahun 2021 tentang Badan Usaha Milik Desa. Regulasi tersebut mengatur bahwa BUMDes merupakan badan hukum yang didirikan oleh desa melalui musyawarah desa dan ditetapkan dengan Peraturan Desa (Perdes), serta wajib dikelola secara profesional, transparan, dan akuntabel.

Vision Architecture



Gambar 1. *Vision Architecture* BUMDes AMDK

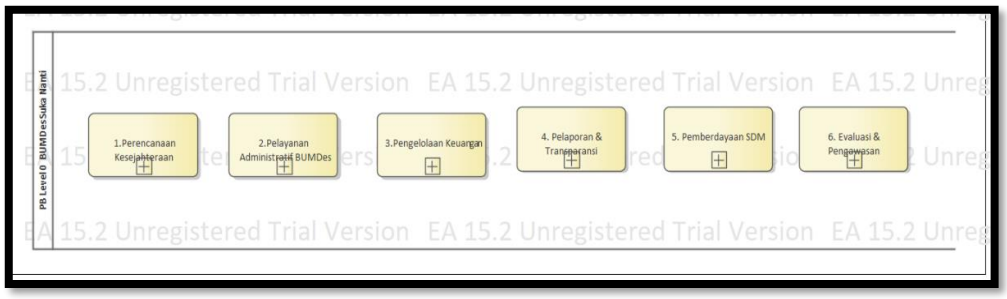


Gambar 2. *Vision Architecture* BUMDes Suka Nanti

Vision Architecture BUMDes Suka Nanti Arsitektur ini mengintegrasikan visi masyarakat yang religius, aman, dan sejahtera melalui tata kelola desa yang komprehensif. Berdasarkan lima pendorong strategis (termasuk optimalisasi ekonomi dan transparansi), visi ini didekonstruksi menjadi empat misi utama yaitu penguatan layanan kesehatan, digitalisasi publik, pemberdayaan ekonomi mikro, serta peran aktif pemuda. Implementasinya menitikberatkan pada hubungan kausalitas antara misi dengan unit teknis seperti unit AMDK dan standarisasi SOP yang didukung sinergi seluruh pemangku kepentingan untuk menjamin akuntabilitas serta kemandirian ekonomi desa yang berkelanjutan.

Vision Architecture BUMDes AMDK berfokus pada profesionalisme dan daya saing regional untuk meningkatkan Pendapatan Asli Desa (PADes) serta menyediakan air berkualitas. Visi ini direalisasikan melalui tiga tujuan strategis: peningkatan produksi, optimalisasi laba, dan perluasan distribusi wilayah. Keberhasilan unit ini diukur dengan indikator kinerja (KPI) yang ketat, termasuk target produksi minimal 1.000 botol per hari dengan tingkat cacat di bawah 2%, jangkauan ke lima kecamatan, serta pertumbuhan laba tahunan sebesar 15% yang didukung oleh sistem keuangan terintegrasi dan akurasi laporan 100%.

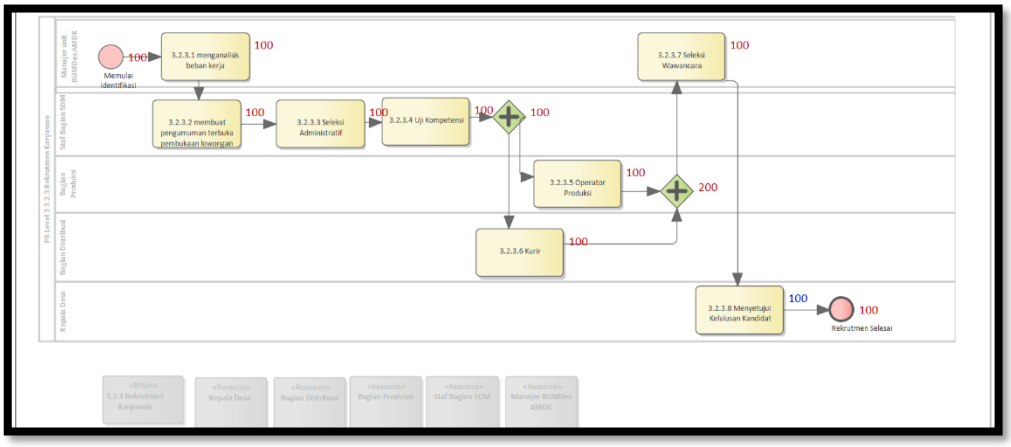
Business Architecture



Gambar 3. Business Architecture BUMDes Suka Nanti

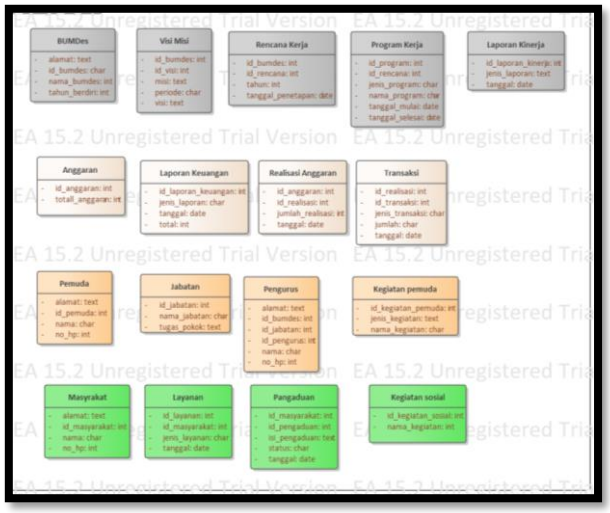
Business Architecture BUMDes Suka Nanti dirancang sebagai rantai nilai (value chain) sistematis yang mentransformasikan potensi desa menjadi kemandirian ekonomi melalui tata kelola profesional. Arsitektur ini mengintegrasikan seluruh lini operasional, mulai dari perencanaan strategis yang berorientasi pada kesejahteraan masyarakat hingga pengawasan performa organisasi secara menyeluruh. Dengan mensinkronkan unit usaha produktif melalui mekanisme pelaporan transparan dan pengelolaan SDM yang akuntabel, struktur ini memastikan efisiensi internal yang optimal guna memperkuat fungsi BUMDes sebagai penggerak ekonomi desa dan penyedia layanan publik berkualitas.

Business Architecture Simulasi Rekrutmen Karyawan BUMDes Suka Nanti merupakan kerangka operasional sistematis yang dirancang untuk menjamin pemenuhan sumber daya manusia kompeten melalui mekanisme seleksi yang transparan. Proses ini mengintegrasikan tahapan identifikasi kebutuhan formasi dengan evaluasi kualifikasi kandidat guna memastikan keselarasan kompetensi individu terhadap tuntutan operasional unit usaha. Dengan memanfaatkan platform pemodelan seperti Sparx Systems Enterprise Architect yang mendukung standar industri, alur rekrutmen dapat dideskripsikan secara terpadu untuk meminimalisir subjektivitas dalam pengambilan keputusan. Implementasi simulasi ini berfungsi sebagai landasan strategis dalam membangun modal manusia (human capital) yang profesional demi menjaga keberlanjutan layanan dan efisiensi birokrasi organisasi secara jangka panjang.



Gambar 4. Business Architecture Simulasi Rekrutmen karyawan BUMDes AMDK Suka Nanti

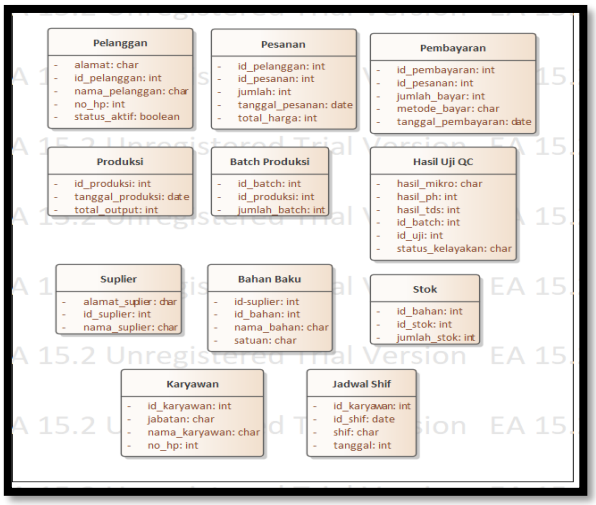
Data Architecture



Gambar 5. Data Architecture BUMDes Suka Nanti

Data Architecture BUMDes Suka Nanti dirancang untuk menjamin integrasi informasi dan akuntabilitas melalui empat kluster utama: Tata Kelola Strategis (legalitas dan rencana kerja), Administrasi Keuangan (transparansi anggaran dan transaksi), SDM (data pengurus dan pemberdayaan pemuda), serta Pelayanan Publik (profil masyarakat dan sistem pengaduan). Model ini menggunakan standarisasi atribut dan primary key yang ketat untuk memastikan konsistensi data di seluruh lini. Dengan struktur yang terintegrasi, arsitektur ini

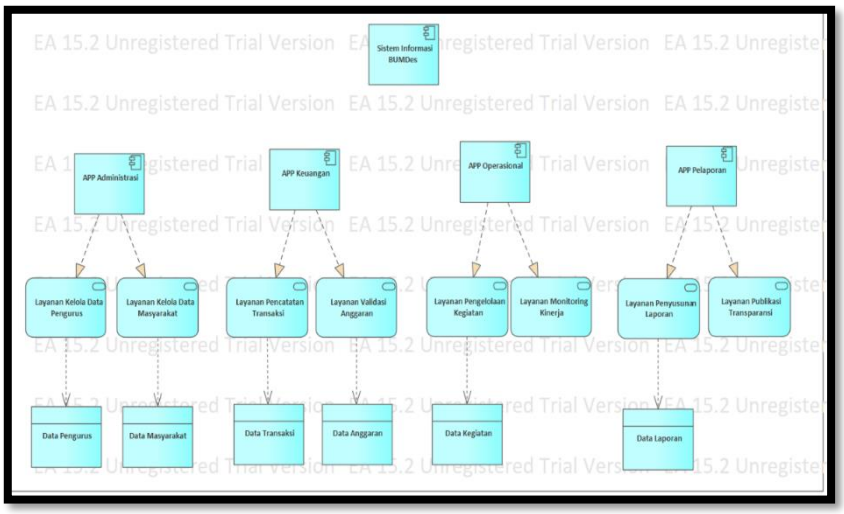
memfasilitasi pelaporan akurat dan pemantauan kinerja secara real-time guna mendukung pengambilan keputusan berbasis data bagi seluruh pemangku kepentingan desa.



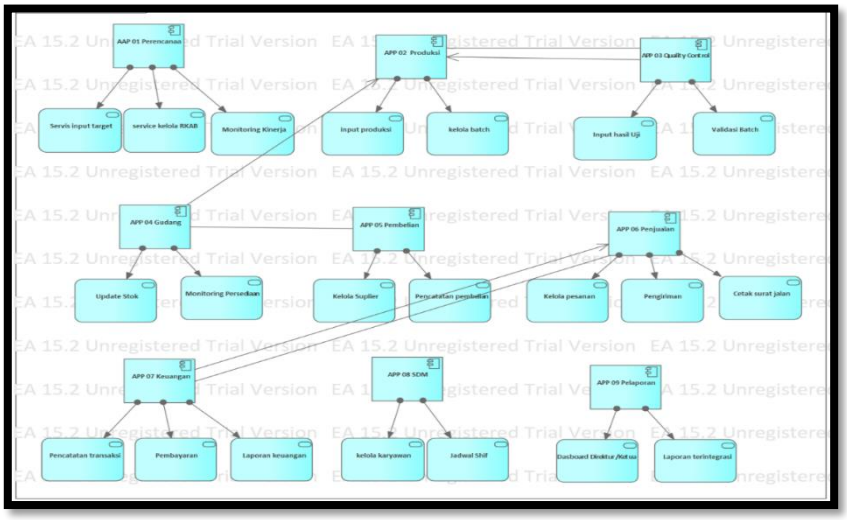
Gambar 6. Data Architecture BUMDes AMDK Suka Nanti

Data Architecture BUMDes AMDK Suka Nanti Arsitektur data unit AMDK difokuskan pada efisiensi rantai nilai produksi dan distribusi melalui tiga kluster spesifik: Siklus Produksi & Kualitas (pengendalian mutu, inventaris, dan stok), Komersial (data pelanggan, pesanan, dan pembayaran), serta SDM Operasional (jadwal shift karyawan). Sistem ini dirancang untuk menjamin ketertelusuran (traceability) produk dengan memantau parameter fisik-kimia (pH, TDS) secara presisi pada setiap batch produksi. Melalui penggunaan relasi antar identitas (ID) yang ketat, model ini berhasil meminimalkan redundansi data dan menyediakan basis data yang akurat untuk pengawasan kualitas serta pelaporan laba rugi unit usaha secara mandiri.

Application Architecture



Gambar 7. Application Architecture BUMDes Suka Nanti



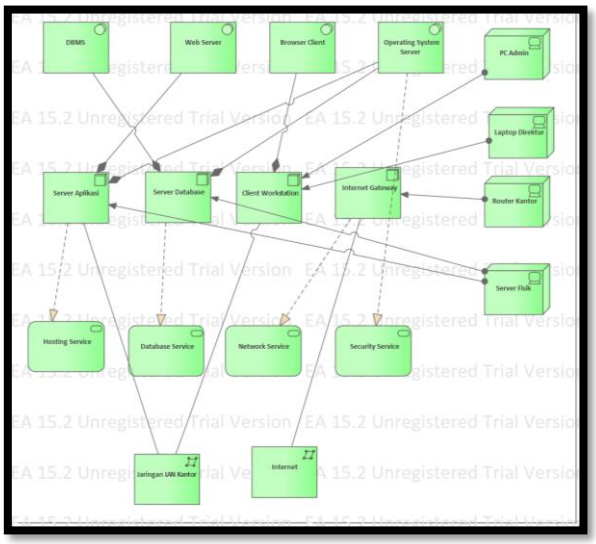
Gambar 8. Appliaction Architecture BUMDes AMDK Suka Nanti

Application Architecture BUMDes Suka Nanti dirancang sebagai ekosistem digital terintegrasi yang berpusat pada Sistem Informasi BUMDes dengan empat modul utama: APP Administrasi (pengelolaan profil pemangku kepentingan), APP Keuangan (digitalisasi transaksi dan validasi anggaran), APP Operasional (monitoring kinerja real-time), dan APP Pelaporan (publikasi transparansi publik). Setiap modul terhubung langsung dengan Data Layer untuk menjamin integritas informasi dari input hingga output. Implementasi arsitektur

ini bertujuan mengotomatisasi proses bisnis dan meminimalkan kesalahan manusia, guna menciptakan tata kelola desa yang sistematis, akuntabel, dan berbasis teknologi.

Application Architecture BUMDes AMDK Suka Nanti Arsitektur aplikasi unit AMDK merupakan ekosistem granular yang mengintegrasikan sembilan modul kolaboratif untuk mengelola rantai nilai produksi dari hulu ke hilir. Pada aspek teknis, modul Perencanaan, Produksi, dan Quality Control bersinergi dengan modul Gudang serta Pembelian untuk memastikan validitas mutu produk dan ketersediaan bahan baku. Di sisi komersial, modul Penjualan mengotomatisasi pesanan dan logistik yang terintegrasi langsung dengan modul Keuangan dan SDM. Seluruh aliran data ini bermuara pada modul Pelaporan yang berfungsi sebagai dasbor pengambilan keputusan strategis bagi Direktur, sehingga memperkuat daya saing unit usaha melalui sinkronisasi data antar departemen yang presisi.

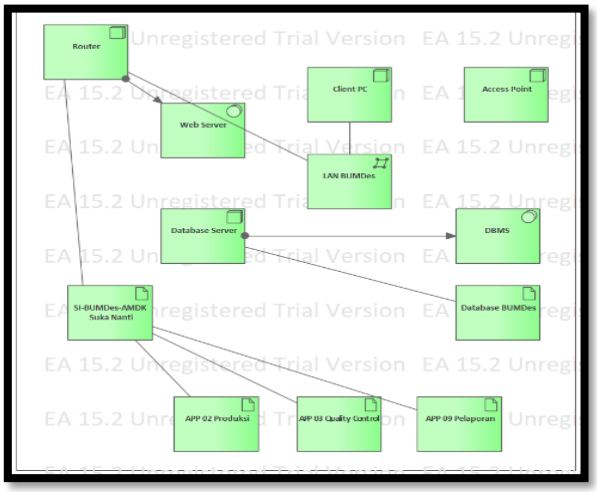
Technology Architecture



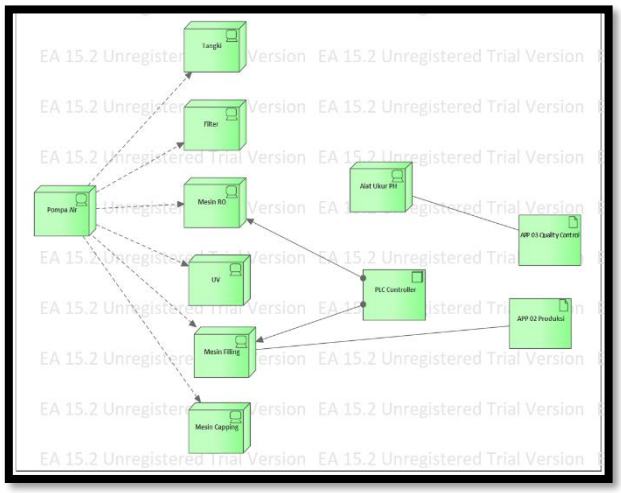
Gambar 9. Technology Architecture BUMDes Suka Nanti

Technology Architecture BUMDes Suka Nanti dirancang dengan model hierarkis yang mengintegrasikan infrastruktur fisik, layanan jaringan, dan sistem manajemen data untuk mendukung seluruh operasional digital organisasi. Secara struktural, arsitektur ini

bertumpu pada server fisik yang mengolah dua komponen kritikal, yaitu Server Aplikasi dan Server Database, yang masing-masing didukung oleh Operating System Server dan Database Management System (DBMS). Lingkungan server ini menyediakan layanan inti berupa Hosting Service, Database Service, Network Service, dan Security Service yang dapat diakses melalui jaringan LAN Kantor maupun koneksi internet melalui Internet Gateway.



Gambar 10. Technology Infrastuktur IT BUMDes AMDK Suka Nanti



Gambar 11. Technology Infrastruktur Produksi BUMDes AMDK Suka Nanti

Technology Architecture Infrastruktur IT BUMDes Suka Nanti Arsitektur ini merupakan fondasi digital berbasis Local Area Network (LAN) yang menghubungkan perangkat operasional melalui Router dan Access Point untuk aksesibilitas data terpusat.

Pada lapisan server, infrastruktur ini mengintegrasikan Web Server untuk platform aplikasi dan Database Server (DBMS) sebagai pusat penyimpanan data yang aman dan terintegrasi. Ekosistem ini mendukung jalannya Sistem Informasi BUMDes yang menghubungkan berbagai modul, seperti aplikasi Produksi, Quality Control, dan Pelaporan, secara logis dalam satu jaringan. Integrasi ini menjamin pertukaran data yang cepat antar unit fungsional serta memberikan fleksibilitas skalabilitas teknologi untuk pengembangan unit usaha di masa depan.

Technology Architecture Infrastruktur Produksi BUMDes AMDK Suka Nanti Infrastruktur produksi AMDK mengintegrasikan perangkat fisik manufaktur dengan sistem otomasi digital untuk menjaga efisiensi dan standar kualitas. Alur teknologi dimulai dari penggunaan Pompa Air, sistem filtrasi, Mesin RO, hingga sterilisasi UV yang dikendalikan secara otomatis oleh PLC Controller sebagai otak sistem. Sinergi mekanis ini diakhiri pada tahap pengemasan menggunakan Mesin Filling dan Capping. Seluruh aktivitas mesin dipantau secara real-time melalui aplikasi Produksi dan aplikasi Quality Control yang terhubung langsung dengan instrumen alat ukur pH. Implementasi ini memastikan setiap tahap pengolahan terpantau secara digital, meminimalisir kesalahan manusia, dan menjamin konsistensi produk sesuai parameter kesehatan.

Implementation Architecture

Tahap Implementasi Infrastruktur dan Sistem Tahap ini merupakan langkah strategis untuk mentransformasikan kerangka kerja organisasi ke dalam operasional nyata. Proses dimulai dengan pengadaan dan instalasi mesin produksi serta sistem pengemasan di tingkat Unit Usaha BUMDes. Setelah infrastruktur fisik siap, pengelola melanjutkan dengan implementasi aplikasi dan sistem informasi untuk mendukung digitalisasi manajemen secara menyeluruh. Alur ini memastikan bahwa seluruh perangkat keras dan lunak terintegrasi dengan benar sebagai fondasi teknis sebelum unit usaha mulai beroperasi secara penuh.

Tahap Pengembangan SDM dan Uji Operasional Fase selanjutnya berfokus pada kesiapan sumber daya manusia melalui pelatihan operator dan transfer pengetahuan mengenai konsep integrated Digital Enterprise Architecture (idEA). Pelaksana lapangan

dibekali pemahaman blueprint EA BUMDes serta simulasi proses bisnis untuk memastikan teknologi dioperasikan secara optimal. Rangkaian implementasi ini diakhiri dengan uji operasional dan evaluasi oleh pihak pengawas guna memvalidasi bahwa seluruh sistem teknis maupun manajerial telah memenuhi standar akuntabilitas yang direncanakan.

Analisis SWOT

Table 1. Analisis Swot

Faktor	Uraian
Strengths **(Kekuatan)**	1. Memiliki sumber mata air alami yang melimpah di Desa Suka Nanti. 2. Dukungan pemerintah desa melalui penyertaan modal dan legalitas badan usaha. 3. Loyalitas konsumen lokal tinggi karena rasa kepemilikan terhadap usaha desa. 4. Penggunaan blueprint arsitektur berbasis idEA yang meningkatkan standarisasi proses dan efisiensi operasional.
Weaknesses **(Kelemahan)**	1. Keterbatasan tenaga ahli lokal yang bersertifikasi teknis pengolahan air dan manajemen profesional. 2. Belum tersedianya sistem informasi terintegrasi untuk pengelolaan stok, kasir, dan logistik secara realtime. 3. Pengalaman branding dan pemasaran masih terbatas untuk bersaing dengan merek nasional. 4. Ketergantungan pada modal desa yang relatif terbatas untuk ekspansi teknologi produksi.
Opportunities **(Peluang)**	1. Preferensi masyarakat terhadap produk lokal jika kualitas setara dengan merek nasional. 2. Peluang memperoleh hibah atau pendanaan melalui program digitalisasi BUMDes. 3. Arsitektur sistem yang terstruktur memudahkan kolaborasi dengan investor atau lembaga perbankan. 4. Meningkatnya permintaan pasar terhadap produk AMDK dengan standar kualitas yang terjamin. 5. Potensi pasar dari instansi pemerintah daerah, sekolah, dan kegiatan masyarakat tingkat kecamatan. 6. Kemitraan dengan warung desa sebagai jaringan distribusi lokal.
Threats **(Ancaman)**	1. Persaingan kuat dari merek AMDK nasional seperti Aqua bottled water brand dan Le Minerale. 2. Kompleksitas pemenuhan regulasi dan audit berkala dari Badan Pengawas Obat dan Makanan, sertifikasi halal oleh Majelis Ulama Indonesia, serta standar Badan Standardisasi Nasional (SNI). 3. Risiko perubahan iklim yang berpotensi memengaruhi ketersediaan debit sumber air baku.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan Integrated Multidimensional Enterprise Architecture (idEA) dengan pemodelan menggunakan Sparx Systems Enterprise Architect mampu menghasilkan blueprint Enterprise Architecture yang mendukung optimalisasi operasional BUMDes Suka Nanti. Integrasi Vision Architecture, Data Architecture, Application Architecture, dan Technology Architecture membentuk ekosistem digital terpadu yang memungkinkan proses produksi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK), pengendalian mutu, serta pelaporan manajemen berjalan lebih transparan, akuntabel, dan efisien.

Temuan ini menegaskan nilai kebaruan bahwa pendekatan idEA terbukti adaptif untuk konteks organisasi desa seperti BUMDes AMDK, yang memiliki karakteristik berbeda dengan organisasi besar yang umumnya menggunakan framework seperti TOGAF. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji implementasi blueprint arsitektur ini pada BUMDes di desa lain guna mengevaluasi efektivitas, skalabilitas, serta kontribusinya terhadap peningkatan kinerja dan pengembangan ekonomi desa.

REFERENSI

Akbar, S., Badan, P., Milik, U., Bumdes, D., Usaha, B., Desa, D., Keuntungan, A., Desa, M., Tertinggal, P. D., Republik, T., & No, I. (n.d.). Analisis faktor penghambat perkembangan Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) Bina Usaha: Analysis of inhibiting factors in the development of the Village-Owned Enterprise (BUMDes) Bina Usaha salah satu program pemerintah dalam mendukung pembangunan desa yaitu menurut Majid Karim Pane (2021) badan usaha yang seluruh atau sebagian.

Braindevs. (2025). *Architecting the enterprise: Integrated multidimensional framework for enterprise digital transformation*. https://braindevs.com/

Ching, F. D. K. (2023). *Architecture: Form, space, and order*. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=aNy4EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP11

Coulomb, M. (2023). Essai sur une application des règles de maximis & minimis à quelques problèmes de statique, relatifs à l'architecture. *Revue Française de Géotechnique*. https://www.geotechnique-journal.org/articles/geotech/pdf/2023/02/geotech230019s.pdf

Gading, T. A., & Haryono, K. (2025). Optimalisasi tata kelola TIK pada layanan kesehatan primer menggunakan pendekatan arsitektur enterprise. *5*(4), 985–997.

Goldberger, P. (2023). *Why architecture matters* (Revised ed.). https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=sQypEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1

Guo, J., Leng, J., Zhao, J. L., Zhou, X., Yuan, Y., Lu, Y., & others. (2024). Industrial metaverse towards Industry 5.0: Connotation, architecture, enablers, and challenges. *Journal of Manufacturing*. Elsevier. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612524001559

Hershberger, R. G. (2021). A study of meaning and architecture. *EDRA*, 1. https://doi.org/10.4324/9781003003984-12

Hoang, V. T., & Jo, K. H. (2021). Practical analysis on architecture of EfficientNet. In *2021 14th International Conference on ...*. https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9538782/

Jogiyanto. (2008). *Metodologi penelitian sistem informasi*. Penerbit Andi.

Kurnianto, S. (2021). Governance and performance of Village-Owned Enterprises (BUMDes). *6*(2), 1150–1170.

Nisa, M., Arifin, Z., & Pasrah, A. (2022). Program studi administrasi publik. 96–104.

Okma, Y. (2021). *Metodologi penelitian teknik*. Universitas Musi Rawas.

Ploennigs, J., & Berger, M. (2023). AI art in architecture. *AI in Civil Engineering*. Springer. https://doi.org/10.1007/s43503-023-00018-y

Rozas, I. S., Yalina, N., & Wahyudi, N. (2022). Digital enterprise architecture for green SPBE in Indonesia. *15*(1), 26–42.

The Influence of HRIS on the Effectiveness of New Employee Data Processing with the TAM

Yahdi Kusnadi[1)*)], Keiko Angel Shantiony[2)]

[1)]Sistem Informasi, Universitas Bina Sarana Informatika
[2)]Teknologi Informasi, Universitas Bina Sarana Informatika
***)Correspondence author:** Yahdi Kusnadi, yahdi.ydk@bsi.ac.id, Jakarta, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3352

Abstract

The problems faced by BUMDes Suka Nanti in developing its Bottled Drinking Water (AMDK) business are the lack of structured and integrated business planning, where business processes are still conventional, data management has not been well documented, and the use of technology is limited, potentially causing operational inefficiencies and unclear financial management. This study aims to develop a business plan and blueprint for developing BUMDes AMDK using the Integrated Multidimensional Enterprise Architecture (idEA) approach and analyze its readiness for implementation through a SWOT analysis. The research method is carried out by analyzing the current business process to identify weaknesses, then modeling new business processes using the idEA approach that includes business architecture, data, applications, and technology, and is complemented by a SWOT analysis to evaluate the strengths, weaknesses, opportunities, and threats of implementing the blueprint. The results of the study indicate that the idEA approach produces an integrated and applicable AMDK business process blueprint, while the SWOT analysis shows that the design has strong potential to be implemented with the right strategy to improve operational efficiency, financial transparency, and support BUMDes Suka Nanti to become a modern and sustainable business. By implementing Integrated Multidimensional Enterprise Architecture (idEA), a blueprint was designed that includes mapping the dimensions of business, data, applications, and technology. This can serve as a strategic guide for the planning, implementation, and operational evaluation of the Suka Nanti Village-Owned Enterprise (BUMDes).

Keywords: *HRIS, TAM, Effectiveness, Data Processing, New Employees*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan Human Resource Information System (HRIS) terhadap efektivitas pengolahan data karyawan baru di PT Trimitra Putra Mandiri dengan pendekatan Technology Acceptance Model (TAM). Latar belakang penelitian ini berangkat dari kebutuhan perusahaan outsourcing untuk mengelola data karyawan secara cepat, akurat, dan terintegrasi. Metode penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan kerangka TAM yang mencakup variabel Perceived Usefulness (PU), Perceived Ease of Use (PEOU), Attitude Toward Using (ATU), Behavioral Intention (BI), dan Actual System Use (ASU). Data diperoleh melalui wawancara, observasi, dokumentasi, serta penyebaran kuesioner kepada 35 responden pengguna HRIS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa HRIS berperan penting dalam mempercepat proses pengolahan data hingga 61,11% lebih cepat dibandingkan metode manual, mengurangi kesalahan input, serta meningkatkan akurasi informasi karyawan baru. Analisis TAM memperlihatkan bahwa variabel PU dan PEOU menyatakan terdapat pengaruh yang sangat jelas terhadap sikap dan niat pengguna dalam menggunakan HRIS, yang kemudian berdampak pada peningkatan penggunaan aktual. Kesimpulannya, implementasi HRIS terbukti efektif dalam mendukung kelancaran proses onboarding dan administrasi Sumber Daya Manusia (SDM), terbukti efektif dalam pengolahan data karyawan baru, meyakinkan perusahaan akan pentingnya mengembangkan penggunaan HRIS lebih lanjut, terutama dengan peningkatan kesiapan Teknologi,

Pelatihan Sumber Daya Manusia, Dukungan manajemen. serta memberikan kontribusi positif terhadap pengambilan keputusan strategis perusahaan.

Kata Kunci : HRIS, TAM, Efektivitas, Pengolahan Data, Karyawan Baru

PENDAHULUAN

Pengelolaan data karyawan baru merupakan aspek penting dalam administrasi sumber daya manusia, khususnya bagi perusahaan outsourcing. Efektivitas dalam mengelola data sangat menentukan kelancaran operasional dan kepuasan klien [1]. Proses manual yang lambat, potensi kesalahan input, serta risiko kepatuhan menjadi hambatan yang sering dihadapi. Untuk menjawab tantangan tersebut, PT Trimitra Putra Mandiri mengimplementasikan HRIS sebagai solusi pengelolaan data yang lebih cepat, akurat, dan terintegrasi. HRIS diharapkan mampu mendukung proses onboarding, monitoring, serta administrasi ketenagakerjaan agar lebih efisien. Penelitian ini menggunakan pendekatan Technology Acceptance Model (TAM) guna memahami penerimaan pengguna terhadap HRIS. TAM terdiri atas konstruk PU, PEOU, ATU, BI, dan ASU [2]. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan pemahaman mendalam mengenai efektivitas HRIS di PT Trimitra Putra Mandiri.

METODE PENELITIAN

Pendekatan penelitian ini adalah kualitatif dengan dukungan kuantitatif deskriptif. Data dikumpulkan melalui:

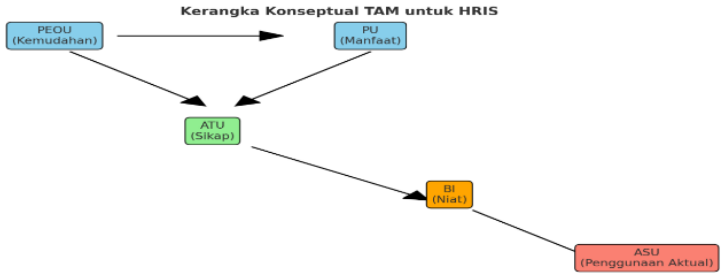
1. Wawancara semi-terstruktur dengan 9 narasumber kunci.
2. Kuesioner skala Likert (1–5) yang disebarkan ke 35 responden pengguna HRIS.
3. Observasi langsung terhadap proses pengolahan data di system

Instrumen Penelitian

Instrumen kuesioner dikelompokkan berdasarkan dimensi TAM:

1. PU: manfaat HRIS dalam meningkatkan efektivitas.
2. PEOU: kemudahan penggunaan HRIS.
3. ATU: sikap positif terhadap HRIS.

4. BI: niat pengguna untuk terus menggunakan HRIS.
5. ASU: penggunaan aktual HRIS dalam pekerjaan.



Gambar 1. Kerangka Konseptual HRIS

Teknik Analisis Data

1. Pengolahan kuesioner → dihitung mean skor per pertanyaan.

   Rumus $Mean = \frac{Jumlah\ Skor\ semua\ responden}{Jumlah\ Responden}$

2. Kategorisasi skor → 1,0–1,9 (STS), 2,0–2,9 (TS), 3,0–3,9 (Netral), 4,0–4,9 (Setuju), 5 (SS).
3. Analisis tematik → dari wawancara & observasi, untuk mendukung data kuisioner.
4. Efisiensi waktu → diukur dengan:

   Rumus $Efisiensi = \frac{Waktu\ Sebelum - Waktu\ Sesudah}{Waktu\ Sebelum}$ x 100%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Responden

Tabel 1. Karakteristik Responden

No	Karakteristik	Kategori	Jumlah (n)	Persentase %
1	Jenis Kelamin	Laki-laki	19	54,29%
		Perempuan	16	45,71%
2	Usia	20–30 tahun	27	77,14%
		31–40 tahun	6	17,14%
		41–50 tahun	2	5,71%
3	Pendidikan	SMA/K	18	51,43%
		Diploma	2	5,71%
		Sarjana	12	34,29%
		Pascasarjana	3	8,57%
4	Jabatan	Staf	30	85,71%
		Supervisor	3	8,57%
		Manajer	2	5,71%

Hasil Kuisioner Tam

Tabel 2. Hasil Kuisioner Tam

No	Pertanyaan	Indikator dalam TAM	Frekuensi Jawaban	Jumlah Responden
1	Saya Sangat Sering Menggunakan HRIS dalam pekerjaan sehari-hari.	Frekuensi penggunaan HRIS / Actual System Use (ASU)	STS TS N S SS 10 10 15 28.57% 28.57% 42. Mean : 4,1	35 100%
2	Penggunaan HRIS mempercepat proses pengolahan data karyawan baru dibanding metode manual.	HRIS mempercepat proses pengolahan data / Perceived Usefulness (PU)	STS TS N S SS 2 18 15 5.71% 51.43% 42. Mean : 4,4	35 100%
3	Saya merasa HRIS mudah digunakan dan dipahami dalam pengolahan data karyawan baru.	HRIS mudah digunakan / Perceived Easy Of Use (PEOU)	STS TS N S SS 7 12 16 20% 34.29% 45.7 Mean : 4,2	35 100%
4	Saya sudah sangat puas dengan fitur-fitur yang tersedia dalam HRIS.	Pengguna puas dengan fitur HRIS / Attitude Toward Using (ATU)	STS TS N S S 3 8 18 6 8.57% 22.86% 51.43% 1 Mean : 3,8	35 100%
5	Saya akan terus menggunakan HRIS karna membantu pekerjaan saya	Pengguna akan terus menggunakan HRIS karna membantu pekerjaan / Behavioral Intention To Use (BI)	STS TS N S SS 9 20 6 25.71% 57.14% 17. Mean : 3,9	35 100%

Hasil Kuesioner

1. PU: skor rata-rata 4,4 (sangat bermanfaat).
2. PEOU: skor rata-rata 4,2 (mudah digunakan).
3. ATU: skor rata-rata 4,3 (sikap positif).
4. BI: skor rata-rata 3,9 (niat berlanjut tinggi).
5. ASU: skor rata-rata 4,2 (penggunaan aktual tinggi).

Hasil Wawancara dengan Narasumber Kunci

Tabel 3. Hasil Wawancara Indikator Tam

Proses Pengolahan Data	Sebelum HRIS (jam)	Sesudah HRIS (jam)	Efisiensi
Input Data	4	1	75% lebih cepat
Verifikasi Data	3	1,5	50% lebih cepat
Integritas Data	2	1	50% lebih cepat
Total	9	3,5	61,11% lebih cepat

Dalam penelitian ini, wawancara dilakukan terhadap 9 narasumber kunci yang terlibat langsung dalam penggunaan HRIS di PT Trimitra Putra Mandiri. Wawancara bertujuan untuk memperdalam temuan kuisioner, khususnya mengenai efektivitas HRIS berdasarkan dimensi Technology Acceptance Model (TAM).

Perceived Usefulness (PU)

Mayoritas narasumber menyatakan bahwa HRIS sangat membantu dalam mempercepat proses pengolahan data karyawan baru. Beberapa poin utama:

1. Alfyan & Luhfiar (Input Data): Menyebutkan bahwa input data karyawan yang biasanya membutuhkan waktu 4 jam kini hanya 1 jam, sehingga pekerjaan lain bisa segera dikerjakan.
2. Rahmi & Alma (Verifikasi Data): Mengatakan bahwa HRIS mengurangi kesalahan verifikasi manual, data lebih cepat terkonfirmasi, dan meningkatkan kepercayaan terhadap hasil yang dikelola.

Perceived Ease of Use (PEOU)

Sebagian besar responden merasa HRIS relatif mudah dipahami meskipun ada tahap adaptasi.

1. Leo (Integritas Data): Menyampaikan bahwa fitur HRIS cukup intuitif, hanya membutuhkan pelatihan singkat.
2. Angga: Mengatakan HRIS memudahkan pencarian dan konsistensi data, meski kadang ada hambatan teknis.

Attitude Toward Using (ATU)

Sikap terhadap HRIS umumnya positif.

1. Narasumber menyebutkan HRIS sebagai "alat kerja utama" yang sudah terbiasa digunakan setiap hari.
2. Ada kebanggaan tersendiri karena perusahaan mulai beralih dari manual ke sistem digital.

Behavioral Intention (BI)

Niat menggunakan HRIS di masa depan cukup tinggi.

1. Responden menyatakan akan tetap menggunakan HRIS karena terbukti efisien.
2. Beberapa berharap ada pengembangan fitur tambahan, seperti integrasi dengan payroll atau absensi online.

Actual System Use (ASU)

1. Semua narasumber mengaku HRIS sudah menjadi bagian rutin pekerjaan.
2. Input, verifikasi, hingga pengecekan integritas data dilakukan langsung dengan HRIS.
3. Meski sesekali ada kendala teknis, sistem tetap digunakan karena menjadi standar operasional perusahaan.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan analisis data dan pengujian-pengujian serta hasil pembahasan yang telah diuraikan dalam penelitian Pengaruh Penerapan Sistem Informasi Berbasis Web (SIMGos) Dalam Pelayanan kesehatan Pada Klinik Pratama Medisal Kota Ambon, penulis menarik kesimpulan dan rekomendasi sebagai berikut:

1. HRIS terbukti efektif dalam pengolahan data karyawan baru di PT Trimitra Putra Mandiri.
2. Sistem ini mampu meningkatkan efisiensi waktu lebih dari 60% dan diterima positif oleh karyawan berdasarkan kerangka TAM.
3. Implikasi penelitian ini menunjukkan perlunya perusahaan mengembangkan HRIS lebih lanjut, terutama dengan peningkatan kesiapan Teknologi, Pelatihan Sumber Daya Manusia, Dukungan manajemen.
4. Tingkatkan fitur HRIS dengan menambahkan notifikasi, pengingat administrasi, dan pencarian data yang lebih efisien.
5. Lakukan pelatihan dan pendampingan berkelanjutan bagi pengguna untuk memaksimalkan pemanfaatan HRIS dan mengurangi hambatan teknis.
6. Perkuat dukungan manajemen melalui penyediaan sumber daya, sarana, dan kebijakan agar implementasi HRIS berjalan optimal dan berkelanjutan.

REFERENSI

Afifah, T., Ibrahim, & Arifudin, O. (2024). Implementasi technology acceptance model (TAM) pada penerimaan aplikasi sistem manajemen pendidikan di lingkungan madrasah. *Jurnal Tahsinia, 5*(9), 1353–1369.

Anwar, C. (2024). Rekomendasi teknis untuk pengolahan data berbasis web. *Jurnal Informatika Utama*. https://jurnal.astinamandiri.com/index.php/jitu/article/view/166

Anwar, C., & Riyanto, J. (2019). Perancangan sistem informasi human resources development pada PT. Semacom Integrated. *International Journal of Education,*

Science, Technology, and Engineering, 2(1), 19–38. https://doi.org/10.36079/lamintang.ijeste-0201.16

Aziz, M. T. A., & Wardhani, N. K. (2018). Sistem informasi manajemen sumber daya manusia berbasis web (Studi kasus: PT. Klik Teknologi Indonesia). *Jurnal Techno Nusa Mandiri, 15*(2), 145. https://doi.org/10.33480/techno.v15i2.933

Chamid, A., Santi, M. W., Rachmawati, E., & Yunus, M. (2022). Evaluasi penggunaan sistem e-posyandu dengan metode technology acceptance model (TAM) di Posyandu Manggis 15, 15A, dan 18 Dusun Darungan Jember. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes, 13*(4). http://dx.doi.org/10.33846/sf13442

Johan. (2021). Rancang bangun sistem human resource management pada PT. Batang Hari Barisan berbasis web. *Jurnal Teknologi (JITEKIN), 11*(2), 57–64. https://doi.org/10.37034/komtekinfo.v8i3.213

Nugraha, R. I., & Dewi, F. N. (2025). Evaluasi penerapan sistem informasi rekam medis elektronik metode technology acceptance model (TAM) di RS X Kota Surabaya. *Jurnal Informasi Kesehatan Indonesia, 11*(1), 29–42.

Nuriadini, A., & Hadiprajitno, P. T. B. (2022). Manfaat penerapan sistem informasi akuntansi terhadap kinerja karyawan dengan pendekatan TAM (Studi fenomenologi pada PT PLN UP3 Demak). *Diponegoro Journal of Accounting, 11*(1), 1–11.

Putri, A. C. R., & Dewi, A. O. P. (2020). Analisis penerimaan aplikasi iSalatiga untuk pemustaka di Dinas Perpustakaan dan Arsip Kota Salatiga. *Jurnal Ilmu Perpustakaan, 9*(1), 1–11.

Safarudin, M. S. (2024). Implementasi project HRIS di perusahaan, *1*(39).

Solikhin, B., & Rifal, A. (2024). Sistem informasi pengolahan data laporan kasus kriminal pada Subdit Renakta Ditreskrimum Polda Jawa Timur. *Dike*. https://ejournal.cvrobema.com/index.php/dike/article/view/64

Sugiyono. (2020). *Cara mudah menyusun skripsi, tesis, dan disertasi*. Alfabeta.

Sunandar, A., & Septanto, H. (2023). Perancangan human resource information system berbasis web di PT Master Steel. *Jurnal Informatika dan Teknologi Komputer, 3*(2), 164–172. https://doi.org/10.55606/jitek.v3i2.1846

SunfishGo. (2024). Tipe-tipe software HRIS di Indonesia. http://www.sunfishgo.com/

Sutinah, E., Alfarobi, I., & Setiawan, A. (2021). Metode rapid application development dalam pembuatan sistem informasi pemenuhan SDM pada perusahaan outsourcing. *InfoTekJar: Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan, 5*(2), 246–253.

Wicaksono, S. R. (2022). Teori dasar: Technology acceptance model. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0067-6_4

Wirayuda, A., Pamungkas, B. A., & ... (2025). Studi literatur: Konsep pengolahan data. *Didaktik: Jurnal Pendidikan*. http://journal.stkipsubang.ac.id/index.php/didaktik/article/view/10214

Development of a Web-Based Library Management Monitoring System at State Senior High School 7 Kupang

Heppy Hanatris Auw[1)*)], Maria M. B. Sogen[2)], Diana Yanni Ariswati Fallo[3)]

[1)2)3)]Pendidikan Informatika, Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Citra Bangsa Kupang
***)Correspondence author:** Heppy Hanatris Auw, heppyauw23@gmail.com, Kupang, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3359

Abstract

Happy Hanatris Auw, 2025. Development of a Web-Based Library Management Monitoring System to Improve the Quality of Library Services at SMA Negeri 7 Kupang. Informatics Education Study Program, Faculty of Teacher Training and Education, Citra Bangsa University Kupang. Supervisors: Dr. Maria M. B. Sogen, S.Kom., M.Pd, Diana Yanni Ariswati Fallo, S. Kom., M.T. This research aims to develop a web-based library management monitoring system to improve service effectiveness and data management accuracy at SMA Negeri 7 Kupang. The method used is Research and Development (R&D) with the Waterfall model, which includes needs analysis, design, implementation, testing, and maintenance. The analysis results show that the previous library management was still done manually, leading to data inaccuracies, service delays, and difficulties in monitoring. The developed system provides features for book and user data management, automated loan and return transactions, real-time stock checking, and integrated report generation. Media expert validation showed a feasibility level of 85.41% with a feasible category. User response testing also yielded excellent results, with 94% of students, 97% of teachers, and 96.2% of librarians. The system implementation proved to speed up services, improve record-keeping accuracy, facilitate information access, and support the development of student character traits such as discipline, responsibility, and independence.

Keywords: *Web-Based Library System, Monitoring, Waterfall, Library Services, Digital Library.*

Abstrak

Heppy Hanatris Auw, 2025. Pengembangan Sistem Monitoring Pengelolaan Perpustakaan Berbasis Web untuk Meningkatkan Kualitas Layanan Perpustakaan di SMA Negeri 7 Kupang. Program Studi Pendidikan Informatika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Citra Bangsa Kupang. Pembimbing Dr Maria M. B. Sogen, S.Kom., M.Pd, Diana Yanni Ariswati Fallo, S. Kom., M.T. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring pengelolaan perpustakaan berbasis web untuk meningkatkan efektivitas layanan dan akurasi pen gelolaan data di SMA Negeri 7 Kupang. Metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model Waterfall yang meliputi analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Hasil analisis menunjukkan bahwa pengelolaan perpustakaan sebelumnya masih dilakukan secara manual, sehingga menimbulkan ketidaktepatan data, keterlambatan layanan, dan kesulitan monitoring. Sistem yang dikembangkan menyediakan fitur manajemen data buku dan pengguna, transaksi peminjaman dan pengembalian otomatis, pengecekan stok secara real time, serta pembuatan laporan terintegrasi. Validasi ahli media menunjukkan tingkat kelayakan sebesar 85,41% dengan kategori layak. Uji respons pengguna juga memperoleh hasil sangat baik, yaitu siswa 94%, guru 97%, dan pustakawan 96,2%. Implementasi sistem terbukti mempercepat layanan, meningkatkan akurasi pencatatan, mempermudah akses informasi, serta mendukung pembentukan karakter siswa seperti disiplin, tanggung jawab, dan kemandirian.

Kata Kunci : Sistem Perpustakaan Berbasis Web, Monitoring, Waterfall, Layanan Perpustakaan, Digital Library.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi pada era Revolusi Industri 4.0 telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk bidang pendidikan dan pengelolaan informasi. Transformasi digital mendorong lembaga pendidikan untuk mengintegrasikan teknologi dalam sistem administrasi maupun layanan akademik agar lebih efektif dan efisien. Perpustakaan sebagai pusat sumber belajar memiliki peran strategis dalam mendukung proses pendidikan. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2007 tentang Perpustakaan menyatakan bahwa perpustakaan merupakan institusi pengelola koleksi karya tulis, karya cetak, dan/atau karya rekam secara profesional dengan sistem yang baku guna memenuhi kebutuhan pendidikan, penelitian, pelestarian, informasi, dan rekreasi pemustaka (Manu & Fallo, 2022). Seiring perkembangan teknologi, perpustakaan mengalami transformasi menuju perpustakaan digital atau E-Library, yaitu sistem perpustakaan yang memanfaatkan media elektronik dalam penyampaian dan pengelolaan koleksi.

Pemanfaatan teknologi informasi dalam pengelolaan perpustakaan sekolah semakin didorong untuk meningkatkan mutu layanan pendidikan. Pendidikan menurut Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 merupakan usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi dirinya. Oleh karena itu, dukungan sistem informasi yang baik menjadi bagian penting dalam menunjang keberhasilan proses pembelajaran. Perkembangan teknologi informasi turut mendorong modernisasi layanan perpustakaan berbasis digital (Andike et al., 2022). Namun demikian, berbagai perpustakaan sekolah masih menghadapi kendala seperti pencatatan manual, keterbatasan sistem informasi, serta kurang efisiennya proses administrasi (Oktavia, 2024). Kondisi ini menunjukkan perlunya pengembangan sistem berbasis web yang mampu mengoptimalkan pengelolaan perpustakaan (Asari et al., 2025).

Berdasarkan hasil observasi dan pengalaman Praktik Pengalaman Lapangan (PPL) di SMA Negeri 7 Kupang, pengelolaan administrasi perpustakaan masih dilakukan secara

manual. Proses pendataan anggota, pencatatan peminjaman dan pengembalian buku, serta penyusunan laporan dilakukan menggunakan buku besar. Kondisi tersebut menyebabkan proses pelayanan menjadi lambat, rentan kesalahan pencatatan, serta menyulitkan temu balik informasi. Proses manual yang memakan waktu juga berdampak pada kurang optimalnya pelayanan kepada siswa dan guru, sehingga efektivitas fungsi perpustakaan sebagai sumber belajar belum maksimal (Fahmidin Said, 2022). Padahal, pemanfaatan teknologi informasi di perpustakaan bertujuan untuk meningkatkan kualitas layanan dan efisiensi kerja pengelola (Andike et al., 2022).

Pengembangan sistem berbasis web menjadi solusi yang relevan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Sistem monitoring pengelolaan perpustakaan berbasis web memungkinkan pencatatan transaksi dilakukan secara otomatis, penyimpanan data lebih aman, serta penyajian laporan secara cepat dan akurat. Dengan memanfaatkan bahasa pemrograman PHP yang terintegrasi dengan basis data MySQL, sistem dapat dirancang untuk mendukung proses login pengguna, pencatatan peminjaman dan pengembalian, pengelolaan data buku dan anggota, serta penyusunan laporan secara terstruktur (Simbolon, 2021). Implementasi sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional serta kualitas layanan perpustakaan.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem monitoring pengelolaan perpustakaan berbasis web di SMA Negeri 7 Kupang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui proses pengembangan sistem serta menguji efektivitas penerapannya dalam meningkatkan kualitas layanan perpustakaan di SMA Negeri 7 Kupang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (Research and Development/R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan produk berupa sistem monitoring pengelolaan perpustakaan berbasis web serta menguji efektivitas dan kelayakan penggunaannya di SMA Negeri 7 Kupang. Model pengembangan sistem yang digunakan

adalah metode Waterfall karena memiliki tahapan yang terstruktur, sistematis, dan berurutan sehingga sesuai untuk pengembangan sistem informasi sekolah.

Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 7 Kupang pada tahun ajaran 2024/2025. Populasi penelitian adalah seluruh pengguna perpustakaan yang terdiri dari pustakawan, guru, dan siswa. Sampel ditentukan menggunakan teknik purposive sampling, yaitu pemilihan responden berdasarkan keterlibatan langsung dalam penggunaan dan pengelolaan sistem, meliputi admin/pustakawan, guru, dan siswa.

Teknik pengumpulan data meliputi observasi untuk mengetahui kondisi pengelolaan perpustakaan yang masih dilakukan secara manual, wawancara dengan pustakawan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem, dokumentasi untuk mengumpulkan data buku dan transaksi, serta angket/kuesioner untuk menilai kelayakan dan efektivitas sistem setelah diterapkan.

Pengembangan sistem menggunakan model Waterfall yang terdiri dari lima tahap.Tahap pertama adalah analisis kebutuhan (requirement analysis), yaitu mengidentifikasi kebutuhan sistem berdasarkan hasil observasi dan wawancara, seperti pengelolaan data buku, anggota, peminjaman, pengembalian, denda, dan laporan. Tahap kedua adalah perancangan sistem (system design), yang meliputi perancangan database, diagram alur sistem, serta desain antarmuka pengguna. Tahap ketiga adalah implementasi (coding), yaitu menerjemahkan desain ke dalam bahasa pemrograman PHP dengan database MySQL sehingga terbentuk aplikasi berbasis web. Tahap keempat adalah pengujian (testing), Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (Research and Development/R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan produk berupa sistem monitoring pengelolaan perpustakaan berbasis web serta menguji efektivitas dan kelayakan penggunaannya di SMA Negeri 7 Kupang. Model pengembangan sistem yang digunakan adalah metode Waterfall karena memiliki tahapan yang terstruktur, sistematis, dan berurutan sehingga sesuai untuk pengembangan sistem informasi sekolah.

Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 7 Kupang pada tahun ajaran 2024/2025. Populasi penelitian adalah seluruh pengguna perpustakaan yang terdiri dari pustakawan, guru, dan siswa. Sampel ditentukan menggunakan teknik purposive sampling, yaitu

pemilihan responden berdasarkan keterlibatan langsung dalam penggunaan dan pengelolaan sistem, meliputi admin/pustakawan, guru, dan siswa.

Teknik pengumpulan data meliputi observasi untuk mengetahui kondisi pengelolaan perpustakaan yang masih dilakukan secara manual, wawancara dengan pustakawan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem, dokumentasi untuk mengumpulkan data buku dan transaksi, serta angket/kuesioner untuk menilai kelayakan dan efektivitas sistem setelah diterapkan.

Pengembangan sistem menggunakan model Waterfall yang terdiri dari lima tahap. Tahap pertama adalah analisis kebutuhan (requirement analysis), yaitu mengidentifikasi kebutuhan sistem berdasarkan hasil observasi dan wawancara, seperti pengelolaan data buku, anggota, peminjaman, pengembalian, denda, dan laporan. Tahap kedua adalah perancangan sistem (system design), yang meliputi perancangan database, diagram alur sistem, serta desain antarmuka pengguna. Tahap ketiga adalah implementasi (coding), yaitu menerjemahkan desain ke dalam bahasa pemrograman PHP dengan database MySQL sehingga terbentuk aplikasi berbasis web. Tahap keempat adalah pengujian (testing), dilakukan pada setiap sprint menggunakan pengujian fungsional (black box) dan uji coba pengguna untuk memastikan seluruh fungsi sistem berjalan dengan baik dan memperbaiki kesalahan yang ditemukan. Tahap kelima adalah implementasi dan pemeliharaan (deployment and maintenance), yaitu penerapan sistem di perpustakaan serta perbaikan berkelanjutan jika diperlukan.

Data hasil angket dianalisis menggunakan skala Likert 1–4, kemudian dihitung nilai rata-rata untuk menentukan kategori kelayakan sistem secara deskriptif kuantitatif. Data disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan uraian deskriptif. Keabsahan data dijamin melalui triangulasi teknik (observasi, wawancara, dokumentasi), validasi ahli, dan uji coba lapangan. Melalui tahapan tersebut diharapkan sistem yang dikembangkan valid, layak, dan efektif dalam meningkatkan kualitas layanan perpustakaan di SMA Negeri 7 Kupang.

untuk memastikan seluruh fungsi sistem berjalan dengan baik dan memperbaiki kesalahan yang ditemukan. Tahap kelima adalah implementasi dan pemeliharaan

(deployment and maintenance), yaitu penerapan sistem di perpustakaan serta perbaikan berkelanjutan jika diperlukan.

Data hasil angket dianalisis menggunakan skala Likert 1–4, kemudian dihitung nilai rata-rata untuk menentukan kategori kelayakan sistem secara deskriptif kuantitatif. Data disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan uraian deskriptif. Keabsahan data dijamin melalui triangulasi teknik (observasi, wawancara, dokumentasi), validasi ahli, dan uji coba lapangan. Melalui tahapan tersebut diharapkan sistem yang dikembangkan valid, layak, dan efektif dalam meningkatkan kualitas layanan perpustakaan di SMA Negeri 7 Kupang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian diperoleh melalui serangkaian tahapan pengembangan sistem yang meliputi observasi, perencanaan dan analisis, perancangan, pengembangan, hingga pengujian. Setiap tahapan menggambarkan proses bagaimana sistem monitoring pengelolaan perpustakaan berbasis web dikonseptualisasikan, dikembangkan, dan dievaluasi berdasarkan data empiris yang diperoleh dari SMA Negeri 7 Kupang sebagai objek penelitian. Proses ini menghasilkan sistem perpustakaan digital yang dirancang untuk mengatasi permasalahan administratif, khususnya dalam pengelolaan data buku, transaksi peminjaman dan pengembalian, serta penyajian laporan secara cepat dan akurat.

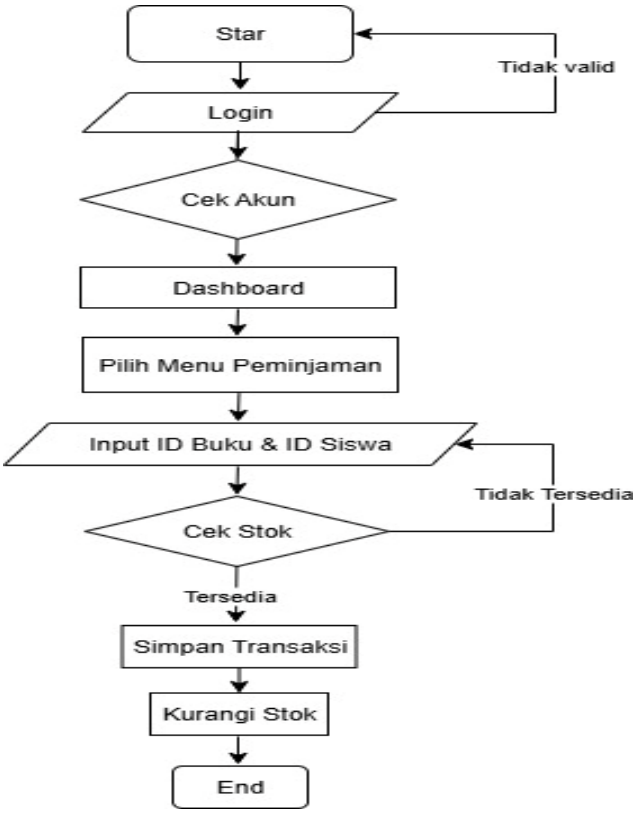
Analysis (Analisis Kebutuhan Sistem)

Pada tahap ini yang di lakukan yaitu mengidentifikasi kebutuhan sistem dengan melibatkan stakeholder utama, seperti pustakawan, guru, dan siswa. Teknik yang digunakan dalam tahap ini meliputi observasi langsung terhadap aktivitas perpustakaan serta wawancara mendalam dengan pengelola perpustakaan. Tujuannya adalah untuk mengetahui kelemahan sistem pengelolaan yang sedang berjalan (biasanya masih manual), dan merumuskan kebutuhan yang harus dipenuhi oleh sistem yang baru. Output dari tahap ini adalah dokumen kebutuhan sistem (System Requirement Specification/SRS) yang memuat kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem.

Sistem ini digunakan oleh pustakawan, siswa, dan admin sekolah untuk mengelola sirkulasi buku (peminjaman/pengembalian), memantau aktivitas pengguna, serta menyediakan data dan laporan secara digital dan otomatis. Sistem berbasis web dan dapat diakses melalui komputer/laptop yang terhubung dengan jaringan lokal atau internet.

Design (Perancangan Sistem)

Setelah kebutuhan terkumpul, tahap berikutnya adalah perancangan sistem (system design). Di tahap ini, peneliti menyusun: Desain antarmuka pengguna (User Interface Design) dengan pendekatan user-friendly agar mudah digunakan. Flowchart dan Data Flow Diagram (DFD) untuk memetakan alur proses sistem dari mulai input hingga output. Perancangan struktur database, termasuk skema tabel,relasi antar data, dan atribut yang di butuhkan. Desain ini berfungsi sebagai blueprint teknis dalam proses implementasi sistem nantinya.



Gambar 1. Flowchart

Berikut adalah penjelasan rinci setiap tahapan dalam flowchart proses peminjaman buku pada sistem monitoring pengelolaan perpustakaan berbasis web :

1. Start

   Merupakan titik awal proses. Artinya, pengguna (biasanya siswa atau pustakawan) memulai akses ke sistem, biasanya melalui halaman login utama pada aplikasi berbasis web.

2. Login

   Pada tahap ini, pengguna diminta memasukkan username dan password untuk bisa mengakses sistem. Setiap jenis pengguna (admin, pustakawan, siswa) memiliki hak akses yang berbeda.

3. Cek Akun

   Sistem akan memverifikasi kredensial login yang dimasukkan. Jika data cocok (valid), pengguna bisa lanjut ke halaman dashboard. Jika tidak valid, maka akan muncul notifikasi error atau akses ditolak.

4. Dashboard

   Setelah berhasil login, pengguna akan diarahkan ke halaman utama sistem (dashboard) yang berisi menu dan informasi penting, seperti statistik peminjaman, daftar buku, notifikasi, dan menu peminjaman atau pengembalian buku.

5. Pilih Menu Peminjaman

   Pengguna (biasanya siswa atau pustakawan) memilih fitur "Peminjaman Buku" pada menu utama. Tahapan ini adalah titik masuk untuk melakukan proses transaksi peminjaman buku.

6. Input ID Buku dan ID Siswa, Pada tahap ini, pengguna akan diminta untuk:

   - Memasukkan ID buku (misalnya: kode buku atau ISBN)
   - Memasukkan ID siswa (bisa berupa NIS atau akun siswa)

   Data ini digunakan oleh sistem untuk melacak dan mencatat peminjaman.

7. Cek Stok

   Sistem akan secara otomatis memeriksa ketersediaan buku berdasarkan ID yang dimasukkan:

Jika stok tersedia, proses bisa dilanjutkan. Jika stok habis, akan muncul pemberitahuan bahwa buku tidak bisa dipinjam saat ini.

8. Tersedia, Ini adalah tahap pengambilan keputusan otomatis oleh sistem:
   - Jika YA → lanjut ke penyimpanan transaksi.
   - Jika TIDAK → sistem menolak proses peminjaman dan mengarahkan pengguna kembali ke pencarian atau pilihan buku lain.
9. Simpan Transaksi, Jika buku tersedia, maka sistem akan:

   Merekam transaksi peminjaman ke dalam database (tanggal pinjam, ID siswa, ID buku, batas pengembalian). Menandai status buku sebagai sedang di pinjam. Transaksi ini menjadi bagian dari riwayat perpustakaan.
10. Kurangi Stok, Setelah transaksi disimpan, sistem akan secara otomatis:
    - Mengurangi jumlah stok buku yang tersedia (misal dari 5 → 4).
    - Menjaga akurasi data stok, agar informasi yang ditampilkan selalu up to date.
11. End

    Tahap terakhir dari proses peminjaman. Sistem menampilkan notifikasi bahwa peminjaman berhasil dilakukan. Proses selesai, dan pengguna bisa kembali ke dashboard atau mencetak bukti peminjaman jika tersedia.

    Flowchart ini menggambarkan proses otomatis dan sistematis dari peminjaman buku di perpustakaan berbasis web. Setiap langkah dirancang agar:
    - Memastikan validitas data pengguna dan buku.
    - Mengurangi kesalahan manual dalam pencatatan.
    - Menyediakan pelacakan stok dan transaksi secara real-time.
    - Meningkatkan efisiensi dan kenyamanan layanan perpustakaan.

Implementation (Implementasi Sistem)

Pada tahap ini, dilakukan proses pengkodean (coding) dari desain yang telah dibuat. Bahasa pemrograman dan teknologi yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan proyek, misalnya PHP untuk backend, HTML/CSS/JavaScript untuk frontend, serta MySQL untuk

sistem manajemen basis data. Setiap fitur yang telah dirancang sebelumnya, seperti pencatatan buku, manajemen peminjaman/pengembalian, monitoring statistik, dan laporan, mulai dikembangkan menjadi fungsi yang dapat dijalankan secara nyata. Teknologi yang digunakan dalam pengembangan sistem perpustakaan berbasis web, dalam proyek ini, meliputi :

1. PHP

   Digunakan untuk pemrograman sisi server (backend), yaitu bagian yang mengatur logika sistem, pemrosesan data, dan interaksi dengan database. PHP adalah bahasa pemrograman sisi server yang berperan penting dalam membangun logika sistem dan mengatur alur kerja aplikasi. Dalam sistem perpustakaan berbasis web, PHP digunakan untuk memproses data yang dimasukkan pengguna, menghubungkan aplikasi dengan database MySQL, serta menghasilkan halaman web yang dinamis sesuai kebutuhan. Misalnya, ketika seorang admin menambahkan data buku baru, PHP akan memproses input tersebut dan menyimpannya ke dalam tabel buku pada database. Dengan demikian, PHP berfungsi sebagai penghubung utama antara antarmuka pengguna dengan basis data di server.

2. MySQL

   Digunakan sebagai sistem manajemen basis data (DBMS) untuk menyimpan semua data seperti buku, anggota, transaksi peminjaman dan pengembalian. MySQL adalah sistem manajemen basis data yang digunakan untuk menyimpan, mengelola, dan mengolah seluruh informasi dalam sistem perpustakaan. Data seperti daftar buku, data anggota, transaksi peminjaman dan pengembalian, hingga laporan bulanan tersimpan secara terstruktur dalam tabel-tabel MySQL. Melalui PHP, aplikasi dapat melakukan operasi CRUD (Create, Read, Update, Delete) pada database sehingga data selalu mutakhir dan akurat. MySQL berperan sebagai gudang data utama yang menjamin kelancaran pengelolaan perpustakaan berbasis web.

Setiap fitur yang sudah dirancang sebelumnya kini mulai dikembangkan satu per satu ke dalam kode program, seperti:

1. Fitur Login dan Hak Akses

Mengatur siapa yang bisa masuk ke sistem dan hak aksesnya (siswa, pustakawan, admin).

2. Pencatatan Data Buku

   Formulir untuk menambah buku baru, mengedit data buku, dan menghapus buku yang sudah tidak tersedia.

3. Manajemen Peminjaman dan Pengembalian

   Modul untuk mencatat siapa yang meminjam buku, kapan batas pengembaliannya, dan perhitungan otomatis denda jika terlambat.

4. Monitoring Statistik

   Menampilkan grafik atau ringkasan jumlah peminjaman per hari, buku yang paling banyak dipinjam, dan total pengguna aktif.

Tujuan utama dari tahap ini adalah agar sistem benar-benar dapat dijalankan dan diakses oleh pengguna, sesuai dengan kebutuhan dan perancangan yang telah dilakukan. Sistem yang sudah diimplementasikan akan siap untuk diuji coba pada tahap berikutnya (testing). Tahap implementasi sistem merupakan fase di mana seluruh hasil perancangan sistem sebelumnya mulai diterjemahkan ke dalam bentuk nyata berupa program atau aplikasi yang dapat dijalankan. Pada tahap ini, pengembang sistem mulai melakukan pengkodean (coding) menggunakan bahasa pemrograman dan alat bantu yang sesuai dengan kebutuhan teknis dan lingkungan pengguna. Setiap fitur yang telah dirancang mulai dikembangkan satu per satu, seperti:

- Fitur Login dan Hak Akses

  Mengatur siapa saja yang bisa mengakses sistem sesuai perannya (admin, siswa, pustakawan).

- Pencatatan Data Buku

  Formulir untuk menambah, mengedit, atau menghapus buku di sistem.

- Manajemen Peminjaman dan Pengembalian

  Modul untuk mencatat aktivitas sirkulasi buku dan menghitung denda otomatis.

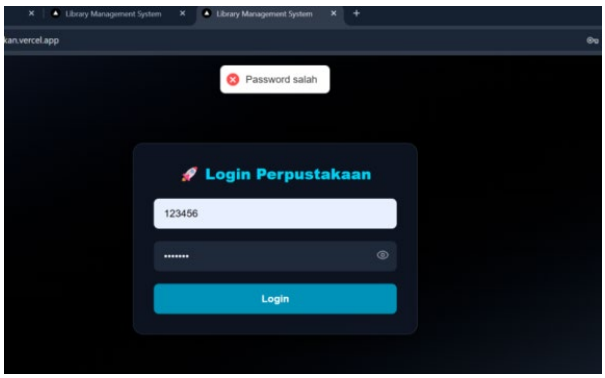
Berikut Desain Alur Kerja Sistem Alur kerja sistem menggambarkan bagaimana proses berjalan sejak pengguna mengakses sistem hingga tujuan aktivitas tercapai. Desain

alur kerja ini disusun berdasarkan kebutuhan operasional perpustakaan dan dibagi menjadi beberapa proses utama :

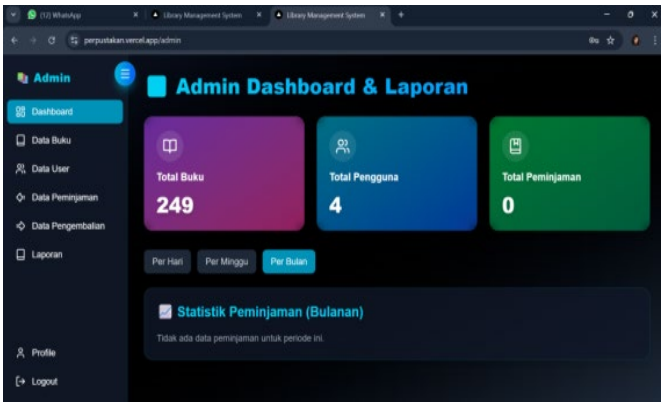
1. Proses Login dan Autentikasi

   Setiap pengguna wajib melakukan login menggunakan akun masing-masing. Sistem akan melakukan validasi data pengguna sebelum memberikan akses ke halaman utama.

   - Jika data benar, pengguna diarahkan ke dashboard sesuai hak aksesnya
   - Jika salah, sistem menampilkan pesan “NIS atau Passwors salah”.



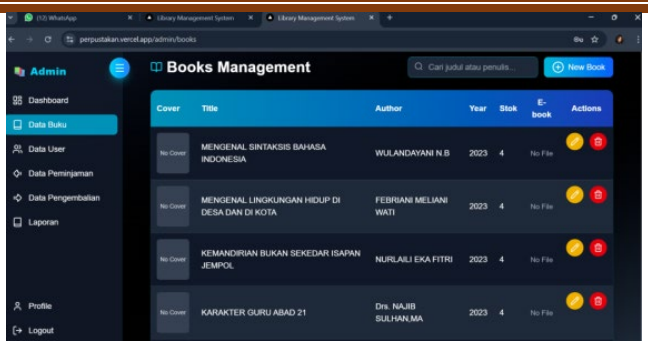
Gambar 2. Tampilan Login Awal untuk Admin



Gambar 3. Halaman Awal Admin

2. Proses Pengelolaan Data Buku

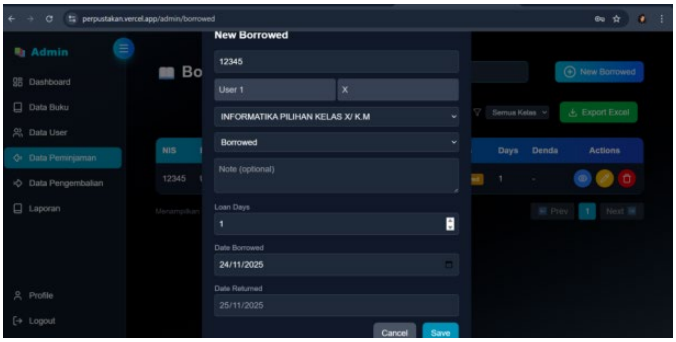
   Admin atau petugas dapat menambah, memperbarui, dan menghapus data buku. Setiap buku memiliki atribut seperti kode buku, judul, pengarang, penerbit, tahun terbit, kategori, dan jumlah stok.



Gambar 4. Halaman Pengelolaan Buku

3. Proses Peminjaman dan Pengembalian Buku

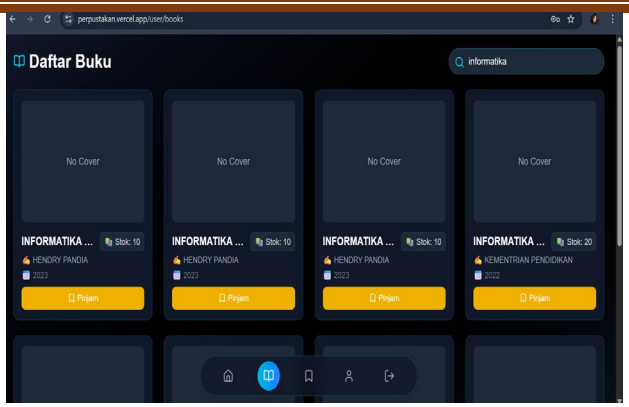
   petugas dapat mencatat peminjaman dan pengembalian buku secara otomatis. Saat buku dipinjam, petugas memasukkan data siswa dan buku, lalu sistem langsung mengurangi stok. Ketika buku dikembalikan, stok otomatis bertambah. Sistem juga menyimpan tanggal pinjam dan kembali sehingga laporan dapat dibuat dengan cepat dan akurat. Dengan demikian, proses pelayanan menjadi lebih cepat, rapi, dan minim kesalahan.



Gambar 5. Halaman Peminjaman dan Pengambilan Buku

4. Proses Pencarian Buku oleh Siswa

   Siswa dapat mencari buku berdasarkan judul, pengarang, atau kategori. Sistem menampilkan hasil pencarian lengkap dengan status ketersediaan buku.



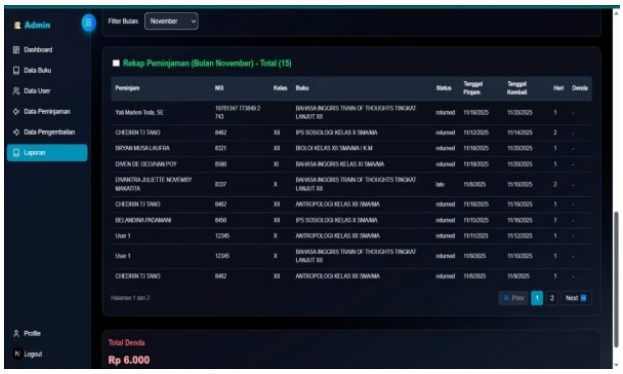
Gambar 6. Menu Pencarian Buku untuk Siswa

5. Proses Pembuatan Laporan

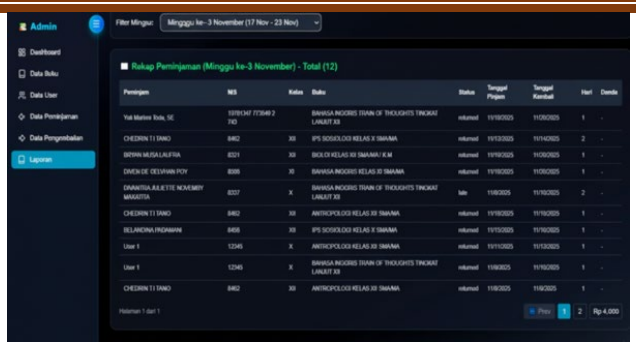
Admin dapat mencetak laporan transaksi peminjaman, pengembalian, dan data buku secara otomatis dalam format digital (PDF atau Excel). Setiap alur kerja ini divisualisasikan dalam flowchart agar hubungan antarproses mudah dipahami dan pelaksanaan sistem lebih terarah.



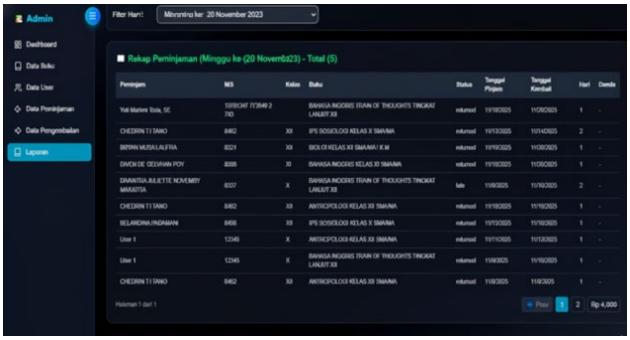
Gambar 7. Menu Pembuatan Laporan



Gambar 8. Hasil Rekap peminjaman perbulan



Gambar 9. Hasil Rekapan Mingguan



Gambar 10. Hasil Rekapan Harian

Testing (Pengujian Sistem)

Setelah sistem selesai dibangun, tujuan dari tahap pengujian adalah untuk memastikan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan dengan baik, tidak terdapat kesalahan, dan sistem benar-benar sesuai dengan kebutuhan pengguna. Pengujian bertujuan untuk menilai fungsionalitas, stabilitas, dan kemudahan penggunaan sistem. Jenis Pengujian yang Digunakan.

1. Black-box Testing

   Pengujian fungsi sistem dari sudut pandang pengguna tanpa memeriksa kode program secara langsung. Misalnya, memeriksa apakah tombol login bekerja dengan benar atau pencarian buku menampilkan hasil sesuai. Pengujian dilakukan untuk menilai apakah sistem fungsional, nyaman digunakan, cepat, dan bebas dari kesalahan. Berikut Jenis-Jenis Pengujian:

2. Black-box Testing:

Metode ini menguji sistem dari sisi luar tanpa melihat kode program.

Contoh: login siswa diarahkan ke dashboard; pustakawan menambahkan buku dan dicek apakah muncul di daftar.

Form Uji Black-box Testing

Nama Sistem : Sistem Pengelolaan Perpustakaan Berbasis Web

Metode Uji : Black-box Testing

Tujuan : Untuk mengetahui apakah setiap fungsi sistem berjalan sesuai kebutuhan pengguna tanpa melihat kode program.

Tabel 2. Uji Black-box Testing

No	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Input	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual
1	Login	Pengguna memasukkan username dan password benar	Username & Password valid	Masuk ke dashboard	Sesuai
2	Login gagal	Pengguna memasukkan password salah	Username benar, password salah	Tampil pesan 'password salah'	Sesuai
3	Tambah Data Buku	Admin menambah data buku baru	Form data buku lengkap	Data tersimpan & tampil di daftar buku	Sesuai
4	Edit Data Buku	Admin mengubah informasi buku	Data buku diubah	Perubahan tersimpan di sistem	Sesuai
5	Hapus Data Buku	Admin menghapus buku	Klik tombol hapus	Buku terhapus dari database	Sesuai
6	Peminjaman Buku	Petugas meminjamkan buku ke siswa	Input ID buku & ID siswa	Transaksi tersimpan & stok buku berkurang	Sesuai
7	Pengembalian Buku	Petugas mengembalikan buku	Input ID buku & ID siswa	Status buku berubah 'Tersedia	Sesuai
8	Pencarian Buku	User mencari buku berdasarkan judul	Kata kunci judul	Buku tampil sesuai pencarian	Sesuai
9	Laporan Peminjaman	Admin membuka laporan peminjaman	Klik menu laporan	Laporan tampil sesuai data	Sesuai
10	Laporan Pengembalian	Admin membuka laporan pengembalian	Klik menu laporan	Data pengembalian tampil benar	Sesuai
11	Validasi Input Kosong	Admin tidak mengisi form tambah buku	Form kosong dikirim	Tampil pesan ‘Silahkan isi kolom ini’	Sesuai
12	Hak Akses Pengguna	Siswa mencoba mengakses halaman admin	Login siswa	Tampil pesan 'Akses ditolak'	Sesuai
13	Logout	Pengguna keluar dari sistem	Klik tombol logout	Kembali ke halaman login	Sesuai
14	Responsivitas Tampilan	Mengakses sistem dari HP/tablet	Browser mobile	Tampilan menyesuaikan layar (responsive)	Sesuai

3. User Testing

   Uji coba oleh pihak sekolah secara langsung, seperti pustakawan dan siswa. Mereka mencoba fitur seperti login, peminjaman, dan pengembalian. Umpan balik dari mereka digunakan untuk menyempurnakan sistem.

   Beberapa aspek penting yang diuji meliputi:

   - Fungsionalitas: Apakah fitur sistem berjalan sesuai kebutuhan.
   - Usability: Apakah sistem mudah digunakan oleh pengguna.
   - Kecepatan Akses: Apakah sistem merespon dengan cepat.
   - Kestabilan Sistem: Apakah sistem berjalan stabil tanpa error.

   Setelah pengujian dilakukan, pengembang mengumpulkan semua masukan pengguna, memperbaiki bug, dan melakukan revisi untuk meningkatkan kenyamanan dan efisiensi penggunaan sistem. Dalam tahap pengujian sangat penting untuk memastikan bahwa sistem siap digunakan secara nyata. Dengan pengujian yang baik, sistem perpustakaan yang dikembangkan akan handal, nyaman digunakan, dan benar-benar bermanfaat bagi pengelolaan perpustakaan di sekolah. Pengujian dilakukan oleh pengguna langsung seperti siswa, guru, dan pustakawan. Mereka mencoba login, peminjaman, pengembalian, dan mencetak laporan. Memberikan umpan balik tentang kenyamanan dan kemudahan penggunaan. Aspek yang Diuji :

- Fungsionalitas: Apakah fitur sistem berjalan sesuai kebutuhan?
- Usability: Apakah sistem mudah digunakan oleh pengguna tanpa pelatihan teknis?
- Kecepatan Akses: Apakah sistem merespons cepat saat digunakan?
- Kestabilan Sistem: Apakah sistem tetap berjalan lancar dan tidak error dalam pemakaian berulang?

4. Perbaikan dan Revisi

   Setelah pengujian, pengembang mengumpulkan seluruh umpan balik dari pengguna. Setiap bug dan masalah akan diperbaiki. Jika ada tampilan yang membingungkan atau tidak nyaman digunakan, maka akan disesuaikan ulang agar lebih baik dan mudah digunakan. Tahap pengujian sistem sangat penting karena menentukan apakah sistem

siap digunakan secara nyata. Dengan pengujian yang menyeluruh, sistem akan lebih andal, nyaman digunakan, serta benar-benar mendukung pengelolaan dan pelayanan perpustakaan sekolah.

Maintenance (Pemeliharaan Sistem)

Tahap terakhir adalah pemeliharaan (maintenance), yang dilakukan setelah sistem resmi digunakan di lingkungan sekolah. Sistem terus dipantau secara berkala untuk mendeteksi kesalahan atau kebutuhan perubahan. Jika ditemukan bug atau adanya perubahan kebutuhan pengguna, maka sistem akan diperbarui (update) atau ditingkatkan (upgrade). Tujuan utama dari tahap pengujian adalah untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan dapat berjalan dengan benar, stabil, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.Tahap evaluasi dilakukan untuk menilai kelayakan dan efektivitas sistem monitoring pengelolaan perpustakaan berbasis web berdasarkan penilaian ahli media serta respons pengguna yang meliputi siswa, guru, dan pustakawan. Evaluasi dilaksanakan setelah sistem melalui tahap implementasi dan pengujian fungsional menggunakan model Waterfall. Aspek yang dinilai mencakup desain antarmuka, navigasi, kinerja sistem, kemudahan penggunaan, serta manfaat sistem terhadap layanan perpustakaan.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Evaluasi Sistem

No	Subjek Evaluasi	Persentase	Kategori
1	Ahli Media (Web)	85,42%	Baik
2	Validasi Pengembangan Sistem	85%	Sangat Baik
3	Respons Siswa	94%	Sangat Baik
4	Respons Guru	85%	Sangat Baik
5	Respons Pustakawan	96%	Sangat Baik

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Hasil evaluasi ahli media menunjukkan skor 85,42% yang berada pada kategori Baik, menandakan bahwa aspek desain tampilan, navigasi, performa, konsistensi fungsi, dan kelayakan teknis telah memenuhi standar media berbasis web. Selanjutnya, hasil validasi

pengembangan sistem memperoleh skor 85% dengan kategori Sangat Baik, sehingga sistem dinyatakan valid dan layak digunakan tanpa revisi berarti.

Berdasarkan respons pengguna, siswa memberikan skor rata-rata 94% (Sangat Baik), guru sebesar 85% (Sangat Baik), dan pustakawan sebesar 96% (Sangat Baik). Temuan ini menunjukkan bahwa sistem mudah digunakan, membantu proses pencarian dan sirkulasi buku, serta meningkatkan akurasi pencatatan data perpustakaan.

Secara keseluruhan, uji efektivitas membuktikan bahwa sistem monitoring perpustakaan berbasis web mampu meningkatkan efisiensi layanan, mempercepat akses informasi, dan mendukung transparansi pengelolaan perpustakaan di SMA Negeri 7 Kupang. Dengan demikian, sistem dinyatakan layak, efektif, dan siap diimplementasikan dalam operasional perpustakaan sekolah.

REFERENSI

Fajriyah, N., & Setiawan, W. (2023). Analisa dan perancangan sistem informasi perpustakaan digital pada Universitas XYZ. *Insan Pembangunan Sistem Informasi dan Komputer (IPSIKOM)*, 11(1), 16–21. https://doi.org/10.58217/ipsikom.v11i1.232

Granita, S., Rohmaniyah, S., Gautama, T., & Yulianti, Y. (2020). Pengembangan sistem informasi perpustakaan sekolah berbasis web. *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Aplikasi*, 3(4), 246–251. https://openjournal.unpam.ac.id/index.php/JTSI/article/view/7184

Nugroho, A., & Maryani, S. (2021). Digitalisasi sistem perpustakaan untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 16(1), 34–43.

Nuriadini, A., & Hadiprajitno, P. T. B. (2022). Manfaat penerapan sistem informasi akuntansi terhadap kinerja karyawan dengan pendekatan TAM (Studi fenomenologi pada PT PLN UP3 Demak). *Diponegoro Journal of Accounting*, 11(1), 1–11.

Putri, A. C. R., & Dewi, A. O. P. (2020). Analisis penerimaan aplikasi iSalatiga untuk pemustaka di Dinas Perpustakaan dan Arsip Kota Salatiga. *Jurnal Ilmu Perpustakaan*, 9(1), 1–11.

Raharto, T. B., Fawaati, T. M., & Nilasari, O. (2021). Perancangan sistem informasi perpustakaan berbasis web. *International Research on Big-Data and Computer Technology (I-Robot)*, 3(1), 53–59. https://doi.org/10.53514/ir.v3i1.50

Safarudin, M. S. (2024). Implementasi project HRIS di perusahaan.

Santosa, M., & Wulandari, T. (2022). Pemanfaatan aplikasi perpustakaan digital berbasis web. *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, 14(2), 75–82.

Sari, A. O., & Kholil, I. (2024). Rancang bangun sistem informasi perpustakaan berbasis website. *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 15(3), 409–418. https://doi.org/10.31602/tji.v15i3.1510

Solikhin, B., & Rifal, A. (2024). Sistem informasi pengolahan data laporan kasus kriminal pada Subdit Renakta Ditreskrimum Polda Jawa Timur. *Dike*. https://ejournal.cvrobema.com/index.php/dike/article/view/64

Sopandi, R., Taufik, A., Tabrani, M., Apriliah, W., Suhardi, & Priyandaru, H. (2022). Implementasi sistem informasi perpustakaan sekolah berbasis web pada SMP Negeri 1 Klari Karawang dengan metode waterfall. *Buletin Poltanesa*, 23(2), 824–831. https://doi.org/10.51967/tanesa.v23i2.2085

Sugiyono. (2020). *Cara mudah menyusun skripsi, tesis, dan disertasi*. Alfabeta.

Sunandar, A., & Septanto, H. (2023). Perancangan human resource information system berbasis web di PT Master Steel. *Jurnal Informatika dan Teknologi Komputer*, 3(2), 164–172. https://doi.org/10.55606/jitek.v3i2.1846

SunfishGo. (2024). *Tipe-tipe software HRIS di Indonesia*. http://www.sunfishgo.com/

Sutinah, E., Alfarobi, I., & Setiawan, A. (2021). Metode rapid application development dalam pembuatan sistem informasi pemenuhan SDM pada perusahaan outsourcing. *InfoTekJar: Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, 5(2), 246–253.

Android-Based Car Rental System with Customer Risk Management for MSMEs

Ridwansyah [1)*)]

[1)]Program Studi Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar
[*)]**Correspondence author**: ridwansyah@unm.ac.id, Makassar, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3221

Abstract

The development of information technology has become a major factor in driving digital transformation in various business sectors, including Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs). Digital transformation through the use of information systems has been proven to improve organizational performance, support innovation, and improve data-based decision-making processes at the small and medium business scale. Manual recording is still frequently used by Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs), including those engaged in the car rental sector. This practice can create vulnerabilities to recording errors, resulting in inaccurate information. To address this problem, this study developed an Android-based car rental system to assist business owners in managing their operational activities. The research stages referred to the System Development Life Cycle (SDLC) method, using the Waterfall model. The resulting system includes customer data management, rental transactions, and rental duration. In addition, the system is equipped with a blacklist feature. This feature is a customer risk management feature that blocks problematic customers based on their previous transaction history. To ensure the suitability of the system's functions, Black Box Testing was conducted. The test results showed that all the system features functioned as expected. The results of this study are expected to help car rental business owners monitor daily operational activities, including avoiding the risk of car loss due to problematic customers.

Keywords: *Car Rental System, Android, MSMEs, Customer Risk Management, Waterfall*

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi telah menjadi faktor utama dalam mendorong transformasi digital di berbagai sektor usaha, termasuk Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM). Transformasi digital melalui pemanfaatan sistem informasi terbukti mampu meningkatkan kinerja organisasi, mendukung inovasi, dan memperbaiki proses pengambilan keputusan berbasis data pada skala usaha kecil dan menengah. Pencatatan manual masih sering dilakukan oleh Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), tidak terkecuali usaha yang bergerak dibidang penyewaan mobil. Tindakan ini tentu saja dapat menimbulkan kerentanan terhadap kesalahan pencatatan, sehingga berdampak pada ketidaktepatan informasi yang diberikan. Untuk mengatasi masalah itu, penelitian ini mengembangkan sebuah sistem penyewaan mobil berbasis android untuk membantu pemilik usaha dalam mengelola kegiatan operasinalnya. Tahapan peneltian yang dilakukan mengacu pada metode *System Development Life Cycle* (SDLC) dengan model Waterfall. Sistem yang dihasilkan meliputi pengelolaan data pelanggan, transaksi sewa menyewa, durasi sewa. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan fitur *blacklist*. Fitur ini merupakan manajemen resiko pelanggan yang berfungsi untuk memblokir pelanggan bermasalah berdasarkan riwayat transaksi sebelumnya. Untuk memastikan kesesuaian fungsi sistem, maka dilakukan pengujian menggunakan *Black Box Testing*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa, semua fitur sistem berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu pemilik usaha penyewaaan mobil untuk memantau kegiatan operasional sehari-hari, termasuk menghindari resiko kehilangan mobil akibat pelanggan yang bermasalah.

Kata Kunci: Sistem Penyewaan Mobil, Android, UMKM, Manajemen Risiko Pelanggan, *Waterfall*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi telah menjadi faktor utama dalam mendorong transformasi digital di berbagai sektor usaha, termasuk Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM). UMKM memiliki peran strategis dalam perekonomian nasional karena kontribusinya terhadap penciptaan lapangan kerja dan peningkatan pendapatan masyarakat. Transformasi digital melalui pemanfaatan sistem informasi terbukti mampu meningkatkan kinerja organisasi, mendukung inovasi, dan memperbaiki proses pengambilan keputusan berbasis data pada skala usaha kecil dan menengah (Vial, 2019). Penerapan teknologi digital juga memberikan peluang bagi UMKM untuk mengelola informasi secara lebih terstruktur, akurat, dan *real-time*, sehingga mampu merespons dinamika pasar lebih adaptif, meningkatkan efisiensi operasional, mempercepat proses bisnis, dan memperbaiki akurasi pencatatan dan pelaporan usaha (Amory et al., 2025; Salsabila et al., 2024; Trieu et al., 2023).

Digitalisasi proses bisnis menjadi kebutuhan mendesak seiring dengan meningkatnya persaingan usaha. Pemanfaatan sistem informasi berbasis web maupun *mobile* dapat meningkatkan produktivitas UMKM, memperbaiki kualitas layanan, dan membantu pemilik usaha untuk mengambil keputusan berbasis data yang lebih akurat (Syafrina & Nasution, 2025; Trieu et al., 2023). Akan tetapi, pemanfaatan teknologi informasi pada UMKM masih menghadapi berbagai kendala, terutama terkait keterbatasan sumber daya manusia, biaya implementasi, dan kurangnya pemahaman teknologi digital (Isyiriyah et al., 2025).

Pada sektor jasa penyewaan mobil, kegiatan secara manual masih dilakukan seperti pengelolaan data pelanggan, transaksi, dan durasi sewa. Pencatatan konvensional ini berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan, seperti kesalahan input data, keterlambatan informasi, serta kesulitan dalam memantau status transaksi secara *real-time* (Ziveria & Prastomo, 2022). Beberapa penelitian menyatakan bahwa penerapan sistem informasi penyewaan mobil berbasis digital mampu mengurangi kesalahan pencatatan dan meningkatkan efisiensi operasional usaha (Oktaviani & Sari, 2025; Yunita & Rosmawati, 2021).

Saat ini, pengembangan sistem dan aplikasi berbasis android semakin pesat seiring dengan meningkatnya penggunaan perangkat *mobile* dalam aktivitas sehari-hari. Sistem

berbasis android dinilai lebih fleksibel dan mudah diakses oleh pengguna maupun pengelola usaha, sehingga mampu meningkatkan kecepatan layanan dan kemudahan interaksi dalam proses bisnis (Palita et al., 2020). Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa sistem penyewaan mobil berbasis android mampu meningkatkan efisiensi proses transaksi dan mempermudah layanan dibandingkan dengan sistem manual (Sarwindah et al., 2024).

Pada penelitian ini dikembangkan sebuah sistem penyewaan mobil berbasis android yang secara eksplisit mengintegrasikan manajemen risiko pelanggan melalui mekanisme *blacklist* berbasis riwayat transaksi, yang dirancang khusus untuk kebutuhan operasional UMKM. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya berfokus pada digitalisasi proses transaksi, pengelolaan data kendaraan, dan data pelanggan (Abdilah et al., 2021; Santoso et al., 2024; Sarwindah et al., 2024; Yanto et al., 2025; Ziveria & Prastomo, 2022), penelitian ini menambahkan pendekatan pengendalian risiko pelanggan, seperti fitur *blacklist* berbasis riwayat transaksi sebagai dasar pembatasan layanan. Pendekatan ini berpotensi meminimalkan risiko operasional dan mendukung keberlanjutan usaha pada UMKM di sektor jasa transportasi (Putra et al., 2025; Saepudin & Dhaniawaty, 2019). Pendekatan ini sejalan dengan konsep penilaian risiko pelanggan berbasis data transaksi yang banyak diterapkan pada sistem pendukung keputusan dan manajemen risiko, namun masih jarang diimplementasikan pada sistem penyewaan mobil skala UMKM (Lessmann et al., 2015).

Dari permasalahan tersebut, maka diperlukan pengembangan sebuah sistem penyewaan mobil berbasis android, yang mampu mengintegrasikan pengelolaan data pelanggan, data transaksi, durasi sewa, dan mekanisme penambahkan pelanggan bermasalah (*blacklist*) dalam satu sistem yang terpusat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian terapan (*applied research*) yang berfokus pada perancangan dan pengembangan sistem penyewaan mobil berbasis android sebagai solusi digital untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan operasional usaha penyewaan mobil skala UMKM.

Pendekatan dan Desain Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan rekayasa perangkat lunak dengan menggunakan motode pengembangan *System Development Life Cycle* (SDLC). Pemilihan metode SDLC didasarkan pada kemampuannya untuk bisa menyediakan alur pengembangan yang runtut dan terorganisasi dari tahap analisis kebutuhan sampai proses implementasi dan evaluasi sistem (Ibrahim et al., 2021; Pressman & Maxim, 2020; Ridwansyah et al., 2023). Pendekatan ini telah banyak dimanfaatkan pada penelitian pengembangan sistem informasi penyewaan mobil berbasis web ataupun android, sebab tetap dapat menjaga keterkendalian dan konsistensi pada setiap tahapan pengembangan (Santoso et al., 2024; Sarwindah et al., 2024). Metode SDLC masih menjadi salah satu metode yang paling sering digunakan pada pengembangan sistem informasi, sebab SDLC merupakan salah satu metode stabil dan mudah pengelolaannya (Ibrahim et al., 2021).

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai kebutuhan sistem serta proses bisnis yang sedang berjalan. Teknik yang digunakan meliputi observasi langsung, wawancara terstruktur, dan studi literatur. Observasi langsung dilaksanakan untuk melihat secara langsung alur penyewaan mobil, mulai dari proses pencatatan transaksi, hingga pengelolaan data pelanggan yang dilakukan secara manual. Sementara itu, wawancara terstruktur dilakukan dengan pemilik usaha dan karyawan untuk menggali kebutuhan fungsional sistem serta berbagai kendala operasional yang dihadapi. Studi pustaka berfungsi mengkaji berbagai artikel ilmiah yang membahas pengembangan sistem informasi penyewaan mobil dan penerapan sistem informasi pada UMKM, yang digunakan sebagai landasan dalam perancangan sistem (Isyiriyah et al., 2025; Ziveria & Prastomo, 2022).

Tahapan Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem pada penelitian ini menggunakan model *Waterfall*. Adapun tahapan pengembangannya adalah sebagai berikut:

a. Analisis Kebutuhan dilakukan untuk menentukan kebutuhan sistem secara tepat, termasuk kebutuhan fungsional pengelolaan data penyewaan mobil.

b. Perancangan Sistem digunakan untuk menyusun kebutuhan pengguna ke dalam rancangan yang terstruktur dan jelas. *Use case diagram*, *activity diagram*, dan *Entity Relationship Diagram* (ERD) dipakai untuk menggambarkan secara visual struktur data dan mekanisme operasional penyewaan mobil (Hanif et al., 2023).
c. Implementasi Sistem diwujudkan dalam bentuk pengembangan aplikasi android berbasis android yang terkoneksi dengan basis data terpusat untuk penyimpanan dan pengelolaan data pelanggan dan transaksi.
d. Pengujian Sistem dilakukan dengan *Black Box Testing* untuk memverifikasi jika semua fungsi sistem dapat berjalan baik sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang sebelumnya (Berihun et al., 2023; Mardiati & Saputra, 2025; Zulkarnaini et al., 2023).
e. Evaluasi dan Pemeliharaan, evaluasi dilakukan untuk menelaah hasil pengujian dan umpan balik pengguna. Selanjutnya, pemeliharaan sistem dilaksanakan untuk memperbaiki kesalahan saat ditemukan dan menyesuaikan sistem dengan kebutuhan pengguna di masa mendatang sesuai dengan konsep pengembangan perangkat lunak berkelanjutan (Heriyanti & Ishak, 2020).

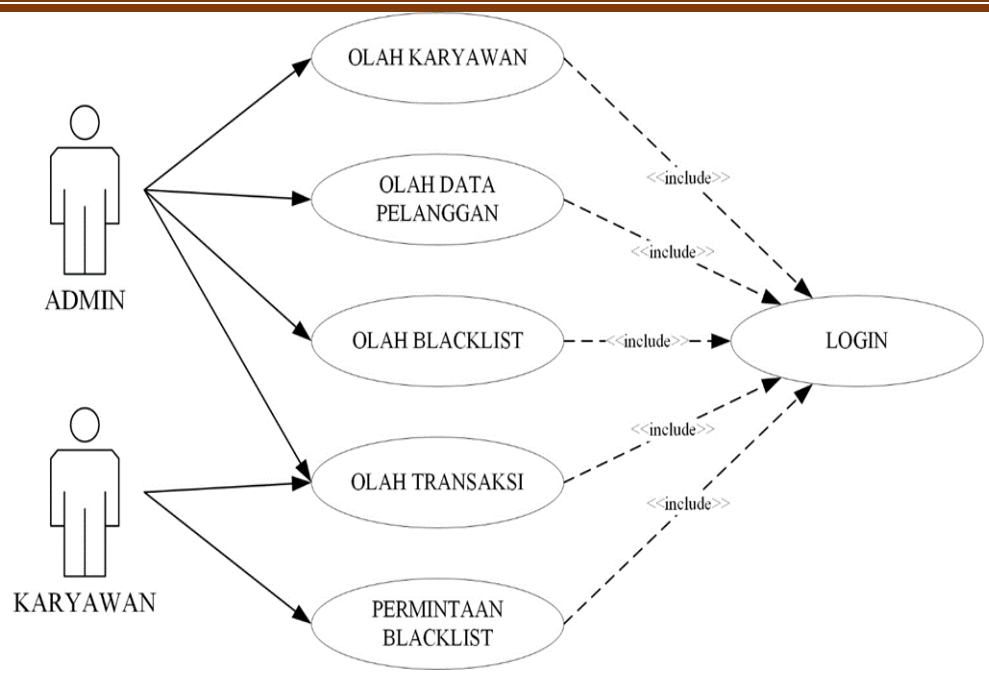
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Sistem

Hasil penelitian ini berupa sistem penyewaan mobil berbasis android dengan manajemen risiko pelanggan pada UMKM. Sistem ini dirancang untuk membantu proses pengelolaan transaksi penyewaan mobil, data pelanggan, data karyawan, dan mekanisme *blacklist* pelanggan secara terintegrasi. Sistem dikembangkan untuk menggantikan proses pencatatan manual yang sebelumnya berpotensi menimbulkan kesalahan pencatatan, keterlambatan informasi, dan kesulitan dalam pengawasan operasional.

Use Case Diagram Sistem

Use Case Diagram menggambarkan interaksi antara aktor dan sistem (Vranić et al., 2024). Berdasarkan gambar 1 dapat dilihat bahwa terdapat dua aktor/pengguna, yaitu Admin/Administrator dan Karyawan. Admin dapat mengolah data karyawan, data pelanggan, *blacklist*, dan transaksi. Sedangkan Karyawan hanya dapat mengolah transaksi dan melakukan permintaan *blacklist*.

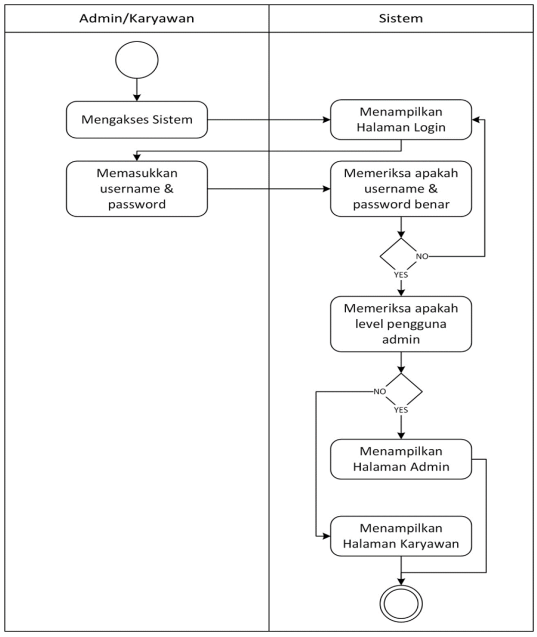


Gambar 2. *Use Case Diagram* Sistem

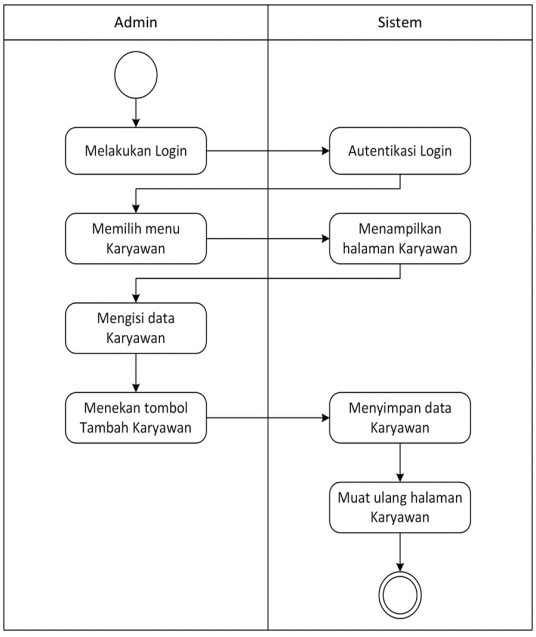
Activity Diagram **Sistem**

Activity Diagram (AD) digunakan untuk menggambarkan alur aktivitas pengguna dalam sistem (Siewe & Ngounou, 2025). Sejumlah proses yang digunakan adalah proses login, data karyawan, data pelanggan, transaksi sewa, serta pengajuan dan persetujuan *blacklist* pelanggan. Adanya fitur *blacklist* merupakan nilai tambah karena sistem dapat meminimalkan risiko penyewaan kepada pelanggan bermasalah.

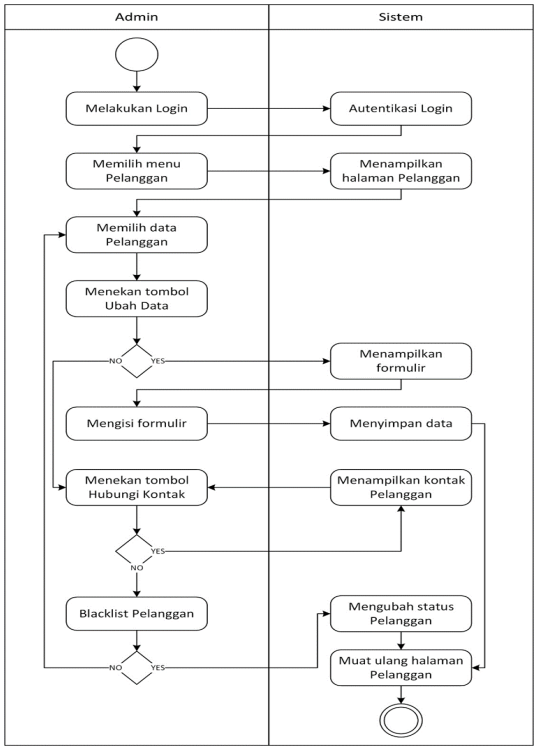
Pada gambar 2 terlihat diagram yang menggambarkan aktivitas Admin dan Karyawan saat ingin login ke dalam sistem. Pada diagram dapat dilihat bahwa untuk login ke dalam sistem, Admin dan Karyawan harus mengisi *username* dan *password*. Jika *username* dan *password* benar, selanjutnya sistem akan melakukan pemeriksaan terhadap level pengguna. Jika pengguna adalah Admin, maka menu yang ditampilkan adalah menu khusus Admin. Sebaliknya, jika pengguna adalah Karyawan, maka menu yang ditampilkan adalah menu khusus Karyawan.



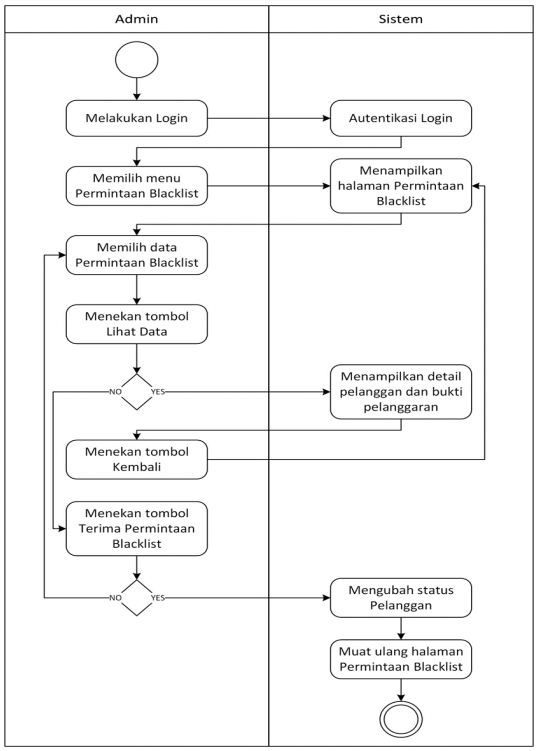
Gambar 2. AD *Login* Sistem



Gambar 3. AD Pengolahan Karyawan



Gambar 4. AD Pengolahan Pelanggan



Gambar 5. AD Pengolahan *Blacklist*

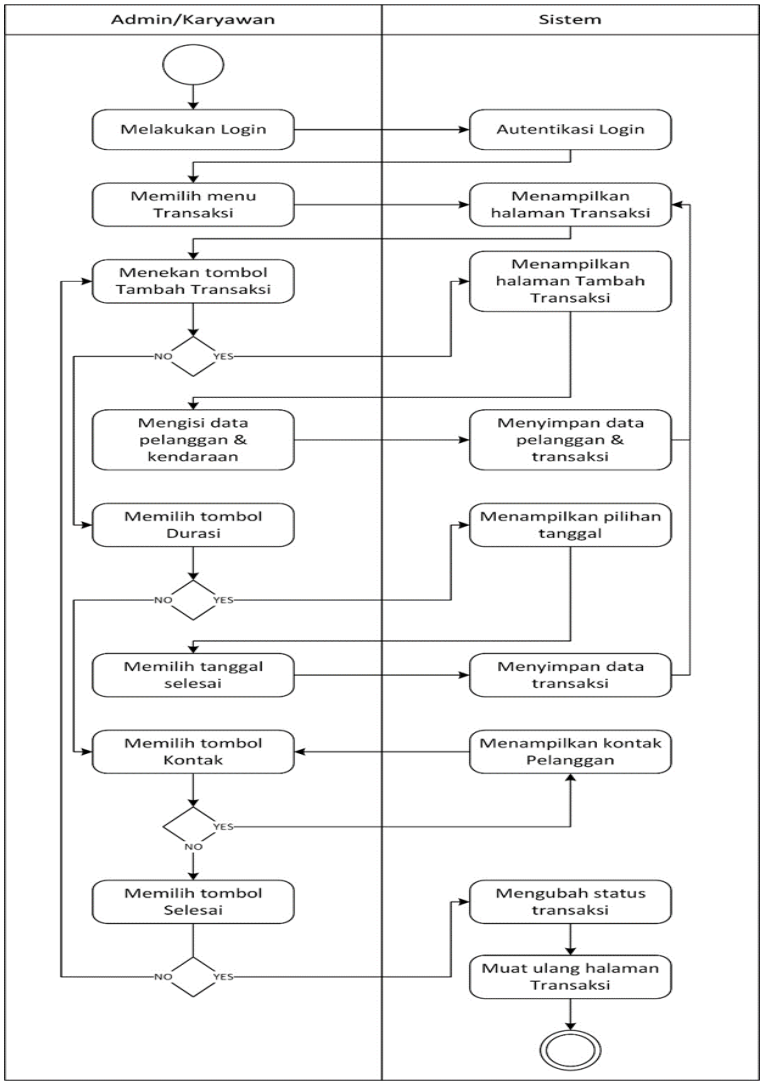
Diagram yang menggambarkan aktivitas Admin saat ingin mengolah Data Karyawan dapat dilihat pada gambar 3. Pada diagram dapat dilihat bahwa untuk mengolah Data Karyawan, Admin harus melakukan login ke sistem, kemudian memilih menu Karyawan. Pada halaman tersebut, Admin harus mengisi data karyawan, lalu menekan tombol Tambah Karyawan untuk menyimpan data tersebut.

Selanjutnya, di gambar 4 diperlihatkan diagram yang menggambarkan aktivitas Admin saat ingin mengolah Data Pelanggan. Pada diagram dapat dilihat bahwa untuk mengolah Data Pelanggan, Admin harus melakukan login ke sistem, memilih menu Pelanggan, kemudian memilih Pelanggan yang ingin diolah. Setelah itu, Admin dapat mengubah, menghubungi, dan/atau melakukan *blacklist* terhadap Data Pelanggan yang terpilih.

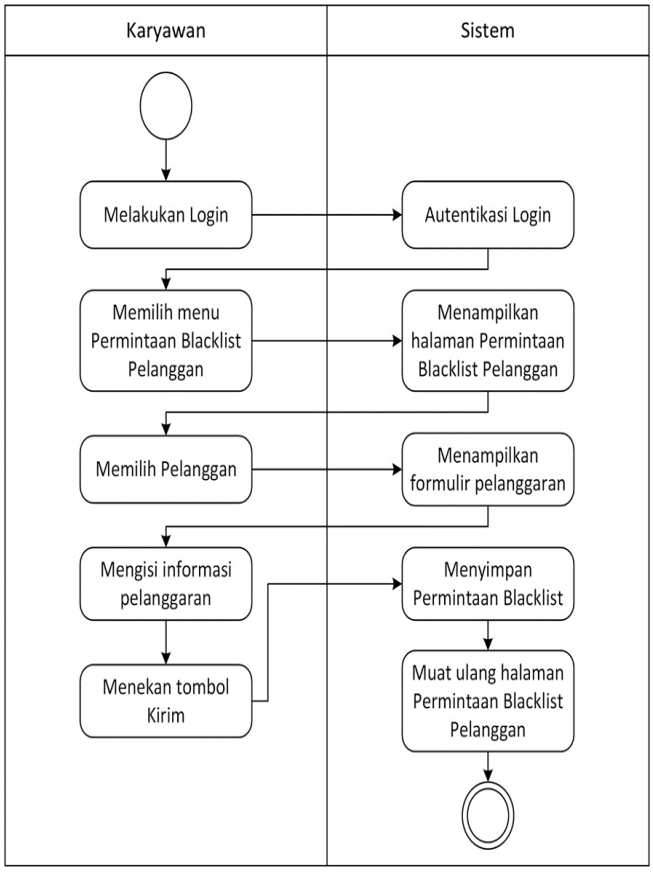
Aktivitas Admin saat ingin mengolah daftar *blacklist* pelanggan prosesnya terlihat pada gambar 5. Pada diagram dapat dilihat bahwa untuk mengolah daftar *blacklist* pelanggan, Admin harus melakukan login ke sistem, kemudian memilih Data Pelanggan yang akan dimasukkan ke *blacklist*. Selain itu, Admin dapat melihat detail dan bukti pelanggaran yang dilakukan oleh Pelanggan tersebut, sesuai laporan yang dikirim oleh Karyawan.

Berikutnya, diagram aktivitas Admin dan Karyawan saat ingin mengolah Transaksi dapat diamati pada gambar 6. Berdasarkan diagram tersebut, Admin dan Karyawan dapat menambah transaksi baru, mengubah durasi transaksi, menghubungi pelanggan terkait, dan menyelesaikan transaksi.

Terakhir merupakan diagram yang menggambarkan aktivitas Karyawan saat ingin mengajukan Permintaan *Blacklist* Pelanggan (gambar 7). Pada diagram tersebut, pengguna Karyawan harus mengisi informasi pelanggaran yang dilakukan oleh pelanggan. Informasi tersebut kemudian akan diteruskan ke pengguna Admin.



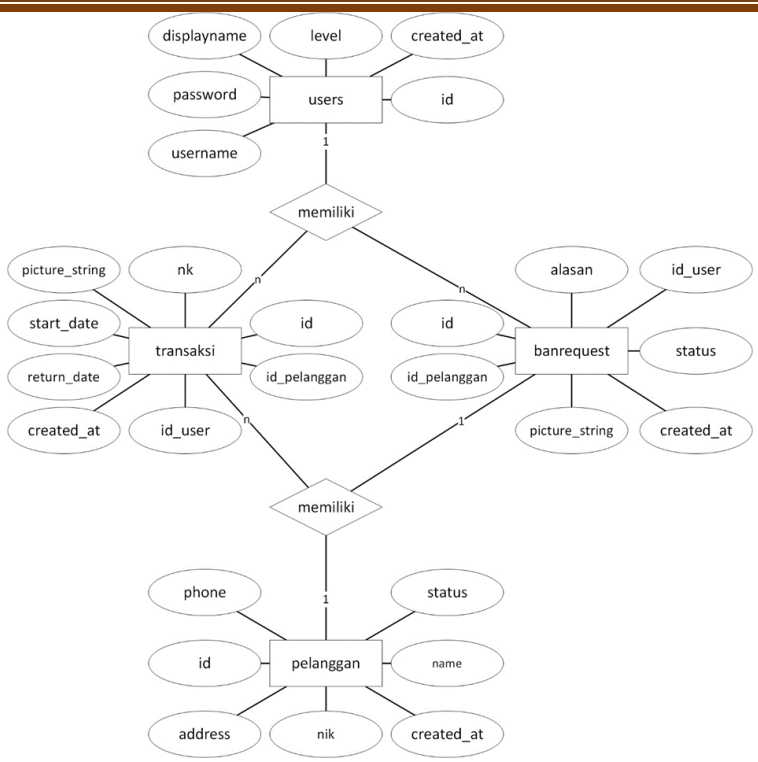
Gambar 6. AD Pengelolaan Transaksi



Gambar 7. AD Permintaan *Blacklist*

Entity Relationship Diagram

Entity Relationship Diagram (ERD) menggambarkan struktur basis data yang digunakan dalam sistem (Pulungan et al., 2023). Pada gambar 8, terdapat empat *entity* yang digunakan pada sistem. *Entity users* digunakan untuk menyimpan informasi aktor/pengguna yang *login* pada sistem. Satu *entity users* bisa memiliki banyak relasi dengan *entity transaksi*. Selain itu, satu *entity users* juga dapat memiliki relasi dengan banyak *entity banrequest*. Adapun *entity pelanggan* dapat memiliki banyak relasi dengan *entity transaksi.* Namun, *entity pelanggan* hanya dapat memiliki satu relasi dengan *entity banrequest.*

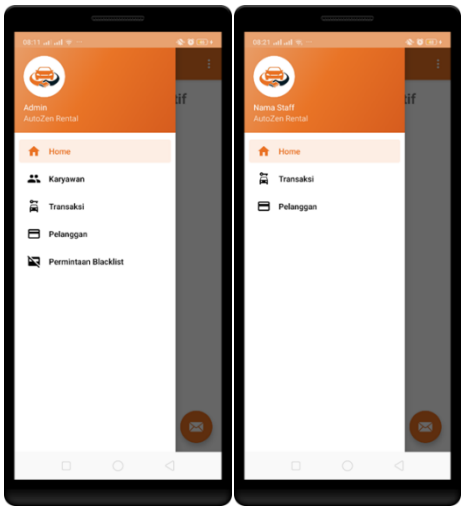


Gambar 8. *Entity Relationship Diagram* Sistem

Hasil Implementasi Antarmuka Sistem

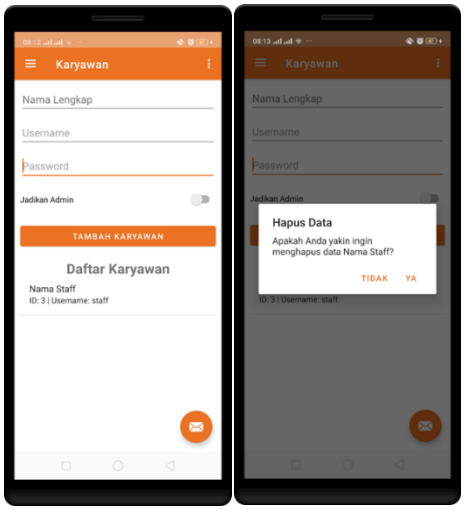
Hasil implementasi sistem ditunjukkan melalui tampilan antarmuka sistem penyewaan mobil berbasis android dengan manajemen risiko pelanggan pada UMKM. Antarmuka dirancang dengan mempertimbangkan kemudahan penggunaan (Kaharuddin et al., 2024), agar dapat digunakan oleh Admin/administrator maupun Karyawan tanpa memerlukan pelatihan yang kompleks.

Setelah berhasil *login*, sistem menampilkan Menu dengan fitur yang mirip antara Admin dan Karyawan. Perbedaan hanya terletak pada jumlah menu yang tersedia. Pada gambar 9(a), Menu Admin terdapat 5 buah tombol yang dapat digunakan, sedangkan Menu Karyawan hanya terdiri 3 buah tombol seperti terlihat di gambar 9(b).



(a) (b)

Gambar 9. Menu Sistem: (a) Admin; dan (b) Karyawan

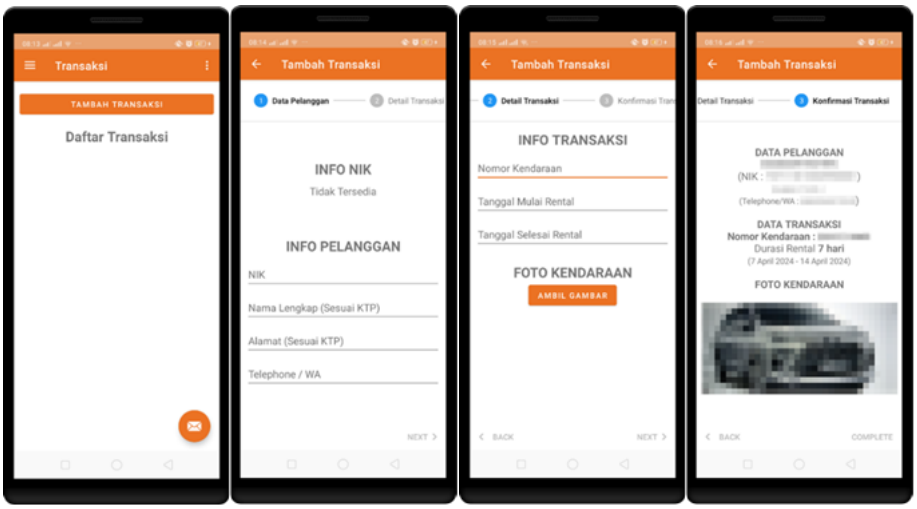


(a) (b)

Gambar 10. Data Karyawan: (a) Tambah Karyawan; dan (b) Hapus Karyawan

Admin dapat menambahkan data karyawan dengan mengisi terlebih dahulu beberapa data, yaitu Nama Langkap, Username, dan Password. Setelah itu baru dapat menekan tombol Tambah Karyawan yang terletak pada bagian bawah formulir. Sistem memvalidasi data yang dimasukkan dan secara otomatis menambahkan ke Daftar Karyawan (gambar 10(a)). Karyawan tersebut baru dapat menggunakan *username* dan *password* yang terdaftar untuk *login* ke sistem. Admin juga dapat menghapus data Karyawan dengan cara tekan dan tahan

data yang ingin dihapus, sehingga muncul konfirmasi ulang penghapusan data (gambar 10(b)).



(a) (b) (c) (d)

Gambar 11. Pengolahan Data Transaksi: (a) Daftar Transaksi; (b) Data Pelanggan; (c) Detail Transaksi; dan (d) Konfirmasi Transaksi

Pada gambar 11(a), Admin dapat melihat semua Daftar Transaksi yang telah dibuat, termasuk yang dibuat oleh Karyawan. Penambahan transaksi dapat dilakukan dengan menekan tombol Tambah Transaksi. Setelah itu, formulir untuk menambah transaksi akan tampil seperti yang diperlihatkan pada gambar 11(b). Pertama yang harus dilakukan untuk menambah transaksi adalah mengisi Data Pelanggan. Data Pelanggan yang dibutuhkan yaitu Nomor Induk Kependudukan (NIK), Nama Lengkap, Alamat, dan Nomor Telephone atau Whatsapp. Apabila NIK yang dimasukkan terdapat dalam daftar *Blacklist*, maka pembuatan transaksi tidak dapat dilanjutkan (gambar 11(b)).

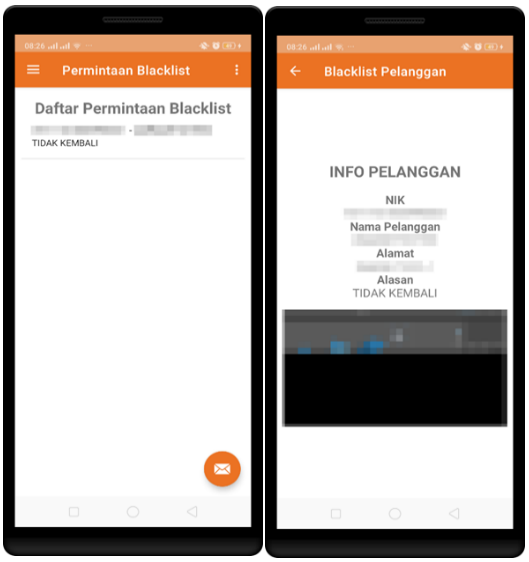
Berikutnya adalah menambah transaksi penyewaan dengan cara mengisi Detail Transaksi seperti Nomor Kendaraan, Tanggal Mulai Rental, Tanggal Selesai Rental, dan Foto Kendaraan saat transaksi dilakukan (gambar 11(c)). Terakhir, Konfirmasi Transaksi dilakukan terhadap data yang telah dimasukkan. Apabila data telah benar dan sesuai, maka dapat menekan tombol *complete* di sudut kanan bawah (gambar 11(d)).

Admin dapat juga mengelola data pelanggan yang telah melakukan transaksi, termasuk mengubah data pelanggan, menghapus data pelanggan, dan menghubungi

pelanggan tersebut (gambar 12). Selain itu, Admin bisa memasukkan pelanggan ke daftar *Blacklist* apabila dinilai telah melakukan pelanggaran dengan cara menekan data pelanggan yang diinginkan.



Gambar 12. Pengolahan Data Pelanggan



(a) (b)

Gambar 13. Permintaan *Blacklist*: (a) Permintaan *Blacklist*; dan (b) Detail *Blacklist*

Karyawan dapat mengajukan permintaan *Blacklist* kepada Admin apabila terdapat pelanggan yang melakukan pelanggaran. Permintaan *Blacklist* tersebut harus disertai

alasan seperti dilihat pada gambar 13(a). Admin dapat memilih untuk menerima atau menolak permintaan *Blacklist*. Selain itu, Admin dapat menampilkan detail permintaan *Blacklist* dengan memilih data yang ingin dilihat (gambar 13(b)).

Pengujian Sistem

Berdasarkan hasil pengujian sistem penyewaan mobil berbasis android dengan manajemen risiko pelanggan yang dibuat, seluruh modul utama sistem telah berhasil diimplementasikan dan diuji secara fungsional. Pengujian dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing*, yang berfokus pada pengujian fungsi sistem berdasarkan masukan (*input*) dan keluaran (*output*) tanpa memperhatikan struktur kode internal sistem. Metode ini dipilih karena sesuai untuk memastikan kesesuaian fungsi aplikasi dengan kebutuhan pengguna akhir (Wahyudi et al., 2023).

Tabel 1. Hasil *Black Box Testing* Sistem

Nama Pengujian	Kondisi Pengujian	Hasil Pengujian
Login	*Input username* dan *password*, kemudian menekan tombol *login*	Pengguna berhasil masuk ke *dashboard* sesuai level
Tambah data karyawan	Admin *input* data karyawan, kemudian menekan tombol tambah	Data karyawan berhasil ditambahkan
Hapus data karyawan	Admin memilih data karyawan, kemudian menekan hapus	Data karyawan berhasil dihapus
Tambah transaksi	Admin atau Karyawan *input* data pelanggan dan data kendaraan, kemudian menekan tombol simpan	Data transaksi dan data pelanggan berhasil ditambahkan
Tambah durasi transaksi	Admin atau Karayawan menekan tombol durasi, kemudian memilih tanggal baru	Durasi transaksi berhasil berubah sesuai tanggal yang dipilih
Hubungi pelanggan	Admin atau Karyawan menekan tombol hubungi pada data transaksi yang tersedia	Kontak pelanggan berhasil muncul sesuai transaksi yang dipilih
Selesai transaksi	Admin atau Karyawan menekan tombol selesai pada transaksi yang tersedia	Data transaksi berhasil tersimpan dengan status selesai
Permintaan blacklist pelanggan	Karyawan memilih data pelanggan yang akan dimasukkan ke dalam blacklist, kemudian mengisi informasi blacklist, lalu menekan tombol kirim	Informasi pelanggan yang terpilih berhasil muncul di daftar permintaan blacklist
Blacklist pelanggan	Admin memilih permintaan blacklist yang tersedia, kemudian memilih opsi blacklist	Pelanggan yang terpilih berhasil masuk ke dalam blacklist dan tidak dapat ditambahkan dalam transaksi baru

Pengujian *Black Box* yang tertera di tabel 1 menunjukkan bahwa, fitur-fitur seperti login pengguna, pengelolaan data pelanggan, transaksi penyewaan, durasi sewa, serta

pengajuan dan persetujuan *blacklist* pelanggan dapat berjalan dengan baik sesuai dengan yang diharapkan. Fitur *blacklist* dapat membatasi transaksi dari pelanggan yang bermasalah menggunakan data riwayat transaksi. Hal ini memunjukkan bahwa fungsi sistem yang dikembangkan telah valid secara fungsional.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem penyewaan mobil berbasis android. Sistem ini dirancang untuk membantu UMKM penyewaan mobil dalam mengelola operasionalnya dengan lebih efisien. Dengan sistem yang baru ini, pengelolaan data pelanggan bisa dilakukan dengan lebih baik. Transaksi penyewaan, durasi sewa, dan juga manajemen risiko pelanggan (fitur *blacklist*) sudah terintegrasi dengan baik.

Fitur *blacklist* berdasarkan riwayat transaksi adalah solusi untuk mengendalikan risiko operasional. Dengan adanya fitur ini, transaksi kepada pelanggan yang bermasalah bisa dibatasi. Hal ini tentunya sangat membantu dalam menjaga kestabilan usaha. Hasil dari pengujian *Black Box Testing* pada sistem ini menunjukkan bahwa semua fitur utama sistem bisa digunakan secara optimal dan sudah sesuai dengan spesifikasi yang dirancang sebelumnya.

Secara keseluruhan, sistem ini diharapkan bisa membantu usaha penyewaan mobil skala UMKM dalam meningkatkan kualitas pencatatan dan layanan. Selain itu, pemilik usaha akan lebih mudah dalam mengambil keputusan yang berbasis data. Penelitian kedepan dikembangkan dengan mengintegrasikan pemantauan GPS pada mobil yang disewa sehingga pergerakan mobil bisa dipantau.

REFERENSI

Abdilah, A., Lailiah, B., & Sa'adah, R. (2021). Rancang Bangun Sistem Informasi Rent Car Dengan Pengunaan Aplikasi Online. *Computer Science (CO-SCIENCE)*, *1*(2), 105–112. https://doi.org/10.31294/coscience.v1i2.474

Amory, J. D. S., J, R., & Hayadin, M. R. (2025). Integrasi Teknologi Informasi dan Komunikasi dalam Model Bisnis UMKM: Kajian Literatur tentang Inovasi dan

Keberlanjutan. *Jurnal Minfo Polgan*, *13*(2), 2455–2462. https://doi.org/10.33395/jmp.v13i2.14519

Berihun, N. G., Dongmo, C., & Van der Poll, J. A. (2023). The Applicability of Automated Testing Frameworks for Mobile Application Testing: A Systematic Literature Review. *Computers*, *12*(5), 97. https://doi.org/10.3390/computers12050097

Hanif, A., Wahyudi, E., Adianto, H., & Martanto, L. (2023). Sistem Informasi Persediaan Barang Pada UMKM Reseller Barang Pokok. *Profitabilitas*, *2*(1), 50–57. https://doi.org/10.31294/profitabilitas.v2i1.1222

Heriyanti, F., & Ishak, A. (2020). Design of Logistics Information System in The Finished Product Warehouse with The Waterfall Method: Review Literature. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *801*(1), 012100. https://doi.org/10.1088/1757-899X/801/1/012100

Ibrahim, F., Agus, T. R., & Sari, N. W. W. (2021). Identifikasi Metode Pengembangan Sistem Informasi di Indonesia: A Systematic Literature Review. *METIK JURNAL*, *5*(1), 47–54. https://doi.org/10.47002/metik.v5i1.215

Isyiriyah, L., Kanthi, Y. A., Zulkarnain, A., Sijabat, D. R., & Suparman, M. D. (2025). Implementasi Sistem Informasi Penjualan dan Pemesanan Jasa Mekanik Mobil pada UMKM Toko Naga Mas untuk Meningkatkan Efisiensi Layanan. *Dharma Nusantara: Jurnal Ilmiah Pemberdayaan Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, *3*(2), 41–47. https://doi.org/10.32664/dharma.v3i2.2141

Kaharuddin, Adam, S., & Pernando, Y. (2024). Analisis Usability dan Aksesibilitas Desain UI/UX Aplikasi HIMAKOM Universitas Universal Menggunakan System Usability. *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika Dan Komputer*, *4*(5), 2389-. https://doi.org/https://doi.org/10.30865/klik.v4i5.1479

Mardiati, D., & Saputra, Y. (2025). Implementasi Sistem Informasi Manajemen Klinik Menggunakan Metode Black Box Testing. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, *13*(1), 1611–1618. https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.6015

Oktaviani, A., & Sari, Y. S. (2025). Web-Based Car Rental Information System (Case Study: CV. Rafael Trans). *Jurnal Ilmiah Satya Negara Indonesia*, *2*(2), 60–66. https://doi.org/10.59408/jisni.v2i2.3

Palita, P. A., Katili, M. R., & Olii, S. (2020). Pengembangan Sistem Informasi Layanan Servis Mobil Berbasis Android. *Jambura Journal of Informatics*, *2*(2), 73–85. https://doi.org/10.37905/jji.v2i2.5934

Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (9th Ed.). McGraw-Hill Book Company.

Pulungan, S. M., Febrianti, R., Lestari, T., Gurning, N., & Fitriana, N. (2023). Analisis Teknik Entity-Relationship Diagram Dalam Perancangan Database. *Jurnal Ekonomi Manajemen Dan Bisnis (JEMB)*, *1*(2), 98–102. https://doi.org/10.47233/jemb.v1i2.533

Putra, P. S., Oktavio, R. D., & Zunaidi, R. A. (2025). Design of a Car Rental Application User Interface Using Design Thinking and Kansei Engineering Approaches. *Journal of Social Research*, *4*(11), 3383–3394. https://doi.org/10.55324/josr.v4i11.2874

Ridwansyah, R., Rifqie, D. M., & Nuridayanti, N. (2023). Sistem Informasi Inventaris Toko berbasis Web untuk UMKM Penyewaan Kostum. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, *5*(3), 289–295. https://doi.org/10.47233/jteksis.v5i3.874

Saepudin, S. L., & Dhaniawaty, R. P. (2019). Sistem Informasi Penyewaan Mobil Berbasis Web pada PT. Frasindo Lima Mandiri. *Jurnal Manajemen Informatika (JAMIKA)*, *9*(2), 94–103. https://doi.org/10.34010/jamika.v9i2.2255

Salsabila, M., Nasution, Y. S. J., & Hasibuan, N. A. (2024). Penerapan sistem informasi akuntansi berbasis mobile bagi peningkatan kinerja UMKM. *Keberlanjutan : Jurnal Manajemen Dan Jurnal Akuntansi*, *9*(1), 49–60. https://doi.org/10.32493/keberlanjutan.v9i1.y2024.p49-60

Santoso, R., Saputro, M. I., Sumbaryadi, A., Ishaq, A., & Sukendar, T. (2024). Perancangan Sistem Informasi Rental Mobil Berbasis Web pada Cakra Buana Tangerang. *Jurnal Teknologi Informatika Dan Komputer*, *10*(1), 214–228. https://doi.org/10.37012/jtik.v10i1.2092

Sarwindah, S., Marini, M., & Yusnia, Y. (2024). Pengembangan Sistem Informasi Aplikasi Rental Mobil Berbasis Android dengan metode PIECES. *Jurnal Teknologi Informatika Dan Komputer*, *10*(1), 17–28. https://doi.org/10.37012/jtik.v10i1.2018

Siewe, F., & Ngounou, G. M. (2025). On the Execution and Runtime Verification of UML Activity Diagrams. *Software*, *4*(1), 4. https://doi.org/10.3390/software4010004

Syafrina, A. P., & Nasution, M. I. P. (2025). Peran Sistem Informasi Manajemen Dalam Meningkatkan Daya Saing Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM). *Jurnal Ilmu Ekonomi Dan Bisnis*, *2*(3), 60–65. https://doi.org/https://doi.org/10.70134/jukoni.v2i3.945

Trieu, H. D. X., Nguyen, P. Van, Nguyen, T. T. M., Vu, H. M., & Tran, K. (2023). Information Technology Capabilities and Organizational Ambidexterity Facilitating Organizational Resilience and Firm Performance of SMEs. *Asia Pacific Management Review*, *28*(4), 544–555. https://doi.org/10.1016/j.apmrv.2023.03.004

Vranić, V., Lang, J., Nores, M. L., Arias, J. J. P., Solano, J., & Laseca, G. (2024). Use Case Modeling in A Research Setting of Developing An Innovative Pilgrimage Support System. *Universal Access in the Information Society*, *23*(4), 1543–1560. https://doi.org/10.1007/s10209-023-01047-1

Wahyudi, I., Fahrullah, F., Alameka, F., & Haerullah, H. (2023). Analisis Black Box Testing dan User Acceptance Testing terhadap Sistem Informasi Solusimedsosku. *Jurnal Teknosains Kodepena*, *4*(1), 1–9. https://doi.org/https://doi.org/10.54423/jtk.v4i1.54

Yanto, A. B. H., Fauzi, A., & Indriyani, N. (2025). Rancang Bangun Sistem Informasi Penyewaan Mobil Listrik Berbasis Web Pada Autonet Rent. *IMTechno: Journal of Industrial Management and Technology*, *6*(2), 63–69. https://doi.org/10.31294/imtechno.v6i2.8909

Yunita, N., & Rosmawati, R. (2021). Sistem Informasi Rental Mobil Berbasis Web Pada PT Karya Mobil. *Simpatik: Jurnal Sistem Informasi Dan Informatika*, *1*(1), 53–62. https://doi.org/10.31294/simpatik.v1i1.410

Ziveria, M., & Prastomo, A. D. (2022). Sistem Informasi Penyewaan Mobil Pada CV Yunita Transport. *KALBISCIENTIA Jurnal Sains Dan Teknologi*, *9*(2), 43–55. https://doi.org/10.53008/kalbiscientia.v9i2.362

Zulkarnaini, Firdhayanti, A., Taufik, T., & Bachry, B. (2023). User Acceptance Testing through Blackbox Evaluation for Corn Distribution Information System. *Bit-Tech*, *6*(2), 208–215. https://doi.org/10.32877/bt.v6i2.1065

Analysis of Information Technology Services Using the ITIL V.4 Framework on the Ferizy E-Ticketing Application of PT. ASDP Indonesia Ferry, Merak Branch

Fyrsty Ashra Nisa[1)*)], Yulhendri[2)]

[1)2)]Program Studi Sistem Informasi, Universitas Esa Unggul
***)Correspondence author:** Fyrsty Ashra Nisa, Fyrstyashranisa8165@mail.com, Jakarta, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3325

Abstract

The ITIL 4 framework is one of the most popular ITSM approaches, offering best practices for managing IT services. ITIL 4 introduces the concept of a Service Value System (SVS), providing comprehensive guidance for generating value through IT services. Digitalization in the maritime transportation sector has made significant progress, including through the implementation of an e-Ticketing system in ferry operations. PT ASDP Indonesia Ferry (Persero) Merak Branch has developed a digital system to facilitate ticket purchases and reduce physical queues at ports. ITIL 4 introduces the concept of a Service Value System (SVS), providing comprehensive guidance for generating value through Information Technology services. Evaluation using ITIL 4 is important for identifying imperfect service processes. Several practices such as Incident Management, Service Request Management, Problem Management, and Continual Improvement can be applied to identify service weaknesses that need to be addressed. By implementing ITIL 4, companies can improve IT management so that ticket purchasing processes, data validation, and payment transactions run smoothly and without interruption. Based on these four aspects, it can be concluded that the quality of information technology services in the Ferizy e-Ticketing application of PT ASDP Indonesia Ferry Merak Branch has been running well and is in line with the principles of ITIL 4, although there are still several aspects that can be developed further.

Keywords: *ITIL 4, Service Value System (SVS), Service Request Management, Problem Management, and Continual Improvement.*

Abstrak

Framework ITIL 4 merupakan salah satu pendekatan ITSM yang paling populer, karena menawarkan praktik terbaik untuk mengelola layanan TI. ITIL 4 memperkenalkan konsep Service Value System (SVS) yang memberikan panduan menyeluruh dalam menghasilkan nilai melalui layanan TI. Digitalisasi di sektor transportasi laut telah mengalami kemajuan yang signifikan, termasuk melalui implementasi sistem e-Ticketing dalam operasional penyebrangan. PT ASDP Indonesia Ferry (Persero) Cabang Merak telah mengembangkan sistem digital untuk memudahkan pembelian tiket dan mengurangi antrean fisik di pelabuhan. ITIL 4 memperkenalkan konsep Service Value System (SVS) yang memberikan panduan menyeluruh dalam menghasilkan nilai melalui layanan Teknologi Informasi. Evaluasi menggunakan ITIL 4 penting untuk menemukan proses layanan yang belum sempurna. Beberapa praktik seperti Incident Management, Service Request Management, Problem Management, dan Continual Improvement bisa diterapkan untuk menemukan kelemahan layanan yang perlu diperbaiki. Dengan menerapkan ITIL 4, perusahaan bisa meningkatkan pengelolaan TI agar proses pembelian tiket, validasi data, dan transaksi pembayaran berjalan lancar tanpa hambatan. Berdasarkan keempat aspek tersebut, dapat disimpulkan bahwa kualitas layanan teknologi informasi

pada aplikasi e-Ticketing Ferizy PT ASDP Indonesia Ferry Cabang Merak telah berjalan dengan baik dan selaras dengan prinsip-prinsip ITIL 4, meskipun masih terdapat beberapa aspek yang dapat dikembangkan lebih lanjut.

Kata Kunci : ITIL 4, Service Value System (SVS), Service Request Management, Problem Management, dan Continual Improvement.

PENDAHULUAN

Framework ITIL 4 merupakan salah satu pendekatan ITSM yang paling populer, karena menawarkan praktik terbaik untuk mengelola layanan TI. ITIL 4 memperkenalkan konsep Service Value System (SVS) yang memberikan panduan menyeluruh dalam menghasilkan nilai melalui layanan TI. Digitalisasi di sektor transportasi laut telah mengalami kemajuan yang signifikan, termasuk melalui implementasi sistem e-Ticketing dalam operasional penyebrangan. PT ASDP Indonesia Ferry (Persero) Cabang Merak telah mengembangkan sistem digital untuk memudahkan pembelian tiket dan mengurangi antrean fisik di pelabuhan. Digitalisasi pembelian tiket ini mulai diterapkan pada 1 Mei 2020 dan awalnya melalui situs web sebelum berkembang menjadi aplikasi mobile Ferizy. Sejak implementasinya, berbagai pembaruan fitur dan perbaikan sistem telah dilakukan.

Meskipun digitalisasi tersebut memberikan banyak keuntungan, berbagai aduan pengguna menunjukkan bahwa aplikasi Ferizy masih mengalami hambatan fungsional. Aduan seperti kesalahan aplikasi, keterlambatan proses transaksi, serta kegagalan pemesanan menunjukkan adanya permasalahan dalam kualitas layanan TI yang berjalan. Hambatan tersebut memengaruhi kepuasan penumpang dan efektivitas operasional pelabuhan. Jika tidak ditangani dengan baik, penurunan kualitas pelayanan dapat mengganggu proses bisnis dan mengurangi kepercayaan pengguna terhadap layanan digital ASDP.

Evaluasi layanan TI dengan menggunakan ITIL 4 penting untuk mengidentifikasi proses layanan yang belum optimal. Praktik seperti Incident Management, Service Request Management, Problem Management, dan Continual Improvement dapat diterapkan untuk menemukan kelemahan layanan yang memerlukan perbaikan. Melalui analisis berdasarkan ITIL 4, organisasi dapat memberikan tanggapan yang lebih tepat terhadap masalah pengguna, memperbaiki alur layanan yang tidak efisien, serta memastikan penanganan

insiden berjalan lebih cepat dan terstruktur. Evaluasi layanan TI berdasarkan ITIL 4 juga memberikan gambaran objektif mengenai kesenjangan antara layanan yang diharapkan dan layanan yang diterima pengguna. Identifikasi kesenjangan ini diperlukan sebagai dasar untuk menyusun rekomendasi perbaikan yang lebih tepat sasaran.

Teknologi informasi adalah gabungan antara teknologi komputer dan sistem komunikasi yang memungkinkan pengolahan, penyimpanan, transmisi, serta manajemen data dengan efisien. Teknologi informasi juga mencakup sistem yang mendukung pengambilan keputusan melalui pemrosesan data menjadi informasi yang berguna. Selain itu, TI memfasilitasi digitalisasi proses bisnis. Di sektor transportasi, misalnya, teknologi informasi memungkinkan pembelian tiket secara daring, pengelolaan jadwal operasional, dan pemantauan aktivitas penumpang. Digitalisasi ini membantu meningkatkan efisiensi, transparansi, dan kepuasan pengguna.

ITIL merupakan singkatan dari Information Technology Infrastructure Library adalah kumpulan publikasi best practice yang digunakan untuk manajemen layanan TI. ITIL 4 hadir untuk menyesuaikan dengan perkembangan teknologi dan praktik modern seperti VeriSM, SIAM, dan FitSM, yang memerlukan pendekatan manajemen layanan TI yang lebih fleksibel dan adaptif. Dibandingkan ITIL v3, versi ini menekankan integrasi layanan, agile, DevOps, dan praktik digital modern lainnya untuk mendukung tujuan bisnis dan meningkatkan pengalaman pengguna. ITIL 4 juga memperkenalkan Service Value System (SVS), sebuah model yang menunjukkan bagaimana semua komponen dan aktivitas organisasi bekerja sama untuk menciptakan nilai. SVS mengintegrasikan praktik manajemen layanan, prinsip panduan, tata kelola, dan perbaikan berkelanjutan untuk memastikan kualitas layanan TI secara konsisten.

Dengan fokus pada penciptaan nilai bagi pelanggan dan fleksibilitas dalam pengelolaan layanan TI, ITIL 4 memungkinkan organisasi mengadopsi praktik modern tanpa meninggalkan prinsip-prinsip manajemen layanan yang terbukti efektif. Hal ini menjadikannya framework yang adaptif bagi transformasi digital organisasi di era industri 4.0. Secara keseluruhan, ITIL 4 bukan hanya memperbarui kerangka kerja, tetapi juga

menekankan kolaborasi, integrasi layanan, dan perbaikan berkelanjutan sebagai bagian dari strategi TI yang mendukung tujuan bisnis dan kepuasan pengguna.

Service Value System (SVS) adalah komponen utama dalam ITIL 4 yang bertujuan memfasilitasi penciptaan nilai bersama antara organisasi dan pemangku kepentingan. SVS menggambarkan bagaimana seluruh komponen dan aktivitas organisasi saling berinteraksi untuk menghasilkan nilai bagi pelanggan, pengguna akhir, dan organisasi itu sendiri. SVS juga memungkinkan organisasi membangun ekosistem layanan yang saling terhubung, di mana interaksi antar layanan, proses, dan pemangku kepentingan dapat dikendalikan dan dipantau.

Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, seperti Guiding Principles, Governance, Service Value Chain, Practices, dan Continual Improvement, yang semuanya berkontribusi pada penciptaan nilai secara konsisten. Secara keseluruhan, SVS memberikan kerangka kerja yang komprehensif bagi organisasi untuk mengelola layanan TI secara efektif, meningkatkan kualitas layanan, dan menyelaraskan layanan dengan tujuan bisnis. Pendekatan ini juga memperkuat kemampuan organisasi dalam merespons perubahan lingkungan digital dan kebutuhan pelanggan yang terus berkembang.

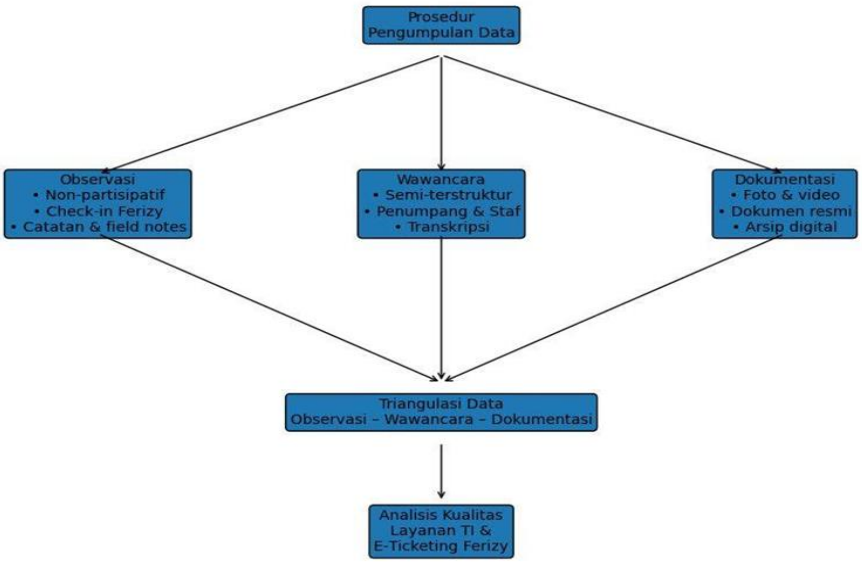
E-Ticketing (electronic Ticketing) adalah metode pemesanan dan penerbitan tiket perjalanan secara digital, di mana informasi tiket disimpan di sistem komputer milik perusahaan sehingga pengguna tidak perlu menggunakan tiket fisik. Sistem ini menyimpan data e-tiket dan memberikan konfirmasi digital kepada pelanggan yang dapat digunakan sebagai bukti perjalanan. Penggunaan E-Ticketing secara signifikan mengubah cara pengguna melakukan pemesanan tiket.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif karena fokusnya adalah menggambarkan fenomena layanan TI dan E-Ticketing Ferizy secara mendalam dalam kondisi alami, tanpa manipulasi eksperimen. Pilihan metode ini selaras dengan tradisi penelitian sistem informasi di mana peneliti menjadi instrumen utama uktur dengan stakeholder ASDP (manajer TI, staf operasional, dan pengguna dalam mengumpulkan data.

Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara semi-terstrFerizy), observasi penggunaan aplikasi di lapangan, serta dokumentasi data perusahaan (misalnya laporan e-ticket).

Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan beberapa metode agar diperoleh data yang lengkap. Metode yang digunakan untuk mengumpulkan dalam penelitian ini adalah observasi, wawancara dan dokumentasi.



Gambar 1. Prosedur Pengumpulan Data

a. Observasi

Observasi Peneliti menggunakan observasi non-partisipatif untuk memantau cara pengguna Ferizy berinteraksi dengan aplikasi saat check-in di pelabuhan Merak. Data observasi kemudian dicatat dalam lembar observasi terstruktur dan dilengkapi dengan catatan lapangan (field notes) untuk analisis lebih lanjut, mendukung triangulasi data dengan wawancara.

b. Wawancara

Wawancara (interview) Wawancara semi-terstruktur dilakukan dengan penumpang Ferizy untuk menggali pengalaman mereka dalam menggunakan aplikasi, termasuk kendala teknis, kemudahan pemesanan, dan persepsi nilai layanan. Semua wawancara direkam dengan izin, kemudian ditranskripsi secara literal.

c. Dokumentasi

Dalam penelitian ini, dokumentasi dilakukan dengan mengambil foto, merekam video, dan mengumpulkan dokumen resmi terkait layanan e-Ticketing Ferizy. Pengumpulan bukti visual ini berperan penting untuk analisis tematik dan mendukung interpretasi kualitas layanan TI.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan pada PT ASDP Indonesia Ferry Cabang Merak sebagai salah satu simpul transportasi penyeberangan strategis di Indonesia. Objek penelitian difokuskan pada aplikasi Ferizy sebagai sistem e-Ticketing resmi yang digunakan oleh penumpang untuk melakukan pemesanan tiket penyeberangan. Pendekatan penelitian yang digunakan adalah kualitatif deskriptif dengan metode studi kasus. Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai kualitas layanan teknologi informasi aplikasi Ferizy berdasarkan pengalaman langsung para pengguna dan pengelola layanan. Metode kualitatif memungkinkan peneliti menggali persepsi, hambatan, serta praktik pengelolaan layanan TI secara komprehensif.

Tabel 1. Nama Narasumber dan Peran

No	Nama Narasumber	Usia	Status / Peran
1	Pak Djarot	–	Pihak ASDP Indonesia Ferry Cabang Merak
2	Pak Apik	–	Petugas *Ticketing* ASDP Indonesia Ferry Cabang Merak
3	Raihan Maulana	–	Petugas *Ticketing* ASDP Indonesia Ferry Cabang Merak
4	Vinka Aulia	19 tahun	Penumpang pengguna aplikasi Ferizy
5	Jeni Puspita	28 tahun	Penumpang pengguna aplikasi Ferizy
6	Yusuf Pratama	–	Penumpang pengguna aplikasi Ferizy
7	Rika Ananda	28 tahun	Penumpang pengguna aplikasi Ferizy
8	Bapak Andi Saputra	–	Penumpang pengguna aplikasi Ferizy
9	Wawa Salsabila	18 tahun	Penumpang pengguna aplikasi Ferizy

Proses pengumpulan data dilakukan melalui wawancara semi-terstruktur kepada pihak internal dan eksternal yang terlibat langsung dalam penggunaan dan pengelolaan aplikasi Ferizy. Narasumber internal terdiri dari Pak Djarot selaku pihak PT ASDP Indonesia Ferry Cabang Merak, Pak Apik dan Raihan Maulana sebagai petugas Ticketing yang berinteraksi langsung dengan sistem Ferizy. Selain narasumber internal, penelitian ini juga melibatkan narasumber eksternal yaitu penumpang pengguna aplikasi Ferizy. Keterlibatan penumpang sebagai pengguna akhir sangat penting untuk menggambarkan kualitas layanan dari sisi pengalaman pengguna (user experience). Berdasarkan hasil wawancara awal, ditemukan bahwa aplikasi Ferizy telah membantu mempercepat proses pembelian tiket dan mengurangi antrean manual di pelabuhan. Namun demikian, beberapa narasumber mengungkapkan adanya kendala teknis seperti kesulitan akses pada jam sibuk, error sistem, serta kurangnya pemahaman pengguna terhadap alur penggunaan aplikasi. Efektivitas pengelolaan layanan TI sangat dipengaruhi oleh kejelasan peran service desk dan alur incident management yang terstruktur sesuai kerangka ITIL 4.

Pemetaan Temuan Penelitian terhadap Framework ITIL 4

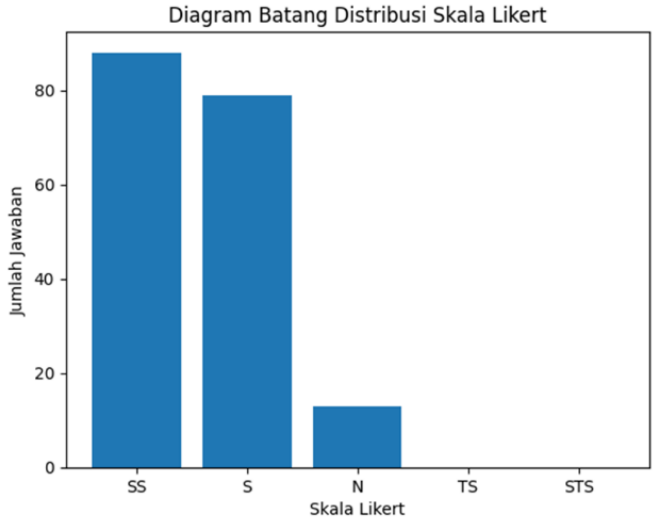
Pemetaan temuan penelitian terhadap framework ITIL 4 dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara kondisi layanan teknologi informasi pada aplikasi e-Ticketing Ferizy dengan konsep dan praktik manajemen layanan TI berbasis ITIL 4. Pemetaan ini bertujuan untuk menilai apakah layanan yang berjalan telah mendukung penciptaan nilai (value creation) bagi pengguna serta mendukung keberlangsungan layanan organisasi.

Aspek	Praktik ITIL 4	Temuan
Keamanan & Keandalan	Service Continuity, Info Security	Sistem stabil, prosedur alternatif tersedia
Kemudahan Penggunaan	Service Design	UI jelas, edukasi pengguna perlu ditingkatkan
Kualitas Layanan	Incident Management, Service Desk	CS responsif, koordinasi baik
Kepuasan & Manfaat	Value Creation, Continual Improvement	Pengguna puas, perlu feedback loop

Gambar 2. Aspek Praktek ITIL 4

Tabel 2. Hasil Penelitian

No	Pertanyaan	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9
1	Keamanan transaksi	SS	SS	S	SS	S	S	SS	S	SS
2	*Customer service* membantu	S	SS	S	S	SS	S	S	S	SS
3	Informasi akurat	SS	S	SS	S	SS	S	S	SS	SS
4	Aplikasi selalu tersedia	S	SS	S	S	SS	S	S	SS	S
5	Antarmuka mudah digunakan	S	S	N	S	SS	N	S	S	S
6	Informasi mudah ditemukan	S	SS	S	S	SS	N	S	S	S
7	Aplikasi jarang error	S	SS	S	S	SS	S	S	N	S
8	Tidak kesulitan menggunakan	S	S	N	S	SS	N	S	S	S
9	Mudah pesan & transaksi	SS	S	S	SS	SS	N	S	S	SS
10	Kepuasan keseluruhan	SS	SS	S	SS	SS	S	S	SS	SS
11	Pilihan jadwal membantu	SS	S	S	SS	SS	S	S	SS	SS
12	Ada potensi peningkatan	SS	SS	S	SS	SS	S	SS	SS	S
13	Tiket digital praktis	SS	SS	SS	S	SS	S	SS	SS	SS
14	Mudah diakses berbagai *device*	SS	S	S	SS	SS	S	S	SS	SS
15	Pembatalan/perubahan mudah	S	SS	S	S	SS	N	S	S	S
16	Detail info tiket jelas	SS	SS	S	SS	SS	S	S	SS	SS
17	Kecepatan pemesanan	SS	SS	S	SS	SS	S	S	SS	SS
18	Sistem pembayaran aman	SS	SS	S	SS	SS	S	S	SS	SS
19	*Tracking* kapal *real-time*	S	SS	S	SS	SS	N	S	S	S
20	Pengingat jadwal berguna	SS	SS	S	SS	SS	S	S	SS	SS

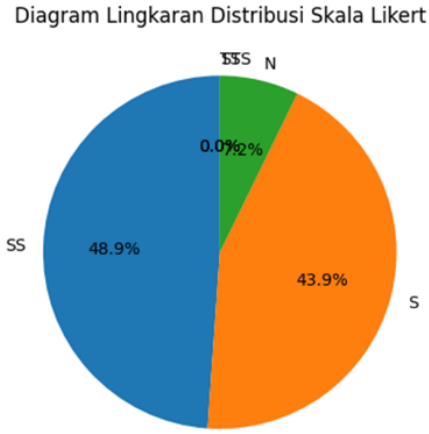


Gambar 3. Diagram Batang Distribusi Skala Likert

Diagram batang menunjukkan bahwa:

- Sangat Setuju (SS) = 88 jawaban
- Setuju (S) = 79 jawaban
- Netral (N) = 13 jawaban
- Tidak Setuju (TS) = 0
- Sangat Tidak Setuju (STS) = 0

Hal ini memperlihatkan bahwa responden didominasi oleh penilaian positif, yaitu pada kategori Sangat Setuju dan Setuju, sehingga dapat disimpulkan bahwa kualitas layanan aplikasi Ferizy dinilai sangat baik oleh pengguna. Sementara itu, kategori Netral muncul dalam jumlah kecil, yang menunjukkan adanya sebagian kecil responden yang masih mengalami kendala ringan dalam penggunaan aplikasi, khususnya pada aspek pemahaman fitur dan navigasi.



Gambar 4. Diagram Lingkaran Distribusi Skala Likert

Diagram lingkaran memperlihatkan proporsi penilaian responden sebagai berikut:

- Sangat Setuju (SS) = 48,9%
- Setuju (S) = 43,9%
- Netral (N) = 7,2%
- Tidak Setuju & Sangat Tidak Setuju = 0%

Distribusi ini menunjukkan bahwa sebanyak 92,8% responden memberikan penilaian positif (SS + S) terhadap aplikasi Ferizy. Persentase tersebut menegaskan bahwa tingkat kepuasan pengguna berada pada kategori sangat tinggi. Adanya 7,2% responden yang bersikap netral mengindikasikan perlunya penyempurnaan pada aspek kemudahan penggunaan aplikasi, agar pengalaman pengguna dapat lebih optimal.

Analisis Hasil Kuesioner Skala Likert Aplikasi Ferizy

1. Deskripsi Umum Hasil Kuesioner

   Berdasarkan hasil pengisian kuesioner oleh 9 orang narasumber, diperoleh gambaran bahwa mayoritas responden merasa puas terhadap kualitas layanan aplikasi Ferizy. Hal ini terlihat dari dominasi jawaban Sangat Setuju (SS) dan Setuju (S) pada hampir seluruh indikator pertanyaan yang mencakup aspek keamanan, kemudahan penggunaan, kejelasan informasi, kecepatan layanan, serta kepuasan secara keseluruhan.

Meskipun demikian, masih terdapat sebagian kecil responden (sekitar 2–3 orang) yang memberikan jawaban Netral (N) pada beberapa indikator, khususnya yang berkaitan dengan kemudahan navigasi, pengoperasian aplikasi, serta pemanfaatan fitur tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum aplikasi Ferizy telah memenuhi kebutuhan pengguna, namun masih terdapat ruang perbaikan pada aspek user experience (pengalaman pengguna) agar dapat menjangkau seluruh lapisan pengguna secara lebih optimal.

2. Perhitungan Skala Likert dan Matriks Penilaian

a. Skala Penilaian

Skala Likert yang digunakan adalah :

Tabel 3. Skala Penilaian

Skala	Keterangan	Bobot
SS	Sangat Setuju	5
S	Setuju	4
N	Netral	3
TS	Tidak Setuju	2
STS	Sangat Tidak Setuju	1

b. Matriks Perhitungan Skor Maksimum dan Minimum

- Jumlah pertanyaan = 20
- Jumlah responden = 9
- Skor maksimum = 20 × 9 × 5 = 900
- Skor minimum = 20 × 9 × 1 = 180

c. Estimasi Skor Aktual Berdasarkan Data. Dari tabel jawaban, diperoleh estimasi:

- SS = 88 jawaban
- S = 79 jawaban
- N = 13 jawaban
- TS = 0
- STS = 0

Sehingga:

- Skor SS = 88 × 5 = 440
- Skor S = 79 × 4 = 316
- Skor N = 13 × 3 = 39

Total Skor Aktual = 440 + 316 + 39 = 795

d. Indeks Kepuasan Responden (IKR)

Rumus:

Indeks (%) = (Total Skor Aktual / Skor Maksimum) × 100%

=795900×100%=88,33%=900795×100%=88,33%

Tabel 4. Interpretasi Nilai Indeks

Interval Persentase	Kategori
0 – 20%	Sangat Tidak Baik
21 – 40%	Tidak Baik
41 – 60%	Cukup
61 – 80%	Baik
81 – 100%	Sangat Baik

Dengan nilai 88,33%, maka tingkat kepuasan pengguna terhadap aplikasi Ferizy termasuk dalam kategori Sangat Baik.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Hasil evaluasi ahli media menunjukkan skor 85,42% yang berada pada kategori Baik, menandakan bahwa aspek desain tampilan, navigasi, performa, konsistensi fungsi, dan kelayakan teknis telah memenuhi standar media berbasis web. Selanjutnya, hasil validasi pengembangan sistem memperoleh skor 85% dengan kategori Sangat Baik, sehingga sistem dinyatakan valid dan layak digunakan tanpa revisi berarti.

Berdasarkan respons pengguna, siswa memberikan skor rata-rata 94% (Sangat Baik), guru sebesar 85% (Sangat Baik), dan pustakawan sebesar 96% (Sangat Baik). Temuan ini menunjukkan bahwa sistem mudah digunakan, membantu proses pencarian dan sirkulasi buku, serta meningkatkan akurasi pencatatan data perpustakaan.

Secara keseluruhan, uji efektivitas membuktikan bahwa sistem monitoring perpustakaan berbasis web mampu meningkatkan efisiensi layanan, mempercepat akses

informasi, dan mendukung transparansi pengelolaan perpustakaan di SMA Negeri 7 Kupang. Dengan demikian, sistem dinyatakan layak, efektif, dan siap diimplementasikan dalam operasional perpustakaan sekolah.

REFERENSI

Adham, M. F. (2024). Analisis implementasi sistem informasi: Studi literatur. *Jurnal Sistem & Teknologi Informasi, 8*(2), 112–130.

Antara News. (2023, Maret 15). Lakukan transformasi layanan digital, kinerja ASDP makin melesat. https://www.antaranews.com/berita/3192297/lakukan-transformasi-layanan-digital-kinerja-asdp-makin-melesat

ASDP Indonesia Ferry. (2022). *Laporan keuangan 2022*. https://asdp.id/storage/uploads/laporankeuangan/fTgMAKPhXVCNH2q2AnhG3ZsPgOLtOosnhqjLRxUR.pdf

ASDP Indonesia Ferry. (2024, Juli). Pengguna aktif Ferizy capai 2,38 juta, ASDP terus tingkatkan digitalisasi tiket online. https://asdp.id/siaran-pers/pengguna-aktif-ferizy-capai-238-juta-asdp-terus-tingkatkan-digitalisasi-tiket-online

Cahyono, A., Prasetya, Y., & Nurhayati, L. (2025). Analisis pengelolaan layanan TI menggunakan ITIL 4 pada aplikasi layanan publik. *Jurnal Sistem Informasi Indonesia, 9*(1), 55–66. https://doi.org/10.35567/jsii.v9i1.2025

Darmawan, R., Setiawan, A., & Safitri, P. (2025). Pengaruh kualitas layanan digital terhadap kepuasan pengguna dalam sistem e-*Ticketing*. *Jurnal Manajemen dan Teknologi, 8*(2), 98–109. https://doi.org/10.46774/jmt.v8i2.2025

Fajriah, S., & Meiyanti, R. (2024). Implementasi *e-Ticketing* dalam meningkatkan efektivitas operasional pelabuhan penyeberangan. *Jurnal Transportasi dan Teknologi, 7*(1), 21–33. https://doi.org/10.52200/jtt.v7i1.2024

Fitriyani, D., & Prasetyo, E. (2023). Penerapan *Continual Improvement* berbasis ITIL 4 pada layanan teknologi informasi. *Jurnal Transformasi Digital, 5*(2), 77–85. https://doi.org/10.32832/jtd.v5i2.2023

Gumilar, R., Hidayat, R., & Fauzan, M. (2024). Analisis usability sistem *e-Ticketing* transportasi publik berbasis digital. *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak, 6*(1), 33–42. https://doi.org/10.36499/jirepl.v6i1.5872

Handayani, F., & Pratama, Y. (2022). Implementasi ITIL 4 untuk optimalisasi layanan TI pada aplikasi e-*Ticketing*. *Jurnal Sistem & Teknologi Informasi, 10*(1), 45–60. https://doi.org/10.12345/jsi.v10i1.112

Harjanto, H., & Aji, B. W. (2024). Evaluasi layanan TI menggunakan ITIL 4 pada organisasi pemerintah. *Jurnal Sistem Informasi Publik, 6*(4), 189–199. https://doi.org/10.34211/jsip.v6i4.2024

Hidayati, N., & Ramadhan, T. (2022). Tata kelola layanan TI dalam mendukung operasional digital BUMN transportasi. *Jurnal Administrasi dan Teknologi, 10*(2), 112–122. https://doi.org/10.31000/jat.v10i2.2022

Hudaya, R., & Budihartanti, C. (2025). Penerapan ITIL 4 *Service Value System* dalam peningkatan kualitas layanan TI. *Jurnal Infrastruktur dan Teknologi Informasi, 4*(1), 1–12. https://doi.org/10.52000/jiti.4i1.2025

Komarudin, A., Saputra, D. R., & Lestari, N. (2024). Implementasi ITIL 4 dalam pengelolaan *incident management* layanan teknologi informasi. *Jurnal Manajemen Informatika, 14*(1), 1–10. https://doi.org/10.34010/jmi.v14i1.8893

Komarudin, K., Hatta, M., & Nas, C. (2024). Analysis of IT *service* quality on attendance application with ITIL 4 approach. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi, 5*(7), 3541–3561. https://doi.org/10.59141/jist.v5i7.1219

Malahayati, M., & Syamsuar, D. (2022). Investigasi hambatan dan tantangan penerapan sistem informasi manajemen di rumah sakit. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 7*(2). https://doi.org/10.25126/jtiik.2022944954

Mutiara Laudya, M., Ariany, R., & Kabullah, M. I. (2023). Kesenjangan digital dalam pemanfaatan tiket elektronik pada angkutan massal Trans Padang. *Jurnal Ranah Publik Indonesia Kontemporer (RAPIK)*. https://doi.org/10.1234/rapik.v1i1.33

Nisa, A. F., & Yulhendri. (2024). Analisis layanan kualitas teknologi informasi menggunakan *framework* ITIL 4 pada *e-Ticketing* aplikasi Ferizy PT ASDP

Indonesia Ferry. *Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek, 2*(3), 80–89. https://doi.org/10.3785/kohesi.v2i3.1973

Putra, A. D., Wijaya, H., & Kurniawan, R. (2022). Pengukuran kualitas layanan TI pada aplikasi publik berbasis mobile. *Jurnal Sistem Informasi dan Sains Data, 3*(2), 90–101. https://doi.org/10.47100/jssd.v3i2.2022

Putra, H., & Sari, N. (2022). Implementasi sistem informasi publik berbasis digital: Studi kasus. *Jurnal Teknologi Informasi Indonesia, 8*(2), 90–105. https://doi.org/10.23456/jtii.v8i2.88

Santoso, A., Nugroho, R., & Putri, D. (2022). Implementasi ITIL 4 untuk peningkatan kualitas layanan TI di sektor transportasi. *Jurnal Sistem Informasi Indonesia, 9*(1), 55–70. https://doi.org/10.56789/jsi.v9i1.95

Setyaningsih, E., Prasetyo, Y. A., & Wibowo, A. S. (2023). Analisis kualitas layanan teknologi informasi menggunakan *framework* ITIL 4 pada sistem layanan digital. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 10*(2), 215–224. https://doi.org/10.25126/jtiik.2023102215

Syahrul Fathan, M. R., Hikmah, N. T., Deswanto, Z. M., & Sularno, S. (2024). Analisis implementasi *framework* ITIL 4 dalam peningkatan manajemen layanan aplikasi digital. *Jurnal Sains dan Teknologi, 4*(3). https://doi.org/10.47233/jsit.4i3.2456

Suryani, I., & Pusparini, N. (2025). Analisis tingkat kepuasan pengguna sistem informasi perpustakaan menggunakan PIECES *Framework*. *Jurnal Merkurius, 3*(1), 273–290. https://doi.org/10.47100/merkurius.v3i1.665

Taufik. (2025). Development of an *e-Ticketing* information system for the Palembang LRT based on a *mobile* website. *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi (JIKSI), 5*(1), 28–35. https://doi.org/10.61346/jiksi.v5i1.206

Velasco, D., Marquez, R., & Lopez, J. (2022). Digital transformation and IT *service* management: Adapting ITIL 4 in contemporary organizations. *Procedia Computer Science, 200*, 2345–2354. https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.03.312

Wahyudi, S., & Hidayat, F. (2023). Persepsi pengguna terhadap kualitas layanan sistem informasi publik. *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi, 10*(1), 101–115. https://doi.org/10.98765/jsi.v10i1.120

Wahyuni, N. (2022). Analisis pelaksanaan sistem informasi kesehatan terintegrasi. *Jurnal Kesehatan Terapan, 3*(2), 88–99. https://doi.org/10.51876/jisuik.v3i2

Measuring Information Security Awareness at Muhammadiyah University of Palembang Using HAIS-Q

M. Rizky Mahendra[1)*)], Catur Eri Gunawan[2)], Freddy Kurnia Wijaya[3)]

[1)2)3)]Sistem Informasi, Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang
***)Correspondence author:** M. Rizky Mahendra, rizky.mahendr44@gmail.com, Palembang, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3379

Abstract

The rapid development of information technology has transformed various aspects of human life, including the way people work, interact, and learn. This progress has driven increased efficiency in daily activities, especially in higher education. The increasing dependence of the academic community on digital systems in academic and administrative activities has also increased information security risks in higher education. Muhammadiyah University of Palembang, which is undergoing a digital transformation, faces challenges in building information security awareness among its users. This study aims to measure the level of information security awareness of the academic community using quantitative methods through the Human Aspects of Information Security Questionnaire (HAIS-Q), which covers the dimensions of Knowledge, Attitude, and Behavior in 7 focus areas. The measurement stages refer to the Kruger & Kearney model with the determination of the importance weight of each focus area using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method. The questionnaire data were analyzed descriptively. The results showed that the level of information security awareness was in the moderate category with a total score of 74.15%. The Knowledge dimension obtained a score of 70.39%, Attitude 75.63%, and Behavior 75.82%. The lowest scores were found in the sub-focus area of internet and social media usage behavior. This finding underscores the need for strategic interventions in the form of ongoing training, outreach, and technical policy development to strengthen information security awareness within universities, particularly in areas with low levels of awareness.

Keywords: *Information Security, Information Security Awareness, Use of Digital Systems in Higher Education, HAIS-Q, AHP.*

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi yang berlangsung pesat telah mengubah berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk cara bekerja, berinteraksi, hingga proses pembelajaran. Kemajuan ini mendorong peningkatan efisiensi dalam aktivitas sehari-hari, terutama di lingkungan pendidikan tinggi. Meningkatnya ketergantungan sivitas akademika pada sistem digital dalam aktivitas akademik dan administratif turut memperbesar risiko keamanan informasi di perguruan tinggi. Universitas Muhammadiyah Palembang yang sedang bertransformasi digital menghadapi tantangan dalam membangun kesadaran keamanan informasi di kalangan penggunanya. Penelitian ini bertujuan mengukur tingkat kesadaran keamanan informasi sivitas akademika menggunakan metode kuantitatif melalui kuesioner Human Aspects of Information Security Questionnaire (HAIS-Q), yang mencakup dimensi Pengetahuan, Sikap, dan Perilaku pada 7 fokus area. Tahapan pengukuran mengacu pada model Kruger & Kearney dengan penentuan bobot kepentingan tiap fokus area menggunakan metode Analytic Hierarchy Process (AHP). Data hasil kuesioner dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan tingkat kesadaran keamanan informasi berada pada kategori sedang dengan skor total 74,15%. Dimensi Pengetahuan memperoleh skor 70,39%, Sikap 75,63%, dan Perilaku 75,82%. Skor terendah ditemukan pada sub-fokus area perilaku penggunaan internet dan media sosial. Temuan ini menegaskan perlunya intervensi strategis berupa pelatihan, sosialisasi, dan penyusunan kebijakan teknis yang

berkelanjutan untuk memperkuat kesadaran keamanan informasi di lingkungan universitas, terutama pada area dengan tingkat kesadaran rendah.

Kata Kunci : Keamanan Informasi, Kesadaran Keamanan Informasi, Penggunaan Sistem Digital di Perguruan Tinggi, HAIS-Q, AHP.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi yang berlangsung pesat telah mengubah berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk cara bekerja, berinteraksi, hingga proses pembelajaran. Kemajuan ini mendorong peningkatan efisiensi dalam aktivitas sehari-hari, terutama di lingkungan pendidikan tinggi. Di perguruan tinggi, pemanfaatan teknologi informasi telah menjadi bagian integral dari kegiatan akademik dan administratif. Sivitas akademika kini sangat bergantung pada berbagai sistem digital seperti SIMAK, E-learning, DIGILIB, Repository, serta media eksternal seperti media sosial dan email. Transformasi digital ini memberikan kemudahan dalam pengelolaan data, komunikasi, dan akses sumber belajar, sehingga meningkatkan efektivitas proses pendidikan (Ariyadi et al., 2023).

Namun, meningkatnya ketergantungan terhadap teknologi juga diikuti oleh eskalasi ancaman terhadap keamanan informasi. Kasus kebocoran data mahasiswa Universitas Diponegoro (UNDIP) pada 5 Januari 2021 menjadi contoh nyata, di mana lebih dari 125 ribu data mahasiswa bocor dan tersebar di internet, mencakup informasi pribadi seperti nama, tanggal lahir, alamat, serta data keluarga (Siaran Pers ELSAM, 2021). Kejadian ini menunjukkan bahwa perguruan tinggi memiliki kerentanan serius terhadap pelanggaran keamanan informasi dan memerlukan upaya sistematis untuk mencegah insiden serupa. Laporan Indonesia Threat Landscape Report oleh SOCRadar (2023) juga mencatat bahwa dari 130 insiden ransomware global pada 2023–2024, sebanyak 24 kasus terjadi di Indonesia. Sektor pendidikan turut terdampak dengan kontribusi 3,17% dari total serangan. Meskipun angka ini lebih rendah dibandingkan sektor industri lain, risiko terhadap institusi pendidikan tetap signifikan karena besarnya volume data sensitif yang dikelola, seperti data pribadi mahasiswa dan informasi akademik.

Faktor manusia menjadi penyebab utama berbagai insiden keamanan informasi. Laporan Verizon Data Breach Investigations Report (Hylender et al., 2024) menunjukkan

bahwa 68% kasus pelanggaran keamanan melibatkan elemen manusia. Sebagian besar terjadi akibat rendahnya kesadaran dan perilaku tidak aman pengguna, seperti menjadi korban phishing atau serangan social engineering. Teknik social engineering memanfaatkan kelemahan manusia sebagai titik terlemah dalam sistem, di mana penyerang memanipulasi korban agar secara tidak sadar memberikan akses atau informasi sensitif (Peltier, 2006; Tyas Darmaningrat et al., 2022; Syafitri et al., 2022). Rendahnya pengetahuan dan kesadaran pengguna terhadap keamanan informasi menjadikan faktor manusia sebagai ancaman dominan dalam insiden kebocoran data (Nugroho et al., 2024). Oleh karena itu, peningkatan kesadaran keamanan informasi menjadi langkah krusial untuk meminimalkan risiko pelanggaran (Rohan, Pal, et al., 2023). Perguruan tinggi perlu memahami sejauh mana tingkat kesadaran keamanan informasi di lingkungan internalnya untuk menentukan strategi peningkatan yang tepat.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan mengukur tingkat kesadaran keamanan informasi sivitas akademika di Universitas Muhammadiyah Palembang, yang mencakup mahasiswa, dosen, dan tenaga kependidikan. Pengukuran ini difokuskan pada penggunaan sistem digital yang dikelola universitas dalam mendukung aktivitas akademik dan administratif. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar dalam perumusan kebijakan serta strategi peningkatan kesadaran keamanan informasi yang lebih efektif dan berkelanjutan, sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik Universitas Muhammadiyah Palembang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survei untuk mengukur kesadaran keamanan informasi sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Palembang dalam penggunaan sistem digital akademik dan administratif. Pengukuran dilakukan berdasarkan model Kruger & Kearney (2006) yang menilai dimensi Pengetahuan, Sikap, dan Perilaku, serta dioperasionalisasikan melalui instrumen HAIS-Q yang mencakup 7 fokus area: Manajemen Kata Sandi, Penggunaan Email, Penggunaan Internet, Penggunaan Media Sosial, Perangkat Mobile, Penanganan Data & Informasi, dan Pelaporan Insiden.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Palembang yang aktif menggunakan sistem digital di lingkungan universitas. Data populasi diperoleh dari Biro PUSDATIN dan Biro SDM pada Mei 2025, dengan total sebanyak 11.970 orang. Penelitian ini menggunakan metode sampling acak sederhana dengan perhitungan jumlah sampel berdasarkan rumus Slovin. Metode ini dipilih karena jumlah populasi penelitian sangat besar, sehingga tidak memungkinkan untuk menjadikan seluruh anggota populasi sebagai responden. Untuk menentukan jumlah sampel minimum, perhitungan dilakukan menggunakan rumus Slovin dengan rumus n = N ÷ (1 + Ne^2) dengan n sebagai ukuran sampel, N sebagai jumlah populasi, 1 sebagai konstanta, dan e sebagai tingkat kesalahan (margin of error) (C. Wahyudi, 2023).

Mengingat adanya kendala dalam mendapatkan responden terutama karena jumlah item kuesioner yang cukup banyak dan memerlukan waktu pengisian yang lama, peneliti menetapkan margin of error sebesar 10% (0,1). Dari hasil perhitungan jumlah minimum responden yang dibutuhkan adalah 100 orang (dibulatkan ke atas). Untuk mengantisipasi adanya data yang tidak sesuai atau tidak lengkap, peneliti menaikkan minimum sampelnya sebesar 5% sehingga total jumlah responden yang ditetapkan menjadi 105 orang.

Sebelum pengukuran, dilakukan pembobotan kepentingan menggunakan metode Analytic Hierarchy Process (AHP) melalui formulir matriks pairwise comparison oleh pihak manajemen. Data dikumpulkan dengan menyebarkan kuesioner berbasis HAIS-Q kepada sampel yang dipilih menggunakan teknik sampling acak sederhana, dengan kriteria responden merupakan pengguna aktif sistem digital dan bersedia berpartisipasi. Data yang terkumpul dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk menggambarkan distribusi, persentase, pola, dan kecenderungan kesadaran pada setiap dimensi. Hasil analisis ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik, dan peta kesadaran sesuai tahapan model Kruger & Kearney.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengumpulan Data

Kuesioner penelitian disusun menggunakan platform Google Forms, kemudian disebarkan kepada sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Palembang secara langsung (tatap muka) selama periode pengumpulan data, yaitu dari tanggal 28 Mei hingga 3 Juli 2025. Dari proses penyebaran tersebut, terkumpul total sebanyak 118 responden, yang terdiri dari 38 responden pada penyebaran skala kecil dan 80 responden dari penyebaran skala besar. Tahap penyebaran skala kecil dilakukan terlebih dahulu untuk keperluan pengujian validitas dan reliabilitas instrumen penelitian dan masih digunakan dalam pengumpulan data utama. Sedangkan kuesioner dari penyebaran skala besar digunakan dalam pengumpulan data utama untuk analisis penelitian.

Data Screening

Sebelum dilakukan pengolahan data, terlebih dahulu dilakukan proses screening terhadap hasil kuesioner untuk memastikan kelengkapan dan kesesuaian data dengan kriteria penelitian. Salah satu kriteria tambahan yang ditetapkan adalah lama responden berada di kampus. Responden yang berada di kampus kurang dari 1,5 tahun tidak dimasukkan dalam analisis, dengan pertimbangan bahwa pengalaman mereka dalam menggunakan sistem digital kampus masih terbatas. Sebaliknya, responden yang telah berada di kampus minimal 1,5 tahun dianggap memiliki pemahaman yang lebih memadai. Penetapan kriteria ini bertujuan untuk meminimalkan bias dari responden yang masih berada pada tahap adaptasi terhadap sistem digital kampus.

Pada tahap penyebaran skala kecil, kuesioner terlebih dahulu disebarkan untuk menguji validitas dan reliabilitas instrumen penelitian. Mengacu pada Perneger et al. (2015), ukuran sampel minimal 30 responden direkomendasikan dalam penyebaran awal untuk memperoleh kekuatan statistik yang memadai dalam mendeteksi potensi permasalahan. Dari total 38 kuesioner yang terkumpul, hanya 34 responden yang digunakan dalam analisis karena 4 responden tidak memenuhi kriteria yang telah ditetapkan. Jumlah tersebut telah

memenuhi rekomendasi ukuran sampel minimal sebagaimana disarankan oleh Perneger et al. (2015).

Selanjutnya, pada tahap penyebaran kuesioner skala besar terkumpul sebanyak 80 responden. Setelah dilakukan pengecekan, terdapat 3 responden yang tidak memenuhi kriteria, sehingga hanya 77 responden yang diambil. Dengan demikian, total data yang digunakan berasal dari gabungan kuesioner skala kecil (34 responden) dan skala besar (77 responden), sehingga jumlah keseluruhan adalah 111 responden. Selain itu, dilakukan pula transformasi pada nilai skala Likert di 20 pernyataan yang menggunakan reverse scoring, agar interpretasi data tetap konsisten.

Penentuan Bobot Fokus Area

Setelah diperoleh hasil pengukuran dari masing-masing dimensi, langkah selanjutnya adalah menghitung bobot kepentingan untuk Fokus Area yang belum diketahui. Adapun bobot kepentingan untuk masing-masing Dimensi telah ditetapkan berdasarkan penelitian Kruger dan Kearney (2006), sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Bobot Kepentingan Dimensi (Sumber: Kruger & Kearney, 2006)

Dimensi	Bobot
Pengetahuan	30%
Sikap	20%
Perilaku	50%

Perhitungan bobot untuk setiap Fokus Area dilakukan dengan menggunakan formulir pairwise comparison yang dirancang berdasarkan metode AHP. Proses pengisian formulir dilakukan oleh manajemen yang memiliki kewenangan langsung dalam pengelolaan sistem digital di lingkungan universitas, yaitu BIRO PUSDATIN. Dalam penelitian ini, pengisian formulir dilakukan oleh Kepala Biro PUSDATIN sebagai pemangku kepentingan tertinggi sekaligus pihak yang memiliki pemahaman paling komprehensif terkait operasional, kebijakan, serta pengelolaan keamanan sistem digital Universitas Muhammadiyah Palembang.

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan menggunakan AHP Priority Calculator, diperoleh nilai Consistency Ratio (CR) sebesar 5,7%, yang berada di bawah ambang batas maksimum 10%. Hal ini menunjukkan bahwa hasil perhitungan tersebut konsisten dan dapat diterima. Nilai bobot kepentingan dari masing-masing fokus area ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Bobot Kepentingan Fokus Area

No.	Fokus Area	Bobot Kepentingan
1.	Manajemen *Password*	17,8%
2.	Penggunaan *Email*	17,2%
3.	Penggunaan Internet	21,5%
4.	Penggunaan Media Sosial	3,2%
5.	Perangkat *Mobile*	2,6%
6.	Penanganan Data & Informasi	21,7%
7.	Pelaporan Insiden	15,9%

Pengukuran Tingkat Kesadaran Keamanan Informasi Keseluruhan

Setelah diperoleh nilai tingkat kesadaran dan bobot kepentingan untuk seluruh fokus area dan dimensi, maka dapat dihitung nilai tingkat kesadaran secara keseluruhan dengan menggunakan model skoring dari Kruger & Kearney (2006). Adapun tahapan perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung nilai rata-rata setiap sub-fokus area dan fokus area pada ketiga dimensi: Pengetahuan, Sikap, dan Perilaku, sebagaimana telah dijelaskan pada subbab sebelumnya.
2. Menghitung tingkat kesadaran per fokus area, dengan cara mengalikan nilai rata-rata fokus area pada masing-masing dimensi dengan bobot dari tiap dimensi, kemudian menghitung nilai rata-ratanya.
3. Menghitung tingkat kesadaran per dimensi, dengan cara mengalikan nilai fokus area dengan bobot masing-masing fokus area dalam dimensi tersebut, lalu menghitung nilai rata-ratanya.
4. Menghitung tingkat kesadaran total, yaitu dengan mengalikan nilai rata-rata kesadaran setiap dimensi dengan bobot dari masing-masing dimensi, kemudian menghitung nilai totalnya.

Hasil perhitungan tingkat kesadaran secara keseluruhan ditampilkan pada Tabel 3.



Tabel 1. Nilai Tingkat Kesadaran secara Keseluruhan

Fokus Area	Dimensi			Nilai Kesadaran/Fokus Area
	Pengetahuan (Bobot 30%)	**Sikap** (Bobot 20%)	**Perilaku** (Bobot 50%)	
Manajemen *Password* (Bobot 17,8%)	69,43%	79,40%	78,38%	75,90%
Penggunaan *Email* (Bobot 17,2%)	73,57%	73,93%	77,60%	75,66%
Penggunaan Internet (Bobot 21,5%)	58,62%	75,56%	69,73%	67,56%
Penggunaan Media Sosial (Bobot 3,2%)	62,16%	75,74%	67,87%	67,73%
Perangkat *Mobile* (Bobot 2,6%)	77,54%	74,29%	75,44%	75,84%
Penanganan Data & Informasi (Bobot 21,7%)	74,89%	75,20%	80,78%	77,90%
Pelaporan Insiden (Bobot 15,9%)	78,74%	74,59%	74,65%	75,87%
Nilai Kesadaran/Dimensi	70,39%	75,63%	75,82%	
Nilai Tingkat Kesadaran Total	74,15%			

Berdasarkan Tabel 3, Pada Fokus Area Penggunaan Internet Di Dimensi Pengetahuan Berada Pada Kategori Buruk (58,62%) Dan Pada Fokus Area Penanganan Data & Informasi Berada Pada Kategori Baik (80,78%), Dan Sisa Fokus Area-Nya Berada Pada Kategori Sedang. Jika Dilihat Berdasarkan Nilai Kesadaran/Dimensi Dan Nilai Kesadaran/Fokus Area, Nilai Keduanya Berada Dalam Kategori Tingkat Kesadaran Sedang. Secara Keseluruhan, Nilai Tingkat Kesadaran Sivitas Akademika Universitas Muhammadiyah Palembang Terhadap Keamanan Informasi Berada Pada Kategori Sedang, Dengan Skor Akhir Sebesar 74,15%.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil pengukuran tingkat kesadaran secara keseluruhan, tingkat kesadaran sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Palembang terhadap keamanan informasi berada pada kategori sedang, dengan nilai sebesar 74,16%. Secara rinci, tingkat kesadaran pada dimensi Sikap sebesar 75,77%, dimensi Perilaku sebesar 75,73%, dan dimensi Pengetahuan sebesar 70,49%, seluruhnya berada dalam kategori sedang. Jika dilihat berdasarkan fokus area, masih terdapat fokus area yang masuk dalam kategori buruk, yaitu fokus area Penggunaan Internet. Sebagian besar fokus area lainnya berada pada kategori sedang, dan hanya satu fokus area yang masuk kategori baik.

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar Universitas Muhammadiyah Palembang menindaklanjuti temuan terkait rendahnya tingkat kesadaran keamanan informasi pada beberapa fokus area, khususnya yang berada dalam kategori buruk. Evaluasi lebih lanjut perlu dilakukan oleh unit terkait, seperti Biro Pusdatin, untuk mengidentifikasi akar penyebab rendahnya kesadaran pada area tersebut. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam menyusun program peningkatan kesadaran keamanan informasi.

REFERENSI

Alvito, G. B. N., Setiadi, F., & Irsan, M. (2025). Pengukuran tingkat kesadaran keamanan informasi pada mahasiswa Fakultas Informatika menggunakan Human Aspect of Information Security Questionnaire. *LOGIC: Jurnal Ilmu Komputer*. https://journals.telkomuniversity.ac.id/logic/article/view/9590

Anugrah, S., Himawan, M. Z., Qalby, N. R., et al. (2025). Pengaruh etika profesi terhadap keamanan informasi dalam konteks kebocoran data BSI (Bank Syariah Indonesia): Studi literatur sistematis. *Jurnal Teknologi Informasi*. https://ojs.unikom.ac.id/index.php/JTK3TI/article/view/17033

Ariyadi, T., Widodo, T. L., Apriyanti, N., & Kirana, F. S. (2023). Analisis kerentanan keamanan sistem informasi akademik Universitas Bina Darma menggunakan OWASP. *Techno.Com, 22*(2), 418–429. https://doi.org/10.33633/tc.v22i2.7562

Darmansah, T., Pasaribu, G. A., Juliani, D., et al. (2025). Optimalisasi sistem informasi administrasi digital untuk meningkatkan efisiensi layanan dan keamanan informasi organisasi. *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Sosial*. https://www.ojs.daarulhuda.or.id/index.php/Socius/article/view/1489

Hylender, D., Langlois, P., Pinto, A., & Widup, S. (2024). *2024 data breach investigations report*. Verizon. https://www.verizon.com/business/resources/Tad3/reports/2024-dbir-data-breach-investigations-report.pdf

Karunia, W. A., Zahra, A. F., et al. (2025). Evaluasi ancaman baru dalam keamanan informasi: Systematic literature review tentang kerentanan cyber security pasca-pandemi. *Cyber Security Journal*. https://journal.uin-suka.ac.id/saintek/cybersecurity/article/view/4889

Kruger, H., & Kearney, W. D. (2006). A prototype for assessing information security awareness. *Computers & Security, 25*(4), 289–296. https://doi.org/10.1016/j.cose.2006.02.008

Nadanta, A. H., Farisi, H., & Brata, D. W. (2025). Analisis evaluasi indeks KAMI (Keamanan Informasi) 5.0 dalam pengelolaan keamanan informasi di SMK Telkom Purwokerto. *J-PTIIK*. https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/15233

Nugraha, F., & Hendrik, B. (2025). Perbandingan framework COBIT 2019 dan TOGAF dalam manajemen keamanan informasi. *Journal of Education Research*. https://jer.or.id/index.php/jer/article/view/2156

Nugroho, M. A., Asih, S. W., & Karunia, A. N. (2024). Peran kesadaran manusia dalam keamanan informasi dan social engineering. *Bureaucracy Journal, 4*(1), 199–216. https://bureaucracy.gapenas-publisher.org/index.php/home/article/view/401

Parsons, K., Calic, D., Pattinson, M., Butavicius, M., McCormac, A., & Zwaans, T. (2017). The human aspects of information security questionnaire (HAIS-Q): Two further validation studies. *Computers & Security, 66*, 40–51. https://doi.org/10.1016/j.cose.2017.01.004

Rohan, R., Pal, D., Hautamäki, J., Funilkul, S., Chutimaskul, W., & Thapliyal, H. (2023). A systematic literature review of cybersecurity scales assessing information security awareness. *Heliyon, 9*(3). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14234

Siaran Pers ELSAM. (2021, Januari 6). Data mahasiswa UNDIP bocor: RUU pelindungan data pribadi penting segera disahkan. Diakses Januari 7, 2025, dari https://www.elsam.or.id/siaran-pers/data-mahasiswa-undip-bocor-ruu-pelindungan-data-pribadi-penting-segera-disahkan

SOCRadar. (2023). *Healthcare threat landscape report* (Vol. 1, pp. 1–14). https://media.cert.europa.eu/static/MEMO/2021/TLP-WHITE-CERT-EU-Threat_Landscape_Report-Volume1.pdf

Syafitri, W., Shukur, Z., Mokhtar, U. A., Sulaiman, R., & Ibrahim, M. A. (2022). Social engineering attacks prevention: A systematic literature review. *IEEE Access, 10*, 39325–39343. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3162594

Tyas Darmaningrat, E. W., Noor Ali, A. H., Herdiyanti, A., Subriadi, A. P., Muqtadiroh, F. A., Astuti, H. M., & Susanto, T. D. (2022). Sosialisasi bahaya dan upaya pencegahan social engineering untuk meningkatkan kesadaran masyarakat tentang keamanan informasi. *Sewagati, 6*(2). https://doi.org/10.12962/j26139960.v6i2.92

Wahyudi, C. (2023). Peningkatan minat siswa dalam meneliti sejarah lokal melalui program kunjungan museum perjuangan rakyat Jambi. *Allimna: Jurnal Pendidikan Profesi Guru, 2*(2), 111–126. https://doi.org/10.30762/allimna.v2i02

Design and Construction of an IPL Payment Monitoring Information System Using a Website-Based Agile Method (Case Study: Situ Indah Kedaung Sawangan)

Rahmat Hartono[1)*)], Chairul Anwar[2)]

[1)2)]Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pamulang
***)Correspondence author:** Rahmat Hartono, Dosen02811@unpam.ac.id, Tangerang Selatan, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3346

Abstract

The rapid advancement of information technology has accelerated digital transformation in various sectors, including housing community administration. Advances in information technology over the past few decades have transformed data management patterns across various sectors, including small-scale organizations such as housing management. Administrative digitization has become a crucial need to improve the speed, precision, and accuracy of information processing. Web-based information systems are a widely used solution because they integrate data recording, storage, and reporting processes in a single, easily accessible platform. The management of the Residential Property (IPL) at the Situ Indah Kedaung Sawangan Housing Complex is still carried out using conventional methods, resulting in inefficiency, data inaccuracy, and limited financial transparency. The manual recording process causes data fragmentation, complicates payment monitoring, and increases the risk of administrative errors. This study aims to design and develop a web-based IPK Payment Monitoring Information System that integrates resident data management, billing records, payment transactions, reporting, notifications, and regulatory management into a centralized platform. The system was developed using an Agile methodology, emphasizing iterative and collaborative development to ensure alignment with user needs. The results of the study show that the implemented system improves administrative efficiency, accelerates the monitoring and reporting process, and increases transparency and accountability in housing financial management through real-time access to information.

Keywords: *Information System, Payment Monitoring, Environmental Maintenance Fee (IPL), Web-Based System, Agile Methodology.*

Abstrak

Kemajuan pesat teknologi informasi telah mempercepat transformasi digital di berbagai sektor, termasuk administrasi komunitas perumahan. Kemajuan teknologi informasi dalam beberapa dekade terakhir telah mengubah pola pengelolaan data di berbagai sektor, termasuk pada lingkup organisasi skala kecil seperti pengelolaan lingkungan perumahan. Digitalisasi administrasi menjadi kebutuhan penting untuk meningkatkan kecepatan, ketepatan, serta akurasi pengolahan informasi. Sistem informasi berbasis website menjadi salah satu solusi yang banyak digunakan karena mampu mengintegrasikan proses pencatatan, penyimpanan, hingga pelaporan data dalam satu platform yang mudah diakses. Pengelolaan IPL di Perumahan Situ Indah Kedaung Sawangan masih dilakukan dengan metode konvensional, yang mengakibatkan inefisiensi, ketidakakuratan data, dan transparansi keuangan yang terbatas. Proses pencatatan manual menyebabkan fragmentasi data, mempersulit pemantauan pembayaran, dan meningkatkan risiko kesalahan administrasi. Studi ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan Sistem Informasi Pemantauan Pembayaran IPK berbasis web yang mengintegrasikan manajemen data warga, catatan tagihan, transaksi pembayaran, pelaporan, pemberitahuan,

dan manajemen regulasi ke dalam platform terpusat. Sistem ini dikembangkan menggunakan metodologi Agile, dengan menekankan pengembangan iteratif dan kolaboratif untuk memastikan keselarasan dengan kebutuhan pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang diimplementasikan meningkatkan efisiensi administrasi, mempercepat proses pemantauan dan pelaporan, serta meningkatkan transparansi dan akuntabilitas dalam manajemen keuangan perumahan melalui akses informasi secara real-time.

Kata Kunci : Sistem Informasi, Pemantauan Pembayaran, IPK (IPL), Sistem Berbasis Web, Metodologi Agile.

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi informasi dalam beberapa dekade terakhir telah mengubah pola pengelolaan data di berbagai sektor, termasuk pada lingkup organisasi skala kecil seperti pengelolaan lingkungan perumahan. Digitalisasi administrasi menjadi kebutuhan penting untuk meningkatkan kecepatan, ketepatan, serta akurasi pengolahan informasi. Sistem informasi berbasis website menjadi salah satu solusi yang banyak digunakan karena mampu mengintegrasikan proses pencatatan, penyimpanan, hingga pelaporan data dalam satu platform yang mudah diakses.

Pemanfaatan teknologi berbasis web memungkinkan proses monitoring dilakukan secara real-time dan transparan. Dalam konteks pengelolaan Iuran Pemeliharaan Lingkungan (IPL), sistem digital dapat membantu pengurus dalam melakukan pendataan warga, pencatatan transaksi pembayaran, serta penyajian laporan keuangan yang lebih sistematis dan akuntabel. Perumahan Situ Indah Kedaung Sawangan merupakan kawasan hunian yang memiliki dinamika administrasi cukup kompleks seiring dengan jumlah warga yang terus bertambah. Pengelolaan Iuran Pemeliharaan Lingkungan (IPL) menjadi salah satu aktivitas rutin yang mendukung keberlangsungan operasional fasilitas umum, keamanan, dan kebersihan lingkungan.

Saat ini, proses pendataan dan pencatatan pembayaran IPL masih dilakukan secara konvensional, baik melalui pencatatan manual maupun menggunakan aplikasi perkantoran sederhana. Pola kerja tersebut menimbulkan keterbatasan dalam hal efisiensi, kecepatan akses informasi, serta konsistensi data. Pengelolaan pembayaran Iuran Pemeliharaan Lingkungan (IPL) di Perumahan Situ Indah Kedaung Sawangan saat ini masih menghadapi berbagai kendala administratif dan teknis. Proses pencatatan yang dilakukan secara manual atau menggunakan aplikasi sederhana menyebabkan data tidak terintegrasi dalam satu sistem

yang terpusat. Kondisi tersebut mengakibatkan proses pengecekan status pembayaran warga menjadi kurang efisien dan memerlukan waktu yang relatif lama. Selain itu, risiko kesalahan input data, duplikasi pencatatan, serta keterlambatan dalam penyusunan laporan keuangan menjadi tantangan yang sering muncul

Keterbatasan sistem yang berjalan juga menyulitkan pengurus dalam melakukan monitoring tunggakan secara cepat dan akurat. Informasi mengenai pembayaran belum dapat diakses secara real-time, sehingga transparansi kepada warga belum optimal. Apabila jumlah warga terus bertambah, kompleksitas pengelolaan data akan semakin meningkat dan berpotensi menimbulkan ketidakteraturan administrasi. Oleh karena itu, diperlukan solusi sistem informasi yang mampu mengintegrasikan pendataan warga dan monitoring pembayaran IPL secara terstruktur, efisien, dan berbasis teknologi. Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun Sistem Informasi Monitoring Pembayaran IPL berbasis website pada Perumahan Situ Indah Kedaung Sawangan. Pengembangan sistem dilakukan menggunakan metode Agile yang menekankan pada proses iteratif dan kolaboratif antara pengembang dan pengguna.

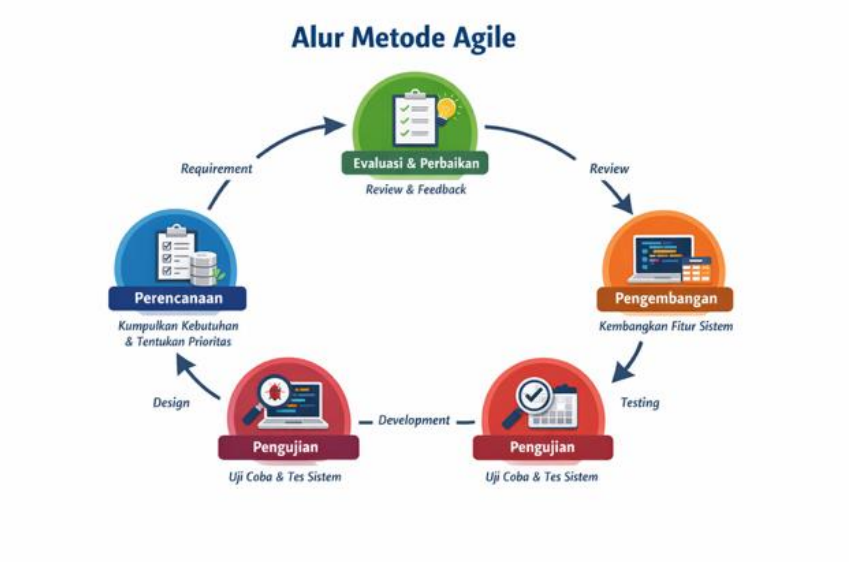
Pendekatan Agile dipilih karena mampu memberikan fleksibilitas dalam penyesuaian kebutuhan sistem selama proses pengembangan berlangsung. Setiap tahapan pengembangan akan dilakukan secara bertahap dengan evaluasi berkala, sehingga fitur yang dihasilkan benar-benar sesuai dengan kebutuhan pengurus perumahan. Melalui penelitian ini diharapkan terbentuk sistem informasi yang mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan pembayaran IPL, mempercepat proses pelaporan, serta mendukung transparansi dan akuntabilitas pengelolaan keuangan lingkungan perumahan.

METODE PENELITIAN

Metode Agile merupakan pendekatan pengembangan perangkat lunak yang menekankan pada proses iteratif, kolaboratif, dan adaptif terhadap perubahan kebutuhan pengguna. Berbeda dengan metode tradisional yang bersifat linear, Agile memungkinkan pengembangan sistem dilakukan secara bertahap dalam beberapa siklus pengembangan

(iteration atau sprint). Setiap siklus menghasilkan bagian sistem yang dapat langsung diuji dan dievaluasi oleh pengguna.

Dalam penelitian ini, metode Agile digunakan karena sistem yang dikembangkan membutuhkan penyesuaian berkelanjutan berdasarkan kebutuhan pengurus Perumahan Situ Indah Kedaung Sawangan. Dengan pendekatan ini, komunikasi antara pengembang dan pengguna menjadi lebih intensif sehingga sistem yang dihasilkan lebih relevan dan sesuai kebutuhan operasional.



Gambar 1. Metode Agile

Tahapan Agile dalam Penelitian

Perencanaan (Planning)

Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan sistem melalui observasi langsung terhadap proses pengelolaan IPL yang sedang berjalan. Peneliti melakukan wawancara dengan pengurus perumahan untuk mengetahui alur pendataan warga, proses pencatatan pembayaran, serta mekanisme pelaporan keuangan.

Hasil dari tahap ini berupa daftar kebutuhan sistem (requirement list) yang kemudian disusun berdasarkan prioritas, seperti kebutuhan modul data warga, modul pembayaran, modul laporan, dan fitur monitoring tunggakan. Kebutuhan tersebut menjadi dasar dalam penyusunan backlog pengembangan.

Perancangan (Design)

Tahap perancangan dilakukan untuk menerjemahkan kebutuhan sistem ke dalam bentuk desain teknis. Pada tahap ini dibuat model sistem menggunakan diagram seperti Use Case Diagram, Activity Diagram, dan Entity Relationship Diagram (ERD). Selain itu, dirancang pula struktur database yang akan digunakan untuk menyimpan data warga, data pembayaran, serta laporan. Desain antarmuka (user interface) juga dibuat untuk memastikan sistem mudah digunakan oleh pengurus. Perancangan ini bersifat fleksibel dan dapat disesuaikan pada iterasi berikutnya apabila terdapat perubahan kebutuhan.

Pengembangan (Development)

Tahap pengembangan merupakan proses implementasi desain ke dalam bentuk aplikasi berbasis website. Pengembangan dilakukan secara bertahap (incremental), dimulai dari fitur yang memiliki prioritas tertinggi. Sebagai contoh, iterasi pertama dapat difokuskan pada modul pendataan warga, iterasi kedua pada modul pembayaran IPL, dan iterasi berikutnya pada modul laporan dan monitoring. Setiap modul yang selesai dikembangkan langsung dipersiapkan untuk diuji dan dievaluasi bersama pengguna.

Pengujian (Testing)

Setiap fitur yang telah dikembangkan akan melalui proses pengujian untuk memastikan sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan. Pengujian dilakukan dengan metode black box testing untuk memeriksa fungsi sistem berdasarkan input dan output yang dihasilkan. Selain pengujian teknis, dilakukan juga uji coba langsung oleh pengurus perumahan untuk memastikan sistem mudah digunakan dan sesuai dengan proses kerja yang ada. Apabila ditemukan kesalahan atau ketidaksesuaian, maka akan dilakukan perbaikan pada iterasi berikutnya.

Evaluasi dan Perbaikan (Review & Improvement)

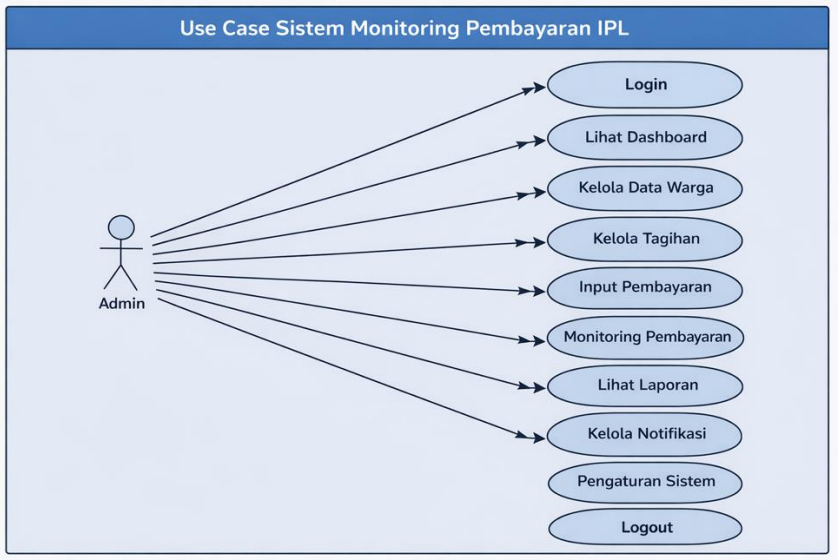
Tahap ini merupakan inti dari metode Agile, yaitu melakukan evaluasi secara berkala terhadap hasil pengembangan. Peneliti dan pengguna mendiskusikan hasil sistem yang telah

dibangun, mengidentifikasi kekurangan, serta menentukan kebutuhan tambahan apabila diperlukan. Masukan dari pengguna menjadi dasar untuk melakukan penyempurnaan sistem pada siklus pengembangan selanjutnya. Dengan pendekatan ini, sistem akan terus berkembang hingga mencapai bentuk yang optimal dan sesuai dengan kebutuhan operasional pengelolaan IPL.

HASIL DAN PEMBAHASAN

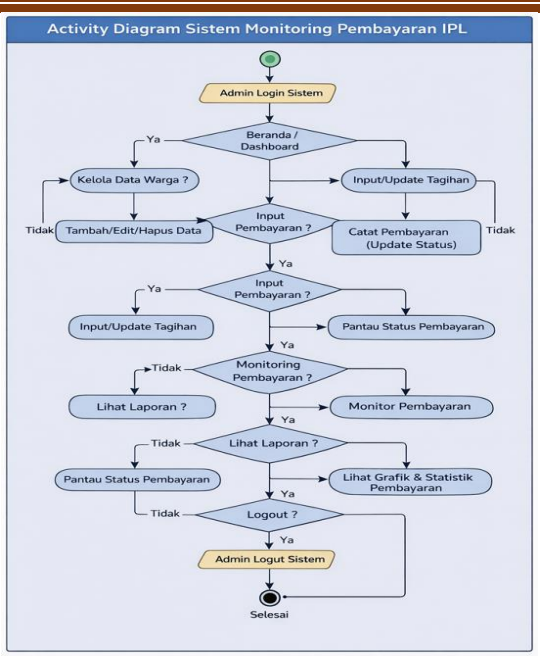
Perancangan

Penelitian ini menghasilkan sebuah Sistem Informasi Monitoring Pembayaran Iuran Pemeliharaan Lingkungan (IPL) berbasis website yang dikembangkan menggunakan metode Agile. Sistem dibangun secara bertahap melalui beberapa iterasi sesuai dengan kebutuhan pengurus Perumahan Situ Indah Kedaung Sawangan.



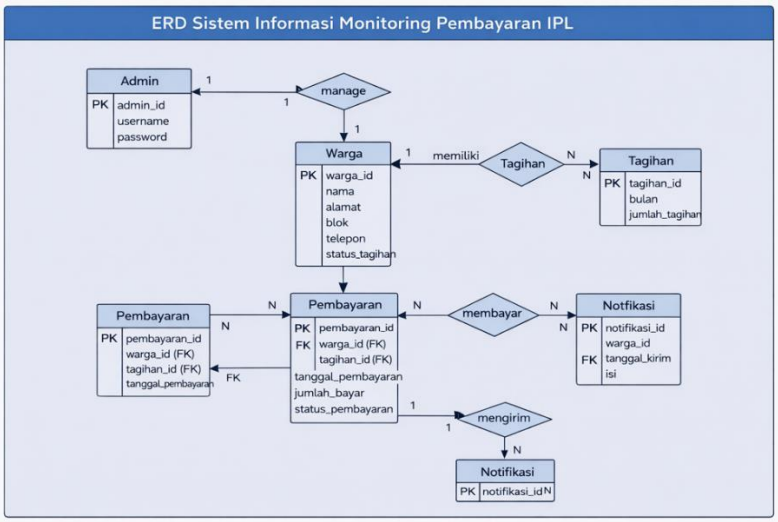
Gambar 2. Use Case

Pada iterasi pertama, sistem berhasil mengimplementasikan modul pendataan warga yang memungkinkan pengurus melakukan input, edit, dan penghapusan data warga secara terstruktur. Data yang tersimpan meliputi identitas pemilik rumah, alamat, nomor kontak, serta status keaktifan. Seluruh data tersimpan dalam basis data terpusat sehingga meminimalkan risiko kehilangan informasi.



Gambar 3. Activity Diagram

Iterasi kedua menghasilkan modul pembayaran IPL yang mampu mencatat transaksi pembayaran setiap warga berdasarkan periode tertentu. Sistem secara otomatis mencatat tanggal pembayaran, jumlah pembayaran, serta status lunas atau belum lunas. Fitur ini mempermudah pengurus dalam memonitor tunggakan tanpa perlu melakukan pengecekan manual.



Gambar 4. ERD

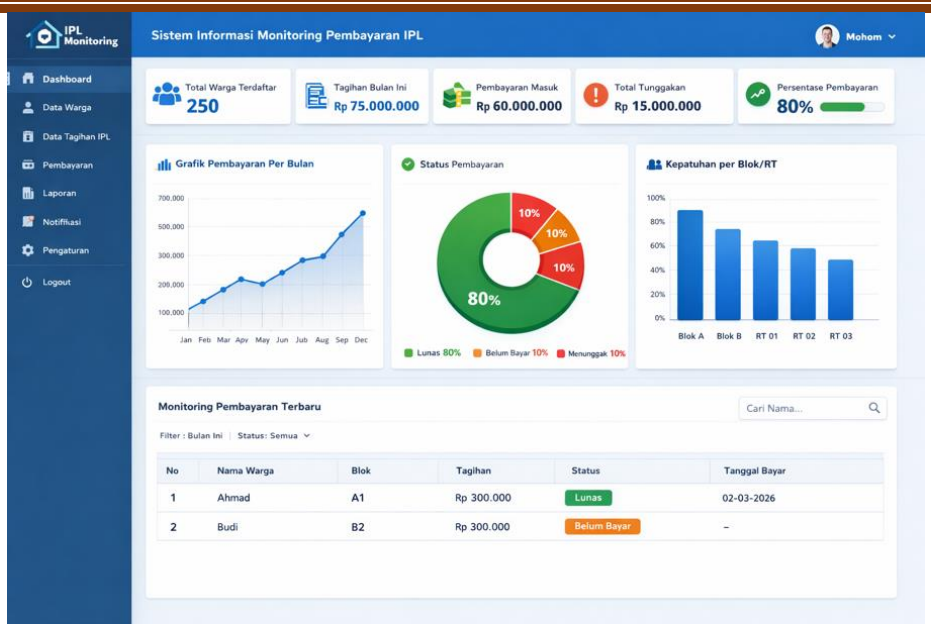
Pada tahap berikutnya dikembangkan modul laporan dan monitoring. Modul ini menampilkan rekapitulasi pembayaran dalam bentuk tabel yang dapat difilter berdasarkan periode waktu. Selain itu, sistem juga menyediakan ringkasan jumlah warga yang telah membayar dan yang masih memiliki tunggakan. Informasi tersebut membantu pengurus dalam mengambil keputusan secara cepat dan berbasis data.

Implementasi



Gambar 5. Login

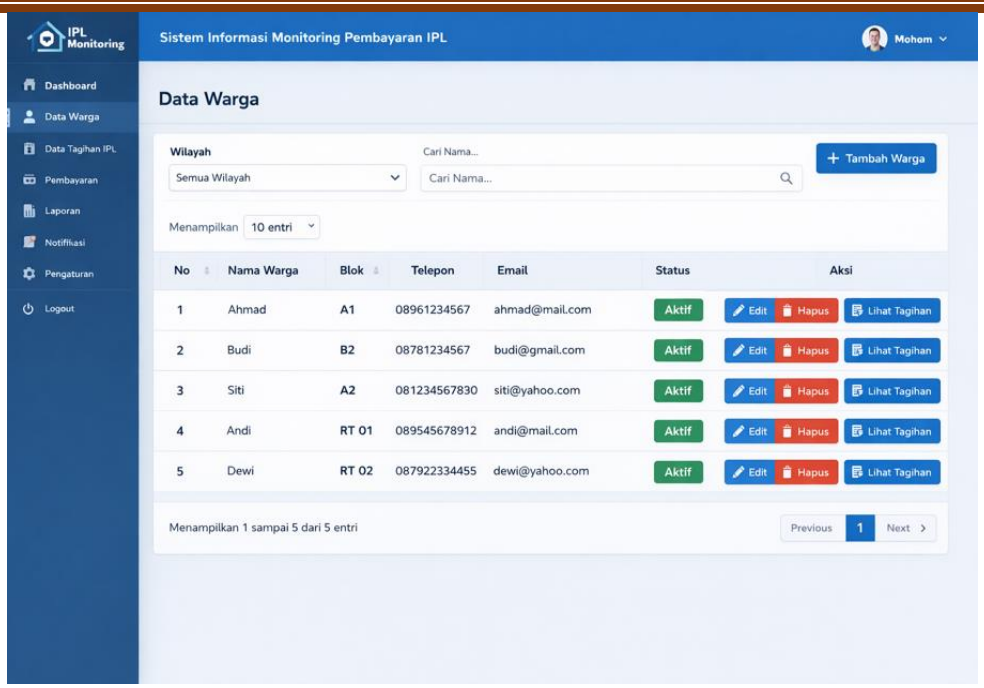
Gambar tersebut memperlihatkan tampilan halaman login Sistem Informasi Monitoring Pembayaran IPL dengan desain modern bernuansa biru gradasi yang mencerminkan profesionalisme dan keamanan. Di bagian atas terdapat judul sistem beserta ikon rumah dengan simbol perisai yang melambangkan pengelolaan lingkungan dan perlindungan data. Pada bagian tengah terdapat formulir masuk yang memuat kolom email dan kata sandi lengkap dengan ikon pendukung, fitur tampil/sembunyikan password, opsi "Ingat Saya", serta tautan "Lupa Kata Sandi?" untuk pemulihan akun. Tombol "Masuk" ditampilkan secara mencolok sebagai aksi utama pengguna, sementara bagian bawah halaman mencantumkan informasi hak cipta tahun 2026 sebagai bentuk perlindungan sistem.



Gambar 6. Dashboard

Gambar tersebut menampilkan dashboard utama Sistem Informasi Monitoring Pembayaran IPL yang dirancang untuk memantau kondisi pembayaran warga secara komprehensif dan real-time. Pada bagian atas terdapat ringkasan informasi penting seperti total warga terdaftar, jumlah tagihan bulan ini, total pembayaran yang sudah masuk, total tunggakan, serta persentase tingkat pembayaran yang divisualisasikan dalam bentuk indikator progres. Di sisi kiri tersedia menu navigasi seperti Dashboard, Data Warga, Data Tagihan, Pembayaran, Laporan, Notifikasi, Pengaturan, dan Logout untuk memudahkan pengelolaan sistem.

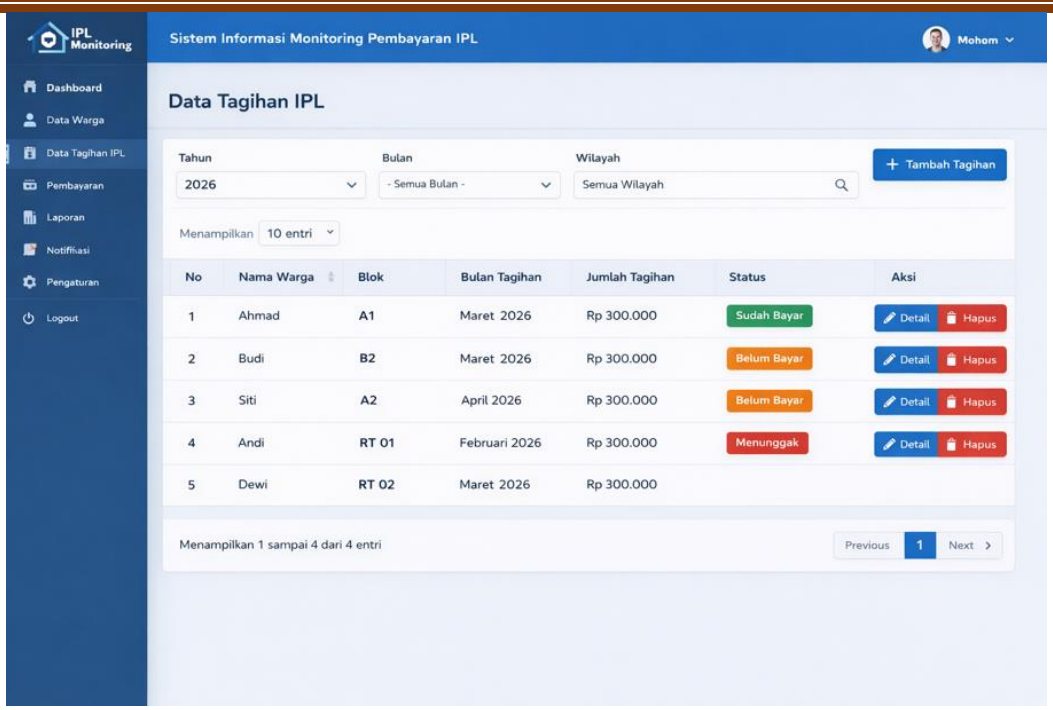
Bagian tengah dashboard menyajikan grafik tren pembayaran per bulan, diagram persentase status pembayaran (lunas, belum bayar, dan menunggak), serta grafik kepatuhan per blok/RT yang membantu analisis kinerja pembayaran. Pada bagian bawah terdapat tabel monitoring pembayaran terbaru yang menampilkan detail nama warga, blok, nominal tagihan, status pembayaran, dan tanggal bayar, sehingga memudahkan admin dalam melakukan pengawasan dan pengambilan keputusan secara cepat dan akurat.



Gambar 7. Data Warga

Gambar tersebut menampilkan halaman Data Warga pada Sistem Informasi Monitoring Pembayaran IPL yang berfungsi untuk mengelola informasi penghuni secara terstruktur dan terintegrasi. Pada sisi kiri terdapat menu navigasi utama, sedangkan bagian atas halaman menyediakan fitur filter wilayah dan kolom pencarian untuk memudahkan penelusuran data berdasarkan nama. Tersedia pula tombol “Tambah Warga” untuk menambahkan data baru ke dalam sistem.

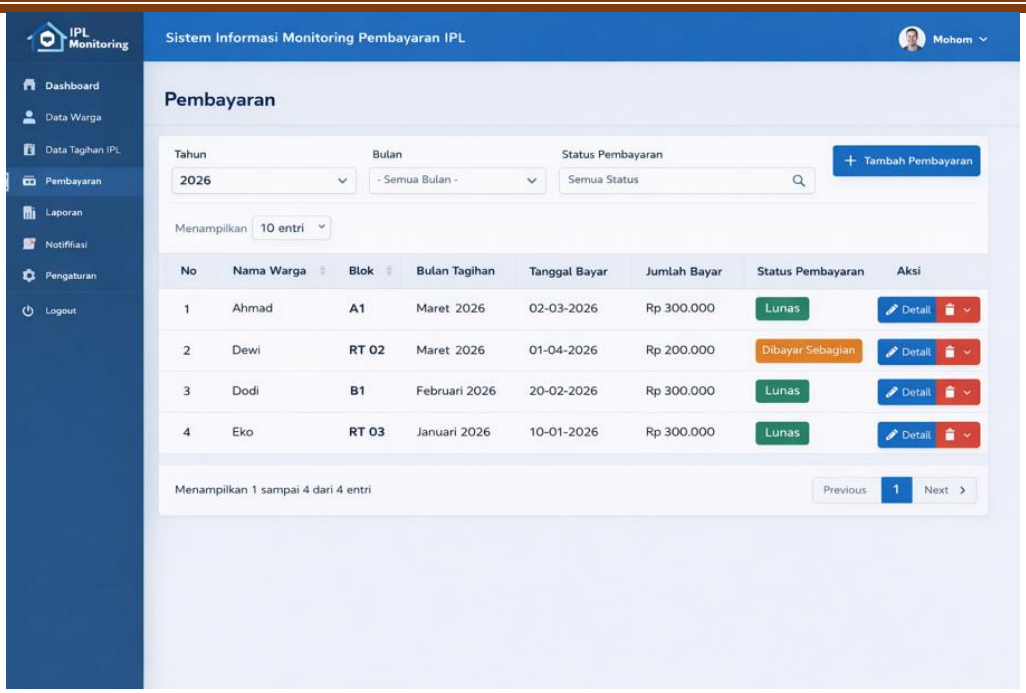
Tabel utama menampilkan daftar warga lengkap dengan nomor urut, nama, blok, nomor telepon, email, serta status keaktifan yang ditandai dengan label “Aktif”. Pada kolom aksi disediakan tombol Edit, Hapus, dan Lihat Tagihan guna mempermudah pengelolaan dan pemantauan kewajiban pembayaran setiap warga. Di bagian bawah terdapat informasi jumlah entri yang ditampilkan serta navigasi halaman, yang menunjukkan bahwa sistem dirancang untuk mendukung manajemen data secara efisien, rapi, dan mudah digunakan.



Gambar 8. Data Tagihan IPL

Gambar tersebut menampilkan halaman Data Tagihan IPL pada Sistem Informasi Monitoring Pembayaran IPL yang digunakan untuk mengelola dan memantau rincian tagihan warga berdasarkan periode tertentu. Pada bagian atas tersedia fitur penyaringan berdasarkan tahun, bulan, dan wilayah untuk mempermudah pencarian data secara spesifik, serta tombol “Tambah Tagihan” untuk menambahkan entri baru.

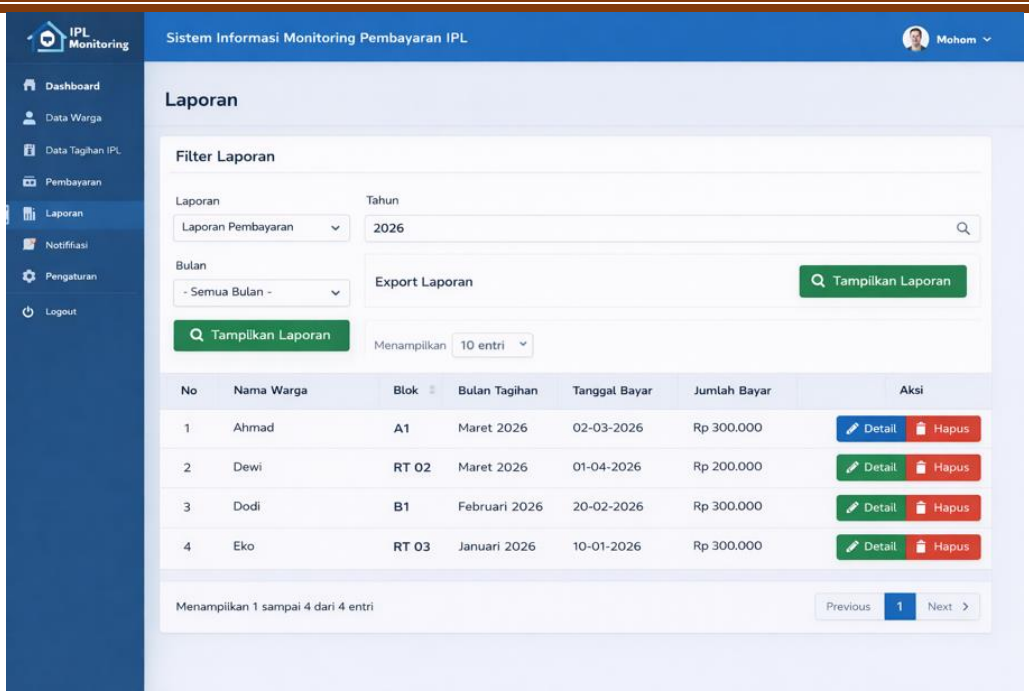
Tabel utama menyajikan informasi lengkap meliputi nama warga, blok, bulan tagihan, jumlah tagihan, serta status pembayaran yang ditandai dengan indikator warna seperti “Sudah Bayar”, “Belum Bayar”, dan “Menunggak”. Di kolom aksi tersedia tombol Detail dan Hapus untuk pengelolaan data lebih lanjut. Bagian bawah halaman menampilkan informasi jumlah entri dan navigasi halaman, yang menunjukkan bahwa sistem dirancang agar proses administrasi tagihan dapat dilakukan secara terstruktur, transparan, dan efisien.



Gambar 9. Pembayaran

Gambar tersebut menampilkan halaman Pembayaran pada Sistem Informasi Monitoring Pembayaran IPL yang berfungsi untuk mencatat dan memantau transaksi pembayaran warga secara terperinci. Pada bagian atas tersedia fitur filter berdasarkan tahun, bulan, dan status pembayaran untuk memudahkan proses pencarian data, serta tombol "Tambah Pembayaran" untuk memasukkan transaksi baru.

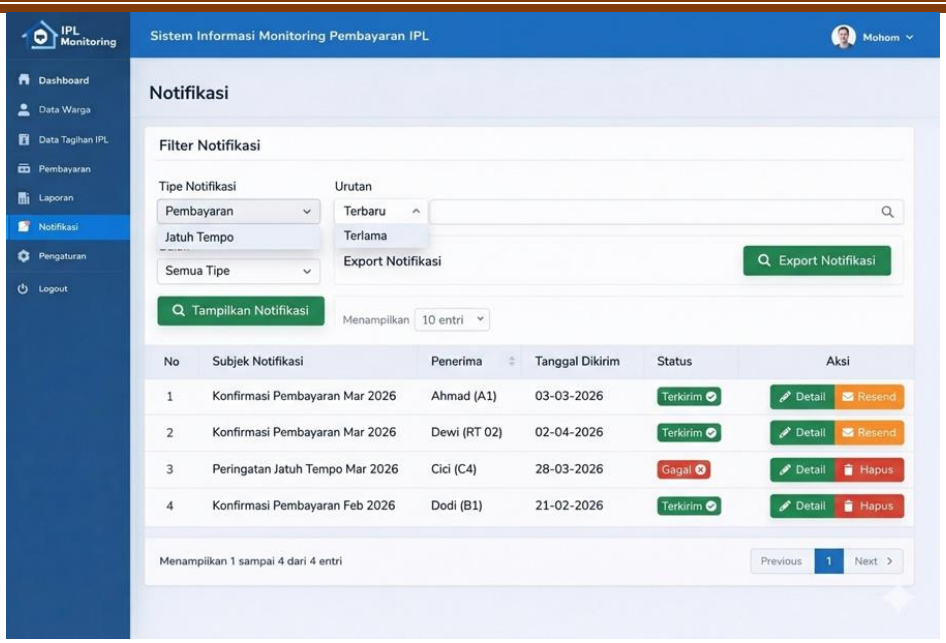
Tabel yang disajikan memuat informasi seperti nama warga, blok, bulan tagihan, tanggal bayar, jumlah pembayaran, dan status pembayaran yang ditandai dengan label berwarna seperti "Lunas" dan "Dibayar Sebagian". Di kolom aksi tersedia tombol Detail dan opsi lainnya untuk pengelolaan data lebih lanjut. Tampilan ini menunjukkan bahwa sistem dirancang untuk memastikan pencatatan pembayaran berjalan tertib, transparan, dan mudah dikontrol oleh pengelola.



Gambar 10. Laporan

Halaman Laporan pada Sistem Informasi Monitoring Pembayaran IPL berfungsi sebagai media penyajian rekapitulasi data pembayaran secara menyeluruh dan sistematis. Fitur ini memungkinkan pengguna untuk memfilter laporan berdasarkan periode tertentu, wilayah, maupun status pembayaran sehingga informasi yang ditampilkan lebih spesifik dan relevan.

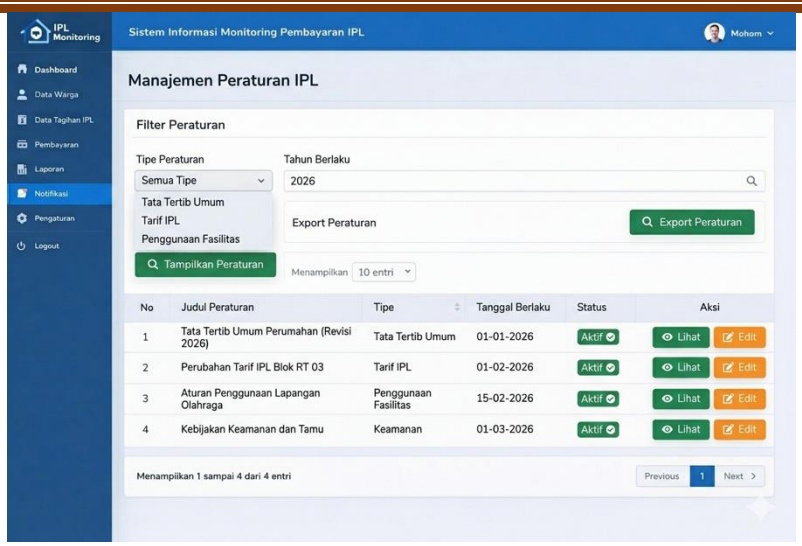
Data yang disajikan biasanya mencakup total tagihan, jumlah pembayaran yang diterima, tunggakan, serta persentase tingkat kepatuhan warga. Laporan ditampilkan dalam bentuk tabel maupun ringkasan statistik yang dapat digunakan sebagai dasar evaluasi dan pengambilan keputusan manajerial. Dengan adanya halaman ini, proses analisis keuangan dan monitoring kinerja pembayaran menjadi lebih terstruktur, transparan, dan akurat.



Gambar 11. Notifikasi

Halaman Notifikasi pada Sistem Informasi Monitoring Pembayaran IPL berfungsi sebagai pusat informasi dan pengingat terkait aktivitas pembayaran warga. Fitur ini menampilkan pemberitahuan penting seperti jatuh tempo tagihan, konfirmasi pembayaran yang berhasil, pembayaran yang belum diselesaikan, hingga informasi tunggakan.

Notifikasi disusun secara kronologis sehingga memudahkan pengelola dalam memantau perkembangan terbaru. Sistem ini membantu meningkatkan kedisiplinan pembayaran dengan memberikan peringatan secara tepat waktu, sekaligus meminimalkan risiko keterlambatan atau kesalahan pencatatan. Dengan adanya fitur notifikasi, komunikasi antara pengelola dan warga menjadi lebih efektif, responsif, dan terkontrol.



Gambar 12. Manajemen Peraturan IPL

Halaman Manajemen Peraturan IPL pada Sistem Informasi Monitoring Pembayaran IPL digunakan untuk mengatur dan mendokumentasikan kebijakan yang berkaitan dengan iuran pengelolaan lingkungan secara terstruktur dan terpusat. Fitur ini memungkinkan pengelola menetapkan ketentuan seperti besaran tarif IPL, jadwal pembayaran, denda keterlambatan, hingga aturan khusus berdasarkan blok atau kategori hunian. Informasi peraturan ditampilkan secara sistematis sehingga mudah diperbarui dan disosialisasikan kepada warga. Dengan adanya modul ini, seluruh kebijakan dapat terdokumentasi dengan jelas, mengurangi potensi kesalahpahaman, serta memastikan penerapan aturan berjalan konsisten dan transparan sesuai ketentuan yang telah ditetapkan.

Pengujian

Pengujian Black Box merupakan salah satu metode pengujian perangkat lunak yang dilakukan dengan menitikberatkan pada fungsi sistem tanpa memperhatikan struktur internal atau kode program yang digunakan. Dalam metode ini, penguji hanya berfokus pada bagaimana sistem merespons berbagai input yang diberikan dan apakah output yang dihasilkan sudah sesuai dengan yang diharapkan. Dengan kata lain, pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap fitur dalam sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan kebutuhan pengguna.

No	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Input	Output yang Diharapkan	Hasil
1	Login	Admin memasukkan username & password benar	Username & Password valid	Masuk ke dashboard	Berhasil
2	Login	Admin memasukkan data salah	Username/Password salah	Muncul pesan error	Berhasil
3	Dashboard	Menampilkan data ringkasan	-	Data total warga, tagihan, pembayaran tampil	Berhasil
4	Grafik Pembayaran	Menampilkan grafik per bulan	Data pembayaran	Grafik tampil sesuai data	Berhasil
5	Status Pembayaran	Menampilkan diagram status	Data pembayaran	Diagram (Lunas, Belum Bayar, Menunggak) tampil	Berhasil
6	Data Warga	Tambah data warga	Nama, blok, dll	Data tersimpan	Berhasil
7	Data Warga	Edit data warga	Perubahan data	Data terupdate	Berhasil
8	Data Warga	Hapus data warga	Klik hapus	Data terhapus	Berhasil
9	Tagihan IPL	Input tagihan baru	Nominal tagihan	Tagihan tersimpan	Berhasil
10	Pembayaran	Input pembayaran	Data pembayaran	Status berubah menjadi “Lunas”	Berhasil
11	Monitoring Pembayaran	Filter berdasarkan bulan/status	Pilih filter	Data sesuai filter tampil	Berhasil
12	Pencarian	Cari nama warga	Input nama	Data warga muncul	Berhasil
13	Status Pembayaran	Status otomatis berubah	Setelah pembayaran	Status berubah sesuai kondisi	Berhasil
14	Laporan	Menampilkan laporan	Pilih menu laporan	Data laporan tampil	Berhasil
15	Notifikasi	Kirim notifikasi	Pesan notifikasi	Notifikasi terkirim	Berhasil
16	Logout	Admin keluar sistem	Klik logout	Kembali ke halaman login	Berhasil

Pada Sistem Informasi Monitoring Pembayaran IPL, pengujian Black Box dilakukan terhadap seluruh fitur utama yang tersedia pada antarmuka sistem. Fitur-fitur tersebut meliputi proses login, tampilan dashboard, pengelolaan data warga, pengelolaan tagihan IPL, pencatatan pembayaran, monitoring status pembayaran, hingga penyajian laporan. Setiap fitur diuji menggunakan berbagai skenario, baik dengan data yang valid maupun data yang tidak valid, untuk mengetahui bagaimana sistem merespons kondisi normal maupun kondisi kesalahan.

Melalui pengujian ini, diharapkan sistem mampu menampilkan informasi yang akurat, memberikan respon yang tepat terhadap setiap input, serta mampu menangani kesalahan dengan baik tanpa menimbulkan gangguan pada fungsi lainnya. Selain itu,

pengujian ini juga bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh proses yang ada di dalam sistem berjalan sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang sebelumnya.

Hasil dari pengujian Black Box kemudian didokumentasikan dalam bentuk tabel pengujian yang memuat skenario uji, data input, output yang diharapkan, serta hasil pengujian. Dokumentasi ini menjadi acuan penting dalam mengevaluasi kualitas sistem dan memastikan bahwa Sistem Informasi Monitoring Pembayaran IPL telah siap digunakan secara optimal, efektif, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil implementasi dan tampilan dashboard pada Sistem Informasi Monitoring Pembayaran IPL, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu menyajikan informasi pengelolaan pembayaran secara terintegrasi dan informatif. Hal ini terlihat dari penyajian data utama seperti jumlah total warga, total tagihan bulanan, total pembayaran masuk, serta total tunggakan yang ditampilkan secara ringkas pada halaman dashboard. Selain itu, sistem juga menyediakan visualisasi data dalam bentuk grafik pembayaran per bulan, diagram status pembayaran (lunas, belum bayar, dan menunggak), serta grafik kepatuhan pembayaran per blok/RT. Fitur ini memungkinkan pengurus untuk melakukan analisis kondisi pembayaran secara lebih cepat dan akurat dibandingkan dengan metode manual. Sebagai contoh, berdasarkan data pada dashboard, persentase pembayaran mencapai 80%, yang menunjukkan tingkat kepatuhan warga yang cukup tinggi terhadap kewajiban pembayaran IPL.

Sistem juga mendukung proses monitoring secara detail melalui fitur tabel pembayaran terbaru yang menampilkan informasi nama warga, blok, jumlah tagihan, status pembayaran, serta tanggal pembayaran. Dengan adanya fitur pencarian dan filter, pengurus dapat dengan mudah menelusuri data pembayaran tertentu sesuai kebutuhan. Dari sisi fungsionalitas, sistem ini mampu meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan data dan transaksi pembayaran, karena seluruh proses dilakukan secara digital dan terpusat. Transparansi informasi juga meningkat karena data pembayaran dapat diakses dan dipantau

secara real-time melalui dashboard yang informatif. Selain itu, akuntabilitas pengelolaan keuangan menjadi lebih baik karena setiap transaksi tercatat secara sistematis dan dapat ditelusuri kembali. Dengan demikian, Sistem Informasi Monitoring Pembayaran IPL berbasis web ini terbukti mampu mendukung pengelolaan administrasi perumahan yang lebih efektif, transparan, dan akuntabel, serta memberikan kemudahan bagi pengurus dalam melakukan monitoring dan evaluasi pembayaran IPL.

REFERENSI

Anwar, C. (2026). Implementation of Information System and Software Quality Testing in Company Operational Applications Based on ISO/IEC 25010 (Case Study: PT Snapdev Digital Indonesia). Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer, 12(1), 307-325.

Beck, K., et al. (2001). Manifesto for Agile Software Development. Agile Alliance.

ISO/IEC 25010. (2011). Systems and Software Engineering – Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and Software Quality Models. International Organization for Standardization.

Jogiyanto, H. M. (2017). Analisis dan Desain Sistem Informasi: Pendekatan Terstruktur Teori dan Praktik Aplikasi Bisnis. Yogyakarta: Andi.

Kadir, A. (2014). Pengenalan Sistem Informasi. Yogyakarta: Andi.

Kendall, K. E., & Kendall, J. E. (2019). Systems Analysis and Design (10th ed.). Pearson.

Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2022). Management Information Systems: Managing the Digital Firm (16th ed.). Pearson.

Nugroho, A. (2018). Rekayasa Perangkat Lunak Berbasis Objek dengan Metode USDP. Yogyakarta: Andi.

O'Brien, J. A., & Marakas, G. M. (2017). Introduction to Information Systems (16th ed.). McGraw-Hill Education.

Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). Software Engineering: A Practitioner's Approach (9th ed.). New York: McGraw-Hill Education.

Rosa, A. S., & Shalahuddin, M. (2018). Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek. Bandung: Informatika.

Satzinger, J. W., Jackson, R. B., & Burd, S. D. (2016). Systems Analysis and Design in a Changing World (7th ed.). Cengage Learning.

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game. Scrum.org.

Sommerville, I. (2015). "Software Process Models." ACM Computing Surveys, 47(4), 1–30.

Sommerville, I. (2016). Software Engineering (10th ed.). Boston: Pearson Education.

Stair, R., & Reynolds, G. (2018). Principles of Information Systems (13th ed.). Cengage Learning.

Turban, E., Pollard, C., & Wood, G. (2018). Information Technology for Management: On-Demand Strategies for Performance, Growth and Sustainability (11th ed.). Wiley.

Widodo, P. P., & Herlawati. (2011). Menggunakan UML. Bandung: Informatika.

Library Information System Implementation MTs Ittihaadul Umam Depok Case Study

Ahmad Ishaq [1)], Achmad Sumbaryadi [2)], M. Ikhsan Saputro [3)*)], Rame Santoso [4)], Toni Sukendar [5)]

[1)4)]Sistem Informasi, Universitas Bina Sarana Informatika
[2)]Teknologi Informasi, Universitas Bina Sarana Informatika
[3)]Teknik Informatika, Universitas Mohammad Husni Thamrin
[5)]Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika
[*)]**Correspondence author**:m.ikhsan68@gmail.com, Jakarta, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3334

Abstract

Many organizations encounter challenges in managing information effectively and efficiently. A significant number of data management processes are still performed manually, which increases the risk of errors and information loss. Similar to libraries, which require quick and accurate access to information, this study aims to implement a web-based library information system for the MTs Ittihaadul Umam Depok library. The research employs the Rapid Application Development (RAD) methodology, which includes stages such as business modeling, data modeling, process modeling, application creation, and testing and turnover. At this stage, an analysis of the book management needs at MTs Ittihaadul Umam Depok was conducted to guide the system development. Based on the research findings and the challenges faced at the MTs Ittihaadul Umam Depok library, designing and implementing an integrated web-based library information system is expected to simplify the process of borrowing and returning books for all library members. Additionally, it will assist library staff in managing library data more efficiently and help the school advance its technological capabilities.

Keywords: *Library, Rapid Application Development, MTs Ittihaadul Umam Depok*

Abstrak

Banyak organisasi menghadapi tantangan dalam mengelola informasi secara efektif dan efisien. Sejumlah besar proses pengelolaan data masih dilakukan secara manual, yang meningkatkan risiko kesalahan dan kehilangan informasi. Mirip dengan perpustakaan yang membutuhkan akses informasi yang cepat dan akurat, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem informasi perpustakaan berbasis web untuk Perpustakaan MTs Ittihaadul Umam Depok. Penelitian ini menggunakan metodologi Rapid Application Development (RAD), yang meliputi tahapan seperti pemodelan bisnis, pemodelan data, pemodelan proses, pembuatan aplikasi, serta pengujian dan penyerahan. Pada tahap ini, dilakukan analisis kebutuhan pengelolaan buku di MTs Ittihaadul Umam Depok untuk memandu pengembangan sistem. Berdasarkan temuan penelitian dan tantangan yang dihadapi di Perpustakaan MTs Ittihaadul Umam Depok, perancangan dan implementasi sistem informasi perpustakaan berbasis web yang terintegrasi diharapkan dapat menyederhanakan proses peminjaman dan pengembalian buku bagi seluruh anggota perpustakaan. Selain itu, hal ini akan membantu staf perpustakaan dalam mengelola data perpustakaan secara lebih efisien dan membantu sekolah untuk meningkatkan kemampuan teknologinya.

Kata Kunci: Perpustakaan, Perkembangan Aplikasi Pesat, MTs Ittihaadul Umam Depok

PENDAHULUAN

Banyak organisasi menghadapi tantangan dalam mengelola informasi mereka secara efektif dan efisien, dan masih banyak prosedur administrasi data yang masih dilakukan dengan manual. yang menyebabkan kemungkinan kesalahan bahkan kehilangan informasi, sama halnya seperti perpustakaan yang memerlukan informasi secara cepat, dan akurat. Sistem informasi memainkan peran kompetitif di sejumlah bidang, termasuk perpustakaan. Pengguna perpustakaan serta perpustakaan itu sendiri memperoleh manfaat dari sistem informasi ini. Karena perpustakaan menawarkan semua sumber informasi yang diperlukan di kelas, perpustakaan sebagai komponen lembaga pendidikan juga membantu siswa belajar lebih banyak (Susilawati et al., 2021).

Sistem informasi perpustakaan sebenarnya memfasilitasi berbagai operasional perpustakaan, khususnya pengelolaan data, yang memungkinkan perpustakaan menawarkan layanan yang sangat efektif dan efisien kepada pelanggannya (Nur Cholifah et al., 2021). Buku teks dan bahan bacaan lainnya menjadi fokus utama Perpustakaan MTs Ittihaadul Umam Depok. Seluruh siswa wajib menjadi anggota perpustakaan. Namun data peneliti menunjukkan bahwa perpustakaan MTs Ittihaadul Umam Depok masih beroperasi dengan sistem manual sehingga menghambat penyusunan laporan, pelayanan transaksi, dan pencarian data. Untuk dapat memberikan pelayanan yang baik dan efisien, maka Perpustakaan MTs Ittihaadul Umam Depok perlu suatu sistem informasi untuk memudahkan pemustakanya dalam menemukan informasi atau referensi data buku yang mereka perlukan.

Selain itu, pelayanan akan membutuhkan waktu lebih lama daripada proses komputerisasi. Hal ini menjadi titik awal yang sangat penting untuk pengembangan sistem informasi perpustakaan. Perpustakaan kini membutuhkan sistem informasi perpustakaan untuk menyelesaikan masalah pengelolaan data dan layanan. Suatu sistem yang bertanggung jawab untuk mengumpulkan, mengolah, menyimpan, menilai, dan membagi data yang relevan juga diperlukan untuk perpustakaan. Kebutuhan ini harus dipenuhi oleh perpustakaan dengan menggunakan teknologi informasi seperti komputer dan program aplikasi. Selain itu, sel memperbaiki sistem komputer dan sumber daya manusia. Jumlah anggota perpustakaan diperkirakan akan meningkat sebagai akibat dari pertumbuhan

jaringan perpustakaan. Mereka juga dapat membantu petugas perpustakaan memproses data dan membuat laporan.

METODE PENELITIAN

Teknik Pengumpulan Data

Cara pengumpulan informasi dalam studi ini adalah sebagai berikut:

1. Wawancara

   Penulis mewawancarai pihak yang relevan, seperti Kepala Sekola dan Petugas Perpustakaan MTs Ittihaadul Umam Depok untuk mengetahui kebutuhan pengguna dan masalah yang dihadapi untuk pengelolaan data Anggota dan Peminjana di Perpustakaan.
2. Obervasi

   Untuk memahami alur kerja dan masalah yang muncul, penulis secara langsung mengamati dilapangan proses pengelolaan data Anggota dan Peminjana di Perpustakaan.
3. Studi Literature

   Penulis meneliti dan menganalisis tulisan, artikel, buku, serta sumber di internet yang berhubungan dengan ide-ide mengenai pengelolaan data Anggota dan Peminjana di Perpustakaan, pengembangan aplikasi berbasis web, dan integrasi sistemnya. Pendekatan ini dimaksudkan untuk memperoleh landasan teori dan arahan dalam merancang sistem.

Model Pengembangan Software

Untuk memastikan bahwa sistem yang dirancang sesuai dengan tujuan dan memiliki fungsi yang diinginkan, Pemodelan Bisnis ini sangat membantu. Langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengidentifikasi dan merumuskan semua kebutuhan sistem, Pemodelan Bisnis ini sangat penting karena akan menentukan apa yang akan dilakukan sistem untuk memenuhi kebutuhan pengguna. Kita perlu memastikan bahwa semua kebutuhan pengguna dapat dipenuhi dengan melibatkan semua pihak yang terlibat dalam sistem. Berikut adalah skenario kebutuhan pengguna.

A. Skenario Kebutuhan Petugas Perpustakaan

1. Login

   Petugas memasukkan username dan password.

2. Melihat Dashboard

   Petugas dapat melihat ringkasan informasi seperti total peminjaman, jumlah anggota, jumlah buku/pustaka, total denda, total peminjaman tahun ini, dan jumlah peminjaman berdasarkan kategori.

3. Manajemen Pengguna

   Petugas perpustakaan dapat menambahkan pengguna, yaitu anggota atau petugas perpustakaan yang baru, mengedit informasi pengguna, dan menghapus data pengguna.

4. Manajemen Pustaka

   Petugas perpustakaan dapat menambahkan buku, kategori, penulis, penerbit, dan mengedit serta menghapus data tersebut.

5. Manajemen Peminjaman

   Petugas dapat menambah, mengubah, atau menghapus data peminjaman.

6. Manajemen Laporan

   Petugas perpustakaan dapat mencetak laporan peminjaman, laporan pustaka dan mencetak laporan anggota.

7. Manajemen Pengaturan Aplikasi

   Petugas dapat mengedit informasi petugas, menentukan jumlah maksimal buku yang dipinjam, menentukan berapa lama dalam peminjaman buku, dan mengedit nominal harga denda harian dalam pengembalian buku.

B. Skenario Kebutuhan Anggota Perpustakaan

1. Login

   Anggota memasukkan *username* dan *password.*

2. Dashboard

   Anggota perpustakaan dapat melihat ringkasan informasi seperti buku yang belum diambil, buku yang sedang dipinjam, buku yang telah selesai dipinjam, total denda, total peminjaman tahun ini, dan jumlah peminjaman berdasarkan kategori.

3. Manajemen Pustaka

   Anggota perpustakaan dapat melihat detail buku.

4. Manajemen Keranjang

   Anggota perpustakaan dapat menambahkan buku yang akan dipinjam kedalam keranjang serta pengajuan peminjaman buku.

5. Manajemen Peminjaman

   Anggota perpustakaan dapat melihat buku yang telah dipinjam serta mencetak histori buku yang telah dipinjam.

6. Manajemen Keterlambatan

   Anggota dapat melihat pengingat untuk pengembalian buku dengan baik dan tepat waktu.

7. Manajemen Denda

   Anggota perpustakaan dapat melihat denda jika anggota perpustakaan telat dalam pengembalian buku, buku yang rusak dalam pengembalian, dan buku yang hilang.

C. Skenario Kebutuhan Sistem

1. Autentikasi Pengguna

   Sistem memverifikasi kredensial petugas dan anggota saat login.

2. Dashboard

   Sistem menyediakan ringkasan informasi seperti buku yang belum diambil, buku yang sedang dipinjam, buku yang telah selesai dipinjam, total denda, total peminjaman tahun ini, dan jumlah peminjaman berdasarkan kategori.

3. Manajemen Pengguna

   Sistem menyediakan fungsi menambahkan pengguna, yaitu anggota atau petugas perpustakaan yang baru, mengedit informasi pengguna, dan menghapus data pengguna.

4. Manajemen Pustaka

   Sistem menyediakan fungsi untuk menambahkan, mengubah informasi data dan menghapus data buku.

5. Manajemen Keranjang

   Sistem menyedian fungsi anggota perpustakaan dapat menambahkan buku yang akan dipinjam kedalam keranjang serta pengajuan peminjaman buku.

6. Manajemen Peminjaman

   Sistem menyediakan fungsi untuk menambahkan, mengubah data, atau menghapus data peminjaman.

7. Manajemen Laporan

   Sistem menyediakan fungsi mencetak laporan peminjaman, laporan Pustaka dan mencetak laporan anggota.

8. Manajemen Pengaturan Aplikasi

   Sistem menyediakan fungsi mengedit informasi petugas, menentukan jumlah maksimal buku yang dipinjam, menentukan berapa lama dalam peminjama buku, dan mengedit nominal harga denda harian dalam pengembalian buku.

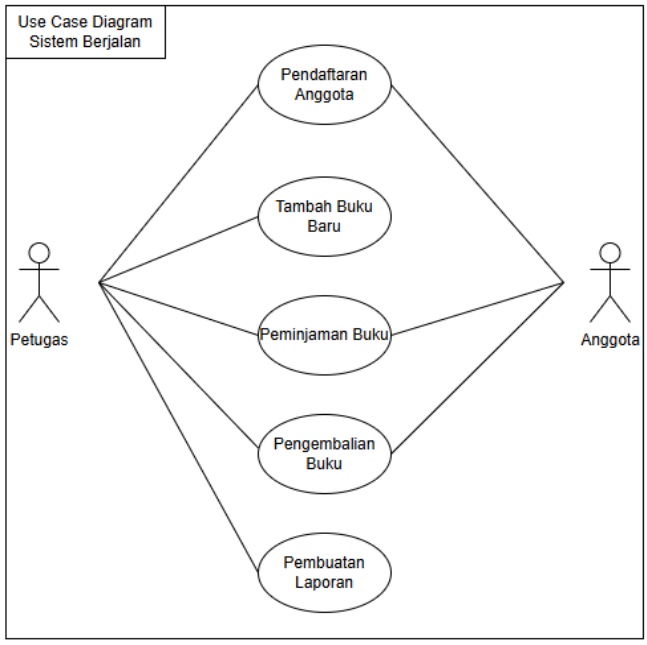
HASIL DAN PEMBAHASAN

Software Architecture

1. Use Case Diagram

a. Use Case Diagram Petugas

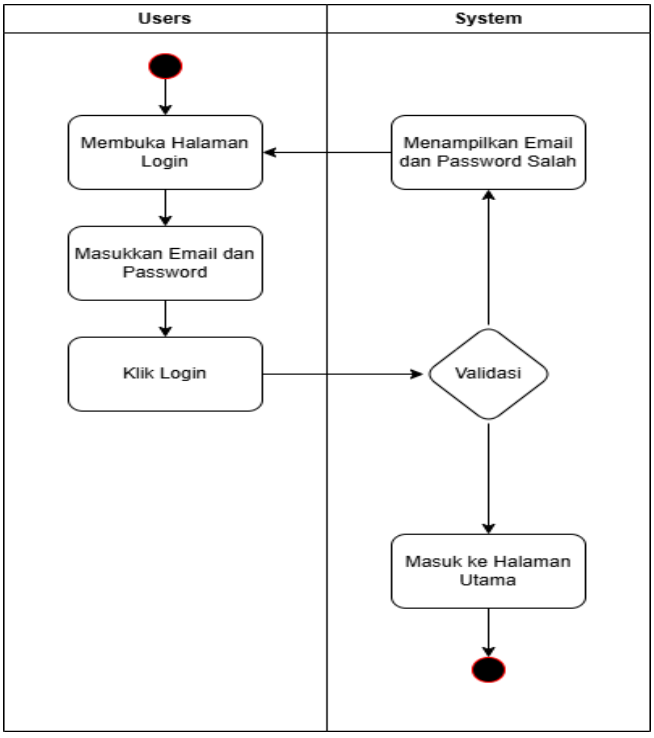
Use Case Diagram pada halaman Petugas menjelaskan tentang apa saja yang merupakan tugas dari Petugas pada *website* Peminjaman dan Pengembalian Buku pada Perpustakaan MTs Ittihaadul Umam Depok.



Gambar 1. *Use Case Diagram* Sistem Perpustakaan (Petugas dan Anggota)

2. *Use Case Diagram*

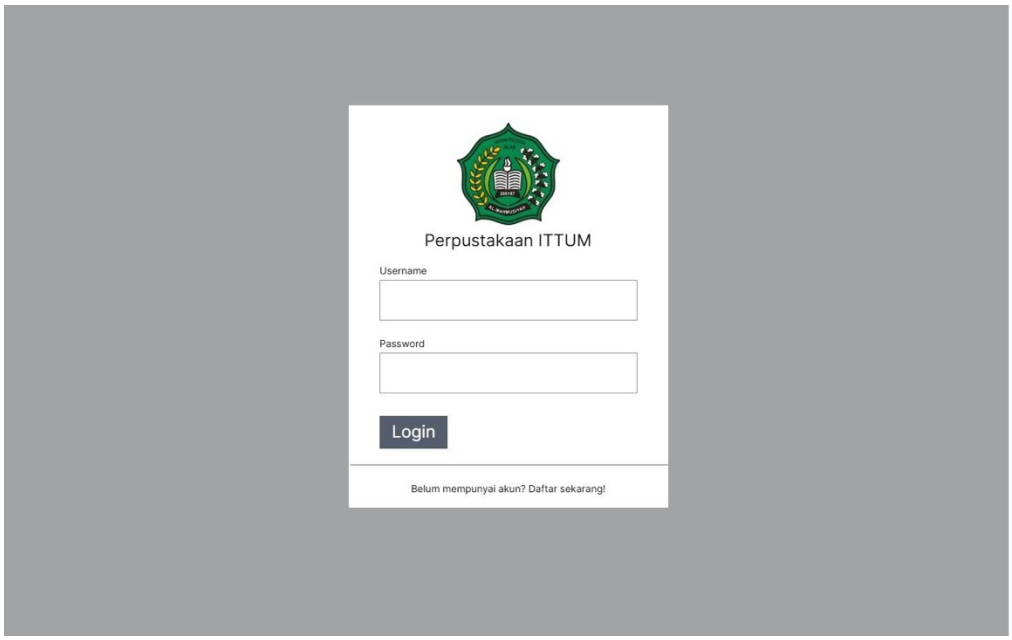
   a. *Activity Diagram Login*



Gambar 2. *Activity Diagram Login*

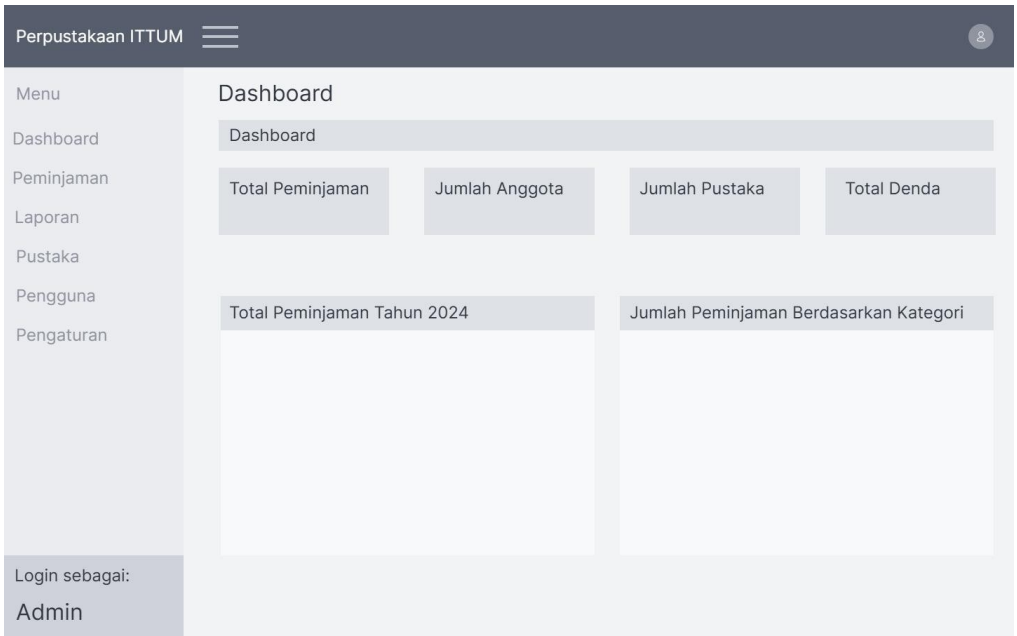
User Interface

1. *Login*



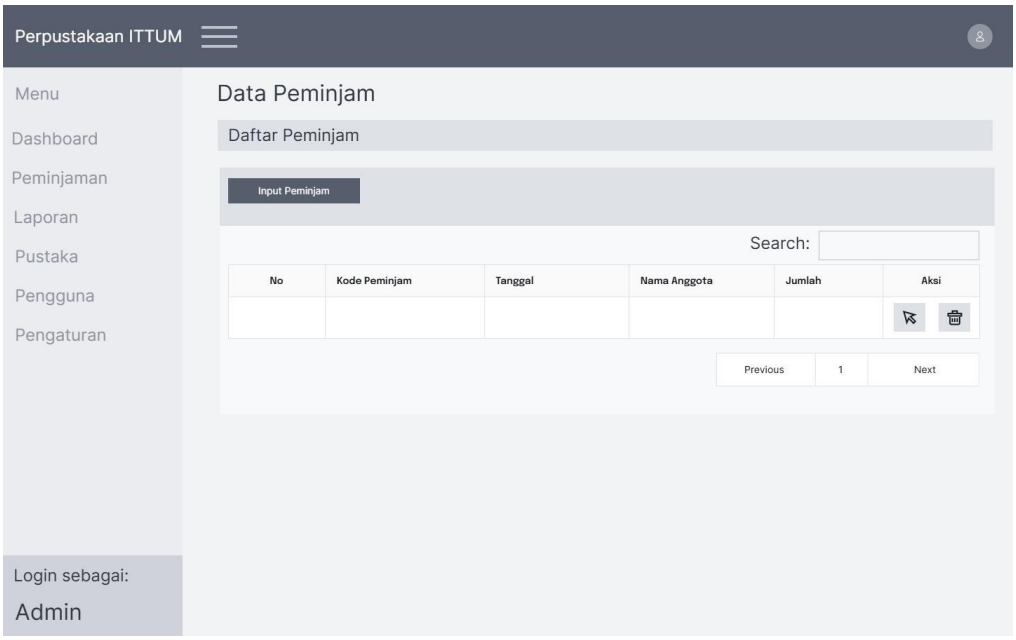
Gambar 3. Desain Antarmuka *Login*

2. *Dashboard*



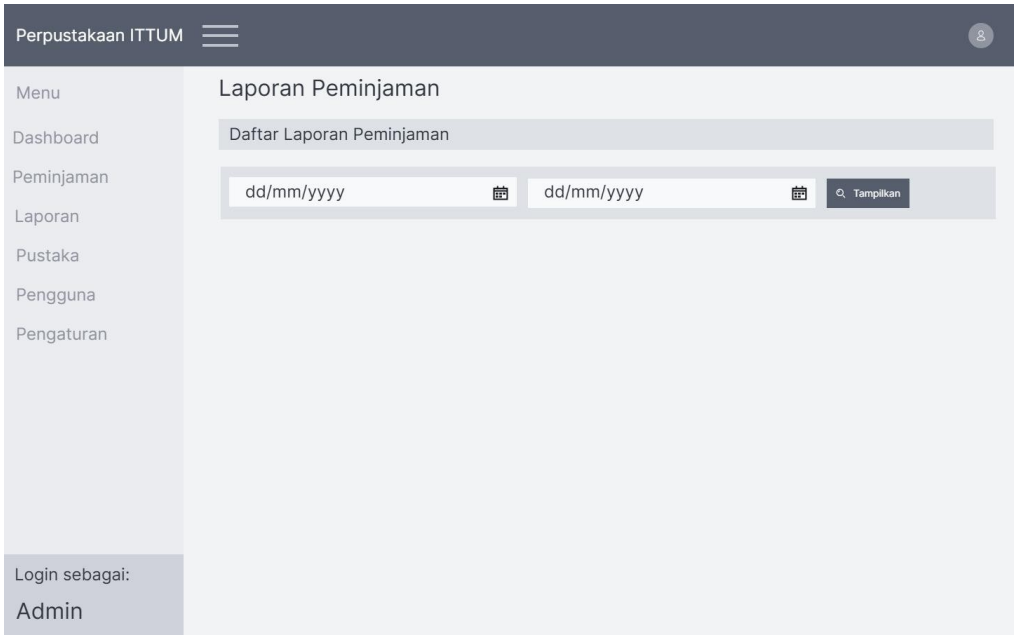
Gambar 4. Desain Antarmuka Petugas *Dashboard*

3. Petugas Halaman Data Peminjam



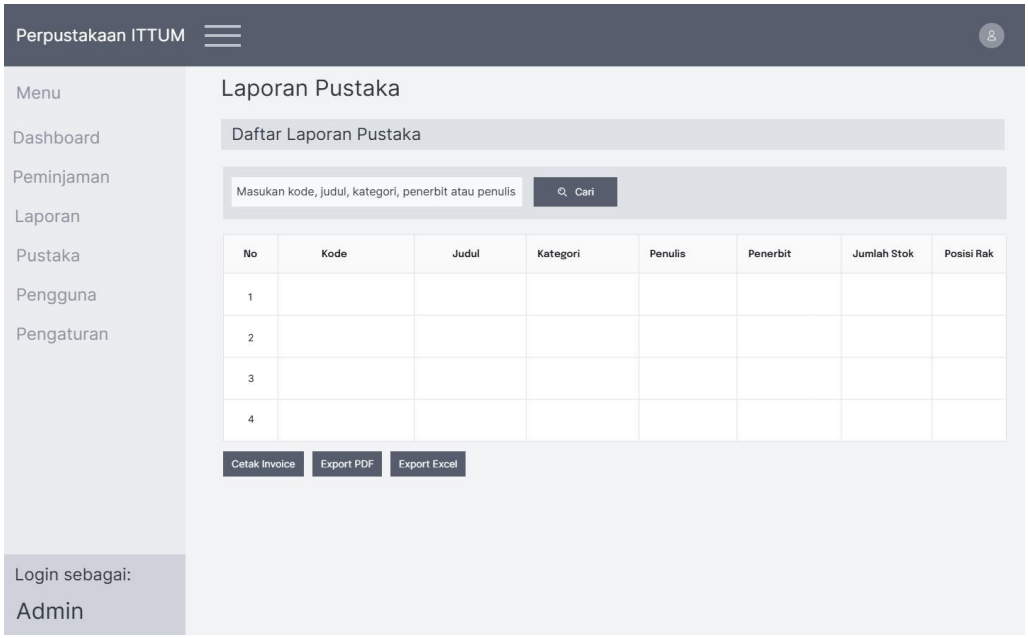
Gambar 5. Desain Antarmuka Petugas Halaman Data Peminjam

4. Petugas Halaman Laporan Peminjaman



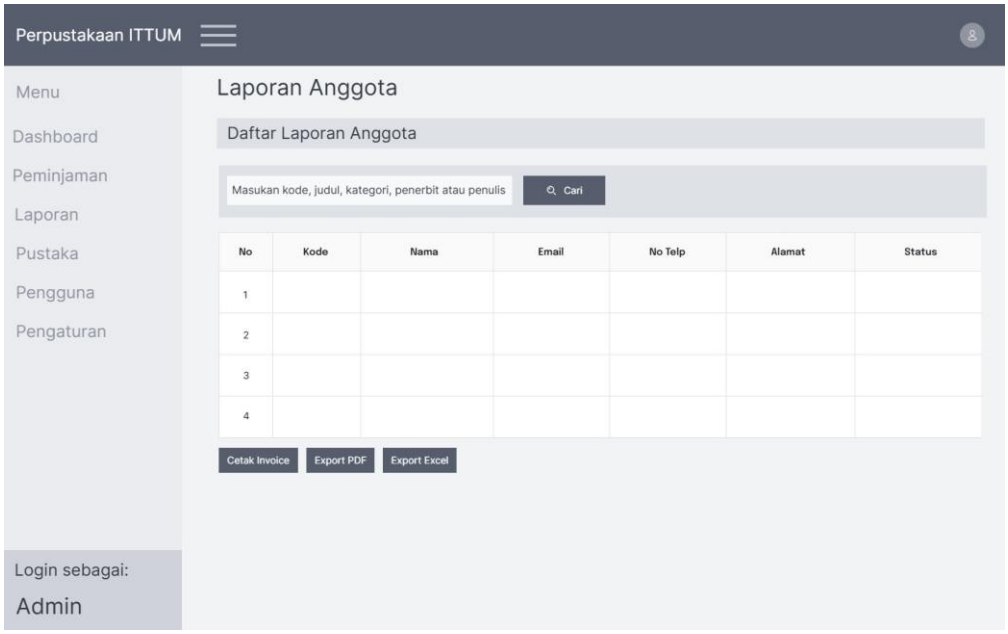
Gambar 6. Desain Antarmuka Petugas Halaman Laporan Peminjaman

5. Petugas Halaman Laporan Pustaka



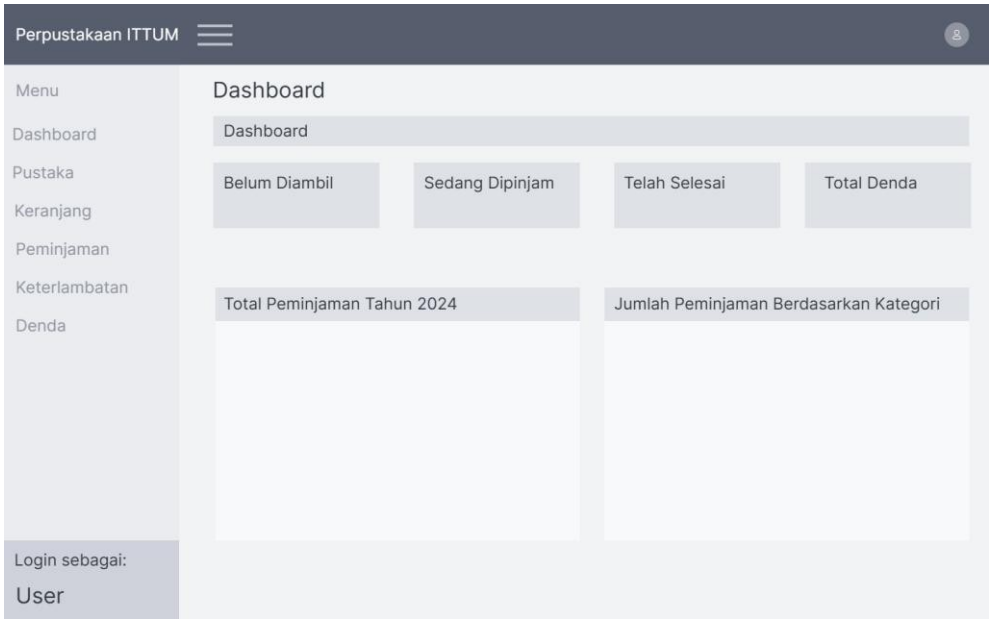
Gambar 7. Desain Antarmuka Petugas Halaman Laporan Pustaka

6. Petugas Halaman Laporan Anggota



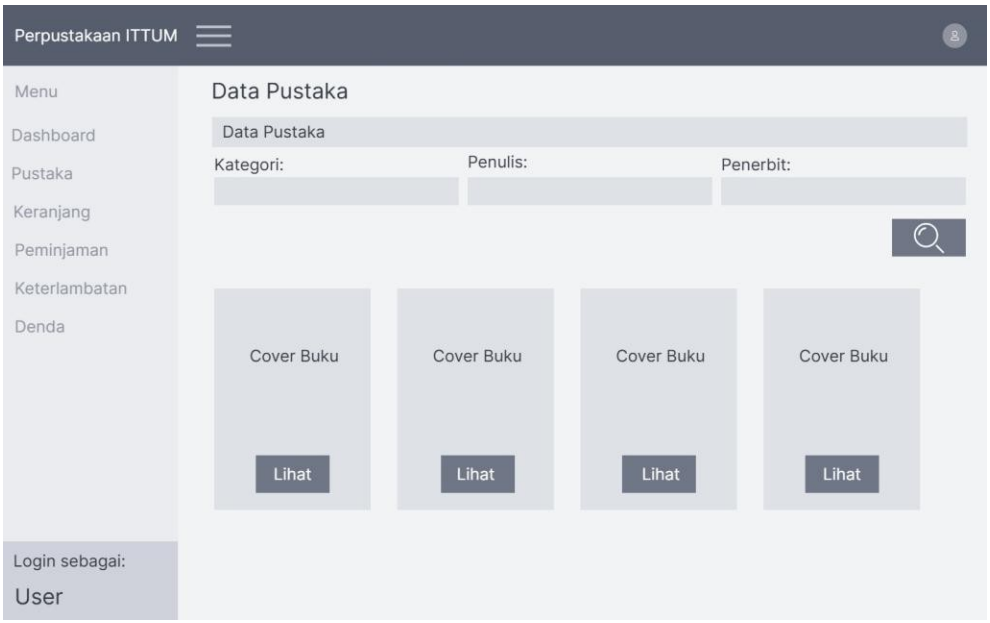
Gambar 8. Desain Antarmuka Laporan Anggota

7. Anggota Halaman *Dashboard*



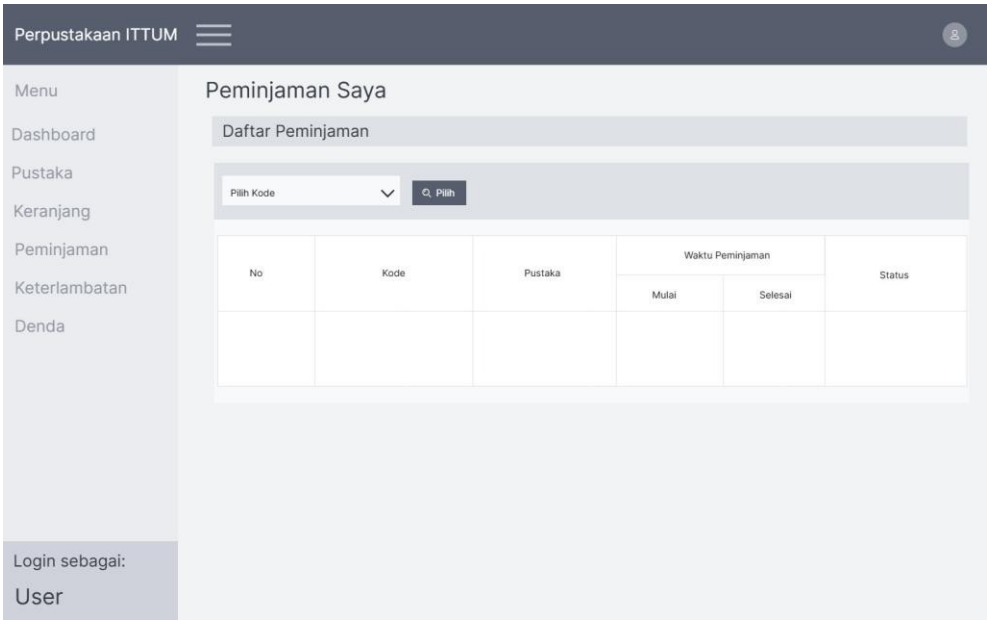
Gambar 9. Desain Antarmuka Anggota *Dashboard*

8. Anggota Halaman Data Pustaka



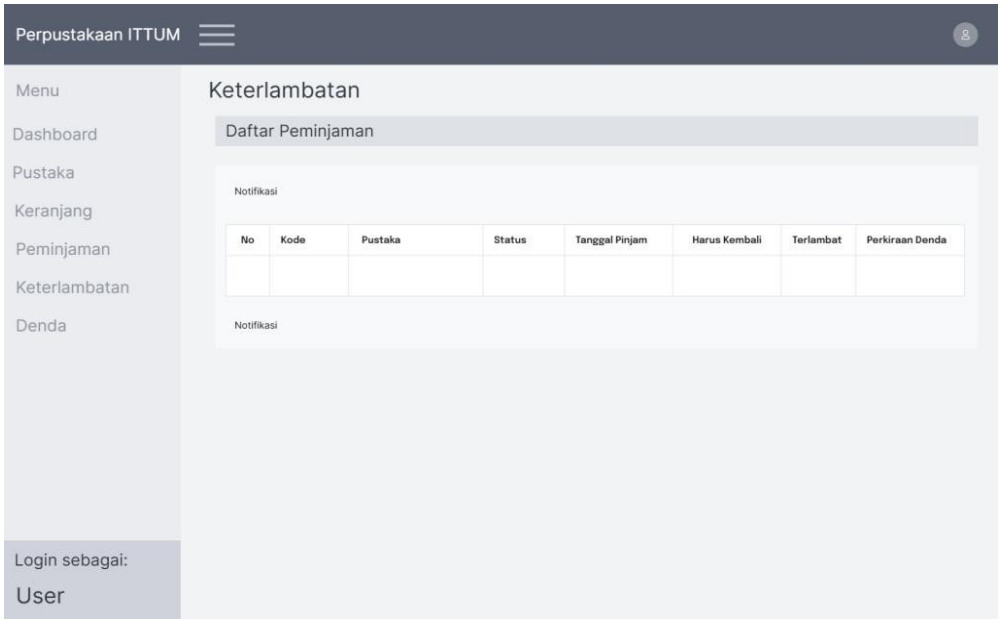
Gambar 10. Desain Antarmuka Data Pustaka

9. Anggota Halaman Peminjaman



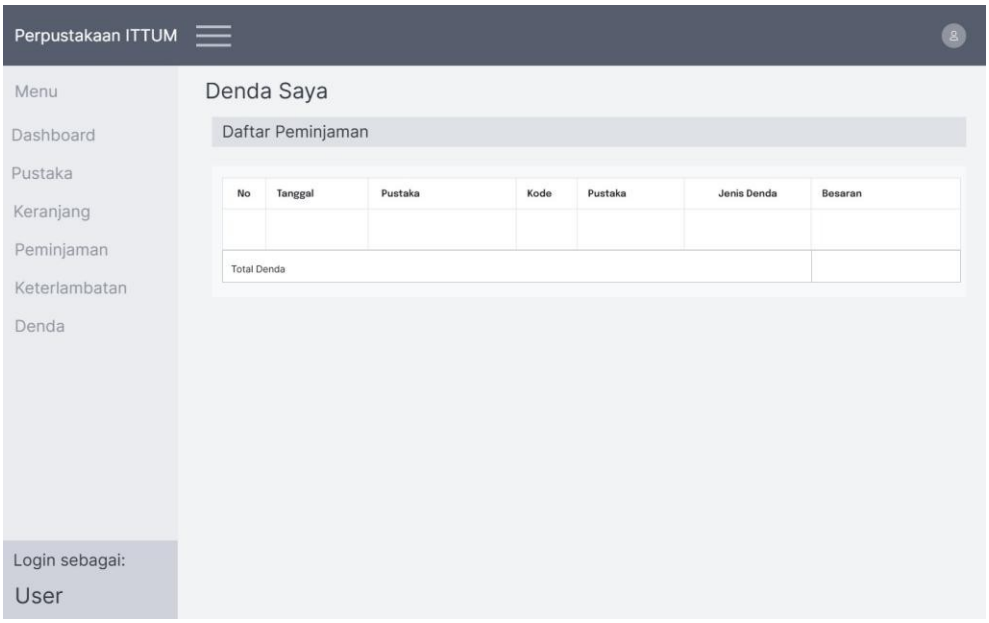
Gambar 11. Desain Antarmuka Peminjaman

10. Anggota Halaman Keterlambatan



Gambar 12. Desain Antarmuka Keterlambatan

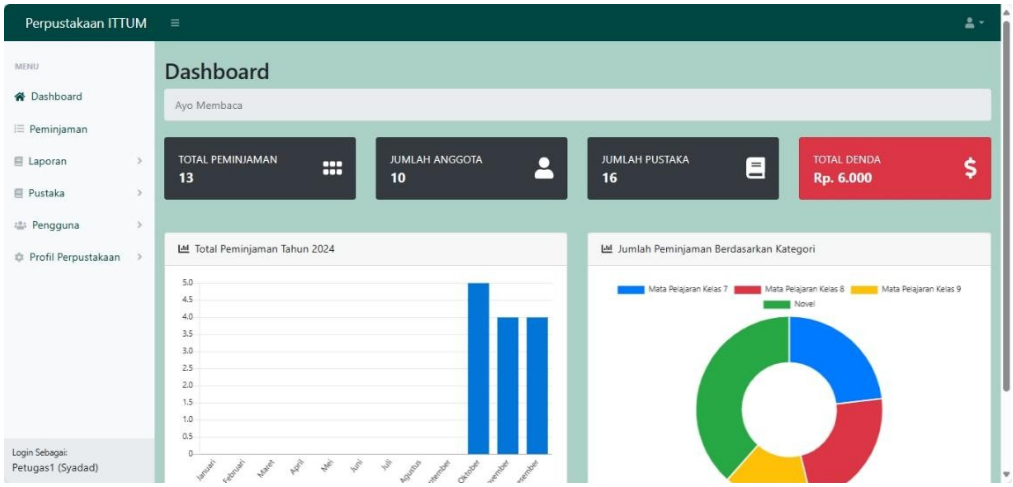
11. Anggota Halaman Denda



Gambar 13. Desain Antarmuka Denda

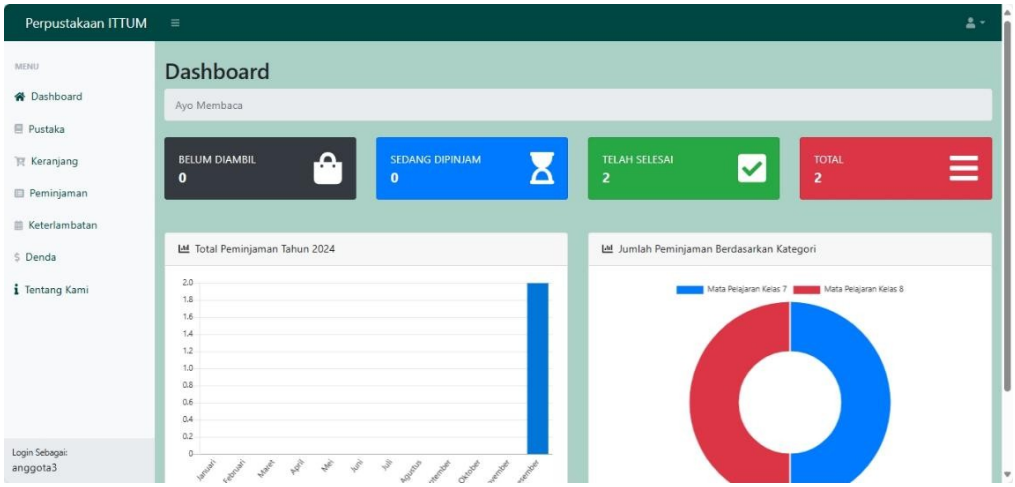
12. Home Website

a. Dashboard Petugas



Gambar 14. Dashboard Petugas

b. Dashboard Anggota



Gambar 15. Dashboard Anggota

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan pada perpustakaan MTs Ittihaadul Umam Depok dan dari permasalahan yang terjadi, dengan merancang sistem informasi perpustakaan berbasis web yang terintegrasi, serta mengimplementasikanya, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Sistem perpustakaan manual menjadi sistem perpustakaan berbasis komputer.
2. Dengan adanya sistem informasi berbasis komputer pada perpustakaan MTs Ittihaadul Umam Depok dapat memudahkan petugas serta anggota perpustakaan dalam melakukan pendataan, laporan, dan transaksi buku.
3. Rekomendasi untuk mengadopsi teknologi terbaru yang mungkin meningkatkan kinerja dan fungsionalitas sistem.
4. Menjadi bahan penilaian terhadap kebutuhan pengguna perpustakaan.
5. Memberikan pelatihan kepada staf perpustakaan dan peserta didik mengenai penggunaan sistem baru dan memastikan semua orang memahami cara menggunakan sistem yang baru.
6. Adanya pemeliharaan sistem bagi perpustakaan MTs Ittihaadul Umam.
7. Mengajak peserta didik MTs Ittihaadul Umam Depok agar lebih gemar membaca dan meramaikan serta merawat perpustakaan.

REFERENSI

Abu Bakar Sidik, H., Ponco Subagyo, C., Studi Teknik Informatika, P., Komputerisasi Akuntansi, K., & Pamitran, S. (2024). *Sistem Informasi Purchase Order Berbasis Web Di PT HK-PATI*. http://journal.piksi.ac.id/index.php/INFOKOM

Chairiyah Yayah. (2021). Sejarah Perkembangan Sistem Pendidikan Madrasah Sebagai Lembaga Pendidikan Islam. In Jurnal Pendidikan Islam (Vol. 2, Issue 1).

Dedy Rahman Prehanto. (2020). Buku Ajar Konsep Sistem InformasI - Dedy Rahman Prehanto, S.Kom., M.Kom. In Scopindo.

Dewayani, E. (2020). Pemodelan Data Dalam Pelestarian Warisan Budaya Takbenda. In Computatio: Journal of Computer Science and Information Systems (Vol. 4, Issue 2).

Effendy, E., Siregar, E. A., Fitri, P. C., & Damanik, I. A. S. (2023). Mengenal Sistem Informasi Manajemen Dakwah (Pengertian Sistem, Karakteristik Sistem). Jurnal Pendidikan Dan Konseling, 5(2).

Farhan, F., & Leman, D. (2023). Implementasi Metode Rivest Shamir Adleman (RSA) Untuk Kerahasiaan Database Perum Bulog Kanwil SUMUT. Journal of Machine Learning and Data Analytics (MALDA), 02(01), 18–27.

Jannah, M, Mardhatillah, M, & ... (2025). Peran Perpustakaan Digital dalam Pengembangan Akses Informasi di Era Digital: Studi Aplikasi Dispustaka Enrekang. *Literatify: Trends in ...*, journal.uin-alauddin.ac.id, https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/literatify/article/view/53913

Khoba, AF, Ratnawati, DE, & Arwani, I (2025). Pengembangan Aplikasi Berbasis Web Manajemen Perpustakaan (Studi Kasus: SMP Negeri 1 Tiris). *Jurnal Pengembangan Teknologi ...*, j-ptiik.ub.ac.id, https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/14924

Mirza Maulana, Y. (2023). Tinjauan Naratif: Analisis dan Pemodelan Proses Bisnis sebagai Perbaikan Proses Bisnis pada Organisasi Narative Review: Business Process Analysis and Modeling as Business Process Improvement in Organizations. Jurnal Teknologi Dan Informasi (JATI) Naskah Diterima 12 Januari. https://doi.org/10.34010/jati.v13i1

Nabila, S., Putri, A. R., Hafizhah, A., Rahmah, F. H., & Muslikhah, R. (2021). Pemodelan Diagram UML Pada Perancangan Sistem Aplikasi Konsultasi Hewan Peliharaan Berbasis Android (Studi Kasus: Alopet). Jurnal Ilmu Komputer Dan Bisnis, 12(2), 130–139. https://doi.org/10.47927/jikb.v12i2.150

Nur Cholifah, W., Dewi Lestari, I., Raya Tengah, J., Rebo, P., Timur, J., & Khusus Ibukota Jakarta, D. (2021). Rancang Bangun Sistem Informasi Perpustakaan Mi Assa'adiyah Attahiriyah.

Rangkuti, FWP, & Alda, M (2025). Pengembangan Aplikasi Android Sistem Informasi Perpustakaan Sekolah. *Teknik: Jurnal Ilmu Teknik Dan ...*, journal.stiestekom.ac.id, https://journal.stiestekom.ac.id/index.php/TEKNIK/article/view/925

Sudjiman, P. E., & Sudjiman, L. S. (2020). Analisis Sistem Informasi Manajemen Berbasis Komputer Dalam Proses Pengambilan Keputusan. TeIKa, 8(2), 55–66. https://doi.org/10.36342/teika.v8i2.2327

Susilawati, E., Abdurakhman, O., & Maryani, N. (2021). Manajemen Perpustakaan Sebagai Pusat Sumber Belajar di Madrasah Aliyah.

Wahyudi, M. D., Teknik, F., & Kompuetr, D. (2020). Sistem Informasi Penjualan Mobil Bekas Berbasis Web Pada Cv Phutu Oil Club Di Kota Batam Skripsi.

Design of a Web-Based Information System for the Registration and Numbering of Notarial and PPAT Deeds

Maulidya Hanifah Sitepu[1)*)], Eko Budiarto[2)], Irfan Afriantoro[3)]

[1)2)3)]Informatics Engineering, Pelita Bangsa University, Indonesia
***)Correspondence author:** Maulidya Hanifah Sitepu, maulidyahanifah4@gmail.com, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3383

Abstract

The rapid advancement of digital technology has transformed nearly every aspect of human life, exerting a substantial impact across multiple sectors, including communication, education, healthcare, and business. In the digital era, the utilization of information technology has become increasingly critical in notarial administration, particularly in the registration and numbering of Notarial and PPAT deeds. Developments in information technology particularly in software and hardware have enabled process automation, rapid data processing, and improved accessibility of information. This study aims to design and develop a web-based information system for notary and PPAT deed numbering registers to replace the manual system. This system aims to improve data management efficiency, speed up searches, and improve the accuracy and consistency of register management. The method used is a qualitative approach with Agile methodology, with data collection through interviews, observation, and documentation studies. System development was carried out iteratively, with testing to ensure system functionality and reliability. The results of the study show that the developed system can manage data more efficiently, reduce manual errors, and improve data accessibility and security. This study concludes that the implementation of a web-based system can improve the efficiency and accuracy of data management, and recommends gradual implementation with a focus on testing and continuous maintenance.

Keywords: *Web-Based Information System, Deed Numbering Register, Notary and PPAT, Agile.*

Abstrak

Kemajuan pesat teknologi digital telah mengubah hampir setiap aspek kehidupan manusia, memberikan dampak substansial di berbagai sektor, termasuk komunikasi, pendidikan, perawatan kesehatan, dan bisnis. Di era digital, pemanfaatan teknologi informasi menjadi semakin penting dalam administrasi notaris, khususnya dalam pendaftaran dan penomoran akta notaris dan akta PPAT. Perkembangan teknologi informasi, khususnya perangkat lunak dan perangkat keras, telah memungkinkan otomatisasi proses, pemrosesan data yang cepat, dan peningkatan aksesibilitas informasi. Studi ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem informasi berbasis web untuk register penomoran akta notaris dan akta PPAT guna menggantikan sistem manual. Sistem ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi manajemen data, mempercepat pencarian, dan meningkatkan akurasi serta konsistensi manajemen register. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif dengan metodologi Agile, dengan pengumpulan data melalui wawancara, observasi, dan studi dokumentasi. Pengembangan sistem dilakukan secara iteratif, dengan pengujian untuk memastikan fungsionalitas dan keandalan sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan dapat mengelola data lebih efisien, mengurangi kesalahan manual, dan meningkatkan aksesibilitas serta keamanan data. Studi ini menyimpulkan bahwa implementasi sistem berbasis web dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi manajemen data, dan merekomendasikan implementasi bertahap dengan fokus pada pengujian dan pemeliharaan berkelanjutan.

Kata Kunci : Sistem Informasi Berbasis Web, Register Penomoran Akta, Notaris dan PPAT, Agile.

INTRODUCTION

The rapid advancement of digital technology has transformed nearly every aspect of human life, exerting a substantial impact across multiple sectors, including communication, education, healthcare, and business. Developments in information technology particularly in software and hardware have enabled process automation, rapid data processing, and improved accessibility of information. The proliferation of the Internet, cloud computing, and web- and mobile-based technologies has introduced new paradigms for working, interacting, and managing data. Such digital technologies facilitate higher operational efficiency, reduce human error, and enhance service quality in a wide range of domains, including administrative and governmental services.

In the digital era, the utilization of information technology has become increasingly critical in notarial administration, particularly in the registration and numbering of Notarial and PPAT deeds. The implementation of a web-based system allows the recording, numbering, retrieval, and reporting of registers to be conducted more rapidly, accurately, and in a well-documented manner, thereby supporting effectiveness and efficiency within Notary and PPAT offices. In addition to enabling real-time access to information, such a system improves service quality through clearly defined access control and safeguarded data integrity. A structured design that is aligned with applicable legal standards and procedures ensures that the deed numbering process is more orderly, less prone to error, and readily auditable in accordance with organizational requirements [1].

Despite the rapid pace of technological progress, many Notary and PPAT offices continue to manage deed numbering registers using conventional manual procedures. These practices create obstacles such as slow retrieval of deed numbers or files, risks of numbering errors and data loss, and inefficiencies in workflow and operational costs. A study by Lutfi and Rahasti [2] indicates that manual register management prolongs service time and increases administrative burden. Accordingly, a web-based information system for the registration and numbering of Notarial and PPAT deeds is required to standardize recording

workflows, accelerate data retrieval, maintain data integrity and security, and provide accurate and measurable reporting.

Previous studies have broadly discussed the digitalization of Notary and PPAT archives or web-based document systems; however, relatively few have addressed the registration and numbering of Notarial and PPAT deeds as the primary object of study, particularly with an emphasis on sequence control and duplication prevention. Furthermore, many reported development approaches remain oriented toward the waterfall model, whereas practical field requirements increasingly demand rapid iteration and continuous user feedback. This research addresses these gaps by proposing a solution that is specifically focused on the deed numbering register process and is developed iteratively using an Agile approach.

The proposed solution is the design of a web-based information system for the registration and numbering of Notarial and PPAT deeds. The system is not limited to archiving; rather, it emphasizes the automation and standardization of the deed numbering sequence, the recording of deed metadata, indexing, rapid retrieval, and register reporting. Using an Agile approach, features are developed iteratively, with initial priorities encompassing structured register management, keyword- or parameter-based search, role-based access control, and data backup. This implementation is expected to reduce human error, accelerate service delivery, enhance data security and integrity, and ensure that the deed numbering process operates efficiently in accordance with established standards and applicable standard operating procedures.

RESEARCH METHODS

This study employed a qualitative approach to analyze system requirements and to obtain an in-depth understanding of the operational procedures for the registration and numbering of Notarial and PPAT deeds. Data were collected through direct observation, interviews with the staff member responsible for managing the register, and a review of supporting documents, and were subsequently analyzed descriptively to inform the system design. System development was conducted within an SDLC framework using an iterative

Agile model, thereby enabling the proposed solution to remain responsive to evolving requirements and user feedback.

Methodological Stages

Methodological stages are systematic steps carried out in a research process, starting from data collection to system design and testing. These stages aim to ensure that the research proceeds in a structured manner and produces solutions that address the identified problems.

Data Collection Methods

This study employed several data collection methods to obtain the information required for system development, as follows:

1. Interviews

   conducted directly with staff at the Notary and PPAT Office of Noviyanti Absyari, S.H., M.Kn. to obtain detailed information regarding the deed registration and numbering workflow, the constraints of manual record-keeping, and the expected features of a web-based system.

2. Observation

   carried out by directly observing the deed numbering and recording processes within the office. This activity provided an empirical overview of the manual workflow, including register book entries, deed numbering procedures, and report preparation, thereby enabling the identification of processes suitable for automation.

3. Document Study

   performed by collecting and reviewing supporting documents, such as the deed register book format. These documents served as references for designing the database structure and developing search and reporting features within the proposed web-based information system.

System Development Method Using the SDLC Agile Model

Software Development Life Cycle (SDLC) is a series of structured phases that encompass the definition, development, testing, deployment, operation, and maintenance of software or information systems. One of the methodologies commonly employed within the

SDLC framework is the Agile method. The Agile method is an incremental and iterative approach that emphasizes collaboration, customer feedback, and the rapid delivery of functional software. The following section provides an explanation of each stage in the Agile methodology [22]:

a. Plan: Define project goals and constraints, identify user and business needs, establish the backlog, and select features for the initial sprint.
b. Design: Develop the technical solution, including system architecture, user interface design, and implementation strategy.
c. Develop: Implement features in small iterations, focusing on coding and unit testing, with incremental refinements.
d. Test: Conduct comprehensive testing to verify functionality, identify defects, and ensure product quality and performance.
e. Deploy: Release the developed system/features to the production environment to ensure readiness for end-user access and use.
f. Review: Evaluate outcomes to identify strengths and required improvements, incorporating feedback from end users and stakeholders.
g. Launch: Publish the finalized product/features broadly after applying improvements, ensuring smooth accessibility and usability for end users.

RESULTS AND DISCUSSION

This section presents the results of the design and development process of the web-based information system for the Notary and PPAT deed numbering register. The results include system implementation, user interface displays, and functionality testing to ensure that the system operates in accordance with the research objectives and requirements.

General Overview

This section provides a general overview of the research object and the current system conditions. It briefly describes the organizational background, existing procedures, and the overall framework of the system to be developed as the foundation for further analysis and design.

- **Existing Manual System**

1. Manual register recording

   Deed information is recorded in a physical register book (number, date, type, and related parties), thereby remaining susceptible to recording and numbering errors.

2. Non-automated numbering

   The sequence and format of deed numbers are verified visually by comparing prior entries, creating risks of duplication, sequence gaps, and inconsistent numbering formats.

4. Physical document storage

   Paper-based archives accumulate in filing cabinets, increasing the likelihood of loss or deterioration and complicating data retrieval.

5. Manual report preparation

   Register reports are compiled by manually transcribing and summarizing entries from the register book, which is time-consuming and prone to recapitulation errors.

Overall, the manual system remains limited in terms of efficiency and accuracy, thereby necessitating a more integrated solution.

- **Proposed System to Be Developed**

1. Digital register recording

   A web-based system will record deed data electronically and store it automatically in a database.

2. Automated numbering control

   The system will validate the numbering format and sequence to prevent duplication and sequence gaps.

3. Centralized storage and rapid retrieval

   Data will be maintained in a centralized database and can be retrieved efficiently using keyword-based search.

4. Automated register reporting

   Periodic reports can be generated automatically and exported/printed in PDF format.

The proposed web-based system is expected to improve operational efficiency, data security, and accessibility for authorized users.

Analysis

This section presents the analysis of the existing system and identifies its weaknesses and limitations. It also outlines the system requirements and feasibility considerations as the basis for designing an effective and appropriate solution.

- **Analysis of System Weaknesses**

  In the management of the Notarial and PPAT deed registration and numbering register, which is currently performed manually, several factors adversely affect operational efficiency. The issues were identified using a SWOT analysis, as follows:

  1. Strengths: Physical archives can be fully controlled, and documents may be accessed directly without reliance on digital devices.
  2. Weaknesses: Document retrieval is time-consuming paper-based records are susceptible to loss or damage due to external events (e.g., disasters) or human error; and the absence of computerized processing reduces staff efficiency while increasing operational costs associated with physical storage.
  3. Opportunities: The adoption of a web-based system presents an opportunity to improve efficiency by enabling faster, more organized document retrieval, management, and archiving.
  4. Threats: Continued dependence on outdated manual procedures may degrade service quality and diminish the office's competitiveness.

  Based on this analysis, the proposed solution is a web-based information system aimed at reducing reliance on physical archives, accelerating document management and retrieval, and enhancing security through improved access control.

- **System Requirements Analysis**

  This section describes the identification and specification of system requirements, including functional and non-functional requirements. It defines the features, constraints,

and performance expectations necessary to ensure that the system effectively meets user needs and supports organizational objectives.

1. Functional requirements: to support register recording and archiving, enable efficient document retrieval, generate reports, and provide status monitoring, with security enforced through role-based access control.
2. Non-functional requirements: to ensure data security (e.g., encryption and routine backups), maintain adequate system availability to support operational activities, and provide scalability to accommodate growth in the number of documents and users.

This web-based system is expected to improve both the efficiency and security of managing the registration and numbering register for Notarial and PPAT deeds.

- **User Requirements**

  User requirements specify the parties involved in operating and managing the proposed Web-Based Information System for the Registration and Numbering of Notarial and PPAT Deeds, along with their respective roles and responsibilities. In this study, two user categories were identified:

  a. Administrator (Staff Member)

     One (1) individual responsible for entering and verifying deed numbering data, validating numbering sequences, managing system access rights, and preparing periodic register reports. The administrator also ensures that the system operates properly during office activities.

  b. System Developer (Developer)

     One (1) individual responsible for designing, developing, and testing the web-based system using the Agile approach, as well as performing system maintenance following initial implementation.

  This role allocation is intended to ensure that the system operates effectively and remains well-controlled, while also supporting sustainability and operational stability.

System Design

System design was conducted subsequent to the requirements analysis in order to define the system structure in accordance with user needs. In this study, a web-based Information System for the Registration and Numbering of Notarial and PPAT Deeds was designed using an Object-Oriented Programming (OOP) approach and UML-based modelling as a reference prior to implementation. The main system components are as follows.

a. Login and Authentication: to validate user identity prior to granting access to the system.
b. PPAT Data Management: to record PPAT deed data (deed number, deed type, related parties, deed date, and remarks).
c. Notary Data Management: to record notarial deed data (deed number, deed type, related parties, deed date, and remarks).
d. Search and Reporting: to retrieve data based on deed number or client name and to generate reports in PDF format.
e. User Data Management: to create, update, and delete system user accounts.

This design is expected to produce a structured, efficient, and maintainable system, thereby enabling a more systematic implementation using OOP-based PHP and a MySQL database.

- **Process Design**

  This section explains the design of system processes, including workflows and interactions between users and the system. It outlines how data is processed, managed, and controlled to ensure that system operations run efficiently, accurately, and in accordance with defined requirements.

a. Use Case Diagram

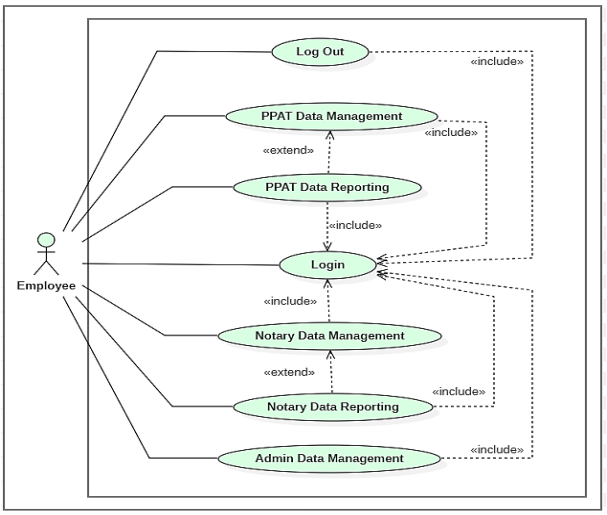


Figure 1. Use Case Diagram

The Use Case Diagram illustrates the Staff Member as the primary actor who must perform a login procedure before accessing the system's functionalities. Upon successful authentication, the Staff Member is authorized to manage PPAT data, Notary data, and administrator data, as well as to generate PPAT and Notary reports as the system's outputs. The interaction is concluded through the logout function to terminate the session.

b. State Chart Diagram

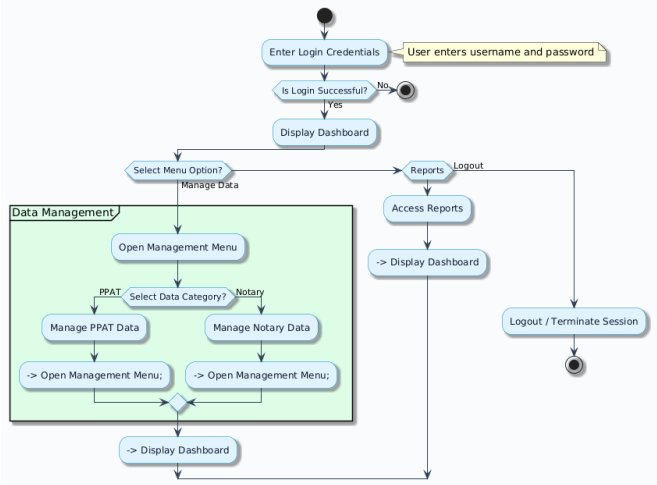


Figure 2. State Chart Diagram

The State Chart Diagram depicts the system flow from the login state to the dashboard state upon successful authentication. From the dashboard, the user may proceed to the data management module (selecting either PPAT or Notary data and returning as needed), access the reporting module and subsequently return to the dashboard, or terminate the process by selecting Logout or Finish.

c. Activity Diagram

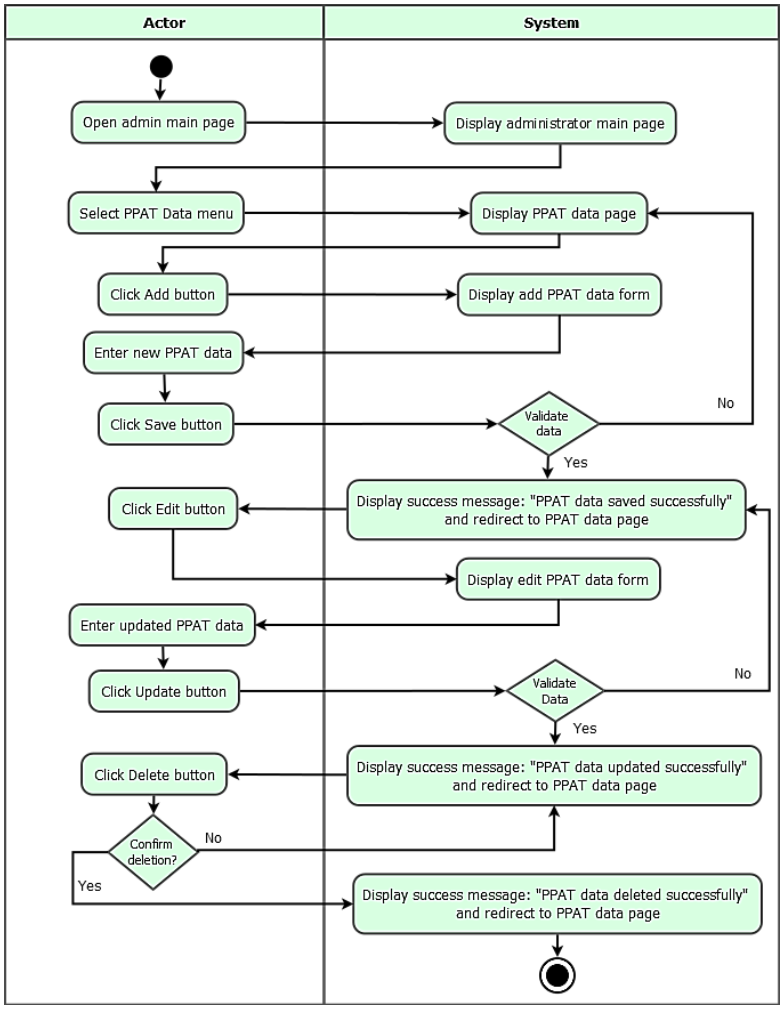


Figure 3. Activity Diagram PPAT Data Management

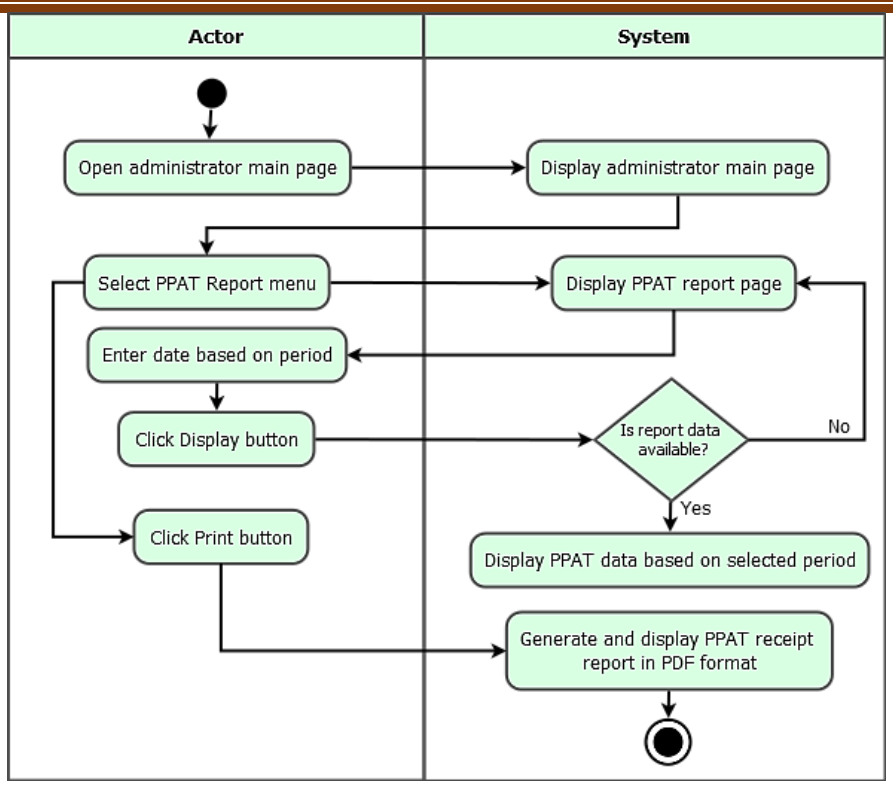


Figure 4. Activity Diagram PPAT Data Reporting

This activity diagram illustrates the workflow for managing and generating PPAT data reports within the system. It covers processes such as adding, editing, and deleting PPAT data, as well as selecting report criteria, processing data, and displaying or exporting reports. The diagram ensures that both data management and reporting activities are carried out in a structured and systematic manner.

d. Sequence Diagram

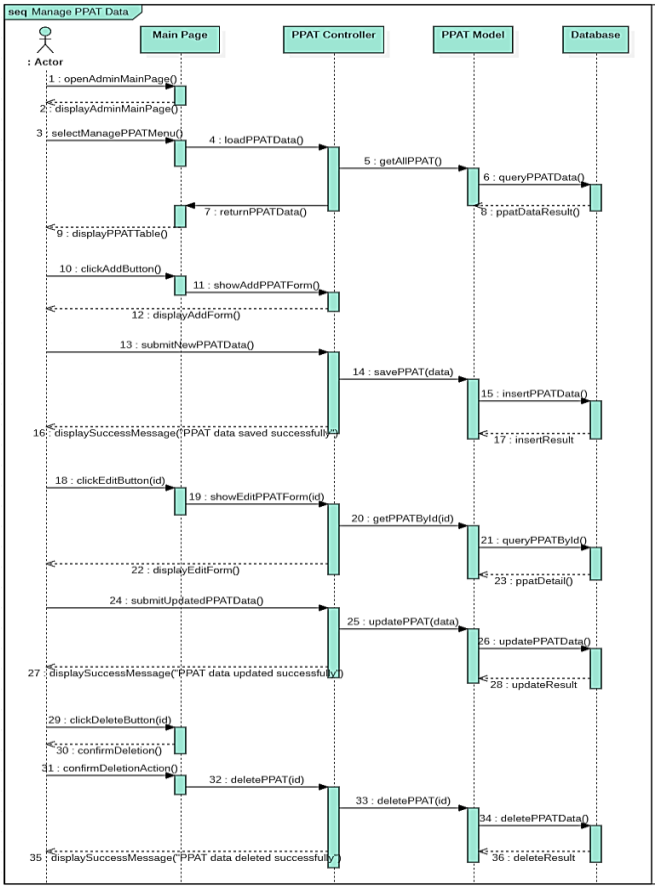


Figure 5. Sequence Diagram PPAT Data Management

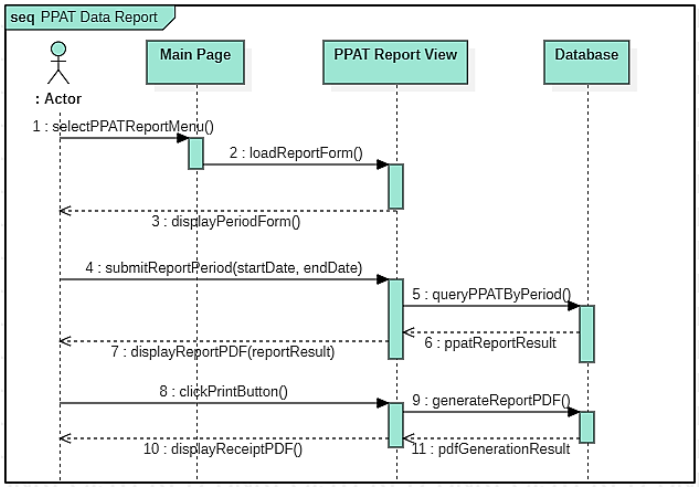


Figure 6. Sequence Diagram PPAT Data Reporting

This sequence diagram illustrates the interaction between users and system components in managing and generating PPAT data reports. It describes the message flow from user requests such as adding, updating, or deleting PPAT data to the system's validation and database processing. Additionally, it shows the sequence of actions when generating reports, including selecting criteria, retrieving data from the database, and displaying the results. The diagram ensures clear interaction flow and proper coordination among system objects.

System Implementation

This section describes the implementation of the developed system, including the deployment of features, user interface realization, and system configuration. It explains how the designed system is applied in a real environment to support the management of the Notary and PPAT deed numbering register effectively and efficiently.

- **General User Interface Display**

a. Website Main Page

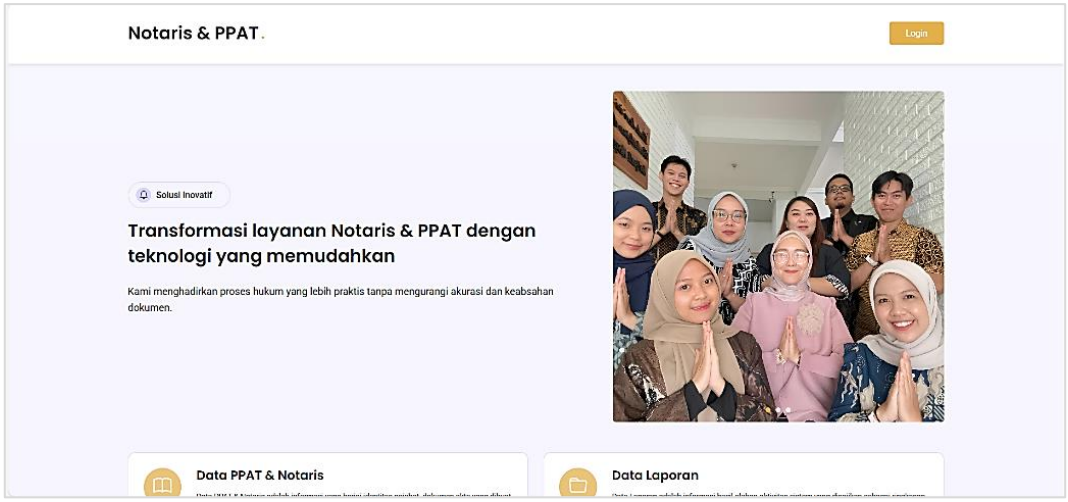


Figure 7. Website Main Page

The Website Main Page serves as the primary interface that presents general information about the system and the services provided. It offers an overview of key

features, organizational profile, and essential details, giving users a clear introduction to the website and its functions.

- **Administrator Interface Design**

a. Administrator Main Dashboard

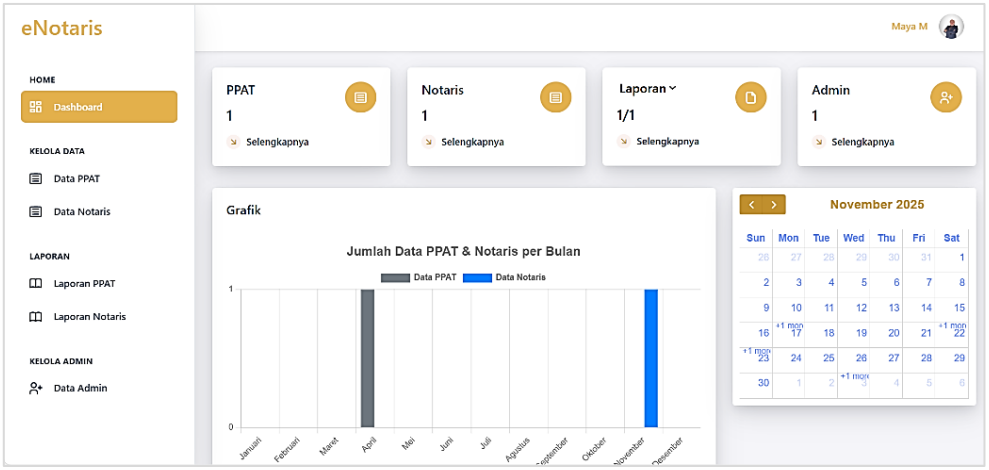


Figure 8. Administrator Main Dashboard

The Administrator Main Dashboard provides a concise overview of system activities and PPAT data within the platform. It displays key information, summaries, and quick access menus to facilitate efficient data management and monitoring by the administrator.

b. PPAT Data Page

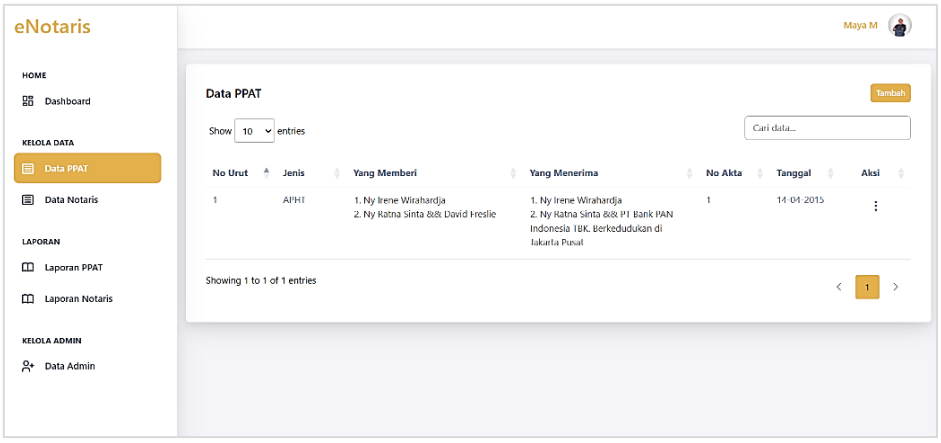


Figure 9. PPAT Data Page

The PPAT Data Page displays a structured list of all registered PPAT data within the system. It provides detailed information in tabular form, along with features such as search, edit, and delete options to facilitate efficient data management. This page enables administrators to monitor, update, and maintain PPAT records accurately and systematically.

c. Add PPAT Data Form

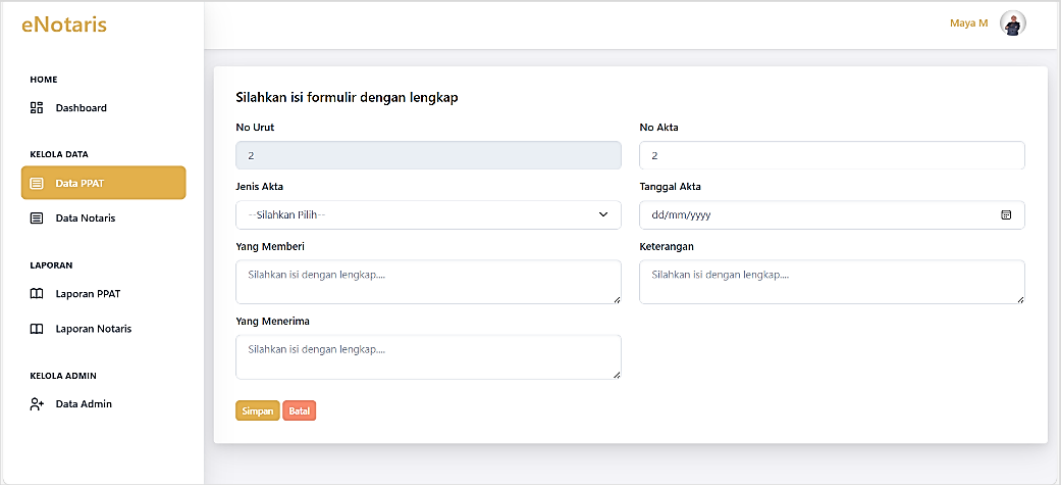


Figure 10. Add PPAT Data Form

The interface shown represents the Add PPAT Data Form page in the eNotaris system, which is used by the administrator to input deed numbering register data in a structured manner. On the left side, there is a navigation menu consisting of Dashboard, Data Management (PPAT Data and Notary Data), Reports, and Admin Management, which facilitates user access to system features. The main section of the page displays a form containing several essential fields, namely Serial Number, Deed Number, Type of Deed, Deed Date, Grantor, Grantee, and Remarks. Each field is designed to ensure that deed data is recorded completely and systematically. At the bottom of the form, there are Save and Cancel buttons, where the Save button stores the data in the database after validation, and the Cancel button aborts the input process. This page aims to enhance efficiency, accuracy, and security in managing web-based PPAT deed register data.

d. PPAT Data Report Page

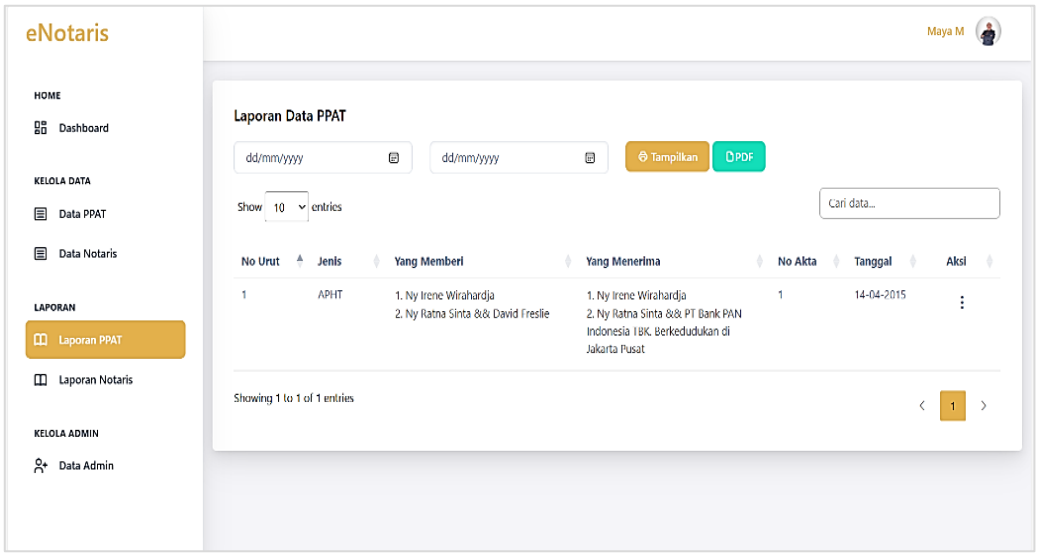


Figure 11. PPAT Data Report Page

This page presents a recapitulation of PPAT data that can be filtered by a specific date range, displayed in a structured format to facilitate monitoring, and equipped with a PDF export feature to support documentation and reporting purposes.

- **Testing Results**

  System testing was conducted using the black-box method to evaluate core functionalities, including login, data management, search, and reporting features. The results of the testing are as follows:

Table 1. Black Box Testing

No.	Module	Core Test Scenario	Expected Outcome	Status
1	Home Page	Access the system's main page and select the Login menu	The home page is displayed and the system navigates to the login page	Pass
2	Login	Perform valid login, invalid login, and empty-field submission	Valid credentials redirect to the dashboard; invalid/empty inputs are rejected with validation messages	Pass
3	Dashboard	Access the dashboard and navigate to PPAT/Notary/Report modules	Dashboard components are displayed and navigation functions operate without errors	Pass
4	PPAT Data	View data, create, update, delete, and perform search	PPAT CRUD and search functions execute correctly and the data list is updated accordingly	Pass
5	Notary Data	View data, create, update, delete, and perform search	Notary CRUD and search functions execute correctly and the data list is updated accordingly	Pass
6	PPAT Report	Apply date-range filtering and export to PDF	Data are displayed according to the selected period and the PDF report is generated successfully	Pass
7	Notary Report	Apply date-range filtering and export to PDF	Data are displayed according to the selected period and the PDF report is generated successfully	Pass
8	Admin Data	View data, create, update, delete, and perform search	Admin management functions execute correctly and changes are stored as expected	Pass
9	Logout	Terminate the session	The session is terminated and the system returns to the login page	Pass

The findings indicate that the development of a web-based Information System for the Registration and Numbering of Notarial and PPAT Deeds contributes to improved operational efficiency, faster data retrieval, and stronger accuracy and consistency in register management when compared to manual procedures. The system was developed using a qualitative approach and implemented iteratively through an Agile model, thereby enabling user requirements to be accommodated more adaptively throughout the development process.

In comparison with previous studies, most prior works primarily emphasize the digitalization of notarial archives and web-based administrative services, while comparatively few explicitly position the deed numbering register as the main focus, particularly with respect to sequence control and the prevention of duplication or sequence

gaps. This tendency is observed in studies by Lutfi and Rahasti [2], Wilda and Aninda [4], and J. JIS Siwirabuda et al. [1], which predominantly address archiving or administrative service improvement, whereas mechanisms for systematically controlling deed numbering remain limited. Furthermore, Hasanah et al. [6] developed a deed creation system; however, the numbering procedure remained manual, thus leaving the risk of sequence disorder unresolved. This study addresses the aforementioned gap by designing a system that emphasizes numbering control and validation, which is also practically relevant given the importance of deed numbering procedures in the administrative context of PPAT, as discussed by Saskia Adha and Silviana [10].

From a development-methodology perspective, several earlier studies continue to adopt the Waterfall model, whereas field conditions often require rapid iteration and sustained user feedback. Accordingly, the selection of Agile in this study is considered appropriate and is consistent with findings reported by Hidayah Nova et al. [9] and Mustopa et al. [5], which highlight the relevance of Agile for efficient and adaptive web-based system development. System evaluation was conducted using black-box testing to verify functional behavior based on input–output relationships, and the results show that the main scenarios executed as expected (Pass), thereby supporting the feasibility of the sys tem for operational use.

CONCLUSION

This study successfully designed and implemented a web-based Information System for the registration and numbering of Notarial and PPAT deeds to replace the existing manual process by providing structured digital recording, numbering sequence control to minimize duplication and sequence gaps, faster data retrieval, and periodic reporting with PDF export. Development was conducted iteratively within an SDLC framework using the Agile model, and black-box testing confirms that the system's core workflows from login and PPAT/Notary/admin data management to reporting and logout operate as intended. In practical terms, the system enhances operational efficiency, administrative orderliness, and

data traceability through centralized storage and role-based access control; however, the study remains limited to a single case setting and primarily functional evaluation. Accordingly, future work is recommended to incorporate broader user acceptance testing (UAT), performance and security assessments, and strengthened audit-trail and backup mechanisms.

REFERENSI

Aljawarneh, S., Aldwairi, M., & Yassein, M. B. (2018). Anomaly-based intrusion detection system through feature selection analysis and building hybrid efficient model. *Journal of Computer Science, 25*(1), 152–160. https://doi.org/10.1016/j.jocs.2017.03.006

Al-Saqqa, S., Sawalha, S., & AbdelNabi, H. (2020). Agile software development: Methodologies and trends. *International Journal of Computer Science and Information Security*. https://www.academia.edu/download/89193198/7405.pdf

Ahmad, J., Hasan, A. ul, Naqvi, T., & Mubeen, T. (2019). A review on software testing and its methodology. *Management Journal of Software Engineering, 13*(1), 32–38. https://doi.org/10.26634/jse.13.3.15515

Anifa, M., Ramakrishnan, S., Kabiraj, S., et al. (2024). Systematic review of literature on agile approach. *NMIMS Management Review*. https://doi.org/10.1177/09711023241272294

Guo, Y., Han, S., Li, Y., Zhang, C., & Bai, Y. (2018). K-nearest neighbor combined with guided filter for hyperspectral image classification. In *Proceedings of the International Conference on Identification, Information and Knowledge in the Internet of Things* (pp. 159–165).

Handoko, D. (2023). *Decision support system for scholarship using simple additive weighting (SAW)*. Universitas Jenderal Soedirman.

Hayward, S. (2021). *The agile leader: How to create an agile business in the digital age*.

Kurniawan, Y. I., Rahmawati, A., Chasanah, N., & Hanifa, A. (2019). Application for determining the modality preference of student learning. In *Journal of Physics:*

Conference Series (Vol. 1367, No. 1, pp. 1–11). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1367/1/012011

Kurniawan, Y. I., Soviana, E., & Yuliana, I. (2018). Merging Pearson correlation and TAN-ELR algorithm in recommender system. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1977). https://doi.org/10.1063/1.5042998

Kuhrmann, M., Tell, P., Hebig, R., Klünder, J., et al. (2021). What makes agile software development agile? *IEEE Transactions on Software Engineering*. https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9496156/

Low, C. (2015). *NSL-KDD dataset*. https://github.com/defcom17/NSL_KDD

Magistretti, S., & Trabucchi, D. (2025). Agile-as-a-tool and agile-as-a-culture: A comprehensive review of agile approaches adopting contingency and configuration theories. *Review of Managerial Science*. https://doi.org/10.1007/s11846-024-00745-1

Mergel, I., Ganapati, S., & Whitford, A. B. (2021). Agile: A new way of governing. *Public Administration Review*. https://doi.org/10.1111/puar.13202

Neumann, O., Kirklies, P. C., & Schott, C. (2024). Adopting agile in government: A comparative case study. *Public Management Review*. https://doi.org/10.1080/14719037.2024.2354776

Shams, E. A., & Rizaner, A. (2018). A novel support vector machine based intrusion detection system for mobile ad hoc networks. *Wireless Networks, 24*(5), 1821–1829. https://doi.org/10.1007/s11276-016-1439-0

Shore, J., & Warden, S. (2021). *The art of agile development*.

Sridevi, M., Aishwarya, S., Nidheesha, A., & Bokadia, D. (n.d.). *Anomaly detection by using CFS subset and neural network with WEKA tools*. Springer Singapore.

Implementation of Data Mining Using the C4.5 Algorithm to Predict Customer Satisfaction

Muhamad Ryansyah[1)], Priatno[2)], Muhammad Ridwan Effendi[3)*)]

[1)]Informatika, Fakultas Teknologi Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika
[2)]Teknik Industri Universitas Bina Sarana Informatika
[3)]Sistem Informasi, Fakultas Komputer, Universitas Mohammd Husni Thamrin
***)Correspondence author:** Muhammad Ridwan Effendi, ridwan.oke79bgt@gmail.com, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3364

Abstract

The C4.5 algorithm is one of many data mining methods that can generate rules for analyzing customer satisfaction. This process produces approximately four rules with influential attributes, namely Security, Timeliness, and Customer Service. The rapid changes in information technology have had a major impact on many aspects of life, including the business sector. One of the main transformations is the shift from traditional sales systems to digital ones, known as e-commerce. Tight competition in sales and maintaining customer loyalty makes customer satisfaction a crucial aspect to maintain good customer relationships. This research is expected to improve customer satisfaction and address issues related to it. In this context, the application of data mining is considered an appropriate tool for processing data in research to predict customer satisfaction using the C4.5 algorithm, as well as to test and validate information regarding customer satisfaction. The results of the research that has been carried out show that comparative testing on the classification model with the C4.5 algorithm produces a high level of accuracy in predicting data, namely with an accuracy value of 98.13%. For the recall test value, a value of 100.00% was obtained, while the precision value was recorded at 91.00%, and the ROC/AUC value reached 0.695%.

Keywords: *Classification, Customer Satisfaction, C4.5 Algorithm (Decision Tree).*

Abstrak

Algoritma C4.5 adalah merupakan salah satu dari banyak metode dalam penambangan data yang dapat menghasilkan aturan untuk menganalisis mutu kepuasan pelanggan. Dari proses ini, menghasilkan sekitat terdapat 4 aturan yang terbentuk dengan atribut yang berpengaruh, yaitu Keamanan, Ketepatan Waktu, dan dalam hal Pelayanan kepada pelanggan. Perubahan teknologi informasi yang terjadi dengan cepat telah memberikan pengaruh besar terhadap banyak aspek kehidupan, termasuk sektor bisnis. Salah satu transformasi utama adalah beralihnya sistem penjualan dari cara tradisional menuju digital, yang disebut dengan e-commerce. Ketatnya persaingan dalam penjualan dan menjaga loyalitas pelanggan membuat kepuasan pelanggan menjadi hal yang penting untuk diperhatikan agar hubungan kerjasama dengan pelanggan tetap terjalin dengan baik. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kepuasan pelanggan dan mengatasi masalah yang berkaitan dengan kepuasan tersebut. Dalam konteks ini, penerapan data mining dianggap sebagai alat yang tepat untuk mengolah data dalam penelitian guna memprediksi kepuasan pelanggan dengan menggunakan algoritma C4.5, serta untuk menguji dan memvalidasi informasi mengenai kepuasan pelanggan. Hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan menunjukkan bahwa pengujian komparatif pada model klasifikasi dengan algoritma C4.5 menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi dalam memprediksi data, yakni dengan nilai akurasi sebesar 98,13%. Untuk nilai uji recall, diperoleh nilai 100,00%, sedangkan nilai precision tercatat sebesar 91,00%, serta nilai ROC/AUC mencapai 0,695%.

Kata Kunci : Klasifikasi, Kepuasan Pelanggan, Algoritma C4.5 (Decision Tree).

PENDAHULUAN

Perubahan teknologi informasi yang terjadi dengan cepat telah memberikan pengaruh besar terhadap banyak aspek kehidupan, termasuk sektor bisnis. Salah satu transformasi utama adalah beralihnya sistem penjualan dari cara tradisional menuju digital, yang disebut dengan e-commerce. (Patria Adiguna, Fajar Sasongko, Nurhayati, Firmansyah, 2025). Persaingan yang sengit dalam dunia penjualan dan banyaknya kemiripan produk bisa menjadi rintangan yang signifikan, sehingga perusahaan harus memiliki pendekatan pemasaran yang tepat dan kreatif untuk mencapai target pasar dengan efisien dan menciptakan citra yang baik serta positif di mata konsumen.(Suryanti et al., 2025). Era digital telah merombak cara-cara perusahaan dalam membangun koneksi dengan konsumen, sehingga metode konvensional digantikan oleh sistem yang otomatis dan terintegrasi.

Konsumen kini diarahkan untuk berkomunikasi melalui kanal digital yang memanfaatkan teknologi informasi dan Manajemen Hubungan Pelanggan (CRM), sehingga perilaku data dapat dicatat secara real-time.(Syarif, 2025) Kondisi pertumbuhan usaha yang sangat cepat dan persaingan yang kian rumit, menuntut perusahaan untuk dapat menjaga keberlangsungan hidupnya baik dalam waktu dekat maupun di masa depan untuk menghadapi kompetisi global.(Mtw, 2020). Di Indonesia, platform e-commerce mengalami pertumbuhan yang sangat cepat berkat kemudahan dan biaya yang terjangkau. Munculnya e-commerce memperkenalkan sebuah fenomena atau gaya hidup terbaru kepada masyarakat, di mana ketika konsumen ingin berbelanja, mereka lebih memilih untuk menghabiskan waktu meneliti produk secara daring daripada pergi langsung ke toko di pasar tradisional.(Nur'aeni et al., 2024).

Pentingnya interaksi dalam menyampaikan informasi kepada target pelanggan adalah agar dapat menarik minat konsumen untuk membeli barang yang disediakan. Di Indonesia,diperkirakan akan terjadi peningkatan jumlah lansia pada tahun 2050, sehingga komunikasi dengan kelompok lansia ini perlu dilakukan mulai sekarang. (Nana Noviada Kwartawat, Deasy Virka Sari, 2023). Kepuasan pengguna adalah penanda paling utama dari

kesuksesan suatu institusi atau bisnis. Dalam zaman teknologi komunikasi yang semakin maju, perasaan puas atau tidak puas pelanggan dapat dengan mudah terbentuk dan berdampak pada pasar. Dunia maya menawarkan kesempatan bagi pelanggan untuk menyebarkan informasi negatif atau positif dengan cepat ke seluruh penjuru dunia.(Apriasty & Simbolon, 2022). Kepuasan dari konsumen timbul ketika ada suatu perbandingan antara apa yang mereka harapkan dan apa yang mereka alami. Jika hasil yang didapat sesuai atau lebih baik dari yang diantisipasi, maka konsumen akan merasakan kepuasan, tetapi jika tidak, kekecewaan dapat muncul. Bagi para pelaku usaha, kemampuan untuk memenuhi atau bahkan melebihi harapan pelanggan merupakan aspek penting dalam mempertahankan kelangsungan usaha. Dua faktor yang sangat berpengaruh dalam hal ini adalah lokasi usaha dan kualitas layanan. Posisi yang strategis sering kali menjadi pertimbangan utama bagi pelanggan dalam memilih tempat untuk berbelanja.(Agnesta et al., 2025).

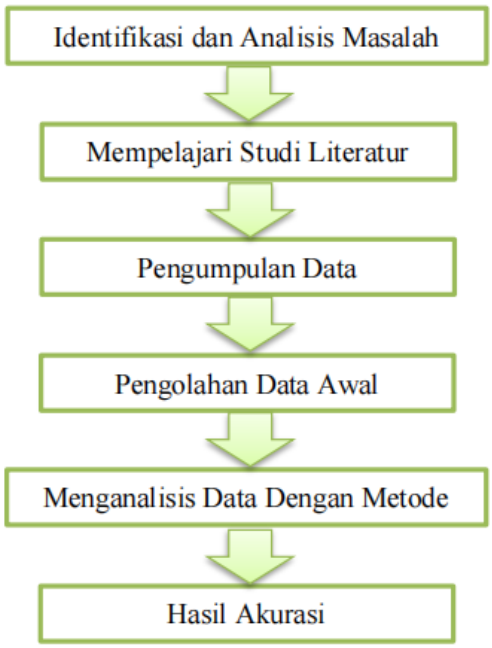
Pelanggan dianggap sebagai raja yang perlu diperlakukan secara baik. Namun, hal ini tidak berarti bahwa segala sesuatu diserahkan kepada pelanggan secara mutlak. Perusahaan perlu memenuhi kebutuhan pelanggan dengan pendekatan yang saling menguntungkan. Kepuasan pelanggan merupakan faktor penting dalam menjaga keberlangsungan usaha.(Fahleti & Badak, 2025). Analisis data bukan hanya sekedar pengolahan informasi, tetapi juga melibatkan penentuan pola, ramalan untuk masa mendatang, serta memahami perilaku berdasarkan informasi yang tersedia. Dalam praktiknya, analisis data mencakup beragam metode dan proses yang meliputi pengumpulan informasi, pembersihan data, analisis statistik, dan penerapan algoritma kecerdasan buatan atau pembelajaran mesin untuk memperoleh wawasan yang lebih mendalam dan berarti. Sebagai ilustrasi, di sektor bisnis, analisis data dapat dimanfaatkan untuk memahami tingkah laku pelanggan, meramalkan kebutuhan produk, dan juga untuk meningkatkan efisiensi dalam operasi.(Rismaninda Putri Dwi Prasetya et al., 2024).

Metode Algoritma C4.5 adalah lanjutan dari algoritma ID3. Dengan adanya pengembangan ini, algoritma C4.5 tetap mengikuti prinsip dasar yang serupa dengan yang ada pada ID3. Namun, dalam algoritma C4.5, langkah pertama adalah menghitung nilai entropy, kemudian seleksi atribut dilakukan berdasarkan nilai gain ratio yang paling

tinggi.(Sahadan et al., 2023). Algoritma C4.5 adalah merupakan salah satu dari banyak metode dalam penambangan data yang dapat menghasilkan aturan untuk menganalisis mutu kepuasan pelanggan. Dari proses ini, menghasilkan sekitat terdapat 4 aturan yang terbentuk dengan atribut yang berpengaruh, yaitu Keamanan, Ketepatan Waktu, dan dalam hal Pelayanan kepada pelanggan. Aturan pertama menyatakan bahwa jika Keamanan dianggap tidak aman, maka pelanggan pada akhirny akan merasa Tidak Puas. Aturan kedua menyatakan jika Keamanan dinyatakan aman, tetapi Ketepatan Waktu dan Pelayanan kurang baik, maka pelanggan tetap akan merasa Tidak Puas.(Nurul Azwanti et al., 2023).

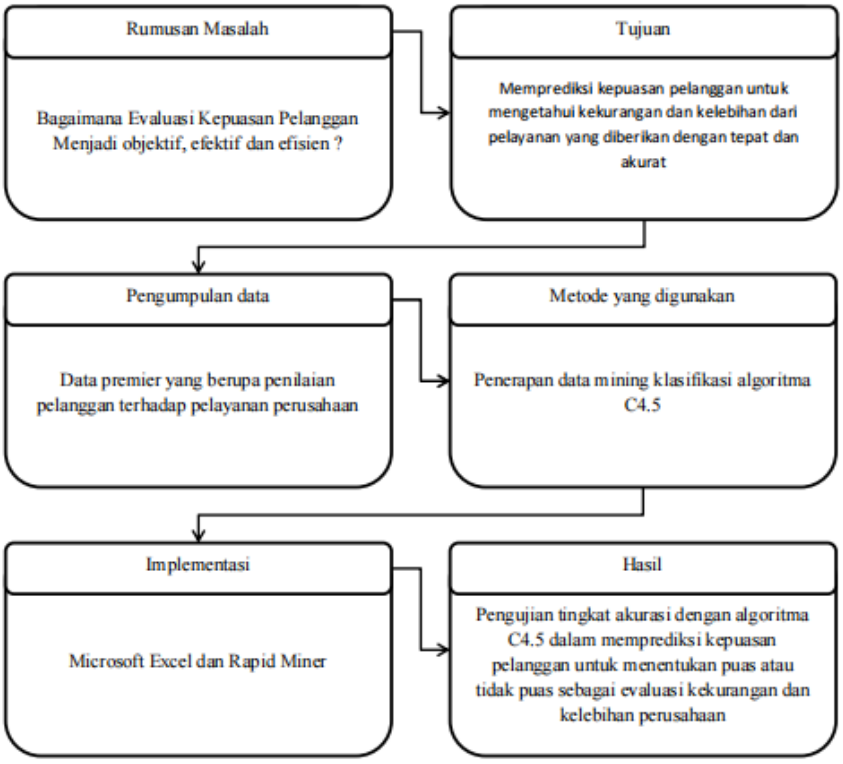
METODE PENELITIAN

Kerangka penelitian adalah struktur terencana yang diterapkan dalam sebuah studi untuk menghasilkan pola dan susunan penyusunan yang teratur. Penelitian yang bertujuan untuk memperkirakan tingkat kepuasan pelanggan adalah penelitian yang bersifat eksperimen dengan penerapan metode dan teori atau pola yaitu dengan algoritma C4.5 yang kemudian diuji menggunakan perangkat Rapid Miner Studio.



Gambar 1. Kerangka penelitian

Untuk meningkatkan validitas model, penelitian ini menerapkan teknik k-fold cross validation (k=10) guna mengurangi bias pada pembagian data training dan testing. Selain itu, evaluasi model dilakukan menggunakan Confusion Matrix yang menghasilkan metrik performa berupa accuracy, precision, recall, dan F1-score.



Gambar 2. Rumusan Masalah

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan confusion matrix, diperoleh nilai: Accuracy: 98,13% , Precision: 91,00% , Recall: 100% , F1-Score: 95,28% . Hasil ini menunjukkan bahwa model memiliki performa yang sangat baik dalam mengklasifikasikan tingkat kepuasan pelanggan. Model C4.5 yang dihasilkan divisualisasikan dalam bentuk pohon keputusan (decision tree) untuk memudahkan interpretasi aturan klasifikasi. Berdasarkan pohon keputusan, atribut yang paling dominan dalam menentukan kepuasan pelanggan adalah: K8 (Jaminan Keamanan) , K6 (Jasa Pengiriman) dan K9 (Respon Pelayanan). Visualisasi ini menunjukkan bahwa faktor keamanan dan pelayanan menjadi penentu utama kepuasan pelanggan. Untuk meningkatkan kualitas penelitian, dilakukan

perbandingan model dengan beberapa algoritma klasifikasi lain, yaitu: Random Forest dan Support Vector Machine (SVM). Pada Susunan Penelitian ini dibutuhkan adanya sebuah kerangka pemikiran yang melandasi sebagai pedoman agar tahapan penelitian dapat lebih konsisten . Pada studi ini, informasi yang dipakai berasal dari data yang didapatkan secara langsung dalam format dokumen excel. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari 335 responden pelanggan yang berasal dari platform e-commerce yang beroperasi di Indonesia. Responden dalam penelitian ini merupakan pengguna aktif layanan e-commerce yang pernah melakukan transaksi pembelian minimal satu kali dalam kurun waktu 6 bulan terakhir.

Secara geografis, responden berasal dari berbagai wilayah di Indonesia dengan dominasi dari wilayah Jabodetabek dan Jawa Barat, yang merupakan pusat aktivitas perdagangan digital. Dari sisi karakteristik pekerjaan, responden terdiri dari pelajar/mahasiswa, karyawan swasta, wiraswasta, serta profesi lainnya yang menggunakan layanan e-commerce dalam aktivitas sehari-hari. Sektor bisnis yang diteliti berfokus pada platform e-commerce retail (B2C) yang menyediakan berbagai produk kebutuhan sehari-hari, seperti fashion, elektronik, dan kebutuhan rumah tangga. Pengumpulan data dilakukan melalui dua metode, yaitu: (1) Wawancara dengan pihak manajemen/administrator platform untuk memperoleh gambaran yang detail jelas dan terinici mengenai atau dalam hal sistem layanan, dan (2) Penyebaran kuesioner kepada pelanggan menggunakan skala Likert 1–5 untuk mengukur tingkat kepuasan terhadap 10 atribut layanan.. Dengan penjelasan ini, dataset yang digunakan dalam penelitian memiliki karakteristik yang jelas, terukur, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Data yang diperoleh berasal dari seluruh publikasi penelitian yang membahas tentang CRISP-DM. Pembahasan dalam publikasi ini bisa meliputi teori, tinjauan pustaka, hasil penelitian, dan lain-lain. Referensi yang digunakan diambil dari artikel jurnal, prosiding, buku, skripsi, dan sumber lainnya yang relevan untuk menjawab pertanyaan penelitian. (Sahadan et al., 2023). Dalam kajian ini, metode yang diterapkan ialah Cross Industry Standard Model for Data Mining (CRISP-DM) yang merupakan pendekatan data science yang dihasilkan oleh IBM.(Abdusyukur, 2023).



Gambar 3. Data

Pembersihan data dan pengurangan data sangat penting untuk mendapatkan representasi dalam bentuk volume, seluruh atribut yang telah melalui proses pembersihan data.

Tabel 1. Pembersihan data dan pengurangan data

Atribut	Proses	Penjelasan
Nama	Data Cleaning	Nama Responden
Jenis Kelamin	Data Cleaning	Jenis Kelamin Responden
Usia	Data Cleaning	Usia Responden
Pekerjaan	Data Cleaning	Pekerjaan Responden
Pendapatan	Data Cleaning	Pendapatan Responden
Berapa Kali Belanja	Data Cleaning	Berapa Kali Responden Belanja
Kriteria 1	Digunakan Sebagai Atribut	Kemudahan Penggunaan Website
Kriteria 2	Digunakan Sebagai Atribut	Metode Pembayaran
Kriteria 3	Digunakan Sebagai Atribut	Harga Produk
Kriteria 4	Digunakan Sebagai Atribut	Kualitas Produk
Kriteria 5	Digunakan Sebagai Atribut	Varian Ragam Produk
Kriteria 6	Digunakan Sebagai Atribut	Jasa Pengiriman
Kriteria 7	Digunakan Sebagai Atribut	Ketersediaan Jasa Pengiriman
Kriteria 8	Digunakan Sebagai Atribut	Jaminan Keamanan
Kriteria 9	Digunakan Sebagai Atribut	Respon Pelayanan
Kriteria 10	Digunakan Sebagai Atribut	Informasi Promosi
Remark	Digunakan Sebagai Label	Kesimpulan Puas / Tidak Puas

Data yang telah selesai melalui tahap pembersihan selanjutnya adalah pengurangan data yang menyederhanakan fitur dengan cara mengurangi data. Fitur yang telah dikurangi tersebut menjadi Kriteria 1, Kriteria 2, Kriteria 3, Kriteria 4, Kriteria 5, Kriteria 6, Kriteria 7, Kriteria 8, Kriteria 9, Kriteria 10 dan atribut keputusan sebagai fitur terakhir. Berikut adalah tabel yang telah mengalami pengurangan data dengan cara mengurangi atribut melalui proses pembersihan data.

Tabel 2. Pengurangan Data Dengan Cara Mengurangi Atribut Melalui Proses Pembersihan Data

Atribut	Proses	Keterangan
Kriteria 1	K1	Skala Penilaian 1 = Sangat Tidak Puas 2 = Tidak Puas 3 = Kurang Puas 4 = Puas 5 = Sangat Puas
Kriteria 2	K2	Skala Penilaian 1 = Sangat Tidak Puas 2 = Tidak Puas 3 = Kurang Puas 4 = Puas 5 = Sangat Puas
Kriteria 3	K3	Skala Penilaian 1 = Sangat Tidak Puas 2 = Tidak Puas 3 = Kurang Puas 4 = Puas 5 = Sangat Puas
Kriteria 4	K4	Skala Penilaian 1 = Sangat Tidak Puas 2 = Tidak Puas 3 = Kurang Puas 4 = Puas 5 = Sangat Puas

Berdasarkan informasi yang telah dikumpulkan seperti tabel di atas, setelah melalui tahap pembersihan data dan penyederhanaan data, langkah selanjutnya adalah agar proses klasifikasi data menjadi lebih mudah, kita olah dan siapkan menjadi dataset dengan memisahkan menjadi data pelatihan dan data pengujian. Umumnya, data pelatihan bertujuan untuk melatih algoritma dalam menemukan model yang sesuai dan sering digunakan sebagai alat untuk merepresentasikan data baru yang sebelumnya tidak ada. Sementara itu, data

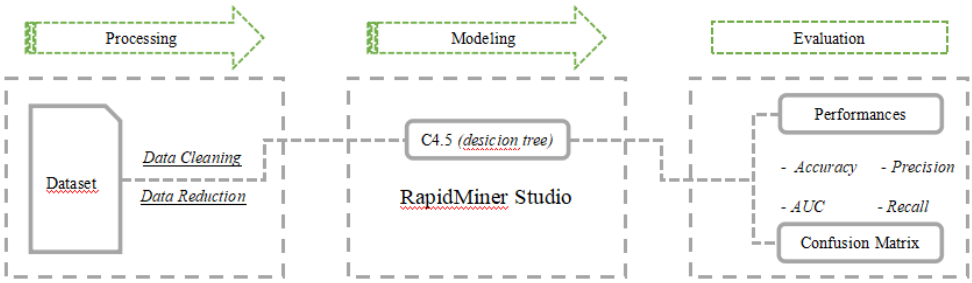
pengujian berfungsi untuk mengevaluasi dan mengukur kinerja model tersebut. Pemisahan ini dilakukan agar model klasifikasi dapat memiliki kemampuan generalisasi yang baik dalam melakukan klasifikasi data.

Tabel 3. Dataset Penilaian Kepuasan Pelanggan

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	Hasil
1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	Puas
2	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	Puas
3	4	5	4	5	5	4	3	4	4	4	Puas
4	3	3	3	4	5	4	4	5	5	4	Puas
5	5	5	3	5	5	4	5	5	5	5	Puas
6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	Puas
7	3	5	3	4	5	3	3	4	3	4	Puas
8	2	4	2	4	4	4	3	3	3	4	Tidak Puas
9	3	5	4	5	5	4	4	4	5	5	Puas
10	4	5	4	5	5	4	4	5	5	5	Puas
11	3	5	4	4	5	5	4	4	5	5	Puas
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
328	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	Puas
329	3	3	2	3	4	3	2	3	3	3	Tidak Puas

Hasil pengolahan data digunakan sebanyak 10 atribut yaitu K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10 dan rekomendasi sebagai label. Sedangkan nomor yang terdapat pada kolom pertama pada tabel hanya sebagai tanda jumlah record. selanjutnya akan dilakukan pemodelan untuk mengklasifikasi dengan menggunakan algoritma sebagai komparasi, yaitu C4.5 (decision tree) yang berperan untuk membuat model atau rule yang dipresentasikan dalam bentuk gambar yang merupakan pohon keputusan, yang kemudian data akan diuji menggunakan aplikasi Rapid Miner Studio.

Desain pemodelan ditunjukan pada gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4. Model Yang Diusulkan

Berdasarkan penggunaan model seperti diatas, maka akan dilakukan pengujian terhadap model yang bertujuan dapat memperoleh model yang paling akurat, Sehingga tingkat akurasi dari komparasi yang dilakukan dapat langsung dilihat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan 335 sampel dataset, yang kemudian dibagi menjadi dua subset: data training dan data testing. Pada Tabel IV.1 ditampilkan sampel data yang diambil dari dataset penilaian kepuasan pelanggan, dengan 231 data digunakan sebagai data training untuk diklasifikasikan menggunakan algoritma C4.5.

Tabel 4. Sampel Data Training Penilaian Kepuasan Pelanggan

No.	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	Hasil
1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	Puas
2	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	Puas
3	4	5	4	5	5	4	3	4	4	4	Puas
4	3	3	3	4	5	4	4	5	5	4	Puas
5	5	5	3	5	5	4	5	5	5	5	Puas
6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	Puas
7	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	Puas
8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	Puas
9	4	4	4	5	5	4	3	4	4	4	Puas
10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	Puas
11	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	Puas
..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
230	5	3	3	5	4	5	4	3	4	2	Puas
231	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	Puas

Langkah pertama adalah menghitung jumlah total kasus dari data, yakni membagi antara kasus puas dan tidak puas. Selanjutnya, hitung nilai entropy untuk seluruh kasus yang dikelompokkan berdasarkan atribut K1 hingga K10. Setelah mendapatkan nilai entropy untuk tiap atribut, lanjutkan dengan menghitung nilai gain untuk setiap atribut tersebut, lalu tentukan atribut dengan nilai gain tertinggi dari hasil perhitungan.

Setelah memperoleh jumlah kasus dari setiap atribut seperti table diatas selanjutnya langkah untuk mencari perhitungan nilai entropy dengan pencarian akar (node).

$$\mathbf{Entropy(S)} = \sum_{i=n}^{n} - pi * \mathbf{log_2}\ (pi)$$

Entropy (Total) = $\left(-\frac{218}{231} * log_2\left(\frac{218}{231}\right)\right) + \left(-\frac{13}{231} * log_2\left(\frac{13}{231}\right)\right)$

$= (-0{,}944 * log_2(0{,}944)) + (-0{,}056 * log_2(0{,}056))$
$= (-0{,}944 * (-0{,}084)) + (-0{,}056 * (-4{,}151)$
$= 0{,}079 + 0{,}234$
$= 0{,}312.$

Hasil perbandingan performa algoritma ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4. Perbandingan Performa Algoritma

Algoritma	Accuracy	Precision	Recall
C4.5	98,13%	91%	100%
Random Forest	97,45%	90%	98%
SVM	96,80%	89%	97%

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi tingkat kepuasan pelanggan pada platform e-commerce dengan memanfaatkan teknik data mining menggunakan algoritma C4.5. Berdasarkan hasil pengujian model, diperoleh tingkat akurasi sebesar 98,13% dengan nilai recall 100% dan precision 91%, yang menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan klasifikasi yang sangat baik dalam mengidentifikasi pelanggan puas dan tidak puas. Namun demikian, capaian akurasi yang tinggi tersebut perlu ditinjau secara kritis. Tanpa adanya validasi model yang komprehensif seperti k-fold cross validation, terdapat potensi terjadinya

overfitting, di mana model terlalu menyesuaikan diri dengan data pelatihan sehingga kurang optimal dalam melakukan generalisasi terhadap data baru. Selain itu, distribusi data yang kemungkinan tidak seimbang antara kelas "puas" dan "tidak puas" juga dapat mempengaruhi tingginya nilai akurasi yang diperoleh. Oleh karena itu, interpretasi terhadap hasil performa model perlu dilakukan secara hati-hati dan tidak hanya bergantung pada satu metrik evaluasi.

Dari hasil analisis pohon keputusan, diketahui bahwa atribut seperti jaminan keamanan, kualitas pelayanan, dan ketepatan pengiriman menjadi faktor dominan yang mempengaruhi tingkat kepuasan pelanggan. Temuan ini memberikan kontribusi praktis bagi pelaku bisnis e-commerce dalam merancang strategi peningkatan layanan yang lebih tepat sasaran. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain keterbatasan pada jumlah dan cakupan responden yang belum sepenuhnya merepresentasikan seluruh populasi pengguna e-commerce di Indonesia, serta penggunaan satu algoritma utama tanpa eksplorasi mendalam terhadap teknik optimasi model.

Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan pendekatan yang lebih komprehensif, seperti penerapan cross validation, penggunaan perbandingan multi-algoritma (misalnya Random Forest dan Support Vector Machine), serta integrasi metode feature selection atau optimasi parameter guna meningkatkan performa dan robustness model. Selain itu, perlu dilakukan pengujian pada dataset yang lebih besar dan beragam agar hasil penelitian memiliki tingkat generalisasi yang lebih tinggi. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi awal dalam penerapan algoritma klasifikasi untuk analisis kepuasan pelanggan, namun masih memerlukan pengembangan lebih lanjut agar dapat memberikan hasil yang lebih robust, generalizable, dan bernilai ilmiah tinggi dalam bidang data mining

REFERENSI

Abdusyukur, F. (2023). KOMPUTA : Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika Penerapan Algoritma Support Vector Machine (Svm) Untuk Klasifikasi Pencemaran Nama Baik Komputa : Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika. Komputa : Jurnal Ilmiah Komputer Dan Informatika, 12(1), 73–82.

Agnesta, K., Alfiani, R. Y., Erlita, R., & Hanafi, M. I. (2025). Pengaruh Lokasi , Kualitas Pelayanan Terhadap Kepuasan Pelanggan Pada Warung Sembako Harby. Jurnal Mirai Management, 10(1), 559–574. https://journal.stieamkop.ac.id/index.php/mirai/article/download/9271/5849

Apriasty, I., & Simbolon, M. E. (2022). Faktor-faktor yang mempengaruhi kepuasan pelanggan: kualitas produk, kualitas pelayanan dan harga (literature strategic marketing management). Jurnal Ilmu Multidisiplin, 1(1), 135–145. https://doi.org/10.38035/jim.v1i1

Fahleti, W. H., & Badak, M. (2025). Analisis Tingkat Kepuasan Pelanggan Terhadap Kualitas Pelayanan Pada Toko Plastik Rizka Di TenggaronG. Jurnal Ekonomi Manajemen Dan Bisnis, 5(1), 1–10. https://journal.stietenggarong.ac.id/index.php/ICM/article/download/101/61

Mtw, E. (2020). Strategi Pemasaran Untuk Meningkatkan Volume Penjualan Sepeda Motor Pada CV Trio Motor Muara Teweh. Jurnal Ilmu Ekonomi (Manajemen Perusahaan) Dan Bisnis, 4(01). https://doi.org/10.51512/jimb.v4i01.46

Nana Noviada Kwartawat, Deasy Virka Sari, S. T. W. (2023). ANALISIS KOMUNIKASI PEMASARAN BAGI PASAR LANJUT USIA. Gema Ekonomi (Jurnal Fakultas Ekonomi), 12(2), 2621–0444. https://journal.unigres.ac.id/index.php/GemaEkonomi/index

Nur'aeni, N. N., Ainulyaqin, M., & Edy, S. (2024). Dampak Fenomena E-Commerce Pada Tingkat Penjualan Di Pasar Tradisional Ditinjau Dari Psikologi Dan Ekonomi Islam. Jurnal Ilmiah Ekonomi Islam, 10(1), 270. https://doi.org/10.29040/jiei.v10i1.12146

Nurul Azwanti, Sri Tria Siska, & Liga Mayola. (2023). Kepuasan Pelanggan Terhadap Jasa Pengiriman BarangMenggunakan Metode Algoritma C4.5. Ensiklopedia of Journal, 5(2), 1–8. http://jurnal.ensiklopediaku.org

Patria Adiguna, Fajar Sasongko, Nurhayati, Firmansyah, M. F. (2025). OPTIMALISASI PENGUNAAN AFFILIATE MARKETING TERHADAP BUSINESS TO BUSINESS (B2B). Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 3, 1–9. https://jurnal.unisa.ac.id/index.php/jpkmunisa/article/download/771/584

Rismaninda Putri Dwi Prasetya, Azizah, R. N., Halwa, J. B. W., Nugroho, R. H., & Kusumasari, I. R. (2024). Implementasi Penggunaan Data Analytics untuk Mengoptimalkan Pengambilan Keputusan Bisnis di Era Digital. Jurnal Bisnis Dan Komunikasi Digital, 2(2), 12. https://doi.org/10.47134/jbkd.v2i2.3459

Sahadan, M. A., Rompas, P., & Munaiseche, C. (2023). Analisis Kepuasan Pelanggan Menggunakan Metode Algoritma C4.5 Berdasarkan E-Survey Kejaksaan Negeri Minahasa. Journal of Science and Social Research, 4(2), 227. https://doi.org/10.54314/jssr.v4i2.647

Suryanti, E., Zulfa, F., Lesmana, H., Cahya, B., & Utami, P. (2025). MANABIS (Jurnal Manajemen dan Bisnis) Pemanfaatan Tehnologi Digital dalam Strategi Pemasaran untuk Meningkatkan Penjualan pada UMKM. Media Eletronik, 4(3), 256–265. https://doi.org/10.54259/manabis.v4i3.5411

Syarif, Y. (2025). Penerapan Digital Customer Relationship Management Terhadap Pengalaman Dan Loyalitas Pelanggan. Jurnal Ekonomi, Manajemen Dan Akuntansi, 4(2024), 232–241. https://jurnal.anfa.co.id/index.php/mufakat/article/download/2890/2599/8869

Analytical Dashboard Information System Audit Using COBIT 5 Framework to Support PT Vinix Seven Aurum's Decisions

Chamila Meyra Aziza[1)*)], Nina Sulistiyowati[2)], Apriade Voutama[3)]

[1)2)3)]Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Singaperbangsa Karawang
***)Correspondence author:** Chamila Meyra Aziza, chamihmeyaziza@gmail.com, Karawang, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3400

Abstract

The development of information technology encourages organizations to utilize information systems to support data management and decision-making processes. One form of information technology utilization is the use of analytical dashboard applications that can present information visually and in an integrated manner, enabling management to monitor organizational performance and conditions more effectively. However, the use of information systems needs to be evaluated periodically to ensure that the system is managed effectively, efficiently, and in accordance with good information technology governance principles. This study aims to conduct an information system audit of the analytical dashboard application at PT Vinix Seven Aurum using the COBIT 5 framework with a focus on the Deliver, Service and Support (DSS) domain, particularly DSS01, DSS02, and DSS03. The research method used is a quantitative descriptive method with data collection techniques including observation, interviews, and questionnaire distribution to parties involved in information system management. Data analysis was carried out using the COBIT 5 Process Capability Model to determine the capability level of the existing information technology processes. The results show that the management of information systems in the DSS domain has been running fairly well; however, there are still several gaps between the current conditions and the expected capability level. Therefore, improvements are needed in several aspects of system management. The results of this study are expected to provide recommendations for organizations to improve the effectiveness of information technology governance so that the analytical dashboard system can support decision-making processes more optimally.

Keywords: *Information System Audit, COBIT 5, Analytical Dashboard, DSS, Capability Level*

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi mendorong organisasi untuk memanfaatkan sistem informasi dalam mendukung pengelolaan data dan proses pengambilan keputusan. Salah satu bentuk pemanfaatan teknologi informasi tersebut adalah penggunaan aplikasi dashboard analitik yang mampu menyajikan informasi secara visual dan terintegrasi sehingga memudahkan manajemen dalam memantau kinerja dan kondisi organisasi. Penggunaan sistem informasi perlu dievaluasi secara berkala untuk memastikan bahwa sistem telah dikelola secara efektif, efisien, dan sesuai dengan prinsip tata kelola teknologi informasi yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan audit sistem informasi pada aplikasi dashboard analitik di PT Vinix Seven Aurum menggunakan framework COBIT 5 dengan fokus pada domain Deliver, Service and Support (DSS), khususnya DSS01, DSS02, dan DSS03. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif dengan teknik pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan penyebaran kuesioner kepada pihak yang terlibat dalam pengelolaan sistem informasi. Analisis data dilakukan menggunakan COBIT 5 Process Capability Model untuk mengetahui tingkat capability level dari proses teknologi informasi yang berjalan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengelolaan sistem informasi pada domain DSS telah berjalan dengan cukup baik, namun masih terdapat beberapa kesenjangan antara kondisi saat ini dengan tingkat kapabilitas yang diharapkan

sehingga diperlukan upaya peningkatan pada beberapa aspek pengelolaan sistem. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi perbaikan bagi organisasi dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan teknologi informasi sehingga sistem dashboard analitik dapat mendukung proses pengambilan keputusan secara lebih optimal.

Kata Kunci : Audit Sistem Informasi, COBIT 5, Dashboard Analitik, DSS, Capability Level

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi saat ini memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap berbagai aktivitas organisasi (Ra & Imanda, 2024). Teknologi informasi tidak hanya digunakan sebagai alat pendukung pekerjaan administratif, tetapi juga berperan penting dalam membantu proses pengelolaan data, penyampaian informasi, serta pengambilan keputusan secara lebih cepat dan akurat. Pemanfaatan sistem informasi yang tepat dapat meningkatkan efisiensi operasional organisasi serta membantu manajemen dalam merencanakan strategi bisnis secara lebih terarah.

Dalam kegiatan operasional organisasi, sistem informasi sering dimanfaatkan untuk mengelola berbagai data penting seperti data pengguna, aktivitas operasional, hingga laporan kinerja organisasi (Setiadi et al., 2024). Salah satu bentuk pemanfaatan teknologi informasi tersebut adalah penggunaan aplikasi berbasis dashboard analitik yang mampu menyajikan data dalam bentuk visualisasi sehingga lebih mudah dipahami oleh pengguna. Dashboard analitik memungkinkan organisasi untuk melihat pola data, memantau perkembangan aktivitas organisasi, serta membantu pihak manajemen dalam melakukan analisis data secara lebih efektif (Indah Rizki et al., 2025).

PT Vinix Seven Aurum merupakan sebuah lembaga pelatihan yang menyediakan berbagai bidang pelatihan bagi masyarakat. Perusahaan ini memiliki beberapa program pelatihan dengan jumlah peserta yang bervariasi pada setiap bidang pelatihan. Dalam menjalankan kegiatan operasionalnya, perusahaan mengelola data peserta pelatihan yang cukup banyak sehingga membutuhkan sistem yang mampu membantu proses pengolahan dan analisis data secara lebih efektif.

Sebelum adanya aplikasi yang terintegrasi, proses pengelolaan data peserta pelatihan di PT Vinix Seven Aurum masih dilakukan secara manual. Pengolahan data dan penyusunan laporan dilakukan dengan cara mencatat dan mengelola data secara terpisah sehingga sering menimbulkan beberapa kendala seperti keterlambatan dalam pengolahan data, kesalahan pencatatan informasi, serta kesulitan dalam melakukan analisis jumlah peserta pada setiap bidang pelatihan. Kondisi tersebut menyebabkan proses pengambilan keputusan oleh pihak

manajemen menjadi kurang optimal karena informasi yang tersedia belum tersaji secara cepat dan terstruktur.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, PT Vinix Seven Aurum kemudian mengembangkan sebuah aplikasi dashboard analitik yang digunakan untuk membantu pengelolaan dan analisis data peserta pelatihan. Aplikasi dashboard analitik ini mampu menampilkan informasi dalam bentuk visualisasi data seperti grafik jumlah peserta pelatihan, perbandingan jumlah peserta pada setiap bidang pelatihan, serta tren perkembangan jumlah peserta dari waktu ke waktu. Melalui dashboard tersebut, pihak manajemen dapat memantau perkembangan kegiatan pelatihan serta memperoleh informasi yang lebih cepat dalam menentukan strategi pengembangan program pelatihan.

Dashboard analitik telah digunakan untuk membantu proses pengambilan keputusan, pengelolaan sistem informasi tetap memerlukan evaluasi secara berkala untuk memastikan bahwa sistem tersebut berjalan secara efektif dan mampu mendukung kebutuhan organisasi. Sistem informasi yang tidak dievaluasi secara sistematis berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan seperti gangguan operasional sistem, kesalahan pengolahan data, maupun ketidaksesuaian antara kebutuhan organisasi dengan sistem yang digunakan. Diperlukan suatu proses evaluasi atau audit sistem informasi untuk menilai sejauh mana sistem yang digunakan telah dikelola dengan baik.

Audit sistem informasi merupakan suatu proses pemeriksaan dan evaluasi terhadap sistem informasi dalam organisasi yang bertujuan untuk memastikan bahwa sistem tersebut berjalan secara efektif serta mampu mendukung pencapaian tujuan organisasi. (Rinel & Velsi, 2025). Melalui audit sistem informasi, organisasi dapat mengetahui kondisi pengelolaan teknologi informasi yang sedang berjalan serta mengidentifikasi berbagai potensi permasalahan yang mungkin terjadi dalam pengelolaan sistem (Andika et al., 2023). Salah satu framework yang banyak digunakan dalam proses audit tata kelola teknologi informasi adalah COBIT (Control Objectives for Information and Related Technology). COBIT merupakan kerangka kerja yang dikembangkan oleh ISACA untuk membantu organisasi dalam mengelola serta mengendalikan teknologi informasi secara terstruktur. Framework ini menyediakan panduan bagi organisasi dalam mengevaluasi proses teknologi informasi sehingga penggunaan teknologi informasi dapat memberikan nilai tambah bagi kegiatan bisnis organisasi.

Dalam penelitian ini digunakan framework COBIT 5 yang menyediakan model pengukuran kapabilitas proses teknologi informasi melalui Process Capability Model

(PCM). Model ini digunakan untuk menilai tingkat kapabilitas proses teknologi informasi dalam suatu organisasi. Capability level dalam COBIT 5 terdiri dari enam tingkatan yaitu level 0 (Incomplete Process), level 1 (Performed Process), level 2 (Managed Process), level 3 (Established Process), level 4 (Predictable Process), dan level 5 (Optimizing Process). Melalui pengukuran capability level tersebut, organisasi dapat mengetahui tingkat kematangan proses teknologi informasi yang sedang berjalan serta mengidentifikasi kesenjangan antara kondisi saat ini dengan kondisi yang diharapkan.

Penelitian ini berfokus pada domain Deliver, Service and Support (DSS) dalam framework COBIT 5 yang berkaitan dengan pengelolaan operasional sistem informasi. Domain DSS mencakup beberapa proses penting seperti pengelolaan operasional sistem, penanganan permintaan layanan dan insiden, serta pengelolaan permasalahan sistem yang dapat mempengaruhi keberlangsungan layanan teknologi informasi (Hasan & Nur Sulistyowati, 2024). Dalam penelitian ini digunakan proses DSS01 (Manage Operations), DSS02 (Manage Service Requests and Incidents), dan DSS03 (Manage Problems) untuk mengevaluasi pengelolaan operasional aplikasi dashboard analitik pada PT Vinix Seven Aurum.

Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan audit dan evaluasi tata kelola teknologi informasi menggunakan framework COBIT 5. Penelitian yang dilakukan oleh (Setyaningrum Fadiyah & Andarwati Mardiana, 2024) melakukan audit sistem informasi perpustakaan menggunakan domain DSS pada COBIT 5 dan menunjukkan bahwa pengukuran capability level dapat membantu organisasi dalam mengetahui tingkat kematangan pengelolaan sistem informasi serta memberikan rekomendasi perbaikan terhadap proses teknologi informasi yang ada. Penelitian lain dilakukan oleh (Zuraidah, 2023) yang melakukan audit sistem informasi manajemen proyek menggunakan framework COBIT 5 dan menunjukkan bahwa evaluasi capability level dapat memberikan gambaran mengenai kondisi tata kelola teknologi informasi yang berjalan serta membantu organisasi dalam mengidentifikasi kesenjangan antara kondisi saat ini dengan kondisi yang diharapkan. Penelitian oleh (Pratama & Noranita, 2021) melakukan evaluasi tata kelola sistem pelayanan online menggunakan COBIT 5 domain Deliver, Service and Support (DSS) dan menunjukkan bahwa pengukuran capability level pada domain DSS dapat digunakan untuk menilai efektivitas pengelolaan operasional sistem informasi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan audit sistem informasi pada aplikasi dashboard analitik di PT Vinix Seven Aurum menggunakan

framework COBIT 5 dengan fokus pada domain DSS01, DSS02, dan DSS03. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat capability level pengelolaan sistem informasi serta memberikan rekomendasi perbaikan guna meningkatkan efektivitas pengelolaan teknologi informasi dalam mendukung pengambilan keputusan organisasi.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Metode deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi pengelolaan teknologi informasi yang terjadi pada objek penelitian secara sistematis dan faktual berdasarkan data yang diperoleh dari lapangan. Pendekatan kuantitatif digunakan karena data yang diperoleh berupa skor hasil penilaian responden melalui kuesioner yang kemudian diolah secara statistik untuk mengetahui tingkat kapabilitas pengelolaan sistem informasi.

Metode deskriptif kuantitatif banyak digunakan dalam penelitian audit sistem informasi karena mampu memberikan gambaran mengenai kondisi pengelolaan teknologi informasi dalam suatu organisasi berdasarkan pengukuran capability level dari setiap proses teknologi informasi. Dengan menggunakan pendekatan ini, peneliti dapat mengetahui tingkat kematangan tata kelola teknologi informasi serta mengidentifikasi kesenjangan antara kondisi saat ini dengan kondisi yang diharapkan.

Penelitian ini melakukan audit sistem informasi pada aplikasi dashboard analitik di PT Vinix Seven Aurum dengan menggunakan framework COBIT 5 untuk mengukur tingkat capability dari proses teknologi informasi yang berjalan. Pengukuran capability level dilakukan pada domain Deliver, Service, and Support (DSS), khususnya DSS01, DSS02, dan DSS03 yang berkaitan dengan pengelolaan operasional sistem, penanganan insiden layanan, serta pengelolaan permasalahan pada sistem informasi.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi observasi, wawancara, penyebaran kuesioner, serta studi dokumentasi. Observasi dilakukan untuk memahami proses penggunaan dashboard analitik di organisasi. Wawancara dilakukan dengan pihak yang terlibat dalam pengelolaan sistem informasi. Kuesioner digunakan untuk mengukur tingkat capability level berdasarkan framework COBIT 5, sedangkan dokumentasi digunakan untuk memperoleh informasi tambahan terkait sistem yang diteliti.

Observasi

Observasi dilakukan dengan cara mengamati secara langsung penggunaan sistem informasi aplikasi pelatihan yang digunakan di PT Vinix Seven Aurum. Melalui observasi ini peneliti dapat mengetahui bagaimana proses operasional sistem berjalan, bagaimana pengguna memanfaatkan sistem, serta bagaimana sistem tersebut mendukung kegiatan operasional organisasi. Observasi juga membantu peneliti dalam memahami kondisi nyata penggunaan aplikasi sehingga dapat memperoleh gambaran mengenai proses operasional sistem serta potensi permasalahan yang mungkin terjadi dalam penggunaan sistem tersebut. (Ardiansyah & Sutabri, 2024).

Domain COBIT 5 yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan framework COBIT 5 (Control Objectives for Information and Related Technology) sebagai acuan dalam melakukan audit sistem informasi. COBIT 5 merupakan kerangka kerja tata kelola teknologi informasi yang dikembangkan oleh ISACA untuk membantu organisasi dalam mengelola dan mengendalikan teknologi informasi secara efektif sehingga mampu memberikan nilai tambah bagi organisasi. COBIT 5 menyediakan berbagai domain proses yang dapat digunakan untuk mengevaluasi pengelolaan teknologi informasi dalam organisasi. Dalam penelitian ini digunakan domain Deliver, Service and Support (DSS) yang berfokus pada pengelolaan operasional layanan teknologi informasi.

Domain DSS dipilih karena berfokus pada aspek operasional sistem informasi, termasuk pengelolaan operasi sistem, penanganan insiden layanan, serta pengelolaan permasalahan yang terjadi pada sistem. Domain tersebut relevan dengan penelitian yang berfokus pada evaluasi pengelolaan aplikasi dashboard analitik di organisasi (Silalahi et al., 2024). Penelitian ini menggunakan tiga proses pada domain DSS yaitu:

1. DSS01 Manage Operations

   Proses ini berkaitan dengan pengelolaan operasional sistem teknologi informasi agar sistem dapat berjalan secara efektif dan mendukung kegiatan operasional organisasi.
2. DSS02 Manage Service Requests and Incidents

   Proses ini berkaitan dengan penanganan permintaan layanan serta insiden yang terjadi pada sistem informasi sehingga gangguan yang terjadi dapat ditangani dengan cepat dan efektif.
3. DSS03 Manage Problems

   Proses ini berkaitan dengan pengelolaan permasalahan yang terjadi pada sistem informasi dengan tujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama masalah serta mencegah terjadinya gangguan yang sama di masa mendatang. Penggunaan domain DSS dalam penelitian audit sistem informasi banyak digunakan untuk mengevaluasi pengelolaan operasional sistem serta kualitas layanan teknologi informasi dalam organisasi.

Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah COBIT 5 Process Capability Model (PCM). Model ini digunakan untuk mengukur tingkat kapabilitas proses teknologi informasi dalam organisasi. Pengukuran capability level dilakukan untuk mengetahui sejauh mana proses pengelolaan teknologi informasi telah diterapkan dan dikelola dengan baik dalam organisasi.

Dalam COBIT 5, capability level terdiri dari beberapa tingkatan yang menunjukkan tingkat kematangan proses teknologi informasi. Tingkatan capability level tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Capability Level COBIT 5

Level	Nama Level	Keterangan
0	*Incomplete Process*	Proses belum dilaksanakan atau tidak mencapai tujuan proses.
1	*Performed Process*	Proses telah dilaksanakan dan menghasilkan output yang diharapkan.
2	*Managed Process*	Proses telah direncanakan, dipantau, dan dikelola dengan baik.
3	*Established Process*	Proses telah didefinisikan dan diterapkan secara standar dalam organisasi.
4	*Predictable Process*	Proses telah diukur dan dikendalikan sehingga berjalan secara konsisten.
5	*Optimizing Process*	Proses telah berjalan secara optimal dan dilakukan perbaikan secara berkelanjutan.

Data penelitian diperoleh dari hasil penyebaran kuesioner kepada responden yang terlibat dalam penggunaan sistem informasi. Jawaban responden kemudian diolah menggunakan skala Likert dan dihitung untuk memperoleh nilai capability level.

1. Perhitungan Nilai Rata-rata Responden

   Perhitungan nilai rata-rata digunakan untuk mengetahui nilai dari setiap pernyataan berdasarkan jawaban responden. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

Gambar 1. Rumus Rata-rata Responden

Keterangan:

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata

ΣX = Jumlah skor jawaban responden

N = Jumlah responden

2. Perhitungan Capability Level

Setelah nilai rata-rata dari setiap pernyataan diperoleh, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai capability level untuk setiap proses pada domain COBIT 5 yang digunakan dalam penelitian. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Capability\ Level = \frac{\sum Nilai\ Aktivitas}{Jumlah\ Aktivitas}$$

Gambar 2. Rumus Capability Level

Keterangan:

Capability Level = Nilai tingkat kapabilitas proses

Σ Nilai Aktivitas = Total nilai dari seluruh aktivitas pada proses

Jumlah Aktivitas = Jumlah aktivitas yang dinilai pada proses tersebut.

3. Perhitungan Analisis Gap

Analisis gap digunakan untuk mengetahui perbedaan antara kondisi saat ini (current capability level) dengan kondisi yang diharapkan (expected capability level). Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Gap = Expected\ Level - Current\ Level$$

Gambar 3. Rumus Analisis Gap

Keterangan:

Gap = Selisih tingkat kapabilitas

Expected Level = Tingkat kapabilitas yang diharapkan

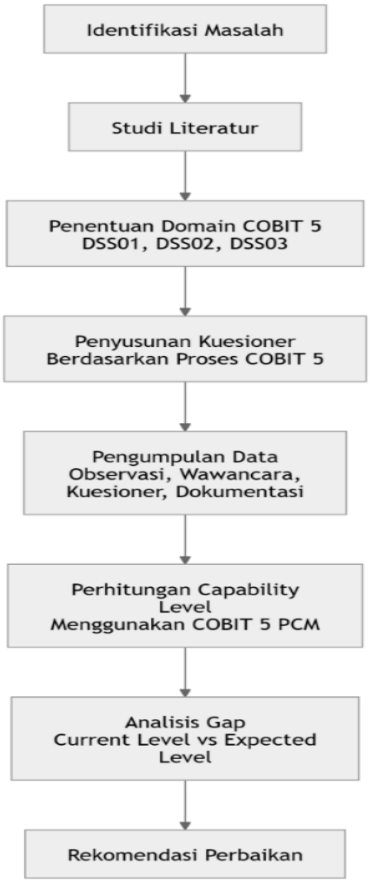
Current Level = Tingkat kapabilitas saat ini

Hasil analisis gap ini kemudian digunakan untuk memberikan rekomendasi perbaikan terhadap proses pengelolaan teknologi informasi sehingga pengelolaan sistem informasi dapat berjalan lebih optimal.

Nilai capability level diperoleh dari hasil pengolahan data kuesioner yang dihitung menggunakan nilai rata-rata dari setiap proses pada domain DSS. Hasil perhitungan tersebut kemudian dibandingkan dengan tingkat capability level yang diharapkan untuk mengetahui kesenjangan (gap) yang terjadi.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam proses penelitian secara sistematis untuk mencapai tujuan penelitian. Pada penelitian ini, tahapan penelitian dimulai dari proses identifikasi masalah hingga penyusunan rekomendasi perbaikan berdasarkan hasil audit sistem informasi menggunakan framework COBIT 5. Alur tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Alur Tahapan Penelitian

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah melakukan identifikasi masalah, yaitu dengan mengamati kondisi penggunaan sistem informasi aplikasi dashboard analitik pada PT Vinix Seven Aurum untuk mengetahui permasalahan yang terjadi dalam pengelolaan sistem informasi. Setelah permasalahan diidentifikasi, tahap selanjutnya adalah studi literatur dengan mengumpulkan berbagai referensi seperti buku, jurnal ilmiah, dan sumber lain yang berkaitan dengan audit sistem informasi, framework COBIT 5, serta Process Capability Model yang digunakan sebagai dasar dalam penelitian.

Tahap berikutnya adalah penentuan domain COBIT 5 yang digunakan sebagai acuan dalam proses audit sistem informasi. Pada penelitian ini domain yang digunakan adalah Deliver, Service and Support (DSS) yang mencakup proses DSS01 (Manage Operations), DSS02 (Manage Service Requests and Incidents), dan DSS03 (Manage Problems). Setelah domain ditentukan, peneliti kemudian melakukan penyusunan kuesioner yang disesuaikan dengan aktivitas proses pada domain COBIT 5 tersebut.

Dilakukan pengumpulan data dengan menggunakan beberapa teknik yaitu observasi, wawancara, penyebaran kuesioner kepada responden, serta studi dokumentasi yang berkaitan dengan penggunaan sistem informasi. Data yang diperoleh kemudian diolah untuk melakukan perhitungan capability level menggunakan metode COBIT 5 Process Capability Model (PCM) guna mengetahui tingkat kapabilitas dari setiap proses teknologi informasi yang diteliti.

Setelah nilai capability level diperoleh, tahap berikutnya adalah melakukan analisis gap dengan membandingkan antara kondisi saat ini (current capability level) dengan kondisi yang diharapkan (expected capability level). Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kesenjangan yang terjadi dalam pengelolaan teknologi informasi pada organisasi. Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah menyusun rekomendasi perbaikan berdasarkan hasil analisis gap yang telah dilakukan sehingga dapat membantu organisasi dalam meningkatkan pengelolaan sistem informasi agar berjalan lebih optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kapabilitas pengelolaan sistem dashboard analitik menggunakan framework COBIT 5 pada domain DSS01 (Manage Operations), DSS02 (Manage Service Requests and Incidents), dan DSS03 (Manage Problems). Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner kepada 30 responden yang merupakan pengguna sistem dashboard analitik. Kuesioner disusun menggunakan skala Likert dengan rentang nilai 1 sampai 5 untuk mengukur tingkat persetujuan responden terhadap setiap pernyataan yang berkaitan dengan pengelolaan sistem dashboard analitik.

Hasil penilaian responden kemudian diolah untuk memperoleh nilai rata-rata setiap pertanyaan yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan capability level berdasarkan framework COBIT 5.

Tabel 2. Rata-rata Penilaian Responden

No	Pernyataan	Rata-rata
1	*Dashboard* analitik mudah diakses oleh pengguna	4.46
2	Sistem *dashboard* analitik berjalan stabil	4.13
3	Data pada *dashboard* diperbarui secara berkala	3.63
4	*Dashboard* membantu pemantauan data	4.20
5	Informasi pada *dashboard* mudah dipahami	3.90
6	*Dashboard* mendukung kegiatan operasional	4.46
7	*Dashboard* meningkatkan efisiensi pekerjaan	4.33
8	Pengguna dapat melaporkan masalah sistem	4.53
9	Permintaan bantuan dapat ditangani	3.80
10	Masalah sistem ditangani pihak terkait	4.26
11	Penanganan masalah dilakukan cepat	3.86
12	Komunikasi gangguan sistem jelas	3.96
13	Pengguna mendapatkan bantuan penggunaan	4.06
14	Masalah sistem dianalisis penyebabnya	4.36
15	Organisasi mencegah masalah berulang	4.20
16	Dilakukan perbaikan sistem setelah gangguan	4.10
17	Permasalahan sistem didokumentasikan	4.30
18	Sistem dashboard terus diperbaiki	4.13

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa sebagian besar pernyataan memperoleh nilai rata-rata di atas 4, yang menunjukkan bahwa responden memberikan penilaian positif terhadap pengelolaan sistem dashboard analitik yang digunakan dalam organisasi.

Analisis Capability Level

Capability level digunakan untuk mengetahui tingkat kapabilitas proses pengelolaan sistem dashboard analitik berdasarkan domain COBIT 5 (ISACA 2012).

Tabel 3. Tingkatan Capablity Level COBIT 5

Level	Keterangan
0	*Incomplete Process*
1	*Performed Process*
2	*Managed Process*
3	*Established Process*
4	*Predictable Process*
5	*Optimizing Process*

Level ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana proses pengelolaan sistem telah berjalan sesuai dengan praktik tata kelola teknologi informasi yang baik.

1. Capability Level Domain DSS01

Tabel 4. Capability Level DSS01

Domain	Jumlah Pertanyaan	Total Nilai	*Capability Level*
DSS01	7	874	4.16

Nilai tersebut menunjukkan bahwa proses Manage Operations telah berjalan secara terukur dan terkontrol dalam mendukung operasional sistem dashboard analitik.

2. Capability Level Domain DSS02

Tabel 5. Capability Level DSS02

Domain	Jumlah Pertanyaan	Total Nilai	*Capability Level*
DSS02	6	735	4.08

Nilai capability level tersebut menunjukkan bahwa proses penanganan permintaan layanan dan insiden sistem telah berjalan dengan cukup baik, meskipun masih terdapat beberapa aspek yang dapat ditingkatkan.

3. Capability Level Domain DSS03

Tabel 6. Capability Level DSS03

Domain	Jumlah Pertanyaan	Total Nilai	*Capability Level*
DSS03	5	633	4.22

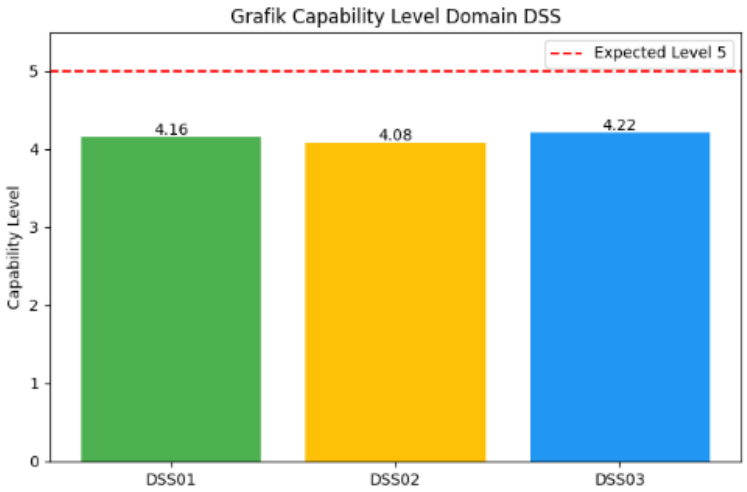
Nilai tersebut menunjukkan bahwa organisasi telah melakukan pengelolaan permasalahan sistem dengan cukup baik melalui proses analisis masalah dan perbaikan sistem.

Rekapitulasi Capability Level

Tabel 7. Rekapitulasi Capability Level

Domain	*Capability Level*
DSS01	4.16
DSS02	4.08
DSS03	4.22
Rata-rata	4.15

Nilai rata-rata tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan sistem dashboard analitik berada pada Level 4 (Predictable Process). Untuk mempermudah pemahaman terhadap hasil pengukuran capability level pada setiap proses domain DSS, hasil perhitungan tersebut juga disajikan dalam bentuk grafik pada gambar berikut.



Gambar 5. Grafik Capability Level Domain DSS

Grafik capability level menunjukkan perbandingan nilai capability level pada setiap domain yang dianalisis. Berdasarkan hasil tersebut terlihat bahwa domain DSS03 memiliki nilai capability level tertinggi, sedangkan domain DSS02 memiliki nilai terendah, meskipun seluruh domain masih berada pada level yang sama yaitu Predictable Process.

Pemetaan Pertanyaan Terhadap Domain COBIT

Tabel 8. Pemetaan Pertanyaan

Pertanyaan	Domain
1 – 7	DSS01
8 – 13	DSS02
14 – 18	DSS03

Pemetaan ini dilakukan untuk memastikan bahwa setiap pertanyaan dalam kuesioner merepresentasikan proses yang terdapat pada domain DSS dalam framework COBIT 5.

Analisis Gap

Analisis GAP dilakukan untuk mengetahui selisih antara tingkat kapabilitas saat ini (current capability level) dengan tingkat kapabilitas yang diharapkan (expected capability level). Dalam penelitian ini tingkat kapabilitas yang diharapkan ditetapkan pada Level 5 (Optimizing Process), yaitu kondisi dimana organisasi mampu melakukan perbaikan proses secara berkelanjutan untuk meningkatkan kualitas pengelolaan sistem.

Tabel 9. Analisis GAP Capability Level

Domain	*Current Level*	*Expected Level*	GAP
DSS01	4.16	5	0.84
DSS02	4.08	5	0.92
DSS03	4.22	5	0.78

Berdasarkan hasil gap analysis, masih terdapat selisih antara capability level saat ini dengan level yang diharapkan. Hal ini menunjukkan bahwa beberapa proses pengelolaan sistem informasi masih perlu ditingkatkan agar dapat mencapai tingkat pengelolaan yang lebih optimal.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kapabilitas pengelolaan sistem dashboard analitik berada pada Level 4 (Predictable Process) dengan nilai rata-rata capability level sebesar 4.15. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengelolaan sistem telah berjalan secara konsisten dan terukur dalam mendukung kegiatan operasional organisasi.

Pada domain DSS01, pengelolaan operasional sistem dashboard analitik telah berjalan dengan baik dalam mendukung aktivitas pemantauan dan pengolahan data. Hal ini terlihat dari nilai capability level yang cukup tinggi yang menunjukkan bahwa sistem telah digunakan secara efektif dalam kegiatan operasional.

Pada domain DSS02, proses penanganan permintaan layanan dan insiden sistem telah berjalan cukup baik, namun masih terdapat beberapa aspek yang perlu ditingkatkan, khususnya terkait kecepatan penanganan masalah serta komunikasi ketika terjadi gangguan sistem.

Sementara itu, pada domain DSS03, organisasi telah menunjukkan upaya dalam melakukan analisis terhadap permasalahan sistem serta melakukan perbaikan guna meningkatkan kualitas dashboard analitik.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa audit sistem informasi pada aplikasi dashboard analitik di PT Vinix Seven Aurum menggunakan framework COBIT 5 menunjukkan bahwa proses pengelolaan sistem informasi pada domain Deliver, Service, and Support (DSS) yang meliputi DSS01 (Manage Operations), DSS02 (Manage Service Requests and Incidents), dan DSS03 (Manage Problems) telah berjalan dengan cukup baik. Hasil pengukuran capability level menunjukkan bahwa tingkat kapabilitas pengelolaan sistem informasi berada pada level yang menunjukkan bahwa proses operasional sistem telah dilaksanakan secara terstandarisasi dan terdokumentasi sehingga mampu mendukung aktivitas organisasi.

Hasil analisis juga menunjukkan masih terdapat beberapa kesenjangan antara kondisi saat ini dengan tingkat kapabilitas yang diharapkan oleh organisasi. Kesenjangan tersebut menunjukkan bahwa beberapa proses pengelolaan sistem informasi masih perlu ditingkatkan agar dapat mencapai tingkat pengelolaan yang lebih optimal. Oleh karena itu, diperlukan beberapa upaya perbaikan, seperti peningkatan pengelolaan operasional sistem, penanganan insiden layanan secara lebih terstruktur, serta pengelolaan permasalahan sistem secara lebih efektif.

Dengan adanya rekomendasi perbaikan yang diberikan dalam penelitian ini, diharapkan PT Vinix Seven Aurum dapat meningkatkan efektivitas pengelolaan teknologi informasi sehingga aplikasi dashboard analitik dapat dimanfaatkan secara lebih optimal dalam mendukung proses pengambilan keputusan organisasi.

REFERENSI

Andika, B. D., Sucipto, S., & Nugroho, A. (2023). A local government application capability level information system audit using COBIT 5 framework. *Journal of Innovation Information Technology and Application (JINITA), 5*(2), 130–140. https://doi.org/10.35970/jinita.v5i2.1971

Ardiansyah, R., & Sutabri, T. (2024). Audit sistem informasi manajemen puskesmas menggunakan COBIT 5 dengan domain DSS (deliver, service and support). *JSAI (Journal Scientific and Applied Informatics), 7*(3), 537–543. https://doi.org/10.36085/jsai.v7i3.7350

Hall, J. A. (2011). *Information technology auditing and assurance*. Cengage Learning.

Hasan, I., & Sulistyowati, D. N. (2024). Audit sistem informasi aplikasi e-payment menggunakan framework COBIT 5. *RESOLUSI: Rekayasa Teknik Informatika dan Informasi, 4*(3), 299. https://djournals.com/resolusi

Indah Rizki, E., Safitri, A. A., Servanda, Y., & Sudinugraha, T. (2025). Analisis dan visualisasi data penjualan menggunakan Tableau untuk mendukung keputusan strategis (studi kasus: PT Aspirasi Hidup Indonesia Tbk). *Jurnal Sistem Informasi Galuh, 3*(2), 61–71. https://doi.org/10.25157/jsig.v3i2.4996

ISACA. (2012a). *COBIT 5: A business framework for the governance and management of enterprise IT*. ISACA.

ISACA. (2012b). *COBIT 5 implementation guide*. ISACA.

Pratama, D. P., & Noranita, B. (2021). Evaluasi tata kelola sistem pelayanan online data kependudukan menggunakan COBIT 5 domain deliver, service, dan support (studi kasus: Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kabupaten Batang). *Jurnal Masyarakat Informatika, 12*(1), 44–57. https://doi.org/10.14710/jmasif.12.1.41021

Ra, P., & Imanda, R. (2024). Optimasi pengambilan keputusan perusahaan freight forwarder. *Jurnal Ilmiah Komputasi, 23*, 301–310.

Rinel, O., & Velsi, A. (2025). Improving information technology management capabilities of institutional level financial application systems (SAKTI) using the COBIT 5 framework. *17*(2), 41–49.

Setiadi, D., April, S., & Barat, J. (2024). Analisis data superstore untuk mendukung pemanfaatan dashboard interaktif.

Setyaningrum Fadiyah, & Andarwati Mardiana. (2024). Audit sistem informasi perpustakaan dengan pendekatan framework COBIT 5. *Riset dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer, 8*(1), 197–207.

Silalahi, A., Maharani, A., Abrianisyah, D. K., & Siregar, E. D. (2024). Audit sistem informasi bebas pustaka menggunakan framework COBIT 5 domain DSS01 dan DSS02. *Jurnal Komputer Teknologi Informasi dan Sistem Informasi (JUKTISI), 3*(2), 804–812. https://doi.org/10.62712/juktisi.v3i2.174

Weber, R. (1999). *Information systems control and audit*. Prentice Hall.

Zuraidah, E. (2023). Audit sistem informasi management project pada PT Rikaryatama menggunakan framework COBIT 5. *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer, 10*(2), 146–151. https://doi.org/10.30656/prosisko.v10i2.6935

E-Learning Website Development at the Tulungagung Regency BNN Using the Laravel Framework with an Extreme Programming (XP) Approach

Ardana Halim Wiradhika [1)*)], Fahrur Rozi [2)], Taufiq Agung Cahyono [3)]

[1)3)]Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Bhinneka PGRI Tulungagung
[2)]Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Bhinneka PGRI Tulungagung
[*)]**Correspondence author**: ardana.student@ubhi.ac.id, Tulungagung, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3415

Abstract

Drug misuse in Indonesia continues to pose a significant and far-reaching challenge, influencing multiple sectors of society, including the Tulungagung region. The National Narcotics Agency (BNN) of Tulungagung encounters various obstacles in delivering traditional outreach programs, notably constraints in manpower and infrastructure, the extensive geographical scope, and limited public engagement. In response to these issues, this research focuses on designing and developing a web-based e-learning platform to provide organized and easily accessible education on the dangers of drug abuse. The system is built using the Laravel framework and adopts the Extreme Programming (XP) approach, involving iterative cycles of planning, designing, coding, and testing.The resulting platform incorporates several key features, including user administration, pre-assessment, instructional content delivery, post-assessment, remedial modules, learning progress monitoring, digital certification, and an administrative dashboard for system oversight. Findings from the study demonstrate that the application performs in accordance with the defined functional specifications and effectively facilitates a structured learning process. Therefore, this e-learning platform is anticipated to enhance the efficiency of P4GN educational initiatives while also broadening the scope of digital outreach efforts conducted by BNN Tulungagung.

Keywords: *E-Learning, Laravel, Extreme Programming (XP), Website, Drug Abuse Education*

Abstrak

Masalah penyalahgunaan narkotika di Indonesia masih tergolong krusial karena memberikan dampak luas terhadap berbagai dimensi kehidupan, termasuk di wilayah Kabupaten Tulungagung. Dalam pelaksanaan program sosialisasi secara konvensional, Badan Narkotika Nasional (BNN) Kabupaten Tulungagung mengalami sejumlah hambatan, seperti keterbatasan tenaga dan fasilitas, cakupan wilayah yang cukup luas, serta minimnya keterlibatan masyarakat. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengembangan sebuah platform e-learning berbasis website sebagai sarana edukasi mengenai bahaya narkoba yang lebih sistematis dan mudah diakses. Pengembangan sistem dilakukan menggunakan framework Laravel dengan pendekatan metode Extreme Programming (XP) yang mencakup tahapan perencanaan, perancangan, pengkodean, dan pengujian secara berulang (iteratif). Hasil pengembangan menunjukkan bahwa sistem yang dibangun dilengkapi dengan berbagai fitur, antara lain pengelolaan pengguna, pretest, penyediaan materi pembelajaran, posttest, program remedial, pemantauan progres belajar, penerbitan sertifikat digital, serta dashboard admin untuk keperluan monitoring. Secara keseluruhan, sistem ini mampu beroperasi sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah ditetapkan serta mendukung proses edukasi yang lebih terstruktur. Dengan demikian, website e-learning yang dikembangkan diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pelaksanaan program P4GN sekaligus memperluas jangkauan sosialisasi secara digital di lingkungan BNN Kabupaten Tulungagung.

Kata Kunci: *E-Learning,* Laravel, *Extreme Programming (XP)*, *Website*, Edukasi Narkoba

PENDAHULUAN

Permasalahan penyalahgunaan narkoba di Indonesia masih tergolong kompleks karena dampaknya tidak hanya terbatas pada kesehatan individu, tetapi juga meluas ke aspek sosial dan ekonomi. Individu yang terlibat kerap mengalami gangguan relasi sosial, penurunan peran di masyarakat, serta stigma negatif yang berkepanjangan (Manurung, 2024). Dari sisi ekonomi, kerugian yang ditimbulkan cukup besar akibat meningkatnya beban sosial dan menurunnya produktivitas masyarakat (Tatara et al., 2023). Kondisi ini semakin diperparah oleh keterbatasan layanan kesehatan dan dukungan sosial, terutama di wilayah perkotaan seperti Jawa Timur yang menunjukkan keterkaitan antara kondisi ekonomi dan tingginya angka penyalahgunaan narkoba (Aisyah et al., 2024).

Berbagai upaya telah dilakukan oleh pemerintah dan lembaga terkait seperti Badan Narkotika Nasional (BNN), namun hasilnya belum optimal. Penyalahgunaan narkoba masih tinggi, khususnya pada remaja dan usia produktif, dengan prevalensi mencapai 4,68% di wilayah perkotaan (Hidayati, 2024). Faktor pendorongnya meliputi rasa ingin tahu, pengaruh lingkungan, kondisi stres, lemahnya kontrol sosial, serta kurangnya edukasi (Rizky & Usiono, 2023). Hal ini menjadi ancaman serius karena generasi muda merupakan aset penting dalam pembangunan bangsa.

Kasus penyalahgunaan narkoba juga telah meluas hingga ke daerah, termasuk Kabupaten Tulungagung. Wilayah ini tergolong memiliki tingkat kasus yang cukup tinggi berdasarkan data BNN Provinsi Jawa Timur (Ilmu et al., 2022). Kondisi tersebut dipengaruhi oleh faktor sosial ekonomi, akses terhadap jaringan ilegal, serta rendahnya pemahaman masyarakat mengenai bahaya narkoba. Tren peningkatan kasus setiap tahun menunjukkan perlunya penanganan yang lebih serius dan berkelanjutan.

Upaya yang dilakukan BNN Kabupaten Tulungagung seperti sosialisasi dan rehabilitasi masih menghadapi berbagai kendala, antara lain keterbatasan sumber daya, luasnya wilayah, minimnya anggaran, serta rendahnya partisipasi masyarakat. Selain itu, stigma negatif dan kurangnya keterbukaan masyarakat turut menghambat efektivitas edukasi. Hal ini menunjukkan bahwa metode konvensional belum mampu menjangkau masyarakat secara optimal, terutama generasi muda yang lebih dekat dengan teknologi digital.

Sebagai solusi, pemanfaatan teknologi digital melalui *e-learning* dinilai lebih efektif dan sesuai dengan perkembangan zaman. Media ini memungkinkan penyampaian informasi secara luas, cepat, dan fleksibel. Penelitian menunjukkan bahwa *e-learning* mampu meningkatkan partisipasi dan motivasi belajar (Handani & Sulistiani, 2022). Selain itu, *e-learning* juga terbukti dapat mendorong perubahan perilaku serta meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap isu sosial (Saputri, 2025). Penggunaan *framework* Laravel mendukung pengembangan sistem yang terstruktur dan efisien (Iskandar Joko et al., 2022). Sementara itu, metode *Extreme Programming (XP)* memungkinkan proses pengembangan yang lebih adaptif dan kolaboratif (Pambudi & Apriandari, 2023). Oleh karena itu, pengembangan *website e-learning* menjadi solusi inovatif untuk meningkatkan efektivitas edukasi bahaya narkoba di Kabupaten Tulungagung.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Badan Narkotika Nasional (BNN) Kabupaten Tulungagung yang berlokasi di Jalan Sultan Agung No.1A, Dusun Kedungsingkal, Ketanon, Kecamatan Kedungwaru, Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur. Kegiatan penelitian berlangsung selama beberapa bulan, dimulai dari tahap pengumpulan kebutuhan hingga penyusunan laporan akhir. Jenis data yang digunakan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung melalui wawancara dengan pihak terkait, khususnya Analis Data dan Informasi BNN Kabupaten Tulungagung, serta melalui observasi terhadap proses edukasi yang berjalan. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, dokumen resmi, serta arsip yang relevan dengan topik penelitian (Ajayi, 2023). Dalam proses pengumpulan data, peneliti menggunakan beberapa teknik, yaitu wawancara untuk menggali kebutuhan sistem dan harapan pengguna, observasi untuk memahami kondisi nyata di lapangan, studi pustaka untuk memperkuat landasan teori, serta dokumentasi untuk merekam seluruh proses penelitian sebagai bukti pendukung.

Pengembangan sistem dalam penelitian ini menggunakan metode *Extreme Programming* (XP) yang merupakan bagian dari pendekatan Agile, dengan karakteristik iteratif dan adaptif. Tahapan pengembangan meliputi perencanaan (*planning*), perancangan (*design*), pengkodean (*coding*), dan pengujian (*testing*) yang dilakukan secara berulang agar

sistem dapat terus disesuaikan dengan kebutuhan pengguna (Pambudi & Apriandari, 2023). Pada tahap perencanaan, dilakukan identifikasi kebutuhan melalui wawancara dan observasi, yang kemudian diterjemahkan ke dalam *user story* sebagai dasar pengembangan fitur. Tahap perancangan mencakup pembuatan model sistem seperti *use case diagram*, *Entity Relationship Diagram* (ERD), class diagram, serta desain database. Selanjutnya, tahap pengkodean dilakukan menggunakan *framework* Laravel dengan dukungan perangkat lunak seperti *Visual Studio Code, XAMPP*, dan *MySQL*. Tahap terakhir adalah pengujian untuk memastikan sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional. Dengan pendekatan ini, sistem *e-learning* yang dikembangkan diharapkan mampu menjadi solusi efektif dalam mendukung edukasi bahaya narkoba secara digital di BNN Kabupaten Tulungagung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil pengembangan sistem pada penelitian ini disusun berdasarkan tahapan dalam metode *Extreme Programming (XP)*, yang meliputi proses perencanaan (*planning*), perancangan (*design*), pengkodean (*coding*), dan pengujian (*testing)*. Setiap tahapan dilaksanakan secara bertahap dan berulang guna memastikan bahwa sistem yang dihasilkan benar-benar sesuai dengan kebutuhan pengguna serta mampu mendukung proses edukasi secara optimal.

1. Perencanaan (*Planning*)

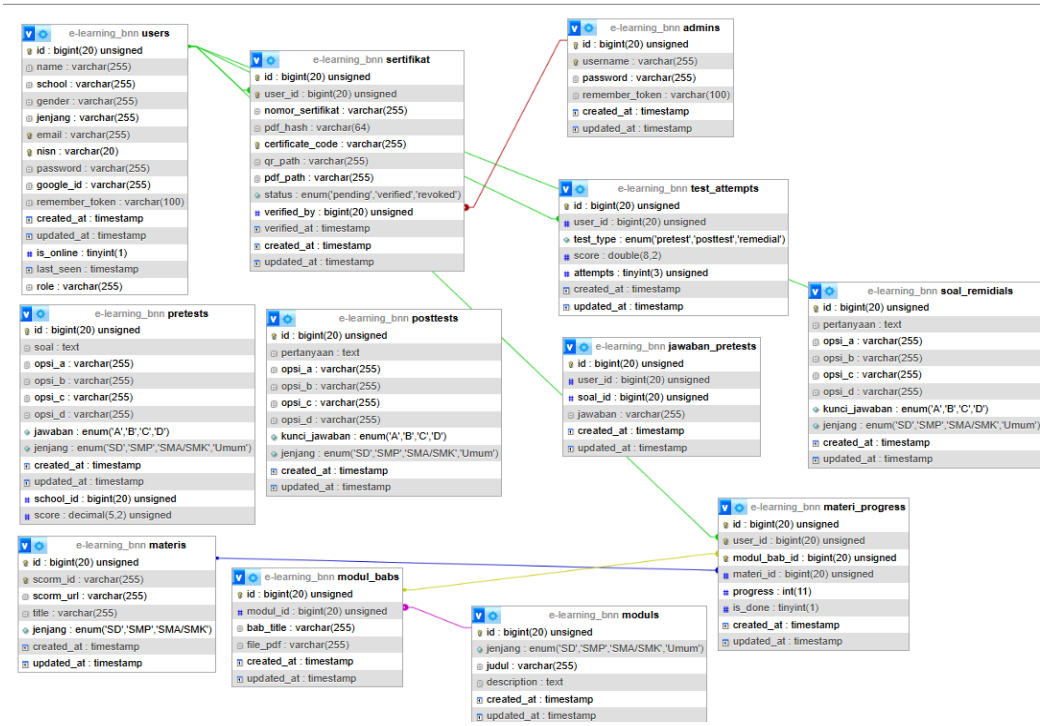
   Tahap perencanaan berfokus pada analisis kebutuhan sistem dengan mengidentifikasi peran utama, yaitu peserta dan administrator. Pada fase ini ditentukan fitur inti seperti manajemen pengguna, materi pembelajaran, pretest dan posttest, remedial, serta sertifikat digital. Selain itu, dipilih teknologi yang digunakan, yakni Laravel sebagai *framework*, MySQL sebagai basis data, dan antarmuka web responsif agar dapat diakses di berbagai perangkat. Seluruh kebutuhan kemudian dirumuskan dalam bentuk *user story* sebagai pedoman pengembangan, mencakup aktivitas utama seperti akses sistem, pembelajaran, evaluasi, hingga pengelolaan data oleh admin.

Tabel 1. *User Story*

No	Nama Cerita	Peran Pengguna	Fungsi yang Diingikan	Hasil yang didapatkan	Prioritas
1	Halaman Utama *E-Learning* BNN	Peserta	Sebagai peserta, saya ingin mengakses halaman utama untuk melihat informasi umum program edukasi BNN.	Sehingga saya memahami tujuan program dan alur pembelajaran.	Tinggi
2	Pretest	Peserta	Sebagai peserta, saya ingin mengerjakan pretest terlebih dahulu sebelum dapat mengakses materi.	Sehingga sistem dapat mengukur pemahaman awal dan membuka akses materi.	Tinggi
3	Akses Materi Edukasi	Peserta	Sebagai peserta, saya ingin mengakses materi edukasi BNN setelah pretest selesai.	Sehingga saya dapat mempelajari materi secara terarah.	Tinggi
4	Progress Pembelajaran	Peserta	Sebagai peserta, saya ingin melihat progres materi yang sudah/ belum dipelajari.	melihat progres materi yang sudah/ belum dipelajari. Sehingga saya tahu tahapan belajar yang harus diselesaikan.	Sedang
5	Posttest	Peserta	Sebagai peserta, saya ingin mengerjakan posttest setelah mempelajari materi.	Sehingga saya memperoleh nilai evaluasi pemahaman.	Tinggi
6	Remedial	Peserta	Sebagai peserta, saya ingin dapat mengerjakan remedial jika nilai posttest belum lulus (maksimal 2 kali).	Sehingga saya punya kesempatan memperbaiki nilai sesuai aturan.	Tinggi
7	Status Lulus & Nilai	Peserta	Sebagai peserta, saya ingin melihat nilai dan status lulus/tidak lulus setelah mengerjakan tes.	Sehingga saya mengetahui hasil pembelajaran dan langkah berikutnya.	Tinggi
8	Sertifikat Kelulusan	Peserta	Sebagai peserta, saya ingin mendapatkan sertifikat apabila dinyatakan lulus.	Sehingga saya memiliki bukti kelulusan/keikutsertaan program.	Tinggi
9	Kelola Materi	Operator/Admin BNN	Sebagai operator, saya ingin menambah, mengubah, dan menghapus materi edukasi.	Sehingga materi selalu terbaru dan sesuai kebutuhan program.	Tinggi
10	Kelola Soal & Aturan Tes	Operator/Admin BNN	Sebagai operator, saya ingin mengelola soal pretest/posttest/remedial serta aturan (nilai lulus, batas remedial).	Sehingga evaluasi berjalan terkontrol sesuai ketentuan.	Tinggi
11	Rekap & Laporan Hasil	Operator/Admin BNN	Sebagai operator, saya ingin melihat rekap peserta (status, nilai) dan mengekspor laporan.	Sehingga penyusunan laporan kegiatan lebih cepat dan rapi.	Tinggi

2. Design (*Design*)

Tahap desain dilakukan dengan pendekatan *Unified Modeling Language (UML)* untuk menggambarkan struktur dan alur sistem secara menyeluruh. Perancangan meliputi use case diagram, ERD, *class diagram*, serta desain antarmuka pengguna. ERD digunakan untuk memodelkan hubungan antar data seperti pengguna, materi, soal, hasil evaluasi, dan sertifikat. Basis data dirancang melalui tabel-tabel terintegrasi seperti *users*, *admins*, *modules*, materis, hingga tabel evaluasi dan progres belajar. Struktur ini disusun secara sistematis untuk menjaga konsistensi data dan mendukung proses pembelajaran digital yang efektif.



Gambar 1. Hasil Implementasi Database

3. Pengkodean (*Coding*)

Tahap pengkodean merupakan proses penerjemahan desain sistem ke dalam aplikasi berbasis web menggunakan framework Laravel. Pada tahap ini, seluruh rancangan diwujudkan menjadi fitur yang dapat digunakan langsung oleh pengguna, seperti autentikasi, pengelolaan materi, evaluasi (pretest dan posttest), remedial, hingga sertifikat digital. Implementasi memanfaatkan Blade Template untuk tampilan

antarmuka serta didukung teknologi pendukung agar sistem bersifat dinamis, responsif, dan aman.

a. Pengkodean Halaman Landing

Halaman landing dibuat sebagai tampilan awal yang menyajikan informasi umum sistem. Implementasinya menggunakan Blade Template dengan tambahan SwiperJS untuk slider interaktif, serta integrasi konten eksternal seperti embed Instagram. Disediakan pula fitur pemilihan jenjang pendidikan untuk mengarahkan pengguna ke halaman login yang sesuai.

b. Pengkodean Halaman Login

Halaman login berfungsi sebagai proses autentikasi pengguna sebelum masuk ke sistem. Dibangun dengan desain responsif berbasis HTML dan CSS, halaman ini mendukung login melalui email dan password serta integrasi akun Google (OAuth). Sistem juga dilengkapi validasi error untuk menjaga keamanan dan keakuratan data.

c. Pengkodean Halaman Lengkapi Data

Halaman ini digunakan untuk melengkapi data pengguna setelah login melalui Google. Pengguna diminta mengisi informasi seperti nama, asal sekolah, jenis kelamin, dan password. Data divalidasi sebelum disimpan, dengan beberapa field seperti email dan jenjang diatur tetap (readonly/hidden) agar konsisten.

d. Pengkodean Halaman Dashboard

Dashboard berfungsi sebagai pusat aktivitas pengguna dalam pembelajaran. Halaman ini menampilkan progres belajar, akses ke pretest, materi, dan posttest dengan alur bertahap. Tampilan bersifat dinamis sesuai jenjang pengguna serta dilengkapi visualisasi progres dalam bentuk grafik.

e. Pengkodean Halaman Pretest

Pretest digunakan untuk mengukur kemampuan awal pengguna. Soal ditampilkan bertahap dengan fitur navigasi dan autosave agar jawaban tersimpan otomatis. Setelah selesai, pengguna dapat mengirimkan jawaban untuk diproses oleh sistem.

f. Pengkodean Halaman Materi

Halaman materi menyajikan konten pembelajaran dalam bentuk modul PDF yang dapat diakses langsung. Materi disusun per bab dan dibuka secara bertahap. Sistem

secara otomatis mencatat progres belajar pengguna dan membuka akses ke tahap berikutnya setelah materi selesai.

g. Pengkodean Halaman Posttest

Posttest berfungsi sebagai evaluasi akhir setelah pembelajaran. Fitur yang disediakan serupa dengan pretest, seperti navigasi soal dan autosave. Sistem memastikan seluruh soal dijawab sebelum dikumpulkan, dan hasilnya menentukan kelulusan serta akses remedial.

h. Pengkodean Halaman Sertifikat

Halaman sertifikat menampilkan bukti kelulusan dalam bentuk digital. Informasi yang ditampilkan meliputi identitas peserta, nomor sertifikat, dan status verifikasi. Pengguna dapat mengunduh sertifikat dalam format PDF jika sudah tersedia.

i. Pengkodean Halaman Verifikasi Sertifikat

Fitur ini digunakan untuk mengecek keaslian sertifikat. Sistem akan mencocokkan file yang diunggah dengan data di database. Jika sesuai, sertifikat dinyatakan valid; jika tidak, sistem menampilkan status tidak valid.

j. Pengkodean Halaman Login Admin

Halaman login admin membatasi akses hanya untuk pengguna berwenang. Autentikasi dilakukan melalui username dan password guna menjaga keamanan pengelolaan sistem.

k. Pengkodean Halaman Dashboard Admin

Dashboard admin berfungsi sebagai pusat kontrol sistem. Halaman ini menampilkan ringkasan data seperti jumlah pengguna, materi, dan hasil pembelajaran dalam bentuk grafik. Admin juga dapat mengelola materi, soal evaluasi, serta memantau aktivitas pengguna secara menyeluruh.

4. Pengujian dan Hasil Implementasi System Interface (Testing)

Pengujian dilakukan untuk memastikan sistem e-learning yang dikembangkan berjalan sesuai kebutuhan dan spesifikasi. Pengujian mencakup aspek fungsional, kemudahan penggunaan, kinerja sistem, serta kompatibilitas pada berbagai perangkat. Metode yang digunakan meliputi Black Box Testing, usability testing (SUS), performance efficiency, dan portability.

a. Pengujian Sistem (*Black Box Testing*)

1) Login Pertama Kali (Google)

Sistem berhasil melakukan autentikasi Google, mengarahkan pengguna baru ke halaman lengkapi data, serta masuk ke dashboard sesuai jenjang.

2) Login Manual dan Google

Login manual dan Google berjalan baik, termasuk validasi error, fitur lupa password, reset password, dan logout.

3) Fitur Dashboard

Dashboard menampilkan data sesuai jenjang, mengatur akses fitur secara bertahap, serta menampilkan progres dan riwayat dengan baik.

4) Fitur Pretest

Pretest berjalan sesuai skenario, mulai dari tampilan soal, navigasi, hingga penilaian dan penentuan akses ke materi.

5) Fitur Modul

Modul hanya dapat diakses setelah lulus pretest, materi tampil dengan baik, dan progres belajar tercatat otomatis.

6) Fitur Posttest

Posttest berfungsi optimal, termasuk navigasi soal, penilaian otomatis, dan penentuan kelulusan atau remedial.

7) Fitur Remedial

Remedial berjalan sesuai aturan, dengan batas percobaan dan penyimpanan nilai terbaik hingga pengguna lulus.

8) Fitur Sertifikat

Sertifikat ditampilkan setelah lulus, dapat diverifikasi admin, dan dapat diunduh dalam format PDF.

9) Fitur Verifikasi Sertifikat

Sistem mampu memvalidasi keaslian sertifikat dengan hasil status valid atau tidak valid secara akurat.

b. Pengujian *Usability (System Usability Scale /* SUS)

1) Metode Pengujian *Usability*

Evaluasi usability dilakukan untuk mengukur tingkat kemudahan penggunaan sistem e-learning melalui pendekatan System Usability Scale (SUS)**.** Metode ini dipilih karena bersifat praktis, efisien, serta umum digunakan dalam penilaian pengalaman pengguna. Pengumpulan data dilakukan melalui kuesioner kepada 16 responden yang terdiri dari pegawai BNN dan masyarakat umum. Penilaian menggunakan skala Likert 1–5 setelah responden mencoba sistem secara langsung.

2) Hasil Pengujian SUS

Hasil perhitungan menunjukkan variasi skor antar responden dengan nilai akhir yang relatif tinggi. Secara keseluruhan diperoleh total skor 1235 dari 16 responden yang telah mengisi kuesioner setelah menggunakan sistem.

c. Pengujian Performance Efficiency

1) Metode Pengujian

Pengujian performance efficiency dilakukan untuk menilai kecepatan dan respons sistem dalam memproses permintaan pengguna. Evaluasi dilakukan menggunakan fitur *Network* pada Chrome Developer Tools dengan mengukur indikator *Load Time* dan *DOMContentLoaded* pada setiap halaman sistem.

2) Hasil Pengujian Performance

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sebagian besar fitur memiliki waktu muat yang relatif cepat, yaitu di bawah 2 detik. Halaman seperti login, dashboard, modul, pretest, dan posttest menunjukkan performa responsif. Namun, halaman hasil verifikasi sertifikat memiliki waktu muat paling tinggi, yaitu sekitar 11 detik.

d. Pengujian Portability

1) Metode Pengujian

Pengujian portability dilakukan untuk menilai kemampuan sistem dalam berjalan pada berbagai perangkat, sistem operasi, dan browser. Uji coba dilakukan pada

lingkungan server hosting dengan variasi OS (Windows dan Android/iOS) serta browser utama untuk memastikan kompatibilitas sistem.

2) Hasil Pengujian Portability

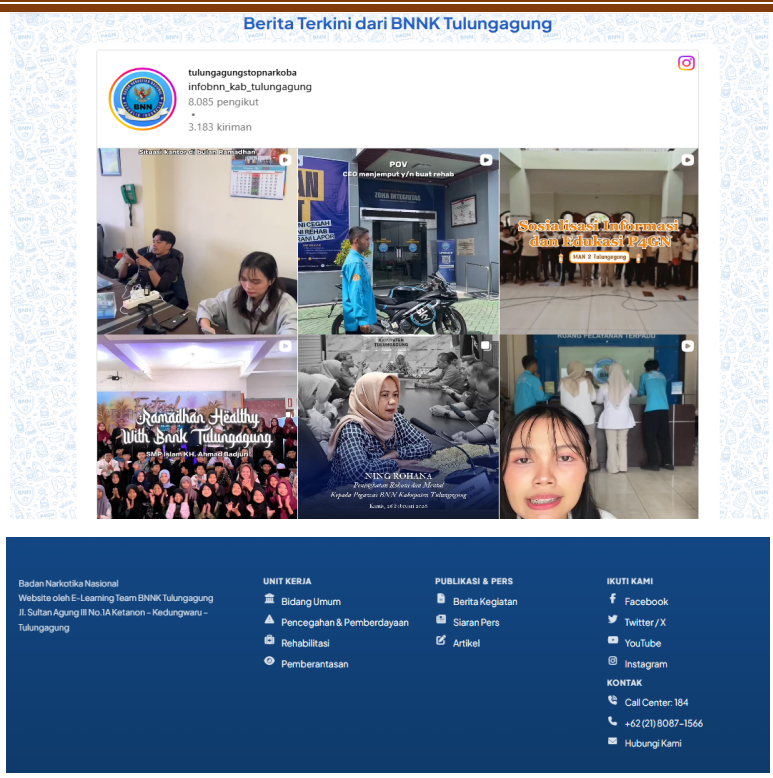
Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur sistem dapat berjalan dengan baik di berbagai kombinasi perangkat dan browser. Tidak ditemukan perbedaan signifikan baik dari sisi fungsionalitas maupun tampilan antarmuka.

e. Hasil Implementasi System Interface

1) Interface Halaman Landing

Halaman landing berfungsi sebagai tampilan awal yang menyajikan informasi umum sistem, seperti banner edukasi, kategori jenjang, dan konten terbaru. Desain dibuat responsif dan informatif untuk memudahkan akses awal pengguna.

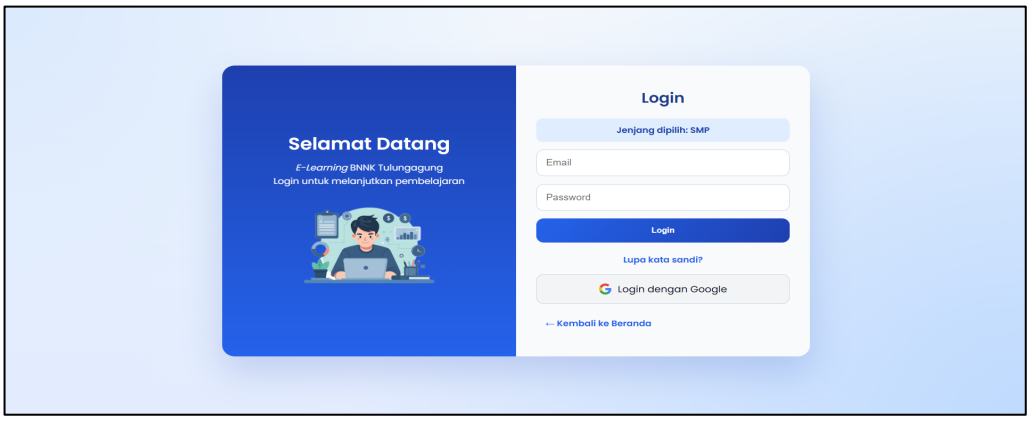




Gambar 2. Hasil Implementasi Interface Halaman Landing

2) Interface Halaman Login

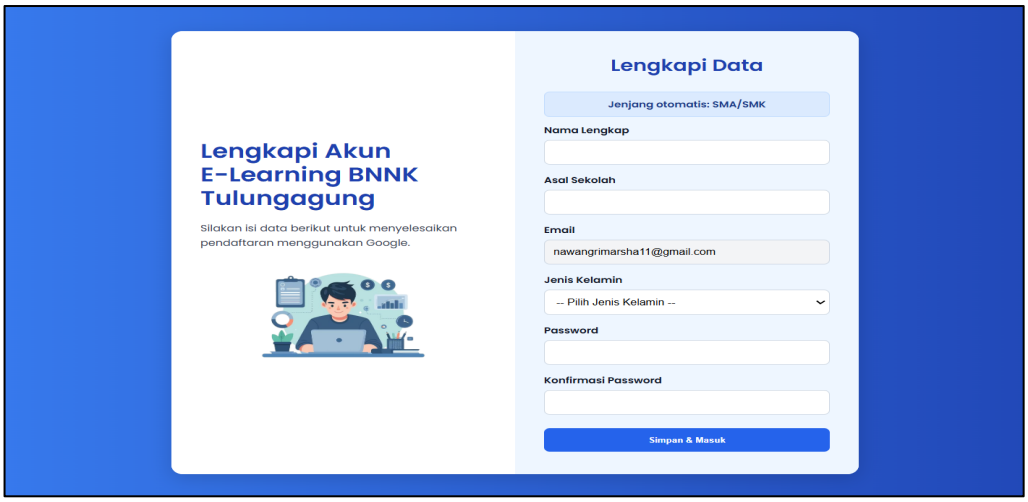
Halaman login digunakan sebagai proses autentikasi pengguna melalui email atau akun Google. Antarmuka dirancang sederhana dan responsif untuk mempercepat proses masuk ke sistem.



Gambar 3. Hasil Implementasi Interface Halaman Login

3) Interface Halaman Sign Up

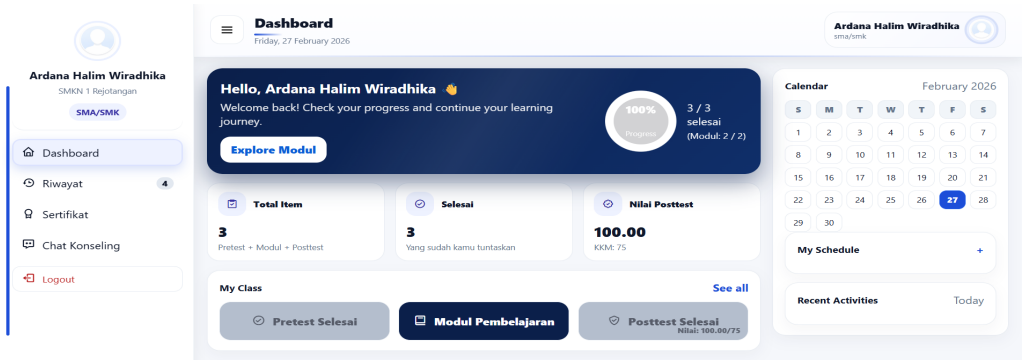
Halaman lengkapi data menampilkan form registrasi lanjutan dengan struktur yang jelas dan terorganisir. Desain memudahkan pengguna dalam mengisi data sebelum mengakses sistem.



Gambar 4. Hasil Implementasi *Interface* Halaman Lengkapi Data

4) Interface Halaman Dashboard User

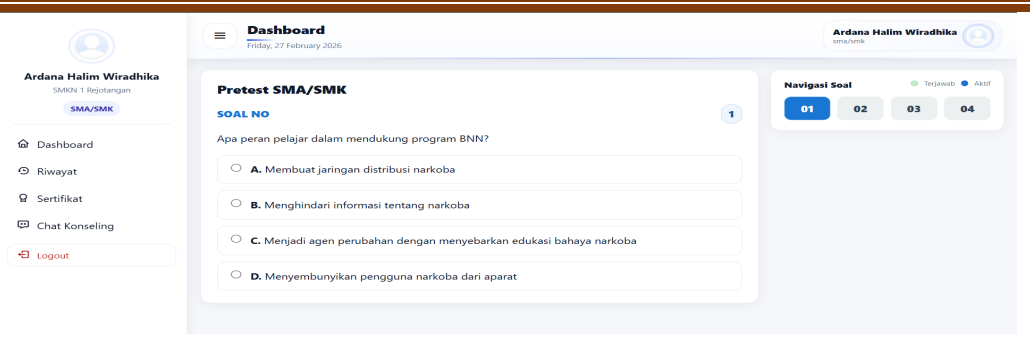
Dashboard menampilkan progres belajar, akses fitur utama, serta riwayat aktivitas. Tampilan disesuaikan dengan jenjang pengguna untuk meningkatkan relevansi penggunaan.



Gambar 5. Hasil Implementasi *Interface* Halaman Dashboard

5) Interface Halaman Pretest

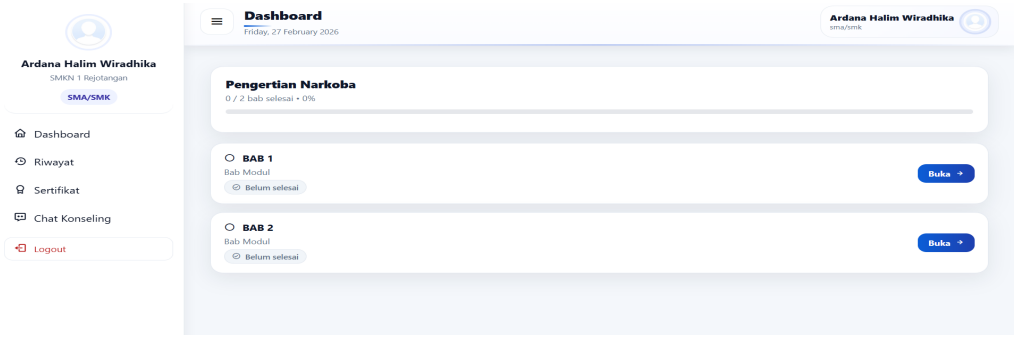
Halaman pretest menyajikan soal evaluasi awal dengan navigasi terstruktur. Antarmuka dirancang untuk memudahkan pengguna dalam menjawab soal secara sistematis.



Gambar 6. Hasil Implementasi *Interface* Halaman *Pretest*

6) Interface Halaman Materi

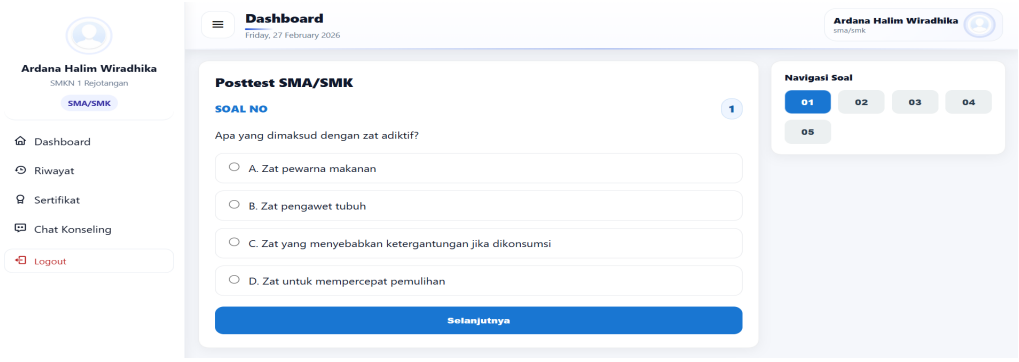
Halaman materi menampilkan modul pembelajaran lengkap dengan progres dan daftar bab. Pengguna dapat mengakses dan menandai penyelesaian materi secara langsung.



Gambar 7. Hasil Implementasi *Interface* Halaman Materi

7) Interface Halaman Posttest

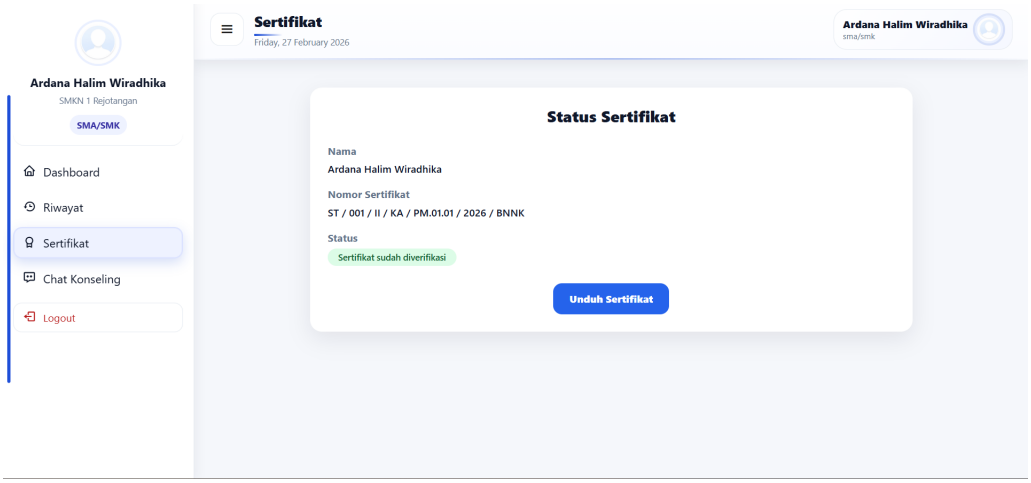
Halaman posttest berfungsi sebagai evaluasi akhir dengan tampilan soal bertahap. Sistem mendukung navigasi dan penyimpanan jawaban secara otomatis.



Gambar 8. Hasil Implementasi *Interface* Halaman *Posttest*

8) Interface Halaman Sertifikat

Halaman sertifikat menampilkan status kelulusan, informasi dokumen, serta fitur unduh. Desain dibuat informatif untuk memudahkan pengguna memahami status sertifikat.



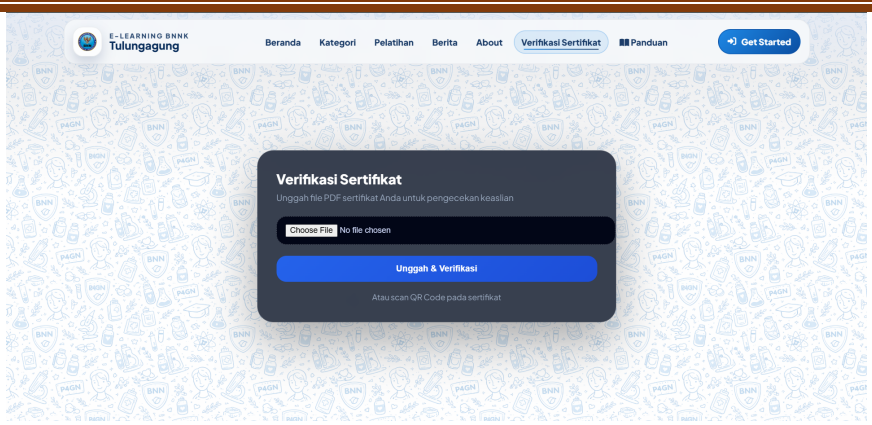
Gambar 9. Hasil Implementasi *Interface* Halaman Sertifikat



Gambar 10. Hasil Implementasi *Interface* Sertifikat

9) Interface Halaman Verifikasi Sertifikat

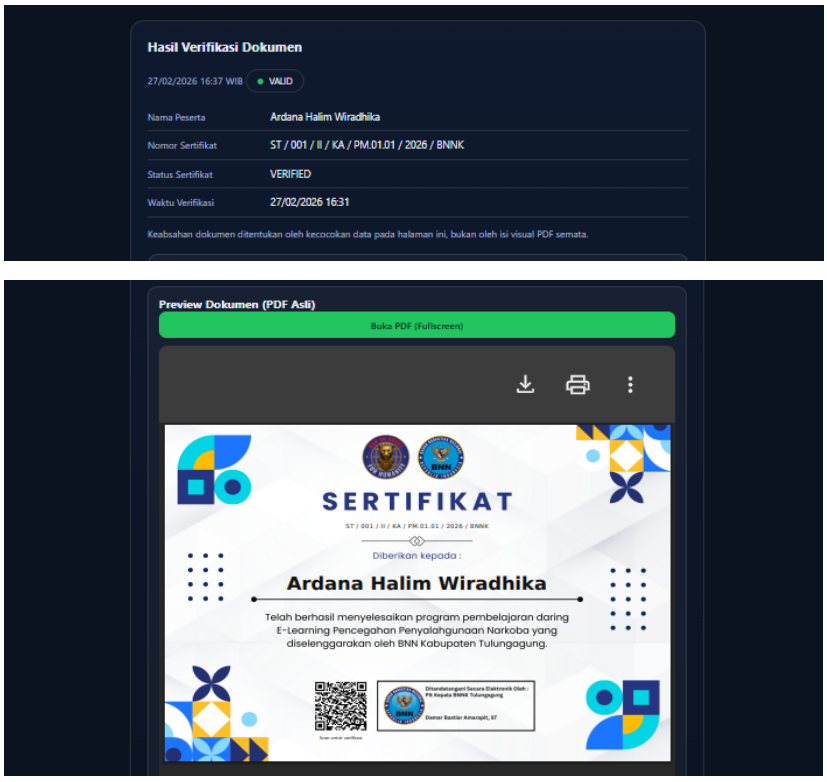
Halaman ini memungkinkan pengguna melakukan validasi sertifikat melalui unggahan file atau QR Code. Fitur ini mendukung pengecekan keaslian dokumen secara mandiri.



Gambar 11. Hasil Implementasi *Interface* Halaman Verifikasi Sertifikat

10) Interface Halaman Hasil Verifikasi

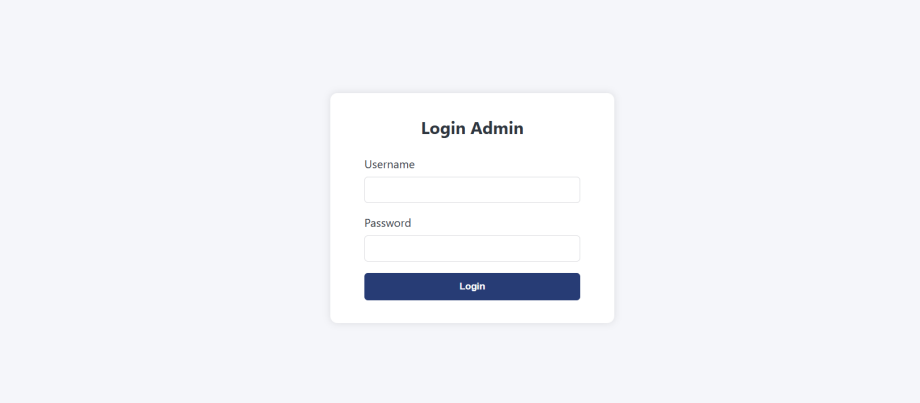
Halaman hasil verifikasi menampilkan status keabsahan sertifikat beserta detail informasi. Tampilan ini memberikan kepastian terhadap validitas dokumen.



Gambar 12. Hasil Implementasi *Interface* Halaman Hasil Verifikasi Dokumen

11) Interface Halaman Login Admin

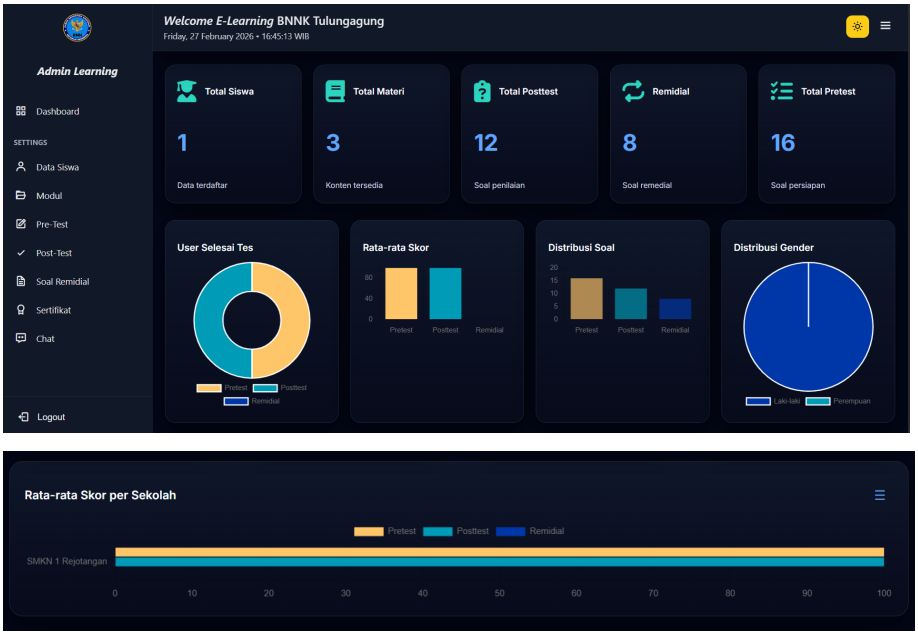
Halaman login admin berfungsi sebagai pengaman akses sistem. Hanya pengguna dengan kredensial valid yang dapat masuk ke halaman administrasi.



Gambar 13. Hasil Implementasi *Interface* Halaman Login Admin

12) Interface Halaman Dashboard Admin

Dashboard admin menyajikan ringkasan data sistem dan visualisasi statistik. Halaman ini mendukung monitoring serta pengambilan keputusan dalam pengelolaan sistem.



Gambar 14. Hasil Implementasi *Interface* Halaman Dashboard Admin

Pembahasan

Pembahasan ini menitikberatkan pada pengembangan, pengujian, dan implementasi sistem e-learning BNN Kabupaten Tulungagung dengan metode Extreme Programming (XP). Metode ini dipilih karena bersifat iteratif dan adaptif, sehingga proses pengembangan dapat berlangsung fleksibel sesuai kebutuhan pengguna. Melalui pendekatan ini, sistem

dikembangkan secara bertahap dengan umpan balik cepat agar lebih efektif dalam memenuhi kebutuhan peserta dan administrator.

Pada tahap awal, dilakukan analisis kebutuhan yang dituangkan dalam bentuk *user story* untuk menggambarkan kebutuhan pengguna. Hasilnya meliputi fitur utama seperti pretest, materi pembelajaran, posttest, remedial, dan sertifikat digital. Tahap desain kemudian menggunakan pendekatan UML, seperti ERD, use case, activity, dan class diagram, guna memberikan gambaran menyeluruh mengenai struktur sistem sebelum diimplementasikan.

Implementasi sistem dilakukan menggunakan framework Laravel dengan arsitektur MVC dan basis data MySQL. Laravel mendukung pengelolaan sistem secara efisien, sementara Blade Template digunakan untuk membangun antarmuka. Setelah pengembangan, dilakukan pengujian seperti Black Box Testing, SUS, performa, dan portability. Hasilnya menunjukkan bahwa seluruh fitur berjalan sesuai fungsi, dengan nilai SUS sebesar 77,19 (kategori Good), serta waktu muat sistem di bawah 2 detik yang menandakan performa baik (Herdipriansyah, 2025; Putra & Suyatno, 2023).

Selain itu, sistem terbukti kompatibel di berbagai browser seperti Chrome, Firefox, Edge, dan Safari, sesuai standar ISO/IEC 25010 (Saidah et al., 2023). Keunggulan e-learning ini terletak pada fleksibilitas akses yang dapat dilakukan kapan saja dan di mana saja, sehingga meningkatkan partisipasi belajar (Suseno et al., 2025). Penggunaan Laravel berbasis MVC juga membuat sistem lebih terstruktur, mudah dikembangkan, dan efisien dalam pengelolaan (Rahmawati & Sumarsono, 2024).

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian, pengembangan website e-learning di BNN Kabupaten Tulungagung dengan menggunakan framework Laravel dan metode Extreme Programming (XP) berhasil menghasilkan sistem yang mampu mendukung proses edukasi bahaya narkoba secara lebih efektif, terstruktur, dan fleksibel. Sistem yang dibangun dilengkapi fitur utama seperti pretest, modul pembelajaran, posttest, remedial, serta sertifikat digital yang seluruhnya telah berjalan sesuai kebutuhan fungsional berdasarkan hasil pengujian. Selain itu, hasil pengujian usability menunjukkan nilai SUS sebesar 77,19 yang termasuk kategori

baik, sementara dari sisi performa sistem memiliki waktu respons yang cepat dan stabil, serta mampu berjalan dengan baik pada berbagai perangkat dan browser. Dengan demikian, sistem e-learning ini dinilai layak digunakan sebagai media pembelajaran digital dan berpotensi meningkatkan jangkauan serta efektivitas program edukasi P4GN di lingkungan BNN Kabupaten Tulungagung.

REFERENSI

Aisyah, S., Widyaningsih, H., Harsono, I., Anurogo, D., & Andarmoyo, S. (2024). The Influence Of Economic Factors, Access To Health Services, And Social Support On Drug Abuse Prevention And Treatment Efforts In Urban Communities In East Java. *West Science Social And Humanities Studies*, *2*(01), 86–95.

Ajayi, V. O. (2023). A Review On Primary Sources Of Data And Secondary Sources Of Data. *Available At Ssrn 5378785*.

Handani, S. S., & Sulistiani, S. (2022). Efektivitas Penggunaan E-Learning Sebagai Media Pembelajaran Mahasiswa Program Studi Ilmu Pengetahuan Sosial (Pips) Unibba Tahun Akademik 2019/2020. *Resource| Research Of Social Education*, *2*(1), 9–19.

Herdipriansyah, A. G. (2025). Analisis Usability Website Organisasi Dengan Metode Sus (Studi Kasus Ybm Pln Smi Berbagi). *Jurnal Rekayasa Teknologi Informasi (Jurti)*, *9*(4), 437–444.

Hidayati, F. N. (2024). Faktor Risiko Penggunaan Napza Di Kalangan Remaja Perkotaan Jawa-Bali Indonesia: Temuan Studi Lintas Nasional. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 12269–12277.

Ilmu, S., Negara, A., Ilmu, F., Surabaya, U. N., Ilmu, S., Negara, A., Ilmu, F., & Surabaya, U. N. (2022). *Manajemen Strategi Badan Narkotika Nasional Provinsi Jawa Timur Dalam Upaya Pencegahan Penyalahgunaan Narkoba Di Jawa Timur Naila Fauza Adhima Trenda Aktiva Oktariyanda*. 2365–2378.

Iskandar Joko, Prasetya Agung, Kartika Sari Yayak, & Agung Cahyono Taufiq. (2022). Analisis Penerimaan Sistem Informasi Akademik Universitas Bhineka Pgri Menggunakan Integrasi Model Tpb Dan Tam. *Jipi (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, *7*(1), 254–263.

Manurung, L. (2024). The Impact Of Drug Abuse On Families And Society (Literature Review). *Msj : Majority Science Journal*, *2*(2 Se-Articles), 239–244. Https://Doi.Org/10.61942/Msj.V2i2.168

Pambudi, A., & Apriandari, W. (2023). An Extreme Programming Approach For Instructor Performance Evaluation System Development. *Journal Of Informatics Information System Software Engineering And Applications (Inista)*, *5*(2), 126–135.

Putra, Y. A., & Suyatno, D. F. (2023). Analisis Performa Rendering Antara Microservice Dan Serverless Firebase Architecture Pada Aplikasi Berbasis Website Menggunakan Google Lighthouse. *Journal Of Emerging Information Systems And Business Intelligence*, *4*(2), 1–13.

Rahmawati, L., & Sumarsono, S. (2024). Desain Pengembangan Website Dengan Arsitektur Model View Controller Pada Framework Laravel. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, *6*(4), 785–790.

Rizky, P., & Usiono. (2023). Upaya Pembentukan Karakter Remaja Bebas Narkoba: Sistematik Literatur Review. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, *4*(4), 4814–4824.

Saidah, M. A., Saputri, H. A., & Zulfachmi, Z. (2023). Analisis Kualitas Aplikasi Aku Pintar Dengan Menggunakan Framework Iso/Iec 25010. *Jurnal Bangkit Indonesia*, *12*(1), 49–55.

Saputri, R. R. (2025). Pentingnya Manajemen Pengelolaan Kelas Untuk Meciptakan Kondisi Pembelajaran Aman Dan Nyaman Pada Kelas 1 Di Sd Islam Al Maarif 02 Singosari Kota Malang. *Jurnal Ilmiah Madrasah*, *2*(2).

Suseno, T., Rukhmana, T., Meirisa, S., Srinikasari, A., Yulianti, A., & Pitri, N. (2025). Efektivitas Penggunaan E-Learning Dalam Meningkatkan Partisipasi Belajar Mahasiswa. *Edu Research*, *6*(2), 2551–2559.

Design and Implementation of a Mobile-Based Export-Import Digital Document Security System Using the AES-256 Encryption Algorithm to Ensure Data Confidentiality and Integrity

Bayu Adi Prasetyo[1)*)], Rio Kurniawan[2)], Suhendro Yusuf Irianto[3)], Amnah[4)]

[1)2)3)4)]Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Institut Informatika dan Bisnis Darmajaya
***)Correspondence author:** Bayu Adi Prasetyo, bayuadiprasetyo2004@email.com, Bandar Lampung, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3420

Abstract

The increasing use of digital documents in export-import activities, especially in government agencies such as the Directorate General of Customs and Excise, has the potential to pose a threat of leaks if not supported by an adequate security system. The design of this security system aims to design and develop a web-based digital export-import document security system by implementing the Advanced Encryption Standard (AES) 256-bit encryption algorithm. The system development was carried out using the Waterfall method by utilizing PHP, HTML, CSS, JavaScript, and MySQL database technology. This system implements encryption and decryption mechanisms on export-import documents in PDF and DOCX formats. Test results indicate that encrypted documents cannot be accessed without a valid decryption process, and data integrity is maintained referring to the AES-256 validation results. This system is able to increase the level of digital document security and minimize the risk of data leaks in a web-based system environment. This research requires the addition of a multi-layer authentication mechanism, the implementation of a more comprehensive encryption key management system, and the development of applications for mobile platforms. The rapid development of information technology has changed the way individuals, organizations, and government institutions manage and distribute information. One of the main impacts is the increasing use of digital import-export documents as the primary medium for storing and exchanging critical data. These documents generally contain sensitive information, requiring security mechanisms capable of ensuring data confidentiality, integrity, and authenticity during storage and distribution.

Keywords: *Document Security, Export-Import, AES-256, Web-Based System*

Abstrak

Meningkatnya pemanfaatan dokumen digital dalam kegiatan ekspor-impor, terutama pada instansi pemerintahan seperti Direktorat Jenderal Bea dan Cukai, berpotensi menimbulkan ancaman kebocoran apabila tidak didukung oleh sistem keamanan yang memadai. Perancangan sistem keamanan ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem keamanan dokumen digital ekspor-impor berbasis web dengan menerapkan algoritma enkripsi Advanced Encryption Standard (AES) 256-bit. Pengembangan sistem dikerjakan menggunakan metode Waterfall dengan memanfaatkan teknologi PHP, HTML, CSS, JavaScript, serta basis data MySQL. Sistem ini mengimplementasikan mekanisme enkripsi dan dekripsi pada dokumen ekspor-impor berformat PDF dan DOCX. Hasil pengujian menandakan bahwa dokumen yang dienkripsi tidak dapat diakses tanpa proses dekripsi yang valid, serta keutuhan data tetap terjaga merujuk pada hasil validasi AES-256. Sistem yang ini mampu meningkatkan tingkat keamanan dokumen digital dan meminimalkan risiko kebocoran data pada lingkungan sistem berbasis web. Penelitian ini perlu penambahan mekanisme autentikasi multi-layer, penerapan sistem pengelolaan kunci enkripsi yang lebih komprehensif, serta pengembangan

aplikasi ke platform mobile. Perkembangan teknologi informasi yang pesat telah mengubah cara individu, organisasi, dan lembaga pemerintahan dalam mengelola serta mendistribusikan informasi. Salah satu dampak utamanya adalah meningkatnya penggunaan dokumen digital ekspor-impor sebagai media utama penyimpanan dan pertukaran data penting. Dokumen tersebut umumnya memuat informasi sensitif sehingga memerlukan mekanisme keamanan yang mampu menjamin kerahasiaan, integritas, dan keaslian data selama proses penyimpanan maupun distribusi.

Kata Kunci : Keamanan Dokumen, Ekspor-Impor, AES-256, Sistem Berbasis Web.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi yang pesat telah mengubah cara individu, organisasi, dan lembaga pemerintahan dalam mengelola serta mendistribusikan informasi. Salah satu dampak utamanya adalah meningkatnya penggunaan dokumen digital ekspor-impor sebagai media utama penyimpanan dan pertukaran data penting. Dokumen tersebut umumnya memuat informasi sensitif sehingga memerlukan mekanisme keamanan yang mampu menjamin kerahasiaan, integritas, dan keaslian data selama proses penyimpanan maupun distribusi (Irwanto, 2024).

Urgensi keamanan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya volume dokumen ekspor-impor yang diproses secara elektronik setiap tahun. Data internal Bea Cukai Bandar Lampung menunjukkan bahwa jumlah dokumen impor kategori BC20 dan BC23 mengalami fluktuasi namun tetap berada pada angka ribuan setiap tahun. Pada 2023 tercatat 2.265 dokumen BC20 dan 853 dokumen BC23, meningkat pada 2024 menjadi 2.330 dan 1.407 dokumen, serta pada 2025 sebesar 2.066 dan 1.085 dokumen (Bea Cukai Bandar Lampung, 2025). Tren serupa juga terlihat pada dokumen ekspor, di mana dokumen BC30 dan P3BET mencapai puluhan ribu setiap tahunnya. Kondisi ini menunjukkan tingginya potensi risiko kebocoran data apabila tidak dilindungi dengan sistem keamanan yang memadai (Bea Cukai Bandar Lampung, 2025).

Dalam konteks tersebut, penerapan kriptografi menjadi solusi penting untuk melindungi data pada kondisi data at rest, data in transit, dan data in use. Salah satu algoritma yang banyak digunakan adalah Advanced Encryption Standard (AES) dengan panjang kunci 256-bit (AES-256), yang dikenal memiliki tingkat keamanan tinggi serta direkomendasikan oleh berbagai standar internasional. Implementasi AES-256 dalam sistem berbasis web

umumnya dikombinasikan dengan pengelolaan kunci yang aman, penggunaan protokol TLS, serta kontrol akses berlapis untuk meminimalkan risiko kebocoran data (Smid, 2021).

Ancaman keamanan siber yang terus meningkat turut memperkuat kebutuhan akan sistem perlindungan dokumen digital. Berbagai laporan menunjukkan adanya peningkatan insiden kebocoran data yang berdampak pada kerugian finansial dan reputasi organisasi (Tactics, 2024). Hal ini menjadi semakin relevan bagi Direktorat Jenderal Bea dan Cukai (DJBC), yang setiap tahunnya memproses ribuan dokumen ekspor-impor berbasis web. Oleh karena itu, diperlukan mekanisme keamanan tambahan berupa fitur enkripsi dan dekripsi dokumen agar hanya pihak berwenang yang dapat mengakses informasi tersebut.

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan AES dalam sistem berbasis web mampu meningkatkan keamanan dokumen digital. Penelitian oleh (Indriyawati et al., 2021) membuktikan bahwa kombinasi AES dan digital signature dapat meningkatkan keamanan dan atribusi dokumen, sedangkan (Indrayani et al., 2025) menunjukkan bahwa AES-256 efektif dalam menjaga integritas file meskipun terdapat sedikit penambahan ukuran akibat padding. Namun, sebagian penelitian masih berfokus pada aspek penyimpanan atau enkripsi dasar, tanpa menekankan pada keamanan proses ekspor dokumen dalam sistem berbasis web (Dio Rachma Putra & Mochamad Sidqon, 2024).

Selain itu, beberapa studi juga mengungkapkan bahwa kelemahan sistem keamanan sering terletak pada manajemen kunci dan kontrol akses. Penelitian oleh (Hayat Arka Putri et al., 2025) menunjukkan bahwa meskipun data berhasil dienkripsi, pengaturan hak akses belum optimal. Sementara itu, (Jordan et al., 2022) menyoroti bahwa fitur kontrol manipulasi dokumen setelah diekspor masih belum menjadi fokus utama.

Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat celah penelitian dalam pengembangan sistem keamanan ekspor dokumen berbasis web yang mengintegrasikan enkripsi AES-256, manajemen kunci yang aman, serta kontrol distribusi dokumen secara terpusat. Penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih komprehensif dengan menggabungkan seluruh aspek tersebut dalam satu sistem terpadu.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan ekspor-impor dokumen berbasis web dengan menggunakan algoritma

AES-256. Sistem ini diharapkan mampu menjamin kerahasiaan, integritas, dan keaslian dokumen selama proses ekspor dan distribusi, serta dapat diintegrasikan ke dalam sistem Bea Cukai.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa perangkat lunak (software engineering) dengan tujuan merancang dan mengembangkan sistem keamanan dokumen digital ekspor-impor berbasis web yang menerapkan algoritma kriptografi AES-256. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian terapan (applied research), karena berfokus pada penyelesaian masalah nyata terkait keamanan dokumen digital pada lingkungan sistem informasi, khususnya pada proses penyimpanan dan distribusi dokumen ekspor-impor.

Rancangan penelitian dilakukan secara sistematis dengan mengacu pada model pengembangan perangkat lunak Waterfall. Model ini dipilih karena memiliki tahapan yang terstruktur dan berurutan, sehingga memudahkan dalam proses pengembangan sistem yang membutuhkan perencanaan matang, terutama dalam implementasi aspek keamanan data. Tahapan dalam metode Waterfall yang diterapkan meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, serta pengujian sistem.

Pada tahap analisis kebutuhan, dilakukan identifikasi terhadap kebutuhan sistem baik dari sisi fungsional maupun non-fungsional. Proses ini melibatkan studi literatur terkait keamanan informasi, kriptografi, serta analisis terhadap kebutuhan pengamanan dokumen ekspor-impor. Selain itu, dilakukan pengumpulan data melalui observasi dan studi dokumentasi terhadap proses pengelolaan dokumen digital, khususnya yang berpotensi mengalami kebocoran atau akses tidak sah. Hasil dari tahap ini berupa spesifikasi kebutuhan sistem yang akan menjadi dasar dalam proses perancangan.

Tahap selanjutnya adalah perancangan sistem (system design), yang bertujuan untuk menggambarkan arsitektur dan alur kerja sistem secara menyeluruh. Perancangan dilakukan menggunakan beberapa alat bantu pemodelan seperti use case diagram, flowchart, activity diagram, dan class diagram. Pada tahap ini juga dirancang struktur basis data yang digunakan untuk menyimpan informasi dokumen, log aktivitas, serta data pendukung lainnya. Selain

itu, dirancang pula mekanisme enkripsi dan dekripsi dokumen menggunakan algoritma AES-256, termasuk proses pengelolaan kunci enkripsi.

Tahap implementasi sistem dilakukan dengan menerjemahkan hasil perancangan ke dalam bentuk aplikasi berbasis web. Sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP pada sisi backend, serta HTML, CSS, dan JavaScript pada sisi frontend. Pengelolaan data dilakukan menggunakan database MySQL, sementara lingkungan pengembangan memanfaatkan web server Apache melalui XAMPP. Pada tahap ini, fitur utama yang dikembangkan meliputi proses unggah dokumen, enkripsi dokumen sebelum penyimpanan, dekripsi dokumen saat diakses, serta fitur ekspor file yang telah diamankan.

Selanjutnya, dilakukan tahap pengujian sistem untuk memastikan bahwa sistem yang dibangun dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan. Pengujian difokuskan pada aspek utama, yaitu: (1) pengujian fungsionalitas sistem untuk memastikan setiap fitur berjalan dengan baik, (2) pengujian kinerja proses enkripsi dan dekripsi untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam pengolahan dokumen, serta Selain itu, dilakukan validasi terhadap hasil dekripsi untuk memastikan integritas data tetap terjaga dan tidak mengalami perubahan dari file asli.

Subjek dalam penelitian ini adalah sistem keamanan dokumen digital yang dirancang untuk menangani file ekspor-impor dengan format umum seperti PDF dan DOCX. Sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai media penyimpanan, tetapi juga sebagai mekanisme proteksi data melalui penerapan kriptografi. Dengan pendekatan ini, diharapkan sistem mampu memberikan perlindungan terhadap kerahasiaan, integritas, dan keamanan dokumen digital dalam lingkungan berbasis web.

Secara keseluruhan, metode penelitian yang digunakan mengintegrasikan pendekatan rekayasa sistem dengan implementasi teknik kriptografi modern, sehingga menghasilkan solusi yang tidak hanya bersifat konseptual tetapi juga aplikatif dalam meningkatkan keamanan dokumen digital.

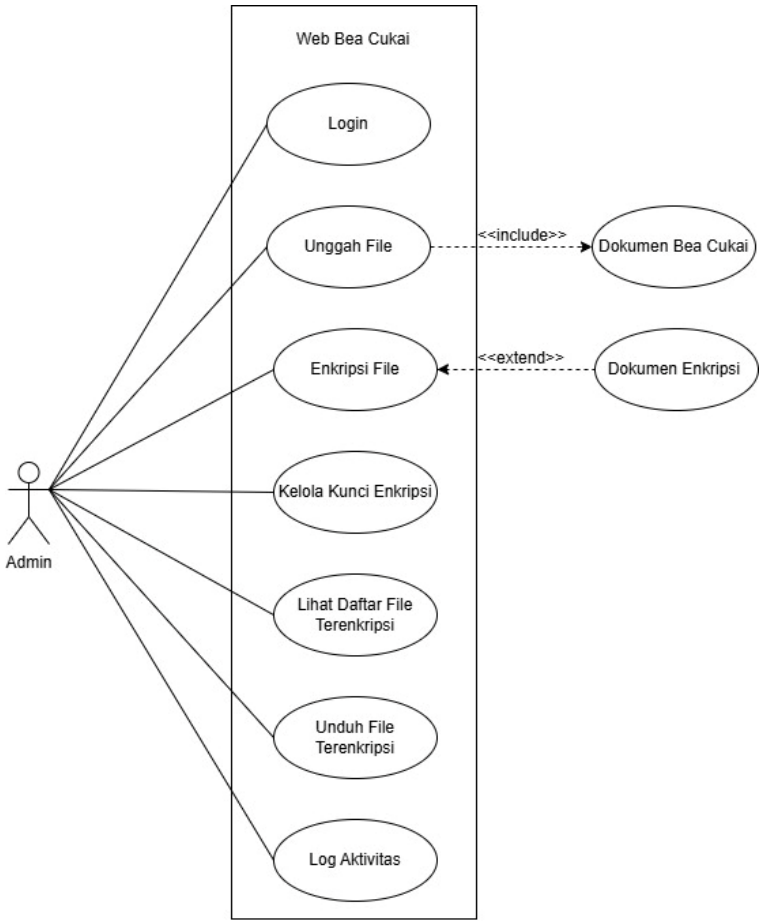
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Sistem (System Design)

Pada segmen ini dikerjakan perancangan arsitektur sistem, Flowchart, use case diagram, Actifity Diagram, perancangan antarmuka pengguna (UI atau UX), serta implementasi algoritma AES-256 untuk mengamankan dokumen digital.

1. Use Case Diagram Admin

Use Case Diagram menggambarkan interaksi admin dengan fungsi utama sistem, meliputi unggah, enkripsi, penyimpanan, dan akses dokumen melalui aplikasi mobile. Proses ini menggunakan AES-256 untuk menjaga kerahasiaan data..



Gambar 1. Use Case Diagram Admin

Penjelasan: “

a. Aktor: Pengendalian seluruh mekanisme sistem berada pada satu pengguna khusus, ialah admin, yang bertanggung jawab atas pengaturan akses dan pengelolaan file dengan perlindungan enkripsi.
b. Use Case Utama dalam Sistem, Use case yang berada di dalam batas sistem “Web Bea Cukai” meliputi:
    - Login: Pengoperasian fitur lanjutan dikunci oleh prosedur pengenalan pengguna yang memastikan bahwa hanya admin resmi yang dapat mengakses sistem.
    - Unggah File: Admin dapat mengunggah file dokumen ke dalam sistem. Use case ini memiliki relasi (include) dengan use case Dokumen Bea Cukai, yang menandakan bahwa setiap pengunggahan file harus melibatkan spesifikasi dokumen yang ditentukan.
    - Enkripsi File: Setelah file diunggah, admin dapat melakukan proses enkripsi untuk menjaga kerahasiaan dokumen. Proses ini memiliki hubungan (extend) dengan use case Dokumen Enkripsi, yang berarti fitur tambahan dapat terjadi jika kondisi tertentu terpenuhi (misalnya pengaturan metode enkripsi tambahan).
    - Kelola Kunci Enkripsi: Admin dapat mengelola kunci enkripsi yang dipakai dalam proses pengamanan dokumen, seperti membuat, memperbarui, atau menghapus kunci.
    - Lihat Daftar File Terenkripsi: Admin dapat menampilkan daftar seluruh file yang sudah terenkripsi di dalam sistem.
    - Unduh File Terenkripsi: Admin dapat mengunduh kembali file yang telah diproses dan disimpan dalam bentuk terenkripsi.
    - Log Aktivitas: Fasilitas ini memungkinkan admin melihat riwayat aktivitas sistem, termasuk aktivitas unggah, enkripsi, maupun unduhan. Fitur ini sangat penting untuk kebutuhan audit dan keamanan.

- Include (Unggah File: Dokumen Bea Cukai) Menandakan bahwa setiap proses unggah file harus melibatkan dokumen dari Bea Cukai sebagai bagian dari prosedur standar.
- Extend (Enkripsi File: Dokumen Enkripsi) Menandakan bahwa proses enkripsi dapat diperluas dengan fungsi tambahan terkait dokumen enkripsi jika diperlukan."

c. Batas Sistem

Seluruh use case berada dalam kotak bertajuk Web Bea Cukai, yang menggambarkan fungsionalitas yang berada di dalam ruang lingkup sistem yang dikembangkan.

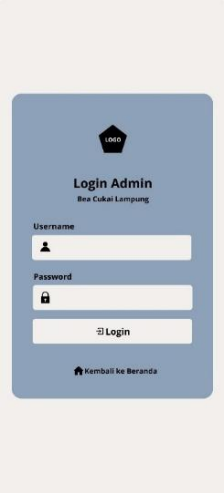
2. Rancangan Antar Muka(Interface) Program

Tampilan web Bea cukai yang sudah ada untuk di kembangkan lagi di tambah fitur enkripsi dan dekripsi dokumen.



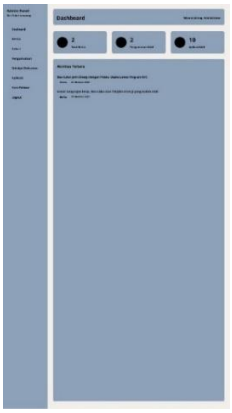
Gambar 2. Tampilan web Bea Cukai

Tampilan login admin web Bea cukai.



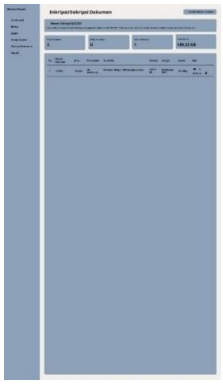
Gambar 3. Tampilan Login Admin web Bea Cukai

Tambahan untuk fitur enkripsi dan dekripsi di halaman dashboard admin.



Gambar 4. Halaman Dashboard Admin

Tampilan dari halaman Enkripsi dan dekripsi dokumen dari halaman Admin.

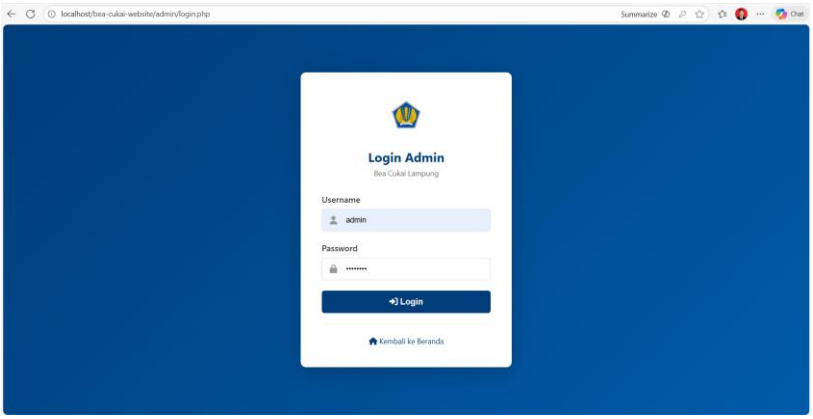


Gambar 5. Tampilan Halaman Enkripsi/Dekripsi Dokumen di Halaman Admin

Tampilan Admin

1. Halaman Login Admin

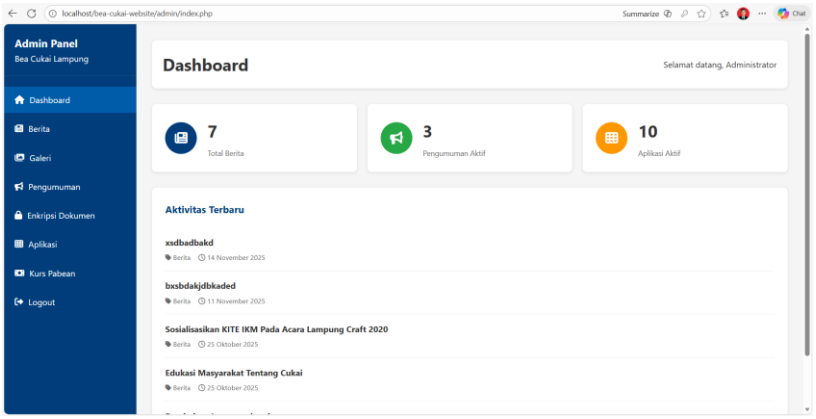
   Halaman Login Admin merupakan pintu masuk sistem yang digunakan untuk memastikan hanya pengguna berwenang yang dapat mengakses fitur pengelolaan dokumen.



Gambar 6. Halaman Login

2. Halaman Dashboard

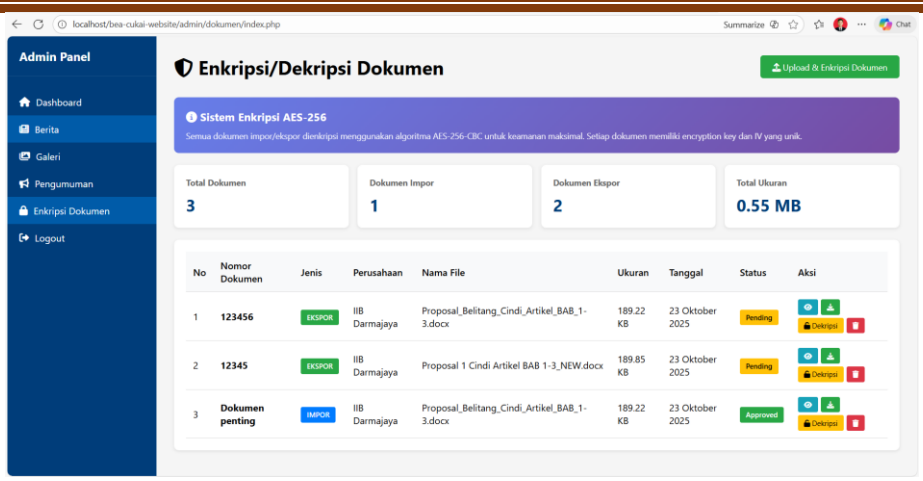
   Halaman Dashboard merupakan tampilan utama setelah login yang berfungsi sebagai pusat kontrol admin dalam mengelola keamanan dokumen dan aktivitas sistem.



Gambar 7. Halaman Dashboard

3. Halaman Enkripsi Dekripsi Dokumen

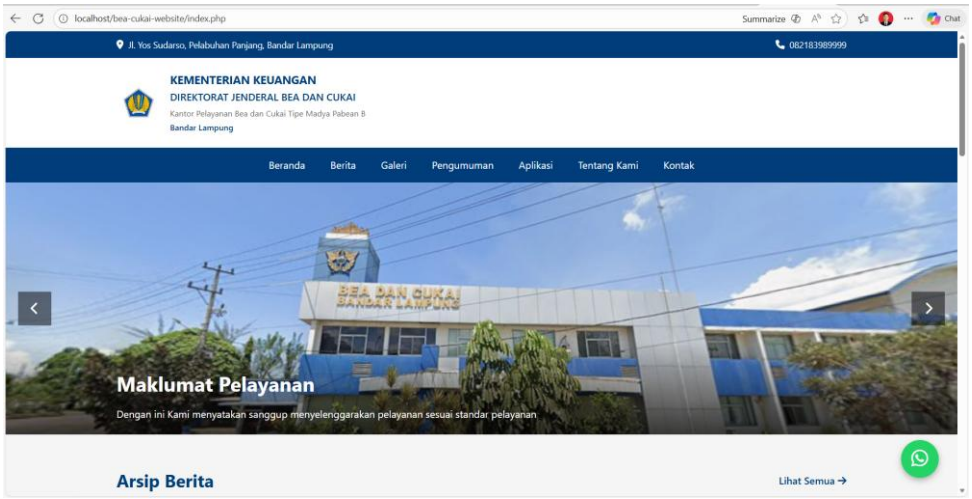
   Halaman Enkripsi dan Dekripsi merupakan fitur inti yang memungkinkan admin mengamankan dokumen menggunakan algoritma AES-256.



Gambar 8. Halaman Enkripsi Dekripsi Dokumen

Tampilan Homepage

Halaman Beranda yakni halaman utama yang pertama kali ditampilkan kepada pengguna setelah masuk ke web mobile. Halaman ini berguna sebagai pusat informasi umum dan navigasi awal bagi pengguna non-admin, seperti eksportir atau importir, yang memerlukan akses cepat terhadap informasi penting tanpa harus masuk ke fungsi-fungsi khusus admin.



Gambar 9. Halaman Beranda

Pengujian Fungsi Sistem

1. Pengujian Waktu Enkripsi dan Dekripsi

Pengujian waktu dikerjakan dengan mengenkripsi dan mendekripsi file dengan ukuran yang berbeda mulai dari 1 MB hingga 10 MB. Tujuan pengujian ini ialah mengetahui seberapa cepat algoritma AES-256 memproses data merujuk pada besarnya ukuran file. Tabel pengujian waktu enkripsi dan dekripsi ditunjukkan berikut ini:

Tabel 1. Waktu Enkripsi dan Dekripsi File

No	Ukuran File	Waktu Enkripsi(ms)	Waktu Dekripsi(ms)
1	1 MB	2.41 ms	3.16 ms
2	2 MB	7.43 ms	2.45 ms
3	3 MB	13.67 ms	2.23 ms
4	4 MB	10.99 ms	4.01 ms
5	5 MB	12.42 ms	3.04 ms
6	6 MB	26.02 ms	5.04 ms
7	7 MB	19.60 ms	8.88 ms
8	8 MB	29.89 ms	7.05 ms
9	9 MB	27.50 ms	5.29 ms
10	10 MB	36.35 ms	9.19 ms

Analisis:

a. Waktu enkripsi meningkat seiring bertambahnya ukuran file, sesuai karakteristik algoritma blok AES-256.
b. Waktu dekripsi cenderung lebih kecil dibandingkan enkripsi.
c. Tidak ditemukan error atau kegagalan proses pada setiap ukuran file.

2. Pengujian Validasi AES-256 File Asli dan File Setelah Dekripsi

Pengujian validasi AES-256 dilakukan untuk memastikan proses enkripsi dan dekripsi tidak mengubah isi dokumen. Pengujian ini berfokus pada integritas data dengan membandingkan nilai hash antara file asli dan hasil dekripsi. Hasil menunjukkan bahwa kedua nilai identik, sehingga membuktikan data tetap utuh tanpa perubahan. Algoritma AES-256 akan menghasilkan nilai yang berbeda total apabila terjadi perubahan sekecil apa pun pada konten file. Didapatkan hasil pengujian :

Tabel 2. Validasi AES-256 File Asli dan File Setelah Dekripsi

No	Ukuran File	AES-256(file asli)	AES-256(file setelah dekripsi)	Validasi Kesesuaian
1	1 MB	881A52E5C33DB29FFD8213A1E7399F387CAEC37A1CCD9D44D867AB1C8AF4D5E0	881A52E5C33DB29FFD8213A1E7399F387CAEC37A1CCD9D44D867AB1C8AF4D5E0	Sesuai
2	2 MB	73A9A95DAD992C005AF968BFECAA618CE83BF6D8453256304F8134639DE516B4	73A9A95DAD992C005AF968BFECAA618CE83BF6D8453256304F8134639DE516B4	Sesuai
3	3 MB	AFCB9C9EFB6960B4CC73365FC6E9B201B1DD23787423E3EC46C01D15A6733C48	AFCB9C9EFB6960B4CC73365FC6E9B201B1DD23787423E3EC46C01D15A6733C48	Sesuai
4	4 MB	89BB3130293DA57DA7450E0BC5F89AABC127D9A5FA04B24174BDB914A4FBE593	89BB3130293DA57DA7450E0BC5F89AABC127D9A5FA04B24174BDB914A4FBE593	Sesuai
5	5 MB	030154C5F026128350360E56362316C29E1A43AC874684867BE6B5B4E76B3C95	030154C5F026128350360E56362316C29E1A43AC874684867BE6B5B4E76B3C95	Sesuai
6	6 MB	90F9E045A7AB1ED3A71BCFD267B98DAAD96184392B7C6D1EE9306840535E6770	90F9E045A7AB1ED3A71BCFD267B98DAAD961843 92B7C6D1EE9306840535E6770	Sesuai
7	7 MB	962FEA51ABF936CF60E5A7A5C14442568BB52A5C2A4AC9E41B243A2F1402FBB4	962FEA51ABF936CF60E5A7A5C14442568BB52A5C2A4AC9E41B243A2F1402FBB4	Sesuai
8	8 MB	BFB34BF0CF02CD28B311716F0935E1BEE037C221A68A6D3991E11D33F56492B7	BFB34BF0CF02CD28B311716F0935E1BEE037C221A68A6D3991E11D33F56492B7	Sesuai
9	9 MB	A82BFC4FED163E4BAB20E3A81587BDDEF096E2A947DBE6E3979E1EA9A69725AD	A82BFC4FED163E4BAB20E3A81587BDDEF096E2A947DBE6E3979E1EA9A69725AD	Sesuai
10	10 MB	1AF3E69E0C23CD2B9FA6A1D39071A4E794E5F68536D3A93076DEE240F57D45A9	1AF3E69E0C23CD2B9FA6A1D39071A4E794E5F68536D3A93076DEE240F57D45A9	Sesuai

Analisis:

a. Seluruh nilai AES-256 file asli dan hasil dekripsi identik.

b. Ini membuktikan tidak ada perubahan bit atau kerusakan data selama proses enkripsi-dekripsi.

c. Integritas data terjamin dan algoritma AES-256 bekerja sesuai standar keamanan.

3. Kesimpulan Pengujian Enkripsi dan Dekripsi

Merujuk pada seluruh rangkaian pengujian, dapat disimpulkan bahwa:

a. Sistem berhasil melakukan enkripsi dan dekripsi file dengan waktu pemrosesan yang sesuai dengan ukuran file.
b. Nilai AES-256 file asli dan file hasil dekripsi identik, membuktikan integritas file terjaga.
c. Seluruh fungsi utama sistem-enkripsi, dekripsi, validasi ukuran, dan validasi integritas berjalan berhasil 100%.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Merujuk pada hasil penelitian, perancangan, implementasi, dan pengujian terhadap Sistem Keamanan Dokumen Digital Ekspor-Impor Berbasis Mobile Menggunakan Enkripsi AES-256, Dari keseluruhan pembahasan dan temuan yang dikaji, dapat ditarik beberapa pokok kesimpulan:

1. Sistem keamanan dokumen digital ekspor-impor berbasis mobile berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan fitur unggah, enkripsi, penyimpanan, dekripsi, dan pengunduhan yang terintegrasi, sehingga mampu melindungi dokumen penting dari akses tidak sah.
2. Penerapan algoritma AES-256 terbukti efektif dalam menjaga kerahasiaan dan integritas dokumen, karena file hanya dapat diakses dengan kunci yang benar dan dapat dikembalikan tanpa perubahan.
3. Proses enkripsi dan dekripsi berjalan stabil dan efisien berdasarkan hasil pengujian, tanpa error atau kerusakan data.
4. Sistem memberikan lapisan keamanan tambahan melalui mekanisme autentikasi dan pengelolaan kunci, sehingga meminimalkan risiko kebocoran data.

5. Penelitian ini berkontribusi sebagai solusi keamanan dokumen digital yang dapat diterapkan pada sistem kepabeanan untuk melindungi dokumen ekspor-impor.

REFERENSI

Arianty, K. P. (2025). Analysis of Information Security Management System Implementation at BSN. Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT, 10(1), 119–129. https://doi.org/10.30591/jpit.v10i1.8211

Dio Rachma Putra, & Mochamad Sidqon. (2024). Rancang Bangun Sistem Informasi E-Arsip Berbasis Website Untuk Pengamanan Dokumen Menggunakan Metode Advance Encryption Standard (Aes) Dkpp Kota Surabaya. Jurnal Rekayasa Sistem Informasi Dan Teknologi, 2(1), 445–454. https://doi.org/10.59407/jrsit.v2i1.972

Guy-Cedric, T. B. I., & R., S. (2018). A Comparative Study on AES 128 BIT AND AES 256 BIT. International Journal of Scientific Research in Computer Science and Engineering, 6(4), 30–33. https://doi.org/10.26438/ijsrcse/v6i4.3033

Hayat Arka Putri, Z., Arye Yustraini, Y., Ariansyah, R., Choirun Nisa, N., Dyar Wahyuni, E., & Brastama Putra, A. (2025). Pengamanan Data Akademik Berbasis Web dengan Enkripsi AES-256 (Studi Kasus pada Pendataan Digital SMA XYZ). Jnatia, 3(3), 2025.

Indrayani, R., Ferdiansyah, P., & Koprawi, M. (2025). Analisis Penggunaan Kriptografi Metode AES 256 Bit pada Pengamanan File dengan Berbagai Format. Digital Transformation Technology, 4(2), 1245–1251. https://doi.org/10.47709/digitech.v4i2.5457

Indriyawati, H., Winarti, T., & Vydia, V. (2021). Web-based document certification system with advanced encryption standard digital signature. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 22(1), 516–521. https://doi.org/10.11591/ijeecs.v22.i1.pp516-521

Irwanto, D. (2024). File Encryption and Decryption Using Algorithm Aes-128 Bit Based Website. MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science, 4(2), 670–677. https://doi.org/10.57152/malcom.v4i2.1305

Jordan, Y., Anwar, E. L., Habibi, R., & Riza, N. (2022). Untuk Mengamankan File Dokumen. 16(2).

Maria, M. (2024). Usable Privacy and Security Features in Smartwatches. June. https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/158852/MakelaMaria.pdf

NIST. (2001). FIPS 197 Advanced encryption standard. Federal Information Processing Standards Publication Advanced, 91–126.

Paar, C., & Pelzl, J. (2009). Chapter 4 – The Advanced Encryption Standard (AES). Understanding Cryptography.

Rainer, R. K., Prince, B., Sánchez-Rodríguez, C., Ebrahimi, S., & Splettstoesser, I. (2023). Introduction to Information Systems. John Wiley & Sons Canada, Limited.

Sharma, S., Verma, Y., & Nadda, A. (2019). Information Security Cyber Security Challenges. International Journal of Scientific Research in Computer Science and Engineering, 7(1), 10–15. https://doi.org/10.26438/ijsrcse/v7i1.1015

Smid, M. E. (2021). Development of the advanced encryption standard. Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology, 126(126024), 1–18. https://doi.org/10.6028/JRES.126.024

Spyridon Samonas, & David Coss. (2017). The CIA strikes back: Redefining confidentiality, integrity, and availability in security. Journal of Information System Security, 10(3), 21–45.

Stallings, W. (2020). Cryptography and Network Security Chapter 11 Fifth Edition. Network Security, 2–13.

Sychev, Y. (2023). Fundamentals of information security. Fundamentals of Information Security. https://doi.org/10.12737/1932260

Tactics, C. C. (2024). Data Leakage 2024 + : Current Cyberthreat Tactics and Beyond .

Analysis of Sales Patterns in Retail Stores Using the Apriori Algorithm with Rapid Miner

Suherman [1)*)], Shelly Octaviani [2)], Irfan Afriantoro [3)]

[1)2)3)] Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa
[*)]**Correspondence author**: suherman@pelitabangsa.ac.id, Cikarang, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3426

Abstract

Today's society tends to want things to be fast and efficient, for example, when ordering food or drinks at a cafe. In business, customer satisfaction and quality service are crucial. Therefore, a solution or idea emerged that could simplify ordering through the use and assistance of QR code technology. Menu ordering at Bravura Cafe is still done manually. It can be seen from the recording of transactions that still use sheets of paper, as well as ineffective ordering activities. This causes employees to be quite overwhelmed when the cafe is busy, this can also hamper the performance and quality of service at Bravura cafe. QR code is a system that uses a two-dimensional image code which also comes from the evolution of Barcode. The use of QR codes is very common in many countries. This is because of its ability to store more data than a barcode so that it is able to encode information in various languages. In this study, the research method used is the waterfall method. The design method uses unified modeling (UML). The analysis carried out includes analysis of the current system and analysis of the proposed system. The results of this study are a web-based menu ordering information system using a QR Code with the waterfall method. The author hopes that this system will be useful in facilitating the work of employees and improving service quality.

Keywords: *Information System, Web, Cafe, QR Code, Waterfall Method*

Abstrak

Masyarakat saat ini cenderung menginginkan sesuatu hal yang cepat dan efisien misalkan dalam pemesanan menu makanan/minuman di sebuah kafe. Dalam sebuah bisnis , kepuasan dari kualitas pelayanan pelanggan merupakan hal yang sangat penting. Maka dari itu munculah solusi atau ide yang dapat memudahkan pemesanan menu dengan pemanfaatan dan bantuan teknologi kode QR. Pemesanan menu pada Bravura Cafe masih dilakukan dengan cara manual.terlihat dari aktifitas pemesanan menu dan pencatatan transaksi yang masih menggunakan lembaran kertas. Hal ini menyebabkan pegawai cukup kewalahan saat cafe sedang ramai , hal ini juga bisa menghambat kinerja dan kualitas pelayanan pada Bravura cafe. QR code merupakan sebuah system yang menggunkan kode gambar dua imensi yang juga berasal dari evolusi Barcode. Penggunaan kode QR sudah sangat lazim di berbagai negara. Hal ini dikarenakan kemampuannya menyimpan data yang lebih besat daripada barcode sehingga mampu mengkodekan informasi dalam berbagai macam Bahasa. Dalam penelitian ini, metode penelitian yang digunakan adalah metode waterfall. Adapun metode perancangannya menggunakan unified modelling (UML). Analisis yang dilakukan mencakup analisis system yang berjalan dan analisis system yang diusulkan. Hasil dari penelitian ini berupa sistem informasi pemesanan menu berbasis web menggunakan QR Code dengan metode waterfall Penulis berharap sistem ini nantinya akan berguna dalam memudahkan pekerjaan pegawai dan meningkatkan kualitas pelayanan .

Kata Kunci: Sistem informasi, Web, Cafe, QR Code, Metode Waterfall

PENDAHULUAN

Masyarakat saat ini cenderung menginginkan sesuatu hal yang cepat dan efisien misalkan dalam pemesanan menu makanan/minuman di sebuah kafe. Dalam sebuah bisnis , kepuasan dari kualitas pelayanan pelanggan merupakan hal yang sangat penting. Terdapat beberapa masalah yang sering terjadi pada sebuah cafe, diantaranya karyawan restoran yang salah mengantarkan pesanan karena tumpukan kertas yang berantakan saat café sedang ramai , pelanggan cukup menghabiskan banyak waktu dalam memesan makanan mulai dari menunggu pelayanan untuk mencatat makanan hingga pesanan sampai, selain itu, penggunaan tenaga kerja yang terbatas pada bravura cafe menjadikan karyawan cukup kewalahan dalam mengatur pesanan dan mencatat daftar pesanan sehingga pelayanan akan terhambat dan menimbulkan ketidakpuasan pelanggan. Buku menu yang terus berubah saat ada menu baru atau menu yang tidak tersedia akan menambah biaya operasional yang di keluarkan.

Maka dari itu munculah solusi atau ide yang dapat memudahkan pemesanan menu dengan pemanfaatan dan bantuan teknologi kode QR, Kode QR atau Quick Response Code merupakan gambar dua dimensi yang berfungsi untuk menyimpan data berupa teks, baik numerik, alfanumerik, maupun kode biner yang merupakan bagian dari kode tersebut. Kode QR bertujuan untuk menyampaikan informasi dan mendapatkan respons yang cepat. Berbeda dengan kode batang, yang hanya menyimpan informasi secara horizontal, kode QR mampu menyimpan informasi secara horizontal dan vertikal, secara otomatis Kode QR dapat menampung informasi yang lebih banyak daripada kode batang.

Berdasarkan uraian diatas juga pertimbangan ketersediaan teknologi dan informasi serta tingkat kebutuhan pelanggan dalam hal kualitas pelayanan, maka penulis bermaksud membuat sebuah program dengan judul “Sistem informasi pemesanan menu berbasis web menggunakan QR Code dengan metode waterfall pada Bravura cafe.” yang diharapkan mampu memudahkan layanan informasi pemesanan menu , serta pengolahan data transaksi dengan memindai QR Code yang ditempelkan pada setiap meja menggunakan kamera smartphone, serta pada sisi server yang mampu melakukan rekap data pemesanan dan melanjutkan ke tahap transaksi pembayaran.

Sistem informasi adalah kumpulan dari beberapa system yang didalam suatu organisasi yang mengumpulkan, memproses, menyimpan dan mendistribusikan informasi sebagai pendukung pengambilam keputusam dan pengendalian dalam organisasi (Rasefta & Esabella, 2020).

Web adalah aplikasi sistem informasi yang berupa teks, gambar, suara dan multimedia yang berjalan pada internet atau intranet (Oktora, Agustine, & Sofyan, 2020).

Pengertian QR Code atau Kode QR adalah salah satu jenis kode matriks atau kode atang dua dimensi yang dikembangkan Denso Wave, Denso Wave adalah sebuah divisi di perusahaan Denso Corporation Jepang, QR Code pertama kali dipublikasikan pada tahun 1994. Sedangkan perangkat yang digunakan untuk membaca QR Code disebut QR Scaner, atau pemindai QR. QR merupakan singkatan dari Quick response, dalam bahasa Indonesia yang berarti respon cepat, singkatan ini sesuai dengan tujuan utama dari QR Code yaitu menyampikan informasi pada kode dengan cepat dan respon yang cepat pula. Perlu diketahui juga bahwa awalnya kode QR digunakan untuk pelacakan kendaraan di bagian manufaktur, namun kini kode QR digunakan dalam konteks yang lebih luas (Anggreani, 2016).

Waterfall Model adalah model klasik yang bersifat sistematis, berurutan dalam membangun software. Waterfall Model terdiri dari 5 tahapan untuk pengembangan (Fidelson, 2020).

Visual Studio Code (VS Code) ini adalah sebuah teks editor ringan dan handal yang dibuat oleh Microsoft untuk sistem operasi multiplatform, artinya tersedia juga untuk versi Linux, Mac, dan Windows. Teks editor ini secara langsung mendukung bahasa pemrograman JavaScript, Typescript, dan Node.js, serta bahasa pemrograman lainnya dengan bantuan plugin yang dapat dipasang via marketplace Visual Studio Code (R. Febrian, F. Dzulfaqor, M. N. Lestari, A. A. Romadhon, and E. Widodo 2018.)

PHP merupakan salah satu bahasa pemograman berbasis web dimana sistem yang diterapkan adalah pada sisi server side. PHP dapat disisipkan diantara skrip-skrip bahasa HTML dan arena bahasa server side lainnya, dengan itu maka PHP akan dieksekusi secara langsung pada server. Sedangkan browser akan mengeksekusi halaman web tersebut melalui server yang kemudian akan menerima tampilan “hasil jadi” dalam bentuk HTML, sedangkan kode PHP itu sendiri tidak akan dapat terlihat (K. S. Haryana, 2008).

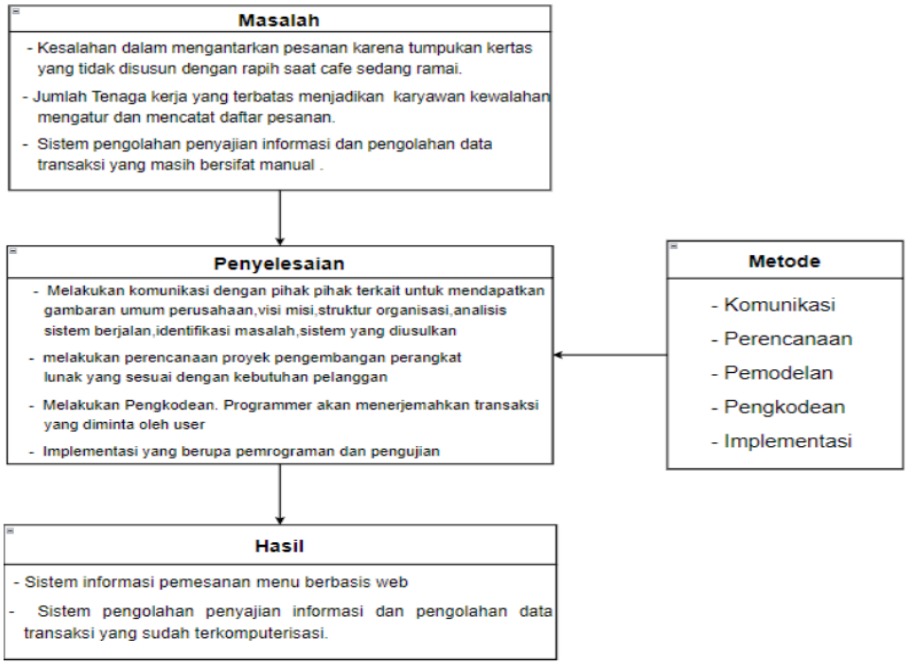
HTML (Hyper Text Markup Language) adalah sekumpulan symbol simbol atau tag-tag yang dituliskan dalam sebuah file yang dimaksudkan untuk menampilkan halaman pada web browser. Tag-tag tadi memberitahu browser bagaimana menampilkan halaman web dengan lengkap kepada pengguna.Tag-tag HTML selalu diawali dengan <x> dan diakhiri dengan </x> dimana x tag HTML seperti b, i, u dan sebagainya.Sebuah halaman website akan diapit oleh tag <html>……</html>. Setiap file HTML selalu berakhiran ekstensi *.htm atau *.html. Jadi jika menemukan file dengan ekstensi *.html berarti file tersebut adalah berformat HTML (Belajar, HTML,CSS,PHP dan MySQL, Arista Prasetyo Adi,2026).

Basis data (database) adalah suatu kumpulan data yang disusun dalam bentuk tabel-tabel yang saling berkaitan maupun berdiri sendiri dan disimpan secara bersama-sama pada suatu media. Basis data dapat digunakan oleh satu atau lebih program aplikasi secara optimal, data disimpan tanpa mengalami ketergantungan pada program yang akan menggunakannya. Database didefinisikan sebagai himpunan rekaman atau data yang terstruktur di dalam sebuah komputer sehingga sebuah program dapat mengakses rekaman atau data tersebut untuk menjawab suatu query (Pradana & Hardi, 2021).

UML (Unified Modeling Language) merupakan pengganti dari metode analisis berorientasi object dan design berorientasi object (OOAD&D/object oriented analysis and design) yang dimunculkan sekitar akhir tahun 80-an dan awal tahun 90-an. UML merupakan gabungan dari metode Booch, Rumbaugh (OMT) dan Jacobson. Tetapi UML mencakup lebih luas daripada OOAD. Pada pertengahan saat pengembangan UML, dilakukan standarisasi proses dengan OMG(Object Management Group) dengan harapan UML bakal menjadi bahasa standar pemodelan pada masa yang akan datang (yang sekarang sudah banyak dipakai oleh berbagai kalangan) (Rosa A.S ; M.Shalahuddin.2015).

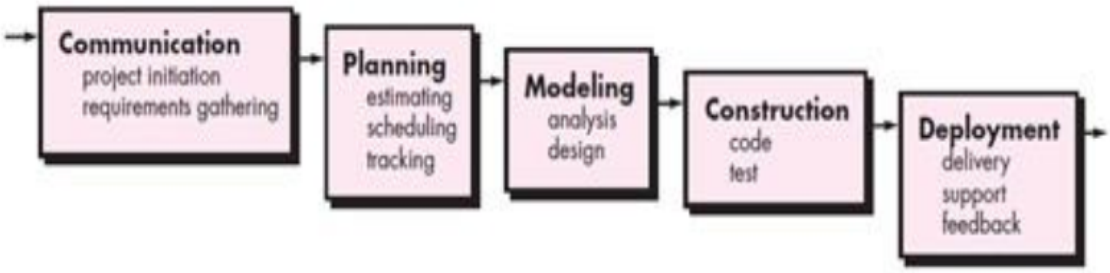
METODE PENELITIAN

Kerangka pemikiran merupakan bagan alur untuk menghubungkan rumusan masalah dan pendekatan penelitian (approach) yang dihasilkan dari teori/konsep/model yang ada di landasan teori. Berikut Kerangka berpikir dari penelitian ini :



Gambar 1. Kerangka Berfikir

Waterfall Model adalah model klasik yang bersifat sistematis, berurutan dalam membangun software. Waterfall Model terdiri dari 5 tahapan untuk pengembangan. Berikut adalah penjelasan dari tahap – tahap yang dilakukan di dalam model ini menurut Pressman:



Gambar 2. Waterfall Model

1. **Communication (Project Initiation & Requirements Gathering)**

   Sebelum memulai pekerjaan yang bersifat teknis, sangat diperlukan adanya komunikasi dengan customer demi memahami dan mencapai tujuan yang ingin dicapai. Hasil dari komunikasi tersebut adalah inisialisasi proyek seperti menganalisis permasalahan yang dihadapi dan mengumpulkan data-data yang diperlukan, serta membantu mendefinisikan

fitur dan fungsi dari aplikasi. Pengumpulan data-data tambahan bisa juga diambil dari jurnal, artikel, paper dan internet.

2. **Planning (Estimating, Scheduling, Tracking)**

   Tahap berikutnya adalah tahapan perencanaan yang menjelaskan tentang estimasi tugas-tugas teknis yang akan dilakukan, resiko-resiko yang dapat terjadi, sumber daya yang diperlukan dalam membuat sistem, produk kerja yang ingin dihasilkan, penjadwalan kerja yang akan dilaksanakan, dan tracking proses pengerjaan sistem.

3. **Modeling (Analysis & Design)**

   Tahapan ini adalah tahap perancangan dan pemodelan arsitektur system yang berfokus pada perancangan struktur data, arsitektur software, tampilan interface, dan algoritma program. Tujuannya untuk lebih memahami gambaran besar dari apa yang akan dikerjakan.

4. **Construction (Code & Test)**

   Tahapan ini merupakan proses penerjemahan bentuk desain menjadi kode atau bentuk bahasa yang dapat dibaca oleh mesin. Setelah pengkodean selesai, dilakukan pengujian terhadap sistem dan juga kode yang sudah dibuat. Tujuannya untuk menemukan kesalahan yang mungkin terjadi untuk nantinya diperbaiki.

5. **Deployment (Delivery, Support, Feedback)**

   Tahapan terakhir ini merupakan tahapan implementasi software ke customer, perbaikan software, evaluasi software, dan pengembangan software berdasarkan umpan balik yang diberikan agar sistem dapat tetap berjalan dan berkembang sesuai dengan fungsinya.

Keuntungan menggunakan metode waterfall adalah prosesnya lebih terstruktur, hal ini membuat kualitas software baik dan tetap terjaga. Dari sisi user juga lebih menguntungkan, karena dapat merencanakan dan menyiapkan kebutuhan data dan proses yang diperlukan sejak awal. Penjadwalan juga menjadi lebih menentu, karena jadwal setiap proses dapat ditentukan secara pasti. Sehingga dapat dilihat jelas target penyelesaian pengembangan program. Dengan adanya urutan yang pasti, dapat dilihat pula perkembangan untuk setiap tahap secara pasti. Dari sisi lain, model ini merupakan jenis model yang bersifat dokumen lengkap sehingga proses pemeliharaan dapat dilakukan dengan mudah kelemahan menggunakan metode waterfall adalah bersifat kaku, sehingga sulit melakukan perubahan

di tengah proses. Jika terdapat kekurangan proses/prosedur dari tahap sebelumnya, maka tahapan (Fidelson, 2020).

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan alat bantu yang digunakan oleh peneliti ketika mengumpulkan data. Beberapa perangkat yang digunakan oleh penulis untuk melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perangkat Lunak

   Dalam melakukan penelitian, penulis menggunakan beberapa perangkat lunak (Software) yang digunakan selama penelitian, yaitu sebagai berikut:

   a. Sistem operasi menggunakan Microsoft Windows 10 Ultimate 64-Bit.
   b. Navicat merupakan software database, MySQL dan APACHE merupakan manajemen databasenya.
   c. Visual Studio Code merupakan aplikasi untuk menulis teks editor yang penuh dengan opsi yang digunakan sebagai aplikasi untuk pengodean program.
   d. Drawio merupakan aplikasi untuk membuat UML
   e. Aplikasi antarmuka menggunakan Balsamiq Mockup

2. Perangkat Keras

   Dalam melakukan penelitian, penulis menggunakan beberapa Perangkat keras (hardware) yang digunakan selama penelitian, yaitu sebagai berikut:

   a. Laptop Dell
   b. Processor Intel(R) Core(TM) i3-7020U CPU @ 2.30GHz 2.30 GHz
   c. RAM 4 GB
   d. Harddisk 1 TB

Metode Pengumpulan Data

Metode Pengumpulan data yang digunakan peneliti untuk pembuatan sistem informasi ini adalah sebagai berikut :

1. Metode Observasi

   Penulis melakukan pengamatan secara langsung terhadap sistem yang sedang berjalan pada bravura caffe untuk mendapatkan informasi data yang valid dan akurat yang

dibutuhkan untuk mengetahui dan menganalisis permasalahan yang sedang terjadi pada sistem Bravura Caffe.

2. Metode Wawancara

   Penulis melakukan tanya jawab secara langsung dengan pihak yang terkait untuk mengetahui sistem yang berjalan serta menganalisis kekurangan dan kelebihan sistem tersebut .

3. Studi Pustaka

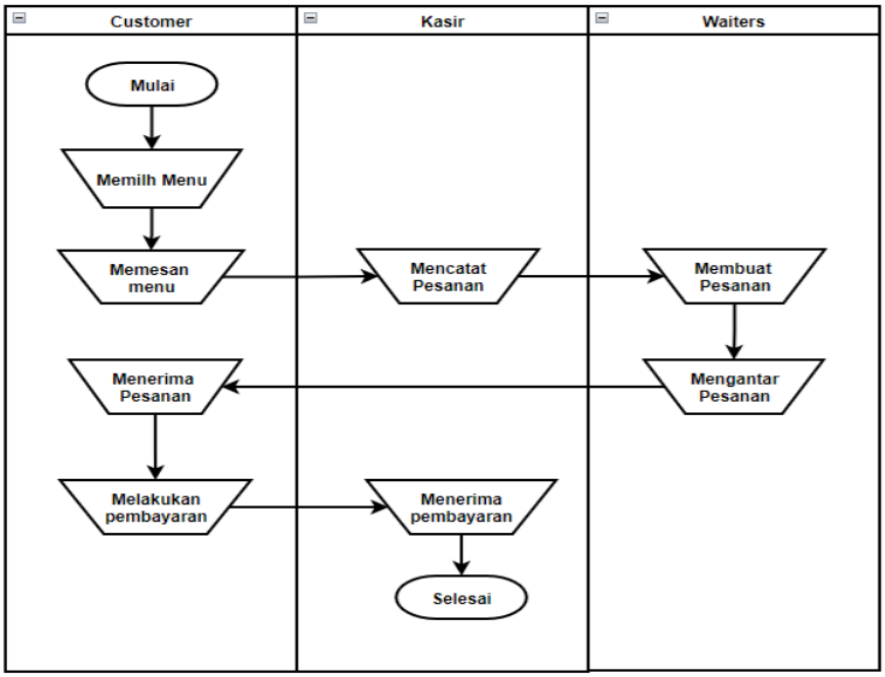
   Penulis mengumpulkan data dari berbagai sumber seperti buku-buku, jurnal ilmiah dan skripsi yang terdahulu yang relevan dengan tema penelitian untuk dijadikan referensi pada penulisan

4. Studi Literatur

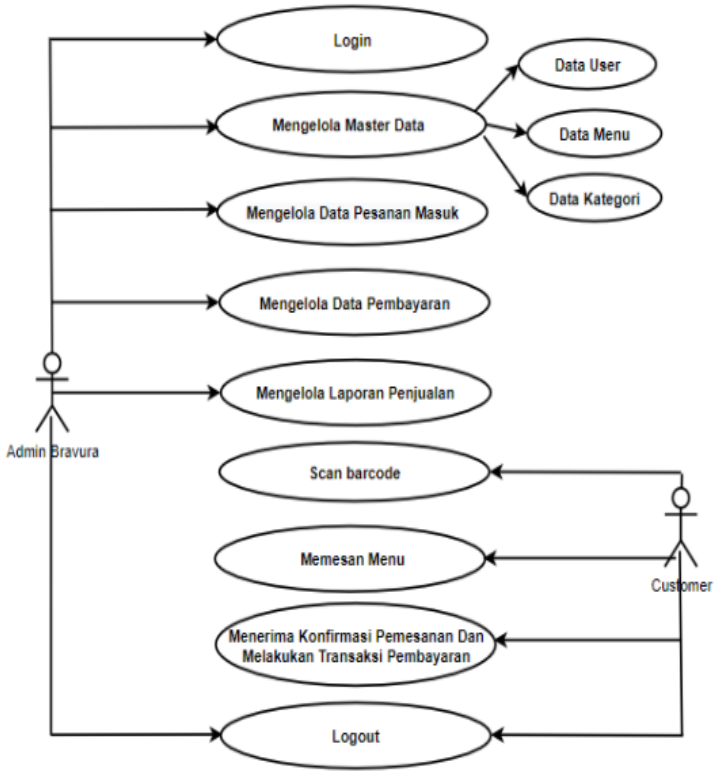
   Penulis melakukan studi literatur sejenis yang relevan dengan tema penulisan skripsi ini untuk memberikan gambaran dan wawasan yang lebih luas mengenai topik skripsi yang diangkat oleh penulis.

Sistem yang Berjalan

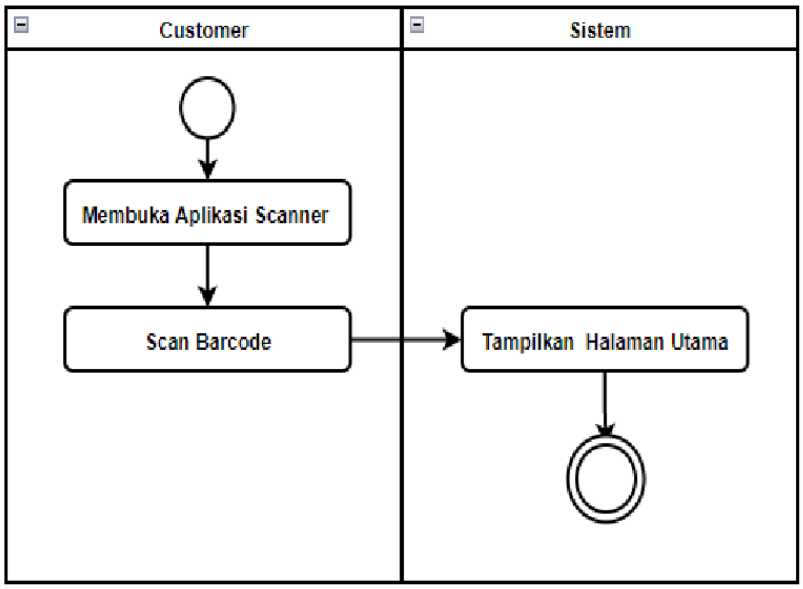
Sistem pemesanan menu yang berjalan pada bravura caffe masih dilakukan secara manual, terlihat dari pencatatan pesanan yang masih menggunakan lembaran kertas yang berpotensi hilang / rusak dan tidak tersusun dengan rapih. Saat ada customer datang , customer bisa langsung ke meja kasir untuk memilih menu yang tertera pada black board atau pegawai akan memberikan buku menu dan kertas untuk mencatat pesanan. Setelah selesai memilih menu, pegawai akan mengambil kertas pemesanan untuk segera menyajikan menu yang dipesan . seringkali pegawai harus menginformasikan kembali kepada pembeli untuk mengganti menu yang dipilih dikarenakan ada perubahan menu atau menu yang sedang tidak tersedia (soldout). hal ini menyebabkan ke tidak efektifan pekerjaan dan penyajian informasi yang tidak sesuai membuat kualitas pelayanan pelanggan menjadi kurang optimal. Saat cafe sedang ramai, pegawai seringkali kewalahan dalam mengatur dan mencatat pesanan pada tiap meja, hal ini mengakibatkan sering terjadinya kesalahan pengantaran karena data pesanan yang tidak tersusun dengan rapih. Permasalahan dari sistem yang sedang berjalan diatas bisa diatasi dengan mengubah sistem yang sebelumnya manual menjadi terkomputerisasi agar meningkatkan efektivitas pekerjaan.



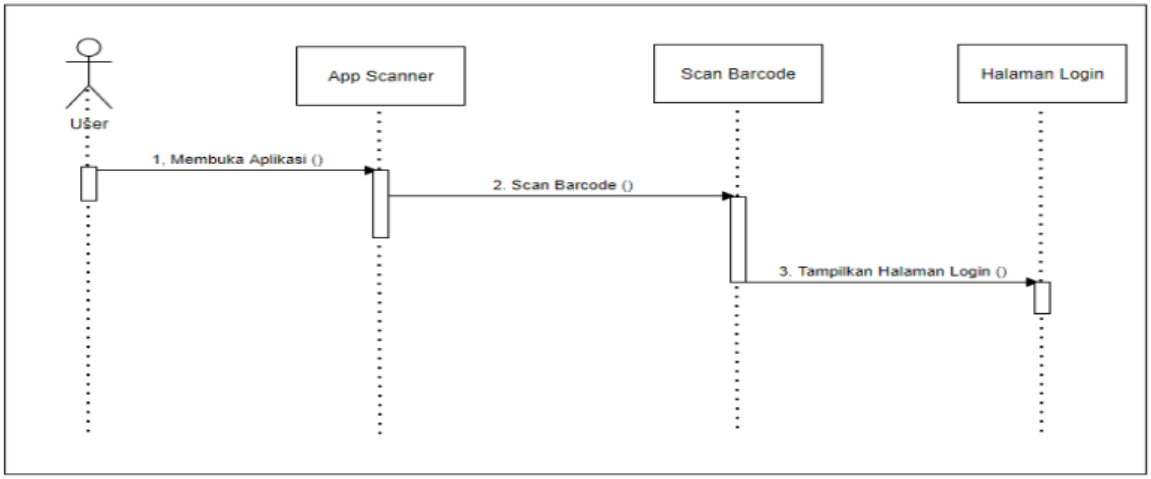
Gambar 3. Flowchart Sistem yang Berjalan



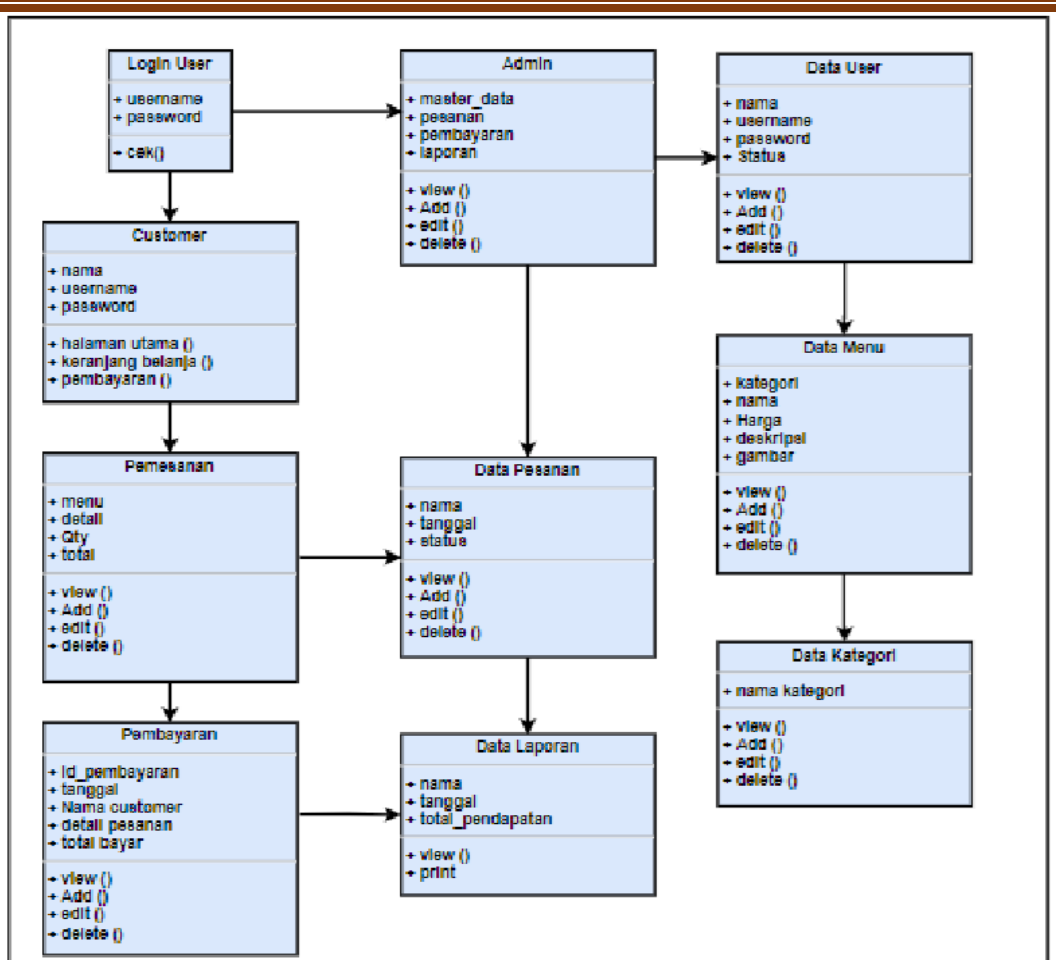
Gambar 4. Use Case Diagram



Gambar 5. Activity Diagram Scan Barcode



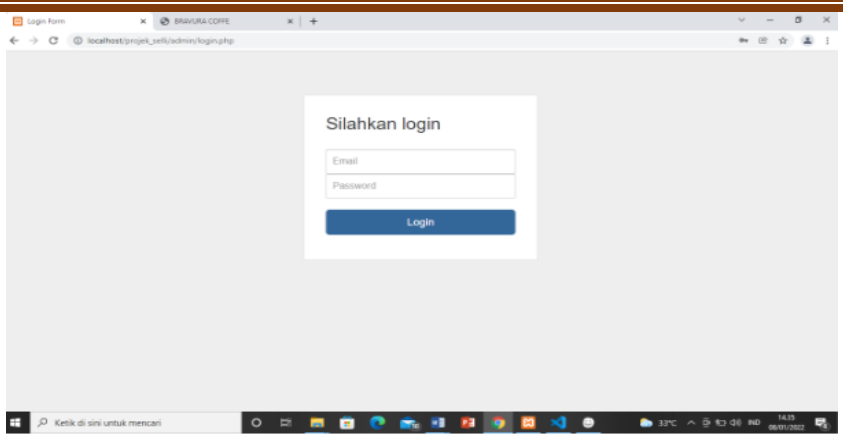
Gambar 6. Sequence Diagram Scan Barcode



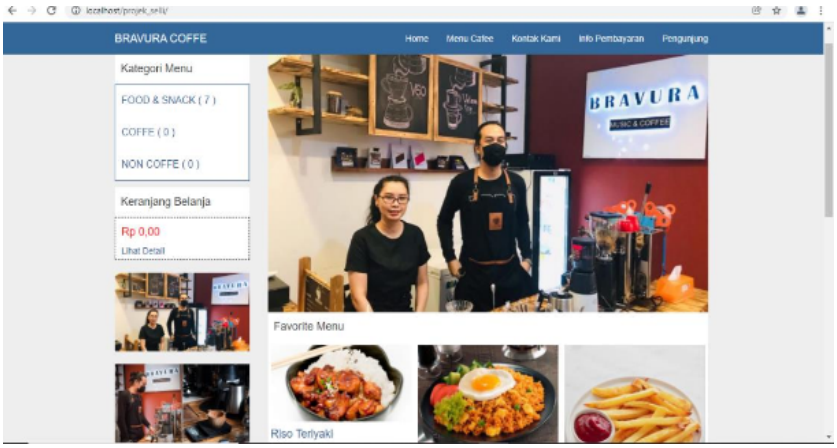
Gambar 7. Class Diagram

HASIL DAN PEMBAHASAN

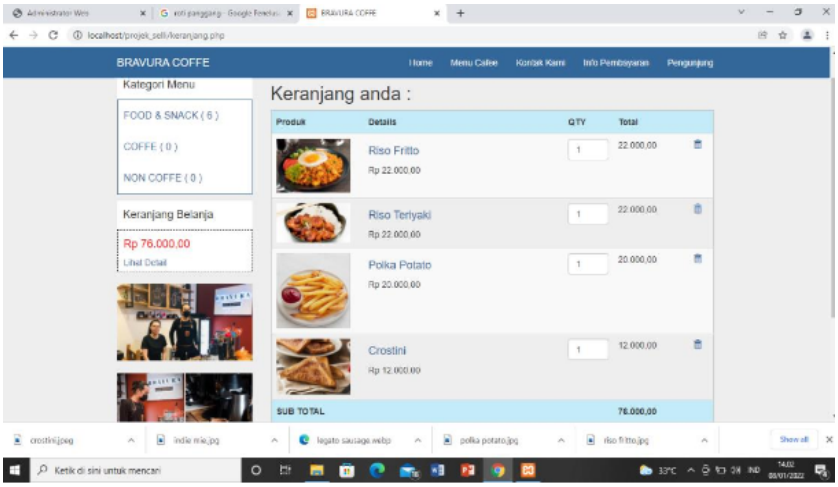
Dibawah ini merupakan hasil perencaan , desain dan penerapan yang dibuat kedalam bentuk sistem informasi berbasis web. penulis juga melakukan pengujian sistem untuk memastikan setiap fitur dan tujuan perancangan yang telah direncanakan telah sesuai dan berfungsi dengan baik, yaitu sebagai berikut :



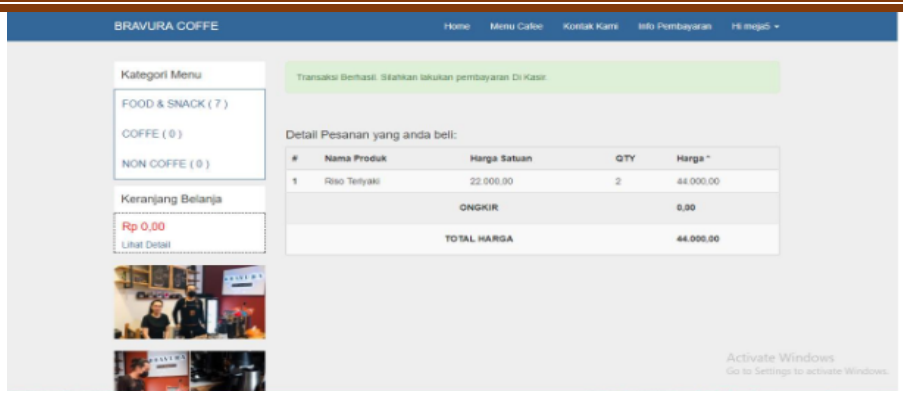
Gambar 8. Halaman Antarmuka Login



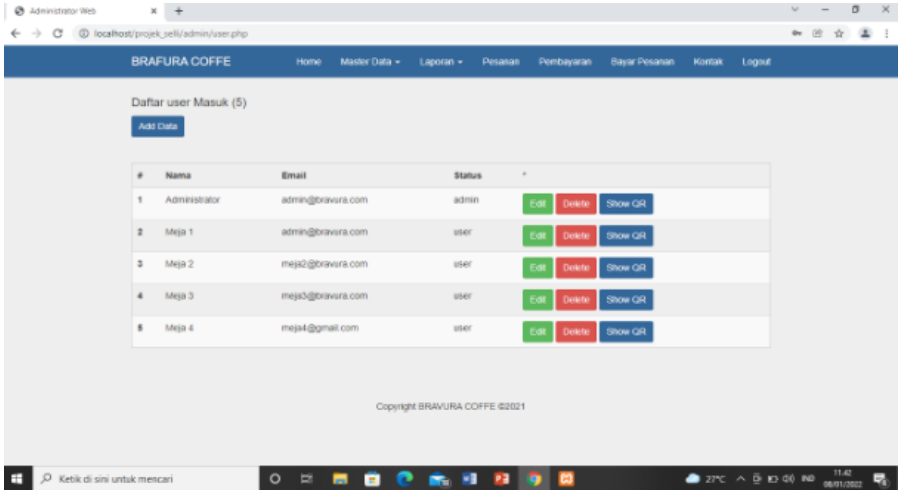
Gambar 9. Halaman Antarmuka Utama



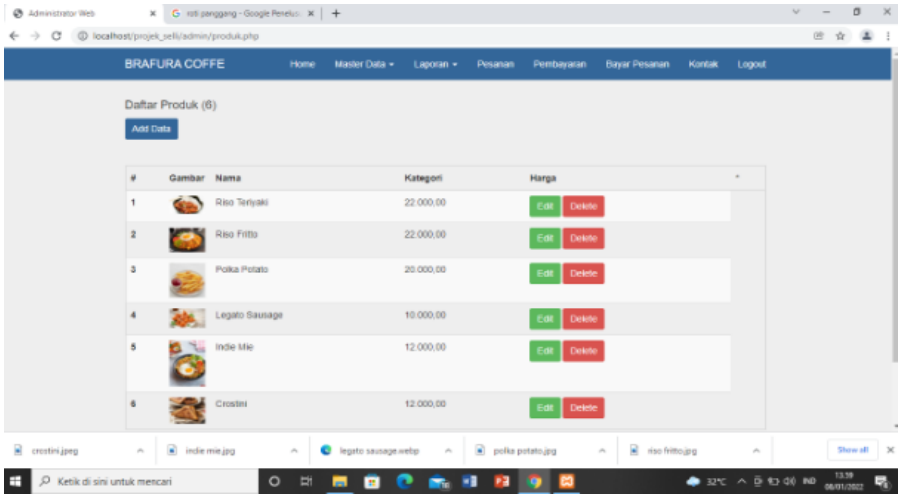
Gambar 10. Halaman Antarmuka Pemesanan



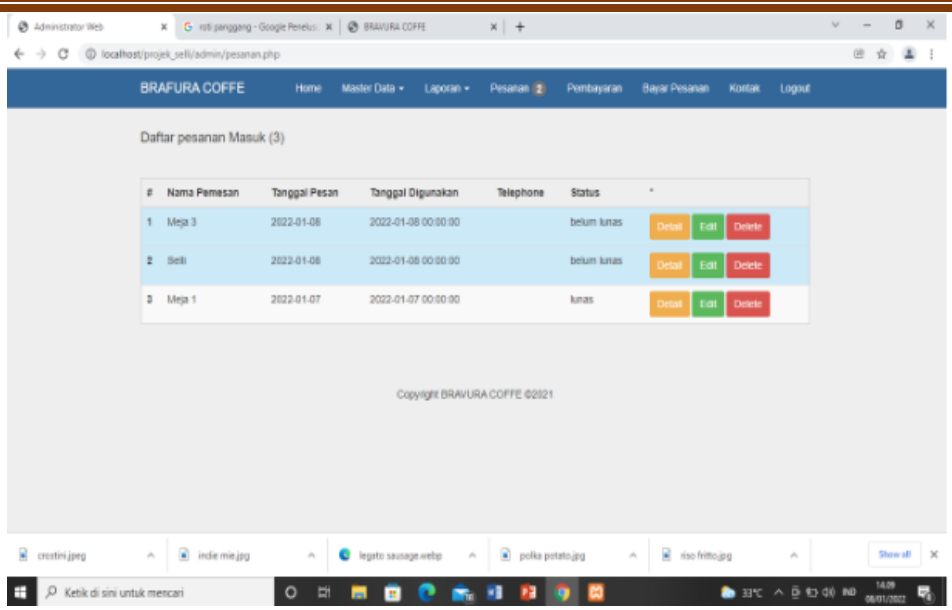
Gambar 11. Halaman Antarmuka Konfirmasi Pemesanan



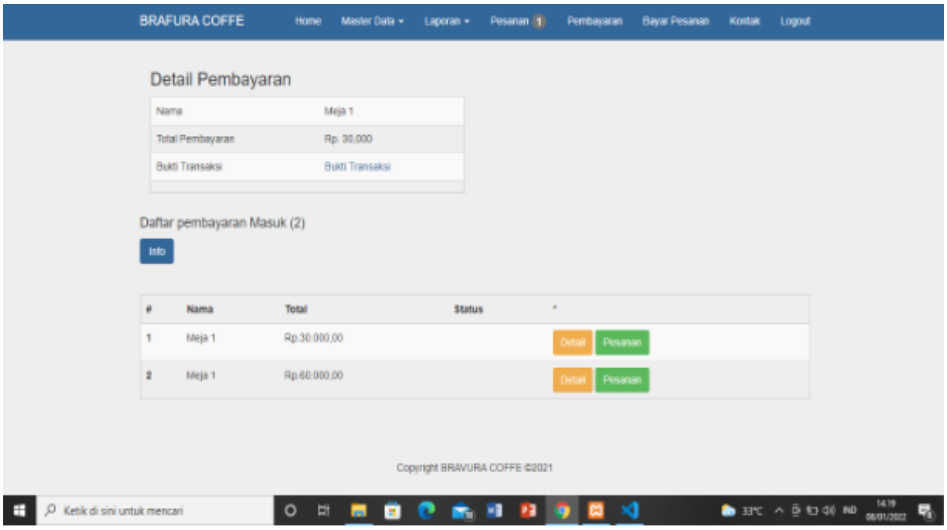
Gambar 12. Halaman Antarmuka Data User



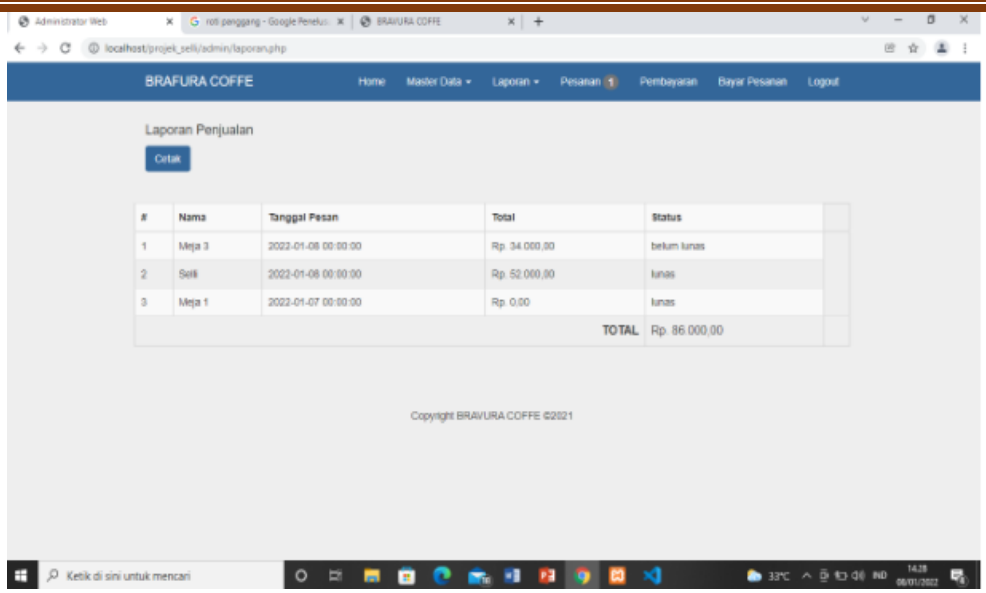
Gambar 13. Halaman Antarmuka Menu



Gambar 14. Halaman Antarmuka Data Pesanan



Gambar 15. Halaman Antarmuka Menu Pembayaran



Gambar 16. Halaman Antarmuka Laporan

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil pengamatan dan penelitian yang dilakukan oleh penulis maka dapat dsimpulkan sebagai berikut: Sistem informasi pemesanan menu berbasis web dapat embantu pekerja dalam mengelola data pesanan dan transaksi pembayaram menjadi lebih akurat dan efisien. sebab setiap aktifitas pemesanan dan pembayaran yang masuk dan keluar tercatat didalam sistem sehingga kemungkinan kesalahan informasi dapat diminimalisir; Transaksi secara terkomputerisasi ini dapat mengatasi kesalahan dalam perhitungan harga menjadi lebih akurat dikarenakan setiap transaksi berlangsung sistem akan menghitung secara otomatis, hal ini akan menekan kesalahan perhitungan yang disebabkan oleh perhitungan manual; Pembuatan laporan transaksi penjualan yang secara terkomputerisasi dapat memudahkan admin dalam membuat laporan dengan cepat dan data yang akurat karena setiap transaksi akan tercatat didalam database system sehingga pelanggan tidak perlu membuat laporan secara manual.

REFERENSI

Amelia, J, Novianti, D, & ... (2023). Sistem Informasi Rekam Medik pada Klinik Bidan Yulianti S, SiT dengan Teknologi QR Code. *Jurnal Riset dan Aplikasi ...*, jim.unindra.ac.id, https://jim.unindra.ac.id/index.php/jrami/article/view/5011

Burhanuddin, A, Nugraha, F, Fithri, DL, & ... (2023). Pemanfaatan Teknologi QR Code untuk Sistem Informasi Kependudukan di Desa Pilangrejo. *... : Sistem Informasi dan ...*, jurnal.umk.ac.id, https://jurnal.umk.ac.id/index.php/sitech/article/view/9824

C. Journal, "徐 聡 1,2) , 李 擎 1)," vol. 42, no. 4, pp. 399–411, 2020.

Febrianti, I, & Sulaiman, DRA (2023). Pengembangan Sistem Informasi Bimbingan Konseling Berbasis Qr Code. *Jurnal MediaTIK*, journal.unm.ac.id, https://journal.unm.ac.id/index.php/MediaTIK/article/view/1453

Hidayah, ANN, & Supriyono, H (2019). Sistem pemesanan menu makanan dan minuman rumah makan berbasis website. *... (Information System and ...*, journal.uin-alauddin.ac.id, https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/insypro/article/view/7748

Haryana, KS (2008). Pengembangan Perangkat Lunak Dengan Menggunakan Php. *Jurnal Computech &Bisnis*, academia.edu, https://www.academia.edu/download/111046958/291480205.pdf

Lestari, N, Susanti, EY, & Revita, E (2025). Rancang Bangun Sistem Informasi Inventaris Sekolah Menggunakan Qr Code pada SMKN 2 Pulau Punjung Berbasis Website. *Jurnal Pustaka Data ...*, pustakagalerimandiri.co.id, https://pustakagalerimandiri.co.id/jurnalpgm/index.php/pustakadata/article/view/1017

Maulana, DK, & Samsudin, S (2024). Perancangan Sistem Informasi Presensi Non Pegawai Berbasis Mobile Menggunakan QR Code di PT Perkebunan Nusantara IV Medan. *Jurnal Ilmiah Sains dan ...*, ejournal.lppm-unbaja.ac.id, https://ejournal.lppm-unbaja.ac.id/index.php/saintek/article/view/3134

Maulidin, AM, & Munawaroh, M (2026). Perancangan Sistem Informasi Pemesanan Makanan dan Minuman Berbasis Web dengan QR Code dan Payment Gateway

Menggunakan Metode Prototype (Studi …. *RIGGS: Journal of Artificial …*, journal.ilmudata.co.id, https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS/article/view/7296

Nurdin, A (2018). *Rancangan Bangun Sistem Informasi Administrasi Pendaftaran Kursus (Studi Kasus: Ghibrant English Course-Pandeglang). 5 (2)*.

Pambudi, LBA, Rahagiyanto, A, & ... (2020). Implementasi QR code untuk efisiensi waktu pemesanan menu makanan dan minuman di restoran maupun kafe. ... *Teknologi Informasi dan …*, bios.sinergis.org, https://www.bios.sinergis.org/bios/article/view/7

Pratama, AD, Ariati, N, & Kesuma, H Di (2023). Sistem Informasi E-Presensi Mahasiswa Menggunakan Qr Code Program Studi Sistem Informasi Universitas Indo Global Mandiri. ... *dan Teknologi Informasi …*, journal.ukmc.ac.id, https://journal.ukmc.ac.id/index.php/jutsi/article/view/1041

Rabbani, A (2023). Sistem Informasi Reservasi dan Pembayaran Resto Berbasis QR Code. *Electrician: Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, scholar.archive.org, https://scholar.archive.org/work/k366oyi4vzgungm2ee43k4s7li/access/wayback/https://electrician.unila.ac.id/index.php/ojs/article/download/2423/486

Suradi, AAM (2023). Penerapan Teknologi QR Code Pada Sistem Informasi Parkir Berbasis Android. ... *(Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi …*, ejurnal.undipa.ac.id, http://ejurnal.undipa.ac.id/index.php/jusiti/article/view/1284

Wedyawati, V, & Ardy, MDR (2024). Perancangan Sistem Informasi Absensi Siswa menggunakan QR Code berbasis Web pada SMK Pratama Padang. *Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal …*, ejurnalsttind.id, https://ejurnalsttind.id/index.php/SainsdanTeknologi/article/view/29

Implementation of Integrated Virtual Counseling in a Laravel-Based E-Learning System

Nawang Rimarsha Alifdyani [1)*)], Joko Iskandar [2)], Yayak Kartika Sari [3)]

[1)2)3)]Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Bhinneka PGRI
[*)]**Correspondence author**: nawangrimarsha11@gmail.com, Tulungagung, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3427

Abstract

The use of digital technology is one way to improve effectiveness, efficiency, and broaden service reach. One example of this technology is e-learning, which allows for flexible learning without the constraints of time and space. The development of information technology is not only having a national impact but is also a global phenomenon, driving digital transformation across various sectors, including education. The development of information technology encourages government institutions to transform educational and counseling services into digital platforms. BNN Kabupaten Tulungagung requires a system capable of integrating online learning with counseling services within a single integrated platform. This study aims to implement virtual counseling in a Laravel-based e-learning system using the Prototype method and to conduct functional testing using Black Box Testing. The Prototype method was applied through several stages including requirement communication, system design, prototype development, and iterative evaluation. The system developed includes pretest, learning materials, posttest, digital certificates with QR Code, an admin dashboard, and virtual counseling features that allow users to conduct online consultations with BNN officers, as well as an FAQ feature for additional information. The testing results indicate that the system functions according to the required specifications and can be used effectively by both users and administrators. The implementation of this system supports the digital implementation of the P4GN education program and provides a more accessible counseling service for the community at BNN Kabupaten Tulungagung.

Keywords: *E-learning, Virtual Counseling, Laravel, Prototype, Black Box Testing*

Abstrak

Pemanfaatan teknologi digital menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan efektivitas, efisiensi, serta jangkauan layanan secara luas. Salah satu bentuk penerapan teknologi tersebut adalah sistem pembelajaran elektronik atau *e-learning*, yang memungkinkan proses pembelajaran dilakukan secara fleksibel tanpa batasan ruang dan waktu. Perkembangan teknologi informasi tidak hanya berdampak di tingkat nasional, tetapi juga merupakan fenomena global yang mendorong transformasi digital di berbagai sektor, termasuk pendidikan. Perkembangan teknologi informasi mendorong lembaga pemerintahan untuk melakukan transformasi layanan edukasi dan konseling secara digital. BNN Kabupaten Tulungagung membutuhkan sistem yang mampu mengintegrasikan pembelajaran daring dengan layanan konseling dalam satu platform terpadu. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan virtual konseling dalam sistem e-learning berbasis Laravel menggunakan metode Prototype serta melakukan pengujian fungsional dengan Black Box Testing. Metode Prototype digunakan melalui tahapan komunikasi kebutuhan, perancangan, pembuatan prototype, dan evaluasi secara iteratif. Sistem yang dikembangkan meliputi fitur pretest, materi, posttest, sertifikat digital dengan QR Code, dashboard admin, serta layanan virtual konseling yang memungkinkan pengguna berkonsultasi secara daring dengan pihak BNN melalui sistem dan FAQ sebagai sarana penyampaian informasi tambahan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berjalan sesuai kebutuhan fungsional dan dapat digunakan dengan baik oleh pengguna maupun admin. Implementasi sistem ini mendukung pelaksanaan edukasi P4GN secara digital serta membantu menyediakan media konsultasi yang lebih mudah diakses oleh masyarakat di BNN Kabupaten Tulungagung.

Kata Kunci: *E-learning,* Virtual Konseling, Laravel*, Prototype, Black Box Testing*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang semakin pesat telah membawa dampak besar dalam berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk dalam dunia pendidikan dan layanan publik. Pemanfaatan teknologi digital menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan efektivitas, efisiensi, serta jangkauan layanan secara luas. Salah satu bentuk penerapan teknologi tersebut adalah sistem pembelajaran elektronik atau *e-learning*, yang memungkinkan proses pembelajaran dilakukan secara fleksibel tanpa batasan ruang dan waktu (Bustani et al., 2023).

Perkembangan teknologi informasi tidak hanya berdampak di tingkat nasional, tetapi juga merupakan fenomena global yang mendorong transformasi digital di berbagai sektor, termasuk pendidikan. Menurut (Razak et al., 2023) dalam International Journal of Evaluation and Research in Education, transformasi digital dalam pendidikan memberikan peluang besar untuk memperluas akses terhadap sumber belajar, namun masih dihadapkan pada tantangan seperti keterbatasan infrastruktur, kesiapan tenaga pendidik, dan kesenjangan digital di wilayah tertentu. Di sisi lain, penelitian oleh (Abildinova, 2024) dalam International Journal of Learning, Teaching and Educational Research menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi digital di sekolah menengah mampu meningkatkan fleksibilitas dan efektivitas proses pembelajaran, namun memerlukan strategi penerapan yang tepat serta dukungan sumber daya manusia agar hasilnya optimal.

Perkembangan *e-learning* di Indonesia telah membawa perubahan positif dalam sistem pembelajaran dan pelatihan publik. Melalui *e-learning*, proses penyampaian materi dapat dilakukan secara lebih fleksibel, efisien, serta mampu menjangkau peserta di berbagai wilayah tanpa harus tatap muka langsung. Namun, dalam penerapannya masih terdapat banyak kendala seperti keterbatasan interaksi antara pengajar dan peserta, kurangnya dukungan sumber daya manusia, serta minimnya fitur pendukung seperti layanan konseling atau bimbingan personal yang biasanya dibutuhkan dalam proses pembelajaran (Palandi et al., 2025). Kondisi serupa terjadi di Badan Narkotika Nasional (BNN) Kabupaten Tulungagung yang menghadapi keterbatasan tenaga penyuluh dalam melakukan sosialisasi bahaya narkoba. Sistem *e-learning* yang telah dikembangkan belum dilengkapi fitur layanan

konseling daring yang memungkinkan interaksi langsung antara peserta dengan konselor (Handayani et al., 2022).

Interaksi dua arah merupakan komponen penting dalam proses pembelajaran maupun bimbingan, terutama dalam konteks sosialisasi dan penyuluhan yang membutuhkan komunikasi personal serta umpan balik langsung. Menurut (Nugroho & Nurdahlia, 2024), penerapan model tata kelola layanan bimbingan dan konseling berbasis website dapat membantu meningkatkan efektivitas komunikasi antara konselor dan peserta didik. Penelitian (Alda & Rifdah, 2024) menunjukkan bahwa sistem informasi bimbingan konseling berbasis web mampu mempercepat proses pendampingan serta mempermudah peserta dalam mendapatkan layanan konsultasi secara online. Penelitian (Ningsih, 2022) juga menunjukkan bahwa konseling online mampu mempertahankan kelangsungan layanan konseling ketika kondisi tidak memungkinkan dilakukannya pertemuan tatap muka. Selain itu, (Rahmatullah et al., 2022) menambahkan bahwa layanan konseling daring dapat diperluas menjadi program psikoedukasi melalui media sosial sehingga meningkatkan literasi psikologis masyarakat secara lebih luas.

Virtual konseling merupakan bentuk layanan konseling yang memanfaatkan teknologi digital untuk memfasilitasi proses komunikasi antara konselor dan klien tanpa harus bertemu secara tatap muka (Padangsidimpuan et al., 2024). (Yusril. & Nurus., 2024) menjelaskan bahwa konseling daring pada dasarnya memiliki prinsip yang sama dengan konseling tatap muka, namun proses interaksinya disesuaikan dengan media online, sehingga memberikan ruang bagi klien untuk lebih terbuka karena merasa lebih aman dan nyaman. (Zola et al., 2024) menekankan bahwa virtual konseling merupakan inovasi penting dalam layanan konseling modern, terutama pada wilayah yang memiliki keterbatasan akses terhadap konselor profesional. Sementara itu, (Pratiwi et al., 2022) menegaskan bahwa penerapan layanan digital berbasis *e-learning* di sektor pemerintahan dapat meningkatkan responsivitas birokrasi dan mempercepat proses pelatihan maupun edukasi kepada masyarakat.

Penelitian ini juga didukung oleh temuan dari (Iskandar, J et al., 2022) dalam jurnal berjudul "Analisis Penerimaan Sistem Informasi Akademik Universitas Bhineka PGRI Menggunakan Integrasi Model TPB dan TAM." Hasil penelitian tersebut menunjukkan

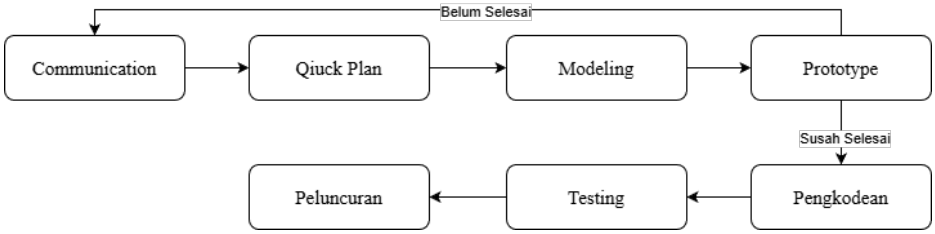
bahwa penerimaan pengguna terhadap sistem informasi berbasis web sangat dipengaruhi oleh persepsi kemudahan, kegunaan, serta sikap positif pengguna terhadap teknologi digital. Temuan ini memberikan dasar teoritis yang kuat bahwa keberhasilan implementasi sistem *e-learning* dengan fitur virtual konseling di BNN Kabupaten Tulungagung juga bergantung pada bagaimana pengguna menerima dan beradaptasi terhadap sistem baru yang dikembangkan. Selain itu, (Widya & Habibah, 2023) menyatakan bahwa metode Prototype sangat sesuai digunakan pada sistem berbasis web yang membutuhkan pengujian antarmuka dan interaksi pengguna secara intensif. Pengujian fungsional menggunakan metode Black Box Testing pun dinilai tepat untuk memverifikasi seluruh fungsi sistem tanpa memperhatikan struktur kode internal (Huda et al., 2022).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) merancang dan mengimplementasikan sistem *e-learning* berbasis Laravel pada BNN Kabupaten Tulungagung menggunakan metode Prototype; (2) merancang dan mengimplementasikan fitur virtual konseling pada sistem *e-learning*; dan (3) mengetahui hasil pengujian fungsional (*Black Box Testing*) terhadap fitur virtual konseling pada sistem yang dikembangkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa perangkat lunak (*software engineering*) yang berfokus pada proses perancangan dan pengembangan sistem informasi berbasis web. Penelitian dilaksanakan di BNN Kabupaten Tulungagung yang beralamat di Jl. Pemuda, Kabupaten Tulungagung. Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah metode *Prototype*.

Metode *Prototype* menekankan pembuatan model awal sistem sebagai gambaran fungsi dan alur kerja sebelum sistem dikembangkan secara penuh. *Prototype* dikembangkan secara cepat untuk kemudian diuji oleh pengguna sehingga pengembang memperoleh umpan balik secara langsung. Proses ini memungkinkan perbaikan sistem dilakukan secara bertahap dan berulang hingga sesuai dengan kebutuhan pengguna (Marisa et al., 2024). Berikut tahapan metode *Prototype* yang digunakan dalam penelitian ini:



Gambar 1. Alur Prototype

1. **Communication (Komunikasi)**

   Tahap awal untuk menggali kebutuhan sistem secara langsung melalui observasi dan wawancara dengan pihak BNN Kabupaten Tulungagung. Berdasarkan temuan, ditetapkan kebutuhan pengembangan sistem *e-learning* sebagai media penyuluhan digital yang terintegrasi dengan virtual konseling terpadu melalui fitur FAQ dan chat lanjutan dengan admin/konselor.

2. **Quick Plan (Perencanaan Awal)**

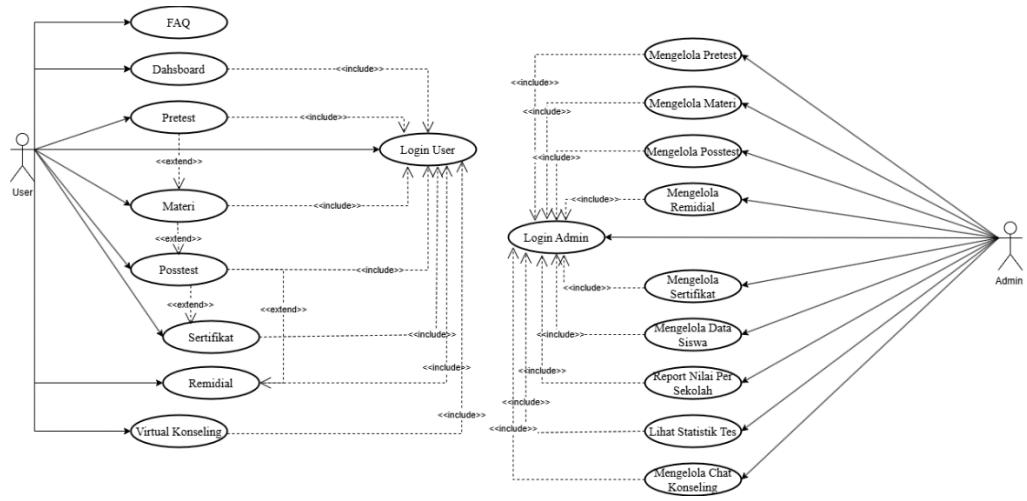
   Pada tahap ini peneliti menyusun perencanaan awal menggunakan pendekatan PIECES untuk menganalisis kondisi layanan yang berjalan. Analisis PIECES membandingkan sistem penyuluhan konvensional dengan rancangan sistem e-learning terintegrasi dari aspek kinerja, informasi, ekonomi, pengendalian, efisiensi, dan layanan.

Tabel 1. Analisis PIECES

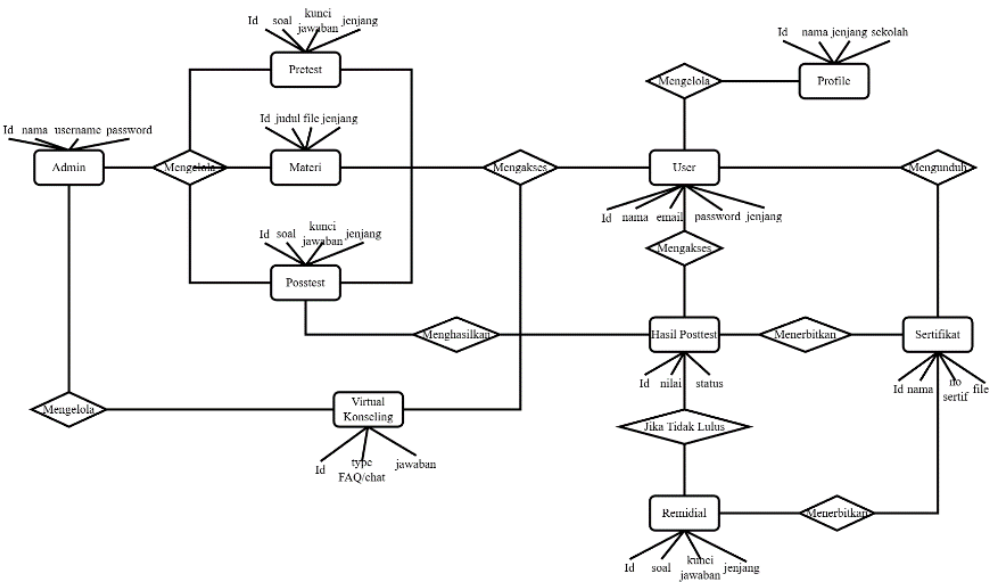
Jenis Analisis	Sistem Lama	Sistem Baru
Performance	Penyuluhan bergantung jadwal dan ketersediaan tenaga penyuluh; capaian terbatas dan tidak merata.	Penyampaian materi melalui web sehingga jangkauan lebih luas dan pelaksanaan lebih cepat.
Information	Materi tidak terdokumentasi terpusat; peserta yang tidak hadir tidak memperoleh materi lengkap.	Materi tersimpan terpusat dan dapat diakses kapan saja sesuai hak akses.
Economic	Membutuhkan biaya transportasi, konsumsi, dan materi cetak yang cukup besar.	Mengurangi biaya operasional sosialisasi tatap muka melalui distribusi digital.
Control	Dokumentasi keikutsertaan sulit dipantau secara konsisten.	Sistem menyediakan kontrol akses (login/role) dan dokumentasi konseling.
Efficiency	Memerlukan waktu dan tenaga besar untuk menjangkau banyak sasaran.	Penyuluhan lebih efisien karena materi dan evaluasi tersedia otomatis.
Service	Interaksi terbatas pada sesi tatap muka.	Layanan lebih responsif melalui akses materi, evaluasi, sertifikat, dan virtual konseling.

3. Modeling Quick Design (Perancangan Cepat)

Tahap perancangan alur proses sistem, *Use Case Diagram*, ERD, dan *Class Diagram* sebagai acuan pembuatan *prototype*. Sistem memiliki dua alur utama: (1) alur pembelajaran e-*learning* (*pretest* → modul → *posttest*/remedial → sertifikat) dan (2) alur layanan virtual konseling terpadu (FAQ → chat konseling lanjutan). Sistem melibatkan dua aktor utama: admin yang memiliki hak akses penuh pengelolaan, dan pengguna/peserta yang mengakses layanan pembelajaran dan konseling.



Gambar 2. *Use Case Diagram*



Gambar 3. *Entity Relationship Diagram (ERD)*

4. Construction of Prototype

Tahap pembuatan rancangan antarmuka awal (prototype) yang kemudian dievaluasi oleh pihak BNN Kabupaten Tulungagung. Umpan balik dari evaluasi prototype digunakan sebagai dasar penyempurnaan sistem.

5. Pengkodean

Sistem dikembangkan menggunakan framework Laravel dengan bahasa pemrograman PHP, basis data MySQL, web server XAMPP, dan editor Visual Studio Code. Pengkodean mencakup implementasi seluruh modul sistem termasuk fitur pembelajaran dan virtual konseling.

6. Pengujian

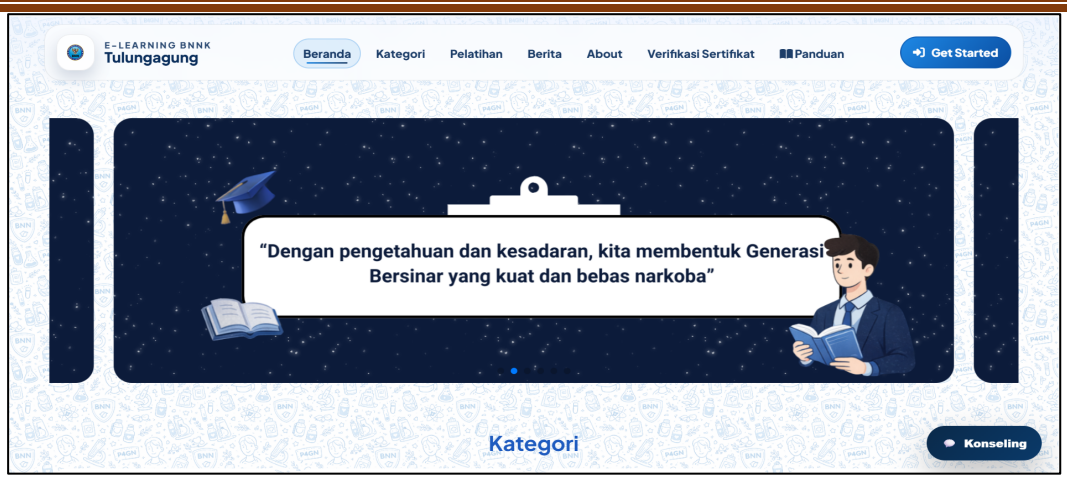
Pengujian dilakukan menggunakan metode Black Box Testing yang berfokus pada kesesuaian fungsi sistem berdasarkan input dan output tanpa melihat struktur kode program. Skenario pengujian mencakup seluruh fitur utama sistem termasuk login, pretest, modul, posttest, remedial, sertifikat, verifikasi sertifikat, dan virtual konseling.

HASIL DAN PEMBAHASAN

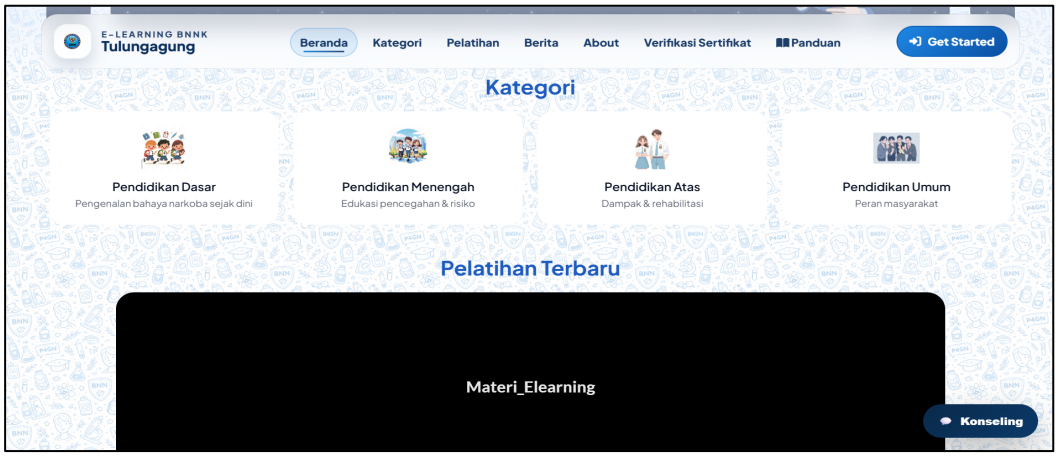
Hasil penelitian ini menyajikan implementasi sistem e-learning berbasis Laravel dengan fitur virtual konseling terpadu yang dikembangkan untuk BNN Kabupaten Tulungagung. Sistem mencakup fitur-fitur utama meliputi halaman landing, login, dashboard pengguna, pretest, modul materi, posttest, remedial, sertifikat digital dengan TTE, verifikasi sertifikat, virtual konseling, FAQ, serta dashboard admin.

A. Tampilan Sistem

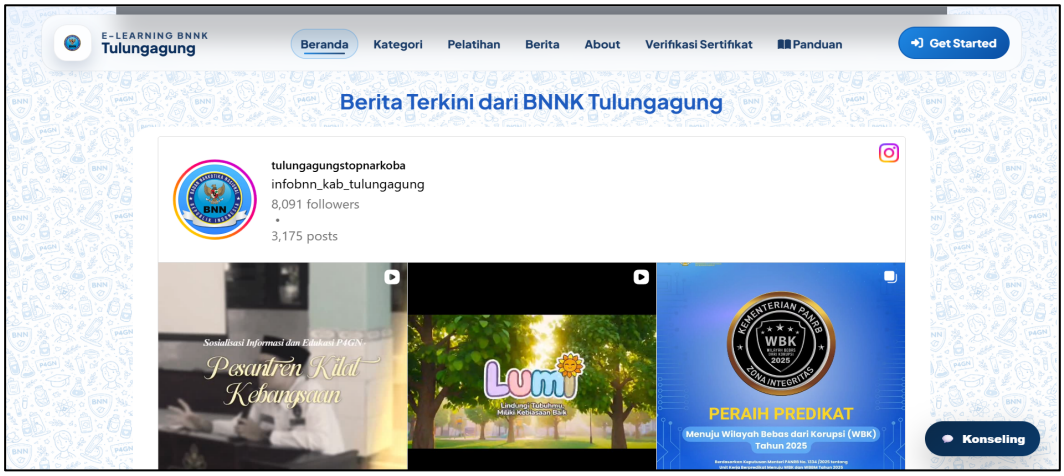
Halaman landing merupakan halaman awal yang menampilkan informasi umum sistem e-learning BNNK Tulungagung, kategori jenjang pendidikan, pelatihan terbaru, dan berita terkini yang terintegrasi dengan akun Instagram resmi BNNK Tulungagung.



Gambar 4. Halaman Landing 1

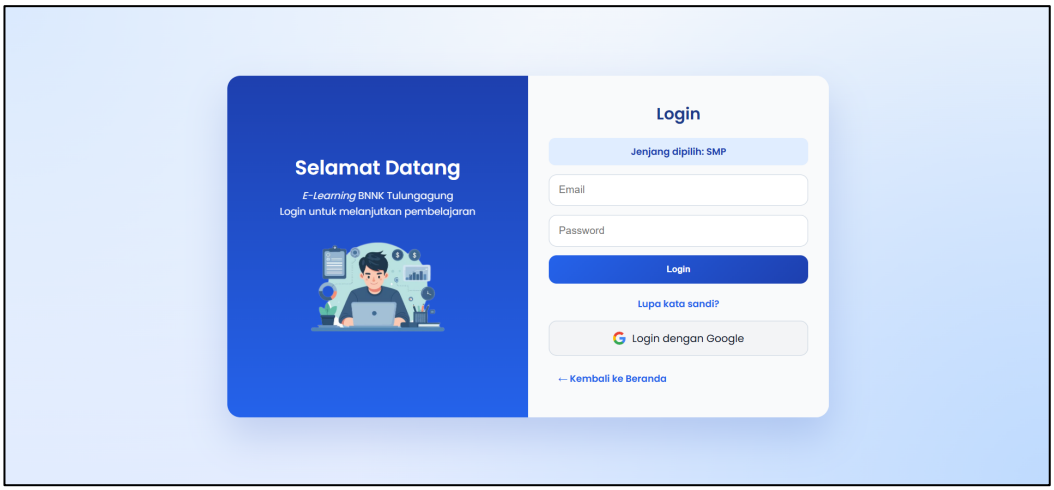


Gambar 5. Halaman Landing 2



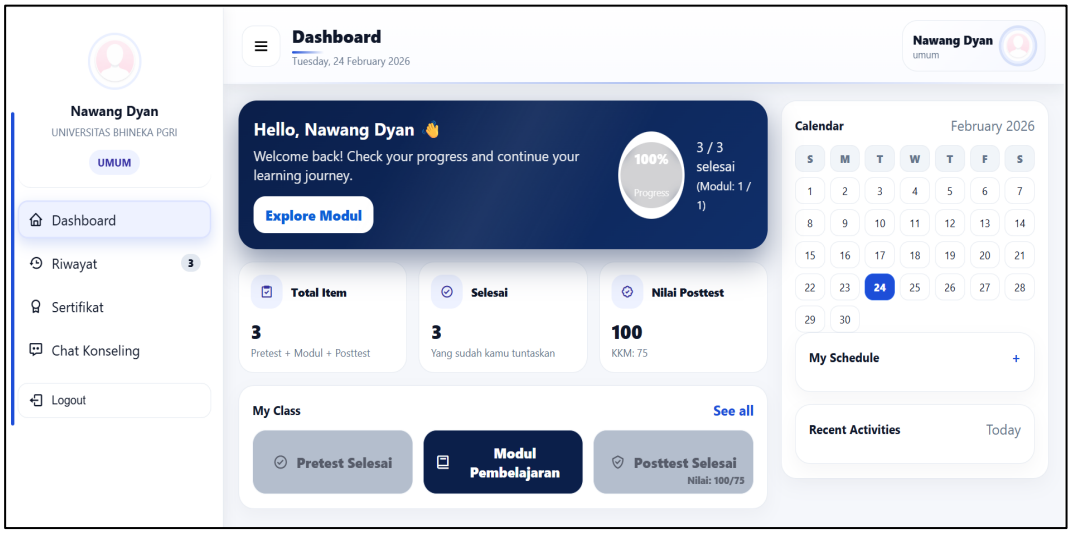
Gambar 6. Halaman Landing 3

Halaman login berfungsi sebagai gerbang awal untuk mengakses sistem e-learning. Sistem menyediakan dua metode login: login menggunakan email dan password, serta login menggunakan akun Google pada penggunaan pertama.



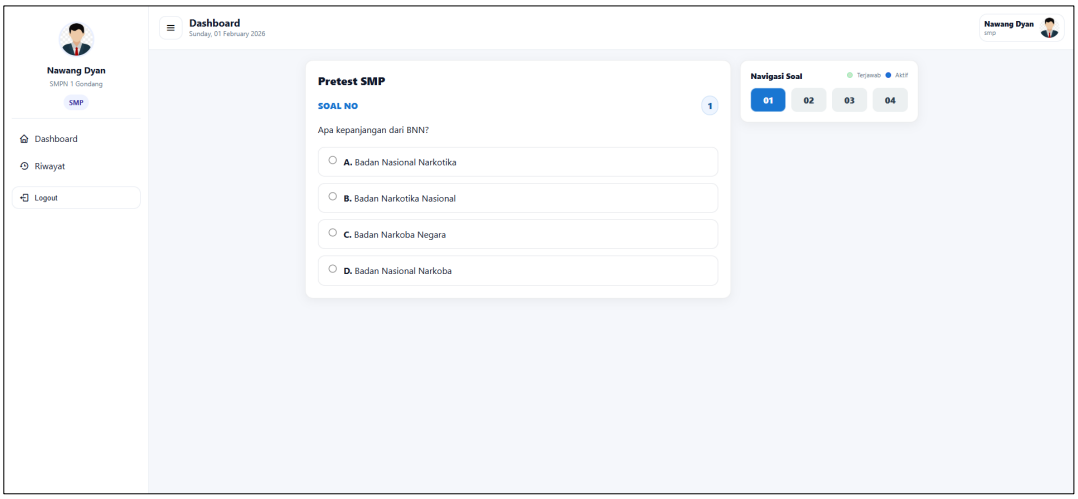
Gambar 7. Halaman Login

Dashboard menampilkan informasi progres pembelajaran dalam bentuk persentase (donut chart), akses ke fitur pretest, modul, posttest, serta riwayat penyelesaian pembelajaran. Dashboard dirancang secara dinamis berdasarkan jenjang pendidikan pengguna sehingga materi dan evaluasi yang tersedia menyesuaikan kategori yang dipilih.

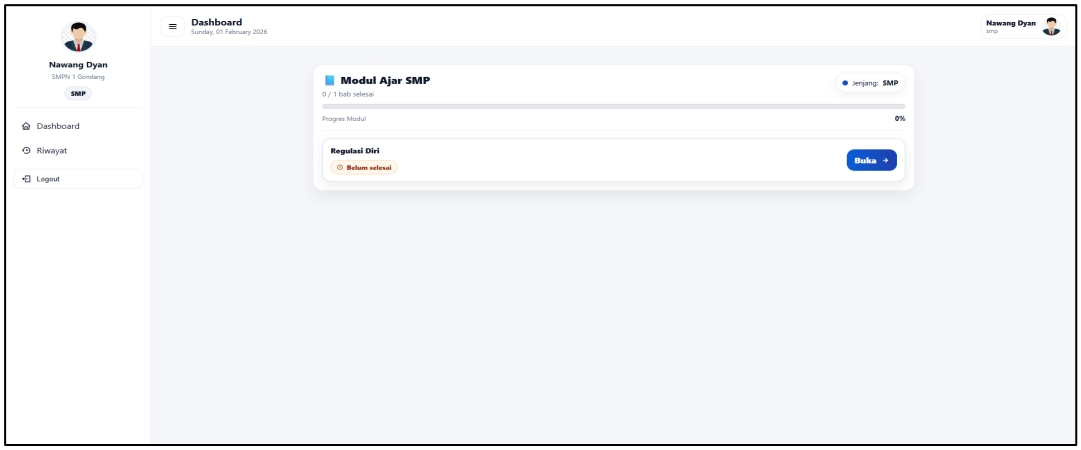


Gambar 8. Halaman *Dashboard*

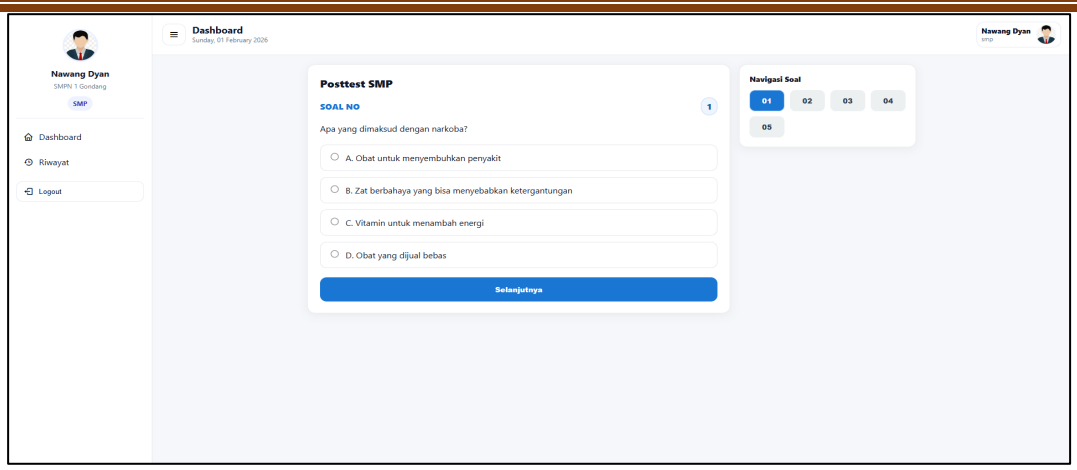
Sistem menerapkan mekanisme pembelajaran bertahap (sequential learning flow) yaitu pengguna wajib menyelesaikan pretest sebelum dapat mengakses modul, dan modul harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum posttest terbuka. Sistem juga menyediakan fitur remedial maksimal dua kali percobaan bagi pengguna yang belum mencapai nilai KKM (75).



Gambar 9. Halaman *Pretest*

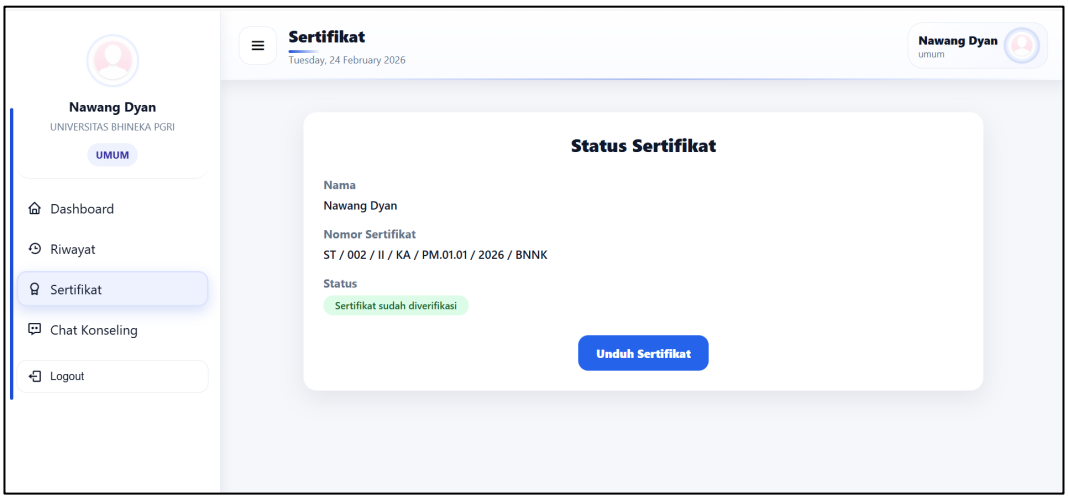


Gambar 10. Halaman Materi



Gambar 11. Halaman *Posttest*

Sertifikat diberikan kepada pengguna yang telah memenuhi nilai minimum kelulusan (KKM). Fitur ini dilengkapi dengan QR Code dan Tanda Tangan Elektronik (TTE) guna meningkatkan keaslian dan validitas dokumen secara digital. Sertifikat tidak dapat langsung diunduh setelah lulus, melainkan harus melalui proses validasi admin terlebih dahulu.

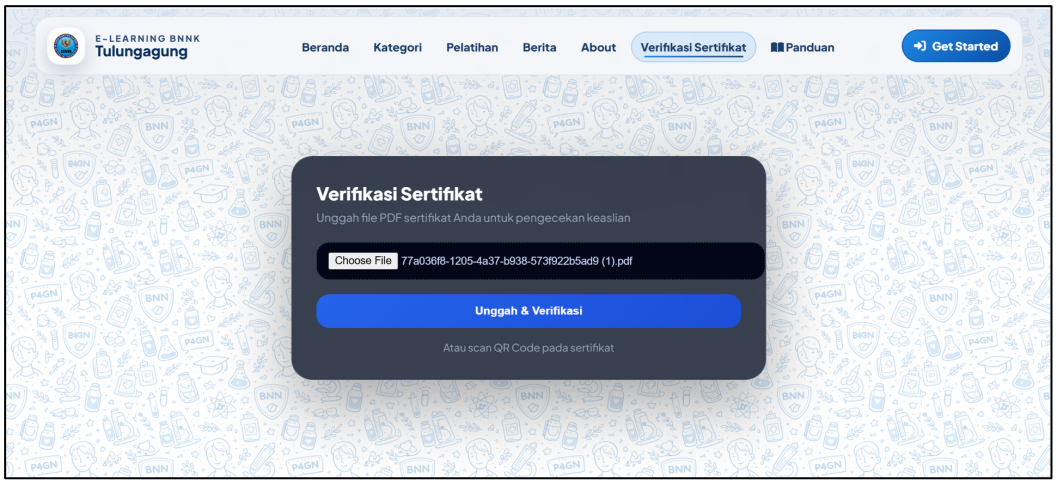


Gambar 12. Halaman Sertifikat



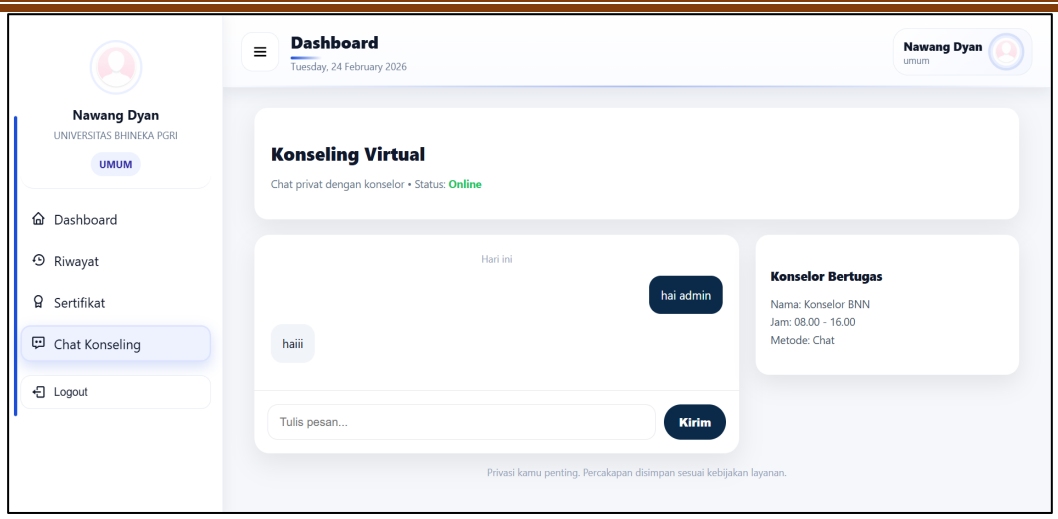
Gambar 13. Tampilan Sertifikat

Fitur Verifikasi Sertifikat memungkinkan pengguna atau pihak eksternal melakukan pengecekan validitas sertifikat melalui unggah file PDF atau pemindaian QR Code. Sistem menghitung hash dokumen dan mencocokkannya dengan data yang tersimpan dalam database untuk menentukan status valid atau tidak valid.



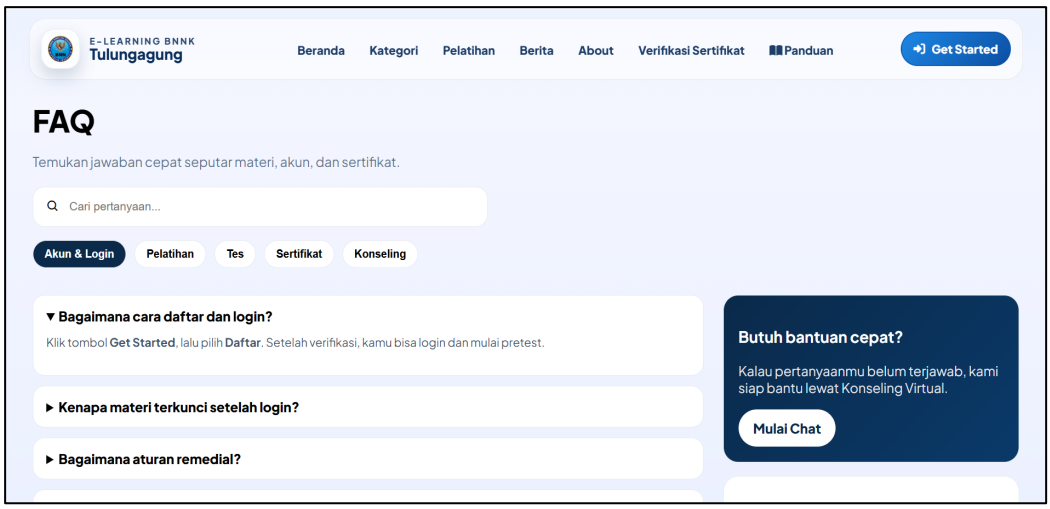
Gambar 14. Tampilan Verifikasi Sertifikat

Fitur Virtual Konseling menyediakan ruang chat untuk konsultasi lanjutan apabila FAQ belum menjawab kebutuhan pengguna. Virtual konseling dapat diakses melalui floating button yang selalu tersedia pada halaman sistem. Sistem mendukung pertukaran pesan secara real-time antara pengguna dan admin/konselor BNN.



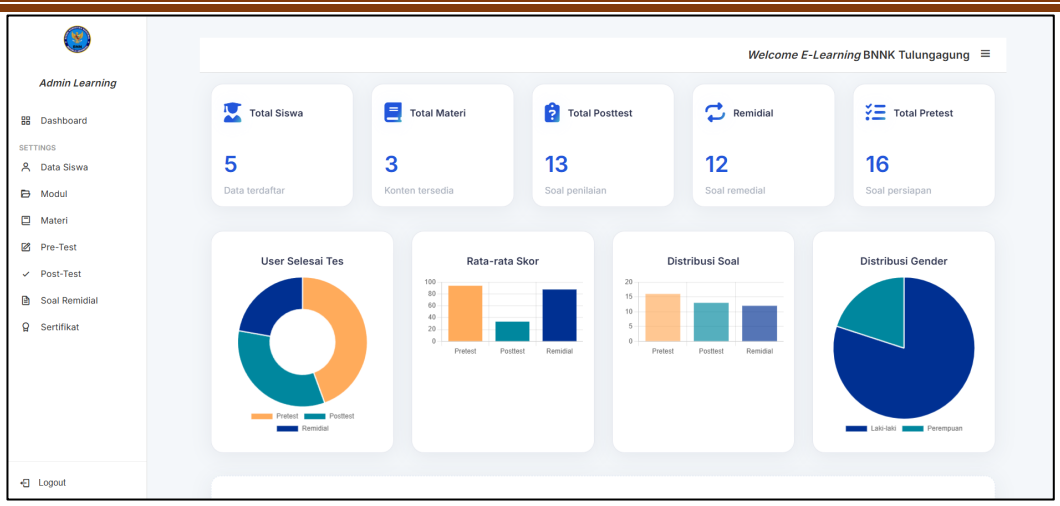
Gambar 15. Halaman Virtual Konseling

Fitur *FAQ* menyediakan layanan bantuan mandiri berisi kumpulan pertanyaan dan jawaban umum seputar akun, materi, tes, sertifikat, dan konseling. Halaman *FAQ* dilengkapi dengan fitur pencarian dan kategori tab untuk memudahkan navigasi pengguna.



Gambar 16. Halaman *FAQ*

Dashboard admin menampilkan ringkasan data sistem berupa KPI (Key Performance Indicator) seperti total siswa terdaftar, total materi, jumlah soal, dan visualisasi grafik menggunakan library Chart.js untuk memudahkan admin dalam melakukan analisis dan pemantauan sistem.



Gambar 17. Halaman Dashboard Admin

B. Hasil Pengujian Black Box Testing

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing yang menitikberatkan pada pengujian fungsi sistem berdasarkan kesesuaian antara input yang diberikan dengan output yang dihasilkan. Berikut adalah rangkuman hasil pengujian fitur-fitur utama sistem:

Tabel 2. Hasil Pengujian Login dan Autentikasi

No	Fitur/Task	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Uji
1	Login Manual	Email & password benar	Diarahkan ke dashboard	Pass
2	Login Manual	Email/password salah	Pesan kesalahan muncul	Pass
3	Login Google (pertama)	Akun Google valid, belum terdaftar	Diarahkan ke halaman lengkapi data	Pass
4	Login Google (berikutnya)	Akun sudah terdaftar	Langsung ke dashboard	Pass
5	Reset Password	Email terdaftar	Link reset dikirim ke email	Pass
6	Logout	User dalam kondisi login	Kembali ke halaman login	Pass

Tabel 3. Hasil Pengujian Fitur Pembelajaran

No	Fitur	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Uji
1	Pretest	Pretest belum dikerjakan	Halaman soal pretest tampil	Pass
2	Pretest	Nilai ≥ KKM setelah submit	Status LULUS tampil, modul terbuka	Pass
3	Modul	Pretest belum lulus	Modul terkunci	Pass
4	Modul	Pretest lulus	Modul terbuka dan dapat diakses	Pass
5	Posttest	Modul sudah selesai	Halaman soal posttest tampil	Pass
6	Posttest	Nilai ≥ KKM (75)	Status LULUS, sertifikat tersedia	Pass
7	Remedial	Nilai < KKM, percobaan ke-1	Soal remedial tampil	Pass
8	Remedial	Sudah 2 kali remedial	Tombol remedial tidak muncul lagi	Pass

Tabel 4. Hasil Pengujian Fitur Sertifikat dan Virtual Konseling

No	Fitur	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Uji
1	Sertifikat	Nilai ≥ KKM, menunggu validasi admin	Status 'sertifikat belum diterbitkan' tampil	Pass
2	Sertifikat	Admin approve, TTE diproses	Status berubah 'Terverifikasi'	Pass
3	Unduh Sertifikat	Status terverifikasi	File PDF dapat diunduh	Pass
4	Verifikasi	Upload PDF sertifikat resmi	Status VALID ditampilkan	Pass
5	Verifikasi	Upload PDF tidak terdaftar	Status TIDAK VALID ditampilkan	Pass
6	Verifikasi QR	Scan QR Code pada sertifikat	Data keaslian sertifikat tampil	Pass
7	Chat Konseling	Kirim pesan dari pengguna	Pesan tampil di ruang chat	Pass
8	Chat Konseling	Admin membalas pesan	Balasan tampil di chat pengguna	Pass
9	Chat Real-time	Ada pesan baru	Pesan muncul tanpa refresh	Pass
10	FAQ	Klik pertanyaan	Jawaban ditampilkan (dropdown)	Pass

11	FAQ	Ketik kata kunci pencarian	Hasil pencarian tampil	Pass

C. Uji Coba Terbatas

Sebelum peluncuran penuh, dilakukan uji coba terbatas dengan melibatkan perwakilan pengguna dari pihak BNN Kabupaten Tulungagung, peserta didik dari berbagai jenjang, dan masyarakat umum.

Tabel 5. Hasil Uji Coba Terbatas

No	Peran Pengguna	Tujuan Uji Coba	Hasil Observasi
1	Peserta Didik & Pengguna Umum	Menguji fitur login, pretest, dan modul	Sesuai dengan yang diharapkan
2	Peserta Didik & Pengguna Umum	Menguji fitur posttest dan remedial	Sesuai dengan yang diharapkan
3	Peserta Didik & Pengguna Umum	Menguji fitur sertifikat dan unduh PDF	Sesuai dengan yang diharapkan
4	Admin	Menguji validasi sertifikat dan integrasi TTE	Sesuai dengan yang diharapkan
5	Pengguna & Admin	Menguji fitur konseling virtual	Sesuai dengan yang diharapkan
6	Pengguna Umum	Menguji verifikasi sertifikat (upload PDF & QR Code)	Sesuai dengan yang diharapkan

D. Pembahasan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem e-learning BNNK Tulungagung terbukti mampu mendukung proses edukasi digital P4GN secara terstruktur dan terintegrasi dalam satu platform berbasis web. Sistem menerapkan mekanisme pembelajaran bertahap yang memastikan pengguna tidak dapat melewati tahapan tanpa memahami materi terlebih dahulu.

Dari sisi keamanan dan validitas dokumen, penerapan sertifikat berbasis TTE menjadi keunggulan utama sistem. Sertifikat harus melalui proses validasi admin sebelum dapat diunduh, kemudian keasliannya dapat diverifikasi melalui QR Code. Mekanisme ini meningkatkan transparansi dan mencegah pemalsuan dokumen.

Integrasi fitur virtual konseling menjadi aspek diferensiatif sistem ini dibandingkan penelitian sebelumnya. Fitur ini memungkinkan pengguna mengakses layanan konsultasi secara daring dengan konselor BNN melalui chat real-time dan FAQ. Hal ini

sejalan dengan temuan Zola et al. (2024) yang membuktikan bahwa konseling online dapat diterapkan dalam layanan masyarakat sehingga mampu menjangkau warga secara lebih luas melalui pemanfaatan teknologi informasi.

Pengembangan sistem dengan metode Prototype memungkinkan proses iteratif berdasarkan umpan balik pengguna sehingga sistem yang dihasilkan benar-benar sesuai kebutuhan BNN Kabupaten Tulungagung. Keterlibatan pengguna dalam tahap pengujian juga memberikan dampak positif terhadap tingkat penerimaan sistem saat diluncurkan. Hasil pengujian Black Box Testing menunjukkan seluruh fitur berjalan sesuai spesifikasi tanpa ditemukan kesalahan fungsional yang menghambat operasional sistem.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal berikut. Pertama, sistem e-learning berbasis Laravel pada BNN Kabupaten Tulungagung telah berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan metode Prototype. Sistem berhasil mengintegrasikan fitur pretest, modul berbasis PDF, posttest, remedial, sertifikat berbasis TTE, verifikasi sertifikat, dan virtual konseling dalam satu platform berbasis web yang terstruktur dan sistematis.

Kedua, fitur virtual konseling pada sistem e-learning berhasil diimplementasikan sebagai bagian integral dari layanan digital BNN Kabupaten Tulungagung. Fitur ini memungkinkan pengguna mengakses layanan konseling secara daring melalui fitur chat dan FAQ, sehingga layanan menjadi lebih fleksibel dan mudah diakses tanpa batasan lokasi.

Ketiga, berdasarkan hasil pengujian Black Box Testing, seluruh fitur sistem berjalan sesuai dengan spesifikasi kebutuhan yang telah ditetapkan. Tidak ditemukan kesalahan fungsional yang menghambat operasional sistem, sehingga sistem dinyatakan layak digunakan sebagai media edukasi dan layanan konseling digital pada BNN Kabupaten Tulungagung.

Sistem ini masih dapat dikembangkan dengan berbagai fitur seperti notifikasi otomatis melalui email atau WhatsApp, live chat konseling, atau versi mobile berbasis Android/iOS agar proses edukasi anti-narkoba lebih fleksibel, adaptif, dan dapat digunakan dalam situasi yang beragam.

Selain itu, pengembangan sistem di masa mendatang juga dapat mempertimbangkan peningkatan aspek keamanan data pengguna, integrasi dengan sistem lain di lingkungan BNN, serta penambahan fitur analisis data untuk memantau efektivitas pembelajaran dan layanan konseling. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai media edukasi dan konsultasi, tetapi juga sebagai alat pendukung pengambilan keputusan dalam upaya pencegahan penyalahgunaan narkoba secara lebih luas dan berkelanjutan.

REFERENSI

Abildinova, G. (2024). *Transforming High School Education with Digital Tools : A Systematic Review*. *23*(8), 668–694.

Alda, M., & Rifdah, A. (2024). Perancangan Sistem Informasi Bimbingan Konseling Mahasiswa Institut Kesehatan Helvetia Berbasis Web. *Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi*, *8*(2), 274–288. https://doi.org/10.47080/saintek.v8i2.3145

Bustani, Faizin, H., & Mataram. (2023). Perkembangan E-Learning Di Indonesia. *Aslamiah : Jurnal Pendidikan, Ekonomi, Sosial & Budaya*, *1*(1), 99–109. https://www.jurnal.zarilgapari.org/index.php/aslamiah

Handayani, R., Rachmat, Z., & S, W. (2022). Perancangan Aplikasi E-Learning Berbasis Website Pada SMP Negeri 3 Watansoppeng. *Jurnal Manajemen Informatika, Sistem Informasi Dan Teknologi Komputer (JUMISTIK)*, *1*(1), 43–54. https://doi.org/10.70247/jumistik.v1i1.8

Huda, M. N., Burhan, M., Satibi, A., & Pradita, H. A. (2022). *Implementasi Black Box Testing pada Aplikasi Sistem Kasir dengan Menggunakan Teknik Equivalence Partitions*. *5*(2), 120–127. https://doi.org/10.32493/jtsi.v5i2.17645

Iskandar, J, Prasetya, A, Sari, Y. K., & Cahyono, T. A. (2022). Analisis Penerimaan Sistem Informasi Akademik Universitas Bhineka PGRI Menggunakan Integrasi Model TPB dan TAM. *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, *7*(1), 254–263.

Marisa, V., Ardi Wijaya, S., & Tsabitah, N. (2024). Penerapan Model Prototype Rancang Bangun Sistem Bimbingan Konseling Berbasis Web pada SMK Muhammadiyah 3

Pekanbaru. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Sistem Informasi (JIKOMSI)*, *7*(1), 254–263. https://doi.org/10.55338/jikomsi.v7i1.2925

Ningsih, D. R. (2022). *Online Counseling Sebagai Alternatif Pelayanan Konseling Pada Masa Pandemi Di SMK Sunan Kalijogo Malang*. *2*.

Nugroho, P. W., & Nurdahlia, D. U. (2024). Pengembangan Model Tata Kelola Layanan Bimbingan dan Konseling Online Berbasis Website. *Southeast Asian Journal of Islamic Education Management*, *5*(2), 187–208. https://doi.org/10.21154/sajiem.v5i2.356

Padangsidimpuan, A. A., Dakwah, F., Syekh, U. I. N., Hasan, A., & Padangsidimpuan, A. A. (2024). *Pemanfaatan media konseling online pada Perguruan Tinggi Keagamaan Islam Negeri*. *1*(1), 48–57.

Palandi, E. H., Sriyuliawati, F., & Aziz, A. (2025). Peran Teknologi dalam Pengembangan Sistem E-Learning yang Interaktif dan Efektif bagi Pendidikan. *Journal Scientific of Mandalika*, *6*(7), 2809–0543.

Pratiwi, P., Krismiyati, K., & Wahyuadianto, A. (2022). *Assessing E-Learning Agility in the Indonesian Public Sector*. *2022*, 471–490. https://doi.org/10.18502/kss.v7i5.10572

Rahmatullah, B., Kusnandar, O. E. F., Sitinjak, N., Pepayosa, E., & Juwita, R. (2022). *Pengabdian Masyarakat Melalui Pendirian Layanan Konseling daring Psikoedukasi Media Sosial*. *7*(12).

Razak, N. A., Rasli, R. M., Subhan, S., Ahmad, N. A., & Malik, S. (2023). *Systematic review on digital transformation among teachers in public schools*. *12*(2). https://doi.org/10.11591/ijere.v12i2.24498

Widya, N., & Habibah, N. (2023). *Perbandingan Model Waterfall Dan Metode Prototype Untuk Pengembangan Aplikasi Pada Sistem Informasi*. *5*(1), 83–95.

Yusril., Y., & Nurus., S. (2024). *Konseling Online Sebagai Alternatif Pemberian Dukungan Psikologis*. *4*(September), 200–208.

Zola, N., Ifdil, I., Adlya, S. I., Fadli, R. P., & Apri, I. Z. (2024). *konseling online di Kabupaten Solok Selatan*. *5*(2), 76–81.

Multi-Sentence Contextual Modeling using Transformer Architecture for Arithmetic Operation Identification in Mathematical Word Problems

Cikal Dwidyanto [1)*)], Agung Prasetya [2)], Mohamad Khoirul Ansor [3)]

[1)2)3)]Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Bhinneka PGRI
[*)]**Correspondence author**: cikal.student@ubhi.ac.id, Tulungagung, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3431

Abstract

Mathematical word problems in Indonesian are generally presented as multi-sentence paragraphs, making the identification of arithmetic operations not solely dependent on recognizing numerical values, but also requiring an understanding of events and semantic relationships across sentences. This study formulates the task of arithmetic operation identification as a classification problem of a single primary operation into four classes: addition, subtraction, multiplication, and division. To capture contextual relationships across sentences, an encoder-based Transformer architecture is employed, which is capable of modeling long-range dependencies through a self-attention mechanism. The dataset consists of 900 elementary school-level mathematical word problems constructed in accordance with the Indonesian curriculum. Experimental results show that the model achieves an accuracy of 0.98 and an F1-score of 0.98. Per-class evaluation indicates high and consistent performance, although prediction errors are still observed in cases with ambiguous narrative patterns, particularly where addition is misclassified as multiplication or subtraction, and multiplication is misclassified as division. These findings demonstrate that the Transformer architecture is effective in leveraging multi-sentence context to improve the accuracy of arithmetic operation identification in mathematical word problems.

Keywords: *Transformer, BERT, NLP, Contextual Representation, Math Word Problems*

Abstrak

Soal cerita matematika berbahasa Indonesia umumnya disajikan dalam bentuk paragraf multi-kalimat, sehingga penentuan operasi aritmetika tidak cukup hanya dengan mengenali angka, tetapi juga memerlukan pemahaman terhadap peristiwa serta hubungan semantik antar kalimat. Penelitian ini memformulasikan tugas identifikasi operasi aritmetika sebagai masalah klasifikasi satu operasi utama ke dalam empat kelas, yaitu penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian. Untuk menangkap relasi konteks antar kalimat, digunakan arsitektur *Transformer* berbasis *encoder* yang mampu memodelkan dependensi panjang melalui mekanisme *self-attention*. Dataset yang digunakan terdiri dari 900 soal cerita matematika tingkat sekolah dasar yang disusun sesuai dengan kurikulum di Indonesia. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model mencapai akurasi sebesar 0,98 dan *F1-score* sebesar 0,98. Evaluasi per kelas menunjukkan performa yang tinggi dan konsisten, meskipun kesalahan prediksi masih ditemukan pada kasus dengan pola narasi yang ambigu, khususnya pada penjumlahan yang terklasifikasi sebagai perkalian atau pengurangan, serta perkalian yang terklasifikasi sebagai pembagian. Hasil ini menunjukkan bahwa arsitektur *Transformer* efektif dalam memanfaatkan konteks multi-kalimat untuk meningkatkan ketepatan identifikasi operasi aritmetika pada soal cerita matematika.

Kata Kunci: *Transformer, BERT, NLP,* Representasi Kontekstual*,* Soal Cerita Matematika

PENDAHULUAN

Soal cerita matematika penting untuk mengukur sejauh mana siswa mampu menerjemahkan masalah secara matematis. Salah satu kesulitan dalam pengerjaan soal matematika adalah menafsirkan jenis operasi dari makna cerita. Jenis operasi tidak selalu ditunjukkan secara eksplisit oleh kata-kata kunci tertentu. Bahkan, frase tertentu dalam soal cerita menunjuk lebih dari satu jenis operasi yang berbeda (Agusfianuddin et al., 2024; Hickendorff, 2021; Sarjana et al., 2020).

Sejumlah pendekatan telah dikembangkan untuk mengidentifikasi jenis operasi aritmetika. Pada (Mandal & Naskar, 2021), sejumlah kata kunci, berupa kata dan frase, secara literal dipetakan ke jenis operasi menggunakan sejumlah aturan. Karena adanya ambiguitas dan variasi bahasa, pendekatan-pendekatan berbasis neural memanfaatkan hasil pengkodean semantik kata (Liang et al., 2022). Sedangkan pada (Liang et al., 2023), masalah *out-of-vocabulary* diselesaikan dengan memanfaatkan *large language* model.

Namun demikian, pendekatan-pendekatan usulan tersebut belum mempertimbangkan konteks keseluruhan soal cerita. Konteks dalam soal cerita terjadi karena adanya hubungan makna antar kalimat di bagian narasi dan pertanyaan. Jenis operasi seringkali didapatkan dengan menghubungkan makna kalimat dari awal akhir. Masalah ini dapat menyebabkan kesalahan interpretasi sehingga akurasi menurun (W. Liu et al., 2025; Patel et al., 2021).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan *Transformer* (Zhang et al., 2019) dengan unit pemrosesan berupa kalimat, bukan kata. Setiap kalimat dalam soal cerita direpresentasikan sebagai satu vektor semantik kemudian dimodelkan dengan *self-attention* (Y. Liu & Lapata, 2019). Pendekatan usulan ini memungkinkan model menangkap hubungan makna antar kalimat dalam satu soal cerita, termasuk keterkaitan antara bagian narasi dan kalimat pertanyaan. Dengan memanfaatkan representasi tingkat kalimat, konteks soal cerita secara global dapat dipahami secara lebih utuh. Penentuan jenis operasi aritmetika tidak bergantung pada kata kunci lokal tetapi pada alur semantik dari awal hingga akhir soal. Pendekatan ini diharapkan mampu mengurangi ambiguitas interpretasi dan meningkatkan akurasi identifikasi jenis operasi.

Penelitian ini berkontribusi dengan mengajukan pemodelan kontekstual multi-kalimat berbasis *Transformer* (Z. Wang et al., 2022) untuk identifikasi jenis operasi aritmetika. Pendekatan yang diusulkan diterapkan pada soal cerita matematika berbahasa Indonesia. Kinerja model kemudian dievaluasi dan dibandingkan dengan pendekatan baseline.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengusulkan arsitektur *Transformer* berbasis *encoder (BERT)* untuk mengklasifikasi operasi aritmetika pada soal cerita matematika berbahasa Indonesia. Model *BERT* memanfaatkan mekanisme *attention* untuk memetakan hubungan konteks antar kalimat [12]. Model memprediksi urutan informasi dari soal tersebut ke dalam empat kelas operasi aritmetika, yaitu penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian. Dengan pemetaan kelas:

$$\{0,1,2,3\} = \{[OP_ADD], [OP_SUB], [OP_MUL], [OP_DIV]\}$$

Setiap data terdiri dari pasangan x, y, Dimana x adalah teks soal cerita dan y adalah label operasi [4].

1. Sumber Data

Pada penelitian ini data diperoleh dari kumpulan soal cerita matematika berbahasa Indonesia tingkat sekolah dasar kelas 1-3 yang diperoleh dari buku pembelajaran digital, Data yang dikumpulkan sebanyak 900 soal cerita.

Tabel 1. Kategori Soal Cerita

Kategori		Label	Jumlah
Level 1	**Level 2**	**Operasi**	**Data**
Change	Result Unknwon (Plus)	OP_ADD	87
Change	Result Unknwon (Minus)	OP_SUB	191
Combine	Combine (Plus)	OP_ADD	130
Combine	Combine (Minus)	OP_SUB	13
Compare	Compare (Plus)	OP_ADD	3
Compare	Compare (Minus)	OP_SUB	29
Div-Mul	Multiplication	OP_MUL	225
Div-Mul	Division	OP_DIV	222

Perhatikan **Tabel 2**, Setiap soal memiliki satu label operasi. Dikelompokkan menjadi empat kelas, yaitu OP_ADD, OP_SUB, OP_MUL, OP_DIV. Data pelatihan berjumlah

600 soal, data validasi berjumlah 100 soal, dan data pengujian berjumlah 200 soal. Data pelatihan dan validasi memiliki distribusi operasi yang seimbang agar proses pelatihan menjadi lebih maksimal dan mengurangi bias pada data.

Tabel 2. Komposisi Data Train dan Validasi Tiap Kelas

Label Operasi	Jumlah Soal		
	Data Train	Data Validasi	Data Uji
OP_ADD	150	25	45
OP_SUB	150	25	58
OP_MUL	150	25	50
OP_DIV	150	25	47

2. Pra-Pemrosesan Data

Pada tahap ini, dataset disiapkan dalam format JSON, teks dinormalisasikan dengan merapikan karakter, spasi, dan tanda baca agar bentuk kalimat lebih stabil saat diproses. Setelah normalisasi awal, teks soal cerita dipisahkan menjadi urutan kalimat menggunakan *Stanza* untuk *sentence tokenizer* berbahasa Indonesia (Qi et al., 2020). Selanjutnya, angka pada soal dinormalisasikan menggunakan *numerical placeholder* untuk menekan bias model terhadap nilai numerik tertentu agar memfokuskan ke relasi semantik antar peristiwa, langkah ini didasarkan karena model *Natural Language Processing (NLP)* sering kali tidak konsisten dalam penalaran numerik pada soal cerita sederhana (W. Liu et al., 2025; Patel et al., 2021).

3. Embedding dan Arsitektur Model

Proses embedding dilakukan dengan mengubah setiap kalimat menjadi vektor semantik menggunakan *SBERT* (Reimers & Gurevych, 2019). Hasilnya berupa urutan vektor kalimat:

$$H = [h_1 h_2, \dots h_2] \in \mathbb{R}^{n \times d}. \quad (1)$$

Urutan vektor H ditambahkan *positional encoding* agar *Transformer* tetap mengenali informasi urutan kalimat:

$$X = H + PE, \quad (2)$$

dengan $PE \in \mathbb{R}^{n \times d}$. *Positional encoding* didefinisikan sebagai (Irani & Metsis, 2025; Vaswani et al., 2017):

$$PE(pos, 2i) = sin\left(\frac{pos}{10000^{2i/d}}\right), \quad (3)$$

$$PE(pos, 2i+1) = cos\left(\frac{pos}{10000^{2i/d}}\right). \quad (4)$$

Selanjutnya X diproses oleh *encoder Transformer* melalui mekanisme *self-attention* untuk menangkap hubungan antar kalimat (Faldu et al., 2022; Irani & Metsis, 2025; Vaswani et al., 2017; Xiong et al., 2020). Pada *encoder* dibentuk proyeksi *query, key,* dan *value* sebagai:

$$Q = XW^Q, \qquad K = XW^K, \qquad V = XW^V. \quad (5)$$

Self-attention dihitung menggunakan rumus *scaled dot-product attention* (Irani & Metsis, 2025; Jin et al., 2025; L. Liu et al., 2020; Vaswani et al., 2017; H. Wang et al., 2024; Xiong et al., 2020):

$$Attention\,(Q, K, V) = softmax\left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}}\right)V. \quad (6)$$

Pada *multi-head attention*, perhatian dihitung pada beberapa *head* lalu digabungkan (Irani & Metsis, 2025; Jin et al., 2025; Vaswani et al., 2017; Xiong et al., 2020):

$$head_j = Attention\left(QW_j^Q, KW_j^K, VW_j^V\right), \quad (7)$$

$$MHA\,(X) = Concat(head_1, \ldots, head_m)\,W^O. \quad (8)$$

Keluaran setiap layer kemudian diproses oleh *feed-forward network (FFN)* (Vaswani et al., 2017; Xiong et al., 2020):

$$FFN(x) = \alpha(xW_1 + b_1)W_2 + b_2, \quad (9)$$

Dengan $\alpha(.)$ sebagai fungsi aktivasi (Vaswani et al., 2017). Distabilkan dengan *residual connection, layer normalization,* dan *dropout* untuk menjaga proses pelatihan tetap stabil dan mencegah *overfitting* (Ba et al., 2016; L. Liu et al., 2020; Vaswani et al., 2017; H. Wang et al., 2024; Xiong et al., 2020):

$$Z = LN\left(X + Dropout\left(MHA(X)\right)\right), \quad (10)$$

$$X' = LN\left(Z + Dropout\left(FFN(Z)\right)\right), \quad (11)$$

Self-attention memperhitungkan semua pasangan kalimat, informasi penting dapat tetap saling berinteraksi meskipun petunjuk operasi dan kuantitas muncul berjauhan. Representasi paragraf diperoleh dari keluaran token $[CLS]$ pada layer terakhir *encoder*

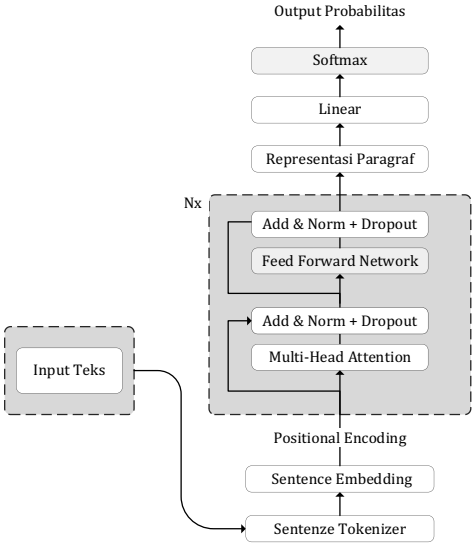
sebagai vektor $p \in \mathbb{R}^d$ (Devlin et al., 2019). Vektor paragraf (p) selanjutnya dipetakan oleh lapisan *linear* dan *softmax* (Jin et al., 2025; Xiong et al., 2020), untuk menghasilkan probabilitas empat kelas operasi (OP_ADD, OP_SUB, OP_MUL, OP_DIV), dengan:

$$z = Wp + b, \tag{12}$$

$$\hat{y} = softmax(z). \tag{13}$$

Fungsi kerugian menggunakan *cross-entropy* untuk klasifikasi multikelas (Grandini et al., 2020):

$$L = -\sum_{c=1}^{4} y_c \log(\hat{y}_c)\,. \tag{14}$$



Gambar 1. Arsitektur Model *Encorder Transformer*

4. Dataset dan Pelatihan

Dataset terdiri dari 900 soal cerita matematika kelas 1-3 sekolah dasar yang bersumber dari buku digital sesuai kurikulum di Indonesia. Data dibagi menjadi 600 (70%) data pelatihan, 100 (10%) data validasi, dan 200 (20%) data pengujian (Ayumi et al., 2025). Dilakukan proses augmentasi pada data pelatihan untuk memperkaya keragaman data tanpa mengubah makna matematis, *augmentasi* dilakukan melalui parafrase narasi soal, termasuk variasi kuantitatif maupun nilai bilangan, dengan tetap menjaga hubungan matematis tetap sama, serta melalui *expanding equation trees* untuk memperpanjang

langkah penyelesaian melalui penambahan peristiwa (Kim et al., 2023). Pengukuran kemiripan skor *BLEU* digunakan untuk mencegah duplikasi skor, dengan:

$$BLEU = BP \times \exp\left(\sum_{n=1}^{N} w_n log p_n\right). \quad (15)$$

Dimana p_n adalah *modified n-gram precision*, w_n adalah bobot, dan BP adalah *brevity penalty* (Papineni et al., 2002). Perhitungan *BLEU* skor memiliki statistik nilai mean 0,24 dan median 0,23, dengan rentang nilai antara 0 hingga 0,92 (Kim et al., 2023).

Dataset dilengkapi dengan anotasi dalam bentuk *expression tree postfix* menggunakan operator (OP_ADD, OP_SUB, OP_MUL, OP_DIV), dan pembentukan python *code* secara otomatis dari *postfix* tersebut. Proses anotasi menerapkan pendekatan *human-in-the-loop* dengan memastikan validitas anotasi melalui perbandingan hasil eksekusi dengan kunci jawaban (Kim et al., 2023).

Implementasi dilakukan menggunakan bahasa pemrograman python dengan dukungan kerangka kerja PyTorch dan HuggingFace *Transformer*. Optimisasi model menggunakan AdamW dengan *learning rate* (Loshchilov & Hutter, 2019). Menggunakan *early stopping* dan regulasi *dropout* untuk mengurangi *overfitting* (Srivastava et al., 2014). Pelatihan model dibatasi maksimal 30 epochs untuk mencapai konvergensi yang optimal.

5. Evaluasi Model

Evaluasi dilakukan pada data uji menggunakan metrik *Accuracy, Precision, Recall, F1-Score* (Chicco & Jurman, 2020; Grandini et al., 2020). Akurasi mengukur proporsi seluruh prediksi secara tepat terhadap total data pengujian:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}, \quad (16)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}, \quad (17)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}, \quad (18)$$

$$FI - Score = \frac{2PR}{P + R}. \quad (19)$$

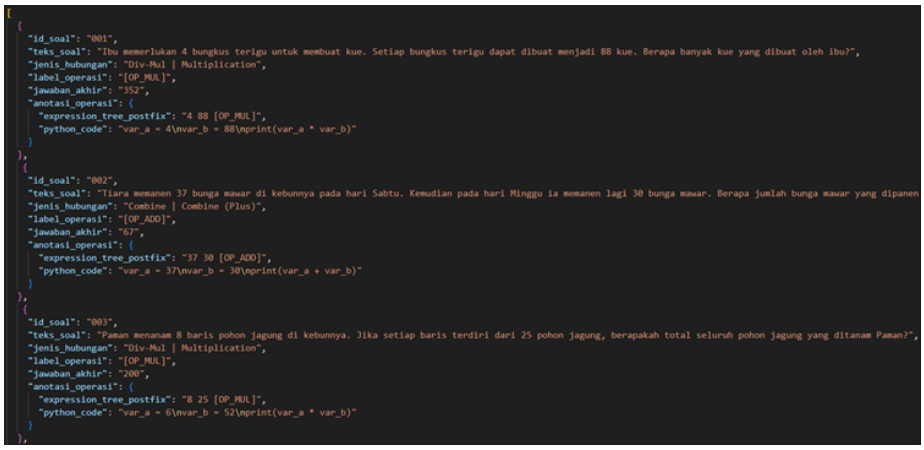
Nilai macro-average dihitung sebagai rata-rata metrik antar kelas agar evaluasi tetap seimbang pada klasifikasi multikelas. Selain itu, untuk melihat pola salah klasifikasi antar operasi dengan menggunakan *confusion matrix* (Opitz, 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

1. Struktur Dataset

Dataset disimpan dalam format JSON untuk mempermudah pengelolaan dan pemanggilan data pada proses pelatihan berlangsung. Setiap entri memuat identitas soal, teks soal, label operasi, serta informasi pendukung.



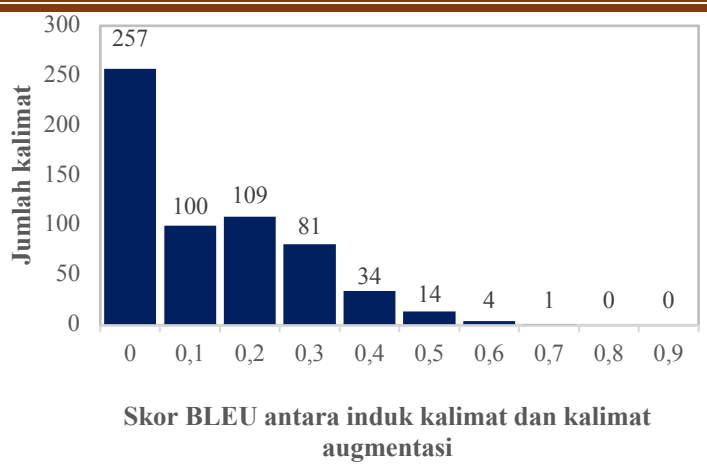
```
[
  {
    "id_soal": "001",
    "teks_soal": "Ibu memerlukan 4 bungkus terigu untuk membuat kue. Setiap bungkus terigu dapat dibuat menjadi 88 kue. Berapa banyak kue yang dibuat oleh ibu?",
    "jenis_hubungan": "Div-Mul | Multiplication",
    "label_operasi": "[OP_MUL]",
    "jawaban_akhir": "352",
    "anotasi_operasi": {
      "expression_tree_postfix": "4 88 [OP_MUL]",
      "python_code": "var_a = 4\nvar_b = 88\nprint(var_a * var_b)"
    }
  },
  {
    "id_soal": "002",
    "teks_soal": "Tiara memanen 37 bunga mawar di kebunnya pada hari Sabtu. Kemudian pada hari Minggu ia memanen lagi 30 bunga mawar. Berapa jumlah bunga mawar yang dipanen
    "jenis_hubungan": "Combine | Combine (Plus)",
    "label_operasi": "[OP_ADD]",
    "jawaban_akhir": "67",
    "anotasi_operasi": {
      "expression_tree_postfix": "37 30 [OP_ADD]",
      "python_code": "var_a = 37\nvar_b = 30\nprint(var_a + var_b)"
    }
  },
  {
    "id_soal": "003",
    "teks_soal": "Paman menanam 8 baris pohon jagung di kebunnya. Jika setiap baris terdiri dari 25 pohon jagung, berapakah total seluruh pohon jagung yang ditanam Paman?",
    "jenis_hubungan": "Div-Mul | Multiplication",
    "label_operasi": "[OP_MUL]",
    "jawaban_akhir": "200",
    "anotasi_operasi": {
      "expression_tree_postfix": "8 25 [OP_MUL]",
      "python_code": "var_a = 6\nvar_b = 52\nprint(var_a * var_b)"
    }
  },
```


Gambar 2. Struktur Dataset

Gambar 2, merupakan sample dataset soal, struktur tersebut dapat memastikan data konsisten dan mudah diproses pada tahap pra pemrosesan maupun pelatihan model.

2. Analisis Augmentasi Soal dengan BLEU

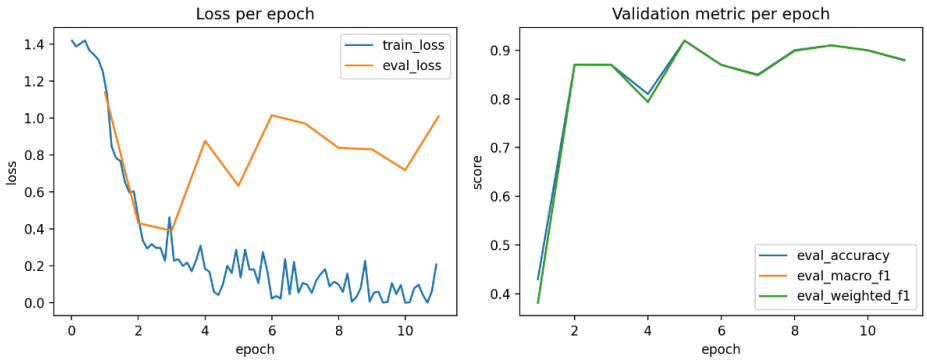
Setelah melalui proses *augmentasi*, kemudian dilakukan pengukuran tingkat kemiripan teks dilakukan dengan menggunakan *BLEU*.



Gambar 3. Grafik Kemiripan Kalimat Asli dan *Augmentasi*

Hasil pengukuran menunjukkan sebagian besar skor *BLEU* berada pada rentang 0.0 – 0.7. Kondisi tersebut menggambarkan bahwa hasil augmentasi menghasilkan variasi kalimat yang memadai dan tidak mengarah pada pengulangan teks secara berlebihan.

3. Pelatihan Model



Gambar 4. Kurva *Loss* dan Metrik Validasi

Hasil pelatihan menunjukkan bahwa *training loss* menurun secara tajam pada *epoch* awal hingga mendekati nol, menandakan model mampu mempelajari pola data dengan cepat. Sementara itu, *validation loss* sempat turun di awal, namun kemudian naik dan cenderung meningkat setelah beberapa *epoch*, yang mengindikasikan adanya gejala *overfitting*.

Dari sisi metrik evaluasi, nilai *accuracy* dan *F1-score* meningkat signifikan di awal pelatihan dan kemudian stabil pada kisaran tinggi tanpa peningkatan berarti. Hal ini menunjukkan bahwa model telah mencapai performa optimal sejak tahap awal. Secara

keseluruhan, model memiliki kemampuan generalisasi yang baik, dengan *epoch* terbaik berada pada rentang tengah pelatihan sebelum *overfitting* mulai terlihat.

4. Evaluasi Model

Evaluasi model menggunakan data pengujian soal cerita sebanyak 200 soal. Pada penelitian ini, metrik yang digunakan meliputi *accuracy, precision, recall,* dan *F1-score*. Serta metrik aggregate berupa *accuracy, macro average,* dan *weighted average.*

Tabel 3. Metrik Evaluasi Pengujian Model BERT per Kelas

Label	*Precision*	*Recall*	*F1-Score*	Jumlah
OP_ADD	1,00	0,93	0,96	45
OP_SUB	0,98	1,00	0,99	58
OP_MUL	0,96	0,98	0,97	50
OP_DIV	0,98	1,00	0,99	47

Sedangkan untuk performa *BERT* secara keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Metrik Evaluasi Model *BERT*

Metrik	Nilai
Accuracy	0,98
Macro avg Precision	0,98
Macro avg Recall	0,97
Macro avg F1-score	0,98
Weighted avg Precision	0,98
Weighted avg Recall	0,98
Weighted avg F1-score	0,98

Pada Tabel 4. Hasil *accuracy* sebesar 0,98 menunjukkan bahwa *encoder Transformer* pada *BERT* mampu mengklasifikasi benar sekitar 98% data pengujian. Dari 200 soal, model berhasil melakukan prediksi benar 196 soal dan prediksi salah 4 soal. Nilai *macro average* dan *weighted average* yang hampir sama menunjukkan performa model relatif merata pada semua label.

5. Kesalahan Prediksi Model

Berdasarkan hasil evaluasi model yang diperoleh, terdapat beberapa pola kesalahan pada soal data uji.

Tabel 5. Kesalahan Prediksi pada Soal

No	Teks Soal	Label Benar	Prediksi Model
1	Bu Jeni adalah penjual baju. Pada hari Senin bajunya terjual 28 buah. Kemudian pada hari Selasa bajunya terjual 38 buah. Berapa jumlah baju Bu Jeni yang terjual seluruhnya?	OP_ADD	OP_MUL
2	Toko kerudung Bu Fitri sangat ramai pengunjung. Kemarin ada 32 kerudungnya yang terjual. Kemudian hari ini ada 39 kerudung yang terjual. Berapa jumlah kerudung yang terjual?	OP_ADD	OP_MUL
3	Hari ini kantor pos menjual perangko sebanyak 1625 lembar. Kemarin menjual sebanyak 3247 lembar. Berapa jumlah perangko yang terjual?	OP_ADD	OP_SUB
4	Siswa di kelas Ika sedang belajar berbaris. Siswa dibagi dalam 3 regu. Setiap regu terdiri atas 8 siswa. Berapa orang siswa yang sedang berbaris?	OP_MUL	OP_DIV

Kesalahan prediksi Pada soal (1) dan (2), penjumlahan diprediksi sebagai perkalian karena pola kejadian berulang ditafsirkan sebagai repetisi, bukan akumulasi. Pada soal (3), model gagal mengenali arah hubungan kuantitas sehingga penjumlahan diprediksi sebagai pengurangan. Sementara pada soal (4), kata "dibagi" menyebabkan model memilih pembagian, meskipun struktur konteks menunjukkan perkalian. Hal ini menunjukkan keterbatasan model dalam memahami relasi makna pada konteks yang ambigu.

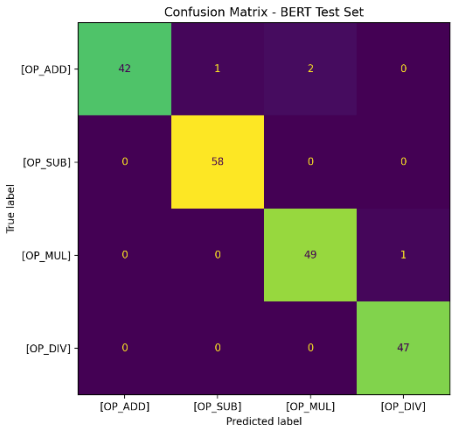
6. Perbandingan dengan Model Baseline

Perbandingan dilakukan untuk melihat efektivitas pendekatan *encoder Transformer* menggunakan *BERT* dibandingkan dengan pendekatan berbasis *BiLSTM* pada tugas klasifikasi operasi aritmetika.

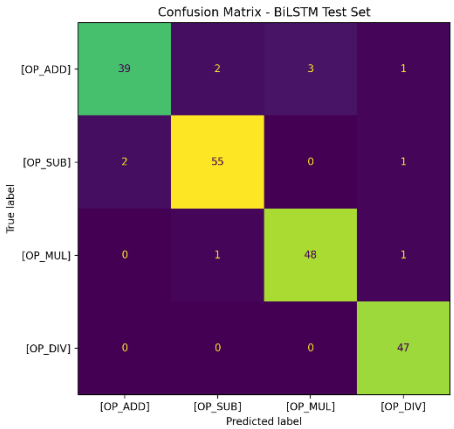
Tabel 6. Perbandingan Performa Model *BERT* dan *BiLSTM*

Model	*Accuracy*	*Macro Precision*	*Macro Recall*	*Macro F1*
BERT	0,98	0,98	0,97	0,98
BiLSTM	0,94	0,94	0,94	0,94

Berdasarkan Tabel 6. Model *BERT* menunjukkan performa yang lebih unggul dibandingkan model *BiLSTM* pada keseluruhan metrik. *Accuracy BERT* lebih tinggi sebesar 0,04 dan *macro F1* sebesar 0,04. Hasil ini menunjukkan bahwa *BERT* lebih efektif dalam menangkap konteks dan relasi antar kalimat pada soal cerita, sehingga kesalahan klasifikasi dapat ditekan. perbedaan *macro F1* juga memperlihatkan peningkatan performa model lintas label, bukan sekedar unggul pada satu kelas tertentu.



Gambar 1. *Confusion Matrix BERT*



Gambar 2. *Confusion Matrix BiLSTM*

Perhatikan Gambar 4 dan Gambar 5, dari *confusion matrix* tersebut dapat disimpulkan juga, jumlah kesalahan prediksi pada model *BERT* sebanyak 4 soal, sedangkan kesalahan prediksi pada model *BiLSTM* sebanyak 11 soal.

Tabel 7. Metrik Evaluasi per Kelas Model *BERT* dan *BiLSTM*

Label	*BERT*			*BiLSTM*		
	Precision	***Recall***	***F1-Score***	***Precision***	***Recall***	***F1-Score***
OP_ADD	0,97	0,93	0,95	0,90	0,88	0,89
OP_SUB	1,00	0,98	0,99	0,91	0,93	0,92
OP_MUL	0,90	1,00	0,95	0,95	0,94	0,94
OP_DIV	1,00	0,95	0,97	0,95	0,97	0,96

Perbedaan utama terlihat pada label OP_ADD dan OP_SUB, karena performa *BiLSTM* menurun pada *precision, recall,* dan *F1-score* sehingga lebih sering salah prediksi ke label lain. Sedangkan, operasi perkalian dan pembagian pada *BiLSTM* masih cukup baik hampir mendekati model *BERT*, yang menunjukkan pola kedua operasi ini lebih mudah dikenali pada data pengujian.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model berbasis *encoder Transformer* mampu mencapai performa yang sangat tinggi dalam mengklasifikasikan operasi aritmetika, yang ditunjukkan oleh nilai akurasi dan *F1-score* masing-masing sebesar 0,98. Keseimbangan nilai *macro average* dan *weighted average* mengindikasikan bahwa kinerja model relatif merata pada seluruh kelas, sehingga dapat disimpulkan bahwa pendekatan *Transformer* efektif dalam mempelajari representasi semantik pada soal cerita matematika berbahasa Indonesia.

Hasil performa model yang tinggi tidak terlepas dari kemampuannya dalam memanfaatkan konteks multi-kalimat. Melalui mekanisme *self-attention*, model mampu mengintegrasikan informasi yang tersebar di berbagai kalimat, seperti kondisi awal, perubahan, dan pertanyaan, sehingga menghasilkan pemahaman yang lebih menyeluruh dibandingkan pendekatan sekuensial yang bergantung pada urutan linear.

Hasil evaluasi juga menunjukkan adanya keterbatasan model dalam menghadapi ambiguitas linguistik. Pada beberapa kasus, model cenderung salah mengklasifikasikan operasi karena mengandalkan pola bahasa permukaan, misalnya menafsirkan pola kejadian berulang sebagai perkalian, atau terpengaruh oleh kata tertentu seperti “dibagi” yang mengarah pada prediksi pembagian, meskipun konteks sebenarnya menunjukkan operasi yang berbeda.

Perbandingan dengan model baseline memperlihatkan bahwa *Transformer* berbasis *BERT* memiliki keunggulan yang signifikan dibandingkan *BiLSTM* pada seluruh metrik evaluasi. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan *Transformer* dalam menangkap hubungan antar kalimat memberikan kontribusi penting terhadap peningkatan akurasi dan konsistensi prediksi.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pemodelan kontekstual multi-kalimat berbasis *Transformer* merupakan pendekatan yang efektif untuk identifikasi operasi aritmetika. Meskipun demikian, peningkatan performa masih dapat dilakukan melalui pengembangan pemahaman relasi semantik yang lebih kompleks serta perluasan dataset.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini berhasil mengembangkan model identifikasi operasi aritmetika pada soal cerita matematika berbahasa Indonesia menggunakan pendekatan kontekstual multi-kalimat berbasis *Transformer*. Dengan memanfaatkan mekanisme *self-attention*, model mampu mengintegrasikan informasi antar kalimat sehingga penentuan operasi tidak bergantung pada kata kunci, melainkan pada relasi makna dalam keseluruhan konteks soal.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model mencapai performa yang sangat baik dengan nilai akurasi sebesar 0,98. Kesalahan prediksi yang terjadi relatif sedikit dan umumnya disebabkan oleh kemiripan pola narasi antar operasi, khususnya pada penjumlahan yang diprediksi sebagai perkalian atau pengurangan, serta perkalian yang diprediksi sebagai pembagian.

Selain itu, hasil perbandingan dengan model baseline menunjukkan bahwa pendekatan *Transformer* lebih unggul dibandingkan *BiLSTM*, dengan selisih performa sebesar 0,04. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pemodelan kontekstual multi-kalimat berbasis *Transformer* efektif dalam meningkatkan ketepatan identifikasi operasi aritmetika pada soal cerita matematika.

REFERENSI

Agusfianuddin, Herman, T., & Turmudi. (2024). Investigation of Students' Difficulties in Mathematical Language : Problem-Solving in Mathematical Word Problems at Elementary Schools. *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian Dan Kajian Kepustakaan Di Bidang Pendidikan, Pengajaran Dan Pembelajaran*, *10*(2), 578–590. https://doi.org/10.33394/jk.v10i2.11257

Ayumi, V., Purba, M., & Rahman, A. (2025). Model Deep Learning Berbasis Word2Vec dan LSTM untuk Klasifikasi Umpan Balik Kompetensi Profesional Dosen. *JSAI : Journal Scientific and Applied Informatics*, *08*(2), 558–563. https://doi.org/10.36085/jsai.v8i2.8762

Ba, J. L., Kiros, J. R., & Hinton, G. E. (2016). Layer Normalization. *ArXiv*, 1–14. https://doi.org/10.48550/arXiv.1607.06450

Chicco, D., & Jurman, G. (2020). The advantages of the Matthews correlation coefficient (MCC) over F1 score and accuracy in binary classification evaluation. *BMC Genomics*, *21*(6), 1–13.

Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Tautanova, K. (2019). BERT : Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *In Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*, 4171–4186. https://doi.org/10.18653/v1/N19-1423

Faldu, K., Sheth, A., Kikani, P., & Patel, D. (2022). MMTM: Multi-Tasking Multi-Decoder Transformer for Math Word Problems. *ArXiv*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2206.01268

Grandini, M., Bagli, E., & Visani, G. (2020). METRICS FOR MULTI-CLASS CLASSIFICATION: AN OVERVIEW. *ArXiv*, 1–17. https://doi.org/10.48550/arXiv.2008.05756

Hickendorff, M. (2021). The Demands of Simple and Complex Arithmetic Word Problems on Language and Cognitive Resources. *Frontiers in Psychology*, *12*(1), 1–12. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.727761

Irani, H., & Metsis, V. (2025). Positional Encoding in Transformer-Based Time Series Models: A Survey. *ArXiv*, 1–15. https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.12370

Jin, P., Zhu, B., Yuan, L., & Yan, S. (2025). MoH: Multi-Head Attention as Mixture-of-Head Attention. *International Conference on Machine Learning*, 1–23. https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.11842

Kim, J., Kim, Y., Baek, I., Bak, J., & Lee, J. (2023). It Ain ’ t Over : A Multi-aspect Diverse Math Word Problem Dataset. *Proceedings Ofthe 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, 14984–15011. https://doi.org/10.18653/v1/2023.emnlp-main.927

Liang, Z., Yu, W., Rajpurohit, T., Clark, P., Zhang, X., & Kaylan, A. (2023). Let GPT be a Math Tutor: Teaching Math Word Problem Solvers with Customized Exercise Generation. *Association for Computational Linguistics*, 14384–14396. https://doi.org/10.18653/v1/2023.emnlp-main.889

Liang, Z., Zhang, J., Wang, L., Qin, W., Lan, Y., Shao, J., Zhang, X., & Dame, N. (2022). MWP-BERT : Numeracy-Augmented Pre-training for Math Word Problem Solving. *Association for Computational Linguistics*, 997–1009. https://doi.org/10.18653/v1/2022.findings-naacl.74

Liu, L., Liu, X., Gao, J., Chen, W., & Han, J. (2020). Understanding the Difficulty of Training Transformers. *Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, 5747–5763. https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.08249

Liu, W., Hu, H., Zhou, J. I. E., Ding, Y., Li, J., Zeng, J., He, M., & Chen, Q. (2025). Mathematical Language Models : A Survey. *Mathematical Language Models : A Survey*, *58*(6), 111:1-111:35. https://doi.org/10.1145/3773985

Liu, Y., & Lapata, M. (2019). Hierarchical Transformers for Multi-Document Summarization. *Association for Computational Linguistics*, 5070–5081. https://doi.org/10.18653/v1/P19-1500

Loshchilov, I., & Hutter, F. (2019). Decoupled Weight Decay Regularization. *International Conference on Learning Representations*, 1–8. https://doi.org/10.48550/arXiv.1711.05101

Mandal, S., & Naskar, S. K. (2021). Classifying and Solving Arithmetic Math Word Problems — An Intelligent Math Solver. *IEEE TRANSACTIONS ON LEARNING TECHNOLOGIES*, *14*(1), 28–41. https://doi.org/10.1109/TLT.2021.3057805

Opitz, J. (2024). A Closer Look at Classification Evaluation Metrics and a Critical Reflection of Common Evaluation Practice. *MIT Press*, *12*, 820–836. https://doi.org/10.1162/tacl_a_00675

Papineni, K., Roukos, S., Ward, T., & Zhu, W. (2002). B LEU : a Method for Automatic Evaluation of Machine Translation. *Proceedings of the 40th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL)*, *July*, 311–318. https://doi.org/10.3115/1073083.1073135

Patel, A., Bhattamishra, S., & Goyal, N. (2021). Are NLP Models really able to Solve Simple Math Word Problems? *Association for Computational Linguistics*, 2080–2094. https://doi.org/10.18653/v1/2021.naacl-main.168

Qi, P., Zhang, Y., Zhang, Y., Bolton, J., & Manning, C. D. (2020). Sta n z a : A Python Natural Language Processing Toolkit for Many Human Languages. *Proceedings Ofthe 58th Annual Meeting Ofthe Association for Computational Linguistics,* 101–108. https://doi.org/10.18653/v1/2020.acl-demos.14

Reimers, N., & Gurevych, I. (2019). Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-Networks. *Association for Computational Linguistics*, 3982–3992. https://doi.org/10.18653/v1/D19-1410

Sarjana, K., Hayati, L., & Wahidaturrahmi. (2020). Mathematical modelling and verbal abilities: How they determine students' ability to solve mathematical word problems? *Beta: Jurnal Tadris Matematika*, *13*(2), 117–129. https://doi.org/10.20414/betajtm.v13i2.390

Srivastava, N., Hinton, G., Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Salakhutdinov, R. (2014). Dropout : A Simple Way to Prevent Neural Networks from Overfitting. *Journal of Machine Learning Research*, *15*(56), 1929–1958. https://doi.org/10.5555/2627435.2670313

Vaswani, A., Brain, G., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention Is All You Need (Transformer Architecture). *Neural Information Processing Systems*, *Nips*, 1–15. https://doi.org/10.5555/3295222.3295349

Wang, H., Ma, S., Dong, L., Huang, S., Zhang, D., & Wei, F. (2024). DeepNet: Scaling Transformers to 1,000 Layers. *IEEE Computer Society*, *46*(10), 6761–6774. https://doi.org/10.1109/TPAMI.2024.3386927

Wang, Z., Gu, J., Kuen, J., Zhao, H., & Morariu, V. I. (2022). Learning Adaptive Axis Attentions in Fine-tuning : Beyond Fixed Sparse Attention Patterns. *Association for Computational Linguistics*, 916–925. https://doi.org/10.18653/v1/2022.findings-acl.74

Xiong, R., Yang, Y., He, D., Zheng, K., Zheng, S., Xing, C., & Zhang, H. (2020). On Layer Normalization in the Transformer Architecture. *Journal of Machine Learning Research*, 1–17. https://doi.org/10.5555/3524938.3525913

Zhang, X., Wei, F., & Zhou, M. (2019). HIBERT : Document Level Pre-training of Hierarchical Bidirectional Transformers for Document Summarization. *Association for Computational Linguistics*, 5059–5069. https://doi.org/10.18653/v1/P19-1499

English Educational Game Development Using Unity with a Gamification Approach for Elementary School Students

Irfan Afriantoro[1)*)], Desvi Ramadhani Syafitri[2)], Candra Naya[3)]

[1)2)3)] Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa
***)Correspondence author:** Irfan Afriantoro, irfanafriantoro@pelitabangsa.ac.id, Cikarang, Indonesia
DOI : https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3434

Abstract

English is an international language that has an important role in the era of globalization, especially in the field of education. However, learning English at the elementary school level still has challenges that must be faced, namely conventional teaching methods that make children bored. Because in these methods only teachers or mentors are more active than students as well as the lack of motivation in students. This research aims to overcome these challenges by developing an android-based educational game using unity as its game engine. The game also use a gamification approach by taking the element of points or scores. The game development method used in this research is Multimedia Development Life Cycle (MDLC). The game will focus on the introduction of vocabulary objects, colors, animals, and fruits that can be played by one person per device. This research is expected to produce an English educational game with an android-based gamification approach that can improve the learning motivation of elementary school children, increase student involvement in learning, and is expected to be an effective learning tool for teachers or mentors to help elementary school children learn English.

Keywords: *English, Gamification, Unity, Multimedia Development Life Cycle (MLDC), Educational Game*

Abstrak

Bahasa Inggris merupakan bahasa internasional yang memiliki peran penting di era globalisasi, terutama pada bidang pendidikan. Tetapi, pembelajaran bahasa Inggris pada tingkat sekolah dasar masih memiliki tantangan yang harus dihadapi, yaitu metode pengajaran yang masih konvensional yang membuat anak – anak menjadi bosan. Karena pada metode tersebut hanya guru atau pembimbing yang lebih aktif dibandingkan siswa serta kurangnya motivasi pada siswa. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi tantangan tersebut dengan mengembangkan sebuah game edukasi berbasis android menggunakan unity sebagai game engine nya. Game ini juga menggunakan pendekatan gamifikasi dengan mengambil elemen poin atau score. Metode pengembangan game yang dipakai pada penelitian ini adalah Multimedia Development Life Cycle (MDLC). Game akan berfokus pada pengenalan kosakata benda, warna, hewan, dan buah yang dapat dimainkan oleh satu orang setiap satu device. Penelitian ini diharapkan menghasilkan game edukasi bahasa Inggris dengan pendekatan gamifikasi berbasis android yang dapat meningkatkan motivasi belajar anak – anak sekolah dasar, meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran, serta diharapkan dapat menjadi alat pembelajaran yang efektif bagi para guru atau pembimbing untuk membantu anak – anak sekolah dasar dalam belajar bahasa Inggris.

Kata Kunci : Bahasa Inggris, Gamifikasi, Unity, Multimedia Development Life Cycle (MLDC), Game Edukasi,

PENDAHULUAN

Bahasa Inggris merupakan bahasa internasional yang sangat penting di era globalisasi saat ini, terutama dalam bidang pendidikan. Bahasa Inggris termasuk keterampilan utama yang harus dikembangkan sejak kecil karena anak pada usia tersebut memiliki daya ingat yang lebih tinggi dan rasa keingintahuan yang lebih besar. Meskipun begitu, mengajarkan bahasa Inggris pada anak – anak tidak lah mudah dan pastinya mempunyai cara yang berbeda dengan mengajar remaja ataupun orang dewasa. Sehingga anak – anak hanya bisa diajarkan dasarnya saja dengan cara yang sesuai dengan usianya. Di sekolah anak – anak akan dibimbing guru dalam belajar bahasa Inggris dengan berbagai metode. Namun, masih banyak anak – anak yang sering menghadapi kesulitan dalam belajar bahasa Inggris sehingga menyebabkan mereka menjadi malas. Selain mengalami kesulitan dalam belajar, pembelajaran bahasa Inggris di sekolah dasar masih sering dianggap kurang menarik dan membosankan. Oleh karena itu, pentingnya mencari cara agar pembelajaran bahasa Inggris menjadi lebih menyenangkan dan para anak – anak pun menjadi semangat dalam belajar bahasa Inggris.

Di era teknologi yang semakin canggih ini terdapat berbagai cara untuk belajar ataupun mengajar, guru dan pembimbing dapat memanfaatkan media teknologi dengan melakukan pembelajaran melalui smartphone, laptop, dan alat komunikasi lainnya. Selain dampak teknologi yang semakin canggih, pandemi COVID-19 yang terjadi di Indonesia pada tahun 2020 juga mempercepat proses perubahan pada bidang pendidikan yang dimana pengajaran oleh guru dilakukan secara online. Hal ini membuat anak – anak yang sedang bersekolah harus memiliki media eletronik untuk mengikuti pembelajaran sekolah dari rumah. Meskipun pembelajaran telah dilakukan secara online, pembelajaran masih dilakukan dengan metode konvensional seperti pemberian tugas, diskusi, dan ceramah. Metode yang dilakukan ini membuat anak menjadi lebih pasif dan lebih sering mendengarkan penjelasan guru saja. Situasi ini menunjukkan bahwa tantangan pendidikan tidak hanya terletak pada peralihan pengajaran dari offline ke online, namun termasuk dalam mempertahankan metode pembelajaran yang menarik dan efektif bagi siswa. Jika metode

konvensional tetap dijalankan, hal tersebut dapat membuat anak menjadi cepat bosan dan tidak tertarik dengan pelajaran tersebut.

Dari permasalahan ini, game atau permainan online bisa menjadi salah satu metode yang dapat digunakan dengan memanfaatkan teknologi tersebut. Guru dan pembimbing dapat menggunakan permainan atau game sebagai format multimedia dalam membantu anak – anak untuk belajar. Karena anak – anak zaman sekarang lebih suka bermain game daripada membaca buku teks atau buku pelajaran, maka game dapat dijadikan sebagai opsi lain bagi guru atau pembimbing untuk media pembelajaran siswa. Game yang digunakan untuk media pembelajaran biasanya disebut juga dengan game edukasi. Game edukasi ini dirancang untuk menyampaikan materi pembelajaran dan menambah pengetahuan bahasa Inggris bagi para siswa dengan cara yang lebih menyenangkan. Game tersebut akan dibuat dengan menggunakan Unity sebagai game enginenya dan bahasa pemrograman C#. Unity merupakan sebuah alat untuk mengembangkan aplikasi game online maupun game PC, selain itu unity juga bisa digunakan untuk membuat simulasi dan arsitektur bangunan. Game ini juga akan disajikan dalam bentuk game mobile (Android). Android itu sendiri merupakan sistem operasi yang biasa dipakai oleh perangkat seperti smartphone ataupun tablet yang memiliki berbagai fitur didalamnya.

Game tersebut juga akan menggunakan pendekatan gamifikasi dengan sistem poin yang dimana jika siswa menjawab pertanyaan dengan benar akan diberikan poin disetiap jawabannya dan mendapatkan score akhir. Gamifikasi merupakan salah satu teknik yang dapat meningkatkan motivasi para siswa dalam bermain game dengan menggunakan sistem poin, level, ataupun sebagainya.

Dari uraian latar belakang di atas, penulis akan mengembangkan sebuah game edukasi bahasa Inggris yang dapat membantu para guru dan pembimbing dalam melakukan pembelajaran yang lebih interaktif. Oleh karena itu dalam tugas akhir ini penulis mengambil judul “Pengembangan Game Edukasi Bahasa Inggris Menggunakan Unity Dengan Pendekatan Gamifikasi Untuk Siswa Sekolah Dasar” yang bertujuan untuk membantu siswa sekolah dasar dalam mengikuti pembelajaran dengan menyenangkan dan terhindar dari kesulitan. Kemudian, sasaran dalam penelitian ini adalah anak – anak yang masih berada di

sekolah dasar yang berada di lingkungan sekitar tempat tinggal penulis dan yang mengikuti les di rumah penulis. Lalu, dalam pembuatan game ini penulis memakai Unity sebagai game enginenya yang dimana Unity memiliki banyak fitur dan banyaknya tutorial yang tersebar di internet, sehingga mudah untuk di pelajarinya.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode pengembangan aplikasi dengan konsep Multimedia Development Life Cycle (MDLC). Pada metode ini terdapat enam tahap yaitu, konsep (concept), perancangan (design), pengumpulan bahan (material collecting), pembuatan (assembly), pengujian (testing), dan distribusi (distribution). Metode pengembangan ini diharapkan dapat mengembangkan game yang berfungsi dengan baik dan tidak memiliki masalah apapun saat game yang dikembangkan ini dicoba oleh user.

Konsep (Concept)

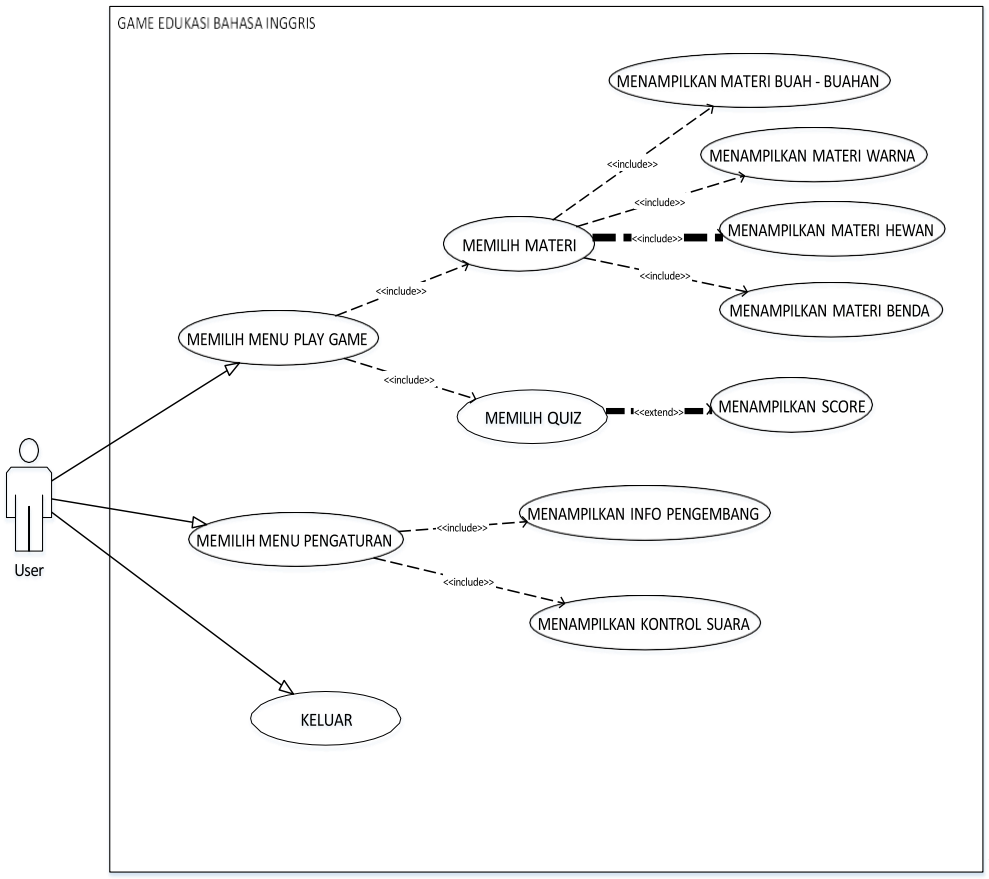
Konsep merupakan tahapan awal yang ada pada metode pengembangan ini, pada tahap ini penulis menentukan tujuan dari pengembangan game dan menentukan user dari game yang akan dikembangkan. Tujuan pengembangan game ini sendiri adalah untuk membantu sistem pembelajaran les bahasa Inggris yang dimana masih menggunakan metode pembelajaran konvensional. Selain itu tujuan yang lain dari pengembangan game ini agar anak – anak lebih termotivasi lagi dalam belajar bahasa Inggris sehingga anak – anak tidak akan malas dalam datang les ataupun mengkitu kegiatan pembelajaran.

Tabel 1. Konsep Pengembangan Game Edukasi

Judul	Pengembangan *Game* Edukasi Bahasa Inggris Menggunakan *Unity* dengan Pendekatan Gamifikasi untuk Siswa Sekolah Dasar
Target Pengguna	Anak – anak sekolah dasar yang mengikuti les bahasa Inggris di rumah penulis dan masyarakat umum.
Bentuk Aplikasi	Berbasis Android
Suara	*Backsound* dan suara di dapatkan dengan men *download* di *google.com*
Gambar	Gambar buah, benda, hewan, warna, *background* didapatkan dengan *mendownload* di *google.com* dan menggunakan gambar yang dibuat di *Inkscape*
Interaktif	Semua tombol di setiap menu memiliki fungsinya masing masing

Perancangan (Design)

Tahap kedua dari metode pengembangan Multimedia Development Life Cycle adalah perancangan. Pada tahap ini penulis akan memberikan perancangan game edukasi bahasa Inggris yang akan dikembangkan dimulai dari use case diagram, activity diagram, sequence diagram, class diagram, dan user interface atau desain antarmuka yang akan ditampilkan pada game edukasi bahasa Inggris.



Use

Gambar 1. Use Case Diagram

Berdasarkan use case diagram pada gambar 3.1 diatas, maka dapat dijelaskan skenario use case pada game edukasi yang diusulkan penulis. User dapat memilih menu play game, menu pengaturan, dan keluar. Saat user memilih menu play game akan muncul pilihan materi dan quiz, jika user memilih materi maka akan muncul pilihan materi yang ingin dipelajari dan jika user memilih quiz maka akan muncul quiz

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sub bab ini, menjelaskan hasil implementasi dari game edukasi yang telah dirancang pada bab III. Game yang dikembangkan ini memiliki beberapa scene sebagai berikut:

Implementasi Halaman Utama

Pada halaman utama terdapat tombol play, settings, dan tombol keluar atau out. User dapat memilih tombol play jika ingin melanjutkan game dan akan diarahkan ke menu utama. Jika user memilih tombol settings maka user akan diarahkan ke menu settings. Dan ketika user memilih tombol keluar dari game maka user akan diberikan pilihan untuk keluar dari game atau tidak.



Gambar 2. Tampilan Halaman Utama

Implementasi Menu Utama

Pada menu utama tedapat pilihan study, quiz, dan tombol kembali. Jika user memilih materi maka scene game akan berpindah ke menu materi. Apabila user memilih quiz maka user harus memasukkan nama agar bisa lanjut ke menu pilihan soal. Dan jika user memilih tombol kembali maka user akan kembali ke halaman utama.



Gambar 3. Tampilan Menu Utama

Implementasi Menu Materi

Pada menu materi terdapat pilihan materi yang bisa dipilih dan tombol kembali. Menu materi akan ditampilkan apabila saat di menu utama user memilih study. Saat user memilih salah satu materi yang ada pada menu di tampilan ini (hewan, benda, warna, buah) maka game akan menampilkan materi yang sudah dipilih. Dan jika user memilih tombol kembali maka user akan kembali ke menu utama.



Gambar 4. Tampilan Menu Materi

Implementasi Menu Materi

Terdapat 4 tampilan materi yaitu hewan, buah, benda, dan warna tampilan. Materi ini sesuai dengan yang dipilih oleh user pada saat di menu materi dan pada tampilan materi ini terdapat tombol kiri dan kanan, tombol kosakata bahasa Inggris, dan tombol kosakata bahasa Indonesia, dan gambar materi. Jika user mengklik tombol kosa kata maka akan terdengar suara pengucapan dari materi tersebut. Apabila user mengklik tombol kiri kanan akan mengubah materi yang dilihat. Dan jika user memilih tombol kembali maka user akan kembali ke menu materi.



Gambar 5. Tampilan Menu Materi Benda



Gambar 6. Tampilan Menu Materi Buah



Gambar 7. Tampilan Menu Materi Hewan



Gambar 8. Tampilan Menu Materi Warna

Implementasi Panel Input Nama

Pada tampilan input nama user dapat memasukkan nama pada kolom enter your name dan langsung klik tanda panah dibawah yang berarti next ke menu berikutnya. User juga dapat langsung klik tanda next tanpa menuliskan nama user. Jika user masih ragu untuk melakukan quiz, user dapat mengklik tombol close untuk menutup panel input nama.



Gambar 9. Tampilan Panel Input Nama

Implementasi Pilih Soal

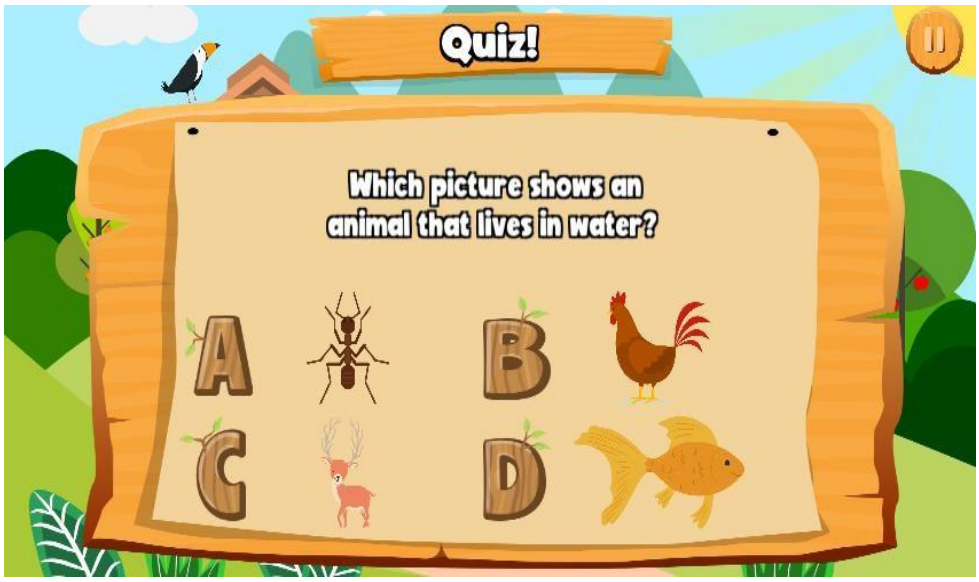
Setelah mengklik next atau tanda panah pada panel input nama, game akan menampilkan pilihan soal yang dapat dipilih sesuai keinginan user. Jika user memilih gambar nomor 5 maka soal quiz yang ditampilkan adalah 5 soal begitu juga dengan angka 10, 15, dan 20 maka soal quiz yang akan ditampilkan adaah 10 soal, 15 soal, dan 20 soal. Dan jika user memilih tombol kembali maka user akan kembali ke menu utama. Pilih soal ini merupakan fitur tambahan yang tidak terdapat pada rancangan di bab III. Penambahan scene ini dilakukan sebagai bentuk pengembangan untuk memberikan kemudahan bagi user dalam menentukan jumlah soal yang ingin dikerjakan.



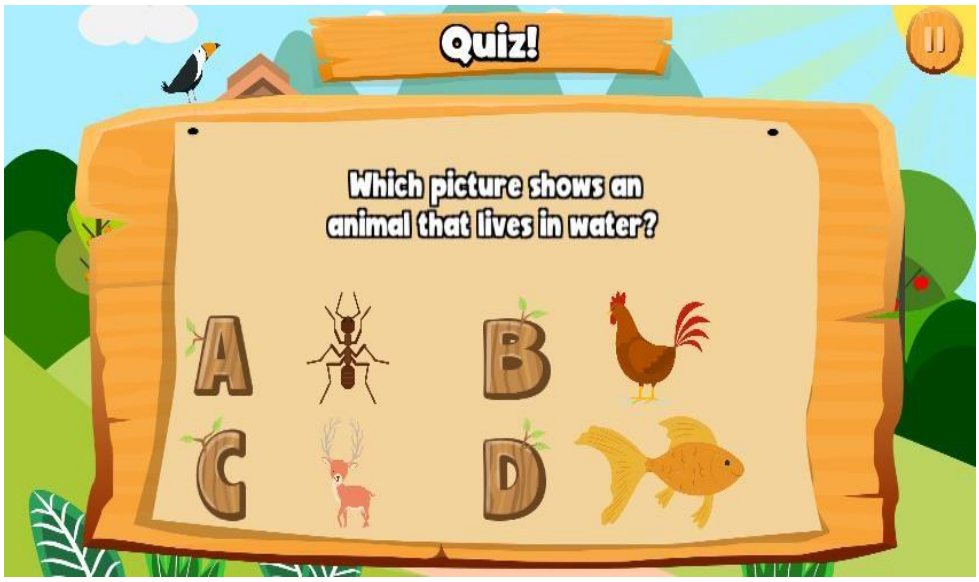
Gambar 10. Tampilan Pilih Soal

Implementasi Quiz

Pada implementasi ini, user dapat mengerjakan quiz sesuai dengan jumlah soal yang dipilih pada pilihan sebelumnya. Jika user menjawab benar maka terdapat panel true akan muncul beberapa detik saja. Jika user salah menjawab maka panel false akan muncul beberapa detik. Terdapat tombol pause.



Gambar 11. Tampilan Quiz



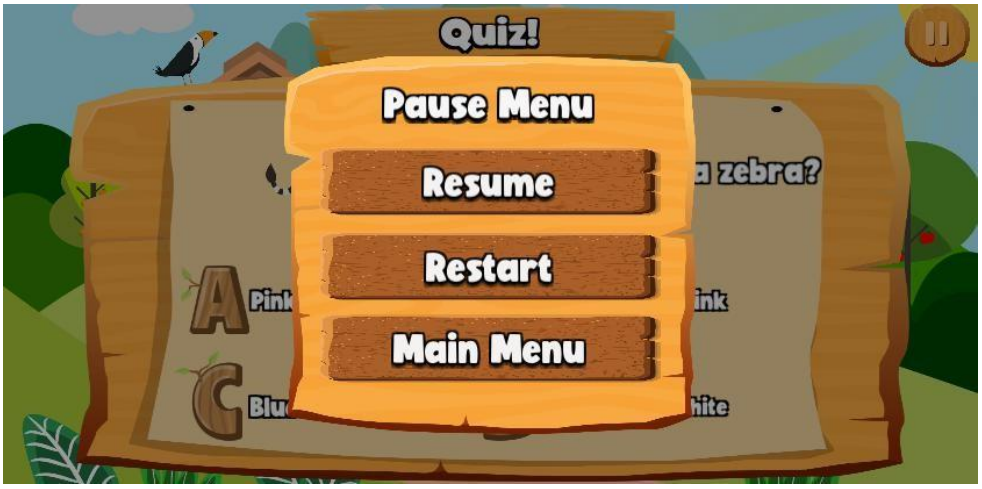
Gambar 12. Tampilan Panel True



Gambar 13. Tampilan Panel False

Implementasi Menu Pause

Pada menu pause terdapat pilihan resume (jika user ingin melanjutkan kembali quiz gamenya). Pilihan Restart (jika user ingin memulai ulang quiz nya dengan soal yang berbeda. Pilihan main menu (jika user ingin kembali ke menu utama). Implementasi menu pause ini sama dengan implementasi pilihan soal yang dimana merupakan fitur tambahan yang tidak terdapat pada rancangan di bab III. Penambahan scene ini dilakukan sebagai bentuk pengembangan untuk memberikan kemudahan bagi user jika ingin mengatur ulang permainan tanpa harus keluar dari game.



Gambar 14. Tampilan Menu Pause

Implementasi Panel Skor Akhir

Skor ini merupakan hasil dari quiz yang dikerjakan oleh user, setelah mengerjakan quiz maka akan menampilkan panel skor beserta benar dan salah pada soal yang dikerjakan. Pada panel skor juga terdapat tombol mulai ulang (mengarahkan kembali ke soal) dan tombol home (mengarahkan ke menu utama).



Gambar 15. Tampilan Skor

Implementasi Menu Settings

Pada implementasi ini terdapat 2 pilihan yaitu info dan volume. Jika user memilih volume maka akan menampilkan panel atur suara BGM (Background Music) suara musik belakang bisa dikecilkan ataupun dibesarkan dan SFX (Sound Effects) suara tombol ataupun suara lainnya yang bisa dikecilkan ataupun dibesarkan. Jika user memilih info maka akan muncul informasi dari penulis. Dan terdapat menu kembali, jika user klik akan kembali ke halaman utama.



Gambar 16. Tampilan Menu Settings



Gambar 17. Tampilan Atur Volume



Gambar 18. Tampilan Info

Implementasi Menu Exit

Jika user ingin keluar dari game maka bisa klik tombol keluar pada halaman utama dan akan menampilkan panel pertanyaan apakah user ingin keluar. Jika user ingin keluar dari game maka harus memilih tombol centang (yes). Jika user masih ingin berada di dalam game maka user harus memilih tombol silang (no).



Gambar 19. Tampilan Menu Exit

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan oleh penulis dapat disimpulkan bahwa dengan adanya pengembangan game edukasi bahasa Inggris menggunakan Unity dengan pendekatan gamifikasi untuk siswa sekolah dasar Pendekatan gamfikasi pada game juga terealisasi dengan baik berupa poin skor yang akan muncul di akhir saat soal quiz telah diselesaikan. Hal ini membuat anak – anak yang memainkan game tersebut merasa tertantang, sehingga semakin memotivasi mereka untuk bermain. Berdasarkan hasil dari pengembangan dan pengujian yang telah dilakukan, berikut beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan lebih lanjut Menambahkan materi selain hewan, buah, benda, dan warna. Materi yang bisa ditambahkan seperti anggota tubuh, kata kerja dasar, hari, profesi, dan lain sebagainya.

REFERENSI

Aisyah, F. N., Hakim, L., & Zuhriyah, A. (2023). Game edukasi bahasa Inggris berbasis Android untuk meningkatkan kemampuan kosakata dengan algoritma Fisher Yates Shuffle. *Explore IT*, 5(36), 15–21. https://doi.org/10.35891/explorit

Aditya, B. R., Iradianty, A., & Kotama, I. N. D. (2023). Analisis kualitatif elemen gamifikasi dalam games berbasis ICT untuk anak usia dini. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 10(4), 725. https://doi.org/10.25126/jtiik.20241046285

Ariadi, A., Suhaidi, M., & Sellyana, A. (2024). Game edukasi Infinity Investigation dengan menggunakan Unity Engine berbasis Android di Kejaksaan Negeri Dumai. *JUTEKINF (Jurnal Teknologi Komputer dan Informasi)*, 12(1), 13–22. https://doi.org/10.52072/jutekinf.v12i1.690

Bayu Saputra, A., Suprianto, A., & Bin Ladjamudin, A.-B. (2024). Multiple choice quiz educational game using Unity 3D game engine. *Incomtech*, 13(1), 21–27.

Krisdiawan, R. A., & Rio. (2019). Penerapan model pengembangan game GDLC (Game Development Life Cycle) dalam membangun game platform berbasis mobile. *Teknokom*, 2(1), 31–40.

Mekel, W. J., Sompie, S. R., & Sugiarso, B. A. (2019). Jm_Informatika. *Jurnal Teknik Informatika*, 14(4), 455–464.

Najuah, Sidiq, R., & Sinamora, R. S. (2022). *Game edukasi: Strategi dan evaluasi belajar sesuai abad 21*. http://digilib.unimed.ac.id/51618/

Nuqisari, R., & Sudarmilah, E. (2019). Pembuatan game edukasi tata surya dengan Construct 2 berbasis Android. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 19(2), 86–92. https://doi.org/10.23917/emitor.v19i2.7987

Purnomo, I. I. (2020). Aplikasi game edukasi lingkungan agen P vs sampah berbasis Android menggunakan Construct 2. *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 11(2), 86. https://doi.org/10.31602/tji.v11i2.2784

Purwono, P., Setyawati, E., Nisa, K., & Wulandari, A. (2021). Strategi gamifikasi sebagai peningkatan motivasi kuliah pemrograman website pada masa pandemi Covid-19. *JOINTECS (Journal of Information Technology and Computer Science)*, 6(3), 129. https://doi.org/10.31328/jointecs.v6i3.2459

Rohmatin, R. (2023). Penggunaan game edukasi berbasis Wordwall untuk meningkatkan kemampuan vocabulary siswa dalam pembelajaran bahasa Inggris. *Edutech: Jurnal*

Inovasi Pendidikan Berbantuan Teknologi, 3(1), 79–88. https://doi.org/10.51878/edutech.v3i1.2039

Sandri, P. R., Trisnadoli, A., & Nugroho, E. S. (2020). Pengembangan game edukasi pengenalan bahasa Inggris dasar untuk anak TK. *Smatika Jurnal*, 9(2), 59–64. https://doi.org/10.32664/smatika.v9i02.384

Saputra, P. A., Feoh, G., Ardiada, I. M. D., & Rahayu, P. W. (2024). Rancang bangun game edukasi bahasa Inggris berbasis Android menggunakan Unity 3D Engine (studi kasus SDN 5 Gulingan). *Jurnal Kesehatan, Sains, dan Teknologi*, 3(1), 251–260. https://doi.org/10.36002/js.v3i1.2964

Sri Lena, M., Sartono, S., Emilia, T., & Khairanis, S. (2023). Analisis kesulitan siswa dalam pembelajaran bahasa Inggris di sekolah dasar. *Jurnal Bintang Pendidikan dan Bahasa*, 1(3), 41–47. https://doi.org/10.59024/bhinneka.v1i3.175

Triyanto, D., & Astuti, R. Y. (2021). Pentingnya bahasa Inggris untuk anak usia dini di Desa Purwoasri, 28 Metro Utara. *SETARA: Jurnal Studi Gender dan Anak*, 3(2), 45. https://doi.org/10.32332/jsga.v3i2.3787

User Behavior Analysis on a Simulated Academic Information Website Using the Microsoft Clarity Heatmap Method

Nisa Ayu Cahyaningrum [1)*)], Taufiq Agung Cahyono [2)], Joko Iskandar [3)]

[1)2)3)]Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Bhinneka PGRI
[*)]**Correspondence author**: nisaayu.student@ubhi.ac.id, Tulungagung, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3439

Abstract

The advent of digital technology over the past decade has transformed the way higher education institutions deliver services to their academic communities. Digital transformation has positioned academic websites as the primary communication channel between students and higher education institutions, yet interface evaluation continues to rely on perception-based methods that fail to capture actual user behavior. This study analyzes interaction patterns of users on a simulative academic information website, identifies interface elements that create friction, and proposes evidence-based design improvements. A quantitative descriptive approach was adopted using Microsoft Clarity as the data collection instrument, which automatically recorded click heatmap, scroll heatmap, movement heatmap, and session replay data. Thirty interaction sessions from 21 unique users were gathered through purposive sampling of active students at Bhinneka PGRI University Tulungagung. The findings reveal that click intensity was concentrated on the homepage and the "Kampus" menu, while average scroll depth reached only 57.11%, session duration averaged 1.1 minutes, and the quick-back rate stood at 36.67%. Additionally, a dead-click rate of 6.67% was observed, reflecting user confusion toward visually interactive but non-responsive elements. Taken together, these results demonstrate that the Microsoft Clarity heatmap method is capable of surfacing usability problems that conventional perception-based evaluation approaches consistently overlook.

Keywords: *User Behavior Analysis, Heatmap, Microsoft Clarity, Usability, Academic Website*

Abstrak

Kehadiran teknologi digital dalam satu dekade terakhir telah mengubah cara institusi pendidikan tinggi menyampaikan layanan kepada sivitas akademika. Transformasi digital mendorong website akademik menjadi media komunikasi utama antara mahasiswa dan institusi pendidikan tinggi, namun evaluasi terhadap antarmukanya masih bertumpu pada metode perseptual yang bersifat subjektif sehingga belum mampu menggambarkan perilaku pengguna secara aktual. Penelitian ini bertujuan menganalisis pola interaksi pengguna pada sebuah website informasi akademik simulatif, menemukenali elemen antarmuka yang berpotensi menimbulkan hambatan, serta merumuskan rekomendasi perbaikan desain yang didasarkan pada bukti empiris. Pendekatan deskriptif kuantitatif diterapkan dengan memanfaatkan Microsoft Clarity sebagai instrumen pengumpulan data, yang secara otomatis merekam aktivitas *click heatmap, scroll heatmap, movement heatmap,* dan *session replay*. Sebanyak 30 sesi interaksi dari 21 pengguna unik dikumpulkan melalui *purposive sampling* yang melibatkan mahasiswa aktif Universitas Bhinneka PGRI Tulungagung. Temuan menunjukkan bahwa intensitas klik tertinggi terpusat pada halaman beranda dan menu "Kampus", sementara kedalaman *scroll* rata-rata hanya mencapai 57,11% dengan durasi sesi 1,1 menit dan tingkat *quick back* sebesar 36,67%. Selain itu, ditemukan *dead click* sebesar 6,67% yang mencerminkan adanya kebingungan pengguna terhadap elemen visual yang tampak interaktif namun tidak responsif. Secara keseluruhan, metode *heatmap* Microsoft Clarity terbukti mampu mengungkap permasalahan *usability* yang tidak dapat dideteksi melalui pendekatan evaluasi konvensional berbasis persepsi.

Kata Kunci: Analisis Perilaku Pengguna*, Heatmap, Microsoft Clarity, Usability,* Website Akademik

PENDAHULUAN

Kehadiran teknologi digital dalam satu dekade terakhir telah mengubah cara institusi pendidikan tinggi menyampaikan layanan kepada sivitas akademika. *Website* akademik tidak lagi sekedar papan pengumuman digital, melainkan telah berkembang menjadi titik temu utama antara mahasiswa, dosen, dan lembaga dalam urusan jadwal, nilai, hingga administrasi kampus (Iskandar et al., 2022). Peran strategis ini menuntut desain antarmuka yang benar-benar berpusat pada pengguna serta mampu menghadirkan *user experience* yang nyaman dan efisien.

Data global menunjukkan bahwa Kualitas antarmuka website berpengaruh terhadap keterlibatan dan retensi pengguna. Antarmuka yang sulit dinavigasi dapat meningkatkan bounce rate dan menurunkan kenyamanan pengguna dalam mengakses informasi (Davila et al., 2023). Selain itu, tingginya bounce rate pada website menunjukkan rendahnya keterlibatan pengguna terhadap konten yang disajikan (Jansen et al., 2022).

Ironisnya, evaluasi website akademik selama ini masih banyak mengandalkan instrumen berbasis persepsi seperti kuesioner, wawancara, model *Technology Acceptance model* (TAM), maupun *System Usability Scale* (SUS). Instrumen semacam ini bergantung pada ingatan dan penilaian subjektif pengguna, sehingga rentan melewatkan hambatan navigasi yang sesungguhnya terjadi. Untuk menjawab keterbatasan tersebut, bidang *Human-Computer Interaction* (HCI) dan *User Experience* (UX) semakin melirik heatmap analysis sebagai cara memvisualisasikan pola klik, lintasan kursor, serta area halaman yang paling banyak menarik perhatian (Davila et al., 2023).

Microsoft Clarity tampil sebagai salah satu platform analitik berbasis *heatmap* yang mudah diintegrasikan dan tidak memerlukan biaya. Platform ini merekam interaksi pengguna dalam bentuk *click heatmap*, *scroll depth*, dan *session replay* secara anonim tanpa mengganggu pengalaman pengguna (Microsoft Corporation, 2023). Kemampuannya mendeteksi *dead zones* dan *rage clicks* menjadikan *Clarity* alat yang handal untuk menemukan titik-titik kebingungan pengguna yang tidak terlihat dalam data statistik konvensional.

Sejumlah penelitian terdahulu (Davila et al., 2023) telah menyentuh topik analisis perilaku pengguna, namun sebagian besar masih dibatasi oleh pendekatan perseptual atau

objek penelitian di luar konteks akademik. Kesenjangan inilah yang mendorong penelitian ini untuk menerapkan *heatmap analysis* menggunakan *Microsoft Clarity* secara langsung pada *website* akademik simulatif.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini menetapkan tiga tujuan: (1) menganalisis pola perilaku pengguna berdasarkan rekaman *heatmap Microsoft Clarity*; (2) mengidentifikasikan elemen antarmuka yang menimbulkan masalah *usability*; dan (3) merumuskan rekomendasi perbaikan desain antarmuka yang berakar pada data empiris, bukan asumsi perancang.

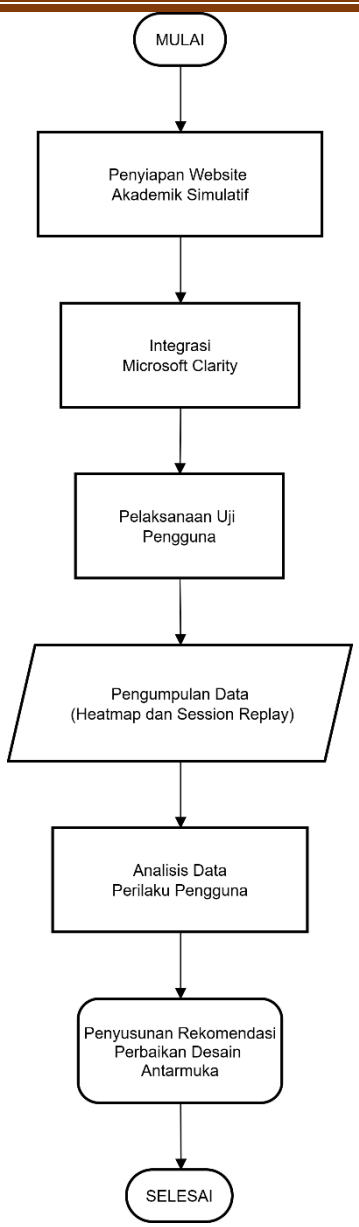
METODE PENELITIAN

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini dirancang dalam kerangka deskriptif kuantitatif. Pilihan ini didasari oleh tujuan penelitian yang tidak menguji hubungan sebab-akibat antarvariabel, melainkan menghasilkan gambaran sistematis tentang pola perilaku pengguna berdasarkan data numerik yang dapat diukur dan diverifikasi secara objektif.

Rancangan Penelitian

Keseluruhan proses penelitian dilakukan melalui enam tahap yang saling berkaitan. Pertama, peneliti membangun *website* akademik simulatif yang secara visual dan fungsional menyerupai sistem informasi Universitas Bhinneka PGRI. Kedua, kode pelacak *Microsoft Clarity* disisipkan ke seluruh halaman untuk memungkinkan perekaman otomatis. Ketiga, uji pengguna dilaksanakan dengan panduan skenario tugas. Keempat, seluruh data aktivitas diekspor dari dashboard *Clarity*. Kelima, data diolah dan dianalisis secara deskriptif. Keenam, temuan analisis diterjemahkan menjadi rekomendasi perbaikan desain.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Subjek Penelitian dan Teknik Sampling

Penelitian ini melibatkan mahasiswa aktif Universitas Bhinneka PGRI Tulungagung sebagai subjek. Pemilihan partisipan dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling* (Sugiyono, 2021) dengan empat kriteria inklusi: berstatus mahasiswa aktif, memiliki pengalaman menggunakan sistem informasi akademik berbasis *web*, memiliki perangkat dengan koneksi internet yang stabil, serta bersedia aktivitas interaksinya direkam secara anonim oleh *Microsoft Clarity*. Jumlah minimum sesi interaksi ditetapkan sebanyak 30 sesi

untuk memperoleh variasi perilaku pengguna yang memadai.

Instrumen Penelitian

Instrumen tunggal yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Microsoft Clarity*, sebuah platform analitik perilaku pengguna berbasis *web* yang bekerja secara otomatis di balik layar tanpa mengintervensi pengalaman pengguna. Platform ini mencatat empat jenis data interaksi yang menjadi variabel operasional penelitian, sebagaimana diuraikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

No	Variabel	Indikator	Definisi Operasional	Alat Ukur
1	Perilaku Pengguna	Frekuensi Klik	Jumlah total klik pada elemen antarmuka selama sesi interaksi	Click Heatmap (Clarity)
2	Perilaku Pengguna	Kedalaman Guliran (Scroll Depth)	Persentase panjang halaman yang dijelajahi pengguna	Scroll Heatmap (Clarity)
3	Perilaku Pengguna	Pergerakan Kursor	Arah dan intensitas gerakan kursor selama interaksi	Move Heatmap (Clarity)
4	Perilaku Pengguna	Durasi Interaksi	Lama waktu pengguna aktif dalam satu halaman/sesi	Session Replay (Clarity)

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dijalankan melalui observasi digital terstruktur selama periode November 2025 hingga Januari 2026. Setiap partisipan mengikuti 10 skenario tugas yang dirancang untuk meniru perilaku nyata pengguna *website* akademik, mulai dari mengamati banner beranda, menjelajahi menu navigasi utama, menelusuri informasi profil kampus, hingga menyimak konten di bagian *footer*. Seluruh sesi berlangsung antara 15 hingga 20 menit per partisipan, tanpa intervensi langsung dari peneliti agar data yang terkumpul mencerminkan perilaku yang alami.

Teknik Analisis Data

Data hasil perekaman dianalisis melalui lima tahap berurutan. Pada tahap pertama, sesi dengan durasi tidak wajar atau yang tidak menuntaskan skenario tugas dieliminasi dari kumpulan data. Tahap kedua mencakup pengelompokan aktivitas berdasarkan jenisnya, yakni klik, *scroll*, pergerakan kursor, dan navigasi antarhalaman. Tahap ketiga menghasilkan peta warna interaktif melalui fitur *heatmap Clarity* yang memudahkan pembacaan distribusi perhatian pengguna. Tahap keempat mengkuantifikasi temuan visual menjadi angka frekuensi klik, persentase *scroll*, dan durasi sesi. Tahap kelima menafsirkan keseluruhan data

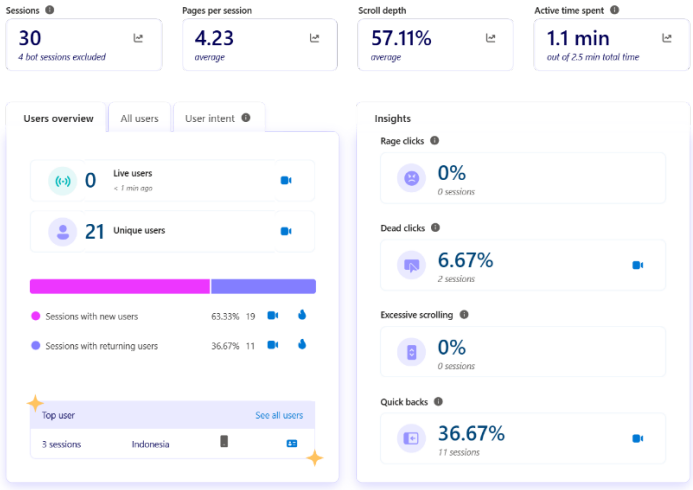
dalam kerangka teori HCI dan kelima komponen usability yang dirumuskan Nielsen (1993).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

1. Gambaran Umum Data

Sepanjang periode pengamatan, sistem mencatat 30 sesi interaksi yang berasal dari 21 pengguna unik. Rata-rata setiap pengguna membuka 4,23 halaman dalam satu sesi dengan durasi kunjungan rata-rata 1,1 menit. Gambaran lengkap indikator perilaku pengguna berdasarkan dashboard *Microsoft Clarity* disajikan pada Tabel 2, sedangkan tampilan dashboard tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Dashboard Overview *Microsoft Clarity*

Tabel 2. Analisis Perilaku Pengguna Berdasarkan *Microsoft Clarity*

No	Indikator	Nilai	Interpretasi
1	Total Sesi	30 sesi	Cukup representatif untuk menggambarkan pola perilaku awal
2	Pengguna Unik	21 pengguna	Representatif untuk melihat kecenderungan perilaku mahasiswa
3	Halaman per Sesi	4,23 halaman	Eksplorasi terjadi namun belum mendalam
4	Durasi Sesi	1,1 menit	Interaksi singkat; pengguna melakukan scanning, bukan eksplorasi mendalam
5	Dead Click	6,67%	Indikasi kebingungan; beberapa elemen visual menyerupai tombol tetapi tidak responsif
6	Rage Click	0%	Tidak ada frustrasi signifikan; sistem berjalan tanpa error mengganggu

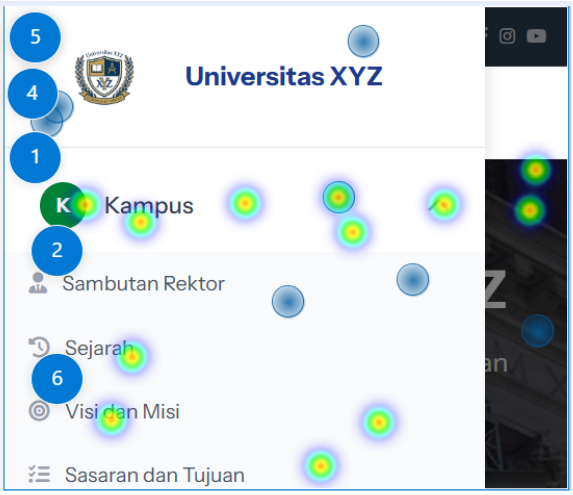
No	Indikator	Nilai	Interpretasi
7	Quick Back	36,67%	Pengguna sering kembali ke halaman sebelumnya, dipengaruhi navigasi yang belum jelas dan dipengaruhi navigasi yang belum jelas
8	Kedalaman Scroll	57,11%	Mayoritas pengguna tidak menggulir hingga bagian bawah halaman

2. Analisis Augmentasi Soal dengan BLEU

a) Frekuensi Klik (Click Heatmap)

Peta klik menunjukkan bahwa konsentrasi interaksi tertinggi berada di halaman beranda dan menu ”Kampus”, keduanya ditandai gradasi warna merah dan oranye yang intens. Sebaliknya, tombol *login*, tautan unduhan, dan bagian informasi lanjutan hanya memperoleh sedikit klik sehingga tampak biru pada peta. Yang perlu digaris bawahi adalah munculnya *dead click* sebesar 6,67%, suatu kondisi di mana pengguna mengklik area yang secara visual terlihat interaktif namun sebenarnya tidak merespons. Kondisi ini mengisyaratkan adanya ketidakselarasan antara ekspektasi pengguna dan perilaku elemen antarmuka yang sesungguhnya.

Visualisasi *click heatmap* dan *dead click heatmap* ditampilkan berturut-turut pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. *Click Heatmap*



Gambar 4. *Dead Click Heatmap*

b) Kedalaman Scroll (Scroll Heatmap)

Peta scroll mengungkapkan bahwa sebagian besar pengguna mengakhiri penelusuran mereka di sekitar bagian tengah halaman, tanpa pernah mencapai konten yang diletakkan di bagian bawah. Kedalaman scroll rata-rata yang hanya 57,11% mengindikasikan bahwa informasi yang ditempatkan di zona *below the fold* memiliki peluang sangat kecil untuk dilihat, apalagi dibaca secara seksama.



Gambar 5. *Scroll Heatmap*

c) Pergerakan Kursor (Movement Heatmap)

Rekaman lintasan kursor memperlihatkan bahwa perhatian visual pengguna cenderung bertumpu di bagian atas halaman, terutama di sekitar area navigasi utama. Bagian-bagian halaman yang memiliki intensitas pergerakan rendah mencerminkan zona yang tidak menarik minat pengguna atau sulit untuk ditemukan dalam alur penelusuran yang wajar.

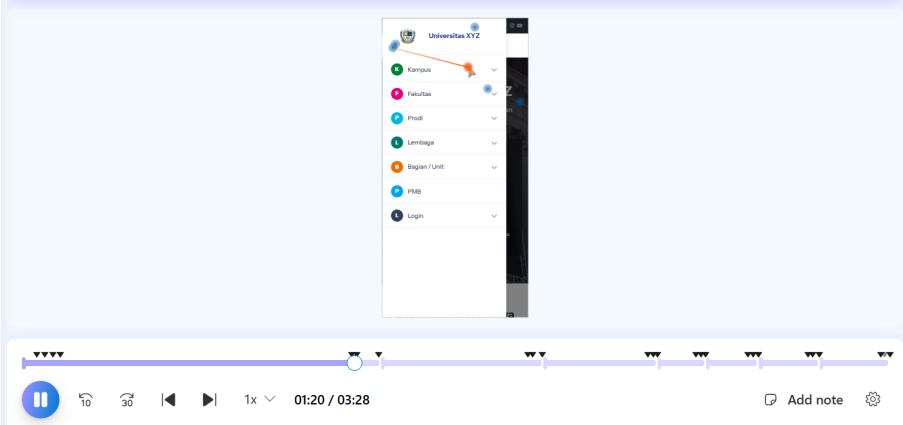


Gambar 6. *Movement Heatmap*

d) Session Replay

Session replay membuka gambaran lebih rinci tentang pengalaman individual pengguna. Sejumlah pengguna terlihat berhenti sejenak sebelum berpindah halaman, dan beberapa di antaranya mengklik elemen yang tampaknya dianggap sebagai tautan tetapi tidak memberikan respons. Sebaliknya, angka *rage click* yang berada di titik 0% menunjukkan bahwa tidak ada komponen sistem yang menyebabkan

frustrasi berulang pada pengguna, sehingga permasalahan lebih bersumber dari kejelasan desain antarmuka daripada kegagalan teknis.



Gambar 7. *Session Replay*

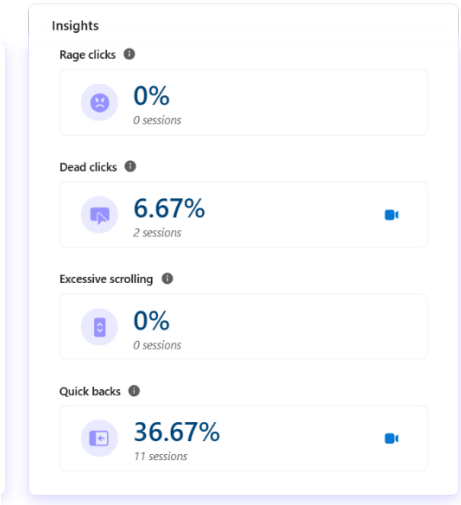
3. Analisis User Engagement

Keterlibatan pengguna (*user engagement*) diukur dari tiga indikator yang saling melengkapi. Durasi sesi 1,1 menit dan jumlah 4,23 halaman per sesi mencerminkan penelusuran yang berlangsung cepat dan tidak mendalam, sementara tingkat *quick back* sebesar 36,67% menunjukkan kecenderungan pengguna untuk kembali ke halaman sebelumnya segera setelah membuka halaman baru. Pola tersebut secara keseluruhan menggambarkan perilaku scanning, yakni pengguna hanya menyapu pandang konten tanpa benar-benar menelaah lainnya.

Tingkat keterlibatan pada masing-masing fitur *website* dirangkum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Interaksi Pengguna terhadap Fitur *Website*

No	Fitur	Jumlah Interaksi	Interpretasi
1	Dashboard/Beranda	76 sesi	Paling menarik karena langsung terlihat saat website dibuka
2	Show More	14 sesi	Hanya diakses pengguna yang melakukan scroll lebih jauh
3	Login	5 sesi	Kurang terlihat; posisi tombol kurang menonjol
4	Download	1 sesi	Hampir tidak digunakan; posisi berada di bawah halaman



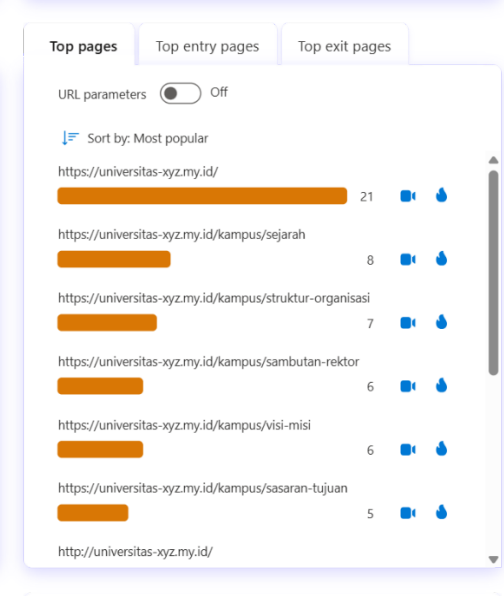
Gambar 8. *Insights (Dead Click, Quick Back,* dll)

4. Analisis Halaman Populer

Beranda *website* secara konsisten mendominasi jumlah kunjungan, diikuti oleh halaman Kampus, profil institusi, sejarah, visi misi. Ketimpangan distribusi akses antar halaman ini mengindikasikan bahwa arsitektur navigasi yang ada belum cukup kuat untuk mendorong pengguna menjelajahi kedalaman konten di luar halaman-halaman utama.

Tabel 4. Halaman yang Paling Sering Diakses

No	Halaman	Jumlah Akses	Interpretasi
1	Homepage	21	Halaman utama; pertama kali ditampilkan saat website dibuka
2	Kampus	8	Berisi informasi umum institusi yang diminati pengguna
3	Home (lain)	7	Diakses pengguna yang ingin informasi lebih detail
4	Sejarah	6	Bersifat informatif; bukan kebutuhan utama eksplorasi
5	Visi Misi	6	Diakses sebagian pengguna; bukan prioritas utama



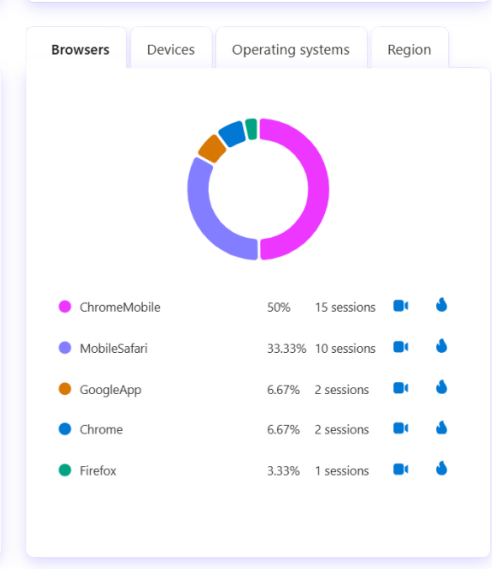
Gambar 9. Top Pages pada Dashboard *Clarity*

5. Analisis Perangkat Pengguna

Pola akses menunjukkan dominasi perangkat *mobile*: Chrome Mobile menyumbang 50% dari total sesi dan Mobile Safari 33,33%, sehingga gabungan akses dari ponsel pintar mencapai 83,33%. Temuan ini menegaskan bahwa optimasi tampilan responsif bukan sekedar nilai tambah, melainkan kebutuhan mendasar bagi *website* akademik yang ingin menjangkau penggunaannya secara efektif. Rincian distribusi perangkat tersaji pada Tabel 5 dan Gambar 10.

Tabel 5. Distribusi Perangkat Pengguna

No	Perangkat/Browser	Persentase	Interpretasi
1	Chrome Mobile	50%	Dominan; pengguna mengakses via smartphone Android
2	Mobile Safari	33,33%	Pengguna iOS; akses mobile tinggi dari berbagai perangkat
3	Google App	6,67%	Sebagian kecil; melalui pencarian langsung di aplikasi Google
4	Chrome (Desktop)	6,67%	Relatif rendah; pengguna lebih memilih perangkat mobile
5	Firefox	3,33%	Sangat sedikit; bukan browser utama



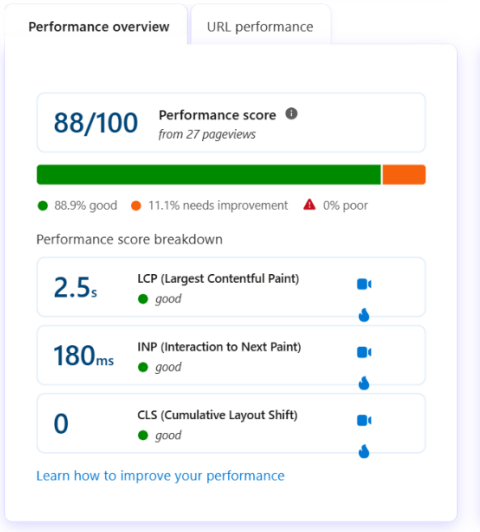
Gambar 10. Device dan Browser Pengguna

6. Analisis Performa Website

Dari sisi teknis, *website* menunjukkan kondisi yang memuaskan dengan skor performa 88 dari 100. Waktu muat konten utama (LCP) tercatat 2,5 detik, respons terhadap masukan pengguna (INP) 180 milidetik, dan tidak terjadi pergeseran tata letak (CLS = 0). Rangkaian angka ini mempertegas bahwa sumber permasalahan yang teridentifikasi dalam penelitian ini bukan berasal dari kinerja teknis server maupun infrastruktur, melainkan dari dimensi desain antarmuka dan pengalaman pengguna.

Tabel 6. Evaluasi Performa Website

No	Parameter	Nilai	Kategori
1	Performance Score	88/100	Baik; mendekati nilai maksimal
2	LCP	2,5 detik	Cepat; konten utama tampil tanpa menunggu lama
3	INP	180 ms	Baik; sistem merespons input pengguna dengan cepat
4	CLS	0	Sangat stabil; tidak terjadi pergeseran layout saat dimuat



Gambar 11. Performance Website

Pembahasan

Pola Perilaku Pengguna berdasarkan Heatmap

Rekaman interaksi dari *Microsoft Clarity* mengungkapkan bahwa perhatian pengguna terkonsentrasi di bagian-bagian halaman yang langsung terlihat saat webite pertama kali dibuka, khususnya beranda dan menu "Kampus". Kecenderungan ini sejalan dengan prinsip dasar HCI yang menyatakan bahwa pengguna secara naluriah mendahulukan elemen dengan visibilitas tinggi sebelum beranjak ke konten yang di bawah batas layar (Dix et al., 2020).

Pola *scanning* yang teridentifikasi melalui durasi sesi 1,1 menit dan *quick back* 36,67% menunjukkan bahwa pengguna belum menemukan alasan yang cukup kuat untuk bertahan dan dan menggali isi konten secara mendalam. Kedalaman *scroll* yang hanya mencapai 57,11% mempertegas bahwa separuh lebih konten di bagian bawah halaman praktis tidak tersentuh. Kondisi serupa dilaporkan oleh (Davila et al., 2023), yang menegaskan bahwa *heatmap* mampu mengangkat masalah *usability* yang tidak pernah muncul dalam survei persepsi karena pengguna sendiri tidak menyadarinya.

Identifikasi Elemen Antarmuka Bermasalah

Ketika temuan dipetakan ke dalam lima komponen *usability* Nielsen (1993), muncul gambaran yang konsisten (Nielsen, 1993). Dari sisi *learnability*, pengguna mampu

menavigasi fungsi-fungsi dasar, namun *dead click* 6,67% mengisyaratkan bahwa sejumlah elemen visual, mengirimkan sinyal yang menyesatkan tentang kemampuan interaktifnya. Dari sisi *efficiency,* singkatnya durasi sesi dan tingginya *quick back* mencerminkan pengguna belum dapat mencapai tujuan mereka dengan cepat. Dari sisi *errors,* keberadaan elemen mirip tombol yang tidak responsif menciptakan hambatan yang tidak perlu. Dari sisi *satisfaction*, minimnya kunjungan pada fitur *login* dan *download* menunjukkan keterlibatan yang belum optimal. Sementara itu, komponen *memorability* tidak dapat dievaluasi secara memadai dalam satu sesi pengujian.

Elemen-elemen yang menunjukkan keterlibatan rendah, yakni tombol *login*, fitur *download*, konten *footer*, dan informasi di bagian bawah halaman, semuanya berbagi satu karakteristik: tidak langsung terlihat tanpa tindakan *scroll* aktif. Temuan ini selaras dengan dengan yang dilaporkan (Tambunan et al., 2021), yang mengaitkan rendahnya kepuasan pengguna dengan struktur antarmuka yang tidak intuitif.

Rekomendasi Perbaikan Desain Antarmuka

Berdasarkan seluruh temuan di atas, penelitian ini merumuskan enam rekomendasi perbaikan yang bersifat *evidence-based*. Pertama, informasi bernilai tinggi sebaiknya diposisikan di zona *above the fold* agar dapat dijangkau tanpa guliran panjang. Kedua, tombol *login* dan *download* perlu diberi penekanan visual yang lebih tegas melalui penyesuaian ukuran, warna, dan posisi. Ketiga, elemen-elemen yang secara visual mengelabui pengguna seolah di klik harus diperbaiki atau dihapus demi menghilangkan *dead click*. Keempat, arsitektur navigasi perlu disederhanakan agar pengguna dapat menemukan informasi tanpa harus berpindah halaman berulang kali. Kelima, tampilan responsif untuk layar ponsel pintar harus diprioritaskan mengingat 83,33% pengguna mengakses melalui perangkat *mobile*. Keenam, konsistensi gaya visual di seluruh halaman perlu dijaga agar setiap elemen dapat dipahami fungsinya dengan cepat.

Rekomendasi-rekomendasi ini mempresentasikan pergeseran dari desain berbasis asumsi menuju pendekatan *data-driven UX design*, satu arah yang diyakini sebagai perkembangan paradigma HCI kontemporer (Corrˆea et al., 2024).

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini memberikan tiga simpulan utama. Pertama, pola interaksi pengguna pada website akademik simulatif bersifat dangkal dan terpusat pada konten yang berada di zona *above the fold*, sebagaimana tercermin dari durasi sesi 1,1 menit, kedalaman *scroll* 57,11%, dan *quick back* 36,67%. Kedua, sejumlah permasalahan *usability* teridentifikasi secara empiris, antara lain *dead click* 6,67% akibat elemen visual yang menyesatkan, visibilitas rendah pada tombol *login* dan *download*, serta navigasi yang belum efektif mengarahkan eksplorasi menyeluruh. Ketiga, performa teknis website yang baik (skor 88/100) mengonfirmasi bahwa sumber permasalahan sepenuhnya terletak pada dimensi desain antarmuka, bukan infrastruktur sistem.

Secara teoretis, penelitian ini memperkuat posisi *behavioral analytics* sebagai pendekatan yang lebih andal dibanding instrumen perseptual dalam studi HCI dan UX. Secara praktis, temuan ini menyediakan landasan empiris yang konkret bagi pengembang website akademik untuk melakukan perbaikan yang tepat sasaran. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengintegrasikan metode *heatmap* dengan SUS, wawancara mendalam, atau *eye-tracking*, melibatkan jumlah responden yang lebih besar, serta memperluas cakupan hingga tahap *redesign* dan pengujian ulang antarmuka yang telah diperbaiki.

REFERENSI

Bagherzadehsurbagh, E, Laranjo, M, & AssunÁ„o, R (2026). A Heatmap-Based Risk–Benefit Assessment of Traditional and Processed Meat Products. *Foods*, mdpi.com, https://www.mdpi.com/2304-8158/15/4/661

Corrˆea, G., Pereira, R., Silveira, M. S., & Gasparini, I. (2024). *Exploring Usability and User Experience Evaluation Methods : A Tertiary Study*. *2*(Iceis), 978–989. https://doi.org/10.5220/0012606100003690

Davila, F., Paz, F., & Moquillaza, A. (2023). *Usage and Application of Heatmap Visualizations on Usability User Testing: A Systematic Literature Review*.

Hardianti, H, Ningsih, N, & Setiawan, AD (2025). Analisis Perilaku Pengguna Layanan Telecoference Dengan Menggunakan Metode Technology Acceptance Model

(TAM). *Journal Research on ...*, fti.usn.ac.id, https://fti.usn.ac.id/jurnal/index.php/jrock/article/view/9

Huang, PS, Horng, SJ, Yang, CJ, & ... (2025). Applying Deep Learning and Heatmap Techniques for Sinusitis Diagnosis Using Enhanced 3-D Image Segmentation. *IEEE Transactions on ...*, ieeexplore.ieee.org, https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10965833/

Iskandar, J., Prasetya, A., Sari, K. Y., & Cahyono, T. A. (2022). Analisis Penerimaan Sistem Informasi Akademik Universitas Bhineka PGRI Menggunakan Integrasi Model TPB dan TAM. *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, *7*(1), 254–263.

¡lvarez-RodrÌguez, L, Moura, J de, & ... (2025). Heatmap-guided balanced multi-task learning approach for glistening characterization in OCT images. ... *Signal Processing and ...*, Elsevier, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1746809425000382

Jansen, B. J., Jung, S., & Salminen, J. (2022). Measuring user interactions with websites : A comparison of two industry standard analytics approaches using data of 86 websites. *PLOS ONE*, *17*, 1–27. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268212

Le, NT, Nguyen, VC, Duc, D Van, Dat, HT, & ... (2025). Optimization and Heatmap Analysis for Impact Assessment and Optimization. *Proceedings of the 1st ...*, books.google.com, https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=snxGEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA413&dq=heatmap&ots=gwyGT7bXg0&sig=UO6iVioCfyS69JJe8Q9xvu1c5Dw

Microsoft Corporation. (2023). *Microsoft Clarity Documentation*. https://clarity.microsoft.com/

Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Elsevier Science. https://books.google.co.id/books?id=v4PkIjEJkmsC

Riani, NPD (2025). Analisis Perilaku Pengguna Sistem Informasi Akuntansi Oleh Umkm di Masa Pandemi (Studi Kasus Pada UMKM Se-Kota Mataram). *Jurnal Riset Mahasiswa Akuntansi*, jurnal.fe.unram.ac.id, https://jurnal.fe.unram.ac.id/index.php/risma/article/view/1747

Sugiyono. (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Sultana, F, Dev, W, Zhi, X, Sakibul, H, Han, Y, Feng, L, & ... (2025). Heatmap clustering and performance analysis of cotton genotypes in response to environmental conditions. *Scientific Reports*, nature.com, https://www.nature.com/articles/s41598-025-02682-9

Tambunan, E. Y. A., Hanggara, B. T., & Wardani, N. H. (2021). Evaluasi Dan Perbaikan Usability Pada Antarmuka Pengguna Website Universitas Islam Malang Menggunakan Metode Heuristic Evaluation. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, *5*(3), 1030–1038.

Design and Construction of a Website-Based Village Service System with Chatbot Integration Using the Extreme Programming Method (Case Study: Wonorejo Village, Sumbergempol)

Dea Preciosa Santyana Putri [1)*)], Mohamad Khoirul Ansor [2)], Joko Iskandar [3)]

[1)2)3)]Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Bhinneka PGRI
[*)]**Correspondence author**: deapreciosa.student@ubhi.ac.id, Tulungagung, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3440

Abstract

Public services at the village level are the spearhead of government services closest to the community. However, most villages in Indonesia still rely on manual systems for administrative management, including the process of submitting certificates, recording citizen data, and delivering information. Administrative services in Wonorejo Village, Sumbergempol District, are still carried out manually, causing various obstacles, such as inefficiency, long queues, service delays, and limited access to information for residents. This study aims to design and build a website-based village service system integrated with a chatbot to improve the effectiveness and efficiency of administrative services. The system was developed using the Extreme Programming (XP) method through two development iterations, utilizing the PHP-based Laravel framework, MySQL as the database, and Dialogflow as the Natural Language Processing (NLP) platform for the chatbot. The system's main features include online letter submission, application status monitoring, village information management, and an interactive chatbot. Functional testing was conducted using the black box testing method, while user acceptance was measured through a User Acceptance Test (UAT) using an ISO 25010-based instrument involving 12 respondents. The UAT results showed a satisfaction percentage of 95%, included in the very good category. The developed system has proven capable of supporting the digital transformation of public services at the village level.

Keywords: *Village Service System, Website, Chatbot, Extreme Programming, Dialogflow*

Abstrak

Pelayanan publik di tingkat desa merupakan ujung tombak layanan pemerintah yang paling dekat dengan masyarakat. Namun, sebagian besar desa di Indonesia masih mengandalkan sistem manual dalam pengelolaan administrasi, termasuk proses pengajuan surat keterangan, pencatatan data warga, dan penyampaian informasi.Pelayanan administrasi di Desa Wonorejo, kecamatan Sumbergempol, masih dilakukan secara manual sehingga menimbulkan berbagai kendala, seperti inefisiensi, antrian panjang, keterlambatan pelayanan, dan keterbatasan akses informasi bagi warga. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pelayanan desa berbasis website yang terintegrasi dengan chatbot guna meningkatkan efektivitas dan efisiensi pelayanan administrasi. Sistem dikembangkan menggunakan metode Extreme Programming (XP) melalui dua iterasi pengembangan, memanfaatkan framework Laravel berbasis PHP, MySQL sebagai basis data, serta Dialogflow sebagai platform Natural Language Processing (NLP) untuk chatbot. Fitur utama sistem meliputi pengajuan surat secara online, pemantauan status permohonan, pengelolaan informasi desa, dan chatbot interaktif. Pengujian fungsional dilakukan dengan metode black box testing, sedangkan penerimaan pengguna diukur melalui User Acceptance Test (UAT) menggunakan instrumen berbasis standar ISO 25010 yang melibatkan 12 responden. Hasil UAT menunjukkan persentase kepuasan sebesar 95%, termasuk dalam kategori sangat baik. Sistem yang dikembangkan terbukti mampu mendukung transformasi digital pelayanan publik di tingkat desa.

Kata Kunci: Sistem Pelayanan Desa*, Website, Chatbot, Extreme Programming, Dialogflow*

PENDAHULUAN

Pelayanan publik di tingkat desa merupakan ujung tombak layanan pemerintah yang paling dekat dengan masyarakat. Namun, sebagian besar desa di Indonesia masih mengandalkan sistem manual dalam pengelolaan administrasi, termasuk proses pengajuan surat keterangan, pencatatan data warga, dan penyampaian informasi. Kondisi ini mengakibatkan antrean panjang, waktu layanan yang tidak efisien, serta keterbatasan akses informasi, terutama bagi warga yang memiliki keterbatasan waktu (Haryanto & Cahya, 2024) .

Desa Wonorejo, Kecamatan Sumbergempol, Kabupaten Tulungagung mencatat rata-rata 50 permohonan layanan administrasi per bulan pada tahun 2024, dengan setiap permohonan membutuhkan waktu penyelesaian sekitar satu hari kerja. Warga diwajibkan hadir langsung ke kantor desa untuk mengisi formulir manual, menunggu antrian, dan mengambil surat yang selesai. Proses ini belum optimal sesuai amanat Permendagri Nomor 47 Tahun 2016 yang menekankan pencatatan data pemerintahan desa yang tertib, rapi, akurat, dan berkesinambungan.

Transformasi digital pelayanan publik menjadi prioritas pemerintah dalam RPJMN 2020–2024 melalui konsep desa cerdas (smart village). Sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa sistem berbasis *website* mampu meningkatkan transparansi, efisiensi, dan akses informasi di desa (Fairuz et al., 2025; Riko & Marcus, 2023; Siboro et al., 2025). Namun, masih sedikit penelitian yang mengintegrasikan *chatbot* sebagai asisten digital dalam sistem pelayanan desa, padahal *chatbot* berpotensi menjawab pertanyaan berulang dari warga secara otomatis tanpa bergantung pada jam kerja petugas (Huda et al., 2024).

Penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem pelayanan desa berbasis *website* yang terintegrasi dengan *chatbot* menggunakan metode *Extreme Programming* (XP). Metode XP dipilih karena menekankan proses iteratif, kolaborasi intensif antara pengembang dan pengguna, serta kemampuan adaptasi cepat terhadap perubahan kebutuhan (Kustiawan et al., 2022; Septiani & Habibie, 2022). Dengan demikian, sistem yang dihasilkan diharapkan benar-benar sesuai dengan kondisi dan kebutuhan nyata di lapangan.

Tujuan penelitian ini adalah: (1) merancang dan membangun sistem pelayanan desa berbasis *website* yang terintegrasi dengan *chatbot* untuk memfasilitasi pengajuan surat dan

akses informasi secara online; (2) menerapkan metode *Extreme Programming* (XP) dalam proses pengembangan guna menghasilkan sistem yang responsif terhadap kebutuhan pengguna.

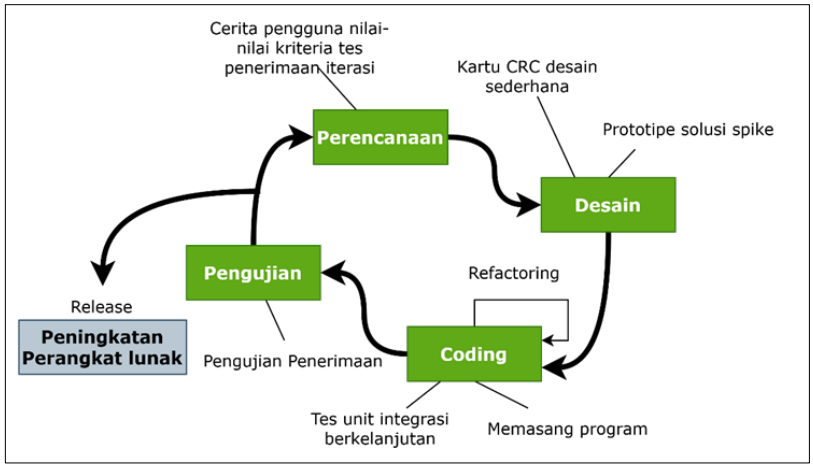
METODE PENELITIAN

Teknik Pengumpulan Data

Teknik Pengumpulan data dilakukan melalui 4 teknik: (1) Observasi langsung terhadap alur pengajuan surat, pencatatan layanan, dan situasi antrean; (2) Wawancara dengan operator Desa Wonorejo mengenai alur pelayanan, permasalahan yang dihadapi, dan kebutuhan sistem; (3) Dokumentasi berupa format surat, prosedur layanan, arsip administrasi, dan rekap pelayanan tahun 2024; (4) Studi pustaka dari jurnal, skripsi, dan artikel ilmiah terkait sistem informasi pelayanan desa, *chatbot*, dan metode *Extreme Programming*.

Metode Pengembangan Sistem

Sistem dikembangkan menggunakan metode *Extreme Programming* (XP) yang diadaptasi ke dalam empat fase utama secara iteratif: Perencanaan *(Planning),* Desain *(Design)*, Pengembangan *(Development)*, dan Pengujian (Testing). Proses iterasi diulang berdasarkan umpan balik yang diperoleh dari setiap siklus.



Gambar 1. Alur Metode Extreme Programming

Sumber: (Hakim et al., 2022)

1. Fase Perencanaan (*Planning*)

Peneliti melakukan wawancara dan observasi untuk mengidentifikasi kebutuhan fungsional dan nonfungsional sistem. Hasil pengumpulan data dirangkum dalam bentuk *user story* yang menggambarkan kebutuhan dari perspektif pengguna. Lima *user story* utama yang diidentifikasi meliputi: pengajuan surat online (prioritas tinggi), informasi syarat layanan (prioritas tinggi), respon otomatis *chatbot* (prioritas sedang), laporan statistik layanan (prioritas sedang), dan publikasi pengumuman desa (prioritas sedang).

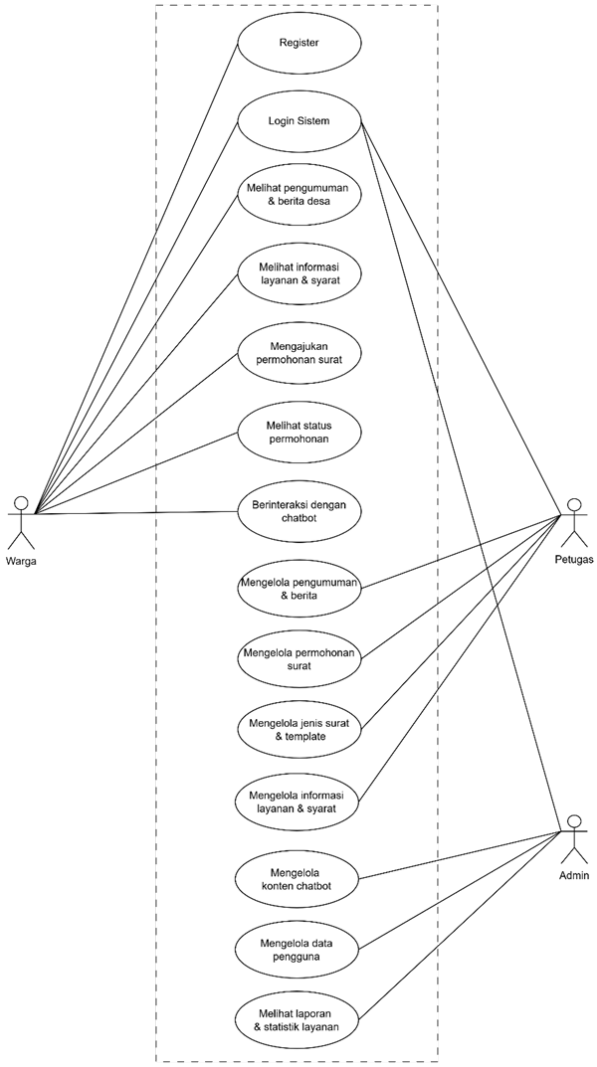
Tabel 1. Tabel Identifikasi User Story Sistem

No	Aktor	User Story	Prioritas
1	Warga	Sebagai warga, saya ingin mengajukan surat secara online agar tidak perlu datang langsung ke kantor desa.	Tinggi
2	Admin Desa	Sebagai admin, saya ingin melihat statistik permohonan surat agar dapat melakukan monitoring dan evaluasi layanan.	Sedang
3	Warga	Sebagai warga, saya ingin mengetahui syarat layanan melalui chatbot atau halaman informasi agar dapat menyiapkan berkas dengan benar.	Tinggi
4	Warga	Sebagai warga, saya ingin memperoleh respons otomatis terkait layanan desa agar informasi dapat diakses dengan cepat.	Sedang
5	Admin Desa	Sebagai admin, saya ingin mempublikasikan pengumuman desa melalui website agar informasi dapat diakses masyarakat secara mudah.	Sedang

User story dimanfaatkan sebagai acuan dalam menetapkan prioritas pengembangan fitur pada setiap iterasi metode XP. Fitur dengan prioritas utama, seperti pengajuan surat online dan informasi layanan, dikembangkan pada iterasi awal, sedangkan fitur pendukung seperti *chatbot* dan pengumuman desa dikembangkan lebih lanjut berdasarkan hasil evaluasi dan umpan balik pengguna.

2. Fase Desain (*Design*)

Tahap desain dilakukan untuk menghasilkan rancangan sistem yang sesuai dengan kebutuhan pengguna dan proses pelayanan desa. Perancangan sistem meliputi *Use Case* Diagram untuk menggambarkan interaksi antara aktor warga, petugas, dan admin dengan fungsi sistem, serta *Entity Relationship* Diagram (ERD) untuk memodelkan hubungan antar data seperti pengguna, permohonan surat, jenis surat, pengumuman, dan log *chatbot*. Selain itu, perancangan juga mencakup Class Diagram berbasis arsitektur MVC serta desain antarmuka pengguna (UI/UX) menggunakan Figma guna mendukung kemudahan penggunaan sistem.



Gambar 2. Use Case Diagram

3. Fase Pengembangan (*Development*)

Implementasi dilakukan dalam dua iterasi. Iterasi pertama mencakup fitur inti: sistem autentikasi dan registrasi pengguna (dengan persetujuan admin), pengajuan surat online, pemantauan status permohonan, pengelolaan persuratan, dashboard per role, dan manajemen pengguna. Iterasi kedua menambahkan fitur berdasarkan evaluasi iterasi pertama: berita dan artikel desa, layanan *chatbot* interaktif berbasis *Dialogflow*, *chatbot* untuk pembuatan surat, pengelolaan perangkat desa, pengelolaan *hero banner*, dan sistem aspirasi masyarakat.

4. Fase Pengujian (*Testing*)

Pengujian dilakukan dengan dua metode: (1) *Black box* testing secara fungsional pada setiap fitur untuk memverifikasi kesesuaian input-output sistem; (2) User Acceptance Test (UAT) melibatkan 12 responden (perangkat desa dan perwakilan warga) menggunakan kuesioner skala Likert berbasis standar ISO 25010 dengan empat aspek: *Usability*, *Functional Suitability*, *Efficiency*, dan *Reliability*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Sistem pelayanan desa berbasis *website* berhasil dikembangkan melalui dua iterasi XP yang menghasilkan aplikasi dengan tiga tingkat hak akses; warga, petugas, dan admin. Penerapan metode XP secara iteratif terbukti efektif dalam mengakomodasi perubahan kebutuhan antara iterasi pertama dan kedua.

Pada iterasi pertama, sistem menghasilkan fitur dasar berdasarkan user story prioritas tinggi Evaluasi iterasi pertama mengidentifikasi beberapa kebutuhan tambahan yang belum tercakup, antara lain kebutuhan informasi desa, media interaktif untuk tanya jawab otomatis, dan pengelolaan tampilan *website* yang lebih dinamis Berdasarkan umpan balik tersebut, iterasi kedua menambahkan fitur berita/artikel, *chatbot* berbasis *Dialogflow*, dan pengelolaan hero banner Ini merupakan manifestasi nyata dari prinsip adaptabilitas XP sistem menyesuaikan diri dengan kebutuhan pengguna yang terus berkembang selama proses pengembangan (Septiani & Habibie, 2022).

1. Fitur-Fitur Utama Sistem

Sistem yang dihasilkan menyediakan fitur-fitur berikut berdasarkan masing-masing hak akses:

Tabel 2. Fitur Sistem berdasarkan Hak Akses Pengguna

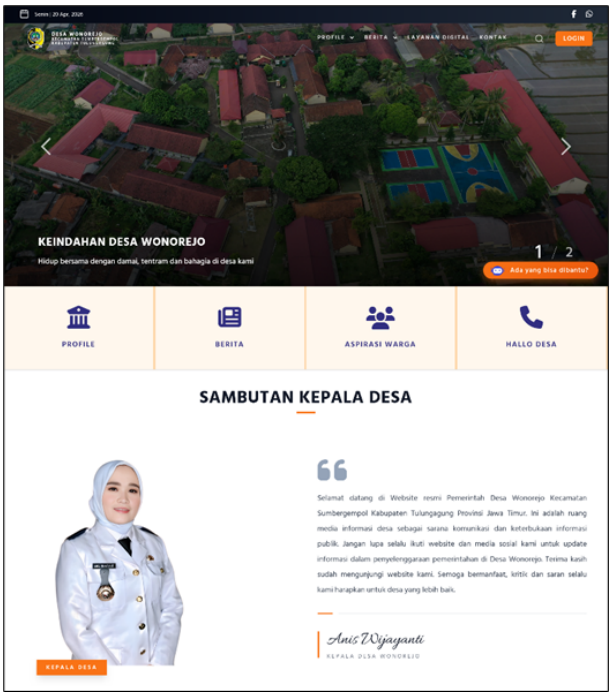
Warga	Petugas	Admin
Registrasi & Login	Kelola jenis & template surat	Kelola akun pengguna
Pengajuan surat online	Verifikasi & proses permohonan	Laporan & statistic layanan
Pantau status permohonan	Kelola pengumuman & berita	Kelola hero banner
Baca pengumuman & berita	Kelola informasi layanan & syarat	Kelola perangkat desa
Interaksi Chatbot	Cetak/unggah dokumen PDF	Kelola sistem aspirasi

2. Tampilan Antarmuka Sistem

Berikut tampilan antarmuka sistem pelayanan desa berbasis *website* yang telah diimplementasikan:

a) Interface Halaman Home

Halaman home dirancang sebagai pusat navigasi utama untuk mempermudah akses layanan dan informasi desa. Penyederhanaan navigasi dilakukan berdasarkan umpan balik pengguna agar fitur utama lebih mudah ditemukan dan meningkatkan usability sistem.



Gambar 3. Antarmuka Halaman Home

b) Interface Halaman Berita/Artikel

Halaman berita dirancang untuk meningkatkan akses informasi kegiatan desa melalui penyajian visual yang lebih informatif. Penggunaan tampilan visual membantu pengguna memahami dan memilih informasi dengan lebih cepat.



Gambar 4. Antarmuka Halaman Berita/Artikel

c) Interface Halaman Detail Berita/Artikel

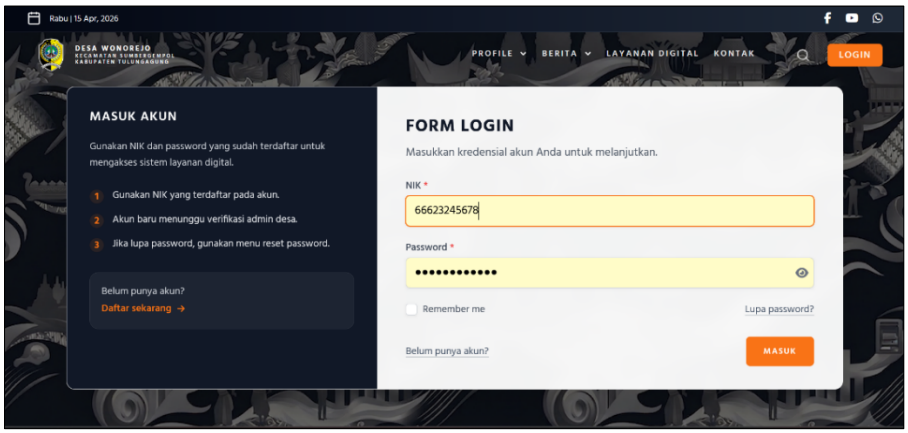
Halaman detail berita dikembangkan untuk memberikan informasi yang lebih lengkap serta mendukung interaksi pengguna melalui fitur navigasi dan komentar. Fitur ini membantu pengguna memperoleh informasi lebih detail.



Gambar 5. Antarmuka Halaman Detail Berita/Artikel

d) Interface Halaman Login

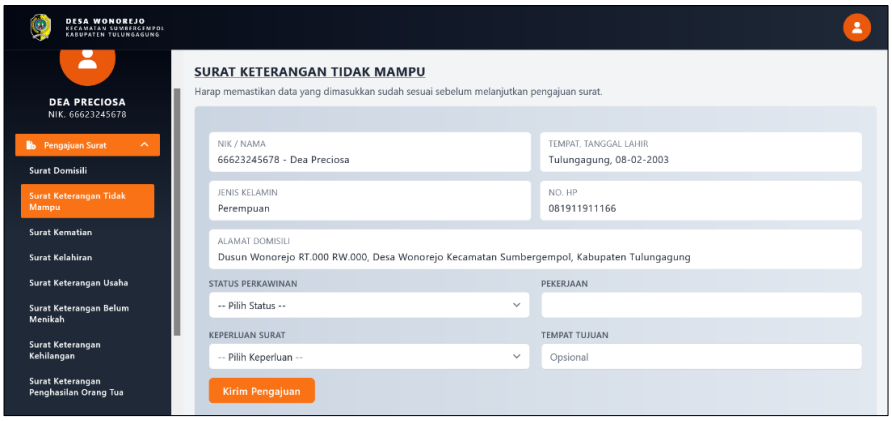
Halaman login dirancang dengan form sederhana untuk mempermudah proses autentikasi pengguna. Penyederhanaan tampilan bertujuan meningkatkan kenyamanan dan mengurangi kesalahan saat proses login.



Gambar 6. Antarmuka Halaman Login Warga

e) Interface Halaman Pengajuan Surat

Halaman pengajuan surat dirancang untuk mendukung layanan administrasi secara online melalui form sederhana dan pengisian data otomatis. Fitur ini membantu mengurangi kesalahan input dan meningkatkan efisiensi pelayanan.



Gambar 7. Antarmuka Halaman Pengajuan Surat

f) Interface Halaman Status Surat

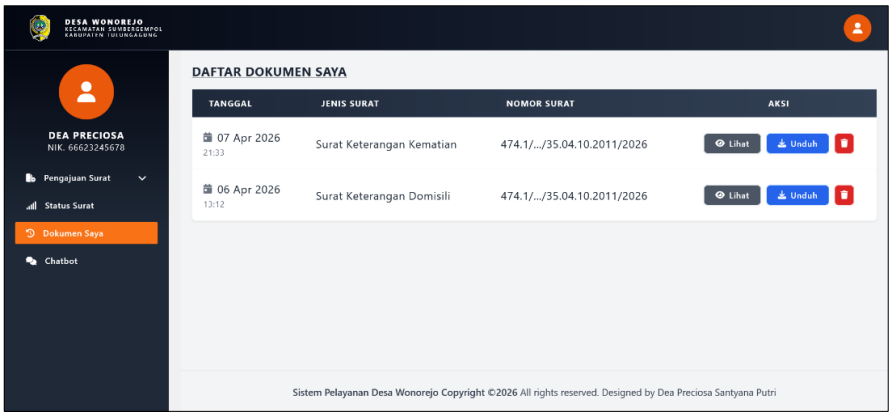
Halaman status surat dikembangkan untuk meningkatkan transparansi layanan melalui informasi progres pengajuan secara real-time. Penyajian status yang jelas membantu mengurangi ketergantungan pengguna terhadap petugas desa.



Gambar 8. Antarmuka Halaman Status Surat

g) Interface Dokumen Saya

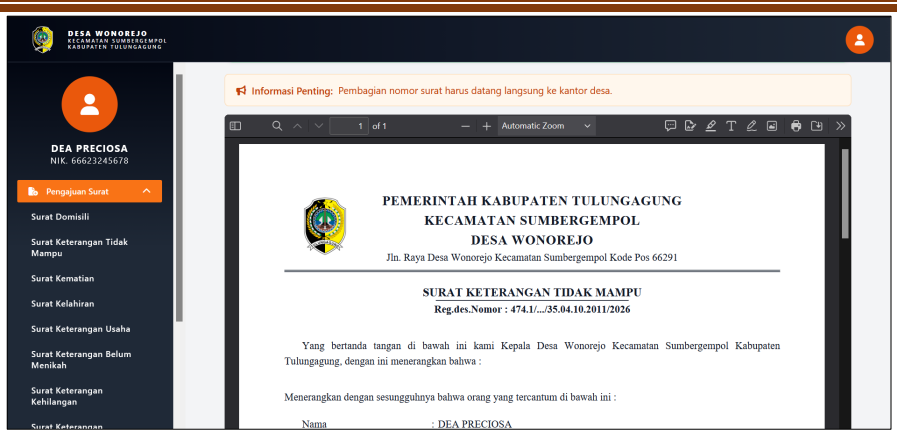
Halaman dokumen saya dirancang untuk mempermudah pengguna mengakses dan mengunduh dokumen hasil pengajuan secara mandiri. Penyajian riwayat dokumen membantu meningkatkan keteraturan dan efisiensi akses layanan.



Gambar 9. Antarmuka Halaman Dokumen Surat

h) Interface Halaman Review Surat

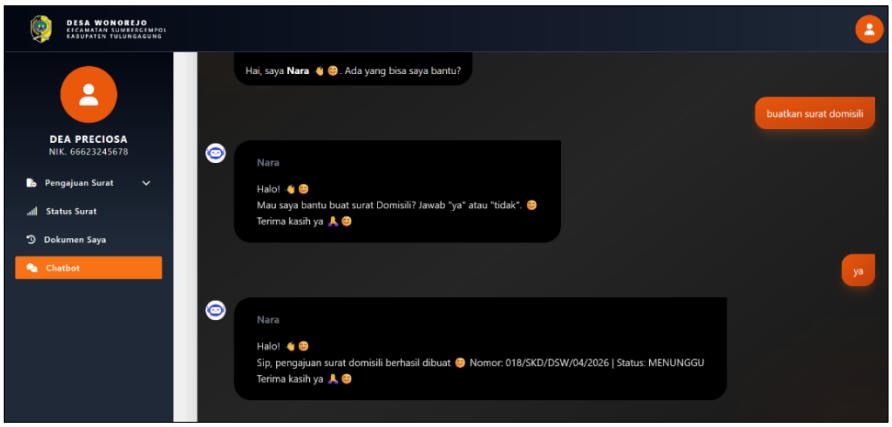
Halaman review surat berfungsi sebagai validasi akhir untuk memastikan kesesuaian data sebelum dokumen digunakan. Penambahan informasi prosedur membantu pengguna memahami alur administrasi yang berlaku.



Gambar 10. Antarmuka Halaman Review Surat

i) Interface Halaman *Chatbot*

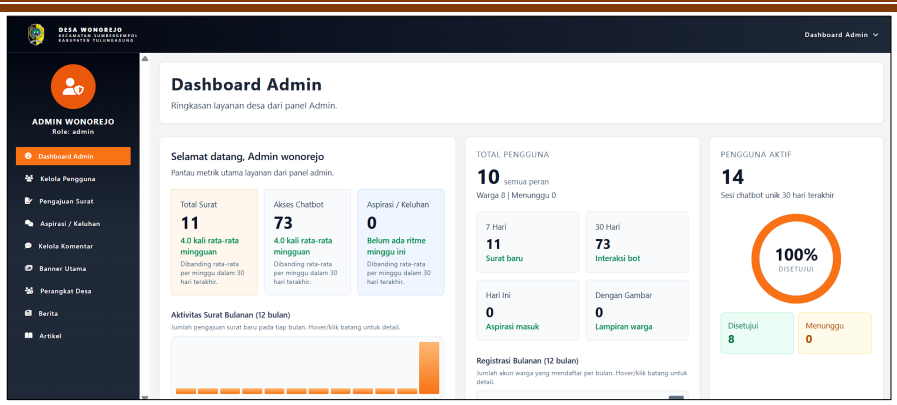
Halaman *chatbot* dikembangkan sebagai media bantuan informasi otomatis untuk mempercepat akses layanan. Integrasi *chatbot* membantu mengurangi ketergantungan pada petugas serta meningkatkan responsivitas sistem.



Gambar 11. Antarmuka Halaman Chatbot

j) Interface Halaman Dashboard Admin

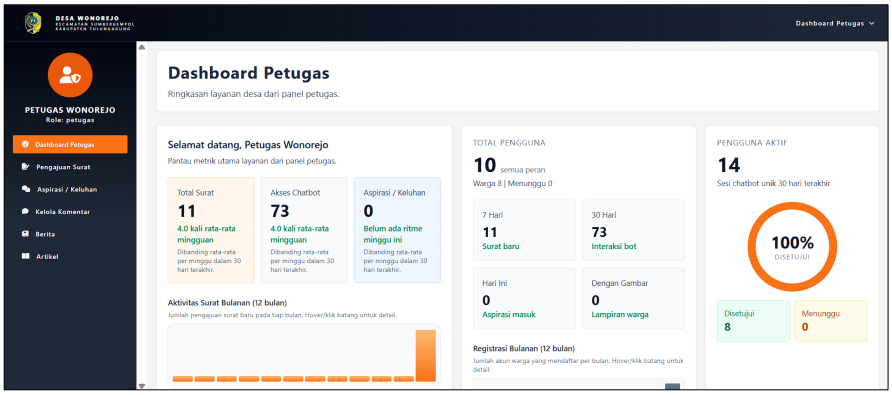
Dashboard admin dirancang untuk mendukung monitoring dan evaluasi layanan melalui penyajian data yang ringkas dan terstruktur. Informasi statistik membantu admin memantau aktivitas sistem secara lebih efektif.



Gambar 12. Antarmuka Dashboard Admin

k) Interface Halaman Dashboard Petugas

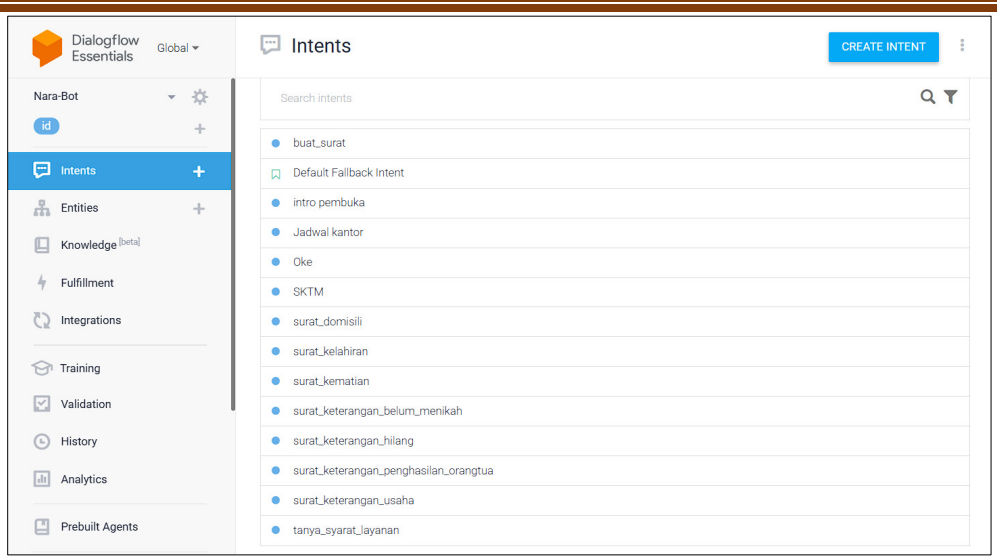
Dashboard petugas dikembangkan untuk membantu pengelolaan pengajuan surat dan monitoring layanan. Penyajian data yang sederhana membantu petugas meningkatkan efisiensi proses administrasi.



Gambar 13. Antarmuka Dashboard Petugas

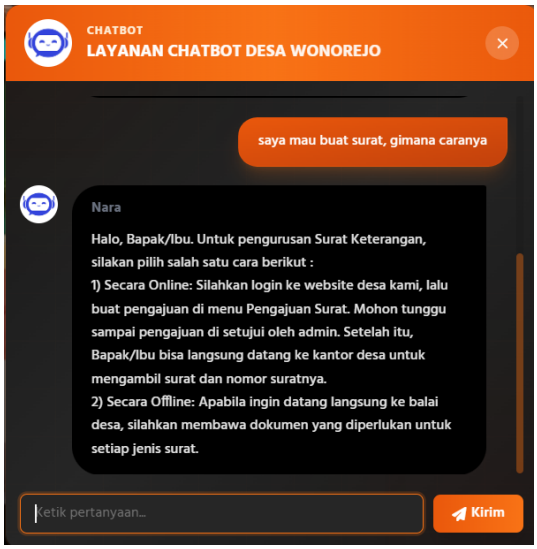
3. Integrasi *Chatbot*

Sistem mengintegrasikan dua jenis chatbot dengan fungsi yang berbeda, yaitu *chatbot* berbasis NLP menggunakan *Dialogflow* pada landing page untuk menjawab pertanyaan umum terkait layanan desa, serta *chatbot* berbasis *rule-based* pada dashboard layanan untuk membantu proses pembuatan surat secara otomatis berdasarkan data pengguna. Integrasi *Dialogflow* dilakukan langsung ke *backend* Laravel melalui webhook fulfillment untuk memproses pertanyaan dan memberikan respons informasi layanan, sedangkan *chatbot rule-based* terhubung dengan database pengguna dan data surat untuk melakukan validasi serta menghasilkan draft surat secara otomatis.



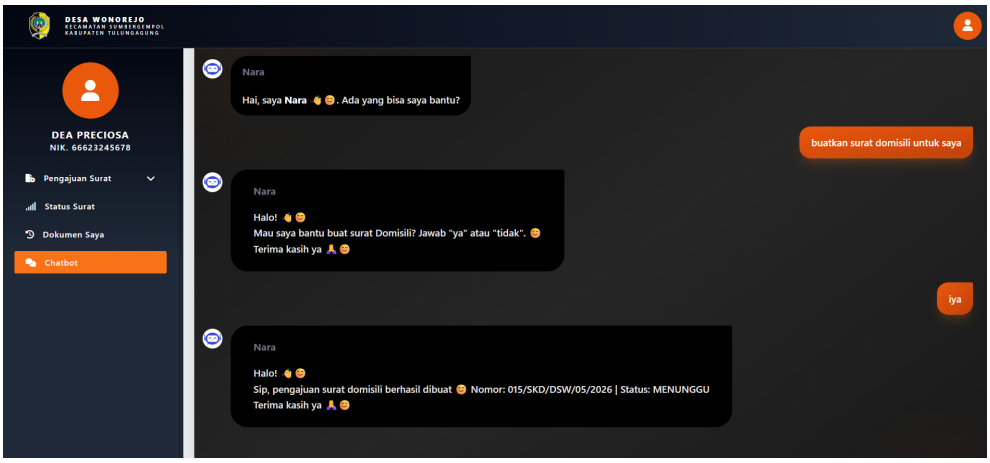
Gambar 14. Interface Dialogflow

Gambar 14 menunjukkan konfigurasi intent pada Dialogflow yang digunakan untuk mengenali berbagai pertanyaan pengguna terkait layanan desa. Setiap intent merepresentasikan kategori pertanyaan tertentu, seperti syarat layanan, jam operasional, dan jenis surat. Penggunaan intent pada Dialogflow memungkinkan chatbot memahami input bahasa natural pengguna dan memberikan respons informasi secara otomatis melalui integrasi webhook dengan backend Laravel.



Gambar 15. Implementasi Chatbot Dialogflow pada Landing Page

Gambar 15 menunjukkan implementasi dua jenis chatbot pada sistem pelayanan desa. Chatbot pada landing page menggunakan Dialogflow berbasis NLP untuk memberikan informasi umum terkait layanan desa secara otomatis.



Gambar 16. Implementasi Chatbot Rule-Based untuk Pembuatan Surat

Gambar 16 menunjukkan chatbot pada dashboard layanan menggunakan pendekatan rule-based untuk membantu proses pembuatan surat berdasarkan data pengguna yang tersimpan pada sistem.

4. Hasil Pengujian Fungsional (*Black Box* Testing)

Pengujian fungsional dilakukan menggunakan metode *black box* testing terhadap seluruh fitur sistem dibedakan berdasarkan tiga hak akses pengguna: warga petugas dan admin Pengujian ini memverifikasi kesesuaian output sistem terhadap setiap skenario input tanpa memeriksa kode program secara langsung. Berikut adalah terkapitulasi hasil pengujian:

a) Pengujian *black box* testing pada role warga

Tabel 3. Pengujian Role Warga

No	Fitur	Skenario Uji	Output yang Diharapkan	Hasil
1	Registrasi	Input data valid	Akun dibuat (status pending)	✓ Berhasil
2	Registrasi	Email/NIK sudah terdaftar	Muncul pesan error	✓ Berhasil
3	Login	Data login benar	Masuk ke dashboard warga	✓ Berhasil
4	Login	Password salah	Muncul pesan error login	✓ Berhasil

No	Fitur	Skenario Uji	Output yang Diharapkan	Hasil
5	Dashboard	Akses halaman dashboard	Data tampil lengkap	✓ Berhasil
6	Status Surat	Melihat status permohonan	Data status tampil sesuai	✓ Berhasil
7	Download Surat	Surat telah disetujui	File PDF berhasil diunduh	✓ Berhasil
8	Pengajuan Surat	Input formulir lengkap	Data permohonan tersimpan	✓ Berhasil
9	Pengajuan Surat	Input formulir kosong/tidak lengkap	Muncul pesan validasi error	✓ Berhasil
10	Chatbot	Input pertanyaan yang relevan	Chatbot memberikan respons tepat	✓ Berhasil
11	Chatbot	Input pertanyaan tidak dikenal	Muncul pesan fallback	✓ Berhasil

b) Pengujian *black box* testing pada role petugas

Tabel 4. Pengujian Role Petugas

No	Fitur	Skenario Uji	Output yang Diharapkan	Hasil
1	Login Petugas	Data login valid	Masuk ke dashboard petugas	✓ Berhasil
2	Dashboard	Akses halaman dashboard	Rekap data permohonan tampil	✓ Berhasil
3	Kelola Surat	Verifikasi permohonan surat	Status permohonan berubah	✓ Berhasil
4	Kelola Surat	Update status permohonan	Data status terupdate	✓ Berhasil
5	Berita	Tambah artikel berita baru	Data berita tersimpan	✓ Berhasil
6	Berita	Edit artikel berita	Data berita berubah	✓ Berhasil
7	Aspirasi	Melihat data aspirasi warga	Daftar aspirasi tampil	✓ Berhasil

c) Pengujian *black box* testing pada role admin

Tabel 5. Pengujian Role Admin

No	Fitur	Skenario Uji	Output yang Diharapkan	Hasil
1	Login Admin	Data login valid	Masuk ke dashboard admin	✓ Berhasil
2	Dashboard	Melihat statistik layanan	Data statistik tampil	✓ Berhasil
3	Kelola User	Approve pendaftaran warga	Status akun berubah aktif	✓ Berhasil
4	Kelola User	Reject pendaftaran warga	Status akun berubah ditolak	✓ Berhasil
5	Kelola Surat	Update status permohonan	Status permohonan terupdate	✓ Berhasil
6	Kelola Surat	Approve surat selesai	Surat dapat diunduh warga	✓ Berhasil
7	Berita	Tambah berita desa	Data berita tersimpan	✓ Berhasil
8	Berita	Update berita desa	Data berita berubah	✓ Berhasil
9	Berita	Hapus berita desa	Data berita terhapus	✓ Berhasil
10	Perangkat Desa	Tambah data perangkat desa	Data tampil di halaman publik	✓ Berhasil

Berdasarkan hasil *black box* testing pada ketiga role pengguna, sebanyak 28 skenario uji menghasilkan output yang sesuai dengan yang diharapkan Tidak ditemukan kesalahan kritis (*critical bug*) pada pengujian akhir. Tingkat keberhasilan pengujian fungsional mencapai 100% (28/28 skenario berhasil), yang mengindikasikan bahwa sistem telah berfungsi sesuai spesifikasi kebutuhan yang ditetapkan pada tahap perencanaan XP.

5. Hasil *User Acceptance Test* (UAT)

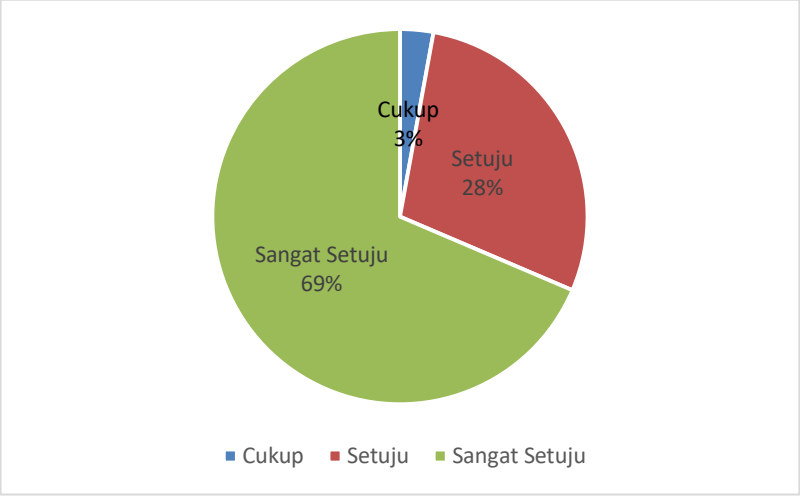
Evaluasi UAT dilakukan untuk mengukur tingkat penerimaan pengguna terhadap sistem yang telah dikembangkan. Pengujian melibatkan 12 responden (perangkat desa dan perwakilan warga) menggunakan kuesioner 11 item pernyataan dengan skala Likert 1-5, mencakup empat aspek ISO 25010.

Tabel 6. Hasil Pengujian *User Acceptance Test*

Aspek ISO 25010	Jumlah Item	Kategori Jawaban	Total Skor
Usability	3	Sangat Setuju (69%)	430
Functional Suitability	3	Setuju (28%)	179
Efficiency	2	Cukup (3%)	18
Reliability	3	-	-
Total	**11 item**	**12 responden**	**627 / 660**

Perhitungan presentase kepuasan: (627 / 660) x 100% = 95%. Berdasarkan skala interpretasi yang digunakan (80-100% = Sangat Baik, 61-80% = Baik, 41-60% Cukup, 0-40% = Kurang), hasil UAT termasuk dalam kategori Sangat Baik.

Distribusi jawaban responden menunjukkan 69% menjawab Sangat Setuju, 28% Setuju, dan 3% Cukup. Tidak ada responden yang memberikan penilaian kurang atau sangat kurang. Hasil ini mengindikasi bahwa sistem mudah digunakan, fitur yang tersedia sesuai kebutuhan pelayanan desa, sistem membantu mempercepat proses administrasi, informasi yang disajikan mudah dipahami dan relevan, serta sistem berjalan dengan baik dan stabil.



Gambar 17. Diagram Pie UAT

Pembahasan

1. Analisis Metode *Extreame Programming* (XP)

Penerapan metode *Extreme Programming* pada penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan iteratif mampu mendukung proses pengembangan sistem yang lebih adaptif terhadap kebutuhan pengguna. Pengembangan dilakukan dalam dua iterasi, dimana iterasi pertama difokuskan pada fitur inti pelayanan administrasi desa, sedangkan iterasi kedua menambahkan fitur pendukung berdasarkan hasil evaluasi dan umpan balik pengguna. Kondisi ini menunjukkan bahwa XP membantu proses penyesuaian kebutuhan sistem secara lebih fleksibel dibandingkan pendekatan pengembangan yang bersifat linear.

2. Analisis Antarmuka dan Usability Sistem

Perancangan antarmuka sistem yang sederhana dan terstruktur membantu meningkatkan kemudahan pengguna sistem bagi masyarakat dan perangkat desa.

Penyederhanaan navigasi, penggunaan akses cepat layanan, serta penyajian informasi yang ringkas mendukung peningkatan usability sistem. Hasil UAT juga menunjukkan bahwa pengguna dapat memahami alur pelayanan dengan mudah, sehingga sistem mampu membantu proses pelayanan administrasi secara lebih efisien dibandingkan proses manual sebelumnya.

3. Analisis Integrasi *Chatbot*

Integrasi *chatbot* berbasis *Dialogflow* dan *rulebased* memberikan kontribusi dalam meningkatkan aksesibilitas layanan informasi dan administrasi desa. *Chatbot* berbasis NLP pada landing page membantu pengguna memperoleh informasi layanan secara cepat melalui percakapan otomatis berdasarkan data pengguna. Penerapan kedua pendekatan tersebut membantu mengurangi ketergantungan pengguna terhadap petugas dalam memperoleh informasi maupun melakukan pengajuan layanan.

4. Analisis Hasil Pengujian Sistem

Hasil *Black box* testing menunjukkan bahwa seluruh fitur sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah dirancang. Selain itu, hasil *User Acceptance Test* (UAT) memperoleh tingkat kepuasan sebesar 95% dengan kategori sangat baik. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem dinilai mudah digunakan, fitur yang tersedia sesuai

kebutuhan pengguna, serta mampu mendukung proses pelayanan administrasi desa secara lebih efektif dan terstruktur.

5. Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Penelitian ini memberikan kontribusi yang membedakannya dari penelitian sejenis. Dibandingkan dengan (Rizal Nurur et al., 2022; Widiastuti, 2022) yang mengembangkan sistem pelayanan desa tanpa framework Laravel dan tanpa *chatbot*, penelitian ini menggabungkan ketiganya: Laravel, metode XP, dan integrasi *chatbot.* Dibandingkan dengan (Rasyid & Jati, 2025) yang mengintegrasikan WhatsApp Bot, penelitian ini menggunakan chatbot berbasis NLP *(Dialogflow)* yang terpadu langsung dalam antarmuka *website*, sehingga tidak memerlukan aplikasi pihak ketiga. Penerapan metode XP secara konsisten melalui dua iterasi juga membedakan penelitian ini dari sebagian besar studi yang menggunakan metode *waterfall* (Anam et al., 2023)

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pelayanan desa berbasis *website* yang terintegrasi dengan *chatbot* menggunakan metode *Extreme Programming* (XP) di Desa Wonorejo. Penerapan XP secara iteratif mampu mendukung penyesuaian kebutuhan sistem selama proses pengembangan, yang ditunjukkan melalui penambahan fitur *chatbot*, berita desa, dan pengelolaan konten pada iterasi kedua berdasarkan hasil evaluasi sebelumnya. Sistem yang dikembangkan menyediakan layanan pengajuan surat online, pemantauan status permohonan, pengelolaan informasi desa, serta *chatbot* berbasis *Dialogflow* untuk membantu penyampaian informasi layanan secara otomatis. Berdasarkan hasil User *Acceptance Test* (UAT) terhadap 12 responden, sistem memperoleh tingkat kepuasan sebesar 95% dengan kategori sangat baik, sehingga menunjukkan bahwa sistem telah sesuai dengan kebutuhan pengguna dan mendukung digitalisasi pelayanan administrasi desa. Pengembangan selanjutnya dapat difokuskan pada penambahan notifikasi otomatis, peningkatan kemampuan *chatbot*, penguatan keamanan data pengguna, serta perluasan layanan administrasi kependudukan.

REFERENSI

Anam, C., Susanto, H., Yanto, D., & Fiqri, R. G. (2023). Pengembangan Sistem Informasi Pelayanan Masyarakat Desa (Simpelmase) Berbasis Web. *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*, 310–318. https://doi.org/10.33650/jeecom.v4i2

Ardhana, VYP (2024). Penerapan Metode Extreme Programming Pada Sistem Informasi Penjualan Berbasis Web. *... of Information Systems Management and Digital ...*, journal.ppmi.web.id, https://journal.ppmi.web.id/index.php/jismdb/article/view/414

Fairuz, I., Rahayu, A., Hayat, N., & Rohmanto, R. (2025). Jurnal Bhakti Karya dan Inovatif Sistem Informasi Pengajuan Surat Berbasis Website di Kantor Desa Bumiwangi Jurnal Bhakti Karya dan Inovatif. *Jurnal Bhakti Karya Dan Inovatif*, *5*(1), 25–40.

Juniarta, IW, Wijaya, INYA, & ... (2024). Rancang Bangun Sistem Informasi Restitusi dan Izin Siswa Menggunakan Metode Extreme Programming SMAN 1 Bebandem. *Jurnal Sosial ...*, sostech.greenvest.co.id, http://sostech.greenvest.co.id/index.php/sostech/article/view/1238

Hakim, L., Novitasari, N. H., Kristanto, S. P., & Yusuf, D. (2022). Aplikasi Deteksi Motif dan Crawling Produk Batik Banyuwangi Berbasis Web. *Jurnal SISFOKOM (Sistem Informasi Dan Komputer)*, *11*(3), 429–436.

Haryanto, D., & Cahya, W. D. (2024). Aplikasi Pelayanan Masyarakat Desa Suban Jeriji Berbasis Website Menggunakan Framework Laravel 8. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, *09*(4), 285–296.

Huda, M., Kusumaningrum, A. M., & Aninditiyah, G. (2024). Pemanfaatan chatbot untuk meningkatkan layanan informasi publik di instansi pemerintah tingkat kecamatan. *JURNAL ILMIAH TEKNOLOGI INFORMASI DAN KOMUNIKASI (JTIK)*, *15*(2), 413–424.

Kustiawan, D., Cholifah, W. N., Destriana, R., & Heriyani, N. (2022). Rancang Bangun Sistem Informasi Akuntansi Pengelolaan Koperasi Menggunakan Metode Extreme Programming. *Jurnal Teknologi Dan Informasi (JATI)*, *12*(1), 78–92. https://doi.org/10.34010/jati.v12i1

Pramudya, B, Ramadhani, DCP, & ... (2025). Implementation of Extreme Programming (XP) in the Development of Dental Clinic Information Systems. ... *in Informatics and* ..., jesica.itsk-soepraoen.ac.id, https://jesica.itsk-soepraoen.ac.id/index.php/jesica/article/view/22

Rasyid, A., & Jati, H. (2025). Pengembangan Sistem Informasi Layanan Surat Sebagai Sarana Pelayanan Administrasi Publik Berbasis WEB dan WhatsApp BOT di Desa Pondokrejo. *Journal of Information Technology and Education(JITED)*, *3*(1), 10–23.

Riko, D., & Marcus, R. D. (2023). Peningkatan pelayanan publik pemerintah desa melalui sistem informasi kependudukan berbasis web Improving village government public services through a web-based population information system. *Journal of Information System and Application Development*, *1*(1), 11–19. https://doi.org/10.26905/jisad.v1i1.9856

Rizal Nurur, S. A., Pramono, D., & Soebroto, A. A. (2022). Pengembangan Aplikasi Sistem Informasi Pelayanan Desa berbasis Website (SIMPEDE) pada Desa Dawuhan Kecamatan Poncokusumo Kabupaten Malang. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Kompouter*, *6*(11), 5101–5106.

Septiani, N. A., & Habibie, F. Y. (2022). Penggunaan Metode Extreme Programming Pada Perancangan Sistem Informasi Pelayanan Publik. *Jurnal Sistem Komputer Dan Informatika(JSON)*, *3*(3), 341–349. https://doi.org/10.30865/json.v3i3.3931

Siboro, W., Dahmiri, & Yanti, O. (2025). Dampak Keberadaan Website Desa sebagai Layanan Publik dan Informasi Desa Ginolat Kecamatan Sianjur Mula-Mula Kabupaten Samosir. *MASMAN: Master Manajemen*, *3*(3), 129–139.

Widiastuti, I. (2022). Sistem Informasi Pelayanan Desa Berbasis Web di Desa Wanajaya Jawa Barat. *Jurnal Pendidikan Masyarakat Dan Pengabdian*, *02*(September), 877–886.

Data Integration Approaches for AI-Ready Data Architecture: A Comparative Review of Relational Databases, Data Warehouses, and Knowledge Graphs

Kodrat Mahatma [1)*], Mamok Andri Senubekti [2)], Binastya Anggara Sekti [3)]

[1)2)]Manajemen Informatika, Universitas Teknologi Digital
[3)]Sistem Informasi, Universitas Esa Unggul
[*)]**Correspondence author**: kodrat.mahatma@gmail.com, DKI Jakarta, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3447

Abstract

The rapid development of Artificial Intelligence (AI)-based systems has increased demand for integrated data architectures that support operational, analytical, and semantic data management. Organizations currently utilize relational databases, Data Warehouses, and Knowledge Graphs to support data integration in modern AI environments. However, previous studies generally discuss these approaches separately and rarely provide an integrated perspective regarding their roles within AI-ready architectures. This article conducts a comparative literature review of Relational Databases, Data Warehouses, and Knowledge Graphs as data integration approaches for AI-based systems. The study applies a conceptual literature review approach by analyzing scientific publications related to data integration, data warehouses, the semantic web, and knowledge graphs. The findings indicate that Relational Databases mainly support operational layers, Data Warehouses support analytical layers, while Knowledge Graphs provide semantic representation and contextual reasoning capabilities for modern AI systems. This article proposes a three-layer data integration perspective consisting of operational, analytical, and semantic layers as a conceptual framework for AI-ready data architectures.

Keywords: *Artificial Intelligence, Data Integration, Data Warehouse, Knowledge Graph, Relational Database*

Abstrak

Perkembangan sistem berbasis Artificial Intelligence (AI) meningkatkan kebutuhan organisasi terhadap integrasi data yang mampu mendukung pengelolaan data operasional, analitik, dan semantik secara terpadu. Berbagai organisasi saat ini memanfaatkan Relational Database, Data Warehouse, dan Knowledge Graph untuk mendukung integrasi data dalam lingkungan AI modern. Namun, sebagian besar kajian sebelumnya masih membahas ketiga pendekatan tersebut secara terpisah dan belum memberikan perspektif integratif mengenai posisi dan kontribusinya dalam arsitektur data siap AI. Artikel ini bertujuan melakukan kajian literatur komparatif terhadap Relational Database, Data Warehouse, dan Knowledge Graph sebagai pendekatan integrasi data untuk sistem berbasis AI. Metode penelitian yang digunakan adalah kajian literatur konseptual dengan pendekatan comparative review terhadap publikasi ilmiah terkait data integration, data warehouse, semantic web, dan knowledge graph. Hasil kajian menunjukkan bahwa Relational Database berperan pada lapisan operasional, Data Warehouse pada lapisan analitik, sedangkan Knowledge Graph mendukung lapisan semantik untuk AI modern. Artikel ini mengusulkan perspektif tiga lapisan integrasi data sebagai kerangka konseptual untuk membangun AI-ready data architecture.

Kata Kunci: Artificial Intelligence, Data Integration, Data Warehouse, Knowledge Graph, Relational Database

PENDAHULUAN

Perkembangan *Artificial Intelligence* (AI) meningkatkan kebutuhan organisasi terhadap pengelolaan dan integrasi data yang semakin kompleks. Sistem berbasis AI modern tidak hanya membutuhkan data dalam jumlah besar, tetapi juga membutuhkan data yang konsisten, terintegrasi, dan memiliki konteks semantik yang memadai untuk mendukung machine learning, analytics, reasoning, dan pengambilan keputusan berbasis AI (Russell & Norvig, 2021).

Permasalahan integrasi data telah menjadi salah satu isu utama dalam pengembangan sistem informasi modern. Lenzerini (2002) menjelaskan bahwa integrasi data bertujuan menyatukan data dari berbagai sumber heterogen agar dapat digunakan secara terpadu. Selain itu, Halevy et al., (2006) menekankan bahwa organisasi modern menghadapi peningkatan volume, variasi, dan kompleksitas data yang terus berkembang.

Dalam sejarah pengelolaan data organisasi, *relational database* menjadi pendekatan dominan untuk mendukung transaksi dan pengelolaan data operasional sejak diperkenalkan oleh Codd (1970). Pendekatan ini unggul dalam menjaga konsistensi data dan integritas transaksi. Seiring berkembangnya kebutuhan analitik, muncul pendekatan *data warehouse* yang berfokus pada integrasi data historis dan analytical intelligence (Chaudhuri & Dayal, 1997; Inmon, 2005).

Pada perkembangan berikutnya, muncul kebutuhan terhadap representasi data yang lebih fleksibel dan semantik untuk mendukung *interoperability, explainability*, dan *contextual intelligence* pada sistem berbasis AI. Dalam konteks ini, *knowledge graph* menjadi pendekatan yang semakin banyak digunakan karena mampu merepresentasikan entitas dan relasi secara eksplisit dalam bentuk graph semantik (Bizer et al., 2009; Hogan et al., 2022).

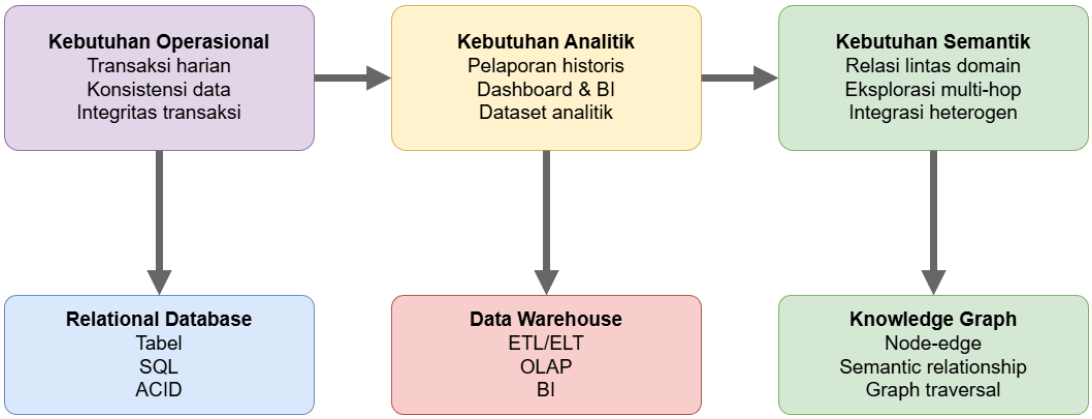
Kebutuhan tersebut juga berkaitan dengan berkembangnya model data berbasis graf dan *explainable AI*. *Graph database* memberikan cara yang lebih alami untuk merepresentasikan relasi kompleks antar entitas, terutama ketika data memiliki struktur hubungan yang padat dan heterogen (Angles & Gutierrez, 2008). Di sisi lain, sistem AI yang digunakan dalam pengambilan keputusan organisasi juga perlu dapat dijelaskan agar

hasilnya tidak hanya akurat, tetapi juga dapat ditelusuri dan dipertanggungjawabkan (Adadi & Berrada, 2018).

Meskipun berbagai penelitian telah membahas relational database, data warehouse, dan knowledge graph, sebagian besar kajian masih membahas pendekatan tersebut secara terpisah. Belum banyak penelitian yang mengkaji ketiga pendekatan tersebut secara komparatif dalam konteks integrasi data untuk mendukung sistem berbasis AI.

Artikel ini mengusulkan perspektif tiga lapisan integrasi data untuk sistem berbasis AI, yaitu lapisan operasional, lapisan analitik, dan lapisan semantik. Dalam perspektif ini, relational database diposisikan sebagai fondasi pengelolaan data operasional, data warehouse sebagai lapisan integrasi analitik, dan knowledge graph sebagai lapisan representasi semantik.

Tujuan penelitian ini adalah melakukan kajian literatur komparatif terhadap relational database, data warehouse, dan knowledge graph sebagai pendekatan integrasi data untuk sistem berbasis AI. Pemetaan umum hubungan antara kebutuhan operasional, analitik, dan semantik terhadap pendekatan integrasi data yang sesuai ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pemetaan Kebutuhan Intergrasi Data terhadap Pendekatan Relational Database, Data Warehouse, dan Knowledge Graph

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kajian literatur konseptual (*conceptual literature review*) dengan pendekatan *comparative review*. Pendekatan ini digunakan untuk

membandingkan karakteristik, peran, keunggulan, dan keterbatasan relational database, data warehouse, dan knowledge graph dalam konteks integrasi data untuk sistem berbasis AI.

Sumber literatur diperoleh dari jurnal ilmiah, buku akademik, conference proceedings, dan artikel teknis yang membahas *data integration, relational database, data warehouse, semantic web, knowledge graph,* dan *AI-ready data architecture*. Literatur utama yang digunakan mencakup karya klasik dan modern seperti (Bizer et al., 2009; Chaudhuri & Dayal, 1997; Codd, 1970; Hogan et al., 2022; Inmon, 2005; Ji et al., 2022; Kimball & Ross, 2013; Lenzerini, 2002; Nickel et al., 2016).

Analisis dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu: 1. Identifikasi konsep utama integrasi data. 2. Klasifikasi karakteristik masing-masing pendekatan. 3. Analisis peran pendekatan dalam sistem berbasis AI. 4. Perbandingan keunggulan dan keterbatasan. 5. Penyusunan perspektif konseptual tiga lapisan integrasi data. Tahapan tersebut digunakan untuk memastikan bahwa perbandingan tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga menghasilkan kerangka konseptual yang relevan bagi pengembangan arsitektur data siap AI.

Dimensi analisis yang digunakan dalam penelitian ini meliputi struktur data, fokus utama, fleksibilitas skema, kemampuan integrasi, dukungan terhadap analitik, representasi semantik, interoperabilitas (*interoperability*), skalabilitas (*scalability*), keterjelasan AI (*explainability*), kecerdasan kontekstual (*contextual intelligence)*, dan relevansi terhadap AI modern. Dimensi analisis tersebut digunakan untuk membandingkan relational database, data warehouse, dan knowledge graph secara lebih seimbang, sebagaimana dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi Analisis Perbandingan Pendekatan Integrasi Data

Dimensi	RDB	DW	KG	Relevansi AI
Struktur data	Relasional	Multidimensi	Graph	Menentukan fleksibilitas pengolahan data
Fokus utama	Operasional	Analitik	Semantik	Menentukan peran dalam arsitektur AI
Fleksibilitas skema	Rendah–sedang	Sedang	Tinggi	Penting untuk data heterogen

Dimensi	RDB	DW	KG	Relevansi AI
Integrasi data	Terbatas	Multi sumber	Semantik	Mendukung interoperability
Dukungan analitik	Dasar	Tinggi	Graph analytics	Mendukung machine learning
Representasi semantik	Rendah	Terbatas	Tinggi	Mendukung contextual understanding
Interoperabilitas	Sedang	Sedang	Tinggi	Mendukung integrasi lintas sistem
Skalabilitas/ Scalability	Tinggi untuk transaksi	Tinggi untuk analitik	Tinggi untuk relasi kompleks	Mendukung AI skala besar
Keterjelasan/ Explainability	Rendah	Sedang	Tinggi	Mendukung AI yang dapat dijelaskan
Kecerdasan kontekstual	Rendah	Sedang	Tinggi	Mendukung reasoning AI
Relevansi terhadap AI modern	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi	Menentukan kontribusi terhadap AI-ready architecture

HASIL DAN PEMBAHASAN

Relational Database dalam Integrasi Data

Relational Database merupakan salah satu pendekatan paling dominan dalam pengelolaan data organisasi sejak diperkenalkan oleh Codd (1970). Model relasional menggunakan struktur tabel yang terdiri atas baris dan kolom untuk menyimpan data secara terstruktur. Pendekatan ini dirancang untuk mendukung konsistensi data, integritas transaksi, dan efisiensi pengelolaan data operasional.

Dalam konteks integrasi data, relational database banyak digunakan sebagai sumber utama data operasional organisasi. Sistem Enterprise Resource Planning (ERP), Customer Relationship Management (CRM). Keunggulan utama pendekatan ini terletak pada kemampuan menjaga konsistensi transaksi melalui prinsip ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability).

Selain itu, relational database juga mendukung penggunaan Structured Query Language (SQL) yang telah menjadi standar dalam pengelolaan dan manipulasi data terstruktur. Kemampuan ini menjadikan relational database tetap relevan dalam berbagai lingkungan organisasi modern.

Namun demikian, relational database memiliki beberapa keterbatasan dalam konteks AI modern. Struktur skema yang relatif kaku menyebabkan proses integrasi data lintas domain menjadi lebih kompleks, terutama ketika organisasi harus mengelola data semi-terstruktur, data tidak terstruktur, atau relasi yang sangat kompleks. Selain itu, pendekatan relasional juga kurang optimal dalam merepresentasikan hubungan semantik dan contextual relationships yang semakin dibutuhkan dalam sistem berbasis AI.

Dibandingkan dengan pendekatan lain, Relational Database lebih berorientasi pada efisiensi transaksi operasional dibandingkan dengan representasi pengetahuan atau reasoning semantik. Oleh karena itu, pendekatan ini lebih tepat diposisikan sebagai lapisan operasional dalam arsitektur data siap AI.

Data Warehouse dalam Integrasi Data

Data Warehouse berkembang sebagai solusi untuk mendukung kebutuhan analitik organisasi yang tidak dapat dipenuhi secara optimal oleh sistem transaksi operasional. Chaudhuri & Dayal (1997) menjelaskan bahwa Data Warehouse dirancang untuk mengintegrasikan data historis dari berbagai sumber guna mendukung proses analitik dan pengambilan keputusan.

Menurut Inmon (2005), data warehouse memiliki karakteristik *subject-oriented*, *integrated*, *time-variant*, dan *non-volatile* sebagai fondasi bagi pengambilan keputusan manajemen. Sementara itu, Kimball & Ross (2013) menekankan pentingnya *dimensional modeling* untuk mendukung analitik bisnis dan *Business Intelligence*. Dengan demikian, data warehouse tidak hanya berfungsi sebagai tempat penyimpanan data historis, tetapi juga sebagai lapisan analitik yang membantu organisasi memahami pola, tren, dan kinerja bisnis.

Dalam konteks integrasi data, data warehouse berfungsi sebagai pusat konsolidasi data dari berbagai sistem operasional melalui proses *Extract, Transform, Load* (ETL). Pendekatan ini memungkinkan organisasi membangun repositori data historis yang terintegrasi untuk mendukung *dashboard*, *reporting*, *Business Intelligence*, dan *machine*

learning. Dalam sistem berbasis AI, data warehouse juga dapat berperan dalam penyediaan data analitik, persiapan dataset, dan pelaporan berbasis data.

Meskipun demikian, data warehouse masih memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan relasi semantik dan hubungan kontekstual yang kompleks. Dibandingkan dengan Relational Database yang berfokus pada transaksi operasional, Data Warehouse lebih unggul dalam integrasi historis dan analitik. Namun, kemampuan representasi semantik dan penalaran kontekstualnya masih lebih terbatas dibandingkan dengan Knowledge Graph.

Knowledge Graph dalam Integtasi Data

Knowledge Graph merupakan pendekatan representasi data berbasis graf yang digunakan untuk memodelkan entitas dan hubungan antarentitas secara eksplisit. Pendekatan ini berkembang dari konsep *Semantic Web* dan *Linked Data*, yang menekankan keterhubungan data, makna, dan interoperabilitas antar sumber data (Bizer et al., 2009). Berbeda dengan model relasional yang menekankan struktur tabel, knowledge graph merepresentasikan data dalam bentuk simpul (*node*) dan relasi (*edge*), sehingga relasi antar-entitas dapat menjadi bagian utama dari proses analisis.

Dalam konteks integrasi data, knowledge graph memiliki keunggulan dalam menghubungkan data heterogen dari berbagai domain. Pendekatan ini mendukung *semantic interoperability*, penalaran kontekstual, keterjelasan AI (*explainability*), serta pemanfaatan data untuk aplikasi seperti *semantic search*, *recommendation system*, *question answering*, dan *Retrieval-Augmented Generation* (RAG). Ji et al. (2022) menjelaskan bahwa knowledge graph dapat meningkatkan kemampuan representasi, akuisisi, dan pemanfaatan pengetahuan dalam sistem AI.

Dari perspektif model data, penggunaan graf memperluas cara organisasi memandang integrasi data. Jika pendekatan relasional menekankan tabel dan kunci, pendekatan graf menekankan keterhubungan antar-entitas sebagai objek analisis utama (Angles & Gutierrez, 2008). Hal ini relevan untuk sistem berbasis AI karena banyak kebutuhan modern, seperti pencarian semantik, rekomendasi, dan analisis keterkaitan, membutuhkan eksplorasi relasi secara eksplisit.

Namun demikian, implementasi knowledge graph juga memiliki tantangan, seperti kebutuhan standardisasi semantik, pembangunan ontologi, kualitas data, dan tata kelola relasi antar-entitas. Karena itu, Knowledge Graph tidak selalu menggantikan Relational Database atau Data Warehouse, tetapi lebih tepat diposisikan sebagai lapisan semantik yang melengkapi lapisan operasional dan analitik dalam arsitektur data siap AI.

Contoh Perangkat Lunak dan Platform

Berbagai pendekatan integrasi data didukung oleh platform yang berbeda. Berbagai pendekatan integrasi data didukung oleh perangkat lunak dan platform yang berbeda. Relational Database umumnya menggunakan platform seperti MySQL, PostgreSQL, Oracle Database, dan Microsoft SQL Server. Data Warehouse banyak memanfaatkan platform seperti Snowflake, Amazon Redshift, Google BigQuery, dan Microsoft Azure Synapse Analytics. Sementara itu, Knowledge Graph banyak menggunakan Neo4j, GraphDB, Stardog, dan Amazon Neptune. Contoh platform yang merepresentasikan masing-masing pendekatan integrasi data ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Contoh Perangkat Lunak dan Platform

Pendekatan	Contoh Platform	Karakteristik	Dukungan AI
Relational Database	MySQL, PostgreSQL	Transaksi operasional	Data source
Data Warehouse	BigQuery, Snowflake	Historical analytics	ML analytics
Knowledge Graph	Neo4j, GraphDB	Semantic reasoning	Explainable AI

Hasil Komparasi Utama

Hasil kajian menunjukkan bahwa masing-masing pendekatan memiliki fokus dan karakteristik berbeda dalam mendukung integrasi data untuk sistem berbasis AI. Relational Database unggul dalam pengelolaan transaksi operasional dan konsistensi data. Data Warehouse unggul dalam analitik historis dan konsolidasi data lintas sistem. Sementara itu, Knowledge Graph unggul dalam representasi semantik, contextual reasoning, dan explainability.

Temuan ini menunjukkan bahwa tidak ada satu pendekatan tunggal yang mampu memenuhi seluruh kebutuhan integrasi data AI modern. Sebaliknya, organisasi perlu memanfaatkan kombinasi pendekatan yang sesuai dengan kebutuhan operasional, analitik,

dan semantik. Perbandingan karakteristik utama antara Relational Database, Data Warehouse, dan Knowledge Graph disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Karakteristik Relational Database, Data Warehouse, dan Knowledge Graph

Karakteristik	RDB	DW	KG
Fokus utama	Transaksi	Analitik	Semantik
Struktur	Tabel	Multidimensi	Node-edge
Fleksibilitas	Rendah	Sedang	Tinggi
Historical analytics	Rendah	Tinggi	Sedang
Semantic reasoning	Tidak ada	Terbatas	Tinggi
Explainability	Rendah	Sedang	Tinggi
AI readiness	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
Use case	ERP/CRM	BI/analytics	RAG/recommendation

Sebagaimana terlihat pada Tabel 3, Relational Database lebih kuat pada transaksi operasional, Data Warehouse pada analitik historis, sedangkan Knowledge Graph pada fleksibilitas semantik dan explainability

Kaitan Integrasi Data dengan Explainable AI dan Data-Centric AI

Dalam sistem berbasis AI, integrasi data tidak hanya berperan sebagai proses teknis untuk menyatukan sumber data, tetapi juga sebagai fondasi bagi keterjelasan, pengendalian kualitas, dan akuntabilitas model. Adadi & Berrada (2018) menekankan bahwa *explainable AI* diperlukan agar proses dan hasil model dapat dipahami oleh pengguna, pengembang, dan pengambil keputusan. Dalam konteks ini, knowledge graph memiliki posisi penting karena relasi antar entitas dapat direpresentasikan secara eksplisit sehingga alur keterkaitan data lebih mudah ditelusuri.

Selain aspek keterjelasan, kesiapan data juga menjadi faktor kunci keberhasilan AI. Sambasivan et al. (2021) menunjukkan bahwa banyak kegagalan sistem AI berawal dari permasalahan data seperti bias, inkonsistensi, kurangnya dokumentasi, dan lemahnya pekerjaan kurasi data. Schelter et al. (2018) juga menyoroti pentingnya pengelolaan dan monitoring kualitas data dalam pipeline machine learning agar perubahan data tidak menurunkan performa model.

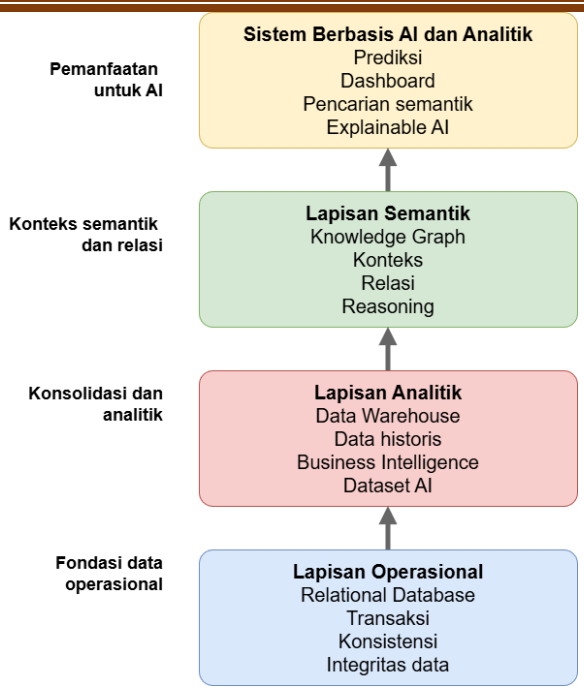
Dari sisi integrasi lintas sumber, perbedaan skema dan struktur data masih menjadi tantangan mendasar. Rahm & Bernstein (2001) menjelaskan bahwa *schema matching* merupakan salah satu persoalan utama dalam integrasi data karena sumber data yang berbeda sering menggunakan struktur, terminologi, dan tingkat granularitas yang tidak sama. Oleh karena itu, Data Warehouse dan Knowledge Graph perlu dilihat sebagai mekanisme pelengkap: Data Warehouse mendukung konsolidasi dan historisasi data, sedangkan Knowledge Graph memperkuat pemetaan semantik dan eksplorasi relasi.

Keterkaitan antara knowledge graph dan AI juga dapat dilihat dari relational machine learning. Nickel et al. (2016) menjelaskan bahwa knowledge graph dapat menjadi basis bagi pembelajaran relasional karena data tidak hanya dipandang sebagai tabel fitur, tetapi sebagai jaringan relasi antar-entitas. Dengan demikian, perspektif tiga lapisan yang diusulkan dalam artikel ini tidak hanya memetakan teknologi integrasi data, tetapi juga menjelaskan bagaimana data operasional, analitik, dan semantik dapat mendukung AI yang lebih dapat dijelaskan dan lebih siap digunakan secara organisasi.

Perspektif Tiga Lapisan Integrasi Data untuk Sistem Berbasis AI

Berdasarkan hasil kajian, artikel ini mengusulkan perspektif tiga lapisan integrasi data untuk mendukung sistem berbasis AI. Lapisan pertama adalah lapisan operasional yang didukung oleh relational database. Lapisan kedua adalah lapisan analitik yang didukung oleh Data Warehouse. Lapisan ketiga adalah lapisan semantik yang didukung oleh Knowledge Graph.

Perspektif ini menunjukkan bahwa Relational Database, Data Warehouse, dan Knowledge Graph tidak bersifat saling menggantikan, melainkan saling melengkapi dalam membangun *AI-ready data architecture*. Perspektif tiga lapisan integrasi data yang diusulkan dalam artikel ini divisualisasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perspektif Tiga Lapisan Integrasi Data untuk Sistem Berbasis AI

Isu Kualitas, Tata Kelola, dan Kesiapan Data untuk AI

Implementasi sistem berbasis AI tidak hanya bergantung pada teknologi integrasi data, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh kualitas data, tata kelola data, dan kesiapan organisasi dalam mengelola data secara konsisten. Banyak permasalahan pada sistem AI modern berawal dari persoalan data seperti bias, inkonsistensi, kurangnya dokumentasi, dan lemahnya kurasi data (Sambasivan et al., 2021).

Dalam konteks pipeline machine learning, pemantauan kualitas data juga penting agar perubahan data tidak menurunkan performa model (Schelter et al., 2018). Oleh karena itu, integrasi data untuk sistem berbasis AI perlu memperhatikan beberapa isu utama, seperti inkonsistensi data (*data inconsistency*), heterogenitas skema (*schema heterogeneity*), ambiguitas semantik (*semantic ambiguity*), keterlacakan data (*data lineage*), interoperabilitas (*interoperability*), skalabilitas (*scalability*), bias data (*data bias*), dan silo data (*data silos*).

Heterogenitas skema berkaitan langsung dengan persoalan *schema matching*, yaitu proses mencocokkan struktur atau elemen data dari berbagai sumber yang berbeda. Isu ini telah lama dibahas dalam literatur integrasi data karena menjadi salah satu hambatan utama dalam penggabungan data lintas sistem (Rahm & Bernstein, 2001). Sementara itu,

ambiguitas semantik dan keterlacakan data menjadi penting karena sistem berbasis AI tidak hanya membutuhkan data yang tersedia, tetapi juga data yang dapat ditafsirkan, ditelusuri, dan dipertanggungjawabkan.

Knowledge Graph memberikan peluang untuk meningkatkan interoperabilitas semantik, tetapi implementasinya tetap membutuhkan tata kelola data yang baik. Beberapa isu utama yang memengaruhi kesiapan data untuk sistem berbasis AI dirangkum pada Tabel 4.

Tabel 4. Isu Data yang Relevan dalam Arsitektur Data Siap AI

Isu Data	Dampak terhadap AI	Penanganan
Inkonsistensi data	Prediksi tidak stabil	Tata kelola data
Heterogenitas skema	Sulit integrasi lintas sistem	Pencocokan skema dan pemetaan semantik
Ambiguitas semantik	Salah tafsir makna data	Ontologi dan standardisasi semantik
Keterlacakan data	Sulit audit dan penelusuran keputusan	Manajemen metadata
Interoperabilitas	Integrasi sistem sulit	Standar data dan Knowledge Graph
Skalabilitas	Pemrosesan data AI terhambat	Data Warehouse dan arsitektur terdistribusi
Bias data	Model AI bias	Pemantauan kualitas data
Silo data	Fragmentasi data	Arsitektur hybrid

Rekomendasi Berdasarkan Kebutuhan Organisasi

Pemilihan pendekatan integrasi data perlu disesuaikan dengan kebutuhan organisasi. Organisasi yang berfokus pada transaksi operasional membutuhkan relational database sebagai fondasi utama. Organisasi yang berfokus pada Business Intelligence dan historical analytics memerlukan Data Warehouse. Sementara itu, organisasi yang membutuhkan semantic integration, explainability, dan contextual intelligence dapat mempertimbangkan penggunaan Knowledge Graph.

Dalam praktiknya, organisasi modern umumnya membutuhkan kombinasi ketiga pendekatan tersebut untuk membangun *AI-ready data architecture*. Rekomendasi pemilihan pendekatan integrasi data berdasarkan kebutuhan organisasi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekomendasi Pendekatan Integrasi Data Berdasarkan Kebutuhan Organisasi

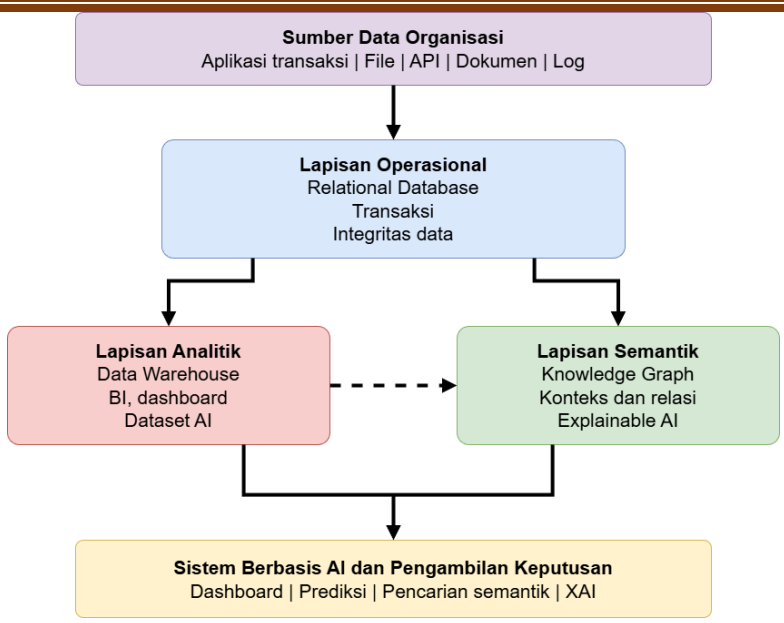
Kebutuhan	Pendekatan	Dukungan AI
Transaksi operasional	Relational Database	Operational AI
Business Intelligence	Data Warehouse	ML analytics
Semantic integration	Knowledge Graph	Explainable AI
RAG dan LLM	KG + DW	Generative AI
Enterprise AI platform	Hybrid architecture	Full AI ecosystem

Implikasi Arsitektur Hybrid

Hasil kajian menunjukkan bahwa arsitektur hybrid menjadi pendekatan yang semakin relevan dalam implementasi sistem berbasis AI modern. Pendekatan hybrid memungkinkan organisasi mengombinasikan keunggulan Relational Database, Data Warehouse, dan Knowledge Graph dalam satu ekosistem data. Dalam arsitektur hybrid, Relational Database tetap digunakan untuk mendukung transaksi operasional, Data Warehouse digunakan untuk analitik historis dan konsolidasi data, sedangkan Knowledge Graph digunakan untuk representasi semantik dan contextual intelligence.

Pendekatan ini juga semakin relevan dalam era Generative AI dan Retrieval-Augmented Generation (RAG), di mana sistem AI membutuhkan kombinasi data operasional, data historis, dan pengetahuan kontekstual secara terpadu. Ilustrasi implementasi arsitektur hybrid yang menggabungkan lapisan operasional, analitik, dan semantik ditunjukkan pada Gambar 3.

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3, arsitektur hybrid memungkinkan organisasi menghubungkan sumber data operasional, data warehouse, dan knowledge graph untuk mendukung layanan AI dan pengambilan keputusan. Dengan pola ini, organisasi dapat mempertahankan fungsi transaksi, analitik historis, dan representasi semantik dalam satu ekosistem data yang saling melengkapi.



Gambar 3. Ilustrasi Arsitektur Hybrid yang Menggabungkan Lapisan Operasional, Analitik, dan Semantik

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Artikel ini telah melakukan kajian literatur komparatif terhadap Relational Database, Data Warehouse, dan Knowledge Graph sebagai pendekatan integrasi data untuk sistem berbasis AI. Hasil kajian menunjukkan bahwa ketiga pendekatan memiliki karakteristik, fungsi, dan kontribusi yang berbeda dalam mendukung pengelolaan data organisasi.

Relational Database berperan sebagai fondasi pengelolaan data operasional dan transaksi. Data Warehouse mendukung integrasi data historis dan analitik organisasi, sedangkan Knowledge Graph memberikan kemampuan representasi semantik, penalaran kontekstual, dan keterjelasan AI yang semakin penting dalam sistem AI modern.

Kontribusi utama artikel ini adalah usulan perspektif tiga lapisan integrasi data yang terdiri atas lapisan operasional, analitik, dan semantik sebagai kerangka konseptual untuk mendukung pembangunan arsitektur data siap AI. Perspektif ini menegaskan bahwa ketiga pendekatan tersebut tidak saling menggantikan, tetapi saling melengkapi sesuai dengan kebutuhan pengelolaan data yang berbeda.

Kajian ini juga menunjukkan bahwa pendekatan hybrid menjadi strategi yang paling relevan dalam implementasi sistem berbasis AI modern. Oleh karena itu, organisasi perlu mempertimbangkan kombinasi berbagai pendekatan integrasi data sesuai kebutuhan operasional, analitik, dan semantik.

Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan evaluasi implementasi arsitektur hybrid pada lingkungan enterprise, termasuk integrasi dengan Generative AI, Large Language Model (LLM), dan Retrieval-Augmented Generation (RAG). Evaluasi tersebut dapat dilakukan melalui studi kasus empiris untuk menilai manfaat, keterbatasan, dan biaya implementasi masing-masing pendekatan secara lebih objektif.

REFERENSI

Adadi, A., & Berrada, M. (2018). Peeking inside the black-box: A survey on explainable artificial intelligence (XAI). *IEEE Access*, *6*, 52138–52160. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2870052

Angles, R., & Gutierrez, C. (2008). Survey of graph database models. *ACM Computing Surveys*, *40*(1), 1–39. https://doi.org/10.1145/1322432.1322433

Bizer, C., Heath, T., & Berners-Lee, T. (2009). Linked data: The story so far. *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, *5*(3), 1–22. https://doi.org/10.4018/jswis.2009081901

Chaudhuri, S., & Dayal, U. (1997). An overview of data warehousing and OLAP technology. *ACM SIGMOD Record*, *26*(1), 65–74. https://doi.org/10.1145/248603.248616

Codd, E. F. (1970). A relational model of data for large shared data banks. *Communications of the ACM*, *13*(6), 377–387. https://doi.org/10.1145/362384.362685

Halevy, A. Y., Rajaraman, A., & Ordille, J. J. (2006). Data integration: The teenage years. *Proceedings of the 32nd International Conference on Very Large Data Bases*, 9–16. https://dl.acm.org/doi/10.5555/1182635.1164130

Hogan, A., Blomqvist, E., Cochez, M., D'amato, C., Melo, G. D., Gutierrez, C., Kirrane, S., Gayo, J. E. L., Navigli, R., Neumaier, S., Ngomo, A.-C. N., Polleres, A., Rashid, S. M., Rula, A., Schmelzeisen, L., Sequeda, J., Staab, S., & Zimmermann, A. (2022).

Knowledge Graphs. *ACM Computing Surveys*, *54*(4), 1–37. https://doi.org/10.1145/3447772

Inmon, W. H. (2005). *Building the Data Warehouse* (4th ed.). Wiley. https://www.wiley.com/en-es/Building+the+Data+Warehouse%2C+4th+Edition-p-9780764599446

Ji, S., Pan, S., Cambria, E., Marttinen, P., & Yu, P. S. (2022). A Survey on Knowledge Graphs: Representation, Acquisition, and Applications. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, *33*(2), 494–514. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems. https://doi.org/10.1109/TNNLS.2021.3070843

Kimball, R., & Ross, M. (2013). *The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling* (3rd ed.). Wiley. https://www.wiley.com/en-jp/The%2BData%2BWarehouse%2BToolkit%3A%2BThe%2BDefinitive%2BGuide%2Bto%2BDimensional%2BModeling%2C%2B3rd%2BEdition-p-9781118530801

Lenzerini, M. (2002). Data integration: A theoretical perspective. *Proceedings of the Twenty-First ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART Symposium on Principles of Database Systems*, 233–246. https://doi.org/10.1145/543613.543644

Nickel, M., Murphy, K., Tresp, V., & Gabrilovich, E. (2016). A Review of Relational Machine Learning for Knowledge Graphs. *Proceedings of the IEEE*, *104*(1), 11–33. https://doi.org/10.1109/JPROC.2015.2483592

Rahm, E., & Bernstein, P. A. (2001). A survey of approaches to automatic schema matching. *The VLDB Journal*, *10*(4), 334–350. https://doi.org/10.1007/s007780100057

Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson. https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/artificial-intelligence-a-modern-approach/P200000003500/9780137505135

Sambasivan, N., Kapania, S., Highfill, H., Akrong, D., Paritosh, P., & Aroyo, L. M. (2021). "Everyone wants to do the model work, not the data work": Data Cascades in High-Stakes AI. *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '21*, 1–15. https://doi.org/10.1145/3411764.3445518

Schelter, S., Biessmann, F., Januschowski, T., Salinas, D., Seufert, S., & Szarvas, G. (2018). On Challenges in Machine Learning Model Management. *IEEE Data Eng. Bull.* https://www.semanticscholar.org/paper/On-Challenges-in-Machine-Learning Model-Management-Schelter Biessmann/46038cb1606041001be2f42b4e09f630d4b4147f

Optimization of User-Based Collaborative Filtering Movie Recommendation System Using Mean-Centering and Overlap Weighting on Cosine Similarity

Arif Rohmadi [1)*)], Ery Permana Yudha [2)], Bambang Widoyono [3)]

[1)2)3)]Department of Informatics, Faculty of Information Technology and Data Science, Universitas Sebelas Maret
[*)]**Correspondence author**: arifrohmadi@staff.uns.ac.id, Sukoharjo, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3315

Abstract

Rapid technological advancements have changed the way people enjoy entertainment. Viewers can now watch movies online without having to go to the cinema. The rapid development of online movie streaming services has increased the need for systems capable of providing content recommendations based on user preferences. This study aims to optimize a User-Based Collaborative Filtering (UBCF)-based recommendation system using the MovieLens 100K dataset containing 100,000 ratings from 943 users for 1,682 movies. The evaluation was conducted by dividing the data into 80% training data and 20% testing data. The system was optimized through two main approaches: user average normalization (mean-centering) in the KNN method to reduce bias in rating scale differences between users, and the application of overlap weighting on cosine similarity to give greater weight to user pairs with a greater number of shared item ratings. Based on experiments, a value of k = 50 was chosen as the optimal trade-off point in predicting ratings. The experimental results show that KNN with mean centering (KNNWithMeans) consistently outperforms standard KNN. The cosine + KNNWithMeans model produced an RMSE of 0.9701 and an MAE of 0.7567, lower than cosine + KNN (RMSE 1.0377; MAE 0.8226). Further overlap weighting was shown to improve prediction accuracy, with the combination of weighted cosine with α = 1 and KNNWithMeans providing the best performance with an RMSE of 0.9686 and an MAE of 0.7556.

Keywords: *Cosine Similarity, KNN, MAE, Overlap Weighting, RMSE*

Abstrak

Perkembangan teknologi yang cepat telah mengubah cara orang dalam menikmati hiburan. Penonton sekarang dapat menonton film secara online tanpa harus pergi ke bioskop. Perkembangan layanan streaming film online yang sangat pesat meningkatkan kebutuhan akan sistem yang mampu memberikan rekomendasi konten sesuai preferensi pengguna. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan sistem rekomendasi berbasis *User-Based Collaborative Filtering* (UBCF) menggunakan dataset MovieLens 100K yang memuat 100.000 rating dari 943 pengguna terhadap 1.682 film. Evaluasi dilakukan dengan membagi data menjadi 80% data training dan 20% data testing. Sistem dioptimalkan melalui dua pendekatan utama, yaitu normalisasi rata-rata pengguna (*mean-centering*) pada metode KNN untuk mengurangi bias perbedaan skala penilaian antar pengguna, serta penerapan *overlap weighting* pada *cosine similarity* untuk memberi bobot lebih besar pada pasangan pengguna dengan jumlah rating item bersama lebih banyak. Berdasarkan eksperimen, nilai k = 50 dipilih sebagai *trade-off point* yang optimal dalam memprediksi rating. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa KNN dengan *mean centering* (KNNWithMeans) secara konsisten mengungguli KNN standar. Model *cosine* + KNNWithMeans menghasilkan RMSE sebesar *0.9701* dan MAE sebesar 0.7567, lebih rendah dibandingkan *cosine* + KNN (RMSE 1.0377; MAE 0.8226). Penambahan *overlap weighting* lebih lanjut terbukti mampu meningkatkan akurasi prediksi, di mana kombinasi *weighted cosine* dengan α = 1 dan KNNWithMeans memberikan performa terbaik dengan RMSE sebesar 0.9686 dan MAE 0.7556.

Kata Kunci: *Cosine Similarity*, KNN, MAE, *Overlap Weighting*, RMSE

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang cepat telah mengubah cara orang dalam menikmati hiburan. Kemunculan layanan streaming film online, mengubah preferensi penonton dan pola konsumsi. Penonton sekarang dapat menonton film secara online tanpa harus pergi ke bioskop, sehingga dapat menghemat uang tanpa harus membayar per film yang ditonton (Lai et al., 2025). Namun adanya layanan streaming juga memunculkan masalah baru berupa banyaknya konten film yang disuguhkan karena bertambah dari tahun ke tahun yang membuat pengguna kesulitan memilih film yang sesuai dengan preferensi mereka (Pandiangan et al., 2025). Oleh karena itu, perlu penerapan sistem rekomendasi yang dapat memberikan rekomendasi konten dan meningkatkan pengalaman pengguna (Shelake et al., 2025).

Sistem rekomendasi membantu pengguna menentukan pilihan dengan menyarankan konten-konten yang relevan dengan preferensi mereka (Smyth, 2025). Salah satu pendekatan dalam sistem rekomendasi adalah *Collaborative Filtering* (CF). CF memanfaatkan data interaksi pengguna dengan item untuk mengidentifikasi preferensi tersembunyi dan memberikan rekomendasi. CF cocok diterapkan pada konten seperti film maupun musik karena konten tersebut memiliki metadata yang tidak mudah untuk dideskripsikan (Nudrat et al., 2022).

Salah satu teknik dalam CF adalah *User-Based Collaborative Filtering* (UBCF). UBCF beroperasi berdasarkan prinsip bahwa pengguna memiliki minat dan perilaku yang serupa di masa lalu, cenderung memiliki preferensi yang serupa di masa depan (Permana, 2024). UBCF mencari kemiripan antar pengguna berdasarkan interaksi pengguna dengan item. Metode seperti *cosine similarity* menjadi salah satu teknik yang umum digunakan untuk mengukur kemiripan antar pengguna (Gohel & Vanjara, 2024).

Beberapa penelitian menggunakan *cosine similarity* sebagai pengukur kemiripan pada UBCF di antaranya Ma'ruf & Qoiriah (2022) melakukan perbandingan *algoritma cosine similarity* dan *euclidean distance* pada sistem rekomendasi film, hasilnya *cosine similarity* memiliki tingkat akurasi yang lebih baik. *Cosine similarity* juga digunakan pada sistem rekomendasi selain film, seperti rekomendasi produk (Suhada et al., 2023), rekomendasi konten (Gul-E-Laraib et al., 2023), dan rekomendasi restoran (Permana, 2024).

Metode *cosine similarity* tidak mempertimbangkan jumlah item yang sama-sama diberi rating oleh dua pengguna (*overlap item*) (Said et al., 2012). Oleh karena itu pada penelitian ini, kami menambahkan bobot pada perhitungan *cosine similarity*, sehingga *similarity* dari dua user dengan *overlap item* lebih banyak memiliki nilai kemiripan yang lebih tinggi. Selain itu pada proses prediksi rating, kami juga menggunakan algoritma KNN (*K-Nearest Neighbors*) yang memperhatikan rata-rata rating pengguna (*mean centering*) yang dapat mengurangi bias rating antar pengguna (Weng, 2024).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, preprocessing data, penghitungan kemiripan dan rekomendasi, serta evaluasi.

Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan dataset MovieLens 100K dari GroupLens Research yang dapat diunduh melalui https://grouplens.org/datasets/movielens/. Data terdiri dari 100.000 rating oleh 943 pengguna terhadap 1.682 film. Dataset tersedia dalam format teks terpisah **.data** dan **.item**. File data memuat informasi rating pengguna yang terdiri dari user_id, movie_id, rating (1-5), dan timestamp. Adapun file item memuat informasi film yang terdiri dari movie_id, title, release_date, IMDb_URL, dan genre flag. Pada penelitian ini, data yang digunakan dari file .data hanya user_id, movie_id, dan rating seperti ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1. Rating Pengguna

user_id	movie_id	Rating
196	242	3
186	302	3
22	377	1
244	51	2
166	346	1

Adapun pada file .item, data yang digunakan adalah movie_id, dan title seperti ditunjukkan Tabel 2.

Tabel 2. Movie

movie_id	title
1	Toy Story (1995)
2	GoldenEye (1995)
3	Four Rooms (1995)
4	Get Shorty (1995)
5	Copycat (1995)

Preprocessing Data

Pada tahap preprocessing data dilakukan pengecekan dan pembersihan data mencakup identifikasi dan penanganan data yang tidak lengkap, data ganda, maupun data tidak valid. Proses preprocessing data diperlukan supaya data yang digunakan untuk pemodelan sudah bersih, karena kualitas data berpengaruh terhadap kualitas rekomendasi yang dihasilkan (Fitriyeh et al., 2024).

Penghitungan Kemiripan dan Rekomendasi

Data yang sudah melalui proses preprocessing selanjutnya dibagi menjadi 2, 80% data untuk proses training, dan 20% data untuk testing. Sebelum dilakukan proses penghitungan kemiripan antar pengguna, terlebih dahulu dibentuk matriks user-item. Pada matriks user-item, setiap baris mewakili pengguna, kolom mewakili film, dan nilai dalam matriks mewakili peringkat yang diberikan oleh pengguna terhadap film. Jika pengguna belum memberikan rating pada film tertentu, maka nilai rating adalah 0.

Kemiripan antar pengguna selanjutnya dihitung menggunakan *cosine similarity* dan *overlap weighted cosine similarity*. Formula *cosine similarity* ditunjukkan oleh Persamaan (i) (Al-Ghamdi et al., 2021).

$$sim(u,v) = \frac{\sum_{i \in I_{uv}} r_{ui} r_{vi}}{\sqrt{\sum_{i \in I_{uv}} r_{ui}^2} \sqrt{\sum_{i \in I_{uv}} r_{vi}^2}} \quad \text{(i)}$$

sim(u,v) menunjukkan kemiripan antara pengguna u dan v. I_{uv} merupakan himpunan film yang dirating oleh kedua pengguna. r_{ui} merupakan film yang dirating oleh pengguna u, sedangkan r_{vi} merupakan film yang dirating oleh pengguna v.

Pada penghitungan *cosine similarity* tersebut, belum mempertimbangkan banyaknya item yang dirating oleh kedua pengguna (*overlap item*). Misal user A dan user B merating 10 film yang sama dan memperoleh nilai similarity 0.8. Kemudian user A dan user C hanya

merating 5 film yang sama tetapi memperoleh nilai similarity 0.8 juga. Dari kedua kasus tersebut tidak diketahui mana pengguna yang lebih mirip preferensinya dengan pengguna A. Dengan menambahkan pembobotan (*weighting*) pada *overlap item*, maka pengguna dengan *overlap item* lebih banyak memiliki nilai *similarity* yang lebih tinggi.

Formula penambahan *overlap weighting* pada *cosine similarity* ditunjukkan persamaan (ii).

$$sim(u,v)' = sim(u,v) \times \frac{|I_{uv}|}{|I_{uv}| + \alpha} \quad \text{(ii)}$$

sim(u,v)' menunjukkan nilai kemiripan kedua pengguna yang sudah ditambahkan *weighting*. sim(u,v) merupakan nilai kemiripan pengguna menggunakan *cosine similarity*. I_{uv} merupakan jumlah film yang dirating oleh kedua pengguna. Sedangkan α merupakan pembobotan yang diberikan.

Proses selanjutnya adalah melakukan prediksi rating yang diberikan pengguna berdasarkan kedekatan dengan pengguna lainnya menggunakan formula KNN (*K-Nearest Neighbors*) *basic* seperti ditunjukkan persamaan (iii) (Li & Zhang, 2018).

$$\hat{r}_{ui} = \frac{\sum_{v \in N_i^k(u)} \text{sim}(u,v)\ r_{vi}}{\sum_{v \in N_i^k(u)} \text{sim}(u,v)} \quad \text{(iii)}$$

$\hat{r}_{ui}$ merupakan prediksi rating pengguna u terhadap film i. $N_i^k(u)$ adalah sejumlah k tetangga terdekat pengguna u yang merating film i. Sedangkan r_{vi} merupakan rating pengguna v terhadap film i.

Formula KNN *basic* belum memperhatikan kecenderungan pengguna yang sering memberikan rating tinggi terhadap semua item maupun sebaliknya. Hal tersebut tentu membuat hasil prediksi menjadi bias. Oleh karena itu pada penelitian ini juga digunakan KNNWithMeans (Weng, 2024) yaitu KNN dengan memperhatikan rata-rata rating pengguna (*mean centering*) seperti ditunjukkan pada persamaan (iv) (Al-Ghamdi et al., 2021).

$$\hat{r}_{ui} = \mu_u + \frac{\sum_{v \in N_i^k(u)} sim(u,v)\ (r_{vi} - \mu_v)}{\sum_{v \in N_i^k(u)} sim(u,v)} \quad \text{(iv)}$$

Formula KNNWithMeans mirip dengan formula KNN *basic* tetapi menambahkan rata-rata rating user (μ). Selanjutnya untuk memberikan rekomendasi ke pengguna, cukup mengambil Top-N prediksi rating dengan nilai tertinggi.

Evaluasi

Model yang telah dibuat selanjutnya dilakukan evaluasi untuk mengetahui seberapa baik kinerjanya. Evaluasi pada penelitian ini menggunakan metrik MAE *(Mean Absolute Error)*, dan RMSE *(Root Mean Squared Error)*.

MAE menghitung rata-rata selisih absolut antara rating sebenarnya dan rating hasil prediksi. Formula MAE ditunjukkan persamaan (v) (Al-Ghamdi et al., 2021).

$$MAE = \frac{1}{|\hat{R}|} \sum_{\hat{r}_{ui} \in \hat{R}} |r_{ui} - \hat{r}_{ui}| \quad \text{(v)}$$

$\hat{R}$ merupakan jumlah total rating yang diprediksi, r_{ui} merupakan nilai rating sebenarnya yang diberikan pengguna u terhadap item i, dan $\hat{r}_{ui}$ merupakan nilai rating hasil prediksi untuk pengguna u terhadap item i. Semakin kecil nilai MAE maka prediksi yang dihasilkan oleh model semakin akurat.

RMSE mirip dengan MAE, tetapi alih-alih menjumlahkan nilai absolut dari kesalahan prediksi rating, RMSE menjumlahkan kuadrat dari kesalahan tersebut menggunakan persamaan (vi) (Al-Ghamdi et al., 2021).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{|\hat{R}|} \sum_{\hat{r}_{ui} \in \hat{R}} (r_{ui} - \hat{r}_{ui})^2} \quad \text{(vi)}$$

Karena menguadratkan error, maka RMSE memberi penalti lebih besar pada error besar. Nilai RMSE yang semakin kecil juga menunjukkan bahwa prediksi yang dihasilkan oleh model semakin akurat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

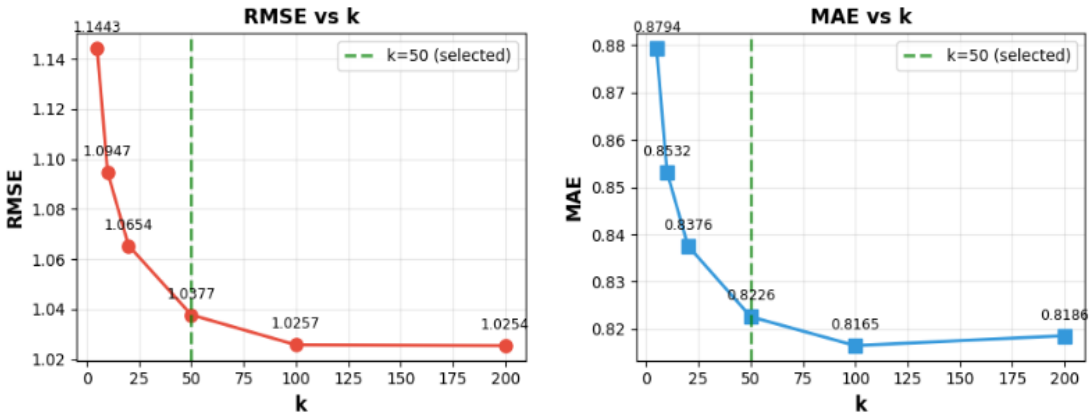
Pada penelitian ini, kami menggunakan split data (80:20) yang sudah disediakan di dataset movielens yaitu u1.base (berisi 80.000 data rating) untuk keperluan training dan u1.test (berisi 20.000 data rating) untuk keperluan testing. Dataset tersebut sudah terformat dengan baik. Ketika dilakukan preprocessing, tidak ditemukan duplikasi data, *missing value*, maupun inkonsistensi data.

Selanjutnya dibentuk matriks user-item seperti ditunjukkan Gambar 1 agar dapat dihitung kemiripan antara pengguna yang satu dengan pengguna yang lain.

movie_id	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	1673	1674	1675	1676	1677	1678	1679	1680	1681	1682
user_id																					
1	5.0	3.0	4.0	3.0	3.0	0.0	4.0	1.0	5.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	4.0	4.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Gambar 1. Matriks User-Item

Proses penghitungan kemiripan antar pengguna menggunakan *cosine similarity* dan *weighted cosine similarity* dengan α=1,5, dan 10. Kemudian untuk prediksi rating menggunakan KNN *basic* dan KNNWithMeans. Namun, sebelumnya terlebih dahulu dilakukan eksperimen prediksi *cosine similarity* dengan KNN *basic* menggunakan variasi k yang berbeda yaitu k = 5, 10, 20, 50, 100, dan 200. Tujuannya untuk mendapatkan nilai k yang optimal untuk digunakan pada eksperimen selanjutnya. Hasil eksperimen ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan Nilai RMSE dan MAE terhadap Nilai K

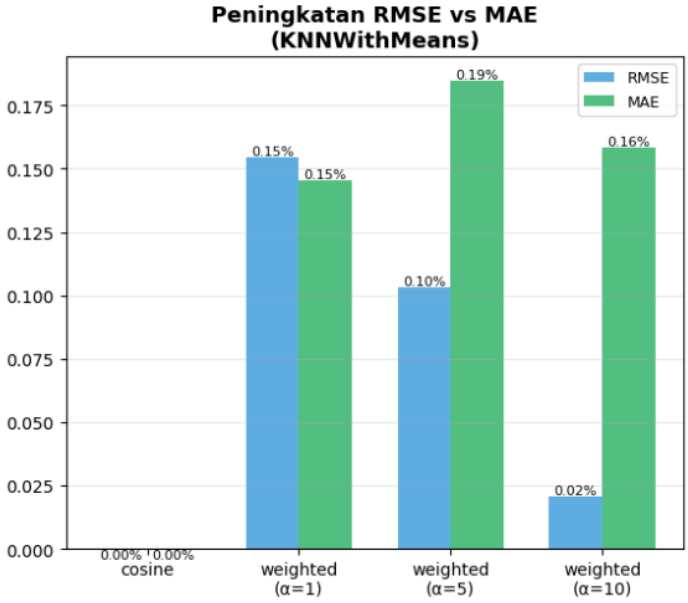
Berdasarkan Gambar 2 terlihat nilai k=50 merupakan *trade-off point* untuk nilai RMSE dan MAE, dimana untuk nilai k=100, dan k=200 peningkatan performa tidak setinggi nilai k sebelumnya.

Nilai k = 50, selanjutnya digunakan untuk menguji performa model yang lain. Hasil eksperimen ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Performa Model

Model	RMSE	MAE
cosine + KNN	1.0377	0.8226
weighted cosine (α=1) + KNN	1.0368	0.8226
weighted cosine (α=5) + KNN	1.0351	0.8220
weighted cosine (α=10) + KNN	1.0355	0.8228
cosine + KNNWithMeans	0.9701	0.7567
weighted cosine (α=1) + KNNWithMeans	0.9686	0.7556
weighted cosine (α=5) + KNNWithMeans	0.9691	0.7553
weighted cosine (α=10) + KNNWithMeans	0.9699	0.7555

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa performa KNN dengan *mean centering* (KNNWithMeans) lebih bagus daripada KNN *basic*. RMSE untuk *cosine* + KNNWithMeans meningkat sebesar 6.52%, dan MAE meningkat sebesar 8%. Kemudian kombinasi penambahan overlap weighting terhadap KNNWithMeans memberikan peningkatan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peningkatan Performa RMSE, MAE pada Kombinasi KNNWith Means

Peningkatan performa terbaik adalah ketika KNNwithMeans dikombinasikan *weighted cosine* dengan α=1. Ketika α=1 terjadi peningkatan performa RMSE dan MAE sebesar 0.15%.

Rekomendasi film yang diberikan ke pengguna, dapat diperoleh dengan mengurutkan skor film hasil prediksi model dari yang paling tinggi ke yang paling rendah. Contoh hasil rekomendasi 5 film terbaik untuk pengguna id 1 ditunjukkan Gambar 4.

```
Rekomendasi untuk user 1:
1. Schindler's List (1993)                                    (score: 16.59)
2. One Flew Over the Cuckoo's Nest (1975)                      (score: 14.2)
3. Dr. Strangelove or: How I Learned to Stop Worrying and Love the Bomb (1963) (score: 13.67)
4. Casablanca (1942)                                           (score: 13.2)
5. Close Shave, A (1995)                                       (score: 11.67)
```

Gambar 4. Rekomendasi Film

Berdasarkan rekomendasi pada Gambar 4, terlihat bahwa model dapat menghasilkan daftar film dengan skor yang bervariasi. Hal ini menunjukkan model mampu membedakan tingkat kesesuaian antar film. Semakin tinggi nilai skor, semakin besar kemungkinan pengguna menyukai film tersebut.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini melakukan optimalisasi sistem rekomendasi berbasis *user-based collaborative filtering*. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan KNN dengan *mean centering* (KNNWithMeans) secara konsisten memberikan performa yang lebih baik dibandingkan metode KNN *basic* baik pada metrik RMSE maupun MAE. Model *cosine* + KNNWithMeans mencatat RMSE 0.9701, MAE 0.7567 jauh lebih rendah dibandingkan *cosine* + KNN dengan RMSE 1.0377, dan MAE 0.8226.

Selain itu penambahan *overlap weighting* pada *cosine similarity* terbukti meningkatkan akurasi prediksi. Nilai α=1 dikombinasikan dengan KNNWithMeans menghasilkan performa terbaik dengan RMSE terendah sebesar 0.9686.

Sejalan dengan SDG ke 9 (industri, inovasi, dan infrastruktur), penelitian ini berkontribusi pada pengembangan infrastruktur digital yang lebih cerdas untuk layanan rekomendasi. Kedepan, kinerja model dapat ditingkatkan melalui uji signifikansi berbasis *k-fold*, eksplorasi pemodelan *hibrida*, maupun eksperimen pada data lain untuk meningkatkan keandalan dan generalisasi pada skenario data yang bervariasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh RKAT Universitas Sebelas Maret Tahun Anggaran 2026 melalui skema Penelitian PENGUATAN KAPASITAS GRUP RISET (PKGR-UNS) C dengan Nomor Perjanjian Penugasan Penelitian : 462/UN27.22/PT.01.03/2026.

REFERENSI

Al-Ghamdi, M., Elazhary, H., & Mojahed, A. (2021). Evaluation of Collaborative Filtering for Recommender Systems. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 12(3). https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120367

Fitriyeh, F., Haqqi, N., Choiriyah, L. M., & Ifada, N. (2024). Dampak pembobotan pada metode hybrid user-based dan item-based untuk sistem rekomendasi film. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, *5*(3), 516–525.

Gohel, D. D. P., & Vanjara, D. P. A. (2024). "Analyzing User-Based and Item-Based Recommender Systems: A Comparative Examination." *Educational Administration: Theory and Practice*, *30*(6(S)), 91–98. https://doi.org/10.53555/kuey.v30i6(S).5331

Gul-E-Laraib, Zaman, S. K. uz, Maqsood, T., Rehman, F., Mustafa, S., Khan, M. A., Gohar, N., Algarni, A. D., & Elmannai, H. (2023). Content Caching in Mobile Edge Computing Based on User Location and Preferences Using Cosine Similarity and Collaborative Filtering. *Electronics*, *12*(2), 284. https://doi.org/10.3390/electronics12020284

Lai, C.-Y., Hashim, N., & Krisnawati, L. D. (2025). Hybrid-Based Movie Recommender System: Techniques, Case Studies, Evaluation Metrics, and Future Trends. *Journal of Informatics and Web Engineering*, *4*(3), 90–110. https://doi.org/10.33093/jiwe.2025.4.3.5

Li, G., & Zhang, J. (2018). Music personalized recommendation system based on improved KNN algorithm. *2018 IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*, 777–781. https://doi.org/10.1109/IAEAC.2018.8577483

Ma'ruf, M. A., & Qoiriah, A. (2022). Perbandingan Algoritma Cosine Similarity dan Euclidean Distance pada Sistem Rekomendasi Film dengan Metode Item-Based Collaborative Filtering. *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, 160–168. https://doi.org/10.26740/jinacs.v4n02.p160-168

Nudrat, S., Khan, H. U., Iqbal, S., Talha, M. M., Alarfaj, F. K., & Almusallam, N. (2022). Users' Rating Predictions Using Collaborating Filtering Based on Users and Items Similarity Measures. *Computational Intelligence and Neuroscience*, *2022*(1), 2347641. https://doi.org/10.1155/2022/2347641

Pandiangan, A. Z., Huliman, & Pribadi, O. (2025). Design of a Movie Recommendation System Application Using a User-Based Collaborative Filtering Algorithm on Android. *Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications (JAIEA)*, *5*(1), 1196–1200. https://doi.org/10.59934/jaiea.v5i1.1583

Permana, K. E. (2024). *Comparison of User Based and Item Based Collaborative Filtering in Restaurant Recommendation System | IIETA*. IIETA. https://doi.org/10.18280/mmep.110723

Said, A., Jain, B. J., & Albayrak, S. (2012). Analyzing weighting schemes in collaborative filtering: Cold start, post cold start and power users. *Proceedings of the 27th Annual ACM Symposium on Applied Computing, SAC '12*, 2035–2040. https://doi.org/10.1145/2245276.2232114

Shelake, V., Fernandes, S., & Shrungare, S. (2025). AI-Driven Personalized Movie Recommendations: A Content and Sentiment-Aware Model for Streaming and Digital Entrepreneurship. *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, *7*(2), 306–317. https://doi.org/10.34306/att.v7i2.550

Smyth, B. (2025). People Who Liked This Also Liked ... A Publication Analysis of Three Decades of Recommender Systems Research. *ACM Trans. Recomm. Syst.*, *4*(2), 28:1-28:41. https://doi.org/10.1145/3742442

Suhada, S., Bahri, S., Nugraha, S. B., Hidayatulloh, T., & Wintana, D. (2023). Sistem Rekomendasi Produk Menggunakan Metode User-Based Collaborative Filtering Pada Digital Marketing. *J-INTECH*, *11*(1), 158–166. https://doi.org/10.32664/j-intech.v11i1.866

Weng, J. (2024). Comparison of machine learning-based book comments sentiment analysis for constructing recommendation system. *Applied and Computational Engineering*, *47*, 120–124. https://doi.org/10.54254/2755-2721/47/20241245

Data Mining Analysis of Student Perceptions of ChatGPT Usage Using the C4.5 Algorithm

Alifia Maulani [1)], Prastyadi Wibawa Rahayu [2)*)], I Made Dwi Ardiada [3)]

[1)2)3)]Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi dan Informatika, Universitas Dhyana Pura
[*)]**Correspondence author**: prastyadiwibawa@undhirabali.ac.id, Badung, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3484

Abstract

The rapid advancement of artificial intelligence, particularly ChatGPT, has brought considerable changes to the educational landscape. Despite its benefits, concerns have emerged regarding its potential negative impact on students' critical thinking skills and learning independence. This study aims to classify the perceptions of students at Dhyana Pura University toward the use of ChatGPT in education and to measure the accuracy of the resulting classification model. The method applied is data mining using the Knowledge Discovery in Databases (KDD) approach with the C4.5 algorithm. Data were collected from 350 active students through a Likert scale-based questionnaire covering five indicators: ease of use, perceived benefits, impact on critical thinking, impact on learning independence, and attitude toward ChatGPT usage. The classification process was carried out using Altair AI Studio with an 80:20 training and testing data split. The results indicate that the majority of students hold a neutral perception toward the use of ChatGPT in academic activities. The classification model achieved an accuracy rate of 86.96%, which is categorized as good. This research is expected to serve as a reference for educational institutions in formulating policies on the responsible use of AI in academic settings.

Keywords: *ChatGPT, Data Mining, Perception, C4.5 Algorithm*

Abstrak

Perkembangan kecerdasan buatan, khususnya ChatGPT, telah membawa perubahan signifikan dalam dunia pendidikan. Meskipun memberikan kemudahan, penggunaan ChatGPT juga memunculkan kekhawatiran terkait penurunan kemampuan berpikir kritis dan kemandirian belajar mahasiswa. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan persepsi mahasiswa Universitas Dhyana Pura terhadap penggunaan ChatGPT dalam dunia pendidikan serta mengukur tingkat akurasi model klasifikasi yang dihasilkan. Metode yang digunakan adalah *data mining* dengan pendekatan *Knowledge Discovery in Databases* (KDD) dan algoritma C4.5. Data diperoleh dari 350 responden mahasiswa aktif melalui kuesioner berbasis skala Likert yang mencakup lima indikator, yaitu kemudahan penggunaan, manfaat yang dirasakan, dampak terhadap berpikir kritis, dampak terhadap kemandirian belajar, dan sikap terhadap penggunaan ChatGPT. Proses klasifikasi dilakukan menggunakan perangkat lunak *Altair AI Studio* dengan pembagian data *training* dan *testing* sebesar 80:20. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa memiliki persepsi yang cenderung netral terhadap penggunaan ChatGPT. Model klasifikasi yang dibangun menghasilkan tingkat akurasi sebesar 86,96%, yang termasuk dalam kategori baik. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi institusi pendidikan dalam merancang kebijakan pemanfaatan AI yang bijak di lingkungan akademik.

Kata Kunci: ChatGPT, Data Mining, Persepsi, Algoritma C4.5

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di era modern ini telah membawa banyak perubahan dalam kehidupan manusia sehari-hari, mulai dari cara bekerja, belajar, hingga berkomunikasi satu sama lain (Paidil & Sari, 2025). Salah satu bentuk teknologi yang paling banyak dibicarakan saat ini adalah kecerdasan buatan atau Artificial Intelligence (AI). Teknologi ini mampu memproses informasi dalam jumlah besar, mengenali pola tertentu, dan memberikan jawaban yang tepat secara otomatis. Karen akemmapuan itulah, AI kini sudah digunakan di banyak bidang penting seperti industri, kesehatan, dan juga pendidikan (Zendrato, 2024).

Salah satu produk AI yang paling dikenal luas saat ini adalah ChatGPT, yang dibuat oleh perusahaan OpenAI (Husnaini & Madhani, 2024). ChatGPT menggunakan teknologi yang disebut *Generative Pre- trained Transformer* (GPT), yang membuatnya bisa memahami pertanyaan dalam bahasa sehari-hari dan memberikan jawaban yang jelas dan lengkap (Salmi et al., 2023). Di dunia pendidikan, banyak mahasiswa yang mulai menggunakan ChatGPT sebagai alat bantu belajar, baik untuk memahami materi kuliah, mencari referensi, maupun membantu menyelesaikan tugas akademik dengan lebih cepat (Muhammad Tarmizi & Yahfizham, 2023).

Namun dibalik manfaatnya, penggunaan ChatGPT juga menimbulkan kekhawatiran. Sebagian mahasiswa cenderung langsung menyalin jawaban dari ChatGPT tanpa benar-benar memahami isi atau memeriksa kebenarannya, sehingga memunculkan risiko plagiarisme berbasis AI (Budi Susilo & Tri Widayanti, 2024). Lebih dari itu, kebiasaan mendapatkan jawaban secara instan dapat membuat mahasiswa malas berpikir sendiri dan kurang terlatih dalam memecahkan masalah secara mandiri (Faisal, 2024). Jika dibiarkan, kondisi ini justru bisa bertentangan dengan tujuan utama pendidikan itu sendiri, yaitu membentuk kemampuan berpikir kritis dan kemandirian dalam belajar.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan di Universitas Dhyana Pura untuk mengetahui bagaimana persepsi mahasiswa terhadap penggunaan ChatGPT dalam kegiatan akademik. Metode yang digunakan adalah data mining dengan algoritma C4.5, yaitu sebuah algoritma yang bekerja dengan cara membentuk pohonn keputusan untuk mengklasifikasikan data berdasarkan atribut yang paling berpengaruh (Dhea Halimah et al., 2022). Algoritma ini dipiih karena sudah terbukti mampu menghasilkan klasifikasi yang baik

dalam penelitian di bidang pendidikan. Pemanfaatan teknologi informasi dalam pembelajaran merupakan salah satu faktor penting dalam menunjang kualitas pendidikan, sehingga penting untuk memahami sikap mahasiswa terhadap AI secara lebih mendalam (Salmi et al., 2023). Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan persepsi mahasiswa Universitas Dhyana Pura terhadap penggunaan ChatGPT dalam kegiatan akademik, sekaligus mengukur tingkat akurasi model klasifikasi yang dihasilkan menggunakan confusion matrix.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan data mining. Data penelitian diperoleh dari hasil kuesioner yang kemudian diubah ke dalam bentuk data numerik untuk selanjutnya diolah dan dianalisis. Pendekatan data mining digunakan untuk menemukan pola dan informasi yang terkandung dalam data melalui serangkaian tahapan pengolahan data.

Penelitian ini dilakukan di Universitas Dhyana Pura, Bali, dengan pengumpulan data yang berlangsung pada bulan Februari hingga Maret 2026. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh mahasiswa aktif Universitas Dhyana Pura yang berjumlah 2.800 orang. Karena jumlah populasi yang cukup besar, pengambilan sampel dilakukan menggunakan rumus Slovin dengan tingkat kesalahan sebesar 5% agar jumlah sampel yang digunakan dapat mewakili populasi. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan rumus Slovin, jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 350 mahasiswa. Rumus Slovin yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{\mathrm{N}}{1 + \mathrm{Ne}^2} \qquad (1)$$

Keterangan:

n : Jumlah Sampel

N : Jumlah Populasi

e : Tingkat Kesalahan (*margin of eror*)

Data penelitian diperoleh melalui penyebaran kuesioner menggunakan Google Form. Instrumen penelitian terdiri dari 20 pernyataam yang disusun berdasarkan lima indikator, yaitu Kemudahan Pengguna, Manfaat yang Dirasakan, Dampak terhadap Berpikir Kritis, Dampak terhadap Kemandirian Belajar, dan Sikap terhadap Penggunaan ChatGPT (Salmi et al., 2023). Setiap pernyataan diukur menggunakan skala likert 5 tingkat, yaitu Sangat Tidak Setuju (1), Tidak Setuju (2), Ragu-Ragu (3), Setuju (4), dan Sangat Setuju (5). Penggunaan skala likert bertujuan untuk mengukur tingkat persepsi responden terhadap penggunaan ChatGPT dalam dunia pendidikan (Gustiana, 2024).

Analisis data pada penelitian ini menggunakan metode *Knowledge Discovery in Database* (KDD), yang merupakan sebuah teknik untuk menemukan informasi yang berguna dari kumpulan data yang tersimpan dalam basis data (Atalya Angelus Leza et al., 2024). Metode ini terdiri dari beberapa tahap yaitu:

a. *Data Selection*: tahap *data selection* dilakukan dengan memilih data yang sesuai dengan kebutuhan penelitian.
b. *Pre-Processing*: tahap *pre-processing* dilakukan untuk memastikan kualitas data sebelum proses analisis. Pada tahap ini dilakukan pengecekan terhadap kelengkapan data, kesesuaian jawaban responden, serta penghapusan data yang tidak sesuai kriteria penelitian.
c. *Data Transformation*: tahap *data transformation* dilakukan untuk mengubah data ke dalam format yang siap digunakan pada proses klasifikasi. Pada tahap ini dilakukan perhitungan nilai rata-rata dari setiap responden menggunakan rumus mean (Situmeang et al., 2025).

$$x = \frac{\sum x}{n} \qquad (2)$$

Keterangan :

x : nilai rata-rata

$\sum x$: total skor jawaban

n : jumlah item pernyataan

Hasil rata-rata kemudian diklasifikasikan ke dalam tiga label persepsi menggunakan metode interval kelas dengan rumus (Maratussholihah et al., n.d.):

$$Interval\ Kelas = \frac{Nilai\ Skor\ Tertinggi - Nilai\ Skor\ Terendah}{Jumlah\ kategori} \quad (3)$$

Berdasarkan rumus tersebut, perhitungan nilai interval kelas untuk data ini adalah sebagai berikut:

$$Interval\ Kelas = \frac{5-1}{3} = 1{,}33$$

Nilai interval sebesar 1,33 ini kemudian digunakan sebagai dasar penentuan rentang kategori persepsi mahasiswa, yang secara rinci disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Persepsi

Rentang Skor	Kategori Persepsi
1,00 – 2,33	Negatif
2,34 – 3,67	Netral
3,68 – 5,00	Positif

d. Data Mining: tahap data mining dilakukan menggunakan algoritma C4.5 untuk membangun model klasifikasi berupa pohon keputusan (*decision tree*). Proses klasifikasi dilakukan dengan membagi data berdasarkan atribut yang paling dominan melalui perhitungan nilai *Entropy* dan *Information Gain* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Entropy(S) = \sum_{i=1}^{n} - pi * \log_2 pi \quad (4)$$

Keterangan :

Entropy(S) : nilai entropy

n : jumlah kelas pada atribut

pi : proporsi kelas ke-i

$$Gain(S,A) = Entropy(S) - \sum_{i=1}^{n} \frac{|Si|}{|S|} * Entropy(Si) \quad (5)$$

Keterangan :

Gain(S,A) : nilai gain atribut A

S : himpunan kasus

Si : partisi data

Proses pembentukan model klasifikasi dilakukan menggunakan perangkat lunak Altair AI Staudio. Altair AI Studio (sebelumnya RapidMiner) adalah sebuah aplikasi komputer yang digunakan untuk mengolah data dengan memanfaatkan konsep dan metode data mining (Seminar & Matematika, 2021). Pada hasil klasifikasi, nilai akurasi ditampilkan dalam beberapa kategori dengan rentang yang berbeda-beda. Rincian parameter tersebut disajikan pada Tabel 2 (Husaini, 2023).

Tabel 2. Parameter Akurasi Klasifikasi

Nilai Akurasi (%)	Hasil Prediksi
90-100	Sangat Baik
80-90	Baik
70-80	Cukup
60-70	Kurang
50-60	Gagal

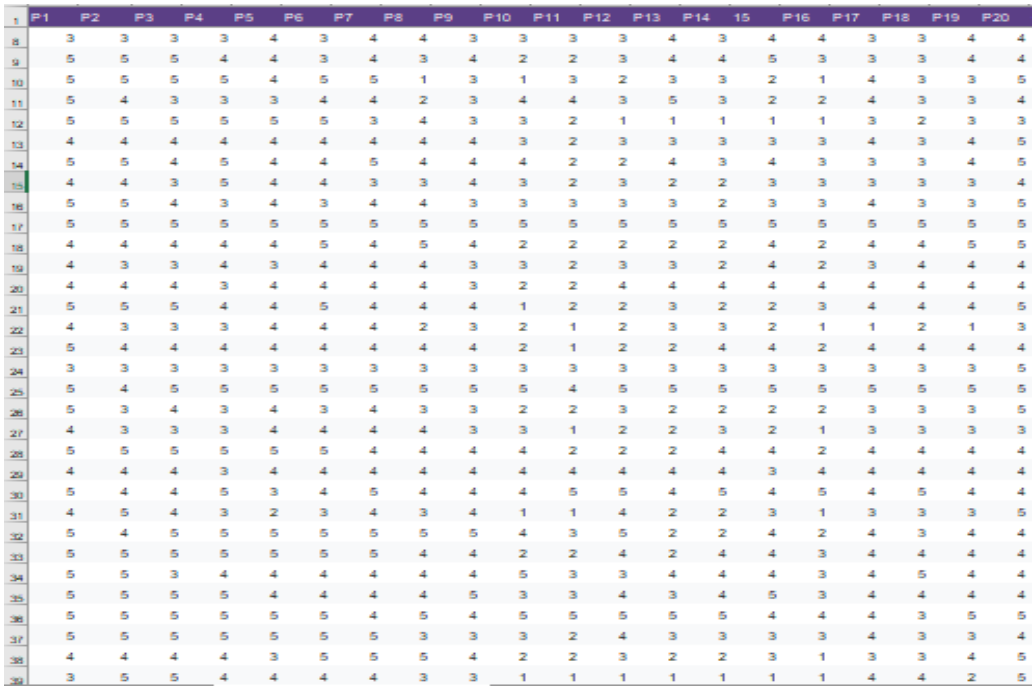
e. *Evaluation*: tahap *evaluation* dilakukan untuk mengukur kinerja model klasifikasi yang dihasilkan. Evaluasi menggunakan *confusion matrix* dengan menghitung nilai *accuracy*, *precision*, dan *recall* (Gusti et al., 2025). Hasil evaluasi digunakan untuk mengetahui tingkat ketepatan model dalam mengklasifikasikan data penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Selection

Proses pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner kepada mahasiswa aktif Universitas Dhyana Pura. Dari total responden yang mengisi kuesioner, sebanyak

367 tanggapan responden berhasil terkumpul. Namun, sesuai dengan jumlah sampel yang telah ditetapkan menggunakan rumus Slovin, hanya 350 data yang digunakan dalam analisis ini.

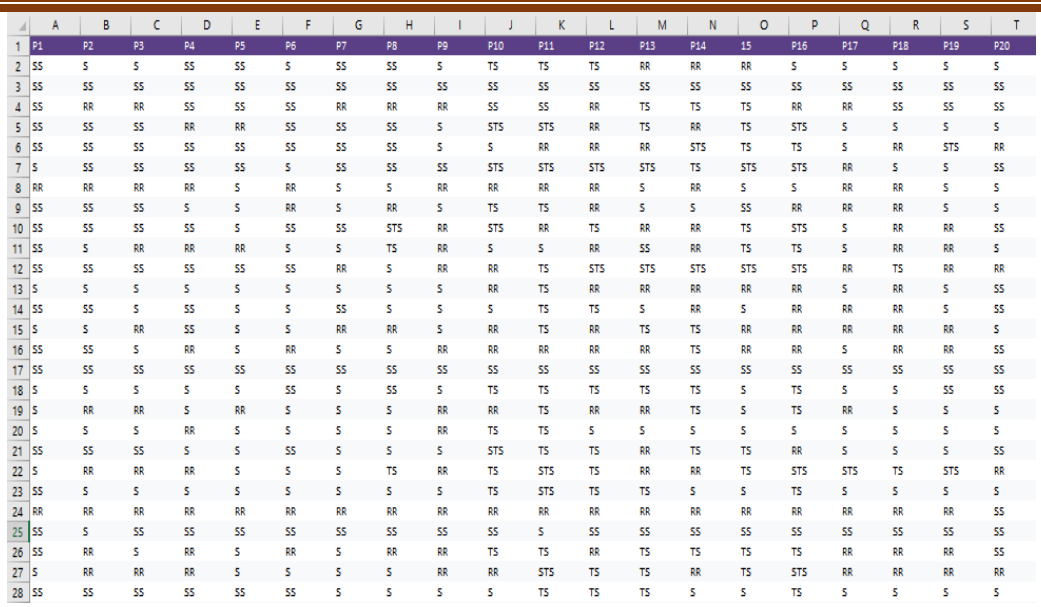


	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	15	P16	P17	P18	P19	P20
8	3	3	3	3	4	3	4	4	3	3	3	3	4	3	4	4	3	3	4	4
9	5	5	5	4	4	3	4	3	4	2	2	3	4	4	5	3	3	3	4	4
10	5	5	5	5	4	5	5	1	3	1	3	2	3	3	2	1	4	3	3	5
11	5	4	3	3	3	4	4	2	3	4	4	3	5	3	2	2	4	3	3	4
12	5	5	5	5	5	5	3	4	3	3	2	1	1	1	1	1	3	2	3	3
13	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	3	3	3	3	3	4	3	4	5
14	5	5	4	5	4	4	5	4	4	4	2	2	4	3	4	3	3	3	4	5
15	4	4	3	5	4	4	3	3	4	3	2	3	2	2	3	3	3	3	3	4
16	5	5	4	3	4	3	4	4	3	3	3	3	3	2	3	3	4	3	3	5
17	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
18	4	4	4	4	4	5	4	5	4	2	2	2	2	2	4	2	4	4	5	5
19	4	3	3	4	3	4	4	4	3	3	2	3	3	2	4	2	3	4	4	4
20	4	4	4	3	4	4	4	4	3	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
21	5	5	5	4	4	5	4	4	4	1	2	2	3	2	2	3	4	4	4	5
22	4	3	3	3	4	4	4	2	3	2	1	2	3	3	2	1	1	2	1	3
23	5	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	2	2	4	4	2	4	4	4	4
24	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5
25	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
26	5	3	4	3	4	3	4	3	3	2	2	3	2	2	2	2	3	3	3	5
27	4	3	3	3	4	4	4	4	3	3	1	2	2	3	2	1	3	3	3	3
28	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	2	2	2	4	4	2	4	4	4	4
29	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4
30	5	4	4	5	3	4	5	4	4	4	5	5	4	5	4	5	4	5	4	4
31	4	5	4	3	2	3	4	3	4	1	1	4	2	2	3	1	3	3	3	5
32	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	3	5	2	2	4	2	4	3	4	4
33	5	5	5	5	5	5	5	4	4	2	2	4	2	4	4	3	4	4	4	4
34	5	5	3	4	4	4	4	4	4	5	3	3	4	4	4	3	4	5	4	4
35	5	5	5	5	4	4	4	4	5	3	3	4	3	4	5	3	4	4	4	4
36	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4	3	5	5
37	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	2	4	3	3	3	3	4	3	3	4
38	4	4	4	4	3	5	5	5	4	2	2	3	2	2	3	1	3	3	4	5
39	3	5	5	4	4	4	4	3	3	1	1	1	1	1	1	1	4	4	2	5

Gambar 1. *Data Selection*

2. *Pre-Processing*

Berdasarkan hasil pemeriksaan, seluruh 350 data responden telah terisi dengan lengkap tanpa ditemukan nilai kosong. Oleh karena itu, tidak dilakukan penghapusan data apapun, dan keseluruhan data dinyatakan valid untuk digunakan pada tahap berikutnya. Selain pengecekan kelengkapan, pada tahap ini juga dilakukan pengelompokan nilai skala Likert ke dalam bentuk kategori jawaban (Sangat Tidak Setuju, Tidak Setuju, Ragu-Ragu, Setuju, Sangat Setuju) untuk mempermudah proses klasifikasi pada algoritma C4.5. Meski demikian, perhitungan rata-rata pada tahap transformasi data tetap menggunakan nilai numerik skala Likert aslinya.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	15	P16	P17	P18	P19	P20
2	SS	S	S	SS	SS	S	SS	SS	S	TS	TS	TS	RR	RR	RR	S	S	S	S	S
3	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS
4	SS	RR	RR	SS	SS	SS	RR	RR	RR	SS	SS	RR	TS	TS	TS	RR	RR	SS	SS	SS
5	SS	SS	SS	RR	RR	SS	SS	SS	S	STS	STS	RR	TS	RR	TS	STS	S	S	S	S
6	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	S	S	RR	RR	RR	STS	TS	TS	S	RR	STS	RR
7	S	SS	SS	SS	SS	S	SS	SS	SS	STS	STS	STS	STS	TS	STS	STS	RR	S	S	SS
8	RR	RR	RR	RR	S	RR	S	S	RR	RR	RR	RR	S	RR	S	S	RR	RR	S	S
9	SS	SS	SS	S	S	RR	S	RR	S	TS	TS	RR	S	S	SS	RR	RR	RR	S	S
10	SS	SS	SS	SS	S	SS	SS	STS	RR	STS	RR	TS	RR	RR	TS	STS	S	RR	RR	SS
11	SS	S	RR	RR	RR	S	S	TS	RR	S	S	RR	SS	RR	TS	TS	S	RR	RR	S
12	SS	SS	SS	SS	SS	SS	RR	S	RR	RR	TS	STS	STS	STS	STS	STS	RR	TS	RR	RR
13	S	S	S	S	S	S	S	S	S	RR	TS	RR	RR	RR	RR	RR	S	RR	S	SS
14	SS	SS	S	SS	S	S	SS	S	S	S	TS	TS	S	RR	S	RR	RR	RR	S	SS
15	S	S	RR	SS	S	S	RR	RR	S	RR	TS	RR	TS	TS	RR	RR	RR	RR	RR	S
16	SS	SS	S	RR	S	RR	S	S	RR	RR	RR	RR	RR	TS	RR	RR	S	RR	RR	SS
17	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS
18	S	S	S	S	S	SS	S	SS	S	TS	TS	TS	TS	TS	S	TS	S	S	SS	SS
19	S	RR	RR	S	RR	S	S	S	RR	RR	TS	RR	RR	TS	S	TS	RR	S	S	S
20	S	S	S	RR	S	S	S	S	RR	TS	TS	S	S	S	S	S	S	S	S	S
21	SS	SS	SS	S	S	SS	S	S	S	STS	TS	TS	RR	TS	TS	RR	S	S	S	SS
22	S	RR	RR	RR	S	S	S	TS	RR	TS	STS	TS	RR	RR	TS	STS	STS	TS	STS	RR
23	SS	S	S	S	S	S	S	S	S	TS	STS	TS	TS	S	S	TS	S	S	S	S
24	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	SS
25	SS	S	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	S	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS
26	SS	RR	S	RR	S	RR	S	RR	RR	TS	TS	RR	TS	TS	TS	TS	RR	RR	RR	SS
27	S	RR	RR	RR	S	S	S	S	RR	RR	STS	TS	TS	RR	TS	STS	RR	RR	RR	RR
28	SS	SS	SS	SS	SS	SS	S	S	S	S	TS	TS	TS	S	S	TS	S	S	S	S

Gambar 2. Hasil *Pre-Processing*

3. *Data Transformation*

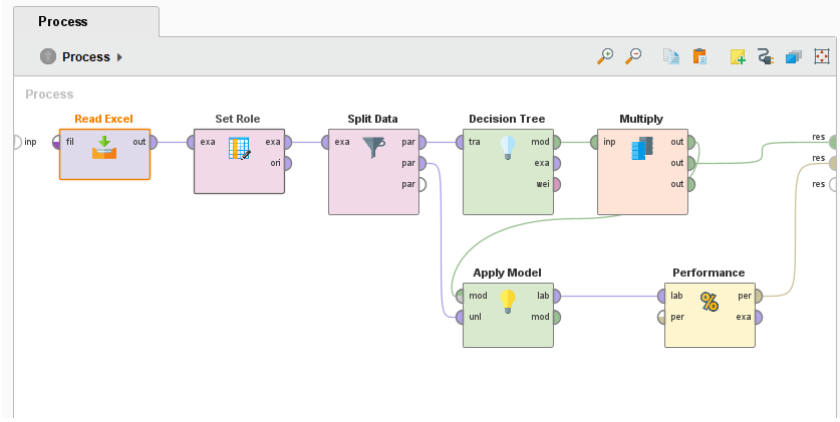
Pada tahap *data transformation*, data yang telah lolos proses *pre-processing* diolah lebih lanjut dengan menjumlahkan nilai dari seluruh atribut pernyataan (P1–P20) untuk setiap responden agar mendapatkan total skor. Total skor tersebut kemudian dihitung nilai rata-ratanya menggunakan rumus mean. Nilai rata-rata yang diperoleh selanjutnya diklasifikasikan ke dalam tiga kategori persepsi berdasarkan rentang interval kelas sebesar 1,33, sehingga menghasilkan label Negatif (skor 1,00–2,33), Netral (2,34–3,67), dan Positif (3,68–5,00). Hasil pelabelan ini menjadi dasar klasifikasi pada tahap berikutnya.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	15	P16	P17	P18	P19	P20	Total	Rata R	Label
2	5	4	4	5	5	4	5	5	4	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	76	3,8	Positif
3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	100	5	Positif
4	5	3	3	5	5	5	3	3	3	5	5	3	2	2	2	3	3	5	5	5	75	3,75	Positif
5	5	5	5	3	3	5	5	5	4	1	1	3	2	3	2	1	4	4	4	4	69	3,45	Netral
6	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	3	3	3	1	2	2	4	3	1	3	73	3,65	Netral
7	4	5	5	5	5	4	5	5	5	1	1	1	1	2	1	1	3	4	4	5	67	3,35	Netral
8	3	3	3	3	4	3	4	4	3	3	3	3	4	3	4	4	3	3	4	4	68	3,4	Netral
9	5	5	5	4	4	3	4	3	4	2	2	3	4	4	5	3	3	3	4	4	74	3,7	Positif
10	5	5	5	5	4	5	5	1	3	1	3	2	3	3	2	1	4	3	3	5	68	3,4	Netral
11	5	4	3	3	3	4	4	2	3	4	4	3	5	3	2	2	4	3	3	4	68	3,4	Netral
12	5	5	5	5	5	5	3	4	3	3	2	1	1	1	1	1	3	2	3	3	61	3,05	Netral
13	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	3	3	3	3	3	4	3	4	5	72	3,6	Netral
14	5	5	4	5	4	4	5	4	4	4	2	2	4	3	4	3	3	3	4	5	77	3,85	Positif
15	4	4	3	5	4	4	3	3	4	3	2	3	2	2	3	3	3	3	3	4	65	3,25	Netral
16	5	5	4	3	4	3	4	4	3	3	3	3	3	2	3	3	4	3	3	5	70	3,5	Netral
17	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	100	5	Positif
18	4	4	4	4	4	5	4	5	4	2	2	2	2	2	4	2	4	4	5	5	72	3,6	Netral
19	4	3	3	4	3	4	4	4	3	3	2	3	3	2	4	2	3	4	4	4	66	3,3	Netral
20	4	4	4	3	4	4	4	4	3	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	74	3,7	Positif
21	5	5	5	4	4	5	4	4	4	1	2	2	3	2	2	3	4	4	4	5	72	3,6	Netral
22	4	3	3	3	4	4	4	2	3	2	1	2	3	3	2	1	1	2	1	3	51	2,55	Netral
23	5	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	2	2	4	4	2	4	4	4	4	70	3,5	Netral
24	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	62	3,1	Netral
25	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	98	4,9	Positif
26	5	3	4	3	4	3	4	3	3	2	2	3	2	2	2	2	3	3	3	5	61	3,05	Netral
27	4	3	3	3	4	4	4	4	3	3	1	2	2	3	2	1	3	3	3	3	58	2,9	Netral
28	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	2	2	2	4	4	2	4	4	4	4	78	3,9	Positif
29	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	78	3,9	Positif
30	5	4	4	5	3	4	5	4	4	4	5	5	4	5	4	5	4	5	4	4	87	4,35	Positif

Gambar 3. Hasil Transformasi

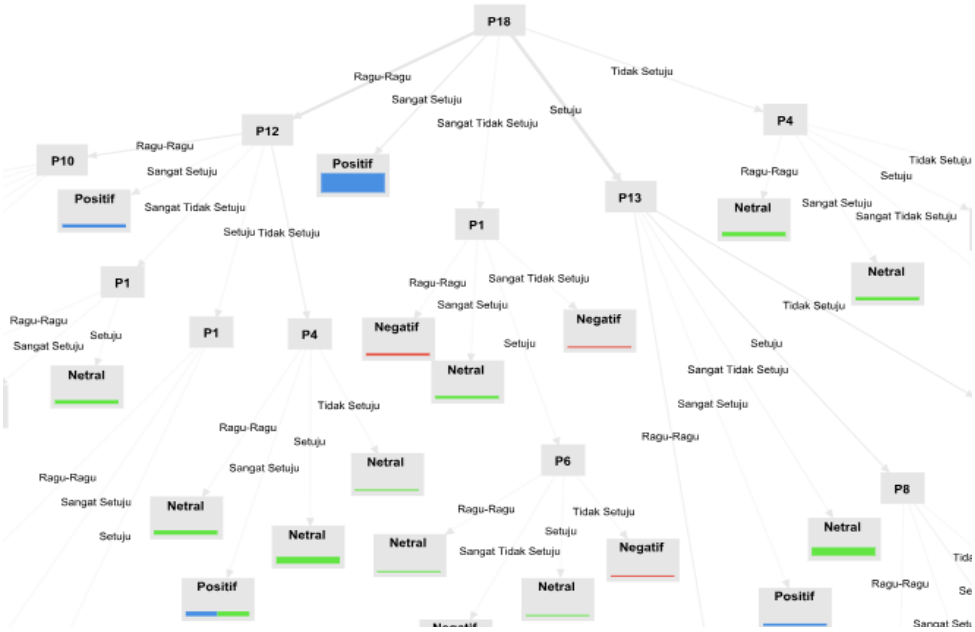
4. Klasifikasi Algoritma C4.5

Data yang telah ditransformasi diimpor pada Altair AI Studio untuk diklasifikasikan dengan algoritma C4.5. Proses ini dilakukan dengan menyusun rangkaian operator secara berurutan, meliputi *Read Excel* (membaca data), *Set Role* (menentukan kelas target), dan *Decision Tree* (metode klasifikasi utama).Alur proses tersebut digunakan untuk mengolah 350 baris data penelitian yang terdiri dari atribut P1 hingga P20 serta kolom label kategori. Pengujian model dilakukan menggunakan metode *split data* dengan rasio 80:20, menghasilkan pembagian proporsi sebanyak 281 data sebagai data *training* dan 69 data sebagai data *testing*.



Gambar 4. Alur Klasifikasi Algoritma C4.5

Kemudian untuk hasil pohon keputusan yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Hasil Pohon Keputusan

Berdasarkan hasil proses klasifikasi, atribut P18 ("Saya akan terus menggunakan ChatGPT untuk mendukung kegiatan akademik saya") terpilih sebagai *root node* karena memiliki nilai *information gain* tertinggi dibanding atribut lainnya. Dari poin utama (P18) ini, pilihan jawaban responden (seperti Sangat Setuju, Setuju, atau Tidak Setuju) akan membentuk cabang-cabang baru. Cabang ini akan terus turun ke bawah sampai semua data mahasiswa selesai dikelompokkan ke dalam tiga hasil akhir: persepsi positif, netral, atau negatif.

5. Evaluation

Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan *confusion matrix* berdasarkan 69 data *testing*. Hasil evaluasi pada *Altair AI Studio* menunjukkan bahwa model C4.5 menghasilkan tingkat akurasi sebesar **86,96%**, yang termasuk dalam kategori **Baik** berdasarkan kategori parameter akurasi klasifikas*i*. Rincian hasil evaluasi per kelas disajikan pada Gambar berikut.

accuracy: 86.96%

	true Positif	true Netral	true Negatif	class precision
pred. Positif	23	3	0	88.46%
pred. Netral	5	36	1	85.71%
pred. Negatif	0	0	1	100.00%
class recall	82.14%	92.31%	50.00%	

Gambar 6. Hasil *Confusion Matrix*

Berdasarkan hasil evaluasi, kelas netral menunjukkan nilai *recall* tertinggi (92,31%), yang berarti model paling baik dalam mengenali data dengan persepsi netral. Kelas positif memiliki *precision* 88,46% dengan *recall* 82,14%, menandakan performa yang cukup seimbang. Sementara itu, kelas negatif memperoleh *precision* sempurna sebesar 100%, namun *recall*-nya hanya 50,00%. Rendahnya nilai *recall* pada kelas negatif disebabkan oleh jumlah data berkelas negatif yang relatif sedikit dibanding dua kelas lainnya, sehingga model belum cukup terlatih untuk mengenali pola kelas tersebut secara menyeluruh. Secara keseluruhan, algoritma C4.5 terbukti mampu mengklasifikasikan persepsi mahasiswa Universitas Dhyana Pura terhadap penggunaan ChatGPT dengan kinerja yang baik.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan analisis hasil penelitian mengenai persepsi mahasiswa Universitas Dhyana Pura terhadap penggunaan ChatGPT dalam dunia pendidikan menggunakan algoritma C4.5, ditemukan bahwa persepsi mahasiswa terbagi ke dalam tiga kategori, yaitu positif, netral, dan negatif. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa memiliki persepsi yang cenderung netral terhadap pemanfaatan teknologi ini. Kondisi tersebut diperkuat oleh terpilihnya atribut P18 yang berkaitan dengan sikap keberlanjutan penggunaan ChatGPT untuk kegiatan akademik sebagai *root node* karena memiliki nilai *information gain* tertinggi, sehingga menjadi faktor utama yang paling berpengaruh dalam menentukan arah persepsi mahasiswa secara keseluruhan.

Hasil evaluasi model menggunakan confusion matrix dengan pembagian data training dan testing sebesar 80:20 menunjukkan bahwa model klasifikasi C4.5 memperoleh

tingkat akurasi sebesar 86,96%. Berdasarkan kategori klasifikasi parameter akurasi, nilai tersebut termasuk dalam kategori baik. Dengan demikian, algoritma C4.5 dinilai mampu mengklasifikasikan persepsi mahasiswa terhadap penggunaan ChatGPT dalam dunia pendidikan dengan baik.

REFERENSI

Atalya Angelus Leza, M., Widya Utami, N., & Anugrah Cahya Dewi, P. (2024). Prediksi Prestasi Siswa Smas Katolik Santo Yoseph Denpasar Berdasarkan Kedisiplinan Dan Tingkat Ekonomi Orang Tua Menggunakan Metode Knowledge Discovery In Database Dan Algoritma Regresi Linier Berganda. *Jati (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *8*(1), 373–379. Https://Doi.Org/10.36040/Jati.V8i1.8754

Budi Susilo, & Tri Widayanti. (2024). Kecerdasan Buatan: Plagiarisme Dan Perilaku Mandiri Siswa Sekolah Menengah Atas Dalam Penggunaan Chatgpt. *SABER : Jurnal Teknik Informatika, Sains Dan Ilmu Komunikasi*, *2*(3), 341–352. Https://Doi.Org/10.59841/Saber.V2i3.1526

Dhea Halimah, Muhammad Ridwan Lubis, & Widodo Saputra. (2022). Algoritma C4.5 Untuk Menentukan Klasifikasi Tingkat Pemahaman Mahasiswa Pada Matakuliah Bahasa Pemrograman. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Informatika*, *1*(3), 24–38. Https://Doi.Org/10.55606/Jtmei.V1i3.534

Faisal, M. (2024). Dampak Kecerdasan Buatan (AI) Terhadap Pola Pikir Cerdas Mahasiswa Di Pontianak. *NUCLEUS*, *5*(1), 60–66. Https://Doi.Org/10.37010/Nuc.V5i1.1684

Gusti, N., Dasriani, A., Ahmad, L., Pariandi, G., & Dharma, I. M. Y. (2025). Analisis Sentimen Program Jaminan Kesehatan Nasional Menggunakan Multiclass Support Vector Machine. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Rekayasa Komputer*, *6*(1), 20–30.

Gustiana, Z. (2024). *PERFORMANCE EVALUATION ALGORITMA C 4 . 5 PADA KLASIFIKASI DATA*. *5*(2), 289–296. Https://Doi.Org/10.46576/Djtechno

Husaini, B. Q. (2023). *Penerapan Algoritma Decision Tree C45 Untuk Klasifikasi Penjurusan Siswa*. *9*(1), 455–470.

Husnaini, M., & Madhani, L. M. (2024). Perspektif Mahasiswa Terhadap Chatgpt Dalam Menyelesaikan Tugas Kuliah. *Journal Of Education Research*, *5*(3), 2655–2664. Https://Doi.Org/10.37985/Jer.V5i3.1047

Maratussholihah, Z., Surabaya, U. N., Ahmadi, A., Surabaya, U. N., Raharjo, R. P., & Surabaya, U. N. (N.D.). *Persepsi Siswa Terhadap Pemanfaatan E-Book Sibi Sebagai Sarana Literasi Digital Dalam Pembelajaran Bahasa Indonesia*. 93–104.

Muhammad Tarmizi, & Yahfizham, Y. (2023). Perspektif Mahasiswa Terhadap Penggunaan Kecerdasan Buatan Chatgpt Dalam Penyusunan Tugas Akhir. *Indiktika : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, *6*(2), 151–161. Https://Doi.Org/10.31851/Indiktika.V6i2.15425

Paidil, P., & Sari, S. (2025). Peran Teknologi Terbaru Membentuk Kehidupan Di Era Digital. *JUPEIS : Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Sosial*, *4*(1), 8–15. Https://Doi.Org/10.57218/Jupeis.Vol4.Iss1.1326

Salmi, J., Setiyanti, A. A., Satya Wacana, K., Universitas, D., Satya, K., & Abstract, W. (2023). Persepsi Mahasiswa Terhadap Penggunaan Chatgpt Di Era Pendidikan 4.0[Student Perceptions Of The Use Of Chatgpt In The Era Of Education 4.0]. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, Oktober*, *9*(19), 399–406. Https://Doi.Org/10.5281/Zenodo.8403233

Seminar, P., & Matematika, N. (2021). *Akurasi Algoritma Klasifikasi Pada Software Rapidminer Dan Weka*. *4*, 493–499.

Situmeang, S. B., Khairani, A., & Fadillah, R. (2025). *Persepsi Pengguna Terhadap Penggunaan AI Dalam Kehidupan Sehari-Hari Pendekatan Technology Acceptance Model (TAM)*. *4*(2), 40–50. Https://Doi.Org/10.62866/Buai.V4i2.235

Zendrato, C. P. (2024). Menyikapi Perkembangan Teknologi AI (Chatgpt) Sesuai Dengan Kebenaran Alkitabiah. *REI MAI: Jurnal Ilmu Teologi Dan Pendidikan Kristen*, *2*(1), 23–37. Https://Doi.Org/10.69748/Jrm.V2i1.105

K-Means Analysis of West Java Coastal Capture Fish Production to Increase Fisheries Productivity

Siti Salwa Azzahra [1)*], Fatia Amalia Maresti [2)], Kiki Mustaqim [3)]

[1)2)3)]Prodi Sains Data, Universitas Logistik dan Bisnis Internasional
[*)]**Correspondence author**: salwazahra879@gmail.com, Bandung, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3508

Abstract

Marine capture fisheries in West Java play a vital role in regional economic development, yet disparities in productivity among coastal areas remain unresolved. This study aims to classify coastal districts and cities in West Java based on key production indicators: fish catch volume, number of vessels, number of marine fishers, average weighted price per kilogram, and the number of fishing households. A K-Means Clustering approach was applied to group these regions into homogeneous clusters, enabling more targeted policy development. The analysis identified three distinct clusters: moderately productive areas with low efficiency, economically efficient areas with high-value catch but limited volume, and a dominant production zone with significantly higher outputs than others. These findings provide a clearer understanding of regional fishery dynamics and offer recommendations for each cluster. Proposed strategies include expanding infrastructure and training for low-performing regions, and focusing on product diversification, post-harvest processing, and sustainable management in high-performing areas. This study demonstrates the usefulness of data-driven methods to support marine fishery development and regional planning.

Keywords: *Marine Capture Fisheries, K-Means Clustering, Regional Disparity*

Abstrak

Perikanan tangkap laut di Jawa Barat memiliki peran penting dalam pembangunan ekonomi daerah, namun masih terdapat kesenjangan produktivitas antar wilayah pesisir yang belum terselesaikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan kabupaten dan kota pesisir di Jawa Barat berdasarkan indikator-indikator produksi utama: volume hasil tangkapan ikan, jumlah kapal, jumlah nelayan laut, harga rata-rata tertimbang per kilogram, dan jumlah rumah tangga perikanan. Pendekatan K-Means Clustering digunakan untuk mengelompokkan wilayah-wilayah ini ke dalam klaster yang memiliki karakteristik serupa, sehingga dapat mendukung perumusan kebijakan yang lebih tepat sasaran. Analisis menghasilkan tiga klaster utama: wilayah dengan produksi sedang namun efisiensi rendah, wilayah dengan efisiensi tinggi dan nilai jual ikan tinggi meskipun volume tangkapan terbatas, serta satu wilayah dominan dengan produksi yang jauh lebih tinggi dibanding wilayah lain. Temuan ini memberikan pemahaman yang lebih jelas tentang dinamika perikanan regional dan menghasilkan rekomendasi bagi masing-masing klaster. Strategi yang diusulkan meliputi peningkatan infrastruktur dan pelatihan untuk wilayah dengan kinerja rendah, serta fokus pada diversifikasi produk, pengolahan pascapanen, dan pengelolaan berkelanjutan untuk wilayah dengan kinerja tinggi. Studi ini menunjukkan pentingnya pendekatan berbasis data dalam mendukung pengembangan perikanan laut dan perencanaan wilayah.

Kata Kunci: Perikanan Tangkap Laut, Klasterisasi K-Means, Kesenjangan Regional

PENDAHULUAN

Sektor perikanan laut memiliki peran penting dalam mendukung pembangunan ekonomi daerah di Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Wilayah pesisir seperti Indramayu, Cirebon, Pangandaran, dan Sukabumi dikenal dengan aktivitas penangkapan ikan yang intensif serta kekayaan sumber daya lautnya. Namun demikian, tingkat produksi aktual masih berada jauh di bawah potensi yang diestimasikan, dan terdapat disparitas produktivitas yang signifikan antar kabupaten/kota pesisir. Ketimpangan ini mencerminkan belum optimalnya pemanfaatan sumber daya laut serta kurangnya kebijakan spesifik wilayah yang mampu menjawab tantangan produksi secara lokal (R. Bussalam, 2024).

Berdasarkan data perikanan nasional, potensi tangkapan gabungan di Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 573 dan 712 di Jawa Barat mencapai lebih dari dua juta ton per tahun. Meski demikian, banyak daerah yang belum mampu mencapai performa optimal akibat perbedaan dalam volume hasil tangkapan, jumlah kapal, jumlah nelayan, harga jual ikan, serta jumlah rumah tangga perikanan (D. A. Kurniawan, 2024), (BPS, 2023). Wilayah yang memiliki infrastruktur terbatas atau nilai pasar yang rendah cenderung mengalami kesulitan dalam meningkatkan produksi dan daya saingnya..

Penelitian sebelumnya telah menggunakan teknik data mining seperti K-Means Clustering untuk mengklasifikasikan wilayah produksi perikanan berdasarkan karakteristik yang serupa. Metode pembelajaran tak terawasi ini terbukti efektif dalam mengidentifikasi kelompok produksi yang berbeda serta memberikan dasar bagi penyusunan rencana pengembangan strategis (al, 2023), (S. Gymnastiar, 2024). Namun, sebagian besar penelitian yang ada masih berfokus pada skala nasional atau provinsi, tanpa membahas secara rinci disparitas di tingkat sub-provinsi, khususnya antara wilayah pesisir utara dan selatan Jawa Barat.

Penelitian ini menggunakan algoritma K-Means Clustering untuk mengelompokkan kabupaten dan kota pesisir di Jawa Barat berdasarkan lima variabel utama, yaitu volume produksi ikan, jumlah kapal, jumlah nelayan laut, harga rata-rata per kilogram, dan jumlah rumah tangga perikanan. Tujuannya adalah membangun model segmentasi berbasis data yang mendukung penyusunan rekomendasi kebijakan secara terarah untuk meningkatkan produktivitas perikanan laut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menerapkan teknik pengelompokan data (clustering) (M. Matdoan, 2023) untuk menganalisis karakteristik produksi perikanan laut di kabupaten dan kota pesisir Provinsi Jawa Barat. Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup lima variabel, yaitu volume produksi ikan (ton), jumlah kapal laut (unit), jumlah nelayan laut (orang), harga rata-rata ikan (Rp/kg), dan jumlah rumah tangga perikanan. Kelima variabel tersebut dipilih karena dianggap mewakili kapasitas produksi serta nilai ekonomi dari sektor perikanan.Sebelum dilakukan analisis, data melalui proses pembersihan (data cleaning) untuk menangani nilai yang hilang (missing values) serta memastikan konsistensi antar variabel.

Pengumpulan data merupakan langkah awal untuk memahami suatu fenomena atau permasalahan dengan mengekstraksi informasi yang relevan dari berbagai sumber (Kumari, 2022). Dalam penelitian ini, data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari situs resmi Kementerian Kelautan dan Perikanan. Dataset yang digunakan terdiri atas 19 kolom dan 31 baris, yang mencakup berbagai variabel yang digunakan dalam proses clustering.

Data yang telah dikumpulkan dianalisis menggunakan algoritma K-Means Clustering. Analisis ini mencakup penentuan jumlah klaster (nilai K), perhitungan jarak antara setiap titik data ke pusat klaster (centroid) dengan rumus jarak seperti Euclidean distance, dan pengelompokan data berdasarkan jarak minimum. Proses ini dilakukan secara iteratif hingga klaster mencapai kondisi stabil (tidak ada lagi data yang berpindah klaster) (V. Winland, 2024).

$$d_{euclidean}(x,y) = \sqrt{\sum_{i-1}^{n} \quad (x_i - y_i)^2} \qquad (1)$$



Gambar 1. Flowchart Analisis K-Mean Clustering

1. Input Data

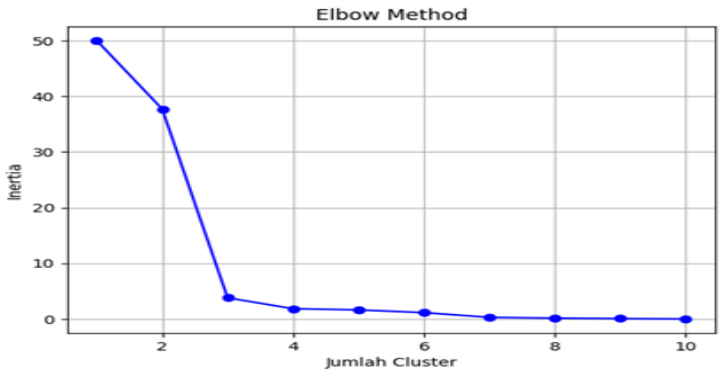
	Provinsi	Kab / Kota	Kelompok Ikan	Volume (ton)	Harga Rata-Rata Tertimbang (Rp/kg)	Tahun	Kelompok Ikan.1	Volume (ton).1	Harga Rata-Rata Tertimbang (Rp/kg).1	Tahun.1	...	jumlah kapal	jenis	tahun	Jumlah nelayan laut	tahun.1	Jumlah produksi ikan (ton)
	Jawa Barat	Cianjur	Tongkol	10.69	20000	2023	Tenggiri	1.74	40201	2023	...	962	laut	2023	1119	2023	16.29
	Jawa Barat	Garut	Tongkol	908.27	15000	2023	Tenggiri	195.83	48793	2023	...	1062	laut	2023	4833	2023	1104.10
	Jawa Barat	Indramayu	Tongkol	33804.70	20861	2023	Tenggiri	34881.54	48239	2023	...	4583	laut	2023	41656	2023	83221.03
	Jawa Barat	Karawang	Tongkol	360.53	23000	2023	Tenggiri	48.81	51318	2023	...	1332	laut	2023	500	2023	1218.62
	Jawa Barat	Kota Cirebon	Tongkol	7.74	29835	2023	Tenggiri	143.36	48594	2023	...	655	laut	2023	1564	2023	162.30
	Jawa Barat	Pangandaran	Tongkol	78.21	18541	2023	Tenggiri	103.17	53430	2023	...	1593	laut	2023	544	2023	181.38

Gambar 2. Dataset

Variabel yang diambil untuk pemodelan clustering k-means yaitu Harga Rata-Rata Tertimbang (Rp/kg), Jumlah produksi ikan, jumlah kapal, Jumlah nelayan laut, Rumah Tangga Perikanan dan Kabupaten / Kota.

2. Menentukan Nilai K (Jumlah Cluster)

Metode Elbow adalah teknik heuristik yang digunakan untuk menentukan jumlah klaster optimal (*optimal k*) dalam analisis clustering, terutama pada algoritma K-Means. Metode ini bekerja dengan memplot nilai Within-Cluster Sum of Squares (WCSS) terhadap berbagai nilai k. Titik pada grafik di mana penurunan WCSS mulai melambat dan membentuk sudut seperti "siku" atau *elbow* dipilih sebagai jumlah klaster yang optimal (H. Hartama, 2024).



Gambar 3. Metode Elbow

3. Menghitung Jarak Masing-Masing Cluster

Random state (atau seed) dalam Sklearn menentukan nilai awal untuk pemilihan centroid secara acak ketika menggunakan metode seperti init='random' atau init='k-means++'. Dengan menentukan nilai seed yang sama, hasil clustering menjadi reproduksi deterministik dan konsisten di setiap eksekusi (A. Deshpande, 2023).

```
[7]  kmeans = KMeans(n_clusters=3, random_state=42, n_init='auto')
     df['Cluster'] = kmeans.fit_predict(X_scaled)
```

Gambar 4. Random State

Kode K-Means Clustering yang digunakan dalam penelitian ini menetapkan jumlah klaster sebanyak tiga (n_clusters=3), berdasarkan hasil dari metode Elbow yang menunjukkan bahwa tiga klaster merupakan jumlah yang optimal untuk mengelompokkan data. Untuk menjaga konsistensi hasil klasterisasi dalam setiap eksekusi kode, nilai random_state diset ke 42 (H. Ahmed, 2022). Penentuan nilai ini memastikan bahwa proses inisialisasi centroid awal dilakukan secara deterministik,

sehingga hasil yang diperoleh bersifat reproducible. Selanjutnya, parameter n_init diatur ke 'auto', yang memungkinkan library *scikit-learn* (versi 1.2 ke atas) memilih jumlah inisialisasi centroid secara otomatis guna meningkatkan stabilitas hasil. Proses klasterisasi dilakukan melalui fungsi fit_predict(X_scaled), yang mengelompokkan data yang telah diskalakan dan menyimpan hasil klaster ke dalam kolom baru bernama 'Cluster'.

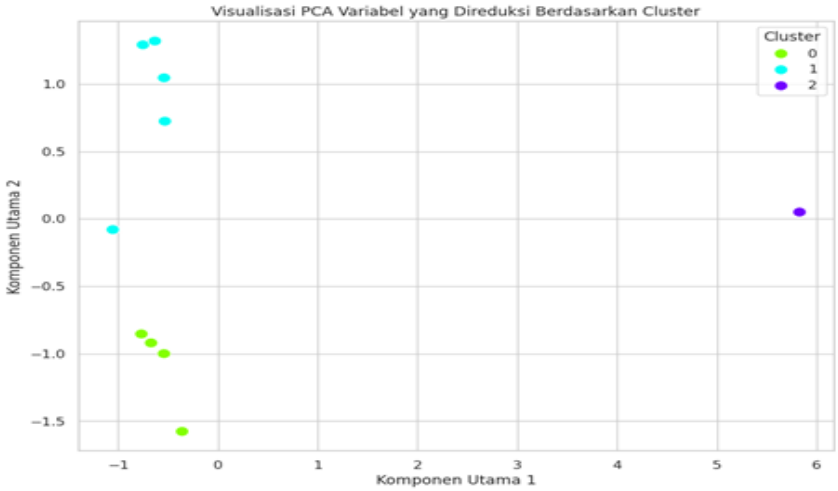
	Kab / Kota	Jumlah produksi ikan (ton)	jumlah kapal	Jumlah nelayan laut	Harga Rata-Rata Gabungan (Rp/kg)	Rumah Tangga Perikanan	Cluster
0	Cianjur	16.29	962	1119	22157.749540	2850	0
1	Garut	1104.10	1062	4833	20993.735341	1089	0
2	Indramayu	83221.03	4583	41656	30641.998917	33347	2
3	Karawang	1218.62	1332	500	15596.623968	5640	0
4	Kota Cirebon	162.30	655	1564	44740.053851	4164	1
5	Pangandaran	181.38	1593	544	38386.066325	1672	1
6	Subang	1194.94	965	3243	44641.254724	2293	1
7	Sukabumi	141.57	6	204	23863.412517	9103	0
8	Tasikmalaya	72.95	253	1670	30812.342975	943	1
9	Bekasi	139.80	1217	4022	41686.000000	1771	1

Gambar 5. Hasil Jarak

Pada gambar 5, Cluster 1 mencakup 5 kabupaten/kota yaitu Kota Cirebon, Pangandaran, Subang, Tasikmalaya dan Bekasi . Kemudian, Cluster 0 mencakup 4 wilayah yaitu Cianjur, Garut, Karawang dan Sukabumi. Cluster 2 mencangkup 1 wilayah yaitu Indramayu.

4. Kelompokan Objek Berdasarkan Jarak Minimum

   Visualisasi PCA (Principal Component Analysis) adalah cara untuk merepresentasikan data berdimensi tinggi ke dalam dua atau tiga dimensi utama agar lebih mudah dipahami secara visual. PCA adalah teknik reduksi dimensi yang mengubah variabel-variabel asli menjadi sekumpulan komponen utama yang saling ortogonal (tidak saling berkorelasi), di mana komponen pertama menangkap variabilitas data paling besar, diikuti oleh komponen kedua, dan seterusnya (S. Hamdy Abdel Latif, 2022).



Gambar 6. Visualisasi PCA

Visualisasi PCA pada gambar 6 menunjukkan pemetaan wilayah ke dalam tiga klaster utama. Klaster 2 (ungu) terpisah jauh, menandakan wilayah dengan produksi dan variabel pengaruh. Sementara itu, klaster 0 (hijau) dan klaster 1 (biru) berdekatan, mencerminkan karakteristik produksi dan variabel pengaruh yang lebih rendah dan menengah. Visualisasi ini menegaskan perbedaan tingkat potensi antar wilayah. Metode K-Means memungkinkan identifikasi pola tersembunyi dalam data multivariat, sehingga tiap klaster dapat merepresentasikan segmentasi wilayah dengan pendekatan yang lebih objektif dan berbasis data. Hal ini sangat membantu dalam perumusan kebijakan yang lebih terfokus dan efektif (Ayodele, 2024).

5. Ada Objek Berpindah

   Jika dalam hasil ada klaster yang berpindah maka analisis harus dilakukan ulang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Karakteristik Cluster

Variabel	Cluster 0	Cluster 1	Cluster 2
Jumlah Produksi Ikan (Ton)	16 – 1.219	73 – 1.195	83.221
Jumlah Kapal	6 – 1.332	253 – 1.593	4.583
Jumlah Nelayan Laut	204 – 4.833	544 – 4.022	41.656
Harga Rata-Rata Gabungan (Rp/kg)	15.597 – 23.863	30.812 – 44.740	30.642
Rumah Tangga Perikanan	1.089 – 9.103	943 – 4.164	33.347

Penjelasan:

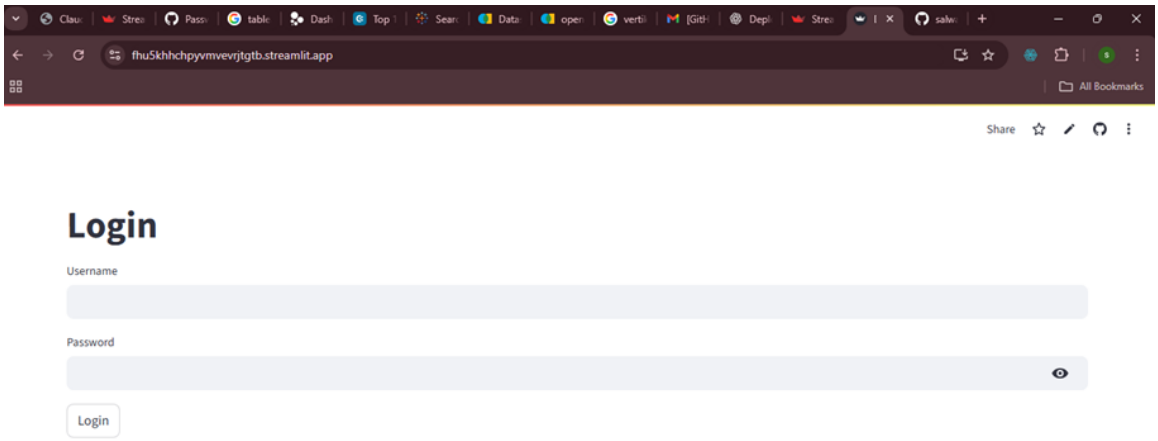
a. Cluster 0 menunjukkan wilayah-wilayah dengan volume produksi ikan yang relatif sedang. Harga jual ikan di wilayah ini tergolong rendah dibanding klaster lainnya. Aktivitas penangkapan tinggi, tetapi efisiensi perkapal atau nelayan tergolong rendah-menengah. Cluster 0 termasuk dalam kategori "Produksi Aktif Berkinerja Sedang", yaitu wilayah dengan aktivitas perikanan yang tinggi namun belum optimal dari sisi produktivitas dan nilai ekonomi.
b. Cluster 1 menunjukkan wilayah dengan harga jual ikan yang tinggi, namun volume produksinya tidak setinggi cluster 0. Jumlah kapal tergolong menengah, nelayan tergolong lebih rendah dan rumah tangga perikanan tergolong rendah dari cluster 0, namun efisiensi hasil tangkap per unit lebih baik. Kondisi ini mengindikasikan wilayah dengan jenis ikan bernilai tinggi dan sistem tangkap yang lebih efisien. Dengan demikian, Cluster 1 termasuk dalam kategori "Efisiensi Tinggi Berbasis Nilai", yaitu wilayah dengan potensi ekonomi kuat meskipun skala produksi tidak besar.
c. Cluster ini merupakan outlier karena semua nilai variabelnya sangat tinggi dan tetap, yang menunjukkan hanya satu wilayah dengan dominasi produksi yang sangat besar. Wilayah ini memiliki jumlah kapal, nelayan, rumah tangga perikanan, serta volume produksi yang jauh melampaui wilayah lain. Oleh karena itu, Cluster 2 dikategorikan sebagai "Klaster Dominan Produksi Ekstrem" atau "Outlier Positif", yaitu wilayah kunci yang secara signifikan berkontribusi terhadap total produksi provinsi dan perlu pengelolaan berkelanjutan.

Tabel 2. Perbandingan Pesisir Selatan dan Utara

Aspek	Zona Selatan	Zona Utara
Wilayah	Cianjur, Garut, Pangandaran, Sukabumi, Tasikmalaya	Karawang, Kota Cirebon, Subang, Bekasi, Indramayu
Cluster	Cluster 0 dan 1	Cluster 0, 1, dan 2
Rata-rata Produksi (ton)	303,26	14.626,04
Rata-rata Jumlah Kapal	775	3.683
Rata-rata Nelayan Laut	1.674	14.707
Rata-rata Rumah Tangga	3.131	11.034
Rata-rata Harga (Rp/kg)	Rp. 27.242	Rp. 34.441

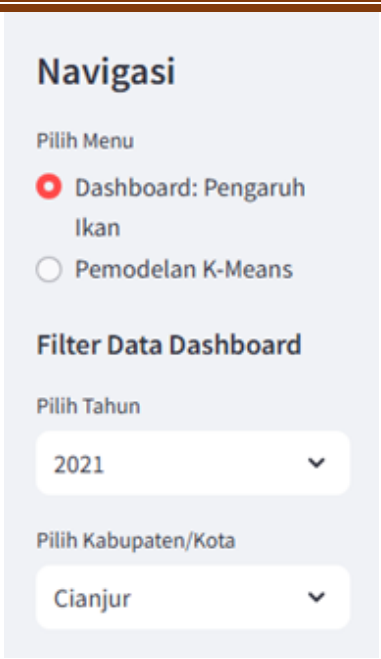
Analisis	Didominasi oleh perikanan tangkap skala kecil hingga menengah. Sarana tangkap dan pengolahan belum merata.	Didominasi oleh perikanan skala besar dan terorganisasi. Telah berkembang hingga sektor hilir dan distribusi.
Rekomendasi	Perlu dukungan dasar seperti alat tangkap, pelatihan, dan penguatan komunitas.	Fokus pada efisiensi industri, pengolahan, distribusi, dan perlindungan nelayan.

Proses analisis data dan perumusan rekomendasi diselesaikan sebagai bagian akhir dari prosedur penelitian dengan dashboard analisis agar pengguna bisa akses untuk rekomendasi di masing-masing wilayah.

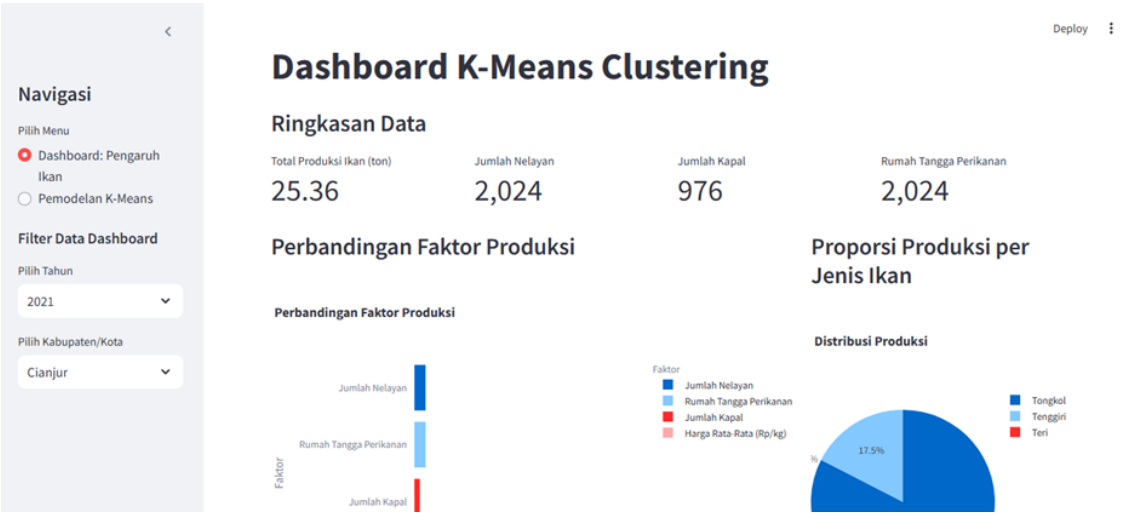


Gambar 7. Tampilan Awal Dashboard

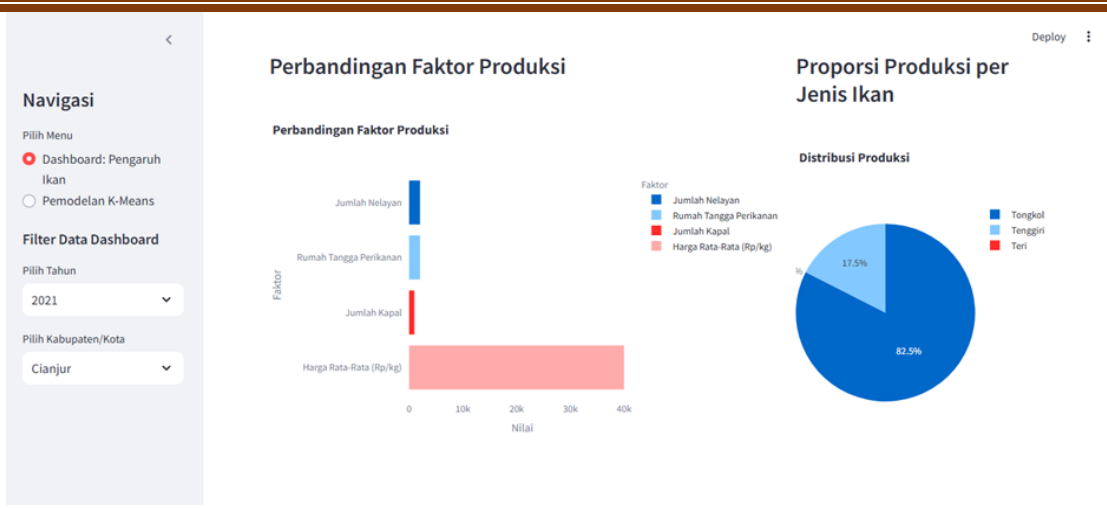
Pada tampilan awal dashboard, pengguna diminta untuk melakukan login terlebih dahulu. Sebagai contoh, pada halaman login ini dibuat akun dengan username: admin dan password: admin untuk dapat masuk ke dalam sistem.



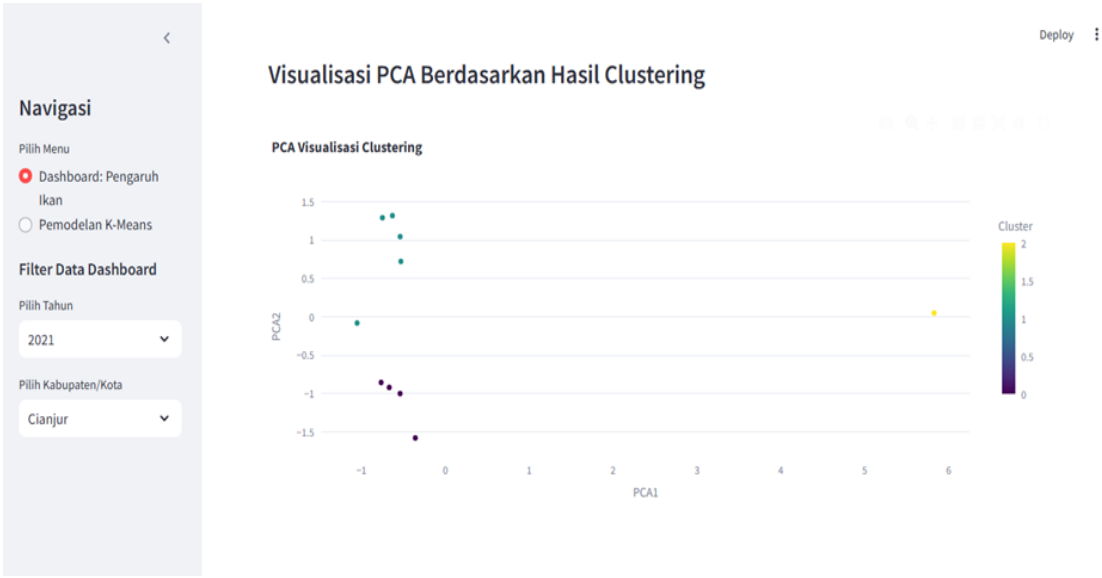
Gambar 8. Fitur Navigasi



Gambar 9. Tampilan Menu Dashboard



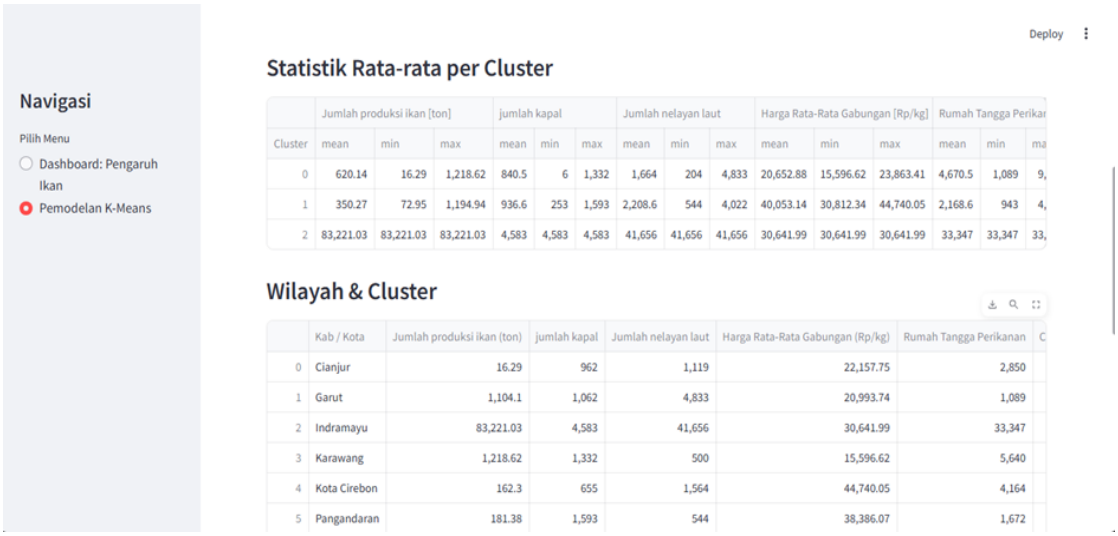
Gambar 10. Tampilan Menu Dashboard



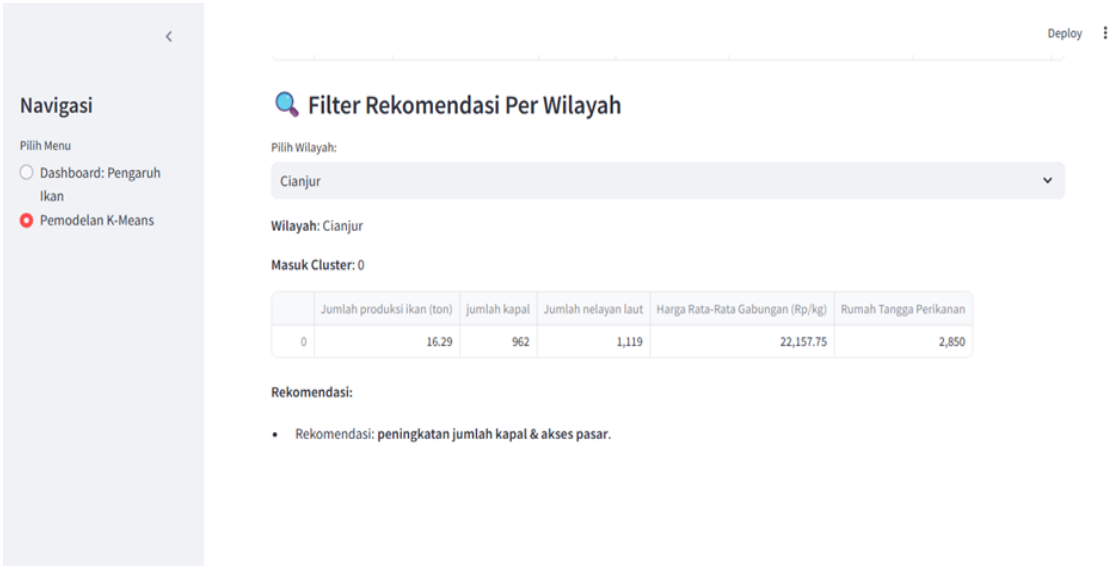
Gambar 11. Tampilan Menu Dashboard

Pada menu Dashboard di gambar 10 dan 11, ditampilkan berbagai visualisasi dari variabel-variabel dalam data, seperti big number, bar chart, dan pie chart. Visualisasi seperti big number, diagram batang (bar chart), dan diagram lingkaran (pie chart) digunakan dalam dashboard untuk menyajikan variabel-variabel penting secara jelas dan intuitif (W. Perkins, 2023). Big number menampilkan metrik agregat secara langsung, bar chart memudahkan perbandingan antarwilayah, dan pie chart memperlihatkan proporsi kontribusi masing-masing wilayah. Visualisasi ini dirancang agar pengguna dapat memahami informasi dengan

cepat dan mendukung proses pengambilan keputusan yang lebih tepat (Y. LI, 2024). Pengguna dapat memanfaatkan fitur filter berdasarkan tahun dan wilayah untuk menyesuaikan tampilan visualisasi tersebut sesuai kebutuhan analisis. Namun, filter tahun dan wilayah tidak berlaku untuk visualisasi K-Means Clustering. Hal ini dikarenakan hasil clustering didasarkan pada rata-rata nilai variabel selama tahun 2021 hingga 2023, sehingga bersifat agregat dan tidak terpengaruh oleh filter waktu maupun wilayah.



Gambar 12. Tampilan Menu Pemodelan K-Means



Gambar 13. Tampilan Menu Dashboard

Pada menu Pemodelan K-Means di gambar 12 dan 13, ditampilkan hasil pemodelan clustering terhadap data produksi ikan. Menu ini mencakup tampilan dataset, hasil klasterisasi pada masing-masing wilayah, serta rata-rata nilai variabel pada setiap klaster. Selain itu, tersedia juga fitur filtering rekomendasi yang memberikan saran peningkatan produksi ikan berdasarkan klaster yang terbentuk. Dengan demikian, pengguna dapat melihat karakteristik wilayah berdasarkan klaster dan menentukan strategi yang sesuai untuk peningkatan produksi.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil analisis K-Means terhadap data produksi ikan laut di kabupaten/kota pesisir Jawa Barat, wilayah-wilayah dikelompokkan menjadi tiga klaster yang merepresentasikan karakteristik berbeda dengan variabel Produksi Ikan, Jumlah Nelayan, Jumlah Kapal Laut, Harga Rata-Rata (Kg/Rp) dan Rumah Tangga Perikanan.

Cluster 0 mencangkup wilayah-wilayah Cianjur, Garut, Karawang, dan Kota Cirebon, menunjukkan aktivitas perikanan yang cukup tinggi namun belum disertai dengan efisiensi penangkapan yang optimal. Oleh karena itu, diperlukan pelatihan peningkatan keterampilan nelayan, modernisasi alat tangkap, serta penguatan akses pasar dan manajemen usaha perikanan agar produktivitas dan nilai ekonomi wilayah ini dapat ditingkatkan secara berkelanjutan.

Cluster 1 mencangkup wilayah-wilayah Kabupaten Pangandaran, Subang, Sukabumi, dan Bekasi, menunjukkan karakteristik efisiensi penangkapan ikan yang relatif tinggi serta nilai jual hasil tangkapan yang unggul. Oleh karena itu, strategi pengembangan yang tepat untuk klaster ini adalah dengan memperkuat komoditas unggulan bernilai tinggi, melakukan diversifikasi produk hasil perikanan, serta mendorong pemanfaatan teknologi pascapanen dan perluasan akses pasar.

Cluster 2 hanya terdiri dari satu wilayah yaitu Indramayu yang menjadi outlier positif dengan dominasi produksi yang sangat besar dibanding wilayah lain. Oleh karena itu, wilayah ini membutuhkan kebijakan yang berorientasi pada pengelolaan perikanan yang berkelanjutan, termasuk pengendalian kapasitas tangkap, investasi pada infrastruktur rantai dingin, serta efisiensi logistik distribusi hasil laut agar daya saing dan keberlanjutan sektor

REFERENSI

Ayodele, E. (2024). Through unsupervised learning, K means reveals hidden patterns in customer data, enabling personalized communications. *Int. J. Creative Research Thoughts, 12*(7).

Abadi, M. (2016). *TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems*. Retrieved from http://arxiv.org/abs/1603.04467

al, A. M. (2023). K-Means Clustering Algorithm: A Comprehensive Review, Variants, and Developments in the Big Data Era. *Information Sciences, 662*, 178-210.

A. Deshpande, R. P. (2023, Sep). *Improved Outlier Robust Seeding for k-means*. Retrieved from arXiv preprint arXiv.

BPS. (2023). *Statistical Terminology – 2023 Agricultural Census: Marine Fisheries Households*. Retrieved from Badan Pusat Statistik: https://sensus.bps.go.id

Collobert, R., & Weston, J. (2008). A unified architecture for natural language processing: Deep neural networks with multitask learning. *Proc. 25th Int. Conf. Mach. Learn.*, (pp. 160-167).

Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2018, October). *BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding.* Retrieved from http://arxiv.org/abs/1810.04805

D. A. Kurniawan, E. S. (2024). Mapping competitiveness of the marine capture fishery sub-sector in West Java Province. *Marine and Aquaculture Research Media, 19*(1), 1-12.

Graves, A. (2013). *Generating Sequences With Recurrent Neural Networks*. Retrieved from http://arxiv.org/abs/1308.0850

H. Hartama, T. S. (2024). Clustering Wilayah Rawan Bencana Alam Menggunakan K-Means dan K-Medoids dengan Evaluasi Elbow, DBI dan Silhouette. *Jurnal Bina Informatika, 11*(1), 15-22.

H. Ahmed, M. D. (2022). Managing Randomness to Enable Reproducible Machine Learning Experiments. *International Journal of Experimental Machine Learning, 14*(3), 45-60.

Jurafsky, J. H., & Daniel. (2017). *Speech and Language Processing.* Ghost Danc. doi:10.2307/j.ctt1djmg7w.13.

Kim, Y. (2014). Convolutional neural networks for sentence classification. *Conf. Empir. Methods Nat. Lang. Process. Proc. Conc* (pp. 1746-1751). EMNLP. doi:10.3115/v1/d14-1181

Kingma, D. P., & Ba, J. L. (2015). Adam: A method for stochastic optimization. *3rd Int. Conf. Learn. Represent. ICLR 2015 - Conf. Track Proc.* ICLR.

Kumari, A. (2022). A Review of Research Process: Data Collection and Analysis. *Galaxy International Interdiscriplinary Research Journal, 10*(5), 771-780.

Liu, B., & Lane, I. (2016). Attention-based recurrent neural network models for joint intent detection and slot filling. *Proc. Annu. Conf. Int. Speech Commun. Assoc.* (pp. 685-689). INTERSPEECH. doi:10.21437/Interspeech.2016-135

M. Matdoan, M. W. (2023). Application of the K-Means Algorithm for Clustering Production of Capture Fisheries in Maluku Province. *Pattimura Journal of Mathematics, 12*(1), 41-50.

Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013, January). *Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space.* Retrieved from http://arxiv.org/abs/1301.3781

N., A. Y., C. P. Richard Socher, A. P., & Manning, C. D. (2004). Recursive Deep Models for Semantic Compositionality Over a Sentiment Treebank Richard. *Empir. Methods Nat. Lang. Process.*, 1631-1642.

R. Bussalam, J. (2024). Analysis of the distribution of marine capture fishery production potential in West Java Province. *Journal of Marine and Fisheries of Sulawesi, 8*(1), 1-10.

Sahu, A., Pandey, S., Aarwal, M., & Chauhan, S. (2023). Offline Virtual Chat Bot by Using Natural Language Processing. *SSRN Electron*. doi:10.2139/ssrn.4386503

S. Hamdy Abdel Latif, A. S. (2022). Principal component analysis as tool for data reduction with an application. *EUREKA: Physics and Engineering*(5), 184-198.

V. Winland, E. K. (2024, Jun). *What is K-Means Clustering?* Retrieved from IBM Think.

W. Perkins, V. B. (2023, Juli). *The Power of Big Aggregate Numbers*. Retrieved from DataVis Community Blog.

Y. B, I. G., & Aaron, C. (2016). *Deep Learning*. Retrieved from www.deeplearningbook.org

Y. LI, E. B. (2024, okt). *Does the Infamous Pie Chart Really Hurt Decision-Making in the Real World? Assessing the Role of Visualization in High Level Academic Decisions*. Retrieved from arXiv Preprint.

Development of Native Android-based Attendance Application using MVVM Architecture

Abdul Aziz [1)*], Sulistyo Puspitodjati [2)]

[1)2)]Program Studi Magister Teknologi Informasi, STMIK Jakarta STI&K
[*)]**Correspondence author**: abdulazizaza03@gmail.com, Kuningan, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3507

Abstract

WebView-based attendance application in government agencies experiences performance issues (startup time 2.33 seconds, memory 186 MB, success rate 82%) and weak verification. Previous research on face recognition still used monolithic architecture (verification time 5-7 seconds) and location validation only with fixed radius without distinguishing WFO/WFA scenarios. This study aims to develop the application to Android Native with MVVM, integrate client-server face recognition and Haversine for WFO/WFA, and measure performance improvement. The method uses the Waterfall model with one group pretest-posttest design. Testing of 7 metrics with 30 samples per metric using ADB, Logcat, and observation, as well as paired t-test (α=0.05). MVVM implementation was successful (UI conformity 98.4%, layer separation 100%). Client-side face detection achieved 91.7% accuracy with 1.7 seconds (64-74% faster). Client-server communication was efficient (compression 92.2%, total verification 1.81 seconds). Server verification achieved 96% accuracy with 100% specificity. Haversine validation achieved 0.21 m error (first data). Significant performance improvement (p<0.001): startup decreased by 33.5% (2.33→1.55 sec), login decreased by 48.0% (2.50→1.30 sec), attendance decreased by 23.3% (3.60→2.76 sec), memory decreased by 27.9% (186→134 MB), success rate increased to 94% (from 82%). The development of the application to Android Native with MVVM, integration of client-server face recognition (1.81 sec, 96%), and Haversine validation (0.21 m) succeeded in improving the performance and reliability of the attendance application significantly and measurably, as well as answering the five research gaps.

Keywords: *Attendance, Android Native, MVVM, Face Recognition, Haversine*

Abstrak

Aplikasi presensi berbasis WebView pada instansi pemerintah mengalami kendala performa (waktu startup 2,33 detik, memori 186 MB, keberhasilan 82%) dan verifikasi lemah. Penelitian sebelumnya tentang *face recognition* masih menggunakan arsitektur monolitik (waktu verifikasi 5-7 dtk) dan validasi lokasi hanya radius tetap tanpa membedakan WFO/WFA. Penelitian ini bertujuan pengembangan aplikasi ke Android *Native* dengan MVVM, mengintegrasikan *face recognition client-server* dan Haversine untuk WFO/WFA, serta mengukur peningkatan performa. Metode menggunakan model *Waterfall* dengan desain *one group pretest-posttest*. Pengujian 7 metrik dengan 30 sampel per metrik menggunakan ADB, *Logcat*, dan observasi, serta uji *paired t-test* (α=0,05). Implementasi MVVM berhasil (kesesuaian UI 98,4%, pemisahan layer 100%). Deteksi wajah di *client* akurasi 91,7% dengan waktu 1,7 dtk (64-74% lebih cepat). Komunikasi *client-server* efisien (kompresi 92,2%, total verifikasi 1,81 dtk). Verifikasi server akurasi 96% dengan spesifisitas 100%. Validasi Haversine error 0,21 m (data pertama). Peningkatan performa signifikan (p<0,001), startup turun 33,5% (2,33→1,55 dtk), login turun 48,0% (2,50→1,30 dtk), presensi turun 23,3% (3,60→2,76 dtk), memori turun 27,9% (186→134 MB), keberhasilan naik menjadi 94% (dari 82%). Pengembangan aplikasi ke Android *Native* dengan MVVM, integrasi *face recognition client-server* (1,81 dtk, 96%), dan validasi Haversine (0,21 m) berhasil meningkatkan performa dan keandalan aplikasi presensi secara signifikan dan terukur, serta menjawab kelima *research gap*.

Kata Kunci: Presensi, Android Native, MVVM, Face Recognition, Haversine

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dalam birokrasi pemerintahan mendorong transformasi digital, termasuk dalam sistem presensi pegawai. Sistem presensi digital berperan strategis dalam memantau kedisiplinan, mengukur kinerja, serta menjadi dasar perhitungan tunjangan dan evaluasi kehadiran (Ismawaty & Bonggasau, 2025). Oleh karena itu, sistem yang digunakan harus memiliki tingkat keandalan, akurasi, keamanan, dan stabilitas yang tinggi.

Instansi tempat penelitian ini telah mengimplementasikan aplikasi presensi berbasis WebView pada platform Android. Namun, berdasarkan audit sistem eksisting ditemukan kendala signifikan yaitu waktu startup mencapai 2,33 detik (puncak 5,30 detik), konsumsi memori rata-rata 186 MB (puncak 212 MB) yang menyebabkan crash pada perangkat kelas menengah, tingkat keberhasilan pengambilan foto hanya 82%, error GPS 10-15 meter, verifikasi identitas lemah, dan sistem belum mampu membedakan skenario Work From Office (WFO) dan Work From Anywhere (WFA).

Permasalahan tersebut menunjukkan keterbatasan pendekatan WebView. Penelitian Kaczmarczyk, Zając, dan Zabierowski (2022) membuktikan aplikasi Native 30% lebih cepat dalam startup dan 25% lebih hemat memori dibandingkan hybrid. Rua dan Saraiva (2024) juga menegaskan bahwa pemilihan platform sangat mempengaruhi performa runtime dan konsumsi memori. Di sisi lain, kebijakan WFO dan WFA menuntut validasi lokasi yang akurat. Algoritma Haversine terbukti efektif untuk menghitung jarak antar koordinat geografis (Prasetyo & Zaky, 2024), namun penelitian sebelumnya (Fauzan, Nasution, & Haramaini, 2025; Assegaf et al., 2024) masih menggunakan radius tetap dan belum mengakomodasi WFA. Dari aspek keamanan, face recognition menawarkan solusi biometrik (Surantha & Sugijakko, 2024; Nguyen-Tat, Bui, & Ngo, 2024), tetapi penelitian sebelumnya (Novianti & Priyangan, 2024; Khair et al., 2024; Assegaf et al., 2024) masih menggunakan arsitektur monolitik yang berisiko dan lambat (5-7 detik). Ghani et al. (2024) menekankan pentingnya arsitektur aman untuk data biometrik. Terkait arsitektur perangkat lunak, MVVM terbukti paling sesuai untuk Android modern dalam hal maintainability dan efisiensi memori (Marinin, 2024; Pradana et al., 2025; Arfianto & Prapanca, 2024), namun belum diterapkan pada domain aplikasi presensi.

Berdasarkan identifikasi tersebut, terdapat lima kesenjangan penelitian diantaranya integrasi komponen masih terpisah, face recognition masih monolitik, belum ada studi komparatif pada domain presensi, belum ada data kuantitatif dengan uji statistik, dan validasi lokasi belum mengakomodasi WFO/WFA secara bersamaan.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan aplikasi presensi dari WebView menjadi Android Native dengan arsitektur MVVM, mengintegrasikan validasi lokasi Haversine untuk mendukung WFO/WFA dan verifikasi wajah berbasis client-server, serta mengukur secara kuantitatif peningkatan performa (waktu startup, login, submit presensi, konsumsi memori, tingkat keberhasilan) dan membuktikan signifikansi statistiknya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model pengembangan Waterfall (Saravanos & Curinga, 2023). Pendekatan R&D dipilih karena tujuan akhir penelitian adalah menghasilkan produk aplikasi yang teruji performanya. Model Waterfall dipilih karena karakteristik proyek yang bersifat re-engineering dengan spesifikasi yang telah terdefinisi jelas dari sistem eksisting. Desain penelitian yang digunakan adalah one group pretest-posttest ($O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2$), di mana O_1 adalah pengukuran performa aplikasi WebView eksisting, X adalah pengembangan ke Android Native dengan MVVM, dan O_2 adalah pengukuran performa aplikasi Native pada metrik yang sama.

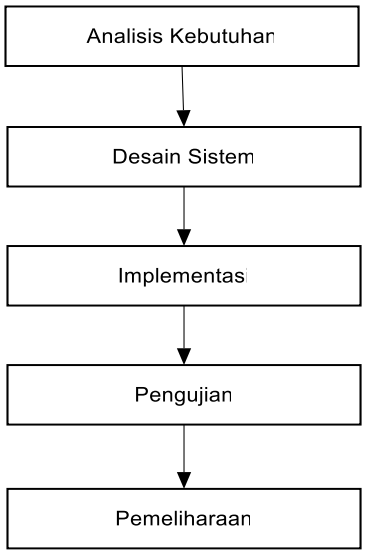
Tabel 1. Justifikasi Pemilihan Metode Penelitian

Pertimbangan	Justifikasi
Tujuan penelitian	Menghasilkan produk (aplikasi) dan menguji efektivitasnya
Karakteristik proyek	Pengembangan dengan spesifikasi jelas dari sistem eksisting
Kebutuhan stabil	Fitur telah terdefinisi dari aplikasi WebView yang sudah berjalan
Dokumentasi formal	Institusi memerlukan dokumentasi terstruktur untuk pemeliharaan

Penelitian dilakukan di sebuah instansi pemerintah (nama disamarkan) pada periode September 2025 hingga Februari 2026. Populasi adalah seluruh sesi penggunaan aplikasi presensi di instansi tersebut. Sampel diambil sebanyak 30 kali pengulangan untuk setiap metrik waktu dan konsumsi memori, serta 100 kali untuk tingkat keberhasilan presensi. Teknik sampling yang digunakan adalah purposive sampling dengan kriteria: (a) perangkat

uji kelas menengah (POCO C75, Android 14, RAM 16 GB) yang mewakili perangkat umum pegawai; (b) kondisi pengujian mencakup variasi jarak (8-60 cm), pencahayaan (>300 lux dan <50 lux), dan kualitas jaringan (WiFi dan 3G); (c) setiap skenario diuji dengan jumlah sampel yang telah ditentukan.

Penelitian ini menggunakan model pengembangan Waterfall yang terdiri dari lima tahapan berurutan yaitu Analisis Kebutuhan, Desain Sistem, Implementasi, Pengujian, dan Pemeliharaan.



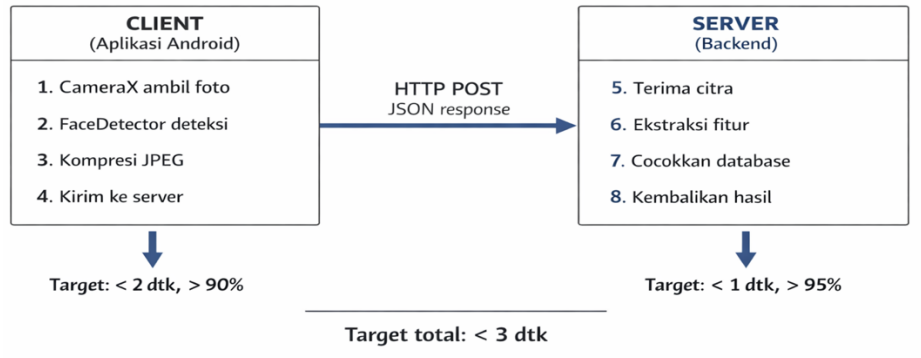
Gambar 1. Metode Waterfall

Berdasarkan Gambar 1, model Waterfall dengan lima tahapan berurutan. Setiap tahapan harus diselesaikan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya.

Berdasarkan audit aplikasi WebView eksisting, teridentifikasi permasalahan diantaranya waktu startup 2,33 detik, konsumsi memori 186 MB, tingkat keberhasilan foto 82%, error GPS 10-15 meter, verifikasi identitas lemah dan belum ada pembedaan WFO/WFA. Hasil analisis menghasilkan 11 kebutuhan fungsional dan 16 kebutuhan non-fungsional (target waktu startup <1,6 detik, login <1,4 detik, presensi <2,8 detik, memori <140 MB, akurasi verifikasi >95%, spesifisitas 100%).

Arsitektur MVVM dirancang dengan pemisahan layer View, ViewModel, dan Repository. Untuk verifikasi wajah, diterapkan arsitektur *client-server* di mana client bertanggung jawab atas akuisisi citra (CameraX), deteksi awal (FaceDetector native), dan

kompresi, sementara server bertanggung jawab atas ekstraksi fitur dan pencocokan database. Validasi lokasi menggunakan algoritma Haversine untuk membedakan skenario WFO (radius 30 meter) dan WFA (pencatatan lokasi tanpa penolakan).



Gambar 2. Desain Arsitektur Client-Server Face Recognition

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan pembagian tugas antara client dan server. Client melakukan akuisisi citra, deteksi awal, kompresi, dan pengiriman. Server melakukan ekstraksi fitur, pencocokan database, dan pengembalian hasil verifikasi (target total <3 detik).



Gambar 3. Desain Alur Validasi WFO/WFA

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan alur validasi lokasi. Pada skenario WFO, jarak dihitung dengan Haversine dan dibandingkan dengan radius 30 meter. Jika jarak ≤ 30 meter, presensi diizinkan. Pada skenario WFA, lokasi dicatat sebagai *audit trail* tanpa

mempengaruhi keputusan presensi.

Aplikasi dikembangkan menggunakan Java, Android Studio Dolphin, dengan library CameraX (1.4.0), Retrofit (2.9.0), LiveData, ViewModel, Hilt (2.48), dan FusedLocationProvider. Minimum SDK API 24 (Android 7.0), target SDK API 34 (Android 14).

Pengujian dilakukan dengan desain *one group pretest-posttest* meliputi pengujian fungsional (12 skenario × 10 kali), deteksi wajah (60 sampel dengan variasi jarak dan pencahayaan), komunikasi client-server (50 sampel), verifikasi wajah (100 sampel), validasi lokasi (9 titik koordinat), serta pengujian kinerja (30 sampel per metrik untuk waktu dan memori, 100 sampel untuk tingkat keberhasilan).

Terdapat 17 variabel yang diukur, meliputi metrik waktu (startup, login, submit presensi, deteksi wajah, waktu kirim, waktu proses server, total verifikasi), metrik persentase (tingkat keberhasilan presensi, akurasi deteksi wajah, efisiensi kompresi, akurasi verifikasi, spesifisitas, kesesuaian UI, pemisahan layer MVVM), serta metrik konsumsi memori dan akurasi lokasi. Target yang ditetapkan adalah waktu startup <1,6 detik, waktu login <1,4 detik, waktu presensi <2,8 detik, konsumsi memori <140 MB, akurasi verifikasi >95%, spesifisitas 100%, error lokasi <5 meter, dan total waktu verifikasi <3 detik.

Instrumen yang digunakan meliputi perangkat uji POCO C75, Android Studio Dolphin, ADB (pengukuran waktu startup dan memori), Logcat (waktu login, presensi, kompresi), Network Throttling (simulasi 3G), lux meter, Google Maps (validasi Haversine), log server, dan lembar observasi. Data dikumpulkan melalui pengukuran langsung pada aplikasi WebView dan Native menggunakan instrumen tersebut.

Analisis data menggunakan statistik deskriptif (rata-rata, standar deviasi, minimum, maksimum). Peningkatan performa dihitung dengan rumus ((Nilai WebView - Nilai Native) / Nilai WebView) × 100%. Uji t berpasangan (*paired t-test*) dilakukan dengan $\alpha = 0,05$ (df = 29, t-tabel = 2,045) untuk membuktikan signifikansi statistik.

Pengecekan keabsahan hasil dilakukan melalui tiga langkah: (1) triangulasi metode dengan membandingkan hasil ADB, Logcat, dan observasi; (2) pengulangan pengukuran (30 kali per metrik) untuk memastikan konsistensi; (3) uji statistik ($p < 0,05$) untuk memastikan peningkatan tidak terjadi secara kebetulan. Seluruh instrumen telah divalidasi melalui *pilot*

test pada 5 sampel awal.

Aspek etika yang diterapkan meliputi kerahasiaan data (nama instansi dan pegawai disamarkan), izin penelitian dari instansi terkait, orisinalitas karya, serta keamanan data biometrik (data wajah hanya disimpan di server).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Implementasi Arsitektur MVVM

Implementasi arsitektur MVVM pada aplikasi Native berhasil dilakukan. Berdasarkan verifikasi kode sumber, pemisahan layer MVVM tercapai 100%: View tidak mengandung logika bisnis, ViewModel mengakses API melalui Repository, Repository bertindak sebagai *single source of truth*, dan LiveData digunakan untuk komunikasi View-ViewModel. Kesesuaian antarmuka pengguna terhadap mockup Figma mencapai 98,4% (62 dari 63 elemen sesuai), melampaui target >95%. Keberhasilan ini membuktikan bahwa Gap 1 (integrasi teknologi) telah terjawab.

Hasil Pengujian Fungsional dan Deteksi Wajah

Pengujian fungsional pada 12 skenario dengan masing-masing 10 kali pengulangan (total 120 pengujian) menunjukkan tingkat keberhasilan 100% tanpa ditemukan *defect*. Seluruh skenario yang diuji meliputi deteksi wajah (sukses, gagal 0 wajah, gagal >1 wajah), verifikasi (sukses dan gagal), validasi WFO (dalam dan luar radius), validasi WFA, pengiriman data presensi, konfirmasi popup, riwayat presensi, dan logout.

Pengujian deteksi wajah dilakukan pada 60 sampel dengan variasi jarak (8-60 cm) dan pencahayaan (>300 lux dan <50 lux). Tingkat keberhasilan deteksi mencapai 91,7% (55 dari 60) dengan waktu rata-rata 1,7 detik (standar deviasi 0,28), memenuhi target >90% dan <2 detik. Hasil ini 64-74% lebih cepat dibandingkan penelitian Assegaf et al. (2024) yang menggunakan arsitektur monolitik dengan OpenCV (waktu verifikasi 5-7 detik). Perbedaan ini disebabkan oleh penggunaan android.media.FaceDetector (API native) yang lebih ringan dan terintegrasi langsung dengan hardware kamera, tanpa memerlukan pustaka eksternal seperti OpenCV.

Hasil Pengujian Komunikasi Client-Server dan Verifikasi Wajah

Pengujian komunikasi client-server pada 50 sampel menunjukkan efisiensi kompresi mencapai 92,2% (dari 2,4 MB menjadi 187 KB, target >90%), waktu kompresi 0,32 detik (<0,5 dtk), waktu pengiriman (WiFi) 0,48 detik (<0,8 dtk), waktu pengiriman (3G) 1,25 detik (<1,5 dtk), dan waktu proses server 0,76 detik (<1 dtk). Total waktu verifikasi end-to-end mencapai 1,81 detik, jauh di bawah target 3 detik.

Pengujian verifikasi wajah pada 100 sampel (50 kondisi cahaya baik, 30 cahaya kurang, 20 false positive test) menghasilkan: akurasi kondisi cahaya baik 98% (>97%), kondisi cahaya kurang 90% (>90%), dan spesifisitas (tidak terdaftar) 100%. Akurasi total mencapai 96%, melampaui target >95%. Hasil ini membuktikan bahwa arsitektur client-server lebih unggul dibandingkan arsitektur monolitik (Assegaf et al., 2024; Novianti & Priyangan, 2024; Khair et al., 2024) dalam hal kecepatan (64-74% lebih cepat), keamanan (data biometrik tersimpan di server), dan kemudahan pembaruan algoritma (tanpa update aplikasi).

Hasil Pengujian Validasi Lokasi Haversine

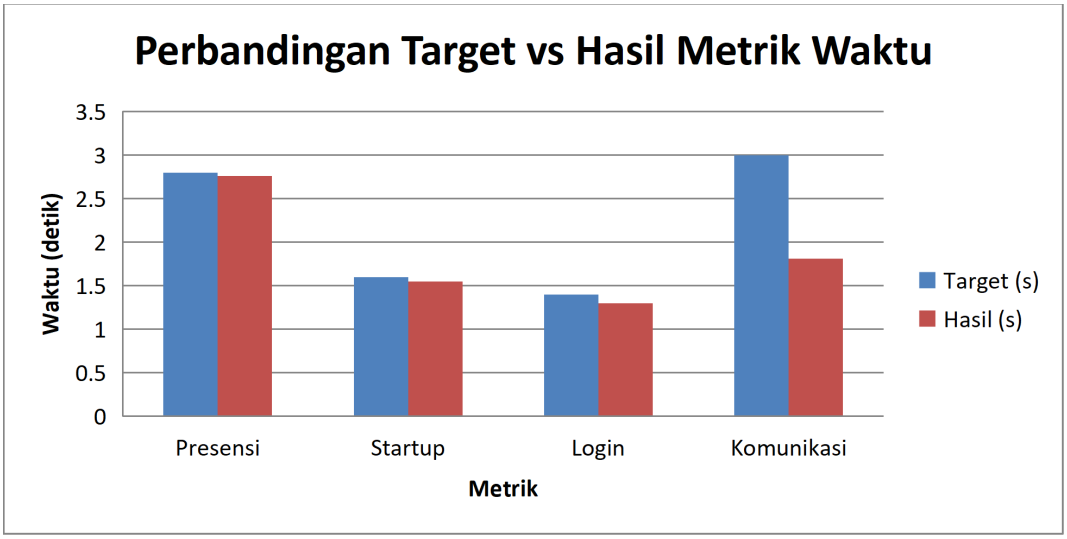
Pengujian algoritma Haversine pada 9 titik koordinat dengan rentang jarak 2-55 meter menghasilkan rata-rata error absolut 0,21 meter dan error persentase rata-rata 2,53%. Hasil ini jauh di bawah target <5 meter dan merupakan data kuantitatif error Haversine pertama untuk aplikasi presensi. Penelitian sebelumnya (Prasetyo & Zaky, 2024; Fauzan, Nasution, & Haramaini, 2025; Assegaf et al., 2024) hanya menguji aspek fungsional tanpa menyediakan data error kuantitatif. Akurasi ini cukup untuk membedakan pegawai yang berada di dalam radius kantor (30 meter) dari yang berada di luar.

Hasil Pengujian Kinerja

Tabel 2. Ringkasan Peningkatan Kinerja

Metrik	WebView	Native	Peningkatan	Target	Status
Waktu startup (dtk)	2,33	1,55	**33,5%**	>30%	✓
Waktu login (dtk)	2,50	1,30	**48,0%**	>40%	✓
Waktu submit presensi (dtk)	3,60	2,76	**23,3%**	>20%	✓
Konsumsi memori (MB)	186,43	134,45	**27,9%**	>25%	✓
Tingkat keberhasilan (%)	82%	94%	**+12%**	>90%	✓

Seluruh target peningkatan yang ditetapkan tercapai. Peningkatan waktu startup (33,5%) melampaui temuan Kaczmarczyk, Zając, dan Zabierowski (2022) yang hanya 30%, dan peningkatan efisiensi memori (27,9%) juga melampaui 25%. Keunggulan tambahan ini dikontribusikan oleh penerapan MVVM yang terbukti lebih efisien dibandingkan arsitektur lain (Pradana et al., 2025; Arfianto & Prapanca, 2024). Tingkat keberhasilan presensi meningkat dari 82% menjadi 94%, terutama karena perbaikan akses kamera (direct melalui CameraX) dan akurasi GPS yang lebih stabil pada platform native.



Gambar 4. Perbandingan Kinerja WebView vs Native

Berdasarkan Gambar 4 menyajikan grafik batang perbandingan performa antara aplikasi WebView (biru) dan Native (merah) untuk lima metrik utama. Native menunjukkan kinerja yang lebih baik pada semua metrik yaitu waktu startup 33,5% lebih cepat, waktu login 48,0% lebih cepat, waktu presensi 23,3% lebih cepat, konsumsi memori 27,9% lebih hemat, dan tingkat keberhasilan 12% lebih tinggi.

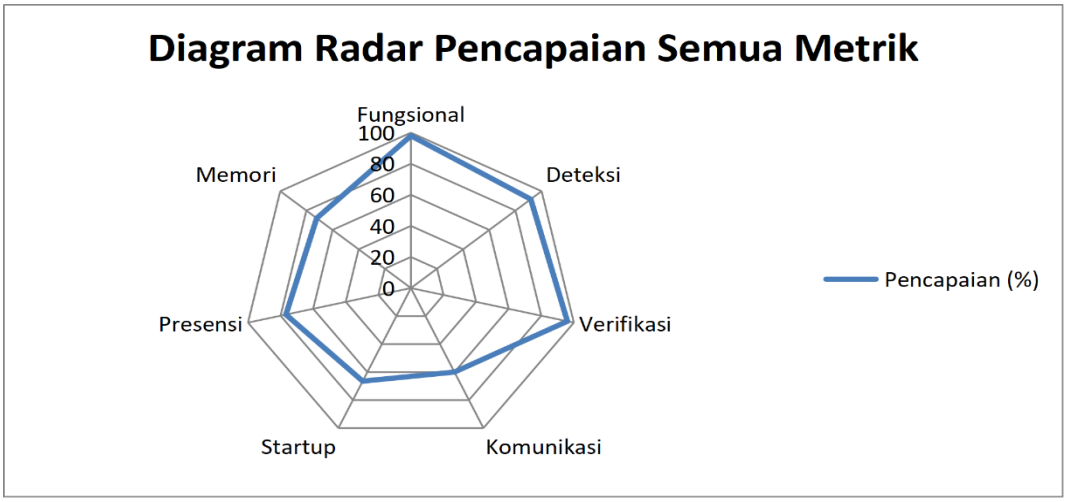
Hasil Uji Signifikansi

Uji t berpasangan (*paired t-test*) dengan $\alpha = 0,05$ (df = 29, t-tabel = 2,045) dilakukan untuk membuktikan bahwa peningkatan performa signifikan secara statistik.

Tabel 3. Hasil Uji Signifikansi

Metrik	Rata-rata WebView	Rata-rata Native	t-hitung	p-value	Kesimpulan
Waktu startup	2,33	1,55	7,36	<0,001	Signifikan
Waktu login	2,50	1,30	386,5	<0,001	Signifikan
Waktu presensi	3,60	2,76	148,4	<0,001	Signifikan
Konsumsi memori	186,43	134,45	28,9	<0,001	Signifikan

Seluruh metrik memiliki p-value < 0,001, yang berarti probabilitas peningkatan terjadi secara kebetulan kurang dari 0,1%. Dengan demikian, H_0 ditolak dan H_1 diterima: ada perbedaan signifikan antara performa aplikasi WebView dan Native.



Gambar 5. Diagram Radar Pencapaian Target

Penjelasan Gambar 5 menyajikan diagram radar yang menunjukkan pencapaian seluruh target yang telah ditetapkan. Garis biru menunjukkan target, garis merah menunjukkan hasil yang dicapai. Seluruh hasil berada di atas atau melampaui target yang ditetapkan.

Pembahasan

Peningkatan Kinerja

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengembangan dari WebView ke Android Native dengan arsitektur MVVM berhasil meningkatkan seluruh metrik kinerja secara signifikan. Tiga faktor utama berkontribusi terhadap peningkatan ini. Pertama, Android native mengakses kamera, GPS, dan penyimpanan secara langsung tanpa perantara WebView, mengurangi overhead rendering dan parsing JavaScript. Kedua, arsitektur

MVVM memisahkan UI dari logika bisnis, mencegah kebocoran memori dan memungkinkan data binding secara efisien, sejalan dengan temuan Pradana et al. (2025) dan Arfianto & Prapanca (2024). Ketiga, integrasi Haversine dan face recognition client-server menghilangkan bottleneck komputasi lokal dan meningkatkan akurasi validasi.

Arsitektur Client-Server untuk Face Recognition

Total waktu verifikasi 1,81 detik membuktikan bahwa arsitektur client-server dengan pembagian tugas yang jelas lebih efisien daripada arsitektur monolitik. Client hanya melakukan deteksi ringan dengan android.media.FaceDetector (1,7 dtk), sementara komputasi berat (ekstraksi fitur dan pencocokan) dilakukan di server (0,76 dtk). Akurasi 96% dan spesifisitas 100% menunjukkan sistem ini aman dan andal, serta mengatasi kelemahan penelitian sebelumnya (Assegaf et al., 2024; Novianti & Priyangan, 2024; Khair et al., 2024) yang menyimpan data biometrik di perangkat client.

Validasi Lokasi Haversine

Error rata-rata 0,21 meter membuktikan bahwa algoritma Haversine sangat akurat untuk validasi lokasi dalam radius lokal (puluhan meter). Penelitian ini menyediakan data kuantitatif error Haversine pertama untuk aplikasi presensi, melampaui penelitian sebelumnya (Prasetyo & Zaky, 2024; Fauzan et al., 2025; Assegaf et al., 2024) yang hanya menguji aspek fungsional. Dengan error <0,5 meter, sistem mampu membedakan secara akurat pegawai yang berada di dalam radius kantor (30 meter) dari yang berada di luar.

Jawaban untuk Research Gap

Kelima research gap yang diidentifikasi dalam kajian literatur telah terjawab. Gap 1 (integrasi teknologi) terjawab dengan keberhasilan implementasi MVVM (98,4% kesesuaian UI, 100% pemisahan layer) dan integrasi semua komponen. Gap 2 (arsitektur client-server) terjawab dengan total verifikasi 1,81 detik (64-74% lebih cepat dari penelitian sebelumnya), akurasi 96%, dan spesifisitas 100%. Gap 3 (domain aplikasi presensi) terjawab dengan peningkatan performa pada semua metrik (startup 33,5%, login 48,0%, presensi 23,3%, memori 27,9%, keberhasilan 94%). Gap 4 (metrik pengujian) terjawab dengan penyediaan 15 metrik kuantitatif, 30 sampel per metrik, dan uji signifikansi p<0,001. Gap 5

(skenario WFO/WFA) terjawab dengan validasi WFO (radius 30 meter) dan WFA (pencatatan lokasi tanpa penolakan) yang berfungsi 100% pada pengujian fungsional.

Ringkasan Pencapaian Target

Seluruh 16 target yang telah ditetapkan tercapai. Ringkasan pencapaian target utama yaitu kesesuaian UI (98,4% > target 95%), deteksi wajah (91,7% > 90%, 1,7 dtk < 2 dtk), efisiensi kompresi (92,2% > 90%), total verifikasi (1,81 dtk < 3 dtk), akurasi verifikasi (96% > 95%), spesifisitas (100% = 100%), validasi lokasi (0,21 m < 5 m), waktu startup (33,5% > 30%, 1,55 dtk < 1,6 dtk), waktu login (48,0% > 40%, 1,30 dtk < 1,4 dtk), waktu presensi (23,3% > 20%, 2,76 dtk < 2,8 dtk), konsumsi memori (27,9% > 25%, 134 MB < 140 MB), tingkat keberhasilan (94% > 90%), dan uji signifikansi ($p<0,001$).

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan aplikasi presensi dari WebView ke Android Native dengan arsitektur MVVM, integrasi face recognition client-server, dan validasi lokasi Haversine, simpulan penelitian ini mengacu pada tiga tujuan yang telah ditetapkan.

Tujuan pertama adalah mengembangkan aplikasi presensi dari WebView menjadi Android Native dengan arsitektur MVVM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan berhasil dilakukan dengan pemisahan layer MVVM 100% dan kesesuaian UI 98,4%. Aplikasi Native mampu mengakses kamera dan GPS secara langsung serta mendukung skenario WFO dan WFA. Peningkatan performa yang dicapai signifikan secara statistik ($p<0,001$) meliputi: waktu startup turun 33,5% (2,33→1,55 dtk), waktu login turun 48,0% (2,50→1,30 dtk), waktu presensi turun 23,3% (3,60→2,76 dtk), konsumsi memori turun 27,9% (186→134 MB), dan tingkat keberhasilan naik menjadi 94% (dari 82%).

Tujuan kedua adalah mengimplementasikan integrasi layanan face recognition berbasis backend dan validasi lokasi berbasis GPS-Haversine. Hasil penelitian menunjukkan integrasi berhasil dengan deteksi wajah akurasi 91,7% dan waktu 1,7 dtk (64-74% lebih cepat dari penelitian sebelumnya), komunikasi client-server efisien dengan kompresi 92,2% dan total verifikasi 1,81 dtk, verifikasi server mencapai akurasi 96% dengan spesifisitas

100%, serta validasi Haversine menghasilkan error rata-rata 0,21 meter yang merupakan data kuantitatif pertama untuk aplikasi presensi.

Tujuan ketiga adalah menganalisis peningkatan performa dan keandalan sistem melalui pengujian komparatif. Hasil penelitian membuktikan bahwa kelima research gap yang diidentifikasi dalam kajian literatur telah terjawab yaitu integrasi teknologi berhasil, arsitektur client-server 64-74% lebih cepat dengan akurasi 96%, peningkatan performa terbukti pada domain presensi, 15 metrik kuantitatif dengan uji signifikansi $p<0,001$ disediakan, dan validasi WFO/WFA berfungsi 100%.

Dengan demikian, pengembangan aplikasi ke Android Native dengan MVVM, integrasi face recognition client-server (1,81 dtk, 96%), dan validasi Haversine (0,21 m) berhasil meningkatkan performa dan keandalan aplikasi presensi secara signifikan dan terukur.

REFERENSI

Assegaf, DS, Azhar, R, Pusadan, Y, Pratama, SA, & ... (2024). Implementasi Face Recognition Pada Aplikasi Absensi Berbasis Android Menggunakan Algoritma Haversine. *The Indonesian Journal ...*, ijcs.net, http://www.ijcs.net/ijcs/index.php/ijcs/article/view/4494

Arfianto, B, & Prapanca, A (2024). Analisis Perbandingan Performa Pola Arsitektur Model-View-ViewModel (MVVM) dan Model-View-Presenter (MVP) pada Pengembangan Aplikasi Desa Wisata …. *Journal of Informatics and Computer ...*, ejournal.unesa.ac.id, https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jinacs/article/view/61773

Fauzan, R (2026). *Implementasi Algoritma Haversine Pada Absensi Perkuliahan Berbasis Online Di Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara.*, repository.uisu.ac.id, https://repository.uisu.ac.id/handle/123456789/5527

Ghani, MANU, She, K, Rauf, MA, Khan, S, & ... (2024). Enhancing security and privacy in distributed face recognition systems through blockchain and GAN technologies. ... , *Materials &Continua*, uhra.herts.ac.uk, https://uhra.herts.ac.uk/id/eprint/11209/

Ismawaty, A, & Bonggasau, E (2025). Efektivitas Implementasi Absensi Digital Bagi Aparatur Sipil Negara (ASN) di Kantor Kecamatan Anreapi. *Arus Jurnal Sosial dan …*, jurnal.ardenjaya.com, http://www.jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajsh/article/view/1522

Kaczmarczyk, A, Zając, P, & Zabierowski, W (2022). Performance comparison of native and hybrid android mobile applications based on sensor data-driven applications based on Bluetooth low energy (BLE) …. *Energies*, mdpi.com, https://www.mdpi.com/1996-1073/15/13/4574

Khair, MA, Aldiyuda, P, Zukhrufa, MZ, & ... (2024). Perancangan Sistem Absensi Mahasiswa Berbasis Face Recognition di Lingkungan UPN Veteran Jakarta. *Informatik: Jurnal Ilmu …*, ejournal.upnvj.ac.id, https://ejournal.upnvj.ac.id/informatik/article/view/6696

Marinin, AK (2024). Choosing an architecture for mobile applications. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific …*, journals.rcsi.science, https://journals.rcsi.science/1991-6639/article/view/274271

Nguyen-Tat, BT, Bui, MQ, & Ngo, VM (2024). Automating attendance management in human resources: A design science approach using computer vision and facial recognition. *International Journal of Information …*, Elsevier, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667096824000429

Novianti, D, & Priyangan, DM (2024). Membangun Sistem Aplikasi Absensi Berbasis Face Recognition Menggunakan Opencv Dikampus Stmik Kalirejo Lampung. *Journal of Computer Science …*, ojs.edupartner.co.id, http://ojs.edupartner.co.id/index.php/jocsi/article/download/38/33

Prasetyo, S, & Zaky, U (2024). Implementasi Algoritma Haversine pada Mapbox API Guna Pencarian Bengkel Terdekat Berbasis Perangkat Mobile: Implementation of Haversine Algorithm on …. *... : Indonesian Journal of Machine Learning and …*, journal.irpi.or.id, https://journal.irpi.or.id/index.php/malcom/article/view/1677

Pradana, F, Langundi, RI, Pramono, D, & Iriani, NI (2025). Comparative Analysis of MVVM and MVP Patterns Performance on Android Dashboard System. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan …*

Rua, R, & Saraiva, J (2024). A large-scale empirical study on mobile performance: energy, run-time and memory. *Empirical Software Engineering*, Springer, https://doi.org/10.1007/s10664-023-10391-y

Saravanos, A, & Curinga, MX (2023). Simulating the software development lifecycle: The waterfall model. *Applied System Innovation*, mdpi.com, https://www.mdpi.com/2571-5577/6/6/108

Surantha, N, & Sugijakko, B (2024). Lightweight face recognition-based portable attendance system with liveness detection. *Internet of Things*, Elsevier, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660524000313

Literature Review on the Development of an AI-Based Humanoid Chatbot for UII Centrum IT Services

Rafa Radhitya Riyanto [1)*)], Rahadian Kurniawan [2)]

[1)2)]Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
[*)]**Correspondence author**: 22523079@students.uii.ac.id, Yogyakarta, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3535

Abstract

In this literature review, chatbots and their use in digital marketing and promotion have been thoroughly studied in 2024 to 2026. In a literature review of 20 main references, chatbot technology has evolved from service-driven systems to humanistic ones with help from humanoid chatbots and anthropomorphic AI. In 2024 starting from reactive automation to macro digital transformation, then into the public sector and in 2026 ended with emotional closeness. Large Language Models (LLM) technologies such as GPT and multimodal artificial intelligence are the key platforms to make the interaction more natural and contextually sensitive. The review concludes that chatbots are not simply automation tools but are key strategic factors for the digital economy ecosystem to improve efficiency, build customer relationships and drive promotion for the consumer. The literature review is also used as the main theoretical foundation in the author's thesis to design and expand the first AI-based chatbot system for the IT Centrum UII information services.

Keywords: *Chatbot, Promotion, Artificial Intelligence, Humanoid, Anthropomorphic*

Abstrak

Tinjauan literatur ini membahas peran penting dan penggunaan strategis *chatbot* dalam promosi dan pemasaran digital pada tahun 2024-2026. Berdasarkan analisis terhadap 20 referensi literatur secara mendetail, ditemukan bahwa teknologi *chatbot* telah berkembang dari sistem berbasis layanan menjadi mirip manusia melalui *Humanoid Chatbot* dan *Antrophomorphic AI*. Ini menunjukkan yang pada awalnya berfokus pada otomatisasi respons dan dalam perjalanan menuju transformasi digital makro, layanan publik ,dan pada 2026 kedekatan emosional pengguna. Pengembangan teknologi *Large Language models* (LLM) seperti GPT dan kecerdasan buatan multimodal adalah alasan utama untuk interaksi yang lebih alami dan kontekstual di masa depan. Analisis dari kajian ini dapat dikatakan bahwa *chatbot* bukan hanya alat untuk otomatisasi, tetapi bagian strategis dan fungsional dari ekosistem ekonomi digital yang dapat membuatnya lebih efisien, memperkuat hubungan dengan pelanggan, serta sebagai bahan promosi. Kajian ini juga berfungsi sebagai landasan teoretis utama dalam persiapan tesis penulis untuk merancang dan mengembangkan sistem *chatbot* berbasis AI pertama untuk layanan informasi IT Centrum UII.

Kata Kunci: Chatbot, Promosi, Kecerdasan Buatan, Humanoid, Antropomorfik

PENDAHULUAN

Transformasi digital telah mengubah pemasaran dengan cara mendasar di berbagai sektor. Hal ini mendorong penggunaan teknologi seperti kecerdasan buatan atau biasa disebut *Artificial Intelligence* (AI) untuk meningkatkan efektivitas strategi promosi dan layanan. Di era modern yang cepat ini, organisasi harus lebih dinamis dalam menyampaikan informasi agar dapat menjaga keterikatan dengan audiens mereka. Dalam konteks ini, teknologi *chatbot* muncul sebagai inovasi penting yang memungkinkan interaksi otomatis secara real-time dengan pengguna. *Chatbot* menawarkan solusi komunikasi yang lebih responsif, efisien, dan tersedia 24 jam tanpa batasan waktu kerja manusia.

Mengingat pentingnya pelayanan digital, IT Centrum (ITC) Universitas Islam Indonesia (UII) menghadapi tantangan karena belum memiliki sistem layanan *chatbot* berbasis AI. Proses promosi, edukasi, dan penyebaran informasi tentang layanan IT di kampus ITC UII masih menggunakan metode tradisional. Untuk mengatasi keterbatasan ini, pengembangan karakter humanoid virtual berbasis AI dalam penelitian ini diusulkan sebagai solusi yang adaptif. Implementasi rancangan ini dinilai sangat relevan dan mendesak untuk mendukung pencapaian tujuan pemasaran modern dan meningkatkan kualitas layanan informasi publik di institusi pendidikan (Aledari, 2024; Indahsari & Meiliawati, 2026; Wahyu & others, 2026; Yoganathan & others, 2024).

Secara global, penelitian tentang chatbot untuk kebutuhan promosi dan komersial terus berkembang pesat setiap tahun. Fokus utama kajian ilmiah kini bergeser dari sistem berbasis aturan yang kaku menuju sistem cerdas yang menggunakan AI antropomorfik. Teknologi ini dapat meniru perilaku, gaya bahasa, dan interaksi seperti manusia. Evaluasi terhadap tren ini membuktikan dampak positifnya yang besar pada berbagai domain strategis, mulai dari ekosistem *e-commerce*, pemasaran digital, pemberdayaan Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM), hingga promosi institusional publik (Hidayat & others, 2025; Kumar, 2026; Purwanto, 2025; Qolbi dkk., 2025; Syawaluddin & others, 2026). Integrasi teknologi ini tidak hanya meningkatkan konversi ekonomi, tetapi juga membantu organisasi membangun kedekatan yang stabil dengan pengguna.

Lebih jauh lagi, perkembangan antara 2024 hingga 2026 menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi seperti *Large Language Models* (LLM) dengan model arsitektur

GPT, seperti melalui platform *Chatbase*, dan implementasi AI multimodal menjadi penggerak utama dalam membentuk interaksi antara penyedia layanan dan konsumen. Kehadiran teknologi generatif ini memungkinkan *chatbot* memberikan respons yang tidak hanya natural dan peka konteks, tetapi juga menciptakan pengalaman interaksi yang lebih personal dan emosional bagi pengguna (Aledari, 2024; Jati, 2024; Journal, 2025; Qolbi dkk., 2025). Atribut manusiawi pada *humanoid chatbot* terbukti dapat meningkatkan rasa percaya dan kehadiran sosial yang mendalam dari sisi pengguna, yang merupakan elemen penting untuk keberhasilan layanan informasi digital (Shahidi Hamedani & others, 2025; Sidlauskiene dkk., 2023).

Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang pergeseran tren teknologi ini sangat penting untuk mengidentifikasi arah pengembangan sistem yang tepat. Kajian tinjauan literatur ini bertujuan mengeksplorasi peran, efektivitas, dan implementasi nyata teknologi *chatbot* dalam strategi promosi pada periode 2024–2026. Analisis mendalam yang dihasilkan dari peninjauan terhadap 20 referensi utama ini akan berfungsi sebagai landasan teoretis bagi penulis dalam merancang, menguji, dan mengembangkan sistem *chatbot* berbasis AI pertama yang akan diterapkan pada layanan informasi IT Centrum UII.

METODE PENELITIAN

Proses penelitian ini dimulai dengan pemilihan 20 referensi utama berdasarkan kriteria inklusi yang ketat. Artikel yang dipilih harus membahas penggunaan *chatbot* dalam promosi, pemasaran digital, atau interaksi pelanggan yang terkait dengan tujuan promosi. Referensi tersebut mencakup berbagai teknologi yang berkaitan dengan *chatbot*, seperti Kecerdasan Buatan (AI), *Large Language Models* (LLM), *Natural Language Processing* (NLP), AI Multimodal, serta konsep *Humanoid Chatbot* dan *Anthropomorphic* AI. Selain itu, artikel harus membahas penerapan *chatbot* di berbagai bidang, termasuk, tetapi tidak terbatas pada, ritel, *e-commerce*, Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), pemasaran digital, serta layanan publik. Batasan waktu publikasi ditetapkan antara tahun 2024 dan 2026 untuk menangkap tren dan perkembangan teknologi terbaru. Kriteria eksklusi meliputi artikel yang tidak relevan dengan promosi, yang fokus pada aspek teknis *chatbot* tanpa aplikasi promosi yang jelas, atau yang dipublikasikan di luar rentang waktu yang ditentukan.

Seleksi literatur dilakukan secara sistematis melalui platform *Google Scholar* dengan langkah-langkah yang terstruktur. Pertama, pencarian literatur dilakukan menggunakan kombinasi kata kunci spesifik dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris untuk memastikan semua tren teknologi serta bidang riset, baik nasional maupun internasional, dapat tercakup. Strategi pencarian ini diterapkan menggunakan operator logika dengan formula search string: ("chatbot" OR "humanoid" OR "virtual assistant") AND ("promosi" OR "pemasaran digital" OR "promotion" OR "digital marketing"). Langkah berikutnya melibatkan penerapan filter tahun publikasi 2024 hingga 2026 untuk membatasi hasil pada literatur terbaru, diikuti dengan peninjauan abstrak dari lima halaman pertama hasil pencarian yang paling relevan. Setiap abstrak kemudian disaring berdasarkan kesesuaian dengan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan.

Fokus utama penyaringan ini adalah mengidentifikasi artikel yang membahas peran antropomorfisme dan interaksi manusia, dampaknya pada perilaku konsumen, aplikasi di berbagai sektor, serta evolusi teknologi *chatbot*. Ini termasuk artikel yang menjelaskan bagaimana *chatbot* dirancang untuk meniru interaksi manusia guna membangun kepercayaan dan kedekatan emosional dengan pengguna. Studi yang menganalisis pengaruh *chatbot* terhadap kepercayaan konsumen, niat pembelian, kepuasan pelanggan, dan perilaku belanja online juga menjadi perhatian utama. Penelitian yang meneliti penerapan *chatbot* di berbagai sektor seperti *e-commerce*, pemasaran digital, UMKM, serta layanan publik seperti pendidikan dan kesehatan turut dipertimbangkan. Terakhir, analisis difokuskan pada artikel yang membahas perkembangan teknologi *chatbot* dari sistem berbasis aturan menuju sistem yang didukung AI multimodal dan terintegrasi dengan *Large Language Models* (LLM).

Setelah proses penyaringan, dilakukan ekstraksi dan analisis data untuk memberikan gambaran menyeluruh. Kerangka analisis dikembangkan berdasarkan tiga variabel utama, yaitu analisis tahun yang melihat distribusi publikasi dari 2024 hingga 2026, analisis teknologi yang mencakup spektrum dari *chatbot* layanan hingga multimodal AI, serta analisis domain yang meninjau penerapan dari digital marketing hingga layanan publik. Dari proses ini, ditemukan tema-tema yang berfokus pada peningkatan personalisasi, efisiensi layanan, dan adopsi AI yang lebih humanis, sehingga terpilihlah 20 referensi yang paling relevan untuk analisis lebih lanjut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis terintegrasi terhadap 20 referensi periode 2024–2026, ditemukan pola perkembangan yang signifikan dari otomatisasi standar menuju transformasi digital makro dan interaksi emosional. Ringkasan literatur tersebut disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Penelitian Terkini Tentang Chatbot untuk Promosi

No	Referensi	Tahun	Domain	Teknologi
1	(Kumar, 2026)	2026	E-Commerce	Anthropomorphic Chatbot
2	(Syawaluddin et al., 2026)	2026	Digital Marketing	Artificial Intelligence (AI)
3	(Sonntag et al., 2026)	2026	Digital Marketing	AI Chatbot, TTF Framework
4	(Purwanto, 2025)	2025	E-Commerce	Chatbot
5	(Hidayat et al., 2025)	2025	E-Commerce / UMKM	Chatbot
6	(Samsul, 2025)	2025	Customer Service	AI Chatbot
7	(Syahrani & Fasa, 2025)	2025	Business Strategy	Chatbot
8	(Aledari, 2024)	2024	Mobile Marketing	Humanoid Chatbot
9	(Yoganathan et al., 2024)	2024	Digital Marketing	Anthropomorphic AI
10	(Octaviyani, 2024)	2024	Customer Service	Chatbot
11	(Jati, 2024)	2024	E-Commerce	GPT, Chatbase
12	(Wahyu et al., 2026)	2026	Education	Digital Promotion Platform
13	(Indahsari & Meiliawati, 2026)	2026	Healthcare	Digital Service System
14	(Qolbi et al., 2025)	2025	Consumer Behavior	Multimodal AI
15	(Socius Journal, 2025)	2025	E-Commerce	Digital Commerce Platform

16	(Hidayat et al., 2025)	2025	Marketing / UMKM	Chatbot
17	(Pham et al., 2024)	2024	Information Retrieval	AI Search Bot
18	(Alexia, 2024)	2024	Retail Management	Retail Information System
19	(Ramadhani et al., 2024)	2024	E-Commerce	Online Shopping Platform
20	(Grand View & SAS Insight, 2024)	2024	Sales & Marketing	Virtual Assistant, AI

1. Analisis Berdasarkan Tahun

Distribusi penelitian menunjukkan perkembangan yang stabil dari tahun ke tahun. Pada tahun 2024, penelitian masih berfokus pada pengembangan dasar untuk kualitas layanan dengan menggunakan *Humanoid Chatbot*, sistem manajemen ritel, dan pemanfaatan awal GPT. Domain utama mencakup promosi mobile, ritel, kepuasan pelanggan, perilaku pencarian online, dan keputusan pembelian konsumen (Aledari, 2024; Alexia, 2024; Jati, 2024; Octaviyani, 2024; Pham dkk., 2024; Ramadhani & others, 2024; View & SAS Insight, 2024; Yoganathan & others, 2024).

Selanjutnya, pada tahun 2025, fokus bergeser ke penerapan praktis dalam bisnis digital, *e-commerce*, dan pemberdayaan UMKM. Penekanan diberikan pada otomatisasi layanan, efisiensi operasional, implementasi NLP, AI multimodal, dan eksplorasi mendalam terhadap perilaku konsumen generasi Z (Hidayat & others, 2025; Journal, 2025; Purwanto, 2025; Qolbi dkk., 2025; Samsul, 2025; Syahrani & Fasa, 2025).

Akhirnya, pada tahun 2026, penelitian mengarah pada penggunaan AI yang lebih kompleks dengan menggunakan *Anthropomorphic Chatbot* dan *framework Task Technology Fit* (TTF) dalam domain pemasaran digital. Selain itu, penelitian juga akan meluas ke sektor layanan publik seperti promosi digital di bidang pendidikan dan kesehatan (Indahsari & Meiliawati, 2026; Kumar, 2026; Sonntag & others, 2026; Syawaluddin & others, 2026; Wahyu & others, 2026).

2. Analisis Berdasarkan Teknologi

Evolusi teknologi menggambarkan pergeseran dari sistem yang berbasis layanan ke arah teknologi AI yang mirip dengan manusia dan dapat berinteraksi secara visual. Di fase awal, penggunaan kualitas layanan *chatbot*, sistem *chatbot* AI standar, dan bot mesin pencari yang didukung AI menjadi yang utama untuk pelayanan pelanggan serta pencarian informasi produk (Alexia, 2024; Octaviyani, 2024; Pham dkk., 2024). Asisten virtual berbasis AI mulai digunakan untuk otomatisasi dalam pemasaran awal (View & SAS Insight, 2024).

Selanjutnya, di fase menengah, terjadi penggunaan besar-besaran dari model *Large Language Models* (LLM), NLP, dan AI multimodal untuk menciptakan percakapan yang lebih alami dan kontekstual (Jati, 2024; Journal, 2025; Qolbi dkk., 2025). Fase lanjut ditandai dengan penerapan *Humanoid Chatbot*, AI yang menyerupai manusia, serta integrasi asisten virtual berbasis web interaktif yang bertujuan untuk membangun kehadiran sosial, kedekatan emosional, dan kepercayaan yang lebih dari pengguna (Aledari, 2024; Hidayat & others, 2025; Indahsari & Meiliawati, 2026; Kumar, 2026; View & SAS Insight, 2024; Wahyu & others, 2026; Yoganathan & others, 2024). Perkembangan ini mencerminkan usaha yang terus-menerus untuk membuat interaksi dengan *chatbot* semakin mirip dengan interaksi manusia.

3. Analisis Berdasarkan Domain

Bidang pemasaran digital dan *e-commerce* menjadi yang terdepan dalam penggunaan *chatbot* karena dampak positif langsung terhadap hasil ekonomi. *Chatbot* terbukti mempunyai pengaruh signifikan dalam mendukung kegiatan bisnis digital, khususnya dalam meningkatkan interaksi dengan pelanggan, kepuasan dalam belanja, efektivitas iklan, dan efisiensi layanan (Alexia, 2024; Jati, 2024; Journal, 2025; Kumar, 2026; Pham dkk., 2024; Qolbi dkk., 2025; Ramadhani & others, 2024; Sonntag & others, 2026; Syawaluddin & others, 2026). Selain itu, teknologi ini juga banyak digunakan dalam pemasaran UMKM, bisnis online, dan promosi produk lokal sebagai pilihan yang lebih ekonomis untuk memperluas jangkauan pasar (Hidayat & others, 2025; Purwanto, 2025; Syahrani & Fasa, 2025). Terbaru pada tahun 2026, penggunaan *chatbot* semakin meluas ke bidang promosi non-komersial dan layanan informasi publik, seperti promosi digital

di sekolah dan layanan kesehatan digital (Indahsari & Meiliawati, 2026; Wahyu & others, 2026). Perkembangan ini menunjukkan kemampuan chatbot untuk beradaptasi dengan berbagai kebutuhan pasar.

4. Diskusi dan Hubungan Tren

Penelitian yang dilakukan pada tahun 2024 menunjukkan bahwa *chatbot* dulu berfungsi sebagai layanan pelanggan sederhana dan eksplorasi awal AI, seperti GPT, untuk meningkatkan layanan. Tren ini sejalan dengan munculnya *chatbot* generatif (contohnya ChatGPT) yang dimulai pada tahun 2023. (Veluru, 2024) melaporkan bahwa model AI prediktif dan GenAI meningkatkan efisiensi dalam operasi dan personalisasi di *e-commerce*, sesuai dengan adopsi awal GPT (Jati, 2024). Desain *chatbot* yang mirip manusia juga terbukti meningkatkan cara produk dipersonalisasi (Sidlauskiene dkk., 2023), yang mendukung pengujian antarmuka *humanoid*/*chatbot* pada tahun 2024 (Aledari, 2024; Jati, 2024; Octaviyani, 2024; Yoganathan & others, 2024). Memasuki tahun 2025, perhatian teknologi berpindah ke penerapan yang lebih maju, dengan *chatbot* otomatis untuk layanan, NLP yang lebih canggih (misalnya *chatbot* yang dapat berbicara banyak bahasa), dan AI multimodal serta generatif menjadi hal yang penting. Penggunaan ChatGPT dan LLM semakin meluas dalam e-commerce untuk memberikan rekomendasi dan layanan kepada pelanggan. (Arman & Lamiya, 2023) melaporkan bahwa kehadiran ChatGPT telah meningkatkan niat beli konsumen di berbagai industri, *termasuk e-commerce*, yang sejalan dengan temuan (Samsul, 2025) dan (Shahidi Hamedani & others, 2025). Penggabungan GenAI/*chatbot* dalam *e-commerce* juga membantu meningkatkan pengalaman pengguna serta efisiensi. Teori *Task Technology Fit* (TTF) mulai diuji dengan ChatGPT, mendukung pergeseran menuju teknologi NLP/multimodal/generatif pada tahun 2025.

Pada tahun 2026, teknologi chatbot telah mencapai tingkat perkembangan yang lebih tinggi, dengan chatbot yang menyerupai manusia menggunakan kerangka kerja TTF dan LLM generatif untuk memberikan interaksi yang lebih alami dan responsif. (Sonntag dkk., 2025) menegaskan bahwa TTF saat menggunakan ChatGPT memengaruhi efisiensi dan efektivitas chatbot layanan pelanggan. (Shahidi Hamedani & others, 2025) menemukan bahwa fitur *humanoid* meningkatkan kepercayaan dan penerimaan

pengguna terhadap *chatbot* di *e-commerce*. Temuan ini mendukung laporan dari (Kumar, 2026; Sonntag dkk., 2025; Syawaluddin & others, 2026) yang menyatakan bahwa *chatbot* di tahun 2026 semakin mirip manusia dan lebih canggih. Klaim tentang kemajuan teknologi di tahun 2026 didukung oleh studi TTF dan penelitian tentang antropomorfisme.

Dalam konteks tren di bidang tertentu, penggunaan *chatbot* berkembang dari sektor khusus menjadi area digital yang lebih luas. Pada tahun 2024, fokus utama berada pada ritel, promosi mobile, dan perilaku belanja online, yang sesuai dengan penerapan awal *chatbot* di e-*commerce* dan layanan pelanggan (Abdekhoda & Dehnad, 2026). Sementara itu, tahun 2025 menunjukkan kehadiran yang lebih signifikan di kalangan UMKM, bisnis online, perilaku Generasi Z, dan pemasaran produk lokal, meski dukungan untuk perluasan ini masih belum cukup sehingga klaim di tahun 2025 bersifat perkiraan. Selanjutnya, pada tahun 2026, fokus penelitian meluas ke ekonomi digital secara umum dan sektor publik, termasuk promosi di bidang pendidikan dan kesehatan; di mana laporan menunjukkan peningkatan tajam dalam penggunaan *chatbot* di sektor pendidikan (Kujundziski dkk., 2025), serta penerapan *chatbot* dalam kesehatan yang secara signifikan meningkatkan akses dan pendidikan (Abdekhoda & Dehnad, 2026). Hubungan antara teknologi dan bidang tertentu menunjukkan bahwa AI *Chatbot* klasik, GPT, NLP, dan multimodal banyak dipakai dalam *e-commerce*, ritel, dan pemasaran digital untuk otomatisasi layanan dan personalisasi (Abdekhoda & Dehnad, 2026; Shahidi Hamedani & others, 2025). Teknologi yang menyerupai manusia dan AI generatif cenderung muncul di bidang promosi untuk UMKM, produk lokal, serta layanan publik, sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa ciri manusiawi dan persepsi sosial dapat meningkatkan kepercayaan pelanggan. Pemilihan teknologi *chatbot* mencerminkan kebutuhan dari bidang tersebut: e-commerce mengandalkan AI berbasis data, sementara sektor promosi dan publik lebih mengedepankan aspek kemanusiaan. Secara menyeluruh, hubungan antara perkembangan waktu, kemajuan teknologi, dan perluasan berbagai bidang menunjukkan pola penyesuaian yang teratur dan saling bergantung dalam ekosistem digital. Pada tahun 2024, teknologi *chatbot* masih berada pada tahap awal dengan menggunakan asisten virtual yang umum, yang hanya

diterapkan di bidang bisnis terbatas seperti toko, promosi di ponsel, serta perbaikan layanan pelanggan dan persepsi produk (Sidlauskiene dkk., 2023). Kebutuhan di berbagai bidang yang semakin rumit pada tahun 2025—seperti digitalisasi usaha kecil dan menengah serta penyesuaian dengan perilaku Generasi Z—menjadi pendorong utama untuk memperbarui teknologi menuju penggunaan kecerdasan buatan multimodal dan memperkuat ciri serta sinyal manusia untuk membangun kedekatan emosional pengguna dalam *e-commerce* (Shahidi Hamedani & others, 2025). Puncaknya terjadi pada tahun 2026, ketika teknologi mencapai tingkat kematangan melalui penggunaan *Humanoid Chatbot* atau *Anthropomorphic* yang disesuaikan dengan kerangka *Task-Technology Fit* (TTF) untuk memastikan bahwa fungsi sistem cocok dengan kebutuhan pengguna (Sonntag dkk., 2025). Kematangan teknologi pada tahun 2026 ini memicu perluasan yang sangat signifikan dari sektor bisnis yang murni berpindah ke bidang layanan publik yang non-komersial, termasuk promosi serta efektivitas pengajaran di pendidikan (Kujundziski dkk., 2025), serta meningkatkan akses pendidikan dan hasil perawatan pasien dalam bidang Kesehatan (Abdekhoda & Dehnad, 2026).

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Evolusi chatbot promosi menunjukkan pergeseran signifikan menuju personalisasi dan humanisasi melalui integrasi AI. Dimulai pada tahun 2024 dengan *chatbot* layanan dasar dan eksplorasi GPT, berlanjut ke implementasi NLP lanjutan, multimodal, dan AI generatif pada tahun 2025 untuk efisiensi operasional. Puncaknya pada tahun 2026, *chatbot* antropomorfik dan asisten web interaktif berbasis kerangka TTF menciptakan pengalaman pemasaran digital yang lebih emosional dan adaptif. Perluasan domain dari ritel ke UMKM, pendidikan, dan kesehatan menegaskan peran strategis *chatbot* sebagai komponen kunci ekonomi digital. Meskipun sebagian klaim didukung studi terkini, beberapa aspek masih memerlukan pengujian empiris lebih lanjut, seperti survei *longitudinal* penggunaan *chatbot* generatif di UMKM atau eksperimen antropomorfik pada platform edukasi.

REFERENSI

Abdekhoda, M., & Dehnad, A. (2026). Applications of Chatbots in Improving Patient Care Outcomes: A Scoping Review. *Sultan Qaboos University Medical Journal*, *26*, 163–172.

Aledari. (2024). Humanoid Chatbot in Mobile Promotion. *International Journal of Mobile Marketing*, *18*(4), 301–315.

Alexia, R. (2024). Retail Management Systems. *Jurnal Manajemen Ritel*, *7*(3), 100–115.

Arman, M., & Lamiya, U. R. (2023). ChatGPT, a Product of AI, and its Influences in the Business World. *Talaa: Journal of Islamic Finance*, *3*(1), 15–30.

Hidayat, & others. (2025). Pemanfaatan Teknologi Chatbot pada E-Commerce untuk Mendukung Pemasaran UMKM. *Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Ekonomi*, *7*(2), 143–158.

Indahsari, & Meiliawati. (2026). Digital Health Services. *Jurnal Kesehatan Digital*, *1*(2), 30–45.

Jati. (2024). Implementasi Custom Chatbot GPT dengan Chatbase pada Website E-Commerce Sepatu. *Jurnal Teknologi Informasi*, *9*(2), 110–125.

Journal, S. (2025). Gen Z Consumer Behavior in E-commerce. *Jurnal Pemasaran Digital*, *10*(4), 220–235.

Kujundziski, A. P., Ademi, N., & Rahmani, D. (2025). AI chatbots in education – the future of teaching and learning. *e-mentor*, *4*(111), 4–12.

Kumar. (2026). Anthropomorphic Chatbot Implementation in E-commerce Platforms. *Journal of Digital Marketing Trends*, *12*(1), 45–58.

Octaviyani. (2024). Chatbot Service Quality and Kepuasan Pelanggan. *Jurnal Layanan Digital*, *3*(1), 50–65.

Pham, Thi, P., & Duong. (2024). AI-powered Search Engine Bots. *Jurnal Teknologi Pencarian*, *2*(2), 70–85.

Purwanto. (2025). Anteseden Niat Pembelian Online terhadap Pelayanan Chatbot pada E-commerce Tokopedia. *Jurnal Riset Manajemen*, *22*(3), 201–215.

Qolbi, Aini, & Wahyuni. (2025). Multimodal AI in Consumer Behavior. *Jurnal Perilaku Konsumen*, *8*(3), 160–175.

Ramadhani, & others. (2024). Online Shopping Behavior. *Jurnal Perilaku Belanja Online*, *4*(1), 20–35.

Samsul. (2025). Pengaruh Artificial Intelligence Chatbot Terhadap Tingkat Kepuasan Pelanggan. *Jurnal Manajemen Bisnis*, *10*(1), 78–92.

Shahidi Hamedani, S., & others. (2025). Unveiling the Impact of AI-Chatbot Attributes and Anthropomorphic Cues in E-Commerce. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*, *19*(3), 441–467.

Sidlauskiene, J., Joye, Y., & Auruskeviciene, V. (2023). AI-based chatbots in conversational commerce and their effects on product and price perceptions. *Electronic Markets*, *33*(24).

Sonntag, M., Mehmann, J., & Teuteberg, F. (2025). AI-Based Chatbots in Customer Service: A Task-Technology Fit (TTF) Model. *International Journal of Service Science, Management, Engineering, and Technology*, *16*(1).

Sonntag, & others. (2026). Applying the Task Technology Fit (TTF) Framework on AI Chatbots for Enhanced Digital Marketing. *Journal of Marketing Automation*, *15*(1), 89–104.

Syahrani, & Fasa. (2025). Peran Chatbot dalam Meningkatkan Daya Saing Bisnis. *Jurnal Ekonomi Digital*, *5*(3), 210–225.

Syawaluddin, & others. (2026). Artificial Intelligence Optimization for Modern Digital Marketing Strategies. *International Journal of E-Business*, *8*(2), 112–125.

Veluru. (2024). Generative AI in E-commerce: a literature review of current trends. *Asia Pacific Journal of Business Administration*, *16*(4), 575–590.

View, G., & SAS Insight. (2024). Virtual Assistant for Sales Automation. *Jurnal Otomatisasi Penjualan*, *5*(2), 90–105.

Wahyu, & others. (2026). Digital Promotion in Education. *Jurnal Pendidikan Digital*, *1*(1), 10–25.

Yoganathan, & others. (2024). Anthropomorphised AI in Digital Marketing. *Journal of Marketing Research*, *61*(2), 180–195.

Implementation of the BiLSTM Model for Detecting AI-Generated Indonesian Text

Rafil Moehamad Alif [1)*], Syariful Alam [2)], Chandra Dewi Lestari [3)]

[1)2)3)]Teknik Informatika, Teknik, STT Wastukancana
[*)]**Correspondence author**: rafilmoehamad16@wastukancana.ac.id, Purwakarta, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3551

Abstract

The rapid advancement of generative Artificial Intelligence (AI) presents challenges to academic integrity due to potential misuse like plagiarism. This study develops a text detection system specifically for the Indonesian language using a Deep Learning approach with a Bidirectional Long Short-Term Memory (Bi-LSTM) architecture. The research methodology follows the Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) framework. A dataset comprising 5,008 text rows was compiled via web scraping from journalism platforms and academic journals indexed in SINTA 4 for human-written texts, while AI-generated counterparts were engineered using ChatGPT and Google Gemini paraphrases. Text features were extracted using a Keras Tokenizer and Embedding Layer with 64 dimensions. Evaluation of the trained Bi-LSTM model on a 30% validation split demonstrated an overall accuracy of 78.24% and a Mean Absolute Error (MAE) of 0.3295. Specifically, the model achieved a 93.77% success rate in identifying human-written texts, though it logged a lower detection rate of 62.62% for academic AI text structures. The final model was successfully deployed as a web application using Streamlit.

Keywords: *AI-Generated Text, Bi-LSTM, CRISP-DM, Deep Learning, Indonesian Language*

Abstrak

Pesatnya perkembangan teknologi *Generative Artificial Intelligence* (AI) membawa tantangan baru terhadap integritas akademik karena potensi penyalahgunaan seperti praktik plagiarisme. Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi teks AI khusus untuk tulisan berbahasa Indonesia dengan pendekatan *Deep Learning* menggunakan arsitektur *Bidirectional Long Short-Term Memory* (Bi-LSTM). Metodologi pengembangan sistem dilakukan berdasarkan framework *Cross Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM). *Dataset* yang digunakan mencakup 5.008 data teks yang dikumpulkan melalui metode web scraping dari media jurnalistik dan abstrak jurnal ilmiah terindeks SINTA 4 untuk label teks manusia, serta hasil parafrase ChatGPT dan Google Gemini untuk label teks AI. Representasi fitur teks diekstrak menggunakan Tokenizer Keras dan Embedding Layer berdimensi 64. Hasil evaluasi model Bi-LSTM pada data validasi sebesar 30% menunjukkan tingkat akurasi sebesar 78,24% dengan nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,3295. Model memiliki performa sangat baik dalam mengenali teks manusia dengan persentase keberhasilan 93,77%, namun memiliki kendala pada deteksi teks AI bernuansa akademis dengan keberhasilan sebesar 62,62%. Model akhir berhasil dideploy menjadi aplikasi *web* interaktif menggunakan *framework* Streamlit.

Kata Kunci: Bahasa Indonesia, Bi-LSTM, CRISP-DM, *Deep Learning*, Deteksi Teks AI

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*/AI) khususnya pada bidang *generative AI* telah memungkinkan sistem menghasilkan konten teks otomatis secara cepat dan kontekstual yang menyerupai tulisan manusia (Mamo et al., 2024). Namun, kemudahan ini memicu fenomena penyalahgunaan fungsi utama AI, di mana teknologi yang dirancang sebagai alat bantu justru dijadikan alat utama penulisan tanpa melalui proses berpikir kritis (Bettayeb et al., 2024). Kondisi tersebut menimbulkan tantangan serius bagi dunia pendidikan karena dapat menurunkan daya kreativitas siswa serta mengancam integritas akademik lewat praktik plagiarisme terselubung (Fajt & Schiller, 2025). Teks buatan AI yang orisinal dan telah diparafrase tidak dapat diidentifikasi secara efektif oleh alat pencegah plagiarisme konvensional yang hanya mengandalkan metode pencocokan kemiripan kata (*similarity checking*) ((Fajt & Schiller, 2025).

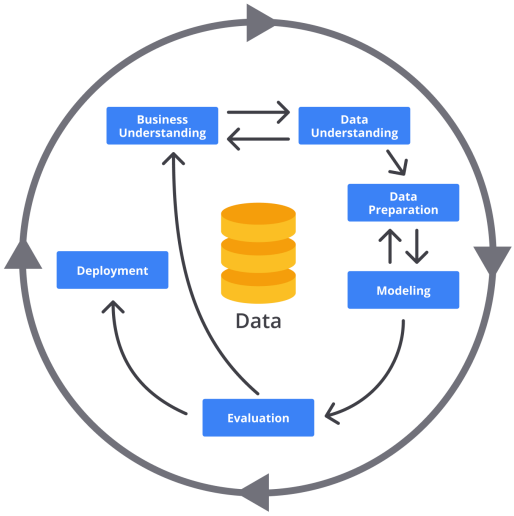
Meskipun kajian mengenai pendeteksian teks AI berkembang pesat, penelitian yang berfokus pada korpus teks berbahasa Indonesia masih relatif jarang dilakukan jika dibandingkan dengan korpus berbahasa Inggris (Pitriani et al., 2025). Guna mengatasi kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang, membangun, dan mengevaluasi model pembelajaran mendalam (*Deep Learning*) dengan arsitektur *Bidirectional Long Short-Term Memory* (Bi-LSTM) (Fatimah et al., 2025).

Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan berbagai metode untuk kebutuhan klasifikasi teks. Sebagai contoh, arsitektur Bi-LSTM telah berhasil diimplementasikan untuk kebutuhan *Named Entity Recognition* pada teks bahasa Indonesia (Pradhana et al., 2025). Untuk pemodelan deret waktu dan teks, performa *Long Short-Term Memory* konvensional juga telah teruji (Akbar et al., 2023; Owen et al., 2022). Di sisi lain, penggunaan model *pre-trained* BERT juga menunjukkan efektivitas yang tinggi dalam mendeteksi teks buatan ChatGPT (Maharani Isnainiyah et al., 2025). Penggunaan algoritma machine learning tradisional seperti Regresi Logistik (Siregar et al., 2025) maupun XGBoost dan Random Forest (Najjar et al., 2024) juga kerap dibandingkan untuk menjaga integritas akademik. Kontribusi penelitian ini adalah menyediakan model deteksi teks AI generatif versi bahasa Indonesia menggunakan representasi fitur berbasis kombinasi Tokenizer (Maulidya Prastita

Syah et al., 2025) dan Doc2Vec (Gunawan & Santoso, 2021) yang diimplementasikan langsung pada aplikasi publik berbasis Streamlit (Julyano, 2024)

METODE PENELITIAN

Metode pengerjaan sistem ini mengadopsi standar industri proses data mining yaitu *Cross Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM) yang meliputi enam tahapan utama (Anam et al., 2026; Monesa & Jayadi, 2023). Kerangka kerja sistematis dari penelitian ini digambarkan melalui diagram alur pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Metode CRIPS-DM

Tahapan pelaksanaan penelitian dijabarkan secara rinci sebagai berikut:

1. Business Understanding: Mengidentifikasi masalah penyalahgunaan teks generatif AI dan merumuskan solusi berbasis *deep learning* (Jamiah Nurhakiki & Yahfizham, 2024) dengan memanfaatkan keunggulan arsitektur dua arah (Bi-LSTM) dalam menangkap konteks kalimat secara utuh (Abdillah et al., 2025).
2. Data Understanding: Proses pengumpulan data awal berbahasa Indonesia. Teks asli manusia bersumber dari artikel berita *online* (detik.com) dan dokumen abstrak artikel ilmiah dari pangkalan data Garuda Kemendikbud melalui ekstraksi menggunakan BeautifulSoup 4 (Widyastuti, 2020).
3. Data Preparation: Melakukan pembersihan data (data cleaning) berupa penyeragaman huruf kecil (*lowercase*), penghapusan karakter khusus, spasi ganda, serta tautan url web.

Tahap ini juga mencakup rekayasa data di mana teks asli dari *web* diparafrase menggunakan ChatGPT dan Google Gemini untuk memproduksi dataset kelas AI-generated (Shohifur Rizal, 2024).

4. Modelling: Mengonversi data teks bersih menjadi representasi angka menggunakan *library* Keras Tokenizer dengan batas kosakata maksimum (MAX_WORDS) sebesar 15.000 kata penting dan batasan panjang teks maksimum (MAX_LEN) sebesar 200 token kalimat. Setelah itu, arsitektur Bi-LSTM disusun menggunakan 32 unit memori yang dikombinasikan dengan L2 *Regularization* menggunakan fungsi penalti kuadrat (Kavlakogu, 2026).
5. Evaluation: Mengukur kinerja performa pengujian model menggunakan metrik evaluasi seperti Classification Report (Akurasi, Presisi, *Recall*, *F1-Score*) (Saviola & Hendrawan, 2025), Mean Absolute Error (MAE) (Suryanto & Muqtadir, 2019), serta visualisasi matriks (Confusion Matrix) (Darmawan et al., 2023).
6. Deployment: Mengintegrasikan model *deep learning* yang telah lolos uji ke dalam antarmuka aplikasi *web* interaktif berbasis *platform* Streamlit (Julyano, 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengumpulan data menghasilkan total 5.008 baris data teks yang variatif. Dataset kemudian dibagi (*data split*) secara acak dengan proporsi perbandingan nilai rasio sebesar 7:3. Rincian pembagian data disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pembagian Data (*Data Split*)

DATA	TEST	VALIDATION	TOTAL
Jumlah	3505	1503	5008
Presentase	70%	30%	100%

Model dilatih menggunakan parameter optimum dengan bantuan *optimizer* ADAM dan metode *early stopping*. Proses iterasi latihan terpantau mengalami titik konvergen pada *epoch* ke-4 dengan capaian nilai akurasi latih sebesar 78% serta tingkat kehilangan nilai validasi (*validation loss*) sebesar 54%.

Lapisan utama model adalah *Bidirectional* LSTM. Secara matematis, pemrosesan searah didasarkan pada perhitungan *forget gate* (f_t) yang ditunjukkan pada Rumus (1) (Nurashila et al., 2023)

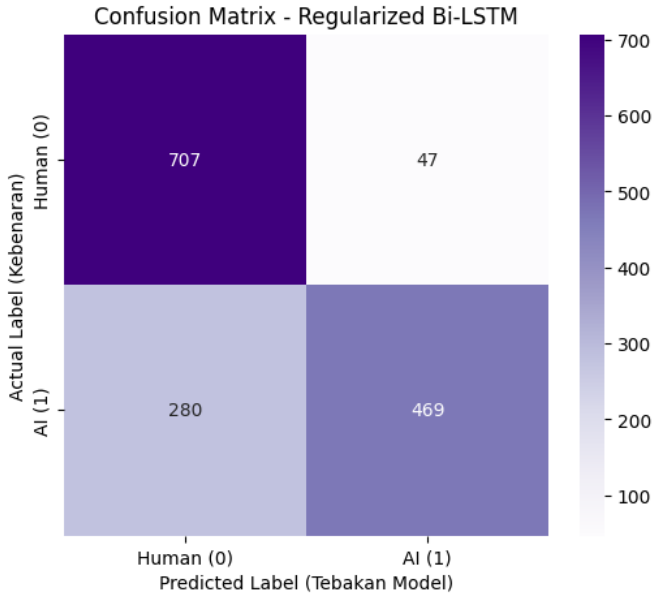
$$f_t = \sigma(W_f . [h_{t-1}, x_t] + b_f \quad (1)$$

Hasil ekstraksi dari arah maju (h_t) dan arah mundur ($\overleftarrow{h_t}$) kemudian digabungkan untuk menghasilkan pemahaman konteks kalimat yang utuh sebelum diteruskan ke *Dense Layer* untuk penentuan keputusan akhir klasifikasi (Abdillah et al., 2025).

Tabel 2. Nilai Presisi dan Recall Setiap Kelas

No	Kelas Label	Precision	Recall
1	0 (Human-Written)	0.72	0.94
2	1 (AI-Generated)	0.91	0.63

Berdasarkan hasil data pada Tabel 2, model memperoleh nilai akurasi global sebesar 78,24%. Metrik Mean Absolute Error (MAE) mencatat nilai sebesar 0,3295, yang menunjukkan bahwa rata-rata bias tingkat kesalahan prediksi model dari nilai kebenaran sesungguhnya berada pada batas aman toleransi model klasifikasi (Suryanto et al., 2019).



Gambar 2. Hasil *Confusion Matrix*

Analisis performa spesifik didapatkan melalui pemetaan *Confusion Matrix* dengan rincian *True Negative* (TN) = 707 data, *False Positive* (FP) = 47 data, *False Negative* (FN) = 280 data, dan *True Positive* (TP) = 469 data. Berdasarkan nilai tersebut, diperoleh dua poin analisis utama:

1. Model menunjukkan kemampuan yang sangat tinggi dalam mengenali teks asli buatan manusia dengan persentase akurasi kelas mencapai 93,77%

$$\frac{707}{707+47} \boldsymbol{X}\ 100\% = 93.77\%$$

2. Model memiliki keterbatasan dalam mendeteksi teks buatan AI dengan persentase akurasi kelas sebesar 62,62%.

$$\frac{469}{469+280} \boldsymbol{X}\ 100\% = 62.62\%$$

Kesalahan klasifikasi *False Negative* (teks AI terdeteksi sebagai manusia) dipengaruhi oleh karakteristik generator AI saat melakukan parafrase pada teks artikel ilmiah (Elkhatat et al., 2023). Generator AI cenderung mengadopsi pilihan kata baku dan struktur kalimat formal yang memiliki pola distribusi linguistik beririsan langsung dengan gaya penulisan akademik asli milik manusia (Siregar et al., 2025). Model akhir yang telah terbentuk berhasil diimplementasikan ke dalam platform web *Streamlit* yang memuat menu utama berupa halaman panduan, antarmuka deteksi teks, serta halaman informasi sistem (Julyano, 2024).

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan aplikasi deteksi teks *AI-generated* khusus untuk tulisan berbahasa Indonesia dengan arsitektur *Deep Learning* berbasis *Bidirectional Long Short-Term Memory* (Bi-LSTM) (Fatimah et al., 2025). Berdasarkan hasil evaluasi pengujian pada 1.503 data validasi, model mampu beroperasi secara konsisten dengan perolehan akurasi menyeluruh sebesar 78,24% dan nilai kesalahan absolut (MAE) sebesar 0,3295. Secara mendalam, model ini sangat andal dalam menyaring tulisan asli karya manusia dengan tingkat keberhasilan sebesar 93,77%, namun masih memiliki kendala dalam mengidentifikasi teks buatan AI yang menggunakan gaya bahasa akademik formal dengan tingkat deteksi sebesar 62,62%. Permasalahan riset mengenai deteksi plagiarisme terselubung teks AI bahasa Indonesia telah berhasil dijawab melalui pembuktian efisiensi model Bi-LSTM ini. Untuk pengembangan berikutnya, direkomendasikan penggunaan teknik *transfer learning* menggunakan model replika lokal yang lebih masif seperti

IndoBERT guna meningkatkan sensitivitas pengenalan struktur teks AI akademis secara *real-time* (Pitriani et al., 2025)**.**

REFERENSI

Abdillah, F., Hadiana, A. I., & Melina, M. (2025). Prediksi Curah Hujan Menggunakan Metode Bi-LSTM dan GRU Berbasis Data Iklim. *Jurnal Algoritma*, *22*(2), 12–21. https://doi.org/10.33364/algoritma/v.22-2.2305

Akbar, R., Santoso, R., & Warsito, B. (2023). Prediksi Tingkat Temperatur Kota Semarang Menggunakan Metode Long Short-Term Memory (LSTM). *Jurnal Gaussian*, *11*(4), 572–579. https://doi.org/10.14710/j.gauss.11.4.572-579

Anam, F. S., Muttaqin, M. R., & Ramadhan, Y. R. (2026). *Klasifikasi Penyakit Pada Daun dan Buah Jambu Menggunakan Convolutional Neural Network* (Vol. 7, Number 1).

Bettayeb, A. M., Abu Talib, M., Sobhe Altayasinah, A. Z., & Dakalbab, F. (2024). Exploring the impact of ChatGPT: conversational AI in education. In *Frontiers in Education* (Vol. 9). Frontiers Media SA. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1379796

Elkhatat, A. M., Elsaid, K., & Almeer, S. (2023). Evaluating the efficacy of AI content detection tools in differentiating between human and AI-generated text. *International Journal for Educational Integrity*, *19*(1). https://doi.org/10.1007/s40979-023-00140-5

Fajt, B., & Schiller, E. (2025). ChatGPT in Academia: University Students' Attitudes Towards the use of ChatGPT and Plagiarism. *Journal of Academic Ethics*, *23*(3), 1363–1382. https://doi.org/10.1007/s10805-025-09603-5

Gunawan, K. I., & Santoso, J. (2021). Multilabel Text Classification Menggunakan SVM dan Doc2Vec Classification Pada Dokumen Berita Bahasa Indonesia. *Journal of Information System,Graphics, Hospitality and Technology*, *3*(01), 29–38. https://doi.org/10.37823/insight.v3i01.126

Julyano, M. B. (2024). Desain dan Implementasi Website Harvest Lens Prediksi Harga Beras Menggunakan Framework Streamlit. *E-Proceeding of Engineering*, *11*, 2856–2860.

Maharani Isnainiyah, P., Sri Kusuma Aditya, C., & Rizki Chandranegara, D. (2025). Penerapan Model Pre-Trained BERT dalam Mendeteksi Teks Buatan ChatGPT. *REPOSITOR*, *7*(3), 393–400.

Mamo, Y., Crompton, H., Burke, D., & Nickel, C. (2024). Higher Education Faculty Perceptions of ChatGPT and the Influencing Factors: A Sentiment Analysis of X. *TechTrends*, *68*(3), 520–534. https://doi.org/10.1007/s11528-024-00954-1

Maulidya Prastita Syah, Ajeng Puspa Wardani, Mohammad Idhom, & Trimono. (2025). Perbandingan Representasi Teks Tf-Idf Dan Bert Terhadap Akurasi Cosine Similarity Dalam Penilaian Otomatis Jawaban Berbasis Teks. *Data Sciences Indonesia (DSI)*, *5*(1), 47–59. https://doi.org/10.47709/dsi.v5i1.6021

Monesa, F., & Jayadi, R. (2023). Sentiment Analysis On Investment Topic In Indonesia Using Machine Learning Algorithms Approach. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, *15*(13). www.jatit.org

Najjar, A. A., Ashqar, H. I., Darwish, O. A., & Hammad, E. (2024). *Detecting AI-Generated Text in Educational Content: Leveraging Machine Learning and Explainable AI for Academic Integrity*.

Nurashila, S. S., Hamami, F., & Kusumasari, T. F. (2023). Perbandingan Kinerja Algoritma Recurrent Neural Network (RNN) Dan Long Short-Term Memory (LSTM): Studi Kasus Prediksi Kemacetan Lalu Lintas Jaringan Pt Xyz. *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, *8*(3), 864–877. https://doi.org/10.29100/jipi.v8i3.3961

Owen, M., Vincent, V., Br Ambarita, R., & Indra, E. (2022). Implementasi Metode Long Short Term Memory Untuk Memprediksi Pergerakan Nilai Harga Emas. *Jurnal Teknik Informasi Dan Komputer (Tekinkom)*, *5*(1), 96. https://doi.org/10.37600/tekinkom.v5i1.507

Pitriani, Maylawati, D. S., & Gerhana, Y. A. (2025). Deteksi Generatif Teks pada Penilaian Otomatis Tes Esai Berbahasa Indonesia Menggunakan IndoBERT. *JEPIN (Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika)*, *11*.

Siregar, A. A., Indra, Z., Arnita, Taufik, I., & Niska, D. Y. (2025). Pengembangan Aplikasi Deteksi Teks Menggunakan Algoritma Regresi Logistik. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *9*.

Suryanto, A. A., Muqtadir, A., & Artikel, S. (2019). *Penerapan Metode Mean Absolute Error (Mae) Dalam Algoritma Regresi Linear Untuk Prediksi Produksi Padi Info Artikel : ABSTRAK*. (1), 11.

Development of a Rental Vehicle Tax Monitoring System Using the RAD Method and Automated Reminder Notifications

Yulia Hapsari [1)*)], Wiranty [2)], Desi Apriyanty [3)], Alem Pameli [4)]

[1)2)3)4)]Program Studi Manajemen Informatika, Politeknik Negeri Sriwijaya
[*)]**Correspondence author**: yuliahapsari@polsri.ac.id, Palembang, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3557

Abstract

Efficient management of vehicle tax obligations is essential for rental companies to ensure operational continuity and regulatory compliance. However, PT Go Rental still relies on manual procedures for recording tax information and reminding users of upcoming tax due dates. This practice increases the risk of delayed tax payments, difficulties in monitoring vehicle tax status, and potential administrative sanctions. To overcome the identified challenges, this research focuses on developing a web-based vehicle tax monitoring system designed to support a more streamlined and integrated tax management process. The system was built using the Rapid Application Development (RAD) approach, which promotes iterative system development and continuous user participation throughout the stages of requirements analysis, system design, implementation, and evaluation. The application was developed using PHP with the Laravel framework, while MySQL was employed for data storage and management. The functionality of the proposed system was assessed through black-box testing to ensure that each module operated in accordance with the defined specifications. The resulting application offers various features, including vehicle tax tracking, vehicle information management, tax payment reporting, and automated reminder notifications for upcoming tax due dates. The testing process confirmed that all system components functioned as intended and effectively assisted users in managing vehicle tax information. Furthermore, the implementation of the system is expected to minimize delayed tax payments, enhance administrative performance, and improve the availability of monitoring information for organizational decision-making.

Keywords: *Vehicle Tax Monitoring, Rapid Application Development, Laravel, Reminder Notification, Web-Based Information System*

Abstrak

Pengelolaan pajak kendaraan yang efektif menjadi salah satu faktor penting dalam mendukung kelancaran operasional serta kepatuhan perusahaan rental terhadap peraturan yang berlaku. Namun, PT Go Rental masih melakukan pencatatan data pajak dan pengingat jatuh tempo secara manual, sehingga berpotensi menyebabkan keterlambatan pembayaran, kesulitan dalam pemantauan status pajak kendaraan, serta risiko dikenakannya sanksi administrasi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem monitoring pajak kendaraan berbasis web yang mampu mendukung pengelolaan pajak secara lebih terintegrasi dan efisien. Pengembangan sistem dilakukan menggunakan metode Rapid Application Development (RAD) yang menekankan proses pengembangan secara iteratif dengan melibatkan pengguna pada setiap tahapan, mulai dari analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, hingga evaluasi sistem. Aplikasi dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan framework Laravel dan basis data MySQL. Sistem diuji menggunakan metode black-box testing untuk memastikan seluruh fitur berfungsi sesuai kebutuhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu menyediakan fitur monitoring pajak kendaraan, pengelolaan data kendaraan, pelaporan pembayaran pajak, serta notifikasi pengingat otomatis sebelum jatuh tempo. Hasil pengujian juga membuktikan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan dengan baik dan membantu pengguna dalam mengelola informasi pajak kendaraan secara lebih efektif. Penerapan sistem ini diharapkan dapat mengurangi keterlambatan pembayaran pajak, meningkatkan efisiensi administrasi, serta mendukung penyediaan informasi yang lebih cepat dan akurat bagi perusahaan.

Kata Kunci: Monitoring Pajak Kendaraan, Rapid Application Development, Laravel, Notifikasi Pengingat, Sistem Informasi Berbasis Web

PENDAHULUAN

Peningkatan penggunaan teknologi digital telah mengubah cara perusahaan mengelola informasi dan menjalankan proses bisnisnya. Pada sektor rental kendaraan, kebutuhan akan pengelolaan data yang cepat dan akurat mendorong pemanfaatan sistem informasi berbasis web sebagai sarana pendukung operasional. Menurut Nuraini dan Paramitalaksmi (2025) pemanfaatan teknologi informasi berbasis web mampu mendukung pengelolaan data dan informasi secara lebih terorganisasi, meningkatkan tingkat akurasi, serta mendorong terciptanya proses administrasi yang lebih transparan dan efisien. Keunggulan lainnya adalah kemampuan sistem dalam menyediakan informasi yang dapat diakses kapan saja melalui perangkat yang terkoneksi dengan internet.

Perusahaan rental kendaraan memiliki tanggung jawab dalam melakukan pengelolaan administrasi kendaraan seperti pembayaran pajak kendaraan, STNK, dan KIR secara berkala. Proses monitoring masa berlaku kendaraan yang masih dilakukan secara manual sering menyebabkan keterlambatan pembayaran pajak sehingga berdampak pada munculnya denda administrasi dan terganggunya operasional kendaraan. Menurut Saputra dan Ramadhan (2022), aktivitas pengelolaan data kendaraan yang belum didukung sistem digital sering menimbulkan kendala dalam menjaga akurasi data dan ketepatan penyampaian informasi. Risiko seperti kesalahan pencatatan maupun hilangnya data dapat memengaruhi efektivitas pengelolaan administrasi kendaraan. Untuk mengatasi hal tersebut, dibutuhkan sistem monitoring yang mampu menyediakan mekanisme pemantauan jadwal jatuh tempo secara terintegrasi, tepat, dan otomatis.

PT Go Rental menjalankan kegiatan usaha yang berfokus pada penyediaan layanan sewa kendaraan bagi pelanggan dengan berbagai kebutuhan transportasi dan memiliki jumlah kendaraan operasional yang cukup banyak. Berdasarkan hasil observasi, proses monitoring pembayaran pajak kendaraan pada PT Go Rental masih menggunakan spreadsheet sehingga admin mengalami kesulitan dalam memantau kendaraan yang mendekati masa jatuh tempo. Kondisi tersebut menyebabkan proses pengingat pembayaran pajak dilakukan secara manual dan kurang efektif. Menurut Hidayat et al. (2023), sistem monitoring berbasis web yang dilengkapi fitur notifikasi otomatis mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan administrasi kendaraan dan membantu perusahaan dalam

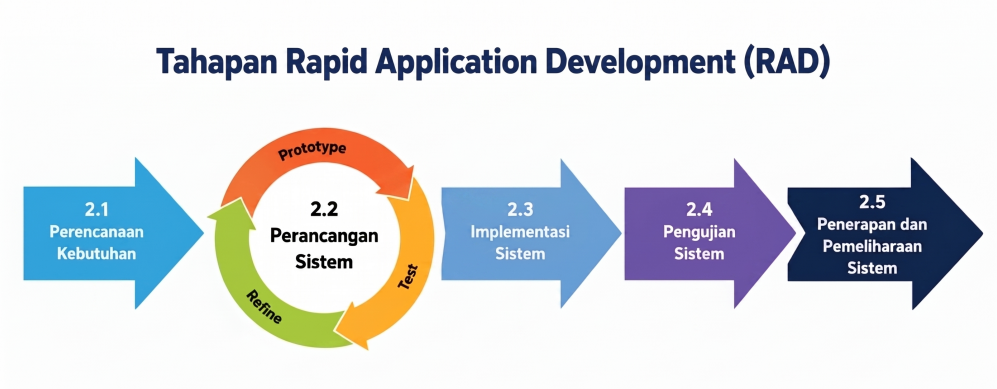
mengurangi keterlambatan pembayaran pajak kendaraan. Berbagai penelitian telah menunjukkan manfaat penerapan teknologi monitoring dan notifikasi pada sistem administrasi kendaraan. Hasil penelitian Firmansyah (2021) menunjukkan bahwa pemanfaatan framework Laravel dalam Pengembangan aplikasi monitoring berbasis web memberikan kemudahan dalam pengelolaan informasi kendaraan sehingga proses administrasi dapat berjalan lebih terorganisasi dan efisien. Sementara itu, Nugroho dan Saputri (2022) menjelaskan bahwa penggunaan fitur pengingat otomatis dapat membantu pengguna dalam memantau jadwal jatuh tempo dengan lebih akurat dan tepat waktu. Di sisi lain, Berdasarkan penelitian Wijaya et al. (2023), Rapid Application Development (RAD) merupakan pendekatan pengembangan perangkat lunak yang menekankan siklus iteratif sehingga sistem dapat dibangun dan disempurnakan dalam waktu yang relatif lebih cepat. Untuk menjawab permasalahan yang dihadapi perusahaan, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem monitoring pajak kendaraan rental berbasis web yang dibangun dengan mengadopsi metode Rapid Application Development (RAD) sebagai kerangka pengembangan perangkat lunak.dan dukungan fitur notifikasi pengingat otomatis pada PT Go Rental. Sistem ini diharapkan mampu membantu admin dalam melakukan monitoring pembayaran pajak kendaraan secara lebih efektif, meminimalisasi keterlambatan pembayaran, serta meningkatkan efisiensi pengelolaan administrasi kendaraan secara terintegrasi.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, Untuk menghasilkan sistem yang sesuai dengan kebutuhan pengguna, penelitian ini mengadopsi metode Research and Development (R&D), sementara proses perancangan dan implementasi sistem dilakukan melalui model Rapid Application Development (RAD). Model RAD menekankan siklus pengembangan yang berlangsung secara berulang (iteratif) dan mendorong keterlibatan pengguna pada setiap tahapan pengembangan sistem (Kendall & Kendall, 2021). Pemilihan metode ini didasarkan pada kemampuannya dalam mempercepat proses pembangunan aplikasi sehingga waktu pengembangan menjadi lebih efisien dibandingkan pendekatan konvensional, seperti metode Waterfall. Pressman (2019) juga menjelaskan bahwa RAD merupakan pendekatan

yang efektif untuk pengembangan aplikasi berbasis web karena mampu mendukung proses implementasi yang cepat sesuai kebutuhan pengguna.

Pada penelitian ini, metode RAD dimodifikasi dengan menambahkan fitur reminder notification otomatis untuk membantu proses monitoring jatuh tempo pajak kendaraan. Sistem yang dibangun tidak hanya sebagai media pengelolaan dan pengarsipan data kendaraan, tetapi juga mendukung proses monitoring secara real-time melalui fitur pengingat dan pelaporan yang terintegrasi.



Gambar 1. Tahapan Rapid Application Development (RAD)

Perencanaan Kebutuhan

Tahap perencanaan kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi eksisting dan berbagai kendala yang dihadapi pengguna sebagai landasan dalam merancang kebutuhan sistem yang akan diimplementasikan pada PT Go Rental. Pengumpulan data dilakukan dengan menerapkan metode observasi, wawancara, dan dokumentasi. Melalui observasi, peneliti mengkaji proses administrasi kendaraan serta pengendalian jadwal pembayaran pajak yang masih dikelola menggunakan lembar kerja elektronik (spreadsheet), sehingga diperoleh gambaran mengenai kondisi sistem yang berjalan saat ini. Sugiyono (2020) mengemukakan bahwa observasi merupakan salah satu metode pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mengamati objek penelitian secara langsung sehingga peneliti dapat memperoleh informasi yang mencerminkan situasi dan kondisi sebenarnya di lapangan. Selain itu, wawancara dilakukan dengan pihak admin dan manajemen guna memperoleh informasi mengenai prosedur monitoring kendaraan serta pengelolaan pembayaran pajak yang berjalan saat ini. Hasil analisis mengindikasikan bahwa kegiatan

pengawasan dan pengendalian pajak kendaraan masih dilakukan melalui prosedur manual, sehingga meningkatkan risiko terjadinya keterlambatan, kesalahan pencatatan, serta kurang optimalnya proses monitoring.

Perancangan Sistem

Setelah kebutuhan pengguna berhasil diidentifikasi, tahap berikutnya adalah menyusun rancangan sistem sebagai dasar pengembangan aplikasi. Rancangan ini mencakup pemodelan proses kerja sistem, perancangan basis data, serta desain antarmuka yang akan digunakan oleh pengguna. Untuk mendukung proses tersebut digunakan beberapa alat pemodelan, seperti flowchart, use case diagram, activity diagram, dan entity relationship diagram (ERD). Rosa dan Shalahuddin (2020) mengemukakan bahwa UML merupakan bahasa pemodelan visual yang dapat digunakan untuk menggambarkan struktur maupun proses yang terdapat dalam suatu sistem perangkat lunak sehingga lebih mudah dipahami selama tahap pengembangan. Selain itu, rancangan antarmuka pengguna juga disusun untuk memastikan sistem mudah dioperasikan oleh admin perusahaan. Desain sistem dikembangkan secara bertahap sesuai prinsip Rapid Application Development (RAD) melalui proses pembuatan prototipe, evaluasi, dan penyempurnaan hingga sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Implementasi Sistem

Setelah proses perancangan selesai, tahap berikutnya adalah membangun aplikasi sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan. Sistem dikembangkan dalam lingkungan berbasis web dengan memanfaatkan PHP sebagai bahasa pemrograman, Laravel sebagai framework pengembangan, dan MySQL sebagai media penyimpanan data. Menurut Sidik (2018), Laravel merupakan kerangka kerja PHP yang menerapkan konsep Model View Controller (MVC), sehingga pengembangan aplikasi dapat dilakukan secara lebih terorganisasi, fleksibel, dan efisien. Sistem yang dibangun terdiri atas beberapa modul utama, antara lain autentikasi pengguna, dashboard monitoring, pengelolaan data kendaraan, monitoring pajak kendaraan, notifikasi pengingat otomatis, serta laporan pembayaran pajak kendaraan.

Pengujian Sistem

Setelah proses pengembangan selesai, dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa

setiap fitur aplikasi dapat beroperasi sebagaimana mestinya. Metode yang digunakan adalah black-box testing, yaitu pengujian yang menitikberatkan pada pemeriksaan fungsi aplikasi melalui analisis hasil keluaran dari berbagai skenario masukan tanpa meninjau kode sumber secara langsung (Pressman, 2019). Pengujian mencakup fitur autentikasi pengguna, pengelolaan informasi kendaraan, pemantauan status pajak kendaraan, serta mekanisme pengiriman notifikasi pengingat secara otomatis. Selain itu, pengujian juga dilakukan pada fitur reminder notification untuk memastikan sistem mampu memberikan pengingat secara otomatis sesuai jadwal jatuh tempo pajak kendaraan.

Penerapan dan Pemeliharaan Sistem

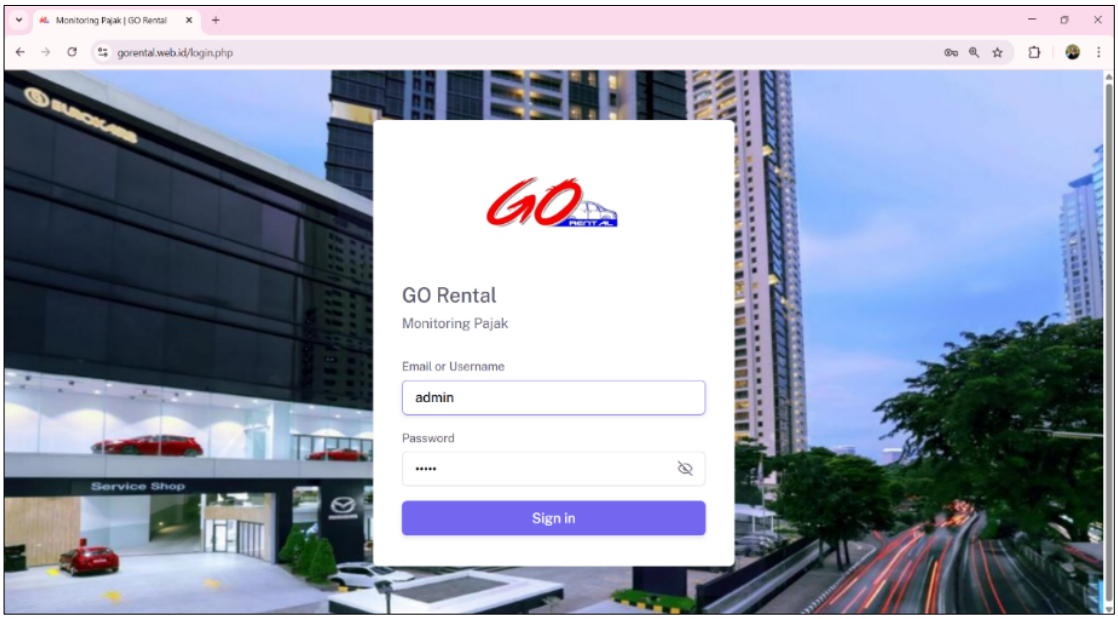
Tahap penerapan dilakukan dengan mengimplementasikan sistem pada lingkungan operasional PT Go Rental. Setelah sistem digunakan, kegiatan pemeliharaan dilakukan secara berkala untuk menindaklanjuti berbagai permasalahan yang teridentifikasi selama proses evaluasi sekaligus melakukan peningkatan performa sistem untuk mendukung operasional yang lebih optimal, dan menyesuaikan sistem dengan kebutuhan pengguna yang terus berkembang. Menurut Sommerville (2018), Dalam siklus hidup sistem, tahap pemeliharaan berfungsi sebagai upaya berkelanjutan untuk menjaga stabilitas operasional, meningkatkan kualitas layanan sistem, serta memastikan kemampuan sistem dalam memenuhi kebutuhan dan tuntutan organisasi dari waktu ke waktu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah aplikasi berbasis web untuk monitoring pajak kendaraan rental yang dibangun dengan mengadopsi metode Rapid Application Development (RAD). Metode tersebut dipilih karena mampu mempercepat proses pembangunan aplikasi melalui pendekatan iteratif yang memungkinkan pengembangan sistem dilakukan secara lebih efektif sesuai kebutuhan pengguna , pengembangan melalui mekanisme iterasi dan umpan balik pengguna secara berkelanjutan. Implementasi sistem memanfaatkan PHP sebagai bahasa pemrograman, Laravel sebagai framework pengembangan, dan MySQL sebagai basis data.

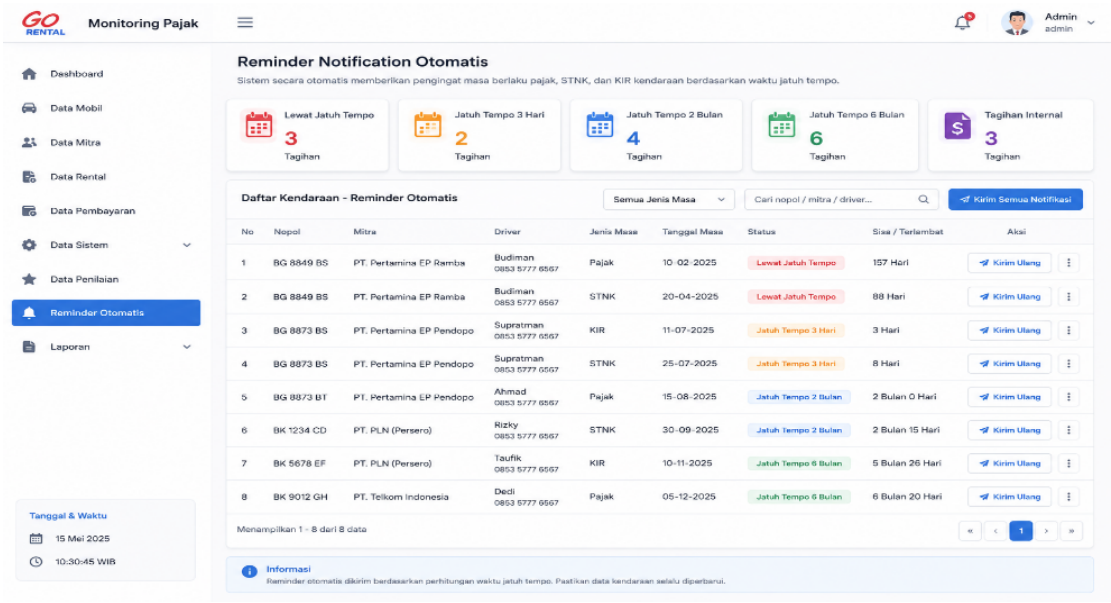
Arsitektur yang digunakan memungkinkan pengelolaan informasi kendaraan dan pemantauan kewajiban pajak dilakukan secara lebih terstruktur, terintegrasi, dan mudah

dikelola. Sistem yang dikembangkan memiliki beberapa fitur utama seperti dashboard monitoring, data kendaraan, monitoring jatuh tempo pajak, *reminder notification* otomatis, dan laporan pembayaran pajak kendaraan. Dashboard monitoring digunakan untuk menampilkan informasi kendaraan yang mendekati jatuh tempo, kendaraan yang telah melewati masa pembayaran pajak, serta rekapitulasi armada yang tersaji berdasarkan pengelompokan kategori kendaraan tertentu. Sistem juga menyediakan fitur pencarian data kendaraan sehingga admin dapat menemukan informasi kendaraan secara lebih cepat dan efektif dibandingkan proses manual menggunakan *spreadsheet*. Fitur *reminder notification* otomatis menjadi fitur utama pada sistem yang digunakan untuk memberikan pengingat kepada admin terkait kendaraan yang mendekati masa jatuh tempo pembayaran pajak. Sistem secara otomatis membaca tanggal jatuh tempo kendaraan kemudian membandingkannya dengan tanggal saat ini untuk menentukan status kendaraan. Notifikasi dibagi menjadi beberapa kategori seperti jatuh tempo 6 bulan, 2 bulan, 3 hari, dan kendaraan yang telah melewati masa pembayaran. Dengan adanya fitur ini, proses monitoring pembayaran pajak kendaraan menjadi lebih efektif sehingga dapat membantu PT Go Rental dalam meminimalisasi keterlambatan pembayaran pajak dan mengurangi risiko denda administrasi.



Gambar 2. Halaman Login

Desain halaman login disusun dengan struktur yang sederhana, jelas, dan mudah dipahami oleh pengguna, sehingga proses autentikasi dapat dilakukan dengan lebih nyaman serta mendukung pengalaman penggunaan sistem yang lebih baik. Selain itu, identitas perusahaan ditampilkan melalui logo PT Go Rental pada halaman utama sebagai bentuk representasi visual sistem yang dikembangkan. Melalui proses autentikasi pada halaman login, pengguna memperoleh akses ke berbagai modul yang tersedia dalam aplikasi, termasuk pengelolaan informasi kendaraan dan pemantauan kondisi pajak kendaraan secara terintegrasi, pengelolaan laporan pembayaran pajak, serta notifikasi pengingat jatuh tempo pajak kendaraan. Dengan adanya mekanisme autentikasi tersebut, keamanan dan kerahasiaan informasi yang tersimpan dalam sistem dapat lebih terjamin.



Gambar 3. Halaman *Reminder Notification* Otomatis

Di bagian utama halaman terdapat tabel daftar kendaraan yang memuat informasi nomor polisi, nama mitra, pengemudi, jenis kendaraan, tanggal masa berlaku pajak, status jatuh tempo, serta sisa waktu sebelum jatuh tempo. Data tersebut memudahkan admin dalam melakukan identifikasi kendaraan yang memerlukan tindak lanjut. Sistem juga menyediakan fitur pencarian dan penyaringan data untuk mempercepat proses pencarian informasi kendaraan tertentu. Selain menampilkan informasi monitoring, halaman ini dilengkapi dengan tombol Kirim Ulang yang memungkinkan admin mengirimkan kembali notifikasi pengingat kepada pihak terkait. Dengan adanya fitur reminder notification otomatis, sistem

mampu membantu perusahaan dalam mengurangi risiko keterlambatan pembayaran pajak kendaraan, meningkatkan ketepatan pengelolaan administrasi, serta mendukung proses pengawasan kendaraan secara lebih terintegrasi dan real-time.

Pengujian Sistem

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan fungsi dari sistem, Untuk memastikan seluruh fitur beroperasi sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan, dilakukan pengujian sistem dengan pendekatan Black Box Testing. Pendekatan ini berfokus pada verifikasi keluaran sistem berdasarkan skenario masukan yang diberikan tanpa melibatkan analisis terhadap kode program (Pressman, 2019). Melalui pengujian tersebut, setiap fitur pada sistem monitoring pajak kendaraan rental dapat dievaluasi sehingga diperoleh kepastian bahwa sistem telah bekerja sesuai kebutuhan operasional pengguna.

Berikut adalah hasil pengujian sistem monitoring pajak kendaraan rental pada PT Go Rental.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem Menggunakan Metode Blackbox

Kelas Uji	Skenario Uji	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
Login Benar	Pengguna melakukan autentikasi dengan memasukkan kombinasi username dan password yang valid, kemudian menekan tombol login untuk memperoleh akses ke dalam sistem.	Setelah kredensial pengguna tervalidasi, sistem memberikan akses dan secara otomatis menampilkan halaman dashboard admin sebagai halaman utama pengelolaan aplikasi	Sesuai
Login Salah	Pengguna melakukan percobaan akses ke sistem dengan menggunakan kredensial yang tidak sesuai, kemudian menekan tombol login untuk memproses autentikasi	Sistem menolak akses dan menampilkan pesan peringatan login gagal	Sesuai
Logout	Mengeklik tombol logout pada menu sistem	Setelah pengguna melakukan proses logout, sistem menutup sesi yang aktif dan secara otomatis menampilkan halaman login untuk proses autentikasi berikutnya.	Sesuai
Dashboard Monitoring	Admin mengakses menu dashboard monitoring	Sistem menampilkan informasi kendaraan jatuh tempo dan status pembayaran pajak	Sesuai
Halaman Data Kendaraan	Admin mengakses menu data kendaraan	Sistem menampilkan daftar kendaraan rental beserta informasi masa berlaku pajak	Sesuai
Tambah Data Kendaraan	Admin menginput data kendaraan baru dan menyimpan data	Data kendaraan berhasil tersimpan ke database	Sesuai
Monitoring	Admin membuka menu monitoring	Sistem menampilkan daftar	Sesuai

Kelas Uji	Skenario Uji	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
Pajak Kendaraan	pajak kendaraan	kendaraan berdasarkan status jatuh tempo	
Reminder Notification	Sistem membaca tanggal jatuh tempo kendaraan	Sistem menampilkan notifikasi otomatis kendaraan yang mendekati jatuh tempo	Sesuai
Pencarian Data Kendaraan	Admin melakukan pencarian data kendaraan	Sistem menampilkan data kendaraan sesuai kata kunci pencarian	Sesuai
Laporan Pembayaran Pajak	Admin membuka menu laporan pembayaran pajak	Sistem menampilkan laporan pembayaran pajak kendaraan secara lengkap	Sesuai

Hasil pengujian yang dilakukan melalui metode Black Box Testing menunjukkan bahwa seluruh modul dan fitur aplikasi telah berfungsi sesuai dengan kebutuhan yang telah dirumuskan pada tahap perancangan. Kesesuaian antara hasil aktual dan hasil yang diharapkan pada setiap skenario pengujian mengindikasikan bahwa sistem memiliki tingkat fungsionalitas yang baik serta siap digunakan untuk mendukung proses pemantauan pajak kendaraan rental secara lebih efektif dan terstruktur. Pengujian dilakukan pada fitur login, dashboard monitoring, data kendaraan, monitoring pajak kendaraan, *reminder notification* otomatis, pencarian data kendaraan, dan laporan pembayaran pajak kendaraan. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh fitur aplikasi dapat berjalan sesuai dengan mekanisme yang telah dirancang dan menghasilkan keluaran yang sesuai dengan harapan. Tidak ditemukan permasalahan pada fungsi-fungsi utama sistem, sehingga aplikasi yang dikembangkan dinilai mampu mendukung proses pemantauan dan pengelolaan pajak kendaraan secara lebih efektif, terstruktur, dan berkelanjutan di PT Go Rental. Notifikasi pengingat otomatis yang tersedia membantu admin memperoleh informasi mengenai jadwal pembayaran pajak yang akan segera jatuh tempo sehingga langkah antisipasi dapat dilakukan lebih awal. Kondisi ini berkontribusi dalam menekan kemungkinan keterlambatan pembayaran dan mengurangi risiko sanksi administrasi. Selain meningkatkan ketepatan pengelolaan pajak kendaraan, sistem juga memberikan kemudahan dalam pengelolaan administrasi melalui proses yang lebih terorganisasi, cepat, dan terintegrasi dibandingkan penggunaan spreadsheet secara manual.

Pembahasan

Pengembangan sistem monitoring pajak kendaraan rental berbasis web memberikan manfaat dalam meningkatkan kualitas pengelolaan pajak kendaraan melalui proses pemantauan yang lebih sistematis, terintegrasi, dan efisien dibandingkan metode yang digunakan sebelumnya. Fitur *reminder notification* otomatis membantu admin dalam mengetahui kendaraan yang mendekati jatuh tempo pembayaran pajak sehingga dapat meminimalisasi keterlambatan pembayaran dan denda administrasi. Pengembangan sistem menjadi lebih efektif dengan penerapan metode Rapid Application Development (RAD), karena pendekatan ini memungkinkan proses evaluasi dan penyempurnaan sistem dilakukan secara bertahap pada setiap iterasi berdasarkan masukan serta kebutuhan pengguna yang terus berkembang. Selain mendukung proses pengembangan yang lebih responsif, sistem berbasis web yang dihasilkan juga membantu admin dalam memperoleh informasi kendaraan secara cepat, melakukan pemantauan secara berkesinambungan, serta mengelola data dalam satu sistem yang terintegrasi.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Melalui tahapan penelitian dan pengembangan yang telah dilaksanakan, berhasil dibangun sebuah sistem monitoring pajak kendaraan rental berbasis web yang direalisasikan menggunakan metode RAD guna mendukung pengembangan aplikasi secara iteratif dan terstrukturyang dapat diterapkan pada PT Go Rental sebagai sarana pendukung pengelolaan dan pemantauan pajak kendaraan. Sistem ini mampu membantu proses monitoring pembayaran pajak kendaraan secara lebih efektif, cepat, dan terintegrasi dibandingkan proses manual menggunakan spreadsheet. Fitur utama pada sistem seperti dashboard monitoring, data kendaraan, monitoring jatuh tempo pajak, reminder notification otomatis, dan Berdasarkan hasil evaluasi dengan metode Black Box Testing, modul laporan pembayaran pajak kendaraan mampu beroperasi sesuai kebutuhan fungsional dan menghasilkan keluaran yang sesuai dengan rancangan sistem. Fitur reminder notification otomatis mampu memberikan pengingat kepada admin terkait kendaraan yang mendekati masa jatuh tempo pembayaran pajak sehingga dapat meminimalisasi keterlambatan pembayaran dan risiko denda administrasi kendaraan.

REFERENSI

Chandra, Y. I., Ruri Irawati, D., Riastuti, M., Jakarta STI, S., BRI No, J., Dalam, R., Baru, K., & Selatan, J. (2025). Perancangan UI/UX Aplikasi Layanan Kesehatan Hewan Menggunakan Design Thinking dan Model Agile Berbasis Web. *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, *26*(1), 184–197. https://doi.org/10.37817/Tekinfo.v26i1

Firmansyah, D. (2021). Pengembangan Sistem Monitoring Kendaraan Menggunakan Framework Laravel. *Jurnal Teknologi Informasi, 7*(2), 88–95.

Ghozali, I. (2018). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.

Hidayat, T., Nugroho, A., & Saputri, D. (2023). Implementasi *Reminder Notification* pada Sistem Monitoring Kendaraan Rental Berbasis Web. *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi, 5*(1), 55–63.

Kendall, K. E., & Kendall, J. E. (2021). *Systems Analysis and Design* (10th ed.). Pearson Education.

Nugroho, A., & Saputri, R. (2022). Implementasi Notifikasi Otomatis pada Sistem Informasi Administrasi Kendaraan. *Jurnal Ilmiah Informatika, 9*(1), 33–41.

Perancangan Aplikasi Bursa Kerja Bidang Komputer Berbasis Web. (2021). *Jurnal Sistem Informasi dan Komputer, 4*(1), 45–53.

Pratama, I. P. A. E. (2021). Pengembangan Sistem Informasi Berbasis Web untuk Monitoring Administrasi Kendaraan. *Jurnal Informatika, 8*(1), 21–30.

Pressman, R. S. (2019). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (9th ed.). McGraw-Hill Education.

Rosa, A. S., & Shalahuddin, M. (2020). *Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek*. Informatika Bandung.

Saputra, R., & Ramadhan, F. (2022). Sistem Monitoring Kendaraan Berbasis Website pada Perusahaan Rental. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi, 12*(2), 45–53.

Sidik, B. (2018). *Framework Laravel untuk Pengembangan Aplikasi Web*. Informatika Bandung.

Sommerville, I. (2018). *Software Engineering* (10th ed.). Pearson.

Sugiyono. (2020). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Wijaya, H., Prasetyo, E., & Kurniawan, R. (2023). Penerapan Metode *Rapid Application Development* pada Complementation of Customer Relationship Management (CRM) Method in Website Bases E-Marketing Applications. (2022). *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi, 5*(2), 120–128.

Penerapan Metode CRM untuk Optimalisasi Layanan dan Monitoring Pembayaran Pajak Kendaraan di PT Go Rental. (2024). *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi, 8*(2), 88–97.

Design of a Local Game News Website Using the Waterfall Method and the Laravel Framework

Royan Habibie Sukarna [1)*)], Fatwaraga Rafsanjani [2)], Fitri Damyati [3)], Haries Anom Susetyo Aji Nugroho [4)]

[1)2)3)]Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Sultang Ageng Tirtayasa
[4)]Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Bhamada Slawi
[*)]**Correspondence author**: royan@untirta.ac.id, Cilegon, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3559

Abstract

The video game industry in Indonesia is showing an upward trend, marked by the emergence of various local game developers and growing public interest. However, the availability of information platforms specifically dedicated to local games remains limited and scattered across various sources. This situation makes it difficult to access structured and centralized information. This study aims to design and develop a web-based news platform focusing on local Indonesian video games using the Waterfall methodology and Laravel framework. The development process follows a structured approach including requirement analysis, system design, implementation, and testing. Data were collected through user preference questionnaires, observation of similar websites, and post-development evaluation. The system was developed with core features such as responsive interface, search functionality, and SEO optimization. Black-box testing results show that all system functionalities operate correctly. User evaluation involving 25 indicators resulted in a satisfaction score of 90.8% with an average rating of 4.54 out of 5. These results indicate that the system is effective, user-friendly, and meets user needs. The study concludes that the Waterfall method is suitable for structured web development and Laravel supports efficient system implementation.

Keywords: *News Website, Waterfall, Laravel, Software Engineering*

Abstrak

Perkembangan industri *video game* di Indonesia menunjukkan tren yang meningkat, ditandai dengan munculnya berbagai pengembang game lokal dan meningkatnya minat masyarakat. Namun, ketersediaan platform informasi yang secara khusus membahas game lokal masih terbatas dan tersebar di berbagai sumber. Kondisi ini menyebabkan kesulitan dalam memperoleh informasi yang terstruktur dan terpusat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun platform website berita berbasis web yang berfokus pada video game lokal Indonesia menggunakan metode *Waterfall* dan *framework Laravel*. Proses pengembangan dilakukan secara sistematis meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Pengumpulan data dilakukan melalui kuesioner preferensi pengguna, observasi *website* pembanding, serta evaluasi setelah sistem dikembangkan. *Website* yang dihasilkan memiliki fitur utama seperti tampilan responsif, fitur pencarian, dan optimasi SEO. Hasil pengujian *blackbox* menunjukkan seluruh fungsi sistem berjalan dengan baik. Evaluasi pengguna terhadap 25 indikator menghasilkan tingkat kepuasan sebesar 90,8% dengan nilai rata-rata 4,54 dari skala 5. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem efektif, mudah digunakan, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Metode *Waterfall* terbukti cocok untuk pengembangan sistem terstruktur dan *Laravel* mendukung implementasi secara efisien.

Kata Kunci: Website Berita, *Waterfall*, Laravel, Rekayasa Perangkat Lunak

PENDAHULUAN

Perkembangan industri *video game* di Indonesia menunjukkan tren yang meningkat, ditandai dengan munculnya berbagai pengembang game lokal dan meningkatnya minat masyarakat (Loeis et al., 2023; Wibowo et al., 2022). Namun, ketersediaan platform informasi yang secara khusus membahas game lokal masih terbatas dan tersebar di berbagai sumber (Kavanaugh et al., 2013). Kondisi ini menyebabkan kesulitan dalam memperoleh informasi yang terstruktur dan terpusat.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan website berita menggunakan metode *Waterfall* dan *Prototype (Anwar et al., 2022; Apriliando Institut Agama Kristen Negeri Palangka Raya Jalan Tampung Penyang et al., 2021; Putri & Apsiswanto, 2024; Saputra et al., 2024)*, namun masih memiliki keterbatasan seperti tidak adanya fitur pencarian, belum optimalnya SEO, serta keterbatasan akses *multiplatform*. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem yang mampu mengatasi keterbatasan tersebut.

Perkembangan teknologi web mendorong penggunaan *framework* dalam pengembangan aplikasi untuk meningkatkan efisiensi, keamanan, dan kemudahan pemeliharaan sistem. Salah satu *framework* yang banyak digunakan adalah *Laravel*, yang menerapkan arsitektur *Model-View-Controller* (MVC) sehingga memudahkan pengelolaan kode dan pengembangan fitur secara terstruktur. Selain itu, *Laravel* menyediakan berbagai fitur bawaan seperti *routing*, autentikasi, dan manajemen *database* yang mendukung proses pengembangan aplikasi web secara cepat dan efisien (Luke Welling & Laura Thomson, 2001; Marli'aini & Anggoro, 2024).

Selain aspek teknis, keberhasilan suatu *website* juga dipengaruhi oleh kualitas antarmuka dan pengalaman pengguna (UI/UX). Desain yang baik tidak hanya menampilkan visual yang menarik, tetapi juga harus mudah digunakan, responsif, dan mampu memenuhi kebutuhan pengguna secara efektif. Konsep *usability* menekankan pada kemudahan penggunaan, efisiensi, serta kepuasan pengguna dalam berinteraksi dengan sistem (Jakob Nielsen, 1994). Oleh karena itu, evaluasi usability menggunakan pendekatan seperti skala Likert menjadi penting untuk mengukur tingkat penerimaan pengguna terhadap sistem yang dikembangkan (Brooke, 1996; Likert, 1932).

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun website berita game lokal menggunakan metode *Waterfall* dan *framework Laravel* dengan fitur utama berupa tampilan responsif, pencarian berita, serta optimasi SEO. Selain itu, dilakukan evaluasi terhadap tingkat kepuasan pengguna untuk menilai efektivitas sistem yang dikembangkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Waterfall yang terdiri dari lima tahap utama yaitu analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, dan evaluasi. Data dikumpulkan melalui:

1. Kuesioner preferensi (64 responden)
2. Observasi tiga website pembanding
3. Kuesioner evaluasi (≥20 responden)

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif untuk memperoleh gambaran yang komprehensif terhadap kebutuhan dan evaluasi sistem (Sugiono, 2013). Untuk analisis kualitatif digunakan untuk mendapatkan preferensi desain, sedangkan analisis Kuantitatif digunakan untuk evaluasi (skala Likert).

Pengujian sistem menggunakan metode *blackbox* untuk memastikan seluruh fungsi berjalan sesuai kebutuhan (Angel et al., 2025; Ayupratiwi et al., 2025). Data hasil evaluasi pengguna dianalisis menggunakan metode rata-rata (*mean*) berdasarkan skala *Likert* (Likert, 1932; Marli'aini & Anggoro, 2024). Perhitungan dilakukan untuk setiap item pertanyaan, kemudian dirata-ratakan kembali pada tingkat kategori untuk memperoleh gambaran umum terhadap penerimaan pengguna terhadap sistem.

$$\bar{X} = \frac{\sum(X_i \, x \, f_i)}{N} \quad (1)$$

Keterangan:

- $\bar{X}$ = nilai rata-rata per item
- X_i = skor jawaban (skala Likert, misalnya 1–5)
- f_i = frekuensi jawaban
- N = jumlah responden

$$\bar{X}_{kategori} = \frac{\sum \bar{X}_i}{k} \quad (2)$$

Keterangan:

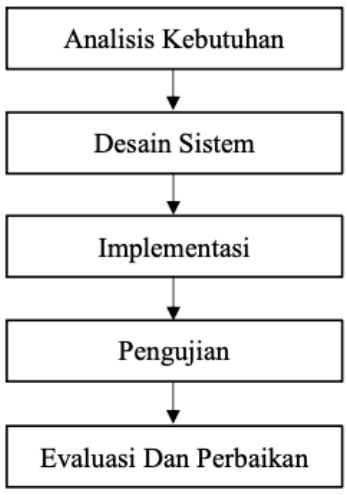
- $\bar{X}_{kategori}$ = rata-rata kategori
- $\bar{X}_i$ = rata-rata tiap item
- k = jumlah item dalam kategori

Untuk mempermudah interpretasi penilaian, maka perlu dibuat pengelompokan kategori terhadap penilaian rekapitulasi data evaluasi. Interpretasi tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Kategori Penilaian Berdasarkan *Skala Likert*

Indikator	Rentang Skala
Sangat Baik	4,20 – 5,00
Baik	3,40 – 4,19
Cukup	2,60 – 3,39
Buruk	1,80 – 2,59
Sangat Buruk	1,00 – 1,79

Analisis perancangan sistem dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan alur penelitian yang mengacu pada metode Waterfall.



Gambar 1. *Flowchart Waterfall*

Metode *Waterfall* adalah model pengembangan perangkat lunak yang dilakukan secara berurutan mulai dari analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, hingga evaluasi dan perbaikan (Angel et al., 2025; Marli'aini & Anggoro, 2024). Setiap tahap harus diselesaikan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya, sehingga menghasilkan

proses pengembangan yang terstruktur dan sistematis. Setiap tahap dilakukan secara berurutan dan menjadi dasar bagi tahap berikutnya dalam pengembangan sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan sebagai dasar dalam perancangan *website*. Data diperoleh melalui penyebaran kuesioner preferensi, dan melalui observasi terhadap tiga *website* berita game sebagai bahan perbandingan dan referensi dalam perancangan *website*. Dibawah ini merupakan tabel yang menunjukkan 64 data diri responden yang mengisi kuesioner preferensi desain.

Tabel 2. Preferensi Data Responden

Pertanyaan	Jawaban Terbanyak
Usia	20-25 tahun
Gender	Pria dan wanita
Frekuensi bermain game	Sangat sering
Frekuensi melihat berita game	Sering
Media yang digunakan untuk melihat berita game	Media sosial
Platform game yang digunakan	Perangkat *mobile*

Berikutnya adalah tabel hasil kuesioner preferensi yang menunjukkan hasil 64 data dari preferensi responden.

Tabel 3. Data Preferensi

Pertanyaan	Jawaban Terbanyak
Apa warna tema yang cocok untuk website?	Warna campuran
Apa warna utama yang cocok untuk website?	Biru
Gaya font seperti apa yang paling cocok?	Mudah dibaca
Desain visual apa yang cocok untuk website?	Sederhana dan bersih
Kesan awal seperti apa yang diinginkan?	Menyenangkan dan seru
Apakah desain mempengaruhi kenyamanan?	Sangat berpengaruh
Apakah fitur tampilan responsif penting?	Sangat penting
Apakah penggunaan gambar atau video penting?	Sangat penting
Apakah kecepatan loading penting?	Sangat penting
Apakah animasi pada website penting?	Biasa
Apakah logo harus menarik?	Setuju
Gaya penyajian konten seperti apa yang cocok?	Berita singkat dan padat
Tata bahasa seperti apa yang cocok?	Santai dan mudah dipahami
Apa poin terpenting dari website berita game?	Konten yang lengkap dan akurat
Apakah ada rekomendasi website berita lain?	IGN, GameSpot, Dunia Game

Berdasarkan hasil kuesioner preferensi, pengguna cenderung menyukai desain website yang sederhana, bersih, dan mudah dibaca dengan dominasi warna biru. Aspek

visual dinilai berpengaruh besar terhadap kenyamanan, sehingga penggunaan font yang jelas serta tampilan yang responsif menjadi kebutuhan utama.

Dari sisi fungsionalitas, responden menekankan pentingnya kecepatan loading, dukungan tampilan responsif, serta penggunaan media visual seperti gambar atau video. Sebaliknya, animasi tidak dianggap sebagai elemen yang penting. Hal ini menunjukkan bahwa pengguna lebih memprioritaskan performa dan kemudahan akses dibandingkan elemen visual tambahan.

Dalam penyajian konten, pengguna lebih menyukai berita yang singkat, padat, serta menggunakan bahasa yang santai dan mudah dipahami. Selain itu, kelengkapan dan keakuratan informasi menjadi faktor utama dalam menentukan kualitas website berita. Temuan ini kemudian menjadi dasar dalam perancangan sistem agar sesuai dengan kebutuhan dan preferensi pengguna.

Selanjutnya adalah tabel observasi terhadap tiga *website* yang menjadi rekomendasi terbanyak responden berdasarkan hasil dari kuesioner preferensi.

Tabel 4. Data Observasi Website Pembanding

Pertanyaan	Jawaban Terbanyak	IGN	GameSpot	Dunia Game
Apa warna tema yang cocok untuk website?	Campuran warna	Iya	Sebagian	Iya
Apa warna utama yang cocok untuk website?	Biru	Iya	Tidak	Iya
Gaya font seperti apa yang paling cocok?	Mudah dibaca	Iya	Iya	Iya
Desain visual apa yang cocok untuk website?	Sederhana dan bersih	Iya	Iya	Tidak
Kesan awal seperti apa yang diinginkan?	Menyenangkan dan seru	Iya	Tidak	Iya
Apakah desain mempengaruhi kenyamanan?	Sangat berpengaruh	Iya	Iya	Iya
Apakah fitur tampilan responsif penting?	Sangat penting	Iya	Iya	Iya
Apakah penggunaan gambar atau video penting?	Sangat penting	Iya	Iya	Iya
Apakah kecepatan loading penting?	Sangat penting	Iya	Iya	Tidak
Apakah animasi pada website penting?	Biasa	Iya	Sebagian	Iya
Apakah logo harus menarik?	Setuju	Iya	Iya	Iya
Gaya penyajian konten seperti apa yang cocok?	Berita singkat dan padat	Tidak	Iya	Sebagian
Tata bahasa seperti apa yang cocok?	Santai dan mudah dipahami	Iya	Iya	Iya
Apa poin terpenting dari website berita game?	Konten yang lengkap dan akurat	Iya	Iya	Iya

Berdasarkan hasil observasi terhadap website pembanding dan perbandingannya dengan preferensi pengguna, sebagian besar aspek desain dan fungsionalitas telah sesuai, seperti penggunaan font yang mudah dibaca, desain responsif, serta pemanfaatan media visual. Namun, terdapat beberapa perbedaan pada aspek tertentu, seperti pemilihan warna utama, kesan visual, serta kecepatan loading yang belum sepenuhnya konsisten pada semua website.

Selain itu, dalam penyajian konten, tidak semua website menerapkan gaya penulisan yang singkat dan padat sesuai preferensi pengguna. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan antara implementasi website yang ada dengan kebutuhan pengguna. Oleh karena itu, hasil analisis ini menjadi dasar dalam merancang sistem yang lebih optimal dengan mengadopsi kelebihan dari website pembanding serta menyesuaikannya dengan preferensi pengguna.

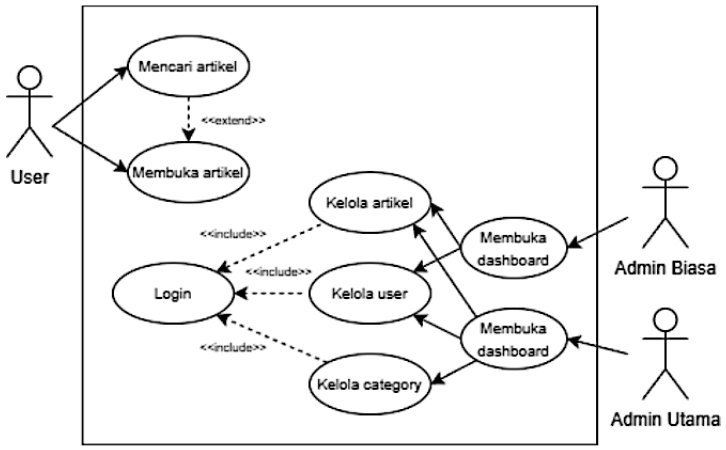
Hasil dari analisis berdasarkan pengumpulan data kuesioner preferensi dan observasi terhadap *website* pembanding dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. Data Analisis dan Preferensi

Aspek Utama	Hasil Kuesioner Preferensi dan Observasi Website
Tampilan Visual (Warna, Desain, Font, Kesan Awal)	Mayoritas responden menyukai tema campuran warna dengan dominasi biru serta desain visual yang sederhana dan bersih. Font tidak menjadi perhatian utama selama mudah dibaca. Kesan awal yang diharapkan adalah tampilan yang menyenangkan dan seru. Hasil observasi menunjukkan bahwa website IGN dan Dunia Game memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi, sedangkan GameSpot hanya sebagian sesuai.
Fungsionalitas dan Kenyamanan (Responsif, Kecepatan, Animasi, Navigasi/Search Bar)	Sebagian besar responden menilai tampilan responsif sangat penting dan kecepatan loading menjadi faktor utama kenyamanan. Animasi dianggap tidak terlalu berpengaruh. Hasil observasi menunjukkan bahwa ketiga website sudah responsif dan cepat diakses, dengan penggunaan animasi yang relatif minimal.
Media Pendukung (Gambar dan Video)	Penggunaan gambar atau video dinilai sangat penting oleh responden. Hasil observasi menunjukkan bahwa seluruh website berita game aktif menggunakan media visual untuk mendukung penyajian konten.
Elemen Identitas dan Daya Tarik (Logo dan Meta SEO)	Responden menyatakan bahwa logo berperan penting dalam meningkatkan daya tarik website. Hasil observasi menunjukkan bahwa seluruh website menggunakan logo sebagai identitas visual yang kuat. Selain itu, setiap artikel mencantumkan penulis sebagai bentuk kredibilitas konten. Dari observasi tambahan juga terlihat bahwa ketiga *website* telah menerapkan meta SEO dengan baik, terutama pada judul, deskripsi, dan kata kunci artikel.
Penyajian Konten (Gaya, Bahasa, Panjang, Akurasi, Akuntabilitas)	Responden lebih menyukai berita singkat dan padat dengan bahasa dan mudah dipahami, serta menilai konten lengkap dan akurat sebagai faktor terpenting. Observasi menunjukkan ketiga *website* menyajikan berita secara ringkas, akurat, dan menggunakan gaya bahasa ringan, sesuai dengan preferensi pengguna.

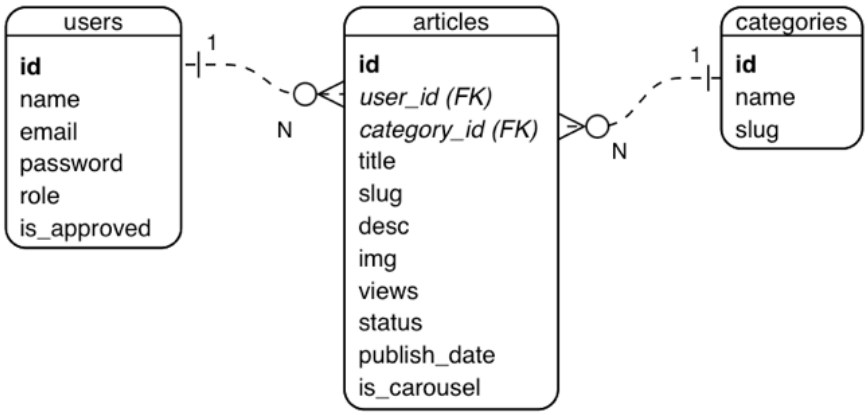
Desain Sistem

Use case diagram dirancang untuk memisahkan hak akses antara user, admin biasa, dan admin utama guna meningkatkan kontrol sistem dan keamanan pengelolaan data.



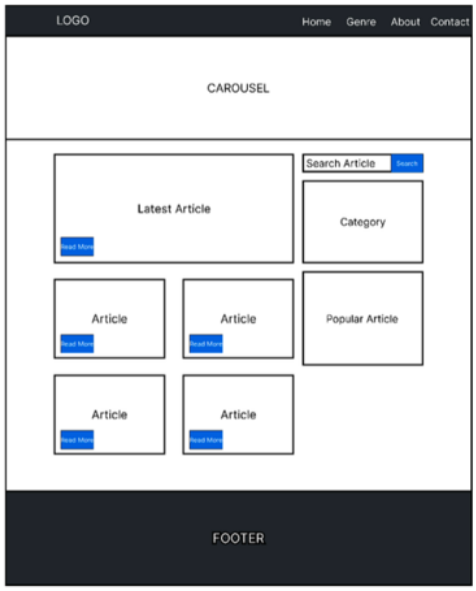
Gambar 2. *Use Case Diagram Website Berita Game Lokal*

Gambar 2 menunjukkan interaksi tiga aktor dengan sistem, yaitu User, Admin Biasa, dan Admin Utama. *User* hanya berinteraksi dengan fitur *frontend* seperti membuka *website*, mencari artikel, dan membaca artikel, dan melakukan *login*. Admin Biasa memiliki akses ke *dashboard* untuk mengelola artikel dan *user*, namun hanya dapat mengelola data yang menjadi tanggung jawabnya dan tidak memiliki akses terhadap manajemen *user* maupun proses *approval*. Sementara itu, Admin Utama memiliki hak akses penuh, termasuk mengelola kategori, mengelola *user* dan melakukan *approval*.



Gambar 3. ERD Web News

Perancangan basis data dilakukan menggunakan *Entity Relationship Diagram* (ERD) yang terdiri dari tiga entitas utama, yaitu *User*, *Article*, dan *Category*. Entitas *User* memiliki relasi satu ke banyak dengan Article, di mana satu *user* dapat menulis banyak artikel. Sementara itu, setiap artikel hanya memiliki satu kategori, sehingga entitas *Category* juga memiliki relasi satu ke banyak terhadap *Article*. Struktur ini dirancang untuk menjaga konsistensi data serta mendukung pengelolaan konten secara terstruktur.

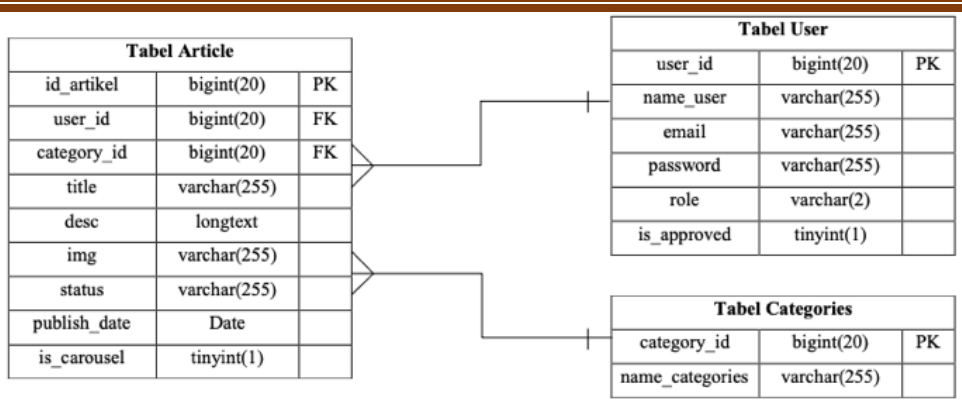


Gambar 4. UI Home

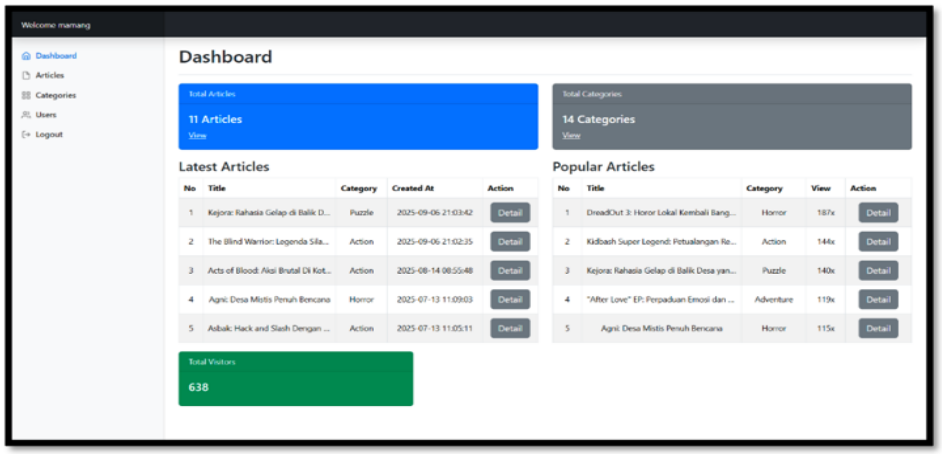
Antarmuka *website* dirancang dengan pendekatan sederhana dan responsif sesuai dengan preferensi pengguna. Halaman utama menampilkan fitur *carousel*, daftar artikel terbaru, serta kategori dan artikel populer untuk memudahkan navigasi. Selain itu, tersedia fitur pencarian untuk membantu pengguna menemukan informasi secara cepat. Desain juga dioptimalkan untuk perangkat mobile guna meningkatkan aksesibilitas pengguna.

Implementasi

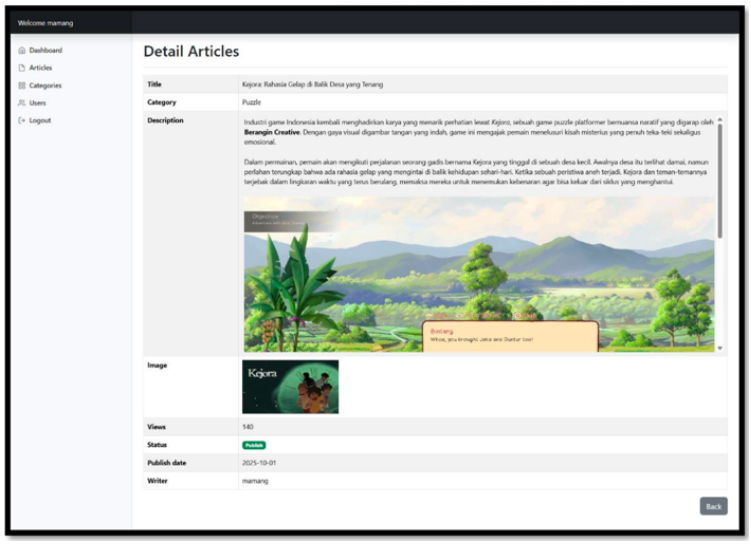
Proses implementasi sistem mencakup proses pembangunan struktur *database* beserta relasinya, pengaturan *routing*, pembuatan *controller*, penerapan validasi pengguna, integrasi data pada *dashboard*, dan implementasi fitur utama dan UI *website*.



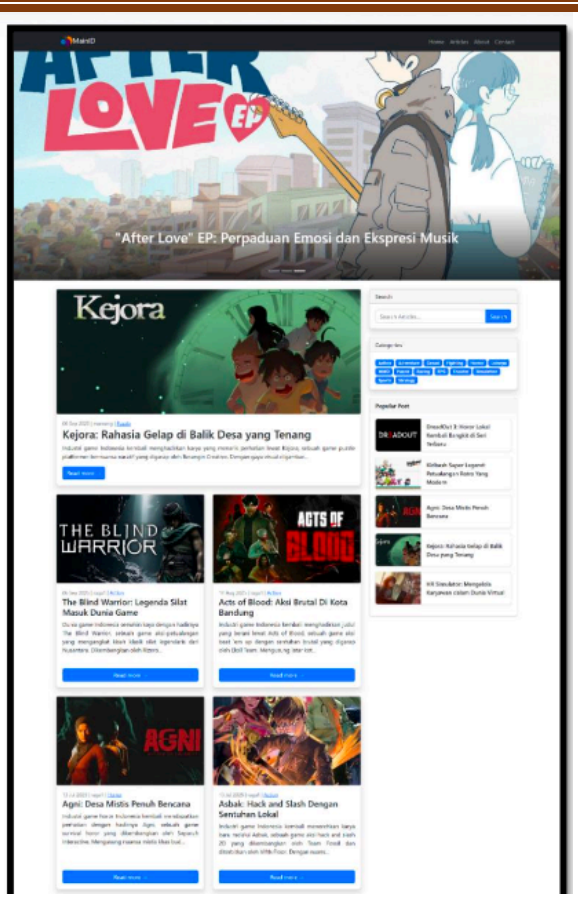
Gambar 5. Physical Data Model (PDM)



Gambar 6. Halaman Dashboard



Gambar 7. Halaman Edit *Articles*



Gambar 8. Halaman Utama

Pengujian

Pengujian sistem menggunakan metode *Blackbox Testing* yang berfokus pada fungsionalitas sistem tanpa melihat kode program. Hal ini dilakukan untuk memastikan setiap fitur sudah berjalan sesuai fungsinya.

Tabel 6. Hasil Pengujian Fungsionalitas Sistem (*Blackbox Testing*)

Fitur yang Diuji	Hasil yang Diharapkan	Hasil
Navbar	*Navbar* tampil di semua halaman	Sangat Sesuai
Footer	*Footer* tampil di semua halaman	Sangat Sesuai
Navigasi	Semua tombol dapat berfungsi	Sangat Sesuai
Carousel	*Carousel* menampilkan 3 artikel terpilih	Sangat Sesuai
Artikel terbaru	Artikel terbaru tampil di posisi paling atas	Sangat Sesuai
Daftar artikel	Semua artikel dapat ditampilkan	Sangat Sesuai
Daftar kategori	Semua kategori dapat ditampilkan	Sangat Sesuai
Artikel populer	5 artikel populer tampil di sidebar	Sangat Sesuai
Informasi artikel	Informasi tanggal, penulis, kategori, dan jumlah *views* tampil dengan benar	Sangat Sesuai
Detail artikel	Seluruh data artikel ditampilkan dengan lengkap	Sangat Sesuai
Pencarian (Search Bar)	Sistem dapat mencari artikel berdasarkan judul	Sangat Sesuai

Filter kategori	Sistem dapat menampilkan artikel berdasarkan kategori	Sangat Sesuai
Tombol berbagi (Share)	Tombol *share* berfungsi dengan baik	Sangat Sesuai
Responsive	*Website* dapat tampil di berbagai *device*	Sangat Sesuai
Meta SEO	*Website* dapat dicari melalui *google*	Sangat Sesuai

Hasil pengujian *blackbox* menunjukkan bahwa seluruh fitur sistem berjalan sesuai dengan fungsi yang diharapkan tanpa ditemukan kesalahan, sehingga sistem dinyatakan valid secara fungsional.

Tabel 7. Hasil Pengujian Fungsionalitas Sistem *Back-End* (*Blackbox Testing*)

Fitur yang Diuji	Hasil yang Diharapkan	Hasil
Login	Pengguna dapat melakukan login dengan lancar	Sangat Sesuai
Validasi akun	Akun baru harus disetujui sebelum digunakan	Sangat Sesuai
Dashboard	Menampilkan ringkasan data sistem	Sangat Sesuai
Artikel	Menampilkan data artikel	Sangat Sesuai
CRUD Artikel	Fitur CRUD artikel dapat digunakan dengan lancar	Sangat Sesuai
Kategori	Menampilkan data kategori	Sangat Sesuai
CRUD Kategori	Fitur CRUD kategori dapat digunakan dengan lancar	Sangat Sesuai
Pengguna (Users)	Menampilkan data pengguna	Sangat Sesuai
CRUD Pengguna	Fitur CRUD pengguna dapat digunakan dengan lancar	Sangat Sesuai
Logout	Pengguna dapat keluar dari dashboard	Sangat Sesuai

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur pada sisi back-end berjalan sesuai dengan kebutuhan sistem, sehingga dapat mendukung proses pengelolaan data secara efektif dan stabil.

Evaluasi dan Perbaikan

Evaluasi menilai lima aspek, yaitu desain, fungsionalitas, *usability*, konten, dan kepuasan pengguna.

Tabel 8. Distribusi Skor Evaluasi Pengguna Berdasarkan *Skala Likert*

Kategori	Pertanyaan	1	2	3	4	5	Rata-rata
Tampilan Visual	Desain website menarik?	0	1	0	8	12	4,48
	Pemilihan warna tepat?	0	0	1	7	13	4,57
	Layout rapi?	0	1	1	7	12	4,43
	Konten mudah dibaca?	0	0	1	3	17	4,76
	Tampilan konsisten?	0	1	1	8	11	4,38
Fungsi	Semua fitur berfungsi?	0	0	0	7	14	4,67
	Navigasi sesuai?	0	0	2	5	14	4,57
	Website lancar?	0	0	2	5	14	4,57
	Loading website cepat?	0	0	0	7	14	4,67
	Website responsif?	0	0	1	6	14	4,62
Usability	Penggunaan mudah dipahami?	0	0	1	6	14	4,62
	Menu mudah dipelajari?	0	0	2	6	13	4,52
	Konten mudah ditemukan?	0	1	1	7	12	4,43
	Beginner friendly?	0	0	1	8	12	4,52
	Website menyenangkan?	0	0	1	10	10	4,43

Konten	Apakah konten relevan?	0	0	3	9	11	4,76
	Bahasa mudah dipahami?	0	0	1	3	17	4,76
	Konten tersusun rapi?	0	0	2	9	10	4,38
	Media mendukung isi konten?	0	1	1	6	13	4,48
	Konten artikel lengkap?	0	0	2	7	12	4,48
Kepuasan Pengguna	Puas dengan website?	0	0	2	7	12	4,48
	Website sesuai harapan?	0	1	1	7	12	4,43
	Bersedia mengakses lagi?	0	0	0	9	12	4,57
	Merekomendasikan website?	0	0	1	10	10	4,43
	Keseluruhan website bagus?	0	0	1	8	12	4,52

Berdasarkan distribusi skor evaluasi pengguna, mayoritas responden memberikan penilaian pada skala 4 dan 5 untuk seluruh aspek yang diuji dan mendapatkan nilai rata-rata per Item sebesar 4,48. Sedangkan untuk nilai rata-rata kategori sebesar 4,54. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki tingkat penerimaan yang tinggi dari pengguna. Nilai rata-rata pada setiap indikator berada di atas 4, yang mengindikasikan bahwa sistem berada dalam kategori baik hingga sangat baik.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan metodologi *Waterfall* dalam pengembangan website berita *video game* lokal mampu menghasilkan proses pengembangan yang terstruktur dan sistematis, mulai dari tahap analisis kebutuhan hingga evaluasi sistem. Implementasi menggunakan *framework Laravel* terbukti mendukung pembangunan sistem secara efisien, terutama dalam pengelolaan data melalui fitur CRUD serta integrasi antara front-end dan back-end.

Hasil perancangan sistem menghasilkan *website* dengan struktur database yang terdiri dari entitas utama seperti artikel, kategori, dan pengguna, serta dilengkapi dengan fitur penting seperti tampilan responsif, fitur pencarian (*search bar*), dan optimasi SEO. Pengujian sistem menggunakan metode *blackbox* menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem, baik pada sisi *front-end* maupun *back-end*, berjalan sesuai dengan kebutuhan tanpa ditemukan kesalahan yang signifikan.

Evaluasi pengguna yang dilakukan menggunakan kuesioner berbasis skala *Likert* menunjukkan tingkat kepuasan sebesar 90,8% dengan nilai rata-rata 4,54 dari skala 5. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki tingkat penerimaan yang

tinggi, mudah digunakan, serta mampu memenuhi kebutuhan pengguna dalam mengakses informasi terkait *video game* lokal.

Nilai persentase diperoleh dari konversi rata-rata skor skala Likert terhadap nilai maksimum, yaitu sebesar 4,54 dari skala 5 yang setara dengan 90,8%. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem berada pada kategori *sangat baik* atau *sangat diterima* oleh pengguna.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa metode *Waterfall* efektif digunakan dalam pengembangan sistem berbasis web, dan *framework Laravel* mampu mendukung implementasi sistem secara optimal. *Website* yang dihasilkan tidak hanya memenuhi tujuan penelitian, tetapi juga berpotensi menjadi media informasi yang kredibel dan bermanfaat bagi komunitas *game* lokal di Indonesia.

REFERENSI

Angel, R., Agustina, W., Nurhasanah, N., Mauluddin, A. C., & Handayani, R. N. (2025). Pengembangan Platform E-Commerce UMKM Berbasis Laravel dengan Blackbox Testing dan Metode Waterfall. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, *5*(2). https://doi.org/10.52436/1.jpti.684

Anwar, S., Sistem Informasi, M., Dinamika Bangsa, U., & Jl Jend Sudirman Thehok-Jambi, J. (2022). Portal Berita Berbasis Web Pada PT. Jambi Ekspres Televisi (JEKTV). *MANAJEMEN SISTEM INFORMASI*, *7*(3), 407–420.

Apriliando Institut Agama Kristen Negeri Palangka Raya Jalan Tampung Penyang, A., Milono Km, R., & Raya, P. (2021). Implementasi Framework Laravel Pada Rancang Bangun Website Iakn Palangka Raya Dengan Metode Prototype. *Jurnal Sains Komputer Dan Teknologi Informasi*, *3*(2), 87–96.

Ayupratiwi, P., Retnoningsih, D., & Fitriyadi, F. (2025). Rancang Bangun Sistem informasi Pengawasan Intern dan Pemantauan Tindak Lanjut Siap Mental Menggunakan Framework Laravel. *Jurnal Algoritma*, *22*(1), 959–969. https://doi.org/10.33364/algoritma/v.22-1.2331

Brooke, J. (1996). *SUS -- a quick and dirty usability scale* (pp. 189–194).

Jakob Nielsen. (1994). *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann. https://dl.acm.org/doi/10.5555/2821575

Kavanaugh, A., Ahuja, A., Pérez-Quiñones, M., Tedesco, J., & Madondo, K. (2013). Encouraging civic participation through local news aggregation. *Proceedings of the 14th Annual International Conference on Digital Government Research*, 172–179. https://doi.org/10.1145/2479724.2479750

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, *22 140*, 55.

Loeis, M., Hubeis, M., Suroso, I., & Dirdjosuparto, S. (2023). A strategy for reducing skills gap for the game development sector of the Indonesian creative industries. *Decision Science Letters*, *12*, 97–106. https://doi.org/10.5267/dsl.2022.10.003

Luke Welling, & Laura Thomson. (2001). *PHP and MySQL Web Development*. Sams.

Marli'aini, N. T., & Anggoro, D. A. (2024). Sistem Informasi Persediaan Barang Pada PT. TGA Berbasis Website Menggunakan Framework Laravel. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, *6*(3), 469–479. https://doi.org/10.47233/jteksis.v6i3.1419

Putri, F., & Apsiswanto, U. (2024). Pengembangan Sistem Informasi Media Berita Online Menggunakan Metode Waterfall Berbasis Website. *Jurnal Informasi Dan Komputer*, *12*(1), 2024.

Saputra, A. D., Dzaky, M., Budiman, D. P., Rosyad, S. F., & Akbar, A. (2024). Rancang Bangun Aplikasi Portal Berita Berbasis Website. *Seminar Nasional Informatika Bela Negara (SANTIKA)*, *4*.

Sugiono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D* (19th ed.). Alfabeta. https://digi-lib.stekom.ac.id/assets/dokumen/ebook/feb_35efe6a47227d6031a75569c2f3f39d44fe2db43_1652079047.pdf

Wibowo, T., Che Pee, A. N., & Ahmad, I. (2022). An Analysis of Video Games Genre as Moral Educational Game. *2022 IEEE International Conference of Computer Science and Information Technology (ICOSNIKOM)*, 1–7. https://doi.org/10.1109/ICOSNIKOM56551.2022.10034917

Sentiment Analysis of the Indonesian Megathrust Earthquake and Tsunami Issue Using BERT and Roberta Methods

Hendra Rahman [1)*], Taswanda Taryo [2)], Sudarno Wiharjo [3)]

[1)2)3)]Teknik Informatika S-2, Program Pascasarjana, Universitas Pamulang
[*)]**Correspondence author**: hendra.rahman@bmkg.go.id, Tangerang Selatan, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3563

Abstract

The megathrust earthquake in Indonesia is a major potential natural disaster capable of triggering high-magnitude earthquakes and tsunamis, thereby influencing public perception. This study aims to analyze public opinion and identify the main topics related to the megathrust earthquake issue using Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT) and Robustly Optimized BERT Pretraining Approach (RoBERTa) models. The dataset consists of 16,592 comments collected from the X social media platform during the period 2012–2025, which were classified into three sentiment categories, positive, negative, and neutral. The research methodology included exploratory data analysis, text preprocessing, model training, and evaluation using four experimental scenarios. The results indicate that the best performance was achieved using an 80:10:10 train–validation test split with ten training epochs. The BERT model outperformed RoBERTa, achieving an accuracy of 92,4350%, precision of 92,4291%, recall of 92,4350%, and F1-score of 92,4292%. These findings demonstrate that BERT is more effective in capturing the linguistic context of the Indonesian language. Furthermore, this study contributes to the advancement of artificial intelligence-based sentiment analysis for monitoring public opinion on disaster-related issues and provides a valuable foundation for developing more effective risk communication strategies, disaster mitigation education, and evidence-based policymaking that is more responsive to public perception.

Keywords: *Sentiment Analysis, Megathrust, BERT, RoBERTa, Indonesia Earthquake*

Abstrak

Gempa megathrust di Indonesia merupakan potensi bencana besar yang dapat memicu gempa bumi berkekuatan tinggi dan tsunami sehingga memengaruhi persepsi masyarakat. Penelitian ini bertujuan menganalisis opini publik serta mengidentifikasi topik utama terkait isu gempa megathrust menggunakan model BERT dan RoBERTa. Dataset terdiri atas 16.592 komentar dari media sosial X periode 2012–2025 yang diklasifikasikan ke dalam sentimen positif, negatif, dan netral. Tahapan penelitian meliputi eksplorasi data, prapemrosesan teks, pelatihan model, dan evaluasi dengan empat skenario. Hasil menunjukkan bahwa konfigurasi terbaik diperoleh pada pembagian data 80:10:10 dengan epoch 10. Model BERT memberikan kinerja lebih baik dibandingkan RoBERTa dengan akurasi 92,4350%, presisi 92,4291%, recall 92,4350%, dan F1-score 92,4292%. Temuan ini menunjukkan bahwa BERT lebih efektif dalam memahami konteks linguistik bahasa Indonesia. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan analisis sentimen berbasis kecerdasan buatan untuk pemantauan opini publik terkait kebencanaan serta dapat dimanfaatkan sebagai dasar penyusunan strategi komunikasi risiko, edukasi mitigasi bencana, dan pengambilan kebijakan yang lebih responsif terhadap persepsi masyarakat.

Kata Kunci: Analisis Sentimen, Megathrust, BERT, RoBERTa, Gempa Indonesia

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang terdiri dari banyak pulau dan terletak di garis khatulistiwa, di antara dua benua serta dua lautan. Keadaan ini membuat Indonesia memiliki ciri-ciri meteorologi dan klimatologi yang sangat rumit, termasuk kemungkinan muncul-nya cuaca serta iklim yang ekstrim. Dari sudut pandang geologi, Indonesia ter-letak di pertemuan empat lempeng tektonik utama di dunia, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Philippine.(Hutchings & Mooney, 2021).

Posisi geografis negara ini menjadikan Indonesia terletak di ring of fire dan salah satu area dengan frekuensi gempa yang paling sering terjadi di seluruh dunia. Megathrust adalah zona di mana lempeng tektonik bertemu, dan ini memiliki kemampuan untuk memicu gempa yang sangat besar serta berpotensi mendatangkan tsunami. Indonesia memiliki sejumlah zona megathrust aktif yang tersebar di Sumatra, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi, dan Maluku, sehingga menjadikannya sebagai negara dengan resiko gempa dan tsunami yang cukup tinggi. Ancaman dari megathrust menjadi perhatian yang serius karena dapat mengakibatkan kerusakan pada infrastruktur, menimbulkan korban jiwa, dan memberikan dampak sosial serta ekonomi yang signifikan. (Supendi et al., 2023).

Perkembangan teknologi komunikasi dan jejaring sosial membuat masyarakat lebih giat dalam menyampaikan pendapat, tanggapan, serta pandangan mengenai masalah bencana melalui saluran digital, terutama di platform media sosial X (sebelumnya *Twitter*)(Naufal et al., 2023)(Contreras et al., 2022). Informasi terkait gempa, tsunami, dan megathrust sering kali menjadi bahan diskusi hangat di kalangan masyarakat, khususnya saat peringatan awal dikeluarkan, isu menjadi viral, atau saat terjadi gempa besar. Jejaring sosial berfungsi sebagai sumber informasi(Seneviratne et al., 2024) sekaligus tempat untuk menyebarkan pandangan masyarakat dengan sangat cepat dan luas(Naufal et al., 2023)(Fakhruddin et al., 2024).

Berdasarkan pengumpulan informasi melalui metode web *scraping* di media sosial X antara tahun 2012 sampai Oktober 2025, ditemukan sebanyak 16.592 data komentar yang berkaitan dengan topik gempa bumi dan tsunami megathrust di Indonesia. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa kepedulian masyarakat mengenai isu megathrust mengalami variasi setiap tahunnya. Pada tahun 2024, terjadi lonjakan jumlah diskusi yang sangat besar hingga

mencapai 5.352 komentar, yang mencerminkan tingginya minat publik terhadap topik ini. Sementara itu, pada tahun-tahun sebelumnya, jumlah komentar cenderung lebih rendah dan tidak konsisten(Tan & Lee, 2023).

Banyaknya informasi pendapat masyarakat yang ada di platform sosial media dapat digunakan untuk memahami perasaan umum mengenai isu megathrust, baik itu berupa perasaan positif, negatif, atau netral. Namun, data dari media sosial memiliki sifat yang tidak teratur, mengandung akronim, penggunaan bahasa yang tidak formal, simbol, dan gangguan yang memerlukan teknik analisis yang dapat mengerti konteks bahasa dengan lebih baik(Firdaus et al., 2026).

Salah satu teknik yang sering diterapkan dalam analisis sentimen adalah pendekatan *Natural Language Processing* (NLP). Dalam studi ini, digunakan model yang berlandaskan transformer, yaitu BERT (*Bidirectional Encoder Representations from Transformers*) dan RoBERTa (*Robustly Optimized BERT Pre-training Approach*). Kedua metode ini dipilih karena mereka mampu menangkap konteks kalimat dengan mendalam dan telah terbukti menghasilkan kinerja yang baik dalam berbagai tugas pengklasifikasian teks, termasuk analisis sentimen(Srivastava & Soni, 2022; Tan et al., 2023).

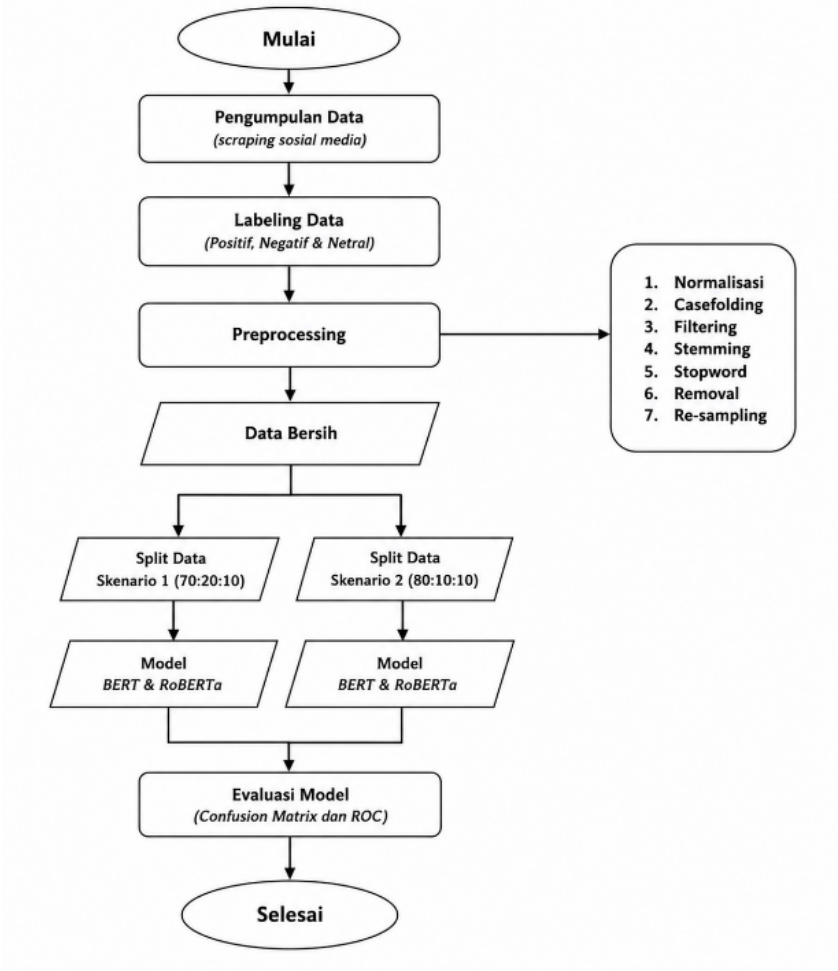
Metode BERT berfungsi dengan cara memahami keterkaitan antar kata secara dua arah, yang membuatnya lebih efektif dalam menangkap konteks kalimat dibandingkan dengan teknik yang lebih konvensional(Circuit & Circuit, 2023). Di sisi lain, RoBERTa adalah perkembangan dari BERT yang memiliki penyempurnaan dalam proses pelatihannya, sehingga dapat memberikan hasil yang lebih baik dan konsisten. Dengan menganalisis kedua metode tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan model yang paling optimal dalam mengklasifikasikan sentimen terkait isu gempa bumi dan tsunami megathrust di Indonesia.

Berdasarkan isu yang ada, studi ini mengusung judul “Analisis Sentimen mengenai Gempabumi dan Tsunami Megathrust di Indonesia dengan Pemanfaatan Metode BERT dan RoBERTa”. Melalui penelitian ini, diharapkan bisa memberikan wawasan tentang pandangan masyarakat terkait isu megathrust serta berfungsi sebagai acuan dalam pengembangan sistem analisis sentimen menggunakan deep learning di sektor kebencanaan(Sufi, 2024).

METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dirancang untuk memastikan analisis sentimen mengenai isu gempabumi dan tsunami megatrust di Indonesia dilakukan secara terstruktur dan sistematis.



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

B. Dataset

Metode pemilihan data dalam penelitian ini dilakukan dengan pendekatan purposive sampling, dimana pemilihan data berdasarkan kriteria tertentu yang relevan sesuai dengan tujuan penelitian(Campbell et al., 2020). Dalam hal ini, data yang dipilih untuk penelitian adalah komentar-komentar yang ada di platform sosial media X (sebelumnya *Twitter)*. Kriteria pemilihan sampel yang digunakan meliputi antara lain, (1) Data diambil

dari komentar-komentar sosial media X (sebelumnya *Twitter)*, menggunakan teknik *web scraping*, (2) Periode data dari 2012 sampai dengan 2025 selama 14 tahun rentang waktu periode tahun 2012 hingga Oktober 2025, (3) Relevansi teks komentar, hanya mengandung teks deskriptif minimal terdiri dari tiga kata; (4) Bahasa yang digunakan dalam ulasan adalah bahasa Indonesia(Campbell et al., 2020). Dataset mencakup 16.592 baris data ulasan dengan fitur *content* yang merupakan ulasan pengguna. Fitur *score* digunakan untuk proses klasifikasi ulasan pengguna ke dalam tiga kelas yaitu positif, netral, dan negatif.

C. Pra-pemrosesan Data

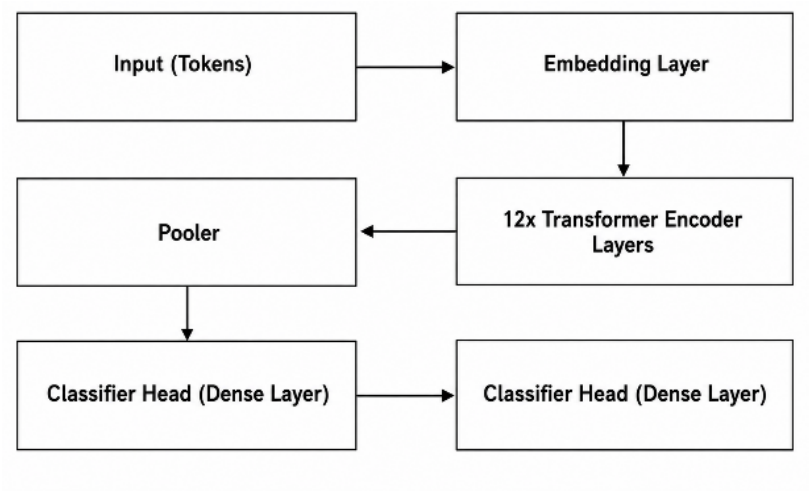
Pada tahap pra-pemrosesan data dilakukan untuk memastikan bahwa data dalam kondisi yang siap digunakan dalam proses pelatihan model. Beberapa langkah yang dilakukan dalam pra-pemrosesan data meliputi.

1. Normalisasi merupakan proses dalam mengoreksi ejaan Bahasa Indonesia dengan memanfaatkan fitur Google AI di Google Translate, dilakukan penerjemahan dua kali pada teks ulasan, yaitu dari Bahasa Indonesia ke Bahasa Inggris, lalu diterjemahkan lagi dari Bahasa Inggris ke Bahasa Indonesia.
2. *Case folding* merupakan proses menjadi semua karakter teks ulasan menjadi huruf kecil.
3. *Filtering* merupakan proses menghilangkan karakter teks yang mengandung angka, tanda baca, URL, kode ASCII, dan emoji.
4. *Stemming* merupakan proses mencari kata dasar dengan menghapus awalan dan akhiran dari suatu kata tertentu.
5. Penghapusan *Stopwords* merupakan proses penghapusan kata umum yang tidak memiliki makna dalam teks ulasan.
6. *Re-sampling imbalanced data* teknik yang digunakan untuk menyetarakan jumlah kelas minoritas mengikuti jumlah kelas mayoritas.

D. *Model Transformer*

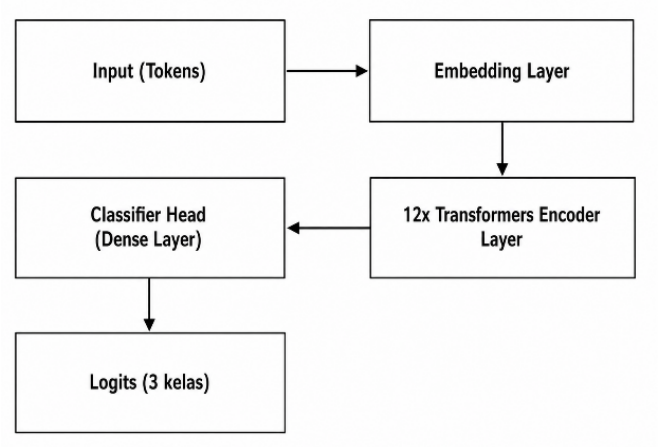
Model BERT yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Bert For Sequence Classification* dari ekstensi *indobenchmark/indobert-base-p1*. Model *Bert For Sequence Classification* diadaptasi untuk tugas klasifikasi dengan menambahkan *classification*

head di atas representasi [CLS]. Pretrained model tersebut telah dilatih sebelumnya menggunakan *masked language modeling (MLM) objective* dan *next sentence prediction (NSP) objective*(Devlin et al., 2019)(Bashiri & Naderi, 2024).



Gambar 2. Arsitektur Model BERT

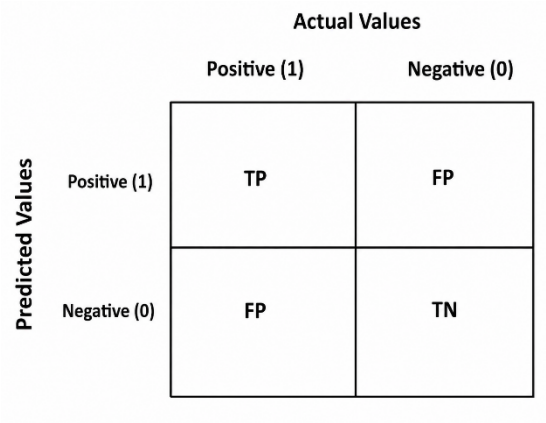
Model RoBERTa yang digunakan dalam penelitian adalah *Roberta For Sequence Classification* dari ekstensi model RoBERTa *flax-community/indonesian-roberta-base*(Wilie et al., 2019). RoBERTa base sentiment Clasifier adalah model klasifikasi teks sentimen yang didasarkan model RoBERTa. Model RoBERTaBase Indonesia yang telah dilatih sebelumnya, kemudian disempurnakan pada kumpulan data SmSA idonlu yang terdiri dari komentar dan ulasan(Liu et al., 2019)(Bashiri & Naderi, 2024)



Gambar 3. Arsitektur Model RoBERTa

E. Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan dengan mengukur sejauh mana model mampu mengklasifikasikan data secara benar. *Confusion Matrix* merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja model algoritma dengan membandingkan prediksi model dengan label yang sebenarnya. Ini memberikan pandangan yang lebih detail tentang bagaimana model melakukan klasifikasi, terutama dalam konteks klasifikasi dengan lebih dari dua kelas. *Confusion matrix* terdiri dari empat elemen utama yang membantu dalam menilai akurasi model deep learning dalam analisis sentimen antara lain, akurasi *(acuration),* presisi (*precision*), Sensitifitas (*recall*) dan *F1-score*(Chicco & Jurman, 2023).

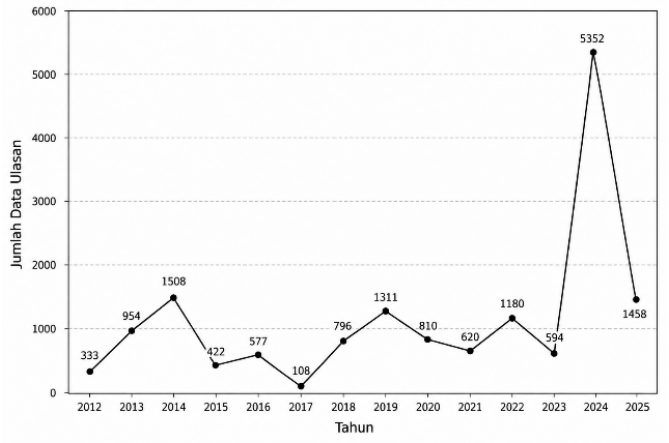


Gambar 4. Confusion Matrix

HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksplorasi Data Awal

Eksplorasi data awal dilakukan untuk memahami karakteristik dataset yang digunakan penelitian.



Gambar 5. Tren Ulasan Pengguna Media Sosial X (Sebelumnya *Twitter*)

Gambar 5 menunjukkan tren ulasan pengguna media sosial X, Dimana data dikumpulkan dari ulasan pada platform media sosial X periode 2012 sampai dengan 2025 selama 14 tahun dengan total 16.592 data

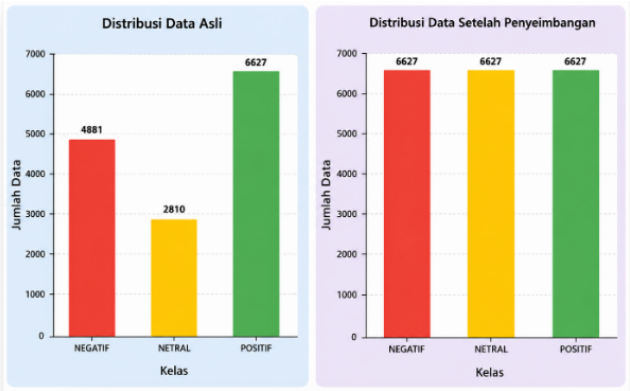
Analisis Hasil Pra-pemrosesan Data

Pada penelitian ini dilakukan pre-processing untuk memperbaiki struktur data sehingga menjadi lebih rapi dan terorganisir. Contoh hasil preprocessing.

Tabel 1. Contoh Hasil Keluaran Tahap Prapemrosesan Data

No	Masukan	Keluaran
1	[MAFIA PEDULI: MITIGASI ABOUT MEGATHRUST] Sempat terjadi peristiwa yang menggempaikan Indonesia karena berawal dari sebuah postingan di Facebook yang mengisyaratkan bahwa akan ada bencana hebat di Pulau Jawa hal ini membuat warga banyak yang khawatir maka BMKG pun angkat - https://t.co/pHm6nocXX8	[MAFIA PEDULI: MITIGASI MEGATHRUST] Ada kejadian yang menggempakan Indonesia karena bermula dari postingan di Facebook yang menandakan akan terjadi bencana besar di Pulau Jawa. Hal ini membuat banyak pihak khawatir sehingga BMKG mengambil tindakan - https://t.co/pHm6nocXX8
2	[2] .. siap siaga dan tidak gagap dalam menghadapi ancaman gempa dan tsunami. Kota Padang adalah kota yang memiliki potensi gempabumi dan tsunami dikarenakan letak pantainya di bagian barat berhadapan dengan zona sumber gempabumi Megathrust yang menurut para pakar memiliki..	[2] .. bersiaplah dan jangan ragu menghadapi ancaman gempa bumi dan tsunami. Kota Padang merupakan kota yang berpotensi terjadinya gempa bumi dan tsunami karena letak pantainya di sebelah barat menghadap zona sumber gempa Megathrust yang menurut para ahli...
3	[3] Kondisi Kalimantan sendiri merupakan pulau yang memiliki faktor kegempaan relatif lebih kecil dibandingkan pulau lainnya di Indonesia. Kalimantan kata dia tidak berada di Zona Megathrust atau zona tumbukan antara lempeng Indo-Australia dan Eurasia.	[3] Kalimantan sendiri merupakan pulau yang memiliki faktor kegempaan yang relatif lebih kecil dibandingkan pulau-pulau lain di Indonesia. Kalimantan, kata dia, tidak berada di Zona Megathrust atau zona tumbukan lempeng Indo-Australia dan Eurasia.

Tabel 1 menunjukkan contoh hasil prapemrosesan data ulasan pengguna berhasil mentransformasikan teks mentah menjadi dataset terstruktur melalui normalisasi, *case folding, filtering, stemming, re-sampling*, dan *label encoding*. Proses ini menghilangkan noise, menstandarisasi bentuk kata, mengurangi redundansi, serta memastikan keseimbangan dan konsistensi data.



Gambar 6. Grafik Distribusi Data Sebelum dan Sesudah Proses Penyeimbangan (*Balancing*)

Gambar 6 menunjukkan grafik distribusi data sebelum dan sesudah proses penyeimbangan *(balancing)*.Gambar ini merupakan perbandingan distribusi data sebelum dan sesudah proses penyeimbangan *(balancing)*.Dimana grafik distribusi data asli (kiri) menunjukkan bahwa dataset awal tidak seimbang *(imbalanced*). Kelas positif memiliki jumlah data terbanyak (6.627), diikuti negatif (4.881), sedangkan netral merupakan kelas dengan jumlah data paling sedikit (2.810). Ketidakseimbangan ini berpotensi menyebabkan model lebih cenderung memprediksi kelas mayoritas. Pada grafik distribusi data setelah penyeimbangan (kanan) menunjukkan bahwa seluruh kelas telah diseimbangkan menjadi 6.627 data untuk masing-masing kelas (negatif, netral, dan positif). Proses penyeimbangan ini bertujuan mengurangi bias model terhadap kelas mayoritas sehingga proses pelatihan menjadi lebih adil dan diharapkan menghasilkan performa klasifikasi yang lebih baik, terutama pada kelas yang sebelumnya memiliki jumlah data lebih sedikit.

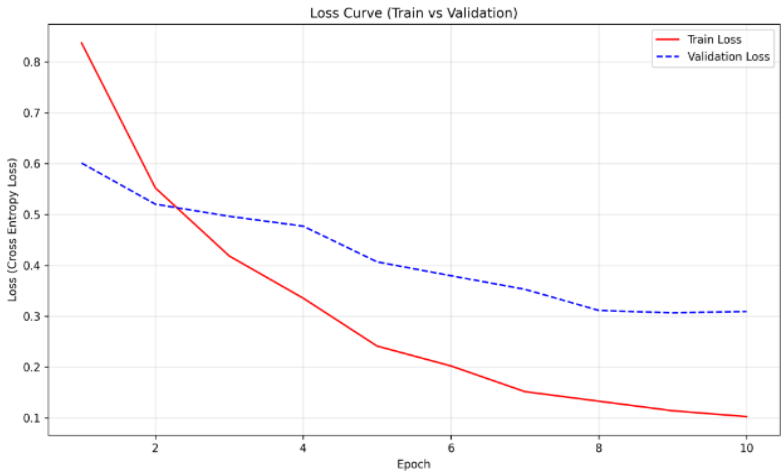
Pemodelan BERT

Pada model BERT tahap pemodelan dilakukan dengan 2 skenario percobaan (70:15:15) dan (80:10:10) dengan percobaan 10 epoch.

Tabel 2. Detail Loss Model BERT Skenario Percobaan 10 Epoch

Epoch	Skenario pembagian dataset			
	70:15:15		80:10:10	
	Loss Train	*Loss* Validasi	*Loss* Train	*Loss* Validasi
1.	0.8376	0.6013	0.8423	0.5917
2.	0.5522	0.5203	0.5456	0.5119
3.	0.4184	0.4965	0.3973	0.4540
4.	0.3355	0.4771	0.2989	0.4068
5.	0.2413	0.4069	0.2377	0.3039
6.	0.2022	0.3796	0.1849	0.2532
7.	0.1517	0.3529	0.1417	0.2008
8.	0.1329	0.3114	0.1252	0.1792
9.	0.1141	0.3066	0.1129	0.1730
10.	0.1026	0.3094	0.1000	0.1692

Berdasarkan Tabel 2 detail loss model BERT, dapat diamati pola perubahan nilai *loss* model BERT pada kedua skenario pembagian dataset (70:15:15 dan 80:10:10) selama proses pelatihan berlangsung sebanyak 10 *epoch*.



Gambar 7. Kurva Loss Skenario 70:15:15 Epoch 10 Pelatihan Model BERT

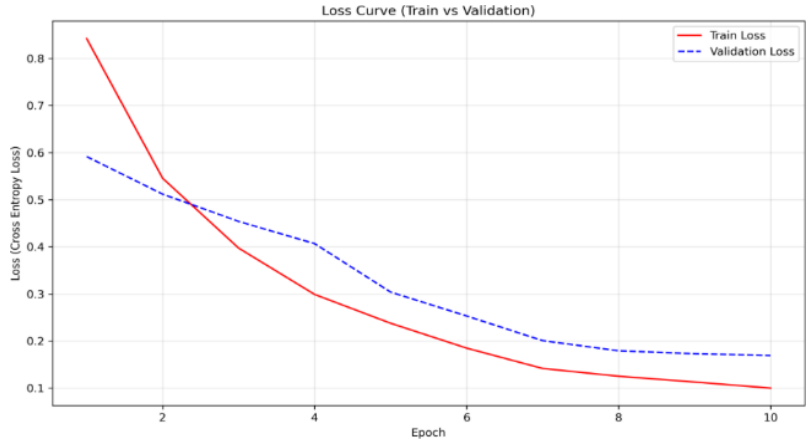
Gambar 7 menjelaskan kurva loss skenario 70:15:15 model BERT dengan 10 *epoch*, nilai *loss* train menurun secara konsisten dari 0,8376 (*epoch* 1) menjadi 0,1026 (*epoch* 10), atau berkurang sebesar 0,7350 (sekitar 87,8%). Pola serupa terjadi pada skenario 80:10:10, dengan *loss* train turun dari 0,8423 menjadi 0,1000 (penurunan sekitar 88,1%).

Penurunan yang konsisten dan cukup besar pada kedua skenario ini menunjukkan

bahwa model semakin baik dalam mempelajari pola pada data latih seiring bertambahnya jumlah *epoch*.

Berbeda dengan *loss* train, perilaku *loss* validasi pada kedua skenario menunjukkan perbedaan yang cukup mencolok. Pada skenario 70:15:15, *loss* validasi menurun secara konsisten dari 0,6013 (*epoch* 1) hingga mencapai titik terendah 0,3066 pada *epoch* 9, kemudian sedikit meningkat menjadi 0,3094 pada *epoch* 10.

Kenaikan ini relatif kecil (sekitar 0,0028), namun cukup untuk menandakan bahwa *epoch* ke-9 merupakan titik performa terbaik model pada skenario ini, sementara *epoch* ke-10 mulai menunjukkan kecenderungan *overfitting*.



Gambar 8. Kurva Loss Skenario 80:15:15 Epoch 10 Pelatihan Model BERT

Gambar 8 kurva loss skenario 80:10:10 model BERT dengan 10 *epoch* menunjukkan l*oss* validasi terus menurun secara konsisten tanpa mengalami kenaikan sama sekali sepanjang 10 *epoch*, dari 0,5917 (*epoch* 1) hingga mencapai titik terendah 0,1692 pada *epoch* 10 yaitu *epoch* terakhir itu sendiri. Penurunan ini sangat signifikan, yaitu sekitar 0,4225 atau 71,4% dari nilai awal. Hal ini mengindikasikan bahwa hingga *epoch* ke-10, model pada skenario 80:10:10 belum menunjukkan tanda-tanda *overfitting* yang berarti dan kemampuan generalisasinya terhadap data validasi masih terus meningkat.

Pemodelan RoBERTa

Pada model RoBERTa tahap pemodelan dilakukan dengan 2 skenario percobaan (70:15:15) dan (80:10:10) dengan percobaan 10 epoch.

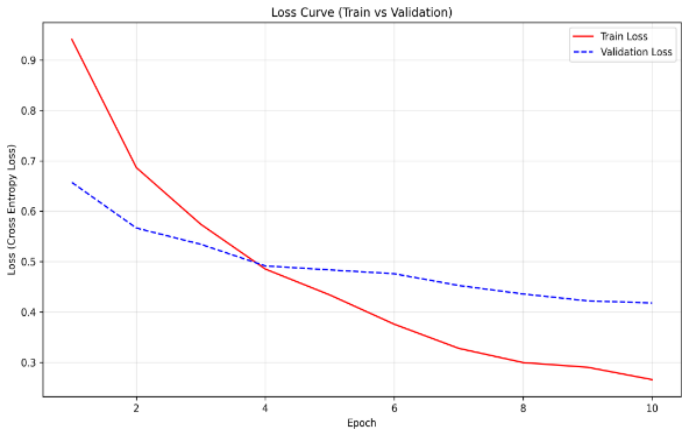
Tabel 3. Detail Loss Model RoBERTa Skenario Percobaan 10 Epoch

Epoch	Skenario pembagian dataset			
	70:15:15		80:10:10	
	Loss Train	*Loss* Validasi	*Loss* Train	*Loss* Validasi
1.	0.9404	0.7527	0.9409	0.6572
2.	0.6848	0.6162	0.6866	0.5667
3.	0.5773	0.5838	0.5741	0.5344
4.	0.5220	0.5183	0.4853	0.4915
5.	0.4561	0.5110	0.4339	0.4836
6.	0.4064	0.4713	0.3758	0.4760
7.	0.3536	0.4922	0.3279	0.4526
8.	0.3297	0.4827	0.2996	0.4358
9.	0.3042	0.4866	0.2903	0.4221
10.	0.2941	0.4990	0.2658	0.4180

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan pola perubahan nilai *loss* model RoBERTa pada kedua skenario pembagian dataset (70:15:15 dan 80:10:10) selama proses pelatihan berlangsung sebanyak 10 *epoch*.

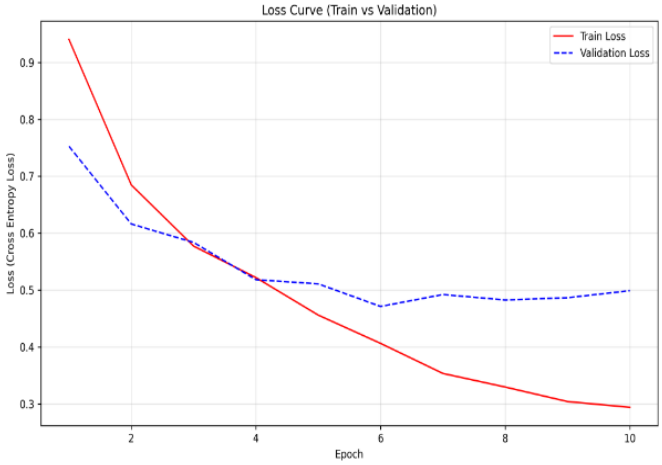
Pada skenario 70:15:15, *loss* train menurun secara konsisten dari 0,9404 (*epoch* 1) menjadi 0,2941 (*epoch* 10), atau berkurang sebesar 0,6463 (sekitar 68,7%). Pada skenario 80:10:10, *loss* train turun dari 0,9409 menjadi 0,2658 (penurunan sekitar 71,7%).

Pola penurunan yang konsisten pada kedua skenario menunjukkan bahwa model semakin baik dalam mempelajari pola pada data latih seiring bertambahnya *epoch*.



Gambar 9. Kurva Loss Skenario 70:15:15 Epoch 10 Pelatihan Model RoBERTa

Gambar 9 menjelaskan pada skenario 70:15:15, *loss* validasi menurun sampai titik terendah 0,4713 pada *epoch* ke-6, kemudian berfluktuasi naik-turun pada *epoch* berikutnya (0,4922 pada *epoch* 7, turun sedikit ke 0,4827 pada *epoch* 8, lalu kembali naik ke 0,4866 pada *epoch* 9, dan 0,4990 pada *epoch* 10) tanpa pernah kembali ke titik terendahnya. Pola ini menunjukkan bahwa *epoch* ke-6 merupakan titik performa terbaik model pada skenario ini, sementara *epoch-epoch* setelahnya mengindikasikan munculnya *overfitting*. Selain itu, *loss* train dan *loss* validasi berada pada level yang hampir sama (*crossover* sementara) di sekitar *epoch* ke-3 dan ke-4, sebelum *loss* validasi secara konsisten melampaui *loss* train mulai *epoch* ke-5 dan seterusnya. *Gap* antara keduanya kemudian melebar cukup signifikan, dari 0,0549 pada *epoch* 5 menjadi 0,2049 pada *epoch* 10.



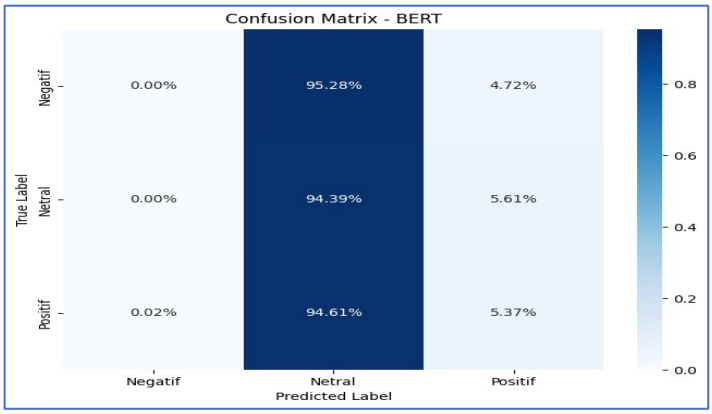
Gambar 10. Kurva Loss Skenario 80:15:15 Epoch 10 Pelatihan Model RoBERTa

Gambar 10 kurva loss model RoBERTa pada skenario 80:10:10 10 *epoch*, menunjukkan *loss* validasi menurun secara konsisten tanpa mengalami kenaikan sama sekali sepanjang 10 *epoch*, dari 0,6572 (*epoch* 1) hingga mencapai titik terendah 0,4180 pada *epoch* ke-10 yaitu *epoch* terakhir itu sendiri. Hal ini mengindikasikan bahwa model pada skenario ini belum menunjukkan tanda *overfitting* yang berarti dan kemampuan generalisasinya masih terus meningkat hingga akhir pelatihan.

Evaluasi Model BERT

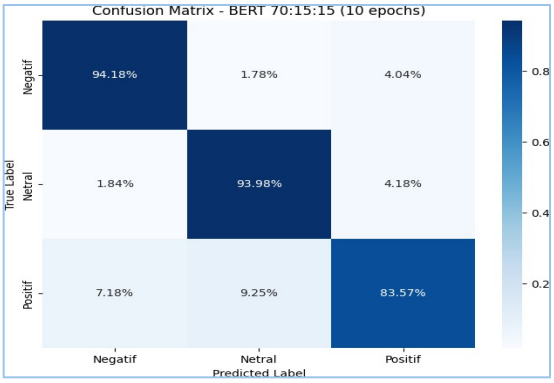
Dalam proses pembangunan sistem klasifikasi sentimen berbasis teks, evaluasi performa model menjadi tahap penting untuk memahami sejauh mana model mampu mengenali dan membedakan berbagai ekspresi sentimen dalam data. Pada penelitian ini,

dilakukan dua pendekatan utama, yaitu menggunakan model *pretrained indobenchmark/indobert-base-p1* secara langsung tanpa pelatihan lanjutan, serta pendekatan *fine-tuning* di mana model yang sama disesuaikan lebih lanjut menggunakan dataset ulasan pengguna X/*Twitter* dengan dua skenario pembagian dataset. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 11,



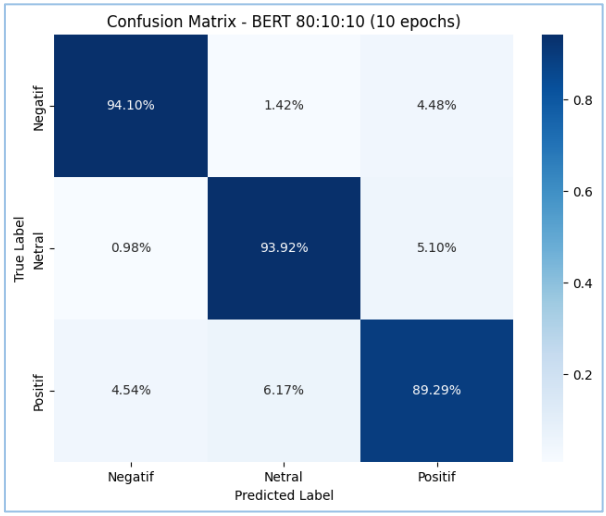
Gambar 11. Conffusion Matrix Pre-Trained model BERT

Gambar 11 Confusion matrix pre-trained model BERT menunjukkan model BERT dalam kondisi *pre-trained* tanpa *fine-tuning* menunjukkan performa yang sangat rendah dan belum dapat diandalkan. Sebagian besar prediksi model cenderung mengarah ke kelas netral.Hal ini seperti pada gambar 11 terlihat dari jumlah prediksi yang salah di mana sebanyak 95.28% data berlabel negatif dan 94.61% data berlabel positif diklasifikasikan sebagai netral. Prediksi yang benar untuk kelas negatif 0% dan untuk kelas positif hanya 0.02%. Ini menunjukkan adanya ketidakseimbangan model terhadap distribusi kelas yang menyebabkan model bias terhadap satu kelas dominan yaitu netral.



Gambar 12. Conffusion Matrix Fine-Tunning Model BERT Epoch 10 (Skenario 70:15:15)

Gambar 12 menunjukkan *confusion matrix fine-tunning* model BERT skenario 70:15:15 dengan epoch 10, dimana kelas Negatif berhasil diklasifikasikan dengan benar sebesar 94,18%, dengan sebesar 1,78% salah diprediksi sebagai Netral dan 4,04% diprediksi sebagai Positif. Kelas Netral memiliki performa yang hampir setara, dengan tingkat klasifikasi benar sebesar 93,98%, sementara 1,84% salah diprediksi sebagai Negatif dan 4,18% sebagai Positif. Kelas Positif menunjukkan performa yang paling rendah di antara ketiga kelas, dengan tingkat klasifikasi benar sebesar 83,57%, sedangkan sisanya tersebar cukup signifikan, 7,18% salah diprediksi sebagai Negatif dan 9,25% salah diprediksi sebagai Netral.



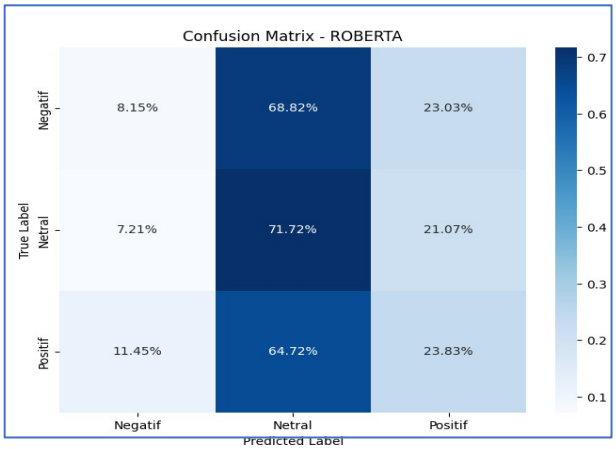
Gambar 13. Conffusion Matrix Fine-Tunning Model BERT Epoch 10 (Skenario 80:10:10)

Gambar 13 Confusion matrix fine-tunning model BERT skenario 80:10:10 epoch 10 menunjukkan kelas Negatif diklasifikasikan dengan benar sebesar 94,10%, dengan kesalahan 1,42% ke Netral dan 4,48% ke Positif. Kelas Netral memiliki tingkat klasifikasi benar sebesar 93,92%, dengan 0,98% salah diprediksi sebagai Negatif dan 5,10% sebagai Positif. Kelas Positif pada skenario ini mencapai tingkat klasifikasi benar sebesar 89,29%, lebih tinggi dibandingkan skenario 70:15:15 dengan kesalahan sebesar 4,54% ke Negatif dan 6,17% ke Netral.

Evaluasi Model RoBERTa

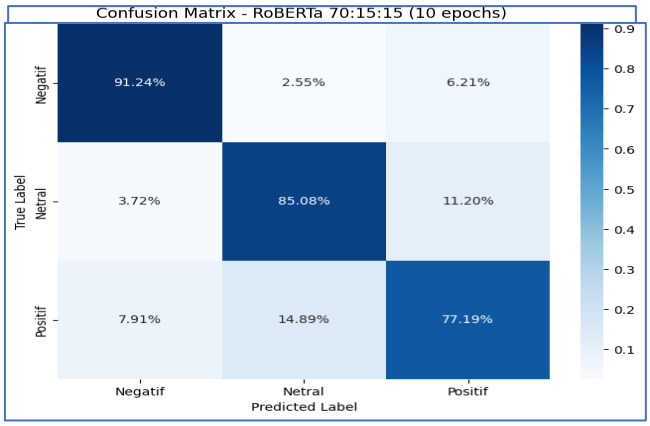
Pada penelitian ini, dilakukan dua pendekatan utama, yaitu menggunakan model *pre-trained flax-community/indonesian-RoBERTa-base* secara langsung tanpa pelatihan lanjutan, serta pendekatan *fine-tunning* di mana model yang sama disesuaikan lebih lanjut

menggunakan dataset ulasan pengguna X/*Twitter* dengan dua skenario pembagian dataset.



Gambar 14. Conffusion Matrix Pre-Trained Model RoBERTa

Berdasarkan gambar 14 Confusion matrix pre-trained model RoBERTa, menunjukkan model RoBERTa dalam kondisi *pre-trained* belum mampu melakukan klasifikasi sentimen secara optimal terhadap data ulasan pengguna *X/Twitter.* Hal ini terlihat dari dominasi prediksi pada kelas netral, di mana jumlah prediksi tertinggi berada pada kolom netral untuk seluruh label sebenarnya, baik positif, netral maupun negatif.Sebagai contoh, sebagian besar data yang seharusnya berlabel positif dan negatif justru diklasifikasikan sebagai netral, yang mencerminkan bahwa model masih cenderung memetakan berbagai ekspresi sentimen ke kelas yang netral.



Gambar 15. Conffusion Matrix Scenario 70:15:15 Epoch Fine-Tunning Model RoBERTa

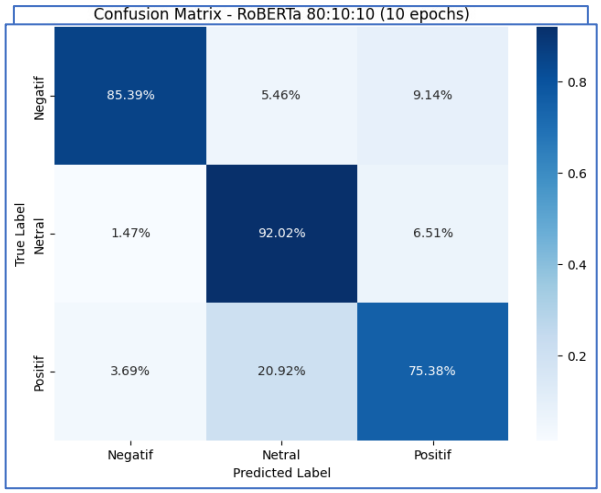
Gambar 15 Confusion matrix scenario 70:15:15 epoch 10 fine-tunning model RoBERTa, menunjukan kelas negative, model kinerja terbaik dengan tingkat klasifikasi

benar sebesar 91,24%. Ini menunjukkan bahwa model dapat mengidentifikasi sebagian besar data bersentimen negatif dengan sukses.

Pada kelas ini, kesalahan klasifikasi sangat kecil, 6,21% data negatif yang keliru diprediksi sebagai positif, dan 2,55% diprediksi sebagai netral. Ini menunjukkan bahwa sentimen negatif memiliki karakteristik linguistik yang cukup unik sehingga mudah dibedakan oleh model.

Pada kelas netral model memiliki akurasi sebesar 85,08% dalam mengklasifikasikan data, dimana kesalahan klasifikasi terbesar adalah 11,20% pada prediksi data netral positif, dan hanya 3,72% pada prediksi data netral negatif. Menurut pola ini, ada kemiripan dalam ekspresi sentimen netral dan positif. Ini membuat batas keputusan, atau batas keputusan, antara kedua kelas tersebut lebih sulit dipisahkan daripada batas kelas negatif.

Pada kelas positif, model mendapatkan nilai terendah dengan klasifikasi benar 77,19%. Kesalahan terbesar terjadi pada saat prediksi data netral sebesar 14,89% dan negatif sebesar 7,91%. Kesalahan prediksi yang tinggi menjadi netral ini menunjukkan bahwa ada tumpang tindih, atau overlap, fitur antara sentimen netral dan positif. Akibatnya, beberapa ekspresi positif yang cenderung halus atau tidak jelas dianggap netral.



Gambar 16. Conffusion Matrix Scenario 80:10:10 Epoch 10 Fine-Tunning Model RoBERTa

Gambar 16 Confusion matrix skenario 80:10:10 model RoBERTa epoch 10 fine-tunning, menunjukkan Model memperoleh recall sebesar 85,39% pada kelas Negatif. Sebagian besar data berlabel Negatif berhasil diprediksi dengan tepat, dengan kesalahan

klasifikasi sebesar 9,14% terprediksi sebagai Positif dan 5,46% sebagai Netral. Performa ini tergolong baik, meskipun sedikit lebih rendah dibandingkan skema 70:15:15. Kesalahan ke arah Positif yang relatif menonjol dapat dipengaruhi oleh teks negative yang turut memuat ungkapan harapan atau doa, sehingga sebagian terbaca sebagai sentimen positif oleh model.

Kelas Netral menunjukkan performa terbaik pada skema ini dengan recall sebesar 92,02%. Hampir seluruh data netral berhasil dikenali dengan benar, dengan kesalahan yang sangat kecil ke arah Positif (6,51%) maupun Negatif (1,47%). Hasil ini mengindikasikan bahwa dengan proporsi data latih yang lebih besar (80%), model semakin mampu mengenali karakteristik teks netral yang umumnya bersifat informatif dan faktual, seperti laporan parameter gempa, lokasi episenter, atau imbauan resmi.

Kelas Positif kembali menjadi kelas dengan recall terendah, yaitu 75,38%. Kesalahan klasifikasi paling dominan terjadi pada arah Positif → Netral yang cukup besar, yaitu 20,92%, sementara kesalahan ke arah Negatif relatif kecil (3,69%). Tingginya kebingungan antara Positif dan Netral menunjukkan bahwa model kesulitan membedakan ungkapan bersentimen positif dari pernyataan netral, terlebih ketika teks positif mengandung unsur informatif. Faktor jumlah data positif yang lebih sedikit (*class imbalance*) juga diduga turut memperburuk performa pada kelas ini.

Komparasi Model BERT dan RoBERTa

Tahap akhir penelitian ini adalah mengevaluasi performa dua model klasifikasi berbasis *transformer*, yakni BERT dan RoBERTa, dalam mengklasifikasikan sentimen data ulasan yang telah melalui keseluruhan tahapan prapemrosesan dan pelabelan.

Pengujian dilakukan pada dua skenario pembagian data, yaitu 70:15:15 dan 80:10:10 (latih:validasi:uji), serta pada dua durasi pelatihan, yakni 5 *epoch* dan 10 *epoch*, guna mengamati pengaruh proporsi data latih sekaligus jumlah iterasi pelatihan terhadap kinerja model.

Performa setiap konfigurasi diukur menggunakan empat parameter evaluasi, yaitu *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Hasil komparasi disajikan pada Tabel 4 untuk pelatihan 5 *epoch* dan Tabel 5 untuk pelatihan 10 *epoch*. Secara umum, hasil pengujian memperlihatkan dua kecenderungan konsisten, penambahan proporsi data latih dari 70% menjadi 80% selalu meningkatkan kinerja, dan penambahan jumlah *epoch* dari 5 menjadi 10

turut mendorong peningkatan performa pada seluruh konfigurasi.

Tabel 4. Komparasi Evaluasi Model 5 Epoch

Parameter Evaluasi	BERT		RoBERTa	
	Skenario 70:15:15	Skenario 80:10:10	Skenario 70:15:15	Skenario 80:10:10
Accuracy	88,6022%	90,6494%	82,2544%	84,9505%
Precision	88,5685%	90,6185%	82,2199%	84,8718%
Recall	88,6022%	90,6494%	82,2544%	84,9505%
F1-score	88,5543%	90,6218%	82,1034%	84,8544%

Tabel 4 komparasi model BERT dan RoBERTa menunjukkan kinerja tertinggi pada keseluruhan pengujian. Pada skenario 70:15:15, model ini memperoleh *accuracy* sebesar 88,6022%, *precision* 88,5685%, *recall* 88,6022%, dan *F1-score* 88,5543%. Kinerja tersebut meningkat pada skenario 80:10:10, dengan *accuracy* mencapai 90,6494%, *precision* 90,6185%, *recall* 90,6494%, dan *F1-score* 90,6218%. Peningkatan ini setara dengan selisih sekitar 2,05 poin persen pada *accuracy* dan 2,07 poin persen pada *F1-score* ketika proporsi data latih ditambah dari 70% menjadi 80%.

Model RoBERTa menunjukkan pola peningkatan yang serupa, meskipun pada level kinerja yang lebih rendah. Pada skenario 70:15:15, model ini memperoleh *accuracy* 82,2544%, *precision* 82,2199%, *recall* 82,2544%, dan *F1-score* 82,1034%. Pada skenario 80:10:10, kinerjanya naik menjadi *accuracy* 84,9505%, *precision* 84,8718%, *recall* 84,9505%, dan *F1-score* 84,8544%. Selisih peningkatan antarskenario pada RoBERTa bahkan sedikit lebih besar dibanding BERT, yakni sekitar 2,70 poin persen pada *accuracy* dan 2,75 poin persen pada *F1-score*.

Apabila kedua model dibandingkan secara langsung pada skenario yang sama, BERT secara konsisten lebih unggul. Pada skenario 70:15:15, BERT mengungguli RoBERTa dengan selisih *accuracy* sebesar 6,35 poin persen (88,6022% berbanding 82,2544%) dan selisih *F1-score* sebesar 6,45 poin persen. Pada skenario 80:10:10, keunggulan BERT sedikit menyempit namun tetap signifikan, dengan selisih *accuracy* sebesar 5,70 poin persen (90,6494% berbanding 84,9505%) dan selisih *F1-score* sebesar 5,77 poin persen. Konsistensi keunggulan ini di seluruh metrik dan skenario mengindikasikan bahwa BERT

lebih sesuai dalam menangani karakteristik data ulasan pada penelitian ini dibanding RoBERTa.

Tabel 5. Komparasi Evaluasi Model 10 Epoch

Parameter Evaluasi	BERT		RoBERTa	
	Skenario 70:15:15	Skenario 80:10:10	Skenario 70:15:15	Skenario 80:10:10
Accuracy	90,5739%	92,4350%	88,8587%	91,8374%
Precision	90,5974%	92,4291%	88,8554%	91,8375%
Recall	90,5739%	92,4350%	88,8587%	91,8374%
F1-score	90,5064%	92,4292%	88,8565%	91,8363%

Tabel 5 komparasi evaluasi model BERT dan RoBERTa dengan 10 *epoch* menunjukkan hasil komparasi pada dua skenario pembagian data, yaitu 70:15:15 dan 80:10:10 (latih : validasi : uji), dengan pelatihan sebanyak 10 *epoch*. Kinerja kedua model diukur menggunakan empat parameter evaluasi, yaitu *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Secara umum, hasil pada tabel memperlihatkan dua kecenderungan utama, model BERT tetap mengungguli RoBERTa pada seluruh skenario, dan skenario pembagian data 80:10:10 menghasilkan kinerja yang lebih tinggi dibandingkan skenario 70:15:15 pada kedua model. Meskipun demikian, dibandingkan hasil pada 5 *epoch*, selisih kinerja antarkedua model pada 10 *epoch* menyempit secara signifikan.

Model BERT kembali mencatatkan kinerja tertinggi pada keseluruhan pengujian 10 *epoch*. Pada skenario 70:15:15, model ini memperoleh *accuracy* 90,5739%, *precision* 90,5974%, *recall* 90,5739%, dan *F1-score* 90,5064%. Kinerja tersebut meningkat pada skenario 80:10:10, dengan *accuracy* mencapai 92,4350%, *precision* 92,4291%, *recall* 92,4350%, dan *F1-score* 92,4292%. Peningkatan antar skenario ini setara dengan selisih sekitar 1,86 poin persen pada *accuracy* dan 1,92 poin persen pada *F1-score* ketika proporsi data latih ditambah dari 70% menjadi 80%. Konsistensi BERT dalam meraih nilai tertinggi di seluruh metrik menunjukkan kestabilan model ini dalam mengklasifikasikan sentimen data ulasan.

Model RoBERTa menunjukkan pola peningkatan yang serupa namun pada level kinerja yang sedikit lebih rendah. Pada skenario 70:15:15, model ini memperoleh *accuracy*

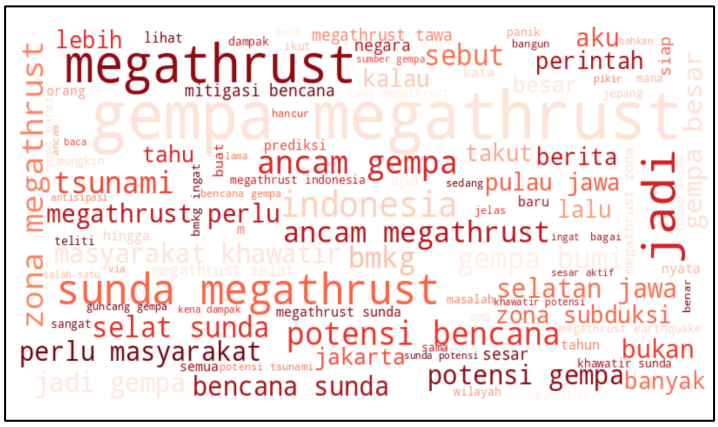
88,8587%, *precision* 88,8554%, *recall* 88,8587%, dan *F1-score* 88,8565%. Pada skenario 80:10:10, kinerjanya naik menjadi *accuracy* 91,8374%, *precision* 91,8375%, *recall* 91,8374%, dan *F1-score* 91,8363%. Selisih peningkatan antarskenario pada RoBERTa bahkan lebih besar dibanding BERT, yakni sekitar 2,98 poin persen pada *accuracy* maupun *F1-score*. Hal ini mengindikasikan bahwa RoBERTa lebih sensitif terhadap penambahan proporsi data latih dibandingkan BERT.

Apabila kedua model dibandingkan secara langsung pada skenario yang sama, BERT tetap unggul, namun dengan margin yang jauh lebih tipis dibanding pengujian 5 *epoch*. Pada skenario 70:15:15, BERT mengungguli RoBERTa dengan selisih *accuracy* sebesar 1,72 poin persen (90,5739% berbanding 88,8587%) dan selisih *F1-score* sebesar 1,65 poin persen. Pada skenario 80:10:10, keunggulan BERT menyusut drastis menjadi hanya sekitar 0,60 poin persen pada *accuracy* (92,4350% berbanding 91,8374%) dan 0,59 poin persen pada *F1-score*. Menyempitnya selisih ini, terutama pada skenario 80:10:10, mengindikasikan bahwa pada durasi pelatihan yang lebih panjang, kinerja RoBERTa mulai mendekati BERT, meskipun BERT masih mempertahankan posisinya sebagai model terbaik.

Secara keseluruhan, dari delapan konfigurasi yang diuji pada dua durasi pelatihan, performa tertinggi dicapai oleh model BERT dengan skenario pembagian data 80:10:10 pada pelatihan 10 *epoch*, dengan nilai *accuracy* sebesar 92,4350% dan *F1-score* sebesar 92,4292%. Konfigurasi inilah yang dipandang paling andal dan dipilih untuk digunakan pada tahap klasifikasi sentimen dalam penelitian ini.

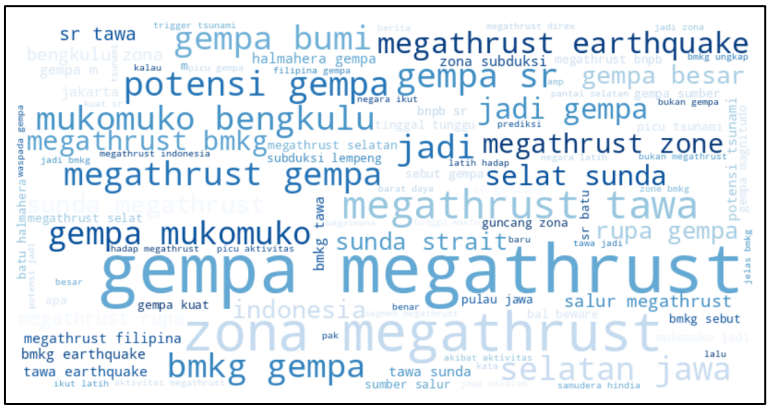
Analisis Sentimen Ulasan Pengguna *X/Twitter*

Setelah model berhasil mengklasifikasikan sentimen, tahap selanjutnya adalah menganalisis konten ulasan untuk mendapatkan wawasan yang komprehensif mengenai persepsi publik terhadap isu yang saat ini viral di masyarakat yaitu *"gempa dan tsunami megathrust"*. Analisis ini dilakukan dengan mengidentifikasi kata kunci dan frasa yang paling sering muncul pada setiap kategori sentimen. Untuk meringkas tema utama secara visual, digunakan metode *workcloud* seperti yang disajikan pada Gambar 17.



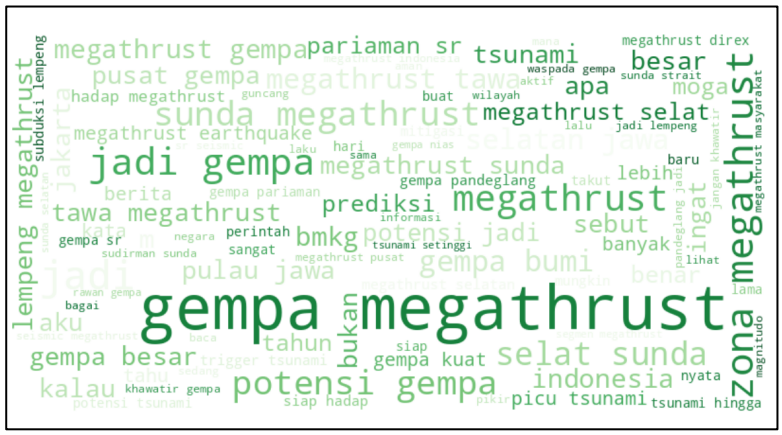
Gambar 17. Visualisasi Wordcloud Kata Kunci Ulasan Pengguna X/Twitter Sentiment Negative

Pada Gambar 17 Visualisasi *wordcloud* ini menampilkan kata-kata yang paling dominan untuk kategori sentimen negatif .Pada ulasan negatif, kata-kata dominan seperti *"ancam gempa"*, *"ancam megathrust"*, *"kena dampak"* dan *"khawatir potensi"* mencerminkan frasa negatif terhadap isu gempabumi dan tsunami *megathrust*.



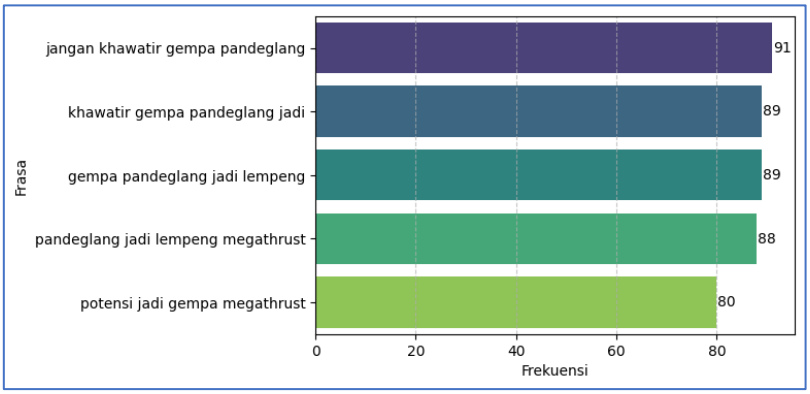
Gambar 18. Visualisasi Wordcloud Kata Kunci Ulasan Pengguna X/Twitter Sentiment Netral

Sementara itu, Pada Gambar 18 Visualisasi *wordcloud* sentimen netral tetap menampilkan kata kunci seperti "gempa megathrust", "potensi gempa" namun dengan tambahan frasa seperti "waspada gempa", "jangan khawatir" masih berfokus pada "gempa megathrust" namun disertai konteks yang menunjukkan kesiapsiagaan.



Gambar 19. Visualisasi Wordcloud Kata Kunci Ulasan Pengguna X/Twitter Sentiment Positif

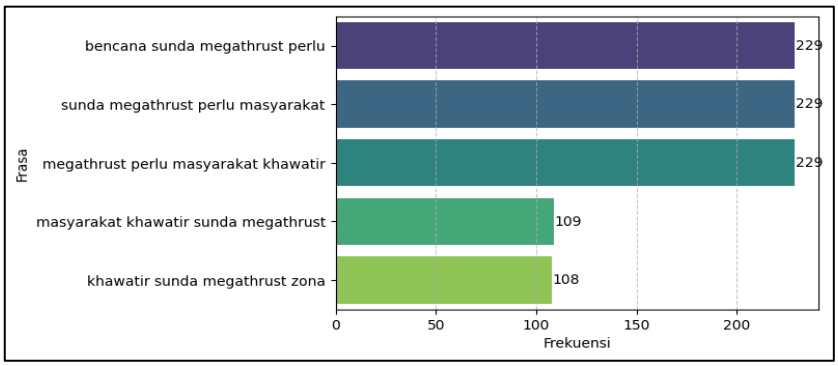
Pada Gambar 19 Visualisasi *wordcloud* kata kunci seperti "gempa megathrust", "potensi gempa" dengan tambahan frasa seperti "waspada gempa", "jangan khawatir" masih berfokus pada "gempa megathrust" namun disertai konteks yang menunjukkan kesiapsiagaan.Analisis dilanjutkan dengan mengidentifikasi frasa yang paling sering muncul di seluruh ulasan pengguna untuk memahami tema-tema utama yang menjadi fokus perhatian.



Gambar 20. Fourgram Kata Kunci Terbanyak Alasan Pengguna X/Twitter pada Sentiment Positif

Gambar 20, menunjukkan visualisasi frekuensi *fourgram* sentimen positif dengan jelas. Dari visualisasi tersebut, frasa yang paling dominan adalah *"jangan khawatir"* yang sering muncul diikuti dengan frasa *"gempa megathrust"*. Kemunculan frasa-frasa ini dengan frekuensi tinggi mengindikasikan kesiapsiagaan masyarakat terhadap isu yang viral saat ini yaitu *"gempa dan tsunami megathrust"*.

Analisis lebih mendalam terhadap ulasan bersentimen negatif, khususnya melalui identifikasi frasa kunci terlihat bahwa frasa yang paling dominan adalah *"khawatir zona megathrust sunda"*. Munculnya frasa ini menandakan bahwa masih kurangnya edukasi terhadap masyarakat sehingga menurunnya kesiapsiagaan ditunjukkan pada gambar 21.



Gambar 21. Fourgram Kata Kunci Terbanyak Alasan Pengguna X/Twitter pada Sentiment Negatif

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini menunjukkan bahwa tahapan *preprocessing* yang sistematis, meliputi normalisasi teks, pembersihan data, *stemming*, penghapusan *stopwords*, dan *re-sampling*, mampu menghasilkan dataset yang berkualitas untuk analisis sentimen. Dalam evaluasi model dengan empat skenario, skenario 80:10:10 epoch 10 menunjukkan model terbaik pada kedua model BERT dan RoBERTa. Konfigurasi performa model BERT memiliki akurasi 92,4350%, presisi 92,4291%, recall 92,4350%, dan skor F1-nya 92,4292%. Sebaliknya, konfigurasi model RoBERTa memiliki akurasi 91.8374%, presisi 91,8375%, recall 91,8374%,dan skor F1-nya 91,8363%. Hasil ini menunjukkan bahwa BERT lebih cocok dengan linguistik ulasan bahasa Indonesia dalam aplikasi publik yang dominan.

Penelitian selanjutnya disarankan memperluas korpus data dan menerapkan pendekatan klasifikasi yang lebih komprehensif, seperti *multi-label* atau *aspect-based sentiment analysis*, agar mampu menggali opini masyarakat secara lebih spesifik. Selain itu, penggunaan model Transformer lain, seperti IndoBERT, XLNet, atau ALBERT, serta penyempurnaan proses pelabelan data secara manual dapat dilakukan untuk meningkatkan akurasi dan mengurangi bias klasifikasi. Di sisi praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi

masukan bagi pemerintah dan instansi terkait untuk memperkuat edukasi serta strategi komunikasi publik guna meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi potensi gempabumi dan tsunami megathrust.

REFERENSI

Bashiri, H., & Naderi, H. (2024). Comprehensive review and comparative analysis of transformer models in sentiment analysis. In *Knowledge and Information Systems* (Vol. 66, Issue 12). Springer London. https://doi.org/10.1007/s10115-024-02214-3

Campbell, S., Greenwood, M., Prior, S., Walkem, K., Young, S., & Bywaters, D. (2020). *Purposive sampling : complex or simple ? Research case examples*. https://doi.org/10.1177/1744987120927206

Chicco, D., & Jurman, G. (2023). The Matthews correlation coefficient (MCC) should replace the ROC AUC as the standard metric for assessing binary classification. *BioData Mining*, 1–23. https://doi.org/10.1186/s13040-023-00322-4

Circuit, M. I., & Circuit, B. I. (2023). *Jurnal media informatika budidarma*. *7*, 2022–2023. https://doi.org/10.30865/mib.v7i1.5380

Contreras, D., Wilkinson, S., & Balan, N. (2022). *Assessing post-disaster recovery using sentiment analysis : The case of L ' Aquila ,*. https://doi.org/10.1177/87552930211036486

Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *NAACL HLT 2019 - 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies - Proceedings of the Conference*, *1*, 4171–4186.

Fakhruddin, M. R., Wijaya, R., & Bijaksana, M. A. (2024). *Analyzing Public Sentiments on Disaster Relief Efforts Through Social Media Data*. *11*(1), 44–50.

Firdaus, A. R., Ayudewi, F. M., Firdonsyah, A., Studi, P., Informasi, T., Yogyakarta, U. A., Sleman, K., Yogyakarta, D. I., Embeddings, C. W., Seimbang, D. T., & Data, T. A. (2026). *ANALISIS SENTIMEN MULTI-PLATFORM DIGITAL MENGGUNAKAN BERT*. *10*(1), 1220–1226.

Hutchings, S. J., & Mooney, W. D. (2021). The Seismicity of Indonesia and Tectonic Implications. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, *22*(9), 1–42. https://doi.org/10.1029/2021GC009812

Liu, Y., Ott, M., Goyal, N., Du, J., Joshi, M., Chen, D., Levy, O., Lewis, M., Zettlemoyer, L., & Stoyanov, V. (2019). *RoBERTa: A Robustly Optimized BERT Pretraining Approach*. *1*.

Naufal, G., Perdana, R., Muhammad, A., & Rusli, R. (2023). *ANALYSIS OF TWITTER SOCIAL MEDIA FUNCTIONS IN RESPONDING TO THE CIANJUR EARTHQUAKE IN INDONESIA*. *8*(2), 165–182.

Seneviratne, K., Nadeeshani, M., & Senaratne, S. (2024). *Use of Social Media in Disaster Management : Challenges and Strategies*.

Srivastava & Soni, 2022; Tan et al., 2023. (2023). *Analisis Sentimen Terhadap Kemajuan Kecerdasan Buatan di*. *9*(November), 137–146. https://doi.org/10.34128/jsi.v9i2.649

Sufi, F. (2024). (2024). *A Sustainable Way Forward : Systematic Review of Transformer Technology in Social-Media-Based Disaster Analytics*.

Supendi, P., Widiyantoro, S., Rawlinson, N., Yatimantoro, T., Muhari, A., Hanifa, N. R., Gunawan, E., Shiddiqi, H. A., Imran, I., Anugrah, S. D., Daryono, D., Prayitno, B. S., Adi, S. P., Karnawati, D., Faizal, L., & Damanik, R. (2023). On the potential for megathrust earthquakes and tsunamis off the southern coast of West Java and southeast Sumatra, Indonesia. *Natural Hazards*, *116*(1), 1315–1328. https://doi.org/10.1007/s11069-022-05696-y

Tan, K. L., & Lee, C. P. (2023). *applied sciences A Survey of Sentiment Analysis : Approaches , Datasets , and Future Research*.

Wilie, B., Vincentio, K., Winata, G. I., Cahyawijaya, S., Li, X., Lim, Z. Y., Soleman, S., Mahendra, R., Fung, P., Bahar, S., & Purwarianti, A. (2019). *IndoNLU: Benchmark and Resources for Evaluating Indonesian Natural Language Understanding*.

Development of a Scratch-Based Interactive Educational Game (Gesabat) to Enhance Learning Motivation and Mathematical Thinking Speed Among Junior High School Students

Dwi Rubiyanto [1)*)], Nur Fajrie [2)], Eko Darmanto [3)]

[1)2)3)]Program Studi Magister Pendidikan Dasar, FKIP, Universitas Muria Kudus
[*)]**Correspondence author**: dwirubiyanto080@gmail.com, Kudus, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3620

Abstract

This study aims to develop a Scratch MIT-based educational game media called Gesabat on basic integer operations for seventh-grade junior high school students in Pecangaan District, as well as to test its level of validity, practicality, and effectiveness in improving students' learning motivation and thinking speed. The research method used is Research and Development (R&D) with a modified 4-D model (Define, Design, Develop, Disseminate) on a limited dissemination scale. The research subjects consisted of 4 expert validators, mathematics teachers, and 150 seventh-grade students from four junior high schools in Pecangaan District selected using Cluster Random Sampling technique. The expert validation results showed an final average feasibility of 93.8% (Very Feasible) with an Aiken's V coefficient of 0.92 (Very Valid). In the practicality aspect, the media was declared very practical because it could be operated autonomously in offline mode using Scratch Desktop. The effectiveness test through Paired Samples T-Test on a large-scale field trial (N = 150) showed an increase in the average learning motivation from 23.97 to 29.80 (t = -19,800; p < 0,001) with a Cohen's d effect size of 1.62 (very large effect). Students' cognitive thinking speed parameters also shot up significantly from an average of 25.10 to 32.71 (t = -27,264; p < 0,001) with a Cohen's d effect size of 2.23. These results conclude that the integration of the Scratch-based Gesabat educational game is valid, practical, and significantly effective in optimizing seventh-grade students' affective motivation and numeracy thinking speed.

Keywords: *Scratch Mit, Educational Game, Integer, Learning Motivation, Thinking Speed*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media game edukasi berbasis Scratch MIT bernama Gesabat pada materi operasi dasar bilangan bulat untuk siswa kelas VII SMP di Kecamatan Pecangaan, serta menguji tingkat validitas, praktikalitas, dan efektivitasnya dalam meningkatkan motivasi belajar dan kecepatan berpikir siswa. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model 4-D (*Define, Design, Develop, Disseminate*) yang dimodifikasi pada skala diseminasi terbatas. Subjek penelitian terdiri atas 4 ahli validator, guru matematika, dan 150 siswa kelas VII dari empat SMP di Kecamatan Pecangaan yang dipilih menggunakan teknik *Cluster Random Sampling*. Hasil validasi ahli mencatatkan rata-rata kelayakan akhir sebesar 93,8% (Sangat Layak) dengan koefisien Aiken's V sebesar 0,92 (Sangat Valid). Pada aspek kepraktisan, media dinyatakan sangat praktis karena dapat dioperasikan secara otonom dalam mode offline menggunakan Scratch Desktop. Uji efektivitas melalui *Paired Samples T-Test* pada uji coba lapangan skala besar (N = 150) menunjukkan peningkatan rata-rata motivasi belajar dari 23,97 menjadi 29,80 (t = -19,800; p < 0,001) dengan *effect size Cohen's* d = 1,62 (efek sangat besar). Parameter kecepatan berpikir kognitif siswa juga melesat signifikan dari rata-rata 25,10 menjadi 32,71 (t = -27,264; p < 0,001) dengan *effect size Cohen's* d = 2,23. Hasil ini menyimpulkan bahwa pengintegrasian game edukasi Gesabat berbasis Scratch valid, praktis, dan efektif secara signifikan dalam mengoptimalkan motivasi afektif serta kecepatan berpikir numerasi siswa kelas VII.

Kata Kunci: Scratch Mit, Game Edukasi, Bilangan Bulat, Motivasi Belajar, Kecepatan Berpikir

PENDAHULUAN

Mata pelajaran matematika hingga kini masih sering diposisikan sebagai subjek yang abstrak, menjenuhkan, dan sulit dipahami oleh siswa jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP). Salah satu materi esensial yang menjadi batu sandungan persisten adalah operasi dasar bilangan bulat. Berdasarkan hasil observasi awal di SMP Negeri se-Kecamatan Pecangaan, ditemukan fakta bahwa rata-rata nilai ulangan harian aritmetika bilangan bulat siswa kelas VII hanya menyentuh angka 64,8 dengan persentase ketuntasan klasikal yang sangat rendah, yakni 48%. Rendahnya capaian kognitif ini berakar pada dua masalah utama: (1) proses pembelajaran yang masih didominasi metode ceramah konvensional berpusat pada guru, dan (2) ketergantungan pada media cetak statis (papan tulis dan LKS) yang tidak selaras dengan gaya belajar siswa Generasi Alpha yang cenderung responsif terhadap stimulus visual-kinestetik interaktif. Kesenjangan metodologis ini diperkuat oleh data angket analisis kebutuhan, di mana 83,3% siswa kelas VII menyatakan lebih tertarik dan termotivasi apabila matematika disajikan dalam bentuk game digital interaktif.

Sebagai solusi inovatif, pemanfaatan platform Scratch MIT muncul untuk menggantikan keterbatasan alat authoring konvensional (seperti PowerPoint atau Canva). Scratch menawarkan keunggulan *block-based coding* intuitif yang mampu mengintegrasikan animasi bergerak (*sprite*), sistem skor otomatis, logika kondisional, dan umpan balik langsung (*instant feedback*) dalam satu ekosistem visual tanpa menuntut keahlian sintaks pemrograman tekstual yang rumit. Di samping itu, landasan *Cognitive Theory of Multimedia Learning* dari Mayer menekankan bahwa retensi belajar akan bekerja optimal jika informasi verbal dan visual diserap secara simultan melalui interaksi aktif. Melalui Scratch Desktop versi offline, kendala geografis berupa keterbatasan akses internet rata-rata 20 Mbps di laboratorium komputer pedesaan Kecamatan Pecangaan dapat diatasi dengan baik.

Aspek kebaruan (*novelty*) dalam penelitian R&D ini terletak pada pengintegrasian prinsip *computational thinking* (dekomposisi, pengenalan pola, dan algoritma berpikir sistematis) ke dalam arsitektur game matematika berjenjang. Penelitian ini bertujuan untuk menguji tingkat validitas teoretis, kepraktisan di lapangan, serta efektivitas empiris dari game edukasi berbasis Scratch bernama Gesabat dalam mendongkrak motivasi afektif dan

kecepatan berpikir (*cognitive processing speed*) siswa kelas VII SMP pada materi operasi bilangan bulat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dirancang menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan menerapkan model pengembangan 4-D (*Define, Design, Develop, Disseminate*) yang dikembangkan oleh Thiagarajan, Semmel, dan Semmel (1974). Guna mengukur tingkat efektivitas produk terhadap variabel terikat, penelitian ini mengintegrasikan pendekatan kuantitatif eksperimen semu (*Quasi-Experimental Design*) melalui rancangan *Non-equivalent Control Group Design*.

Penelitian dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2026 di empat sekolah mitra Kecamatan Pecangaan, Kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah, meliputi: SMP Negeri 1 Pecangaan, SMP Negeri 2 Pecangaan, SMP Islam Pecangaan Wetan, dan SMP Islam Mafatihul Huda Rengging. Subjek dalam uji validitas melibatkan 4 orang validator ahli (2 pakar materi matematika dan 2 pakar media/UI-UX dari Universitas Muria Kudus). Subjek uji coba lapangan skala besar terdiri dari 150 siswa kelas VII yang diambil menggunakan teknik *Cluster Random Sampling* untuk dibagi ke dalam kelas eksperimen dan kontrol.

Variabel bebas dalam riset ini adalah penggunaan game edukasi "Gesabat" berbasis Scratch MIT, sedangkan variabel terikatnya adalah motivasi belajar siswa (diukur berdasarkan 4 indikator Hamzah B. Uno via adaptasi angket MSLQ dan ARCS skala Likert 1-5) serta kecepatan berpikir matematis siswa (diukur via *Timed Math Fluency Test* pilihan ganda dan isian singkat berbatas waktu ketat 45–90 detik per butir). Teknik analisis data validitas mengacu pada persentase kelayakan produk dan koefisien Aiken's V. Sementara itu, uji efektivitas dianalisis menggunakan uji-t berpasangan (*Paired Samples T-Test*) dan kekuatan efek (*effect size Cohen's* d) berbantuan SPSS setelah asumsi uji normalitas data terpenuhi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengembangan Media Gesabat Berbasis Scratch (Tahap 4-D)

Define (Pendefinisian): Analisis awal memetakan miskonsepsi kronis siswa kelas VII SMP pada operasi penjumlahan, pengurangan bilangan negatif, perkalian aturan tanda, dan pembagian campuran. Karakteristik siswa yang berada pada transisi operasional konkret menuju formal (Piaget) menuntut adanya visualisasi konkret dalam pemecahan masalah matematika.

Design (Perancangan): Peneliti menyusun *storyboard* kompetitif berwujud *click-game* balapan visual yang memadukan aset *sprite* tokoh animasi (Goku, Mario Bros) dan tokoh sejarah lokal (Raden Ajeng Kartini, Ratu Shima). Format antarmuka dibuat ramah disleksia menggunakan huruf pixel 14pt dengan menu utama yang mengintegrasikan 8 tombol sub-menu fungsional.

Develop (Pengembangan): Pada tahap ini dihasilkan berkas final berformat .sb3 berukuran optimal 8,7 MB agar adaptif didistribusikan secara offline via flashdisk pada laboratorium komputer berspesifikasi rendah (RAM 4 GB/Celeron).

Disseminate (Penyebaran): Dilakukan pelatihan modul ajar Kurikulum Merdeka Fase D selama 3 hingga 3,5 jam bagi guru-guru matematika se-Kecamatan Pecangaan.

Analisis Tingkat Validitas dan Kepraktisan Produk

Sebelum diujicobakan, media dinilai secara komprehensif oleh para pakar. Hasil rekapitulasi data penilaian kuantitatif validasi ahli disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Rekapitulasi Indeks Validitas Hasil Penilaian Pakar

Aspek Validasi	Rata-rata Kelayakan	Koefisien Aiken's V
Ahli Materi Matematika	95,0%	0,93
Ahli Media & UI/UX	92,5%	0,90
Rata-rata Gabungan Akhir	**93,8%**	**0,92**

Data Tabel 1 membuktikan secara statistik tingkat kelayakan teoretis produk memenuhi batas keberhasilan minimal (>= 80%). Catatan minor dari ahli materi mengenai keakuratan isi diselesaikan dengan menambahkan fitur garis bilangan (*number line*) interaktif dan *corrective feedback* konseptual saat siswa mengklik jawaban salah. Dari aspek praktikalitas, angket respons guru dan siswa memberikan skor kepraktisan >= 80%,

didukung oleh performa Scratch Desktop yang stabil, responsif, dan bebas dari kendala *lagging*.

Analisis Efektivitas: Dampak Media terhadap Motivasi Belajar dan Kecepatan Berpikir

Setelah normalitas data terpenuhi melalui uji Shapiro-Wilk ($p > 0,05$), analisis dilanjutkan dengan inferensial parametrik menggunakan *Paired Samples T-Test*.

1) Analisis Motivasi Belajar (Variabel Afektif)

Hasil uji coba lapangan berskala besar menunjukkan adanya lonjakan yang signifikan pada motivasi belajar siswa setelah mengadopsi media Gesabat. Ringkasan statistik deskriptif dan inferensial disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji-t Berpasangan Motivasi Belajar (N = 150)

Tahap Pengukuran	Rata-rata Skor	Deviasi Standar
Pretest	23,97	2,44
Posttest	29,80	2,73

Uji beda rata-rata menghasilkan nilai $t(149) = -19,800$ dengan signifikansi yang sangat kuat ($p < 0,001$), sehingga Hipotesis Nol (H0) ditolak dan Hipotesis Alternatif (Ha) diterima. Besaran *effect size Cohen's* d bernilai 1,62 mengindikasikan bahwa intervensi game edukasi Gesabat memberikan dampak afektif yang sangat masif dalam mendongkrak ketekunan dan hasrat berprestasi siswa.

2) Analisis Kecepatan Berpikir Matematis (Variabel Kognitif)

Dampak implementasi media terhadap kelancaran pemrosesan kognitif siswa diukur melalui *Timed Math Fluency Test* berbatas waktu. Hasil uji statistik disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji-t Berpasangan Kecepatan Berpikir Matematis (N = 150)

Tahap Pengukuran	Rata-rata Skor	Deviasi Standar
Pretest	25,10	2,56
Posttest	32,71	2,71

Tabel 3 memperlihatkan lompatan rata-rata skor kecepatan kognitif dari 25,10 menjadi 32,71. Nilai $t = -27,264$ dengan signifikansi $p < 0,001$ mengonfirmasi secara empiris bahwa pemanfaatan Gesabat mengakselerasi pemrosesan informasi matematika siswa secara dramatis. Nilai Cohen's d sebesar 2,23 memperkokoh pembuktian efektivitas media kognitif tersebut.

Pembahasan

Keberhasilan pengembangan media Gesabat dalam mereduksi kendala belajar aritmetika ini dilandasi oleh keselarasan arsitektur media dengan karakteristik psikopedagogis Generasi Alpha. Integrasi animasi sprite berlomba menuju garis finish memfasilitasi kebutuhan visualisasi dinamis yang tidak dimiliki media garis bilangan manual di papan tulis. Sejalan dengan Information Processing Theory dari Atkinson dan Shiffrin (1968), penurunan *cognitive load* terjadi karena konsep abstrak bilangan negatif digantikan oleh model pergerakan karakter kartun yang intuitif. Ketika memori kerja terbebas dari beban pemrosesan, siswa dapat mencapai otomatisasi penarikan fakta (*fact retrieval fluency*) dengan lebih cepat dan akurat.

Secara afektif, lonjakan motivasi belajar (d = 1,62) berakar pada pemenuhan hierarki kebutuhan Maslow (1943) (rasa aman dan rekognisi prestasi) serta teori motivasi berprestasi McClelland (1961) (*need for achievement*). Berbeda dengan metode ceramah konvensional yang memicu kecemasan matematis (*math anxiety*), iklim kompetitif edutainment pada Gesabat memosisikan kegagalan sebagai tantangan bermain yang suportif melalui tombol "Ulangi". Siswa terdorong secara intrinsik untuk mengulang level yang belum tuntas demi mencapai skor maksimal. Temuan ini memperkuat studi Sáez-López *et al*. (2024) yang menegaskan Scratch mampu memicu ketertarikan belajar matematika hingga 35%, sekaligus memperluas jangkauan riset Indahwati *et al*. (2024) melalui otomatisasi sistem *low-code* multimedia berbasis offline.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil analisis, dapat ditarik tiga simpulan utama: (1) Proses pengembangan media Gesabat berbasis Scratch MIT telah berhasil dioperasionalkan secara runtut melalui modifikasi model 4-D (*Define, Design, Develop, Disseminate*); (2) Aplikasi Gesabat terbukti memiliki kualitas prima yang "Sangat Layak" dan "Sangat Valid" secara ilmiah berdasarkan nilai kelayakan pakar (93,8%) serta koefisien Aiken's V (0,92), di samping tergolong sangat praktis digunakan dalam format offline tanpa ketergantungan internet; serta (3) Implementasi Gesabat terbukti efektif secara signifikan dalam mempercepat pemrosesan kognitif matematika siswa pada materi bilangan bulat sekaligus

mendongkrak motivasi belajar afektif siswa kelas VII SMP, ditunjukkan oleh capaian indeks *effect size Cohen's* d yang sangat besar pada kedua variabel.

Bagi guru Matematika, disarankan untuk mengadopsi *platform visual programming* gratis seperti Scratch untuk mengonversi topik abstrak lainnya, guna membangun ekosistem kelas yang interaktif, *student-centered*, dan menyenangkan. Bagi pihak sekolah, diharapkan dapat memfasilitasi *workshop* pembuatan media berbasis *block-coding* bagi guru dan memaksimalkan aset laboratorium komputer perdesaan melalui pemanfaatan aplikasi offline. Bagi peneliti selanjutnya, dianjurkan untuk mengembangkan sensitivitas kuesioner pada skala kecil untuk merekam variabilitas data secara natural, serta melakukan riset dampak longitudinal demi menguji retensi memori jangka panjang siswa.

REFERENSI

Aksakal, N. (2015). Theoretical View to the Approach of the Edutainment. *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* 186, 1232–1239.

Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). *Human memory: A proposed system and its control processes*. New York: Academic Press.

Barz, M., *et al*. (2024). *The Effect of Digital Game-Based Learning Interventions on Cognitive, Metacognitive, and Affective-Motivational Learning Outcomes in School: A Meta-Analysis*. MDPI Computers, 13(2), 45-68.

Borg, W. R., & Gall, M. D. (1983). *Educational Research: An Introduction (4th ed.)*. Longman.

Bustomi, A., et al. (2024). Implementasi teori konstruktivisme Piaget dan Vygotsky dalam pembelajaran. *Jurnal Pendidikan*, 12(1), 89-98.

Indahwati, N., *et al*. (2024). Pengembangan media Scratch pada materi bilangan bulat. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(2), 112-125.

Liu, Y., *et al*. (2024). Information processing theory in mathematics learning. *Educational Psychology Review*, 36(1), 204-221.

Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50(4), 370–396.

Mayer, R. E. (2020). *Multimedia Learning (3rd ed.)*. Cambridge: Cambridge University Press.

McClelland, D. C. (1961). *The Achieving Society*. Van Nostrand.

Muhid, A. (2021). Heutagogy dalam Pembelajaran. Surabaya: UIN Sunan Ampel Press.

Paivio, A. (1986). Mental Representations: A Dual Coding Approach. Oxford University Press.

Resnick, M., *et al*. (2009). Scratch: Programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60–67.

Sáez-López, J. M., *et al*. (2024). Scratch-based educational games and student motivation. *Education Sciences*, 14(3), 145-162.

Sugiyono. (2020). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Website-Based Implementation of Convolutional Neural Networks for Real Face and Deepfake Image Detection

Dimas Aditya Nugraha [1)*)], Syariful Alam [2)], Chandra Dewi Lestari [3)]

[1)2)3)]Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukancana
[*)]**Correspondence author**: dimasadtyangrh50@gmail.com, Purwakarta, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3630

Abstract

The development of artificial intelligence increases the risk of facial image manipulation through deepfake technology that is difficult to distinguish visually. This study aims to implement a Convolutional Neural Network (CNN) based on EfficientNetB0 to classify real and deepfake static facial images and integrate the model into a website application. The study follows the CRISP-DM framework using the FaceForencis++ extracted frames dataset from Kaggle, consisting of 60,000 images with 30,000 real images and 30,000 fake images. The data were divided into 70:15:15 ratios for training, validation, and testing, then processed through 224 x 224 pixel resizing, data augmentation, and facial area cropping using OpenCV Haar Cascade during inference. The model achieved 82.50% validation accuracy and 0.3874 validation loss at the 10th epoch. Decision threshold optimization at 0.78 produced 80.99% accuracy, 80.98% macro F1-score, and 78.56% recall for the fake class on the test data. The model was deployed in a Streamlit application, allowing users to upload facial images and receive detection results directly. The results indicate that the combination of EfficientNetB0 and threshold optimization can support preliminary verification of digital facial image authenticity.

Keywords: *Deepfake, CNN, EfficientNetB0, Streamlit, Facial Image*

Abstrak

Perkembangan kecerdasan buatan meningkatkan risiko manipulasi citra wajah melalui teknologi *deepfake* yang sulit dibedakan secara visual. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan Convolutional Neural Network (CNN) berbasis EfficientNetB0 untuk mengklasifikasikan citra wajah statis asli dan *deepfake* serta mengintegrasikannya ke aplikasi *website*. Penelitian mengikuti kerangka CRISP-DM dengan *dataset* FaceForencis++ extracted *frame*s dari Kaggle sebanyak 60.000 citra, terdiri atas 30.000 citra *real* dan 30.000 citra *fake*. Data dibagi 70:15:15 untuk latih, validasi, dan uji, kemudian diproses melalui penyeragaman ukuran 224 x 224 piksel, augmentasi data, dan pemotongan area wajah menggunakan OpenCV Haar Cascade pada tahap inferensi. Model mencapai *validation accuracy* 82,50% dan *validation loss* 0,3874 pada epoch ke-10. Optimasi *decision threshold* 0,78 menghasilkan *accuracy* 80,99%, *macro F1-score* 80,98%, dan *recall* kelas *fake* 78,56% pada data uji. Model diterapkan dalam aplikasi Streamlit sehingga pengguna dapat mengunggah citra wajah dan memperoleh hasil deteksi secara langsung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi EfficientNetB0 dan optimasi *threshold* dapat digunakan sebagai alat bantu pemeriksaan awal keaslian citra wajah digital.

Kata Kunci: *Deepfake*, CNN, EfficientNetB0, Streamlit, Citra Wajah

PENDAHULUAN

Kemajuan kecerdasan buatan memberikan manfaat besar bagi pengolahan data dan citra digital, tetapi juga menghadirkan risiko baru melalui teknologi *deepfake*. *Deepfake* memanfaatkan teknik kecerdasan buatan untuk menghasilkan atau memanipulasi citra, suara, dan video sehingga objek yang ditampilkan tampak meyakinkan meskipun tidak merepresentasikan kejadian sebenarnya (Seveney et al., 2025). Pada konteks citra wajah, manipulasi tersebut dapat menimbulkan risiko terhadap keamanan data biometrik, reputasi individu, serta penyebaran disinformasi digital (Palindria et al., 2024).

Deteksi *deepfake* secara manual menjadi semakin sulit karena kualitas citra sintetis terus meningkat. Kondisi tersebut mendorong kebutuhan sistem yang mampu mengenali pola visual dan artefak manipulasi secara otomatis. Convolutional Neural Network (CNN) merupakan pendekatan deep learning yang banyak digunakan dalam klasifikasi citra karena mampu mengekstraksi fitur visual secara otomatis dari data gambar (Setiyono et al., 2023). Pada kasus identifikasi wajah asli dan *deepfake*, CNN telah digunakan untuk membedakan citra asli dan citra buatan berdasarkan pola fitur yang tidak selalu terlihat oleh pengamat manusia (Mu et al., 2024).

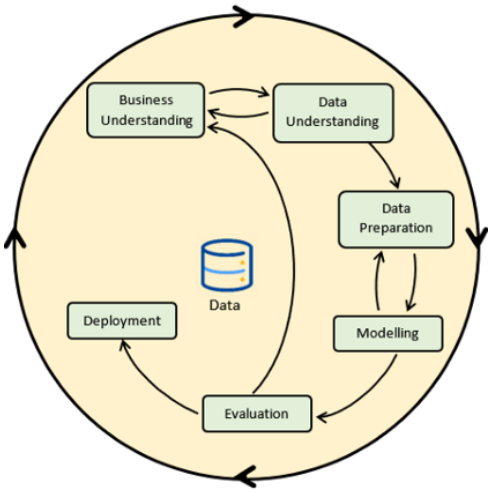
Sejumlah penelitian sebelumnya telah membahas pemanfaatan CNN untuk deteksi *deepfake*. Raharjo et al. (2025) menekankan pentingnya analisis tekstur dan pola wajah dalam forensik *deepfake* berbasis CNN. Salim et al., (2025) menggunakan MTCNN dan MobileNetV2 untuk mitigasi risiko disinformasi digital berbasis *deepfake* di Indonesia, sedangkan Gulo et al., (2025) menerapkan CNN untuk membedakan citra asli dan citra *deepfake*. Taufiqurrahman et al., (2025) juga menunjukkan bahwa pengembangan arsitektur CNN-Dilated dapat digunakan untuk mendeteksi manipulasi citra *deepfake*. Sementara itu, EfficientNetB0 dipandang relevan karena memiliki efisiensi komputasi yang baik melalui kombinasi *Mobile Inverted Bottleneck Convolution* dan *Squeeze-and-Excitation Network* sehingga mampu mengekstraksi fitur citra secara efektif (Nastitie et al., 2025). Namun, sistem deteksi tidak hanya memerlukan model klasifikasi, tetapi juga alur penggunaan yang dapat diakses oleh pengguna umum melalui aplikasi berbasis *website*.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengimplementasikan CNN berbasis EfficientNetB0 untuk mendeteksi citra wajah statis asli dan *deepfake*. Kontribusi

penelitian terletak pada penggunaan *dataset* citra seimbang, penerapan *preprocessing* dan augmentasi citra, evaluasi *threshold* keputusan pada data uji, serta integrasi model ke aplikasi Streamlit. Tujuan penelitian ini adalah membangun model klasifikasi citra wajah asli dan *deepfake*, mengevaluasi performanya menggunakan metrik akurasi, presisi, *recall*, dan F1-score, serta menerapkan model dalam *website* agar dapat digunakan sebagai alat bantu pemeriksaan awal keaslian citra digital.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan kerangka CRISP-DM karena alurnya sesuai untuk proyek berbasis data dan *machine learning*. Tahapan yang digunakan meliputi *business understanding*, *data understanding*, *data preparation*, *modeling*, *evaluation*, dan *deployment* (Santiastry & Apriandari, 2024). Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian Berbasis CRISP-DM

Pada tahap *business understanding*, masalah utama yang diidentifikasi adalah sulitnya membedakan citra wajah asli dan citra *deepfake* secara visual. Output tahap ini adalah kebutuhan sistem deteksi berbasis *website*. Pada tahap data understanding, penelitian menggunakan dataset Kaggle berjudul FaceForencis++ extracted frames, yaitu kumpulan frame hasil ekstraksi dari dataset FaceForensics++ untuk penelitian deteksi deepfake (7elmy, n.d.). *Dataset* yang digunakan dalam eksperimen berjumlah 60.000 citra dan dibagi seimbang ke dalam kelas *real* dan *fake*.

Tabel 1. Pembagian *Dataset* Citra Wajah

Kelas	Latih	Validasi	Uji	Total
Asli / *real*	21.000	4.500	4.500	30.000
Manipulasi / *fake*	21.000	4.500	4.500	30.000
Total	42.000	9.000	9.000	60.000

Tahap *data preparation* dilakukan dengan menyeragamkan ukuran citra menjadi 224 x 224 piksel sesuai kebutuhan masukan EfficientNetB0. Augmentasi diterapkan pada data latih untuk meningkatkan variasi visual dan membantu model mengenali pola wajah pada kondisi yang lebih beragam. Parameter augmentasi yang digunakan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Augmentasi Data

Augmentasi	Nilai	Keterangan
Random Flip	Horizontal	Membalik citra secara acak dari kiri ke kanan.
Random Rotation	0,05	Memutar citra secara acak hingga sekitar 5%.
Random Zoom	0,05	Mengubah skala pembesaran secara acak sebesar 5%.
Random Contrast	0,08	Mengubah kontras pencahayaan secara acak sebesar 8%.

Tahap *modeling* menggunakan EfficientNetB0 sebagai jaringan dasar. Lapisan klasifikasi asli diganti dengan Global Average Pooling 2D, dua lapisan *dropout* 0,5, satu lapisan *dense* 256 neuron dengan aktivasi ReLU, dan satu neuron keluaran dengan aktivasi sigmoid. Struktur tersebut digunakan untuk klasifikasi biner antara citra *real* dan *fake*.

Tabel 3. Modifikasi Lapisan Klasifikasi EfficientNetB0

Lapisan	Konfigurasi	Fungsi
Global Average Pooling 2D	Standar	Mereduksi peta fitur menjadi vektor satu dimensi.
Dropout 1	0,5	Mengurangi risiko *overfitting* pada representasi fitur awal.
Dense	256 neuron, ReLU	Mempelajari hubungan nonlinier antarfitur.
Dropout 2	0,5	Mengurangi ketergantungan antarneuron.
Dense keluaran	1 neuron, sigmoid	Menghasilkan probabilitas klasifikasi biner.

Pelatihan dilakukan dalam dua tahap. Pada tiga epoch pertama, lapisan dasar EfficientNetB0 dikunci agar lapisan klasifikasi baru dapat menyesuaikan bobot. Setelah itu, dilakukan *fine-tuning* dengan membuka lapisan ke-100 dan seterusnya untuk menyesuaikan

representasi fitur terhadap karakteristik artefak *deepfake*. Evaluasi akhir dilakukan menggunakan 9.000 data uji melalui *confusion matrix*, *accuracy*, precision, *recall*, *macro F1-score*, serta perbandingan *threshold* 0,50 dan 0,78. Model akhir kemudian diintegrasikan ke aplikasi *website* menggunakan Streamlit, sedangkan OpenCV Haar Cascade digunakan pada tahap inferensi untuk mendeteksi dan memotong area wajah sebelum citra diklasifikasikan.

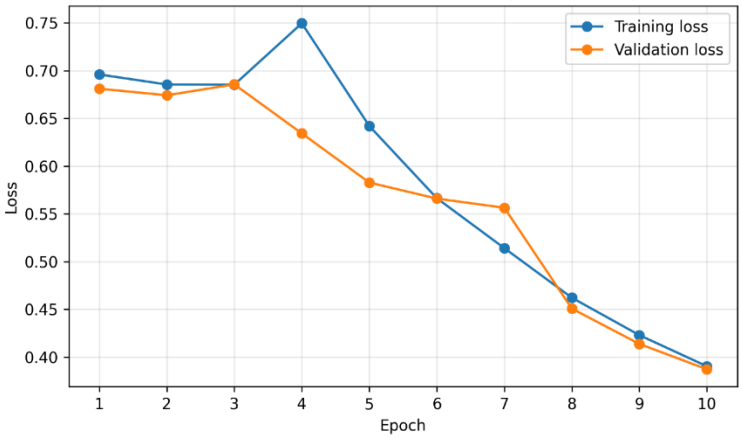
HASIL DAN PEMBAHASAN

Performa pelatihan model selama sepuluh epoch disajikan pada Tabel 4. Fase *warm-up* menunjukkan peningkatan yang terbatas karena lapisan dasar masih dikunci. Setelah masuk ke fase *fine-tuning*, *training accuracy* dan *validation accuracy* meningkat secara bertahap hingga mencapai 82,31% dan 82,50% pada epoch ke-10.

Tabel 4. Hasil Pelatihan Model EfficientNetB0

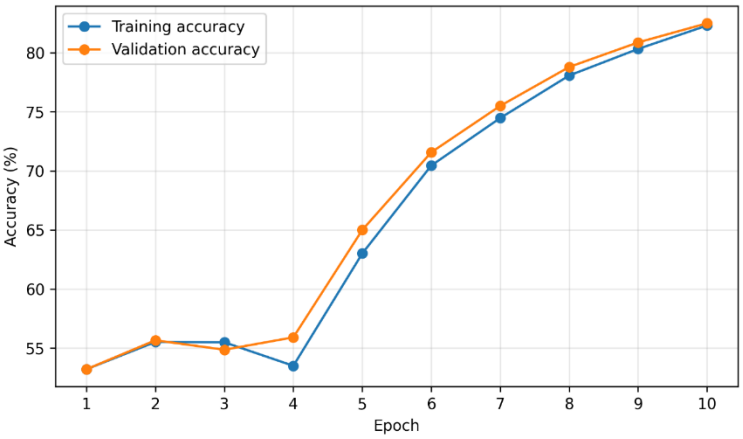
Epoch	Fase	Train *Loss*	Train Acc.	Val. *Loss*	Val. Acc.
1	*Warm-up* 1	0,6961	53,22%	0,6812	53,22%
2	*Warm-up* 2	0,6856	55,53%	0,6743	55,67%
3	*Warm-up* 3	0,6854	55,50%	0,6857	54,87%
4	Fine-Tune 1	0,7497	53,51%	0,6344	55,92%
5	Fine-Tune 2	0,6421	63,02%	0,5829	65,01%
6	Fine-Tune 3	0,5665	70,46%	0,5661	71,58%
7	Fine-Tune 4	0,5142	74,48%	0,5565	75,51%
8	Fine-Tune 5	0,4623	78,08%	0,4509	78,80%
9	Fine-Tune 6	0,4231	80,33%	0,4139	80,88%
10	Fine-Tune 7	0,3905	82,31%	0,3874	82,50%

Tren nilai *loss* ditampilkan pada Gambar 2 dibawah. *Validation loss* menurun dari 0,6812 menjadi 0,3874. Penurunan ini menunjukkan bahwa proses *fine-tuning* membantu model menyesuaikan fitur terhadap karakteristik data validasi. Walaupun terdapat fluktuasi pada transisi dari *warm-up* ke *fine-tuning*, arah umum kurva menunjukkan perbaikan performa.



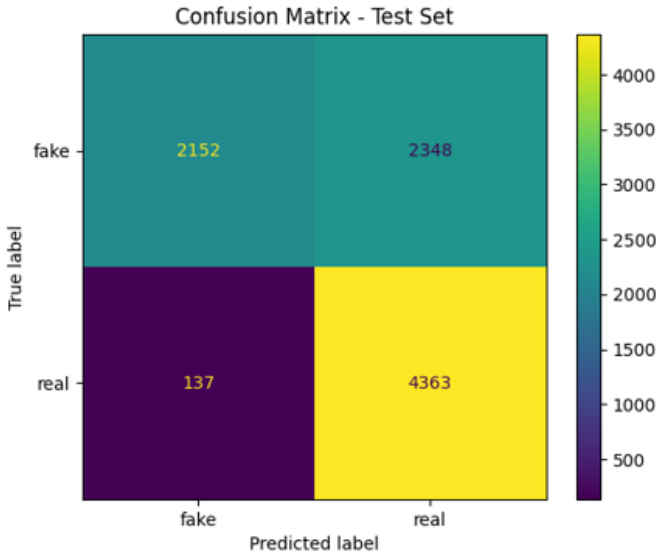
Gambar 2. Kurva Training *Loss* dan *Validation Loss*

Gambar 3 dibawah menunjukkan peningkatan *training accuracy* dan *validation accuracy*. Selisih akhir antara akurasi latih dan validasi hanya 0,19 poin persentase, sehingga tidak tampak kesenjangan generalisasi yang besar pada data validasi. Meskipun demikian, evaluasi pada data uji tetap diperlukan karena data berasal dari *frame dataset* yang karakteristiknya dapat memiliki kemiripan visual.



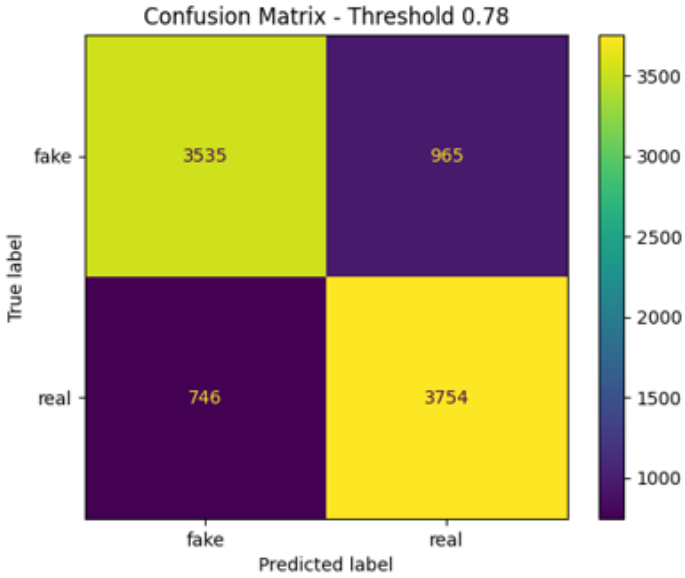
Gambar 3. Kurva Training *Accuracy* dan *Validation Accuracy*

Pengujian *threshold* dilakukan untuk melihat pengaruh ambang keputusan terhadap kemampuan model mengenali kelas *fake*. Pada *threshold* standar 0,50, model memperoleh akurasi 72,39% dan *macro F1-score* 70,62%. *Confusion matrix* pada Gambar 4 dibawah menunjukkan bahwa 2.152 citra *fake* berhasil dikenali sebagai *fake*, sedangkan 2.348 citra *fake* salah diklasifikasikan sebagai *real*.



Gambar 4. *Confucion Matrix* pada *Threshold* 0,50

Pada *threshold* 0,78, kemampuan model mendeteksi citra *fake* meningkat. Gambar 5 dibawah menunjukkan bahwa jumlah citra *fake* yang terdeteksi benar naik menjadi 3.535, sedangkan kesalahan *fake* sebagai *real* turun menjadi 965. Konsekuensinya, jumlah citra *real* yang salah diklasifikasikan sebagai *fake* meningkat menjadi 746. Perubahan ini menunjukkan adanya pertukaran antara sensitivitas terhadap citra manipulasi dan risiko alarm palsu pada citra asli.



Gambar 5. *Confucion Matrix* pada *Threshold* 0,78

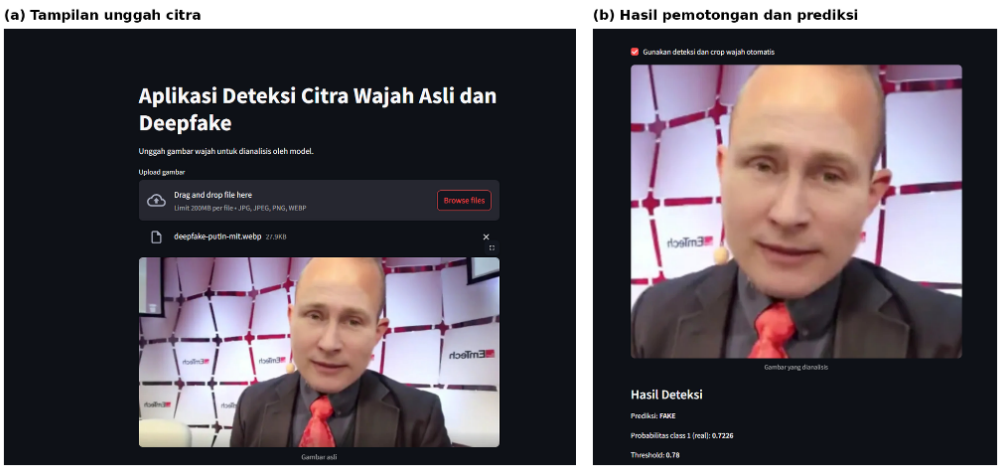
Tabel 5. Perbandingan Metrik Berdasarkan *Threshold*

Threshold	Akurasi	Presisi Makro	*Recall* Makro	Macro F1	*Recall Fake*
0,50	72,39%	79,51%	72,39%	70,62%	47,82%
0,78	80,99%	81,06%	80,99%	80,98%	78,56%

Berdasarkan Tabel 5, *threshold* 0,78 menghasilkan peningkatan akurasi sebesar 8,60 poin persentase dan *macro F1-score* sebesar 10,36 poin persentase dibandingkan *threshold* 0,50. *Recall* kelas *fake* juga meningkat dari 47,82% menjadi 78,56%. Untuk konteks alat bantu pemeriksaan awal, *threshold* 0,78 lebih sesuai karena menurunkan kemungkinan citra manipulasi lolos sebagai citra asli. Namun, pemilihan *threshold* tetap perlu mempertimbangkan risiko penggunaan karena peningkatan sensitivitas dapat memunculkan lebih banyak alarm palsu pada citra *real*.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa performa model berada pada kisaran yang masih sejalan dengan penelitian *deepfake* berbasis CNN lainnya. Hutagalung et al., (2025) melaporkan penggunaan MobileViT-CBAM untuk deteksi *deepfake* secara *real-time* pada perangkat *mobile*, sedangkan Suharyanto et al., (2024) membandingkan CNN dengan *Capsule Networks* dalam mendeteksi *deepfake*. Tobing et al., (2025) juga menunjukkan bahwa pendekatan CNN dapat digunakan untuk mendukung keamanan digital melalui deteksi citra palsu. Perbedaan utama penelitian ini terletak pada fokus citra wajah statis, penggunaan EfficientNetB0, optimasi *threshold* keputusan, serta integrasi model ke aplikasi *website* berbasis Streamlit.

Model akhir diintegrasikan ke aplikasi *website* menggunakan Streamlit. Streamlit dipilih karena mendukung pembangunan antarmuka interaktif berbasis Python untuk kebutuhan *machine learning* dan visualisasi data (Febrian et al., 2025). Alur aplikasi dimulai dari unggah citra, pendeteksian area wajah menggunakan Haar Cascade, *square crop*, penyeragaman ukuran 224 x 224 piksel, prediksi model, dan penampilan label hasil deteksi.



Gambar 6. Antarmuka Unggah Citra dan Hasil Deteksi pada Streamlit

Gambar 6 memperlihatkan antarmuka unggah citra dan hasil deteksi. Pemotongan area wajah membantu mengurangi pengaruh latar belakang sehingga masukan model lebih berfokus pada wilayah wajah. Walaupun demikian, penggunaan Haar Cascade masih memiliki keterbatasan pada wajah yang menoleh, tertutup, atau berada dalam pencahayaan rendah. Selain itu, model dilatih menggunakan *frame* dari FaceForensics++, sehingga performanya pada citra dari generator baru, kompresi ekstrem, atau demografi yang tidak terwakili belum dapat dipastikan. Oleh karena itu, aplikasi lebih tepat diposisikan sebagai alat bantu pemeriksaan awal, bukan bukti forensik tunggal.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan CNN berbasis EfficientNetB0 untuk klasifikasi citra wajah statis asli dan *deepfake* serta mengintegrasikannya ke aplikasi *website*. Model mencapai *validation accuracy* 82,50% dan *validation loss* 0,3874 pada epoch ke-10. Pada 9.000 data uji, *threshold* 0,78 memberikan performa lebih seimbang dibandingkan *threshold* 0,50, dengan *accuracy* 80,99%, *macro F1-score* 80,98%, dan *recall fake* 78,56%. Integrasi OpenCV Haar Cascade dan Streamlit menghasilkan alur penggunaan yang praktis mulai dari unggah citra, pemotongan wajah, hingga penyajian prediksi. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan pemisahan data berdasarkan identitas atau video asal, memperluas *dataset* dengan generator dan demografi yang lebih beragam, membandingkan

metode pelokalan wajah seperti MTCNN atau MediaPipe, serta mengembangkan deteksi video yang mempertimbangkan informasi temporal.

REFERENSI

Febrian, R. D., Heri Irawan, R., & Helilintar, R. (2025). Implementasi Algoritma K-Nearest Neighbor Penentuan Takaran Pakan Ikan. *Jurnal Nusantara Of Engineering*, *8*(2). https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/noe

Gulo, S. A., Pertiwi, A. A., Putri, S., Nasution, S., & Syahputra, H. (2025). Deteksi Deepfake Dalam Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN). *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *9*(5).

Hutagalung, C. A., Akhmad, D. M., Resita, E., & Rahmi, T. (2025). Deteksi Deepfake Real-Time pada Perangkat Mobile Menggunakan Arsitektur MobileViT-CBAM Teroptimasi. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, *4*(4), 1543–1550. https://doi.org/10.31004/riggs.v4i4.3634

Mu, J., Adrezo, M., & Haikal, A. N. (2024). Identifikasi Wajah Asli dan Buatan Deepfake Menggunakan Metode Convolutional Neural Network. *Teknika*, *13*(1), 45–50. https://doi.org/10.34148/teknika.v13i1.705

Nastitie, C., Handayani, I., & Yogyakarta, U. T. (2025). Perbandingan Metode Mobilenetv2 Dan Efficientnetb0 Untuk Klasifikasi Jenis Pisang Comparison Of Mobilenetv2 And Efficientnetb0 Methods For Banana Type Classification. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, *8*(6).

Palindria, E. A., Thufail, S. M., & Febrian, R. M. (2024). Ancaman Deepfake Buatan AI Dan Implikasinya Terhadap Keamanan Data Biometrik Di Indonesia. *Jurnal Spectrum Hukum*.

Raharjo, T., Irfan Adristi, F., Yusroni Romadhona, F., Rahmadi Syahputra, R., Yusuf Halim, M., Ashshidiqie Rachman, M., Nur Marjianto, R., Santicho, D., Kusuma, P., & Ramadhani, E. (2025). Analisis Forensik Deepfake Berbasis Convolutional Neural Network (Cnn) Untuk Deteksi Inkonsistensi Tekstur Dan Pola Pada Citra Wajah. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)* (Vol. 9, Number 2).

Salim, H. A., Muliawan, A., & Fauziah, D. A. (2025). Deteksi Deepfake dalam Mitigasi Risiko Disinformasi Digital menggunakan Metode Multi-Task Cascaded Convolutional Network dan Mobilenetv2 di Indonesia. *SEMANTIK*, *11*. https://doi.org/https://doi.org/10.55679/semantik.v11i2.239

Santiastry, S., & Apriandari, W. (2024). Penerapan Algoritma Naive Bayes Dan Metode Crisp-Dm Dalam Prediksi Hasil Tes Kemampuan Bahasa Inggris Mahasiswa. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, *8*(5).

Setiyono, B., Riv'an Arif, M., Aini, Q. Q., Soegianto, T. H., Ohanna, J., Andrean, R., Gunawan, F., & Rizkia, A. P. (2023). Identifikasi Tanaman Obat Indonesia Melalui Citra Daun Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN). *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (JTIIK)*. https://doi.org/10.25126/jtiik.2023106809

Suharyanto, D., Lubis, C., & Agus, D. B. (2024). Penerapan Convolutional Neural Network dan Capsule Networks Dalam Mendeteksi Deepfake. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Sistem Informasi*.

Seveney, M. C., Wicaksono, D. B., & Soetijono, I. K. (2025). Urgensi Regulasi Terhadap Penyalahgunaan Deepfake Berbasis Ai (Artificial Intelligence) Pada Konten Pornografi. *Jurnal Disiplin : Majalah Civitas Akademika Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Sumpah Pemuda*, *31*.

Taufiqurrahman, R. F., Anggraeny, F. T., & Sihananto, A. N. (2025). Penerapan Arsitektur CNN-Dilated untuk Deteksi Manipulasi Citra Deepfake. *ILKOMNIKA: Journal of Computer Science and Applied Informatics E*, *7*(3), 495–506. https://doi.org/10.28926/ilkomnika.v7i3.821

Tobing, F. A. T., Kusnadi, A., Pane, I. Z., & Winantyo, R. (2025). Deepfake detection using convolutional neural networks: a deep learning approach for digital security. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, *39*(2), 1092. https://doi.org/10.11591/ijeecs.v39.i2.pp1092-1099

7elmy, A. (n.d.). *FaceForencis++ extracted frames*. Kaggle. https://www.kaggle.com/datasets/adham7elmy/faceforencispp-extracted-frames

Design and Development of the ANTASENA Mobile-Based Emergency Reporting Application Using the Extreme Programming Method

Farhan Faturrachman [1)*)], Imam Maruf Nugroho [2)], Meriska Defriani [3)]

[1)2)3)]Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukancana
[*)]**Correspondence author**: farhanfaturrachman63@wastukancana.ac.id, Purwakarta, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3632

Abstract

The development of Android technology plays a vital role in handling emergency situations. The Fire and Rescue Department of Purwakarta Regency holds primary responsibility for firefighting, victim rescue, and disaster management, yet incident reporting is still conducted manually via WhatsApp, often resulting in imprecise address information that requires re-confirmation and delays emergency response. This research aims to design and build an Android-based mobile application named ANTASENA as a faster, more accurate emergency reporting solution, developed using the Kotlin programming language and Supabase cloud database, integrated with the Fonnte WhatsApp Gateway, applying the Extreme Programming (XP) method comprising the Planning, Design, Coding, and Testing phases. ANTASENA offers three key features: a digital reporting form with automatic location coordinate detection, integration of real-time disaster data from official sources such as BMKG, InaTews, Magma ESDM, Sipongi KLHK, and InaRiks BNPB, and a community feedback feature powered by the WhatsApp Gateway. Through this implementation, public reporting becomes faster, more efficient, and more accurate, as incident locations are detected automatically without repeated confirmation, so that ANTASENA is expected to accelerate the response of fire and rescue officers while enhancing public literacy and self-reliance in disaster mitigation within their community.

Keywords: *Mobile Application, ANTASENA, Extreme Programming, Emergency Reporting, WhatsApp Gateway*

Abstrak

Perkembangan teknologi Android berperan penting dalam penanganan situasi darurat. Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan Kabupaten Purwakarta bertanggung jawab dalam penanganan kebakaran, penyelamatan korban, dan bencana, namun pelaporan kejadian masih dilakukan secara manual melalui WhatsApp sehingga informasi alamat kurang detail dan mengharuskan petugas melakukan konfirmasi ulang yang memperlambat proses penanganan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun aplikasi mobile Android bernama ANTASENA sebagai solusi pelaporan darurat yang lebih cepat dan akurat, menggunakan bahasa pemrograman Kotlin dan database *cloud* Supabase yang terintegrasi dengan WhatsApp Gateway melalui platform Fonnte, dengan pengembangan sistem menerapkan metode Extreme Programming (XP) yang meliputi tahapan Planning, Design, Coding, dan Testing. Aplikasi ANTASENA menghadirkan tiga fitur unggulan, yaitu formulir pelaporan digital dengan deteksi koordinat lokasi otomatis, integrasi data bencana *real-time* dari sumber resmi seperti BMKG, InaTews, Magma ESDM, Sipongi KLHK, dan InaRiks BNPB, serta fitur masukan dan saran masyarakat berbasis WhatsApp Gateway. Melalui implementasi aplikasi ini, proses pelaporan masyarakat menjadi lebih cepat, efisien, dan akurat karena lokasi kejadian dapat terdeteksi secara otomatis tanpa perlu konfirmasi berulang, sehingga ANTASENA diharapkan dapat mempercepat respons petugas pemadam kebakaran dan penyelamatan sekaligus meningkatkan literasi serta kemandirian masyarakat Kabupaten Purwakarta dalam mitigasi bencana di lingkungan sekitar mereka.

Kata Kunci: Aplikasi Mobile, ANTASENA, Extreme Programming, Pelaporan Darurat, WhatsApp Gateway

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi berbasis Android saat ini berperan penting dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam menangani situasi yang bersifat darurat (*emergency*). Aplikasi mobile sendiri merupakan perangkat lunak yang dirancang khusus untuk berjalan pada smartphone guna meningkatkan fungsionalitas perangkat serta memudahkan pengguna dalam menjalankan tugas tertentu (Daryono et al., 2024). Ditengah pesatnya pertumbuhan sistem operasi perangkat bergerak, Android telah menjadi sistem operasi paling umum digunakan pada berbagai perangkat mobile. Namun demikian, masyarakat sering kali menghadapi kebingungan mengenai langkah yang harus diambil atau ke mana harus melapor saat berada dalam kondisi darurat(Inggrit et al., 2022).

Pada tingkat lokal, Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan Kabupaten Purwakarta merupakan instansi yang bertanggung jawab dalam penanganan kebakaran, penyelamatan korban, serta penanggulangan bencana lainnya. Laporan kejadian darurat idealnya memuat informasi esensial berupa identitas pelapor, jenis kejadian, dan titik lokasi sebagai dasar petugas untuk segera bertindak (Ferynda & Fanida, 2023). Namun dalam praktiknya, pelaporan kejadian saat ini masih dilakukan secara manual melalui pesan WhatsApp (Supartini, 2022) yang diketik mandiri oleh masyarakat, sehingga apabila alamat yang diberikan kurang jelas, petugas harus melakukan konfirmasi ulang yang menghambat kecepatan penanganan.

Berdasarkan kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu, sebagian besar pengembangan aplikasi kegawatdaruratan masih terbatas pada sistem pelaporan satu arah dan memisahkan sarana edukasinya pada platform yang berbeda. Kesenjangan (*research gap*) inilah yang mendasari penelitian ini, sejalan dengan semangat digitalisasi layanan publik oleh pemerintah untuk meningkatkan kualitas, efisiensi, dan akuntabilitas layanan kepada masyarakat (Tiara Mulia et al., 2025). Nilai kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini adalah penyediaan arus informasi dua arah, di mana masyarakat tidak hanya dapat mengirimkan laporan kejadian, tetapi juga dapat memantau potensi bencana secara *real-time* yang bersumber langsung dari otoritas resmi dalam satu aplikasi.

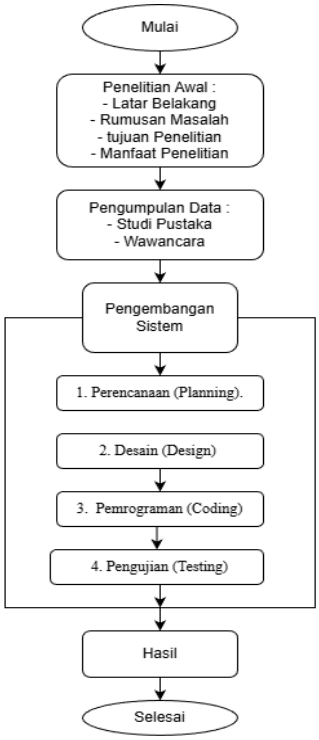
Untuk menjawab permasalahan tersebut, peneliti merancang sebuah aplikasi mobile berbasis Android bernama ANTASENA. Aplikasi ini menyediakan formulir laporan digital

dengan fitur pengambilan titik koordinat lokasi kejadian secara otomatis. Selain itu, ANTASENA mengintegrasikan data bencana alam secara *real-time* dari berbagai sumber resmi, yaitu BMKG, InaTews BMKG, Magma ESDM, Sipongi KLHK, dan InaRiks BNPB, dilengkapi fitur masukan dan saran yang memanfaatkan WhatsApp Gateway sebagai antarmuka pemrograman aplikasi (API) untuk pengiriman dan penerimaan pesan secara otomatis (Sulistiawan et al., 2025), yang diimplementasikan melalui platform pihak ketiga Fonnte (Hidayat et al., 2025).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun aplikasi ANTASENA berbasis mobile dengan menerapkan metode Extreme Programming, sebuah pendekatan *technical how to* yang menekankan efisiensi tim pengembang melalui prinsip dan teknik praktis pengembangan perangkat lunak (Sahputra et al., 2023), guna meningkatkan kecepatan, efisiensi, dan akurasi pelaporan keadaan darurat di Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan Kabupaten Purwakarta.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*applied research*) dengan objek Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan Kabupaten Purwakarta, yang dipilih karena memiliki peran krusial dalam manajemen layanan darurat dan penyelamatan masyarakat, serta perannya dalam mendukung digitalisasi sistem penanganan keadaan darurat. Pengembangan sistem menerapkan metode Extreme Programming (XP), sebuah model pengembangan perangkat lunak dalam pendekatan Agile yang pertama kali diperkenalkan oleh Kent Beck, dirancang sebagai metode yang cepat, efisien, fleksibel, dan berisiko rendah (Coyanda et al., 2022). Tahapan penelitian secara menyeluruh, mulai dari penyusunan latar belakang masalah hingga pengujian fungsionalitas aplikasi, diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Sebagai landasan atas riset gap, sebagian besar pengembangan aplikasi kegawatdaruratan terdahulu masih sebatas sistem pelaporan satu arah dan memisahkan sarana edukasinya pada platform berbeda. Penelitian ini hadir untuk menjembatani kesenjangan tersebut dengan merancang ANTASENA sebagai aplikasi darurat *all-in-one* yang menyediakan arus informasi dua arah, sekaligus mengintegrasikan modul edukasi mitigasi, portal berita, dan layanan aduan via WhatsApp Gateway.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga pendekatan. Studi pustaka dilakukan dengan mengkaji jurnal dan artikel ilmiah terkait pengembangan aplikasi mobile serta metodologi Extreme Programming, untuk membangun kerangka teoretis penelitian. Observasi dilakukan secara langsung terhadap proses kerja dan mekanisme penanganan laporan darurat yang berjalan di Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan Kabupaten Purwakarta, guna mengidentifikasi kendala teknis di lapangan. Wawancara

dilakukan dengan pihak dinas untuk menggali kebutuhan spesifik aplikasi, difokuskan pada penyederhanaan alur pelaporan dan otomatisasi koordinat lokasi.

Metode Pengembangan Sistem

Pengembangan aplikasi menerapkan metode XP yang dikenal sebagai *technical how to*, yaitu bagaimana suatu tim teknis mengembangkan perangkat lunak secara efisien melalui berbagai prinsip dan teknik praktis pengembangan (Coyanda et al., 2022). Metode ini terdiri atas empat tahapan. Tahap Perencanaan (*Planning*) meliputi identifikasi kebutuhan aplikasi, penentuan skala prioritas fitur, serta penyusunan rencana kerja bersama pemangku kepentingan dinas(Yudhistira, 2024). Tahap Desain (*Design*) berfokus pada perancangan struktur aplikasi dan antarmuka pengguna yang sederhana, *user-friendly*, dan fleksibel terhadap perubahan prosedur penanganan darurat(Yudhistira, 2024). Tahap Pemrograman (*Coding*) meliputi implementasi fitur-fitur sistem sesuai rancangan, diiringi pengujian mandiri untuk mendeteksi kesalahan sedini mungkin(Yudhistira, 2024). Tahap Pengujian (*Testing*) mengacu pada prinsip *test-first*, di mana skenario uji disusun sebelum penulisan kode, sehingga setiap fitur diuji secara mendalam guna menjamin kualitas dan reliabilitas aplikasi(Yudhistira, 2024).

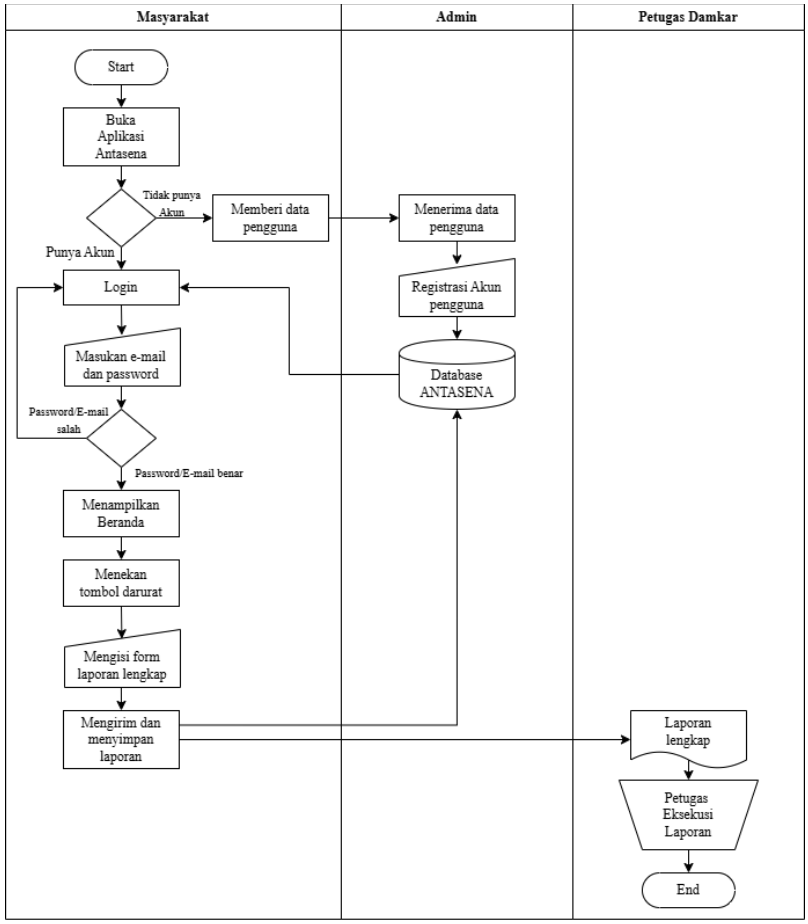
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap awal penelitian berfokus pada pengumpulan data melalui studi pustaka, observasi, dan wawancara di Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan Kabupaten Purwakarta, guna membangun landasan teori, memahami situasi lapangan, serta menyusun spesifikasi kebutuhan aplikasi ANTASENA. Berdasarkan data yang diperoleh, penelitian ini kemudian dilanjutkan pada tahap analisis sistem, desain, implementasi, hingga pengujian aplikasi sebagaimana diuraikan pada bagian berikut.

Analisis Sistem

Berdasarkan hasil observasi, sistem pelaporan yang berjalan saat ini di Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan Kabupaten Purwakarta masih bersifat manual, di mana masyarakat mengirim laporan melalui WhatsApp dan petugas harus memeriksa kelengkapan data secara berulang sebelum bergerak ke lokasi kejadian. Untuk mengatasi hal

tersebut, dirancang alur sistem usulan sebagai dasar pembuatan aplikasi ANTASENA, sebagaimana disajikan pada Gambar 2.

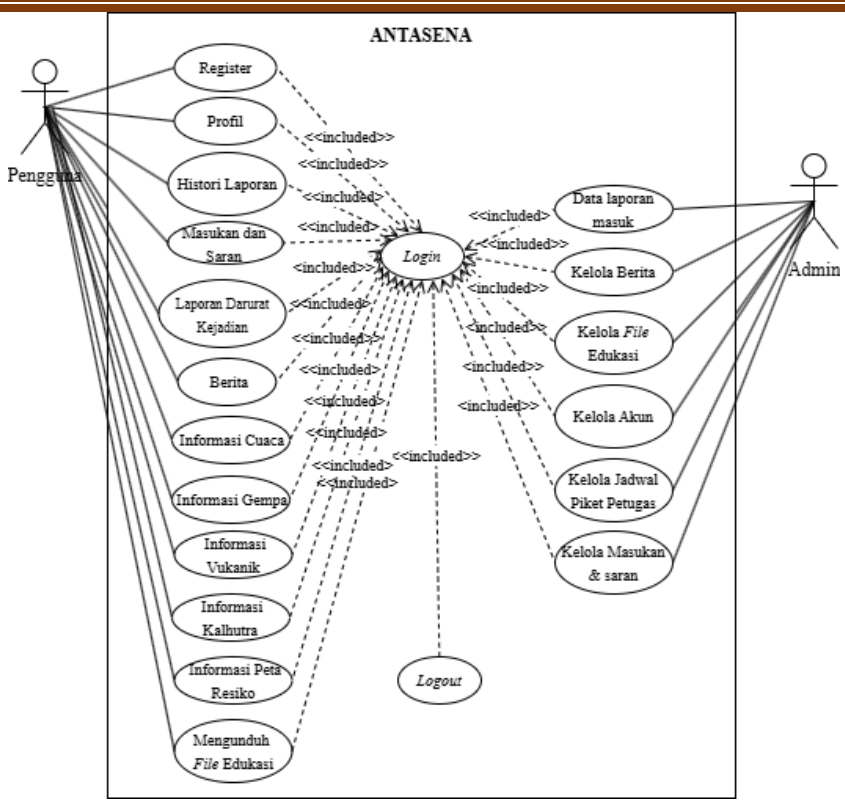


Gambar 2. *Flowmap* Sistem Usulan Aplikasi ANTASENA

Pada sistem usulan, pengguna yang telah login dapat langsung menekan tombol darurat di halaman utama, mengisi formulir laporan, dan mengirimkannya untuk diproses serta disimpan otomatis ke database, sehingga petugas dapat menerima laporan yang sudah lengkap dan segera bergerak ke lapangan tanpa proses konfirmasi ulang seperti pada sistem manual sebelumnya.

Desain Sistem

Untuk merepresentasikan interaksi antara pengguna dan sistem, perancangan aplikasi ANTASENA dimodelkan menggunakan Use Case Diagram, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.

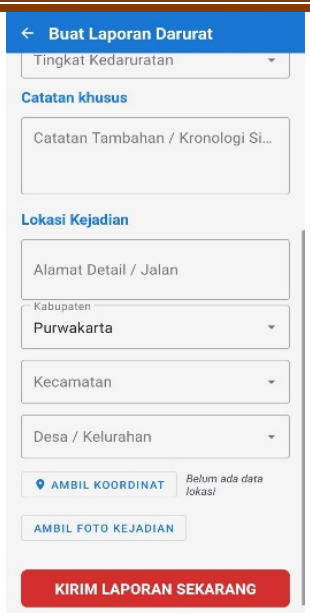


Gambar 3. Use Case Diagram Aplikasi ANTASENA

Diagram tersebut mengidentifikasi dua aktor utama, yaitu Pengguna (masyarakat umum) yang dapat mengakses fitur pelaporan darurat, histori laporan, masukan dan saran, serta berbagai halaman informasi kebencanaan; dan Admin yang memiliki hak kelola penuh atas data laporan masuk, berita, file edukasi, akun pengguna, serta jadwal piket petugas. Pemodelan ini menjadi acuan dalam menyusun 20 fungsi (*use case*) yang selanjutnya diimplementasikan ke dalam aplikasi.

Implementasi Fitur Utama

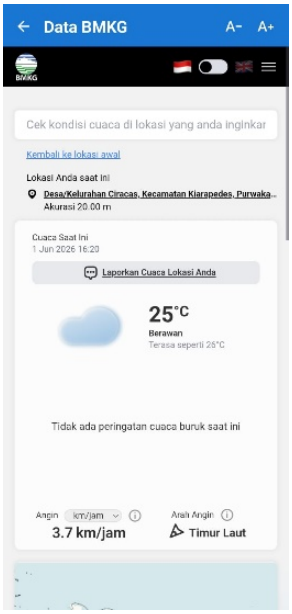
Implementasi aplikasi ANTASENA menghasilkan sejumlah fitur utama yang menjawab kebutuhan pelaporan darurat secara cepat dan akurat. Fitur pertama adalah formulir laporan darurat kejadian yang dilengkapi pengambilan titik koordinat lokasi secara otomatis, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Halaman Laporan Darurat Kejadian

Halaman ini memuat elemen input laporan kebakaran, fitur pengunggahan foto bukti, serta penentuan titik koordinat lokasi kejadian, sehingga pengguna tidak perlu lagi menyalin alamat secara manual seperti pada proses pelaporan sebelumnya.

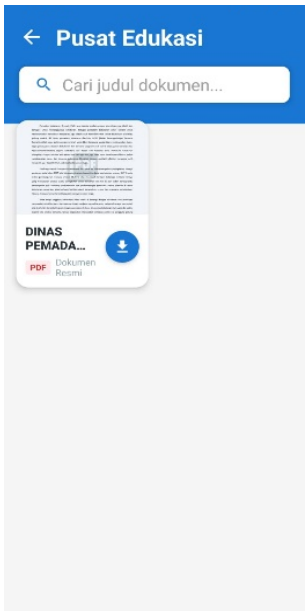
Fitur kedua adalah halaman informasi kebencanaan yang mengintegrasikan data *real-time* dari sumber resmi seperti BMKG, InaTews, Magma ESDM, Sipongi KLHK, dan InaRiks BNPB, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan Halaman Informasi

Melalui halaman ini, masyarakat dapat memantau kondisi kebencanaan di sekitar wilayahnya secara mandiri tanpa harus berpindah aplikasi atau mengunjungi situs resmi masing-masing instansi.

Fitur ketiga adalah halaman edukasi dan berita yang berfungsi sebagai pusat informasi mitigasi bencana, ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan Halaman Edukasi

Halaman edukasi menampilkan daftar materi yang dapat diunduh masyarakat sebagai panduan penanganan darurat sebelum petugas tiba di lokasi, sementara halaman berita menyajikan kabar bencana dan kegiatan terkini yang diperbarui secara berkala oleh admin.

Fitur keempat adalah integrasi WhatsApp Gateway melalui platform Fonnte, yang berfungsi mengirimkan balasan otomatis (*auto-reply*) kepada pelapor berupa konfirmasi penerimaan laporan, status laporan, serta meneruskan laporan darurat kepada seluruh petugas piket yang sedang aktif secara serentak. Fitur ini memastikan masyarakat mendapatkan kepastian status laporan secara instan, sekaligus mempercepat rantai koordinasi petugas di lapangan tanpa menunggu instruksi manual dari admin.

Pengujian Sistem

Pengujian aplikasi ANTASENA dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing* untuk mengevaluasi fungsionalitas sistem tanpa memeriksa struktur kode internal. Pengujian mencakup seluruh fitur utama, mulai dari autentikasi pengguna dan admin, pelaporan

darurat, integrasi informasi kebencanaan, hingga fitur pengelolaan oleh admin, dengan ringkasan hasil disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Black Box Testing

Kategori Pengujian	Jumlah Skenario	Hasil
Fitur Pengguna (login, laporan darurat, informasi kebencanaan, edukasi, dll.)	13	Berhasil
Fitur Admin (kelola berita, akun, jadwal piket, masukan & saran, dll.)	6	Berhasil
Fitur Petugas & Sesi (penerimaan laporan, logout)	2	Berhasil
Jumlah	**21**	**21 Berhasil (100%)**

Dari keseluruhan 21 skenario pengujian, seluruh fungsi dinyatakan berhasil dijalankan sesuai dengan hasil yang diharapkan, sehingga aplikasi ANTASENA dinyatakan siap digunakan dan telah didistribusikan dalam bentuk berkas instalasi (APK) melalui *cloud storage* Google Drive.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun aplikasi mobile ANTASENA berbasis Android dengan menerapkan metode Extreme Programming, yang telah mengintegrasikan fitur pelaporan darurat dengan titik koordinat otomatis, layanan pengaduan via WhatsApp Gateway, serta data kebencanaan *real-time* dari berbagai sumber resmi seperti BMKG dan BNPB. Aplikasi yang dikembangkan telah teruji dan berfungsi sesuai kebutuhan, sehingga terbukti mampu membuat proses pelaporan keadaan darurat menjadi lebih cepat, akurat, dan efisien, sekaligus memperluas jangkauan edukasi kebencanaan bagi masyarakat Kabupaten Purwakarta. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan penambahan versi *dashboard* admin berbasis website agar staf dinas dapat memonitor dan mengelola laporan secara lebih optimal, penambahan fitur notifikasi otomatis agar masyarakat mendapat peringatan bencana secara *real-time*, serta pendistribusian aplikasi melalui Play Store agar lebih mudah diakses oleh masyarakat luas.

REFERENSI

Anggraini, RD, & Frendiana, V (2022). Rancang Bangun Design Ui/Ux Aplikasi Mobile Saving! dengan Aplikasi Figma. *Seminar Nasional Inovasi Vokasi*, prosiding.pnj.ac.id, https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/sniv/article/view/313

Coyanda, J. R., Ariati, N., Sunardi, H., & Ghazali, K. (2022). Sistem Informasi Ekspedisi Barang Pada PT . New Power Global Energy Dengan Menggunakan Metode Extreme Programming. *Jurnal Ilmiah Informatika Global*, *13*(02), 94–99.

Daryono, Arif, S., & Widhoyoko Yudhistiro, P. (2024). *Pengembangan Aplikasi Warditem Untuk Mendukung Digitalisasi Pemasaran Produk Ikm Di Desa Sijeruk*. *6*(1).

Ferynda, O. P., & Fanida, E. H. (2023). Standar Pelayanan Tanggap Darurat Bencana Melalui Command Center 112 Di Badan Penanggulangan Bencana Daerah kota Surabaya. *Publika*, *11*(3), 2035–2050.

Fidela, SZ, Azizah, MP, & ... (2023). Tren pengembangan aplikasi mobile: Sebuah tinjauan literatur. *Jurnal Teknik ...*, ejurnal.politeknikpratama.ac.id, https://ejurnal.politeknikpratama.ac.id/index.php/jtmei/article/view/2848

Hidayat, M. S. N., Triyono, A., & Utomo, K. B. (2025). Sistem Monitoring Bau Tidak Sedap Pada Toilet Berbasis IOT. *Jurnal Media Akademik (JMA)*, *3*(8), 1–14.

Inggrit, Maruji, & Henny. (2022). Rancang Bangun Aplikasi Panic Button Berbasis Android Di kota Kendari. *Jurnal Sistem Informasi Dan Teknik Komputer*, *7*(2), 143–151.

Nobiyanto, I, & Parlindungan, DH (2021). Rancang Bangun Aplikasi Portal Layanan Jasa Warga To Warga Berbasis Mobile. *Tekinfo: Jurnal Bidang Teknik ...*, academia.edu, https://www.academia.edu/download/86026065/483512019.pdf

Nurhayati, E, & Agussalim, A (2023). Rancang Bangun Back-end API pada Aplikasi Mobile AyamHub Menggunakan Framework Node JS Express. *JUSTIN (Jurnal Sistem dan ...*, pdfs.semanticscholar.org, https://pdfs.semanticscholar.org/cfda/a4548ee694bf1e2d87bac39e6eceab7f27af.pdf

Rosydi, I, Nugroho, A, & Ambarwati, A (2022). Sistem Monitoring BTS Pada Perusahaan Telekomunikasi Seluler Berbasis Aplikasi Mobile. *JOINTECS J. Inf. Technol ...*, academia.edu, https://www.academia.edu/download/97303719/2146.pdf

Sahputra, M. A., Defriani, M., & Hermanto, T. I. (2023). Rancang Bangun Aplikasi Pelayanan E-Trayek Berbasis Mobile Menggunakan Metode Extreme Programming. *Jurnal Teknik Informatika*, *2*(1), 34–44.

Sulistiawan, S., Nugroho, I. M., & Defriani, M. (2025). Implementasi Whatsapp gateway Pada Sistem Informasi Pengaduan Masyarakat (Studi Kasus: Kabupaten Purwakarta). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *9*(5), 8493–8498.

Supartini, D. (2022). *Penggunaan Abreviasi , Singkatan , dan Akronim dalam media WhatsApp di SMK Bina Sejahtera 1 Kota Bogor*. *1*(3).

Tiara Mulia, R., Salsabila Andi, J., & Anida Sri Rahayu, M. (2025). *Journal of Social and Economics Research*. *7*(1), 1635–1644.

Yudhistira, J. (2024). Perancangan Sistem Informasi Ujian Online Menggunakan Metode Extreme Programming. *Journal of Artificial Intelligence and Technology Information (JAITI)*, *2*(2), 87–95.

Clustering of Islamic Religious Education Learning Outcomes Using K-Means and Silhouette Score

Samsul Muaripin [1)*)], Sugiyatno [2)]

[1)2)]Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Ilmu Komputer El Rahma Yogyakarta
[*)]**Correspondence author**: samsulmuaripin.id@gmail.com, Yogyakarta, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3628

Abstract

Student learning outcomes are an essential indicator for evaluating the effectiveness of the learning process. However, conventional presentation of academic scores often fails to comprehensively describe students' learning characteristics. This study aimed to analyze students' learning outcomes in Islamic Religious Education using the K-Means algorithm and evaluate the clustering quality through the Silhouette Score. A quantitative approach was employed using the Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) framework. The dataset consisted of Formative Assessment, Mid-Semester Assessment (STS), and Final Semester Assessment (SAS) scores from 76 fourth- and fifth-grade students of SD Muhammadiyah Ambarbinangun. Data analysis was conducted using Python with the K-Means algorithm, while clustering quality was assessed using the Silhouette Score. The results indicated that the optimal model consisted of two clusters with a Silhouette Score of 0.6894. The clustering process identified a Good Learning Achievement Group comprising 72 students and a Learning Support Group consisting of 4 students. These findings demonstrate that the K-Means algorithm can objectively identify students' learning characteristics. The clustering results can assist schools and teachers in developing adaptive learning strategies, providing targeted academic support for students who require additional assistance, and designing enrichment programs for students with higher learning achievements to improve the quality of learning continuously.

Keywords: *Educational Data Mining, K-Means, Silhouette Score, Learning Outcomes, Islamic Religious Education*

Abstrak

Hasil belajar siswa merupakan salah satu indikator penting dalam mengevaluasi efektivitas proses pembelajaran. Namun, penyajian nilai secara konvensional sering kali belum mampu menggambarkan karakteristik hasil belajar siswa secara komprehensif. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat hasil belajar siswa pada mata pelajaran Pendidikan Agama Islam menggunakan algoritma K-Means serta mengevaluasi kualitas hasil klasterisasi menggunakan *Silhouette Score*. Penelitian menerapkan pendekatan kuantitatif dengan kerangka *Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM)*. Data penelitian diperoleh dari nilai Asesmen Formatif, Sumatif Tengah Semester (STS), dan Sumatif Akhir Semester (SAS) sebanyak 76 siswa kelas IV dan V SD Muhammadiyah Ambarbinangun. Proses analisis dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan algoritma K-Means, sedangkan kualitas cluster dievaluasi menggunakan *Silhouette Score*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model terbaik diperoleh pada dua cluster dengan nilai *Silhouette Score* sebesar 0,6894. Klasterisasi menghasilkan Kelompok Hasil Belajar Baik sebanyak 72 siswa dan Kelompok Hasil Belajar Perlu Pendampingan sebanyak 4 siswa. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan algoritma K-Means mampu mengidentifikasi karakteristik hasil belajar siswa secara objektif. Hasil klasterisasi dapat dimanfaatkan oleh sekolah dan guru sebagai dasar dalam merancang strategi pembelajaran yang lebih adaptif, menyusun program pendampingan bagi siswa yang memerlukan dukungan belajar, serta menyediakan program pengayaan bagi siswa dengan capaian belajar yang baik guna meningkatkan kualitas pembelajaran secara berkelanjutan.

Kata Kunci: *Educational Data Mining*, K-Means, *Silhouette Score*, Hasil Belajar, Pendidikan Agama Islam

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong transformasi pemanfaatan data pada berbagai sektor, termasuk pendidikan. Institusi pendidikan saat ini menghasilkan data akademik dalam jumlah yang terus meningkat, mulai dari nilai hasil belajar, kehadiran, hingga aktivitas pembelajaran siswa. Kondisi tersebut melahirkan pendekatan *Educational Data Mining (EDM),* yaitu pemanfaatan teknik data mining untuk mengekstraksi pola dan pengetahuan yang tersembunyi dari data pendidikan sehingga dapat mendukung proses evaluasi pembelajaran dan pengambilan keputusan secara objektif. Melalui pendekatan ini, data akademik tidak lagi hanya berfungsi sebagai arsip administrasi, tetapi dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan informasi yang bernilai dalam meningkatkan kualitas pembelajaran dan layanan pendidikan (Acharjya et al., 2025; Lestari, 2026; Ouassif et al., 2025).

Penerapan data mining pada bidang pendidikan berkembang pesat karena mampu membantu pendidik dalam mengidentifikasi karakteristik peserta didik berdasarkan capaian akademik yang dimiliki. Salah satu teknik yang banyak digunakan adalah *clustering*, yaitu proses pengelompokan objek berdasarkan tingkat kemiripan karakteristik tanpa memerlukan label kelas sebelumnya. Di antara berbagai algoritma *clustering, K-Means* menjadi salah satu metode yang paling banyak diterapkan karena memiliki proses komputasi yang sederhana, efisien, dan mampu menghasilkan pengelompokan yang baik pada data akademik. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan algoritma *K-Means* berhasil mengelompokkan siswa berdasarkan capaian belajar sehingga memberikan informasi yang bermanfaat bagi sekolah dalam menyusun strategi pembelajaran yang lebih tepat sasaran (Agha et al., 2023; Alalawi et al., 2023; Liu, 2022; Sujana et al., 2025).

Di Indonesia, pemanfaatan algoritma *K-Means* pada bidang pendidikan juga menunjukkan perkembangan yang signifikan. Algoritma ini telah digunakan untuk mengelompokkan prestasi belajar siswa, menganalisis tingkat kedisiplinan, mengidentifikasi minat belajar, serta mengevaluasi capaian akademik berdasarkan berbagai indikator penilaian. Hasil pengelompokan tersebut memberikan informasi yang lebih objektif mengenai karakteristik peserta didik sehingga dapat mendukung penyusunan program pembelajaran, layanan remedial, maupun pengayaan. Selain itu, penelitian terdahulu

menunjukkan bahwa pendekatan clustering mampu membantu institusi pendidikan dalam mengoptimalkan pengambilan keputusan berbasis data dibandingkan hanya mengandalkan analisis nilai secara konvensional (Dila et al., 2025; Gustian & Al-Farits, 2023; Hendrastuty, 2024; Pamungkas et al., 2024; Risal et al., 2024).

Mata pelajaran Pendidikan Agama Islam (PAI) memiliki peran strategis dalam membentuk kompetensi spiritual, moral, dan sosial peserta didik sejak jenjang sekolah dasar. Keberhasilan pembelajaran PAI tidak hanya diukur melalui pencapaian akademik, tetapi juga menjadi indikator perkembangan karakter peserta didik yang berlandaskan nilai-nilai keislaman. Oleh karena itu, evaluasi hasil belajar PAI perlu dilakukan secara komprehensif agar mampu memberikan gambaran mengenai variasi capaian belajar siswa. Namun, pada praktiknya proses evaluasi di sekolah masih didominasi oleh penyajian nilai individu sehingga guru belum memperoleh informasi mengenai pola atau karakteristik kelompok siswa yang memiliki capaian belajar serupa. Kondisi tersebut menyebabkan penyusunan program remedial maupun pengayaan sering kali belum didasarkan pada analisis data yang sistematis (Farida & Sudibyo, 2022; Latuconsina, 2023).

Berdasarkan hasil observasi di SD Muhammadiyah Ambarbinangun, data hasil belajar Pendidikan Agama Islam yang meliputi nilai asesmen formatif, Sumatif Tengah Semester (STS), dan Sumatif Akhir Semester (SAS) telah terdokumentasi dengan baik, tetapi pemanfaatannya masih terbatas sebagai laporan hasil belajar siswa. Data tersebut belum dianalisis untuk mengidentifikasi kelompok siswa berdasarkan tingkat kemiripan capaian belajar sehingga guru mengalami kesulitan dalam memperoleh gambaran menyeluruh mengenai karakteristik akademik peserta didik. Padahal, pengelompokan siswa berdasarkan hasil belajar dapat menjadi dasar dalam penyusunan strategi pembelajaran yang lebih adaptif sesuai dengan kebutuhan masing-masing kelompok.

Berbagai penelitian terdahulu telah membuktikan efektivitas algoritma *K-Means* dalam mengelompokkan data hasil belajar siswa (Agusniar et al., 2025; Kertanah et al., 2023; Qusyairi et al., 2024; Siregar et al., 2024). Akan tetapi, sebagian besar penelitian masih berfokus pada proses pembentukan klaster tanpa melakukan evaluasi kualitas klaster secara komprehensif. Padahal, kualitas hasil klasterisasi perlu divalidasi untuk memastikan bahwa setiap klaster memiliki tingkat kohesi yang tinggi dan separasi yang baik. Salah satu metode

evaluasi internal yang banyak direkomendasikan adalah *Silhouette Score*, karena mampu mengukur kualitas hasil pengelompokan berdasarkan kedekatan anggota dalam satu klaster dan keterpisahan antar klaster. Evaluasi tersebut menjadi penting agar hasil klasterisasi tidak hanya terbentuk secara matematis, tetapi juga memiliki tingkat keandalan yang dapat dipertanggungjawabkan (Rahma, 2025; Yulisasih et al., 2024).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis klasterisasi hasil belajar siswa pada mata pelajaran Pendidikan Agama Islam menggunakan algoritma *K-Means* serta mengevaluasi kualitas klaster yang dihasilkan menggunakan *Silhouette Score*. Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan informasi mengenai karakteristik kelompok hasil belajar siswa sebagai dasar penyusunan program remedial, pengayaan, dan pengambilan keputusan pembelajaran berbasis data di SD Muhammadiyah Ambarbinangun.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan *Educational Data Mining (EDM)* yang bertujuan mengelompokkan hasil belajar siswa menggunakan algoritma *K-Means Clustering* serta mengevaluasi kualitas klaster menggunakan *Silhouette Score*. Pendekatan kuantitatif dipilih karena proses analisis dilakukan terhadap data numerik hasil belajar siswa sehingga memungkinkan diperoleh pola pengelompokan secara objektif berdasarkan tingkat kemiripan karakteristik data (Acharjya et al., 2025; Liu, 2022).

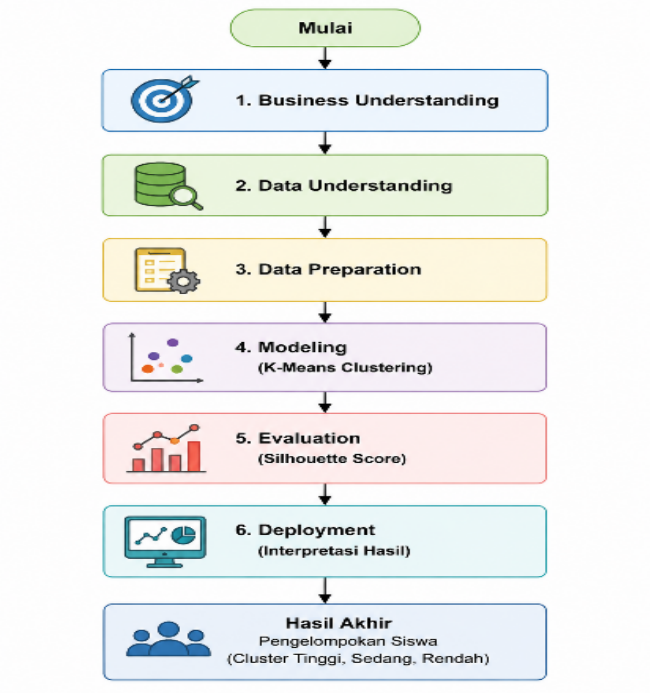
Penelitian dilaksanakan di SD Muhammadiyah Ambarbinangun, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Objek penelitian berupa data hasil belajar mata pelajaran Pendidikan Agama Islam pada siswa kelas IV dan V Tahun Ajaran 2025/2026. Dataset penelitian diperoleh dari dokumen penilaian sekolah yang terdiri atas Asesmen Formatif, Sumatif Tengah Semester (STS), dan Sumatif Akhir Semester (SAS). Ketiga variabel tersebut dipilih karena merepresentasikan capaian pembelajaran siswa selama satu semester dan menjadi atribut utama dalam proses klasterisasi.

Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas IV dan V SD Muhammadiyah Ambarbinangun yang mengikuti mata pelajaran Pendidikan Agama Islam pada Tahun Ajaran 2025/2026. Teknik sampling yang digunakan adalah total sampling, yaitu seluruh anggota populasi dijadikan sebagai sampel penelitian karena jumlah data relatif terbatas dan

seluruh data memenuhi kebutuhan analisis. Berdasarkan hasil pengumpulan data, diperoleh 76 data siswa yang seluruhnya digunakan dalam proses klasterisasi sehingga tidak dilakukan proses pengambilan sampel secara acak.

Pengumpulan data dilakukan menggunakan teknik dokumentasi, yaitu memperoleh data hasil belajar siswa dari arsip nilai guru mata pelajaran Pendidikan Agama Islam. Data yang diperoleh kemudian melalui proses pemeriksaan kelengkapan atribut, konsistensi format, identifikasi missing value, serta pengecekan data duplikat sebelum dilakukan analisis. Tahapan tersebut bertujuan menghasilkan dataset yang bersih dan siap digunakan sehingga proses klasterisasi dapat memberikan hasil yang lebih akurat dan representatif (Agusniar et al., 2025; Hendrastuty, 2024).

Metode penelitian mengacu pada *Cross Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM) karena menyediakan tahapan yang sistematis dalam proses pengolahan data, mulai dari identifikasi permasalahan hingga penyajian hasil analisis. Kerangka kerja ini terdiri atas enam tahapan, yaitu *Business Understanding, Data Understanding, Data Preparation, Modeling, Evaluation,* dan *Deployment*. Alur penelitian yang diterapkan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian Menggunakan Kerangka CRISP-DM

Pada tahap *Business Understanding,* dilakukan identifikasi permasalahan mengenai belum adanya pengelompokan hasil belajar siswa sebagai dasar pengambilan keputusan pembelajaran. Tahap *Data Understanding* bertujuan memahami karakteristik dataset yang terdiri atas nilai Asesmen Formatif, STS, dan SAS dari 76 siswa. Selanjutnya, tahap *Data Preparation* dilakukan melalui seleksi atribut, pemeriksaan kualitas data, serta penyusunan dataset agar siap dianalisis.

Tahap *Modeling* dilakukan dengan menerapkan algoritma *K-Means Clustering* untuk mengelompokkan siswa berdasarkan kemiripan nilai Asesmen Formatif, STS, dan SAS. Setelah proses klasterisasi selesai, tahap Evaluation dilakukan menggunakan *Silhouette Score* untuk mengukur kualitas klaster berdasarkan tingkat kohesi (*cohesion*) dan separasi (*separation*) antar klaster. Tahap terakhir, yaitu *Deployment*, dilakukan dengan menyajikan hasil klasterisasi dalam bentuk tabel, visualisasi, dan interpretasi yang dapat dimanfaatkan sebagai dasar penyusunan program remedial, pengayaan, serta pengambilan keputusan pembelajaran berbasis data (Qusyairi et al., 2024; Rahma, 2025).

Analisis data dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan pustaka pandas untuk pengolahan dataset, scikit-learn untuk implementasi algoritma *K-Means* dan perhitungan *Silhouette Score,* serta matplotlib untuk visualisasi hasil klasterisasi. Penentuan jumlah klaster dilakukan melalui beberapa skenario nilai k, kemudian dipilih model yang menghasilkan nilai *Silhouette Score* tertinggi sebagai jumlah klaster terbaik. Pendekatan tersebut digunakan untuk memperoleh hasil pengelompokan yang memiliki kualitas optimal serta mampu merepresentasikan karakteristik hasil belajar siswa secara objektif (Sujana et al., 2025; Yulisasih et al., 2024).

Keabsahan hasil penelitian diuji menggunakan *Silhouette Score* sebagai metode validasi internal. Nilai *Silhouette Score* digunakan untuk mengevaluasi tingkat kualitas hasil klasterisasi berdasarkan kedekatan anggota dalam klaster yang sama dan keterpisahan antar klaster yang berbeda. Semakin tinggi nilai *Silhouette Score* yang diperoleh, semakin baik kualitas klaster yang dihasilkan sehingga hasil pengelompokan dapat dijadikan dasar dalam mengidentifikasi karakteristik hasil belajar siswa secara lebih akurat dan mendukung pengambilan keputusan pembelajaran berbasis data (Agha et al., 2023; Yulisasih et al., 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Dataset Penelitian

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data hasil belajar mata pelajaran Pendidikan Agama Islam siswa kelas IV dan V SD Muhammadiyah Ambarbinangun Tahun Ajaran 2025/2026. Data diperoleh melalui teknik dokumentasi terhadap arsip penilaian guru dan telah melalui proses pemeriksaan kelengkapan atribut, konsistensi format, serta validasi untuk memastikan seluruh data dapat digunakan pada proses klasterisasi. Setelah tahap data preparation, diperoleh 76 data siswa yang terdiri atas tiga atribut numerik, yaitu Asesmen Formatif, Sumatif Tengah Semester (STS), dan Sumatif Akhir Semester (SAS). Ketiga atribut tersebut dipilih karena merepresentasikan capaian hasil belajar siswa secara komprehensif selama satu semester dan menjadi dasar dalam pembentukan klaster menggunakan algoritma *K-Means*. Pemanfaatan data hasil belajar sebagai objek klasterisasi sejalan dengan penelitian (Hendrastuty, 2024) yang menunjukkan bahwa data akademik dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola capaian belajar siswa secara lebih objektif melalui pendekatan *Educational Data Mining.*

Tabel 1. Karakteristik Dataset Penelitian

Karakteristik	Keterangan
Objek penelitian	Hasil belajar Pendidikan Agama Islam siswa kelas IV dan V
Lokasi penelitian	SD Muhammadiyah Ambarbinangun
Jumlah data	76 siswa
Jumlah atribut	3 atribut
Variabel penelitian	Asesmen Formatif, STS, SAS
Teknik sampling	Total Sampling

Karakteristik statistik setiap variabel penelitian disajikan pada Tabel 2. Statistik deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran awal mengenai distribusi data sebelum dilakukan proses klasterisasi. Informasi mengenai nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan standar deviasi diperlukan untuk memahami variasi data sekaligus memastikan bahwa setiap variabel memiliki karakteristik yang memadai untuk dianalisis menggunakan algoritma *K-Means*. Pendekatan ini umum diterapkan pada penelitian *Educational Data Mining* karena membantu peneliti memahami pola awal data sebelum memasuki tahap pemodelan.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Variabel Penelitian

Variabel	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar Deviasi
Asesmen Formatif	43,00	96,67	81,45	11,29
STS	44,00	100,00	79,37	13,14
SAS	45,00	98,00	72,87	12,65

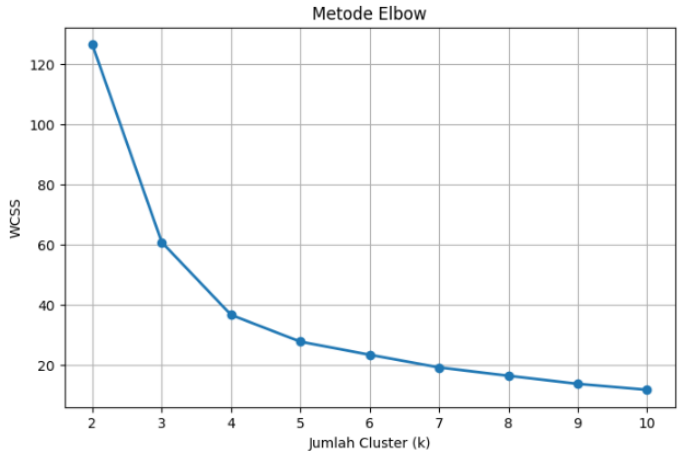
Berdasarkan Tabel 2, variabel Asesmen Formatif memiliki rata-rata tertinggi sebesar 81,45, sedangkan variabel SAS memiliki rata-rata terendah sebesar 72,87. Nilai maksimum tertinggi terdapat pada variabel STS sebesar 100,00, sementara nilai minimum terendah terdapat pada variabel Asesmen Formatif sebesar 43,00. Perbedaan nilai rata-rata tersebut menunjukkan bahwa capaian hasil belajar siswa pada setiap komponen penilaian memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga memberikan informasi awal mengenai adanya variasi performa akademik antarsiswa.

Selain itu, nilai standar deviasi pada ketiga variabel berada pada kisaran 11,29–13,14, yang menunjukkan adanya variasi hasil belajar dalam tingkat sedang. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa data tidak bersifat homogen, sehingga memiliki tingkat keragaman yang cukup untuk dilakukan proses klasterisasi. Variasi nilai antar siswa menjadi faktor penting dalam pembentukan kelompok berdasarkan tingkat kemiripan karakteristik akademik. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Agusniar et al., 2025) yang menyatakan bahwa keberagaman data hasil belajar memungkinkan algoritma *K-Means* membentuk klaster yang lebih representatif terhadap karakteristik peserta didik. Demikian pula, (Liu, 2022) menjelaskan bahwa analisis statistik awal merupakan tahapan penting untuk memahami distribusi data sebelum proses klasterisasi dilakukan sehingga interpretasi hasil menjadi lebih akurat.

Penentuan Jumlah Cluster Menggunakan *Elbow Method* dan *Silhoutte Score*

Penentuan jumlah *cluster* merupakan salah satu tahapan penting dalam proses klasterisasi karena akan memengaruhi kualitas kelompok yang dihasilkan. Pada penelitian ini, penentuan jumlah cluster dilakukan menggunakan dua pendekatan, yaitu *Elbow Method* dan *Silhouette Score*. *Elbow Method* digunakan dengan menghitung nilai *Within Cluster Sum of Squares* (WCSS) pada beberapa nilai (k) (jumlah cluster) yang diujikan. Nilai WCSS diperoleh dari jumlah kuadrat jarak antara setiap data dengan *centroid cluster* tempat data tersebut berada, sehingga menunjukkan tingkat homogenitas data dalam suatu *cluster*.

Semakin kecil nilai WCSS, semakin dekat jarak antar data dengan *centroid* dan semakin homogen cluster yang terbentuk. Secara umum, peningkatan nilai (k) akan menyebabkan nilai WCSS semakin kecil karena data dibagi ke dalam kelompok yang lebih spesifik. Oleh karena itu, pemilihan jumlah cluster optimal dilakukan dengan mengidentifikasi titik siku *(elbow point),* yaitu titik ketika penurunan nilai WCSS mulai melambat meskipun nilai (k) terus ditingkatkan. Selanjutnya, kualitas hasil pengelompokan dievaluasi menggunakan *Silhouette Score* untuk mengukur tingkat kohesi (*cohesion*) dan separasi (*separation*) antar *cluster* sehingga diperoleh jumlah cluster yang tidak hanya optimal secara matematis, tetapi juga memiliki kualitas pengelompokan yang baik. Penggunaan kedua metode tersebut bertujuan untuk memperoleh jumlah cluster yang tidak hanya optimal berdasarkan perubahan nilai *Within Cluster Sum of Squares* (WCSS), tetapi juga memiliki kualitas pengelompokan yang baik berdasarkan tingkat kohesi (*cohesion*) dan separasi (*separation*) antar cluster. Pendekatan kombinasi ini banyak digunakan dalam penelitian *Educational Data Mining* untuk meningkatkan objektivitas dalam menentukan jumlah *cluster* yang paling sesuai (Qusyairi et al., 2024; Yulisasih et al., 2024).



Gambar 2. Grafik *Elbow Method*

Berdasarkan Gambar 2, nilai WCSS mengalami penurunan yang cukup signifikan pada penambahan jumlah *cluster* dari k = 2 menuju k = 3. Setelah nilai tersebut, penurunan WCSS mulai melandai sehingga membentuk pola menyerupai titik siku (*elbow*). Kondisi ini menunjukkan bahwa penggunaan tiga cluster dapat dipertimbangkan sebagai salah satu alternatif jumlah *cluster* karena mampu mengurangi variasi data di dalam masing-masing

kelompok. Namun demikian, metode Elbow hanya memberikan indikasi mengenai efisiensi pembentukan *cluster* berdasarkan perubahan nilai WCSS dan belum dapat menggambarkan kualitas pemisahan antar cluster secara menyeluruh. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi tambahan menggunakan *Silhouette Score* untuk memperoleh model klasterisasi yang lebih representative. *Silhouette Score* digunakan untuk mengevaluasi kualitas hasil kalaterisasi berdasarkan Tingkat kohesi *(cohesion)* dan separasi *(separation)* antaar *cluster*. Nilai *Silhouette Score* dihitung dari rata-rata jarak suatu data terhadap anggota pada *cluster* yang sama dan rata-rata jarak minimum terhadap anggota pada *cluster* lain yang paling dekat. Semakin tinggi nilai *Silhouette Score* yang diperoleh, semakin baik kualitas *cluster* yang dihasilkan karena menunjukkan bahwa data memiliki tingkat homogenitas yang tinggi dalam *cluster*-nya serta memiliki pemisahan yang jelas dengan *cluster* lainnya. Pada penelitian ini, *Silhouette Score* digunakan untuk menentukan jumlah *cluster* terbaik dengan memilih nilai rata-rata *Silhouette Score* tertinggi dari beberapa nilai k yang diujikan. (Kertanah et al., 2023; Qusyairi et al., 2024).

Tabel 3. Hasil Evaluasi *Silhoutte Score*

Jumlah Cluster (k)	Silhouette Score
2	0,6894
3	0,5323
4	0,5223
5	0,4606
6	0,4589
7	0,4784
8	0,4620
9	0,4728
10	0,5003

Sumber: Hasil pengolahan data menggunakan Python (2026).

Berdasarkan Tabel 3, evaluasi menggunakan *Silhouette Score* menunjukkan bahwa nilai tertinggi diperoleh pada jumlah cluster k = 2, yaitu sebesar 0,6894. Nilai tersebut merupakan yang tertinggi dibandingkan seluruh alternatif jumlah cluster yang diuji, sehingga menunjukkan bahwa model dengan dua cluster memiliki kualitas pengelompokan paling optimal. Selanjutnya, nilai *Silhouette Score* mengalami penurunan pada k = 3 sebesar 0,5323 dan k = 4 sebesar 0,5223. Pada jumlah *cluster* k = 5 hingga k = 10, nilai *Silhouette Score* berfluktuasi pada rentang 0,4589–0,5003, namun tidak ada yang mampu melampaui nilai yang diperoleh pada k = 2. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa penambahan jumlah

cluster tidak selalu menghasilkan kualitas pengelompokan yang lebih baik, sehingga model dengan dua cluster dinilai paling representatif dalam menggambarkan struktur data hasil belajar siswa.

Nilai *Silhouette Score* sebesar 0,6894 menunjukkan bahwa anggota dalam setiap *cluster* memiliki tingkat kemiripan yang tinggi (*cohesion*) serta keterpisahan yang jelas terhadap anggota pada cluster lainnya (*separation*). Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa proses klasterisasi mampu membentuk kelompok yang relatif homogen di dalam *cluster* dan heterogen antarcluster. Dengan demikian, hasil pengelompokan yang diperoleh memiliki kualitas yang baik untuk digunakan sebagai dasar dalam mengidentifikasi karakteristik hasil belajar siswa. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Yulisasih et al., 2024) yang menyatakan bahwa model dengan nilai *Silhouette Score* tertinggi mencerminkan kualitas cluster yang paling optimal karena mampu menghasilkan keseimbangan antara kohesi dan separasi. Selain itu, (Agha et al., 2023) juga menjelaskan bahwa *Silhouette Score* merupakan metode evaluasi internal yang efektif dalam menentukan jumlah cluster terbaik karena memberikan ukuran kuantitatif terhadap kualitas hasil pengelompokan.

Apabila dibandingkan dengan hasil *Elbow Method*, penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan rekomendasi dalam penentuan jumlah cluster. Grafik Elbow mengindikasikan bahwa titik siku (*elbow point*) berada pada kisaran k = 3, sedangkan evaluasi menggunakan Silhouette Score menunjukkan bahwa k = 2 memberikan kualitas cluster yang lebih baik. Perbedaan tersebut merupakan kondisi yang umum dijumpai dalam penelitian clustering karena kedua metode memiliki prinsip evaluasi yang berbeda. *Elbow Method* berorientasi pada penurunan nilai *Within Cluster Sum of Squares* (WCSS) sehingga lebih menekankan efisiensi pembentukan cluster, sedangkan *Silhouette Score* mengevaluasi kualitas struktur cluster berdasarkan tingkat kedekatan antaranggota dalam *cluster* dan keterpisahan antarcluster (Kertanah et al., 2023; Yulisasih et al., 2024). Oleh karena itu, penggunaan kedua metode secara bersamaan memberikan gambaran yang lebih komprehensif dalam menentukan model klasterisasi yang paling sesuai.

Mengacu pada metodologi penelitian yang telah ditetapkan, pemilihan jumlah *cluster* pada penelitian ini didasarkan pada nilai Silhouette Score tertinggi. Dengan demikian, model k = 2 dipilih sebagai model akhir karena menghasilkan kualitas pengelompokan yang paling

baik dibandingkan alternatif jumlah cluster lainnya. Keputusan tersebut memastikan bahwa hasil klasterisasi tidak hanya mempertimbangkan efisiensi pembentukan *cluster,* tetapi juga memperhatikan validitas struktur *cluster* yang dihasilkan sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Pendekatan ini juga konsisten dengan berbagai penelitian sebelumnya yang menjadikan *Silhouette Score* sebagai dasar utama dalam menentukan model klasterisasi terbaik pada data pendidikan (Agha et al., 2023; Qusyairi et al., 2024; Yulisasih et al., 2024).

Hasil Klaterisasi Menggunakan Algoritma K-Means

Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan algoritma *K-Means* dengan jumlah cluster optimum sebanyak dua cluster (k = 2), seluruh data hasil belajar siswa berhasil dikelompokkan berdasarkan tingkat kemiripan nilai Asesmen Formatif, Sumatif Tengah Semester (STS), dan Sumatif Akhir Semester (SAS). Proses pengelompokan dilakukan menggunakan model yang telah dipilih berdasarkan evaluasi *Silhouette Score*, sehingga struktur cluster yang dihasilkan memiliki kualitas pengelompokan yang optimal. Pengelompokan ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik hasil belajar siswa secara lebih objektif sehingga dapat menjadi dasar dalam penyusunan strategi pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan masing-masing kelompok siswa. Pendekatan tersebut sejalan dengan penelitian Acharjya et al., (2025) dan Alalawi et al., (2023) yang menjelaskan bahwa algoritma *K-Means* mampu mengidentifikasi pola capaian akademik siswa melalui proses pengelompokan berdasarkan kemiripan karakteristik data.

Tabel 4. Distribusi Jumlah Anggota Tiap Cluster

Cluster	Interpretasi Cluster	Jumlah Siswa
Cluster 0	Kelompok Hasil Belajar Baik	72
Cluster 1	Kelompok Hasil Belajar Perlu Pendampingan	4

Sumber: Hasil pengolahan data menggunakan Python (2026).

Berdasarkan Tabel 4, sebagian besar siswa, yaitu 72 siswa (94,74%), tergabung dalam *Cluste*r 0, sedangkan 4 siswa (5,26%) tergabung dalam *Cluste*r 1. Hasil tersebut menunjukkan bahwa mayoritas siswa memiliki capaian hasil belajar yang relatif baik pada mata pelajaran Pendidikan Agama Islam, sementara sebagian kecil siswa masih menunjukkan capaian yang lebih rendah dibandingkan kelompok lainnya. Oleh karena itu, pada penelitian ini *Cluster* 0 diinterpretasikan sebagai Kelompok Hasil Belajar Baik,

sedangkan *Cluste*r 1 diinterpretasikan sebagai Kelompok Hasil Belajar Perlu Pendampingan. Penamaan tersebut didasarkan pada karakteristik nilai centroid masing-masing *cluster* dan tidak dimaksudkan sebagai bentuk pelabelan terhadap kemampuan siswa, melainkan sebagai dasar untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran secara lebih tepat.

Karakteristik masing-masing *cluster* dapat dianalisis lebih lanjut melalui nilai *centroid* yang merepresentasikan rata-rata setiap variabel pada masing-masing kelompok. Nilai centroid memberikan gambaran mengenai karakteristik utama setiap cluster sehingga dapat digunakan untuk menginterpretasikan pola hasil belajar siswa yang terbentuk selama proses klasterisasi.

Tabel 5. Nilai Centroid Tiap Cluster

Cluster	Asesmen Formatif	STS	SAS	Interpretasi
Cluster 0	83,58	81,33	74,42	Kelompok Hasil Belajar Baik
Cluster 1	43,00	44,00	45,00	Kelompok Hasil Belajar Perlu Pendampingan

Sumber: Hasil pengolahan data menggunakan Python (2026).

Berdasarkan Tabel 5, Cluster 0 memiliki nilai centroid sebesar 83,58 pada Asesmen Formatif, 81,33 pada STS, dan 74,42 pada SAS. Nilai tersebut menunjukkan bahwa siswa dalam cluster ini memiliki capaian akademik yang relatif konsisten pada seluruh komponen penilaian. Sebaliknya, *Cluster* 1 memiliki nilai centroid masing-masing sebesar 43,00, 44,00, dan 45,00, yang menunjukkan bahwa kelompok ini memiliki capaian hasil belajar yang jauh lebih rendah dibandingkan *Cluster* 0 pada seluruh indikator penilaian. Perbedaan nilai centroid yang cukup besar menunjukkan bahwa algoritma *K-Means* mampu memisahkan kelompok siswa berdasarkan karakteristik hasil belajar yang berbeda secara jelas.

Dominasi jumlah siswa pada Kelompok Hasil Belajar Baik menunjukkan bahwa secara umum proses pembelajaran Pendidikan Agama Islam di SD Muhammadiyah Ambarbinangun telah menghasilkan capaian belajar yang baik bagi sebagian besar siswa. Namun demikian, keberadaan Kelompok Hasil Belajar Perlu Pendampingan menunjukkan bahwa masih terdapat sejumlah siswa yang memerlukan perhatian khusus melalui program remedial, pendampingan belajar, maupun strategi pembelajaran yang lebih individual. Informasi tersebut menjadi salah satu keunggulan penerapan algoritma *K-Means* karena tidak hanya menghasilkan pengelompokan data, tetapi juga menyediakan informasi yang

dapat dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam proses pembelajaran. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Sujana et al., 2025) yang menyatakan bahwa hasil klasterisasi mampu membantu pendidik dalam mengidentifikasi kelompok siswa berdasarkan capaian akademiknya sehingga strategi pembelajaran dapat disusun secara lebih terarah.

Hasil penelitian ini juga mendukung temuan (Aulia et al., 2026) yang menunjukkan bahwa algoritma *K-Means* efektif dalam mengelompokkan data akademik berdasarkan tingkat kemiripan nilai sehingga karakteristik setiap kelompok dapat diidentifikasi secara objektif. Selain itu, penelitian (Dila et al., 2025)menjelaskan bahwa pemanfaatan klasterisasi pada data hasil belajar memberikan informasi yang lebih komprehensif dibandingkan hanya melihat nilai rata-rata kelas, karena mampu memperlihatkan pola distribusi kemampuan siswa yang tidak selalu tampak melalui analisis statistik deskriptif. Dengan demikian, hasil klasterisasi pada penelitian ini tidak hanya berhasil membentuk kelompok hasil belajar siswa, tetapi juga menghasilkan informasi yang dapat dimanfaatkan sebagai dasar evaluasi pembelajaran dan penyusunan tindak lanjut pembelajaran yang lebih tepat sasaran.

Visualisasi dan Interpretasi Hasil Klasterisasi

Visualisasi hasil klasterisasi dilakukan menggunakan *scatter plot* untuk memberikan gambaran mengenai sebaran data siswa berdasarkan hasil pengelompokan yang diperoleh dari algoritma *K-Means*. Pada penelitian ini, visualisasi menggunakan variabel Sumatif Tengah Semester (STS) sebagai sumbu horizontal (*x-axis*) dan Sumatif Akhir Semester (SAS) sebagai sumbu vertikal (*y-axis*). Pemilihan kedua variabel tersebut didasarkan pada tujuan untuk memperlihatkan pemisahan antarcluster secara lebih jelas pada ruang dua dimensi. Meskipun demikian, proses klasterisasi tidak hanya menggunakan dua variabel tersebut, melainkan melibatkan seluruh atribut penelitian, yaitu Asesmen Formatif, STS, dan SAS secara simultan dalam pembentukan *cluster*. Variabel Asesmen Formatif tidak ditampilkan pada visualisasi karena *scatter plot* dua dimensi hanya mampu merepresentasikan dua variabel dalam satu bidang pengamatan. Oleh karena itu, informasi mengenai kontribusi Asesmen Formatif terhadap pembentukan cluster tetap direpresentasikan melalui nilai centroid pada Tabel 5 yang menunjukkan rata-rata nilai setiap variabel pada masing-masing cluster. Dengan demikian, visualisasi pada Gambar 3 hanya

berfungsi untuk mempermudah interpretasi pola sebaran data, sedangkan hasil klasterisasi yang dihasilkan tetap mempertimbangkan ketiga variabel penelitian secara komprehensif (Rahma, 2025).



Gambar 3. Visualisasi Hasil Klaterisasi Menggunakan Algoritma K-Means

Berdasarkan Gambar 3, sebagian besar data terkonsentrasi pada *Cluster* 0, sedangkan *Cluster* 1 hanya terdiri atas sejumlah kecil data yang berada pada posisi terpisah dari kelompok utama. Sebaran tersebut menunjukkan bahwa mayoritas siswa memiliki karakteristik hasil belajar yang relatif serupa berdasarkan nilai STS dan SAS, sementara sebagian kecil siswa memiliki capaian hasil belajar yang berbeda secara nyata. Perbedaan pola sebaran tersebut memperlihatkan bahwa algoritma *K-Means* mampu mengelompokkan data berdasarkan tingkat kemiripan karakteristik hasil belajar sehingga setiap cluster memiliki identitas yang berbeda.

Visualisasi juga memperlihatkan bahwa anggota *Cluster* 0 tersebar pada rentang nilai STS dan SAS yang relatif lebih tinggi dibandingkan *Cluster* 1. Sebaliknya, *Cluster* 1 berada pada area dengan nilai STS dan SAS yang lebih rendah sehingga membentuk kelompok tersendiri yang terpisah dari mayoritas siswa. Meskipun sebaran data pada *Cluster* 0 masih menunjukkan variasi nilai, pemisahan antara kedua cluster tetap terlihat dengan jelas. Kondisi tersebut konsisten dengan hasil evaluasi menggunakan *Silhouette Score,* yang menunjukkan bahwa model dengan dua cluster menghasilkan kualitas pengelompokan terbaik dengan nilai 0,6894. Menurut (Yulisasih et al., 2024), nilai *Silhouette Score* yang tinggi menunjukkan bahwa anggota dalam setiap cluster memiliki tingkat kemiripan yang

baik sekaligus memiliki pemisahan yang memadai terhadap *cluster* lainnya, sehingga hasil klasterisasi dapat dianggap memiliki kualitas yang baik.

Apabila dibandingkan dengan nilai centroid pada Tabel 5, pola sebaran pada Gambar 3 menunjukkan tingkat konsistensi yang tinggi. Cluster 0 memiliki nilai centroid sebesar 83,58 pada Asesmen Formatif, 81,33 pada STS, dan 74,42 pada SAS, sehingga diinterpretasikan sebagai Kelompok Hasil Belajar Baik. Sebaliknya, Cluster 1 memiliki nilai centroid sebesar 43,00, 44,00, dan 45,00, sehingga diinterpretasikan sebagai Kelompok Hasil Belajar Perlu Pendampingan. Perbedaan nilai centroid tersebut selaras dengan pola visualisasi yang menunjukkan bahwa anggota Cluster 1 berada pada rentang nilai yang lebih rendah dibandingkan kelompok utama. Kesesuaian antara hasil visualisasi dan nilai centroid menunjukkan bahwa proses klasterisasi menghasilkan struktur kelompok yang konsisten baik secara numerik maupun secara visual.

Hasil visualisasi juga memperlihatkan bahwa mayoritas siswa berada pada kelompok dengan capaian hasil belajar yang baik, sedangkan hanya sebagian kecil siswa yang memerlukan perhatian lebih dalam proses pembelajaran. Informasi ini memberikan nilai praktis bagi guru karena memungkinkan identifikasi siswa yang memerlukan pendampingan akademik dilakukan secara lebih cepat dan berbasis data. Dengan demikian, hasil klasterisasi tidak hanya memberikan informasi mengenai pola pengelompokan siswa, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam penyusunan program remedial, pendampingan belajar, maupun strategi pembelajaran yang lebih adaptif sesuai karakteristik masing-masing kelompok. Temuan ini mendukung penelitian (Risal et al., 2024) yang menyatakan bahwa hasil klasterisasi mampu membantu pendidik mengidentifikasi karakteristik peserta didik secara lebih objektif. Selain itu, (Siregar et al., 2024) menjelaskan bahwa pengelompokan hasil belajar berbasis data memberikan informasi yang lebih komprehensif bagi sekolah dalam merancang strategi pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik.

Secara keseluruhan, visualisasi hasil klasterisasi memperkuat temuan penelitian bahwa algoritma *K-Means* mampu mengelompokkan hasil belajar siswa berdasarkan tingkat kemiripan nilai pada mata pelajaran Pendidikan Agama Islam. Kesesuaian antara visualisasi, nilai centroid, serta hasil evaluasi menggunakan *Silhouette Score* menunjukkan bahwa model klasterisasi yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan mampu memberikan

informasi yang dapat dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam proses evaluasi pembelajaran.

Analisis Efektivitas Algoritma K-Means dalam Mengelompokkan Hasil Belajar

Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma *K-Means* mampu mengelompokkan hasil belajar siswa ke dalam dua cluster berdasarkan kemiripan nilai Asesmen Formatif, Sumatif Tengah Semester (STS), dan Sumatif Akhir Semester (SAS). Pengelompokan tersebut menghasilkan dua karakteristik yang berbeda, yaitu Kelompok Hasil Belajar Baik dan Kelompok Hasil Belajar Perlu Pendampingan. Perbedaan nilai centroid pada setiap cluster menunjukkan bahwa algoritma mampu membedakan karakteristik capaian akademik siswa secara objektif sehingga hasil klasterisasi dapat digunakan sebagai dasar dalam proses evaluasi pembelajaran.

Temuan ini sejalan dengan penelitian (Acharjya et al., 2025) dan (Alalawi et al., 2023) yang menyatakan bahwa algoritma *K-Means* efektif dalam mengidentifikasi pola hasil belajar siswa melalui pengelompokan berdasarkan tingkat kemiripan data. Hasil penelitian ini juga mendukung penelitian (Pamungkas et al., 2024) dan (Aulia et al., 2026) yang menunjukkan bahwa penerapan *K-Means* mampu menghasilkan kelompok akademik yang memiliki karakteristik berbeda sehingga memudahkan proses identifikasi capaian belajar peserta didik.

Selain mampu membentuk kelompok yang jelas, hasil klasterisasi pada penelitian ini memberikan informasi yang dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam penyusunan strategi pembelajaran yang lebih tepat sasaran. Temuan tersebut memperkuat hasil penelitian (Mawarni & Budi, 2022) serta (Dila et al., 2025) yang menjelaskan bahwa penerapan algoritma K-Means pada data pendidikan tidak hanya berfungsi sebagai teknik pengelompokan data, tetapi juga dapat mendukung proses evaluasi hasil belajar dan pengambilan keputusan dalam meningkatkan kualitas pembelajaran.

Analisis Kualitas Cluster Berdasarkan *Silhoutte Score*

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model dengan dua *cluster* menghasilkan nilai *Silhouette Score* sebesar 0,6894, yang merupakan nilai tertinggi dibandingkan alternatif jumlah *cluster* lainnya. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hasil klasterisasi memiliki tingkat kohesi yang baik di dalam setiap *cluster* serta pemisahan yang cukup jelas antarcluster.

Dengan demikian, model yang dihasilkan mampu merepresentasikan karakteristik hasil belajar siswa secara optimal dan layak digunakan sebagai dasar analisis lebih lanjut.

Temuan ini sejalan dengan penelitian (Yulisasih et al., 2024) yang menyatakan bahwa S*ilhouette Score* merupakan indikator yang efektif dalam mengevaluasi kualitas hasil klasterisasi karena mampu mengukur keseimbangan antara kedekatan anggota dalam satu cluster dan keterpisahan antarcluster. Hasil penelitian ini juga mendukung temuan (Qusyairi et al., 2024) bahwa penggunaan *Silhouette Score* menghasilkan pemilihan jumlah cluster yang lebih objektif dibandingkan hanya mengandalkan *Elbow Method.*

Meskipun *Elbow Method* pada penelitian ini mengindikasikan jumlah *cluster* berada pada k = 3, model dengan k = 2 dipilih karena memiliki nilai *Silhouette Score* tertinggi. Perbedaan tersebut merupakan kondisi yang umum dalam analisis *clustering* karena kedua metode memiliki prinsip evaluasi yang berbeda. (Kertanah et al., 2023) menjelaskan bahwa *Elbow Method* berfokus pada efisiensi pembentukan cluster, sedangkan *Silhouette Score* menilai kualitas struktur cluster secara menyeluruh. Oleh karena itu, pemilihan model dengan dua cluster dinilai lebih tepat dan konsisten dengan tujuan penelitian. Selain itu, (Agha et al., 2023) menegaskan bahwa evaluasi menggunakan *Silhouette Score* memberikan dasar yang lebih kuat dalam menentukan model klasterisasi yang optimal.

Implikasi Hasil Klasterisasi terhadap Evaluasi Pembelajaran Pendidikan Agama Islam

Hasil klasterisasi menunjukkan bahwa sebagian besar siswa berada pada Kelompok Hasil Belajar Baik, sedangkan sebagian kecil siswa tergolong dalam Kelompok Hasil Belajar Perlu Pendampingan. Informasi tersebut memberikan gambaran yang lebih spesifik mengenai kondisi hasil belajar siswa sehingga guru tidak hanya berfokus pada nilai akhir, tetapi juga dapat mengidentifikasi kelompok siswa yang memerlukan tindak lanjut pembelajaran secara lebih terarah. Dengan demikian, hasil klasterisasi dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam menyusun program remedial bagi siswa yang memerlukan pendampingan serta program pengayaan bagi siswa yang telah mencapai capaian belajar yang baik.

Pemanfaatan hasil klasterisasi sebagai dasar evaluasi pembelajaran sejalan dengan penelitian (Latuconsina, 2023) yang menjelaskan bahwa evaluasi hasil belajar Pendidikan

Agama Islam perlu dilakukan secara komprehensif agar mampu menggambarkan perkembangan kompetensi peserta didik secara utuh. Selain itu, (Farida & Sudibyo, 2022) menyatakan bahwa analisis data hasil belajar dapat membantu guru merancang strategi pembelajaran yang lebih sesuai dengan karakteristik siswa sehingga proses pembelajaran menjadi lebih efektif. Temuan penelitian ini juga mendukung konsep *learning analytics* yang dikemukakan oleh (Ouassif et al., 2025) dan (Lestari, 2026), yaitu pemanfaatan data akademik sebagai dasar pengambilan keputusan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran secara berkelanjutan.

Kontribusi Penelitian terhadap Pengambilan Keputusan Berbasis Data

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam penerapan *Educational Data Mining* sebagai pendekatan pendukung pengambilan keputusan berbasis data di lingkungan sekolah. Hasil klasterisasi yang diperoleh tidak hanya memberikan informasi mengenai pengelompokan hasil belajar siswa, tetapi juga dapat menjadi dasar bagi guru dan sekolah dalam menentukan prioritas pendampingan akademik, menyusun program pembelajaran yang lebih terarah, serta melakukan evaluasi pembelajaran secara lebih objektif.

Pendekatan tersebut sejalan dengan penelitian Hidayatullah et al., (2025) yang menekankan pentingnya penggunaan indikator evaluasi yang terukur dalam menghasilkan informasi yang dapat mendukung proses pengambilan keputusan. Selain itu, Mursidan et al., 2026) menjelaskan bahwa hasil analisis data dapat dimanfaatkan sebagai decision support dalam menentukan kebijakan yang lebih efektif, sedangkan Alisia et al., (2025) menunjukkan bahwa pemanfaatan hasil analisis secara sistematis dapat mendukung process improvement dalam suatu organisasi. Pada konteks penelitian ini, hasil klasterisasi diharapkan tidak hanya menjadi informasi akademik, tetapi juga menjadi dasar dalam meningkatkan kualitas evaluasi pembelajaran Pendidikan Agama Islam melalui pendekatan yang lebih objektif, sistematis, dan berbasis data.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini berhasil menerapkan algoritma *K-Means* untuk mengelompokkan tingkat hasil belajar siswa pada mata pelajaran Pendidikan Agama Islam di SD Muhammadiyah Ambarbinangun berdasarkan tiga variabel penilaian, yaitu Asesmen

Formatif, Sumatif Tengah Semester (STS), dan Sumatif Akhir Semester (SAS). Hasil klasterisasi menunjukkan bahwa model terbaik diperoleh pada dua *cluster* (k = 2) dengan nilai *Silhouette Score* sebesar 0,6894, yang mengindikasikan bahwa struktur *cluster* memiliki kualitas pengelompokan yang baik. Klasterisasi menghasilkan dua kelompok karakteristik, yaitu Kelompok Hasil Belajar Baik yang terdiri atas 72 siswa dan Kelompok Hasil Belajar Perlu Pendampingan yang terdiri atas 4 siswa, sehingga mampu menggambarkan variasi capaian hasil belajar siswa secara lebih objektif dibandingkan penyajian nilai akademik secara konvensional.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan algoritma *K-Means* yang dikombinasikan dengan evaluasi menggunakan *Silhouette Score* efektif dalam mengidentifikasi karakteristik hasil belajar siswa serta menghasilkan informasi yang dapat dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan keputusan berbasis data di lingkungan sekolah. Informasi hasil klasterisasi memberikan manfaat praktis bagi guru dalam mengidentifikasi siswa yang memerlukan pendampingan maupun pengayaan sehingga proses evaluasi pembelajaran dapat dilakukan secara lebih terarah, objektif, dan sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Berdasarkan hasil penelitian, guru direkomendasikan untuk memanfaatkan hasil klasterisasi sebagai dasar dalam menyusun program remedial bagi siswa yang tergolong dalam Kelompok Hasil Belajar Perlu Pendampingan serta merancang kegiatan pengayaan bagi siswa pada Kelompok Hasil Belajar Baik. Selain itu, sekolah dapat memanfaatkan hasil pengelompokan ini untuk menyusun kebijakan pembelajaran yang lebih adaptif, melakukan pemantauan perkembangan hasil belajar secara berkala, serta mengembangkan sistem evaluasi pembelajaran berbasis data sebagai bagian dari peningkatan mutu pendidikan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pemanfaatan *Educational Data Mining* sebagai pendekatan analitis yang mendukung peningkatan kualitas evaluasi pembelajaran Pendidikan Agama Islam sekaligus memperkuat penerapan pengambilan keputusan berbasis data dalam lingkungan pendidikan dasar.

REFERENSI

Acharjya, P. P., Das, M., Metia, R., Sasmal, M., Sikdar, S., & Rahaman, S. H. (2025). Clustering Student Performance Data Using K-Means In Educational Data Mining. *2025 8th International Conference On Computing Methodologies And Communication (ICCMC)*, 544–549. Https://Doi.Org/10.1109/ICCMC65190.2025.11140631

Agha, D., Meghji, A. F., & Bhatti, S. (2023). Clusters Of Success: Unpacking Academic Trends With K-Means Clustering In Education. *VFAST Transactions On Software Engineering*, *11*(4), 15–31. Https://Doi.Org/10.21015/Vtse.V11i4.1633

Agusniar, C., Mulya Ulfa, S., & Rhomadhona, H. (2025). Utilizing K-Means Clustering For Grouping Student Achievement Data To Evaluate Learning Activeness. *Journal Of Advanced Computer Knowledge And Algorithms*, *2*(3), 56–59. Https://Doi.Org/10.29103/Jacka.V2i3.22591

Alalawi, S. J. S., Shaharanee, I. N. M., & Jamil, J. M. (2023). Clustering Student Performance Data Using K-Means Algorithms. *Journal Of Computational Innovation And Analytics (JCIA)*, *2*(1), 41–55. Https://Doi.Org/10.32890/Jcia2023.2.1.3

Alisia, S. S., Murdiyanto, A. W., & Himawan, A. (2025). Analisis Proses Bisnis Toko Roti Menggunakan SWOT Dan Business Process Improvement. *Jurnal Informatika Komputer, Bisnis Dan Manajemen*, *23*(3), 1–13. Https://Doi.Org/10.61805/Fahma.V23i3.186

Aulia, M. A., Wibowo, K. A. T., Nugraha, I., & Analta, I. W. (2026). Analisis Clustering Data Mahasiswa Berdasarkan Nilai Akademik Menggunakan K-Means. *Journal Of Students' Research In Computer Science*, *7*(1), 37–50. Https://Doi.Org/10.31599/Kv0g1g94

Dila, R., Defit, S., & Arlis, S. (2025). Analisis Algoritma K-Means Clustering Dalam Pengelompokan Prestasi Belajar Siswa Menengah Atas (SMA). *Bulletin Of Computer Science Research*, *5*(5), 1113–1119. Https://Doi.Org/10.47065/Bulletincsr.V5i5.751

Farida, A., & Sudibyo, N. A. (2022). Implementation Of The K-Means Algorithm On Learning Outcomes And Self-Regulated Learning. *UNION: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, *10*(2), 147–154. Https://Doi.Org/10.30738/Union.V10i2.12233

Gustian, D., & Al-Farits, M. S. (2023). Data Mining Untuk Melihat Minat Belajar Siswa Menerapkan Metode K-Means. *Journal Of Information System Research (JOSH)*, *4*(3), 775–784. Https://Doi.Org/10.47065/Josh.V4i3.3218

Hendrastuty, N. (2024). Penerapan Data Mining Menggunakan Algoritma K-Means Clustering Dalam Evaluasi Hasil Pembelajaran Siswa. *Jurnal Ilmiah Informatika Dan Ilmu Komputer (JIMA-ILKOM)*, *3*(1), 46–56. Https://Doi.Org/10.58602/Jima-Ilkom.V3i1.26

Hidayatullah, S., Panca, A. S., Sobri, M., & Dwijayanti, I. (2025). *Analisis Retensi Pengguna Mobile JKN Dengan HEART Metrics Dan Regresi Linier Berganda*.

Kertanah, K., Nurmayanti, W. P., Aini, S. R., Amrullah, L. Muh., & Sya'roni, M. (2023). Comparison Of Algorithms K-Means And DBSCAN For Clustering Student Cognitive Learning Outcomes In Physics Subject. *Kappa Journal*, *7*(2), 251–255. Https://Doi.Org/10.29408/Kpj.V7i2.18428

Latuconsina, A. (2023). Learning Outcomes Of Islamic Religious Education In Various Studies In Indonesia: Correlation Meta-Analysis And Systematic Literature Review. *International Journal Of Instruction*, *16*(4), 329–348. Https://Doi.Org/10.29333/Iji.2023.16420a

Lestari, E. D. (2026). Learning Analytics-Driven Student Performance Prediction Using Ensemble Machine Learning Models. *Artificial Intelligence In Learning*. Https://Doi.Org/10.63913/Ail.V2i1.5

Liu, R. (2022). Data Analysis Of Educational Evaluation Using K-Means Clustering Method. *Computational Intelligence And Neuroscience*, *2022*, 1–10. Https://Doi.Org/10.1155/2022/3762431

Mawarni, Q. I., & Budi, E. S. (2022). Implementasi Algoritma K-Means Clustering Dalam Penilaian Kedisiplinan Siswa. *Jurnal Sistem Komputer Dan Informatika (JSON)*, *3*(4), 522. Https://Doi.Org/10.30865/Json.V3i4.4242

Mursidan, A., Dermawan, R. F., & Ramdhan, V. (2026). Perancangan Aplikasi SPK Penilaian Kinerja Karyawan BPMP Jakarta Dengan Simple Additive Weighting. *Jurnal Informatika Komputer, Bisnis Dan Manajemen*, *24*(1), 1–10. Https://Doi.Org/10.61805/Fahma.V24i1.190

Ouassif, K., Ziani, B., Herrera-Tapia, J., & Kerrache, C. A. (2025). Empowering Education: Leveraging Clustering And Recommendations For Enhanced Student Insights. *Education Sciences*, *15*(7), 819. Https://Doi.Org/10.3390/Educsci15070819

Pamungkas, L., Dewi, N. A., & Putri, N. A. (2024). Classification Of Student Grade Data Using The K-Means Clustering Method. *Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi Dan Komputer)*, *13*(1), 86–91. Https://Doi.Org/10.32736/Sisfokom.V13i1.1983

Qusyairi, M., Zul Hidayatullah, & Arnila Sandi. (2024). Penerapan K-Means Clustering Dalam Pengelompokan Prestasi Siswa Dengan Optimasi Metode Elbow. *Infotek: Jurnal Informatika Dan Teknologi*, *7*(2), 500–510. Https://Doi.Org/10.29408/Jit.V7i2.26375

Rahma, F. (2025). Clustering Students Based On Academic Performance And Social Factors: An Unsupervised Learning Approach To Identify Student Patterns. *International Journal For Applied Information Management*, *5*(3), 139–154. Https://Doi.Org/10.47738/Ijaim.V5i3.109

Risal, A. A. N., Andayani, D. D., Suherman, M. I., & Andi Baso Kaswar. (2024). Utilizing The K-Means Clustering Algorithm For Analyzing Student Achievement Assessment At SMK Negeri 1 Gowa. *Journal Of Embedded Systems, Security And Intelligent Systems*, 60–67. Https://Doi.Org/10.59562/Jessi.V5i1.2178

Siregar, H. L., Hidayanthi, R., & Sakti, A. L. D. (2024). Implementation Of K-Means Clustering On Student Learning Achievements Based On Social Economic And Social Related. *Research And Development In Education (Raden)*, *4*(2), 1447–1459. Https://Doi.Org/10.22219/Raden.V4i2.36742

Sujana, T. S., Rini Astuti, Willy Prihartono, & Ryan Hamonangan. (2025). Implementation Of Data Mining Using The K-Means Algorithm To Group Students Based On Academic Performance. *Journal Of Artificial Intelligence And Engineering Applications (JAIEA)*, *4*(2), 1527–1531. Https://Doi.Org/10.59934/Jaiea.V4i2.936

Yulisasih, B. N., Herman, H., Sunardi, S., & Yuliansyah, H. (2024). Evaluation Of K-Means Clustering Using Silhouette Score Method On Customer Segmentation. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, *16*(3), 330–342. Https://Doi.Org/10.33096/Ilkom.V16i3.2325.330-342

Analysis of Student Sentiments towards the Use of Artificial Intelligence in Education Using the Naïve Bayes Algorithm

Stevannie Evanjelica Lourensia [1)*)], Ni Made Satvika Iswari [2)], Eddy Muntina Dharma [3)]

[1)2)3)]Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi dan Desain, Primakara University
[*)]**Correspondence author**: vanniekaleb@gmail.com, Denpasar, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3606

Abstract

The rapid development of Artificial Intelligence (AI) has significantly transformed the field of education. Generative AI applications such as ChatGPT, Gemini, and Microsoft Copilot are increasingly utilized by students to obtain information, assist in completing academic tasks, and improve learning effectiveness. This study aims to analyze students' sentiment toward the use of AI in education using the Naïve Bayes algorithm. Data were collected through questionnaires distributed to high school students in Palu City, Central Sulawesi Province, and processed through text preprocessing stages, including case folding, tokenization, stopword removal, and stemming. The dataset was divided into training and testing data to evaluate the model using a confusion matrix, accuracy, precision, recall, and F1-score. The findings indicate that the Naïve Bayes algorithm performs well in classifying students' sentiments toward AI in education. Most students expressed neutral sentiments regarding the use of AI in learning, while others reported positive and negative perceptions related to its benefits and potential risks. This study provides empirical insights into students' perceptions of AI in education and may serve as a reference for technology-based learning strategies. Students are encouraged to use AI wisely while maintaining critical thinking, analytical skills, and independent learning.

Keywords: *Artificial Intelligence, Machine Learning, Naïve Bayes, Sentiment Analysis, Text Mining*

Abstrak

The development of Artificial Intelligence (AI) has brought about significant changes in the field of education. Various generative AI applications—such as ChatGPT, Gemini, and Microsoft Copilot—are increasingly utilized by students as learning aids to gather information, assist with assignments, and enhance learning effectiveness. Conversely, the use of AI also elicits diverse perceptions—both positive and negative—that must be understood to optimize the technology's implementation within educational settings. This study aims to analyze student sentiment regarding the use of AI in education using the Naïve Bayes algorithm. Research data were collected via questionnaires distributed to students in Palu City, Central Sulawesi Province; the data subsequently underwent text preprocessing—including case folding, tokenization, stopword removal, and stemming—prior to classification. The dataset was split into training and testing sets to evaluate model performance using a confusion matrix, accuracy, precision, recall, and F1-score. The results indicate that the Naïve Bayes algorithm is capable of classifying student sentiment with strong performance. The majority of students expressed neutral sentiment regarding the use of AI in learning, while others demonstrated positive or negative sentiments concerning its benefits and potential risks. This study provides empirical insight into student perceptions of AI in education. Students are encouraged to utilize AI wisely as a learning tool while prioritizing critical thinking and independent learning skills.

Kata Kunci: Analisis Sentimen*, Artificial Intelligence, Machine Learning, Naïve Bayes,* Text Mining

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dalam satu dekade terakhir telah mendorong transformasi digital pada hampir seluruh sektor kehidupan, termasuk pendidikan. Salah satu inovasi yang mengalami perkembangan paling pesat adalah *Artificial Intelligence* (AI), yaitu teknologi yang memungkinkan komputer meniru kemampuan kognitif manusia seperti belajar, memahami bahasa alami, mengenali pola, dan mengambil keputusan berdasarkan data. Kehadiran AI telah mengubah paradigma pembelajaran dari yang sebelumnya berpusat pada guru (*teacher-centered learning*) menjadi pembelajaran yang lebih adaptif, personal, dan berbasis teknologi. AI tidak hanya dimanfaatkan sebagai alat bantu pencarian informasi, tetapi juga berkembang menjadi asisten belajar yang mampu memberikan rekomendasi materi, menjelaskan konsep secara interaktif, hingga membantu penyelesaian berbagai tugas akademik (UNESCO, 2023).

Perkembangan AI generatif semakin mempercepat pemanfaatan teknologi tersebut di lingkungan pendidikan. Aplikasi seperti ChatGPT, Google Gemini, Microsoft Copilot, Claude AI, dan berbagai platform berbasis *Large Language Model* telah digunakan oleh pelajar maupun mahasiswa untuk mencari referensi, memahami konsep pembelajaran, membuat rangkuman materi, menerjemahkan bahasa asing, hingga membantu penulisan karya ilmiah. Pemanfaatan teknologi tersebut memberikan peluang besar dalam meningkatkan efektivitas proses belajar, mempercepat akses informasi, serta mendukung pembelajaran mandiri. Namun demikian, penggunaan AI juga memunculkan berbagai tantangan seperti ketergantungan terhadap teknologi, penyalahgunaan dalam penyelesaian tugas, penurunan kemampuan berpikir kritis, serta munculnya permasalahan etika akademik (Kasneci et al., 2023).

Di Indonesia, penggunaan AI dalam pendidikan menunjukkan tren yang terus meningkat seiring berkembangnya literasi digital masyarakat (Anita Candra Dewi, 2025; Nurhaliza, 2025). Berbagai institusi pendidikan mulai mengintegrasikan AI sebagai media pembelajaran maupun sebagai bagian dari transformasi digital pendidikan. Meskipun demikian, tingkat penerimaan teknologi AI di kalangan pelajar masih beragam. Sebagian pelajar menganggap AI mampu meningkatkan produktivitas belajar dan mempermudah penyelesaian tugas, sedangkan sebagian lainnya memandang bahwa penggunaan AI dapat

mengurangi kreativitas, kemampuan analisis, dan kemandirian belajar. Perbedaan persepsi tersebut menghasilkan berbagai opini yang menarik untuk dianalisis menggunakan pendekatan *sentiment analysis*.

Analisis sentimen merupakan salah satu cabang *text mining* yang bertujuan mengidentifikasi kecenderungan opini masyarakat terhadap suatu objek berdasarkan data teks (Rautela et al., 2023). Melalui teknik klasifikasi, opini pengguna dapat dikelompokkan ke dalam kategori positif, negatif, maupun netral sehingga mampu memberikan gambaran mengenai persepsi publik terhadap suatu fenomena. Dalam bidang pendidikan, analisis sentimen banyak digunakan untuk mengevaluasi penerimaan teknologi pembelajaran, efektivitas media pembelajaran digital, hingga kepuasan pengguna terhadap sistem pendidikan berbasis teknologi (Johan et al., 2025; Sanchis Font et al., 2023).

Salah satu algoritma yang banyak digunakan dalam analisis sentimen adalah Naïve Bayes. Algoritma ini merupakan metode klasifikasi probabilistik yang sederhana namun memiliki tingkat akurasi yang baik dalam pengolahan data teks (Sudha et al., 2023; Wahyu Widyananda et al., 2025). Naïve Bayes bekerja berdasarkan Teorema Bayes dengan mengasumsikan independensi antar fitur sehingga proses klasifikasi menjadi lebih efisien meskipun jumlah data relatif besar. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa Naïve Bayes memberikan performa yang kompetitif pada klasifikasi dokumen teks karena memiliki waktu komputasi yang cepat serta mampu menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi pada berbagai kasus analisis sentimen (Quadri et al., 2020).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis sentimen pelajar terhadap penggunaan Artificial Intelligence dalam pendidikan menggunakan algoritma Naïve Bayes. Data penelitian diperoleh dari pelajar di Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah melalui penyebaran kuesioner berbentuk teks yang kemudian diproses menggunakan tahapan *text preprocessing*, pembobotan kata, dan klasifikasi sentimen. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai tingkat penerimaan AI di kalangan pelajar serta menjadi masukan bagi institusi pendidikan dalam merancang implementasi AI yang lebih efektif, bertanggung jawab, dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran modern.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif-komputasional untuk menganalisis sentimen pelajar terhadap penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) dalam pendidikan. Pendekatan komputasional dipilih karena penelitian memanfaatkan teknik *text mining* dan *machine learning* untuk mengolah data teks serta membangun model klasifikasi sentimen menggunakan algoritma Multinomial Naïve Bayes. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, *text preprocessing*, pelabelan sentimen, pembagian dataset, pembangunan model klasifikasi, dan evaluasi performa model secara sistematis. Pendekatan ini memungkinkan penelitian tidak hanya mendeskripsikan persepsi pelajar, tetapi juga mengukur kemampuan algoritma dalam mengklasifikasikan opini berdasarkan data teks.

Data penelitian diperoleh melalui penyebaran kuesioner daring menggunakan *Google Form* kepada pelajar SMA berusia 15–18 tahun di Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah. Instrumen penelitian terdiri atas pertanyaan mengenai penggunaan AI dalam pembelajaran serta kolom komentar terbuka yang memungkinkan responden menyampaikan pendapat secara bebas. Komentar inilah yang menjadi dataset utama untuk proses analisis sentimen. Penelitian dilaksanakan selama empat bulan sesuai jadwal penelitian yang telah disusun.

Penelitian menggunakan data primer berupa komentar teks yang diperoleh langsung dari responden. Seluruh komentar kemudian dikumpulkan, diperiksa, dan dipersiapkan untuk proses analisis. Sentimen yang dianalisis dibatasi pada tiga kategori, yaitu positif, negatif, dan netral, sehingga penelitian berfokus pada klasifikasi polaritas opini tanpa melakukan analisis emosi yang lebih rinci.

1. Case Folding, yaitu mengubah seluruh huruf menjadi huruf kecil (*lowercase*).
2. Cleaning, yaitu menghapus tanda baca, angka, URL, dan karakter yang tidak diperlukan.
3. Tokenizing, yaitu memecah kalimat menjadi token atau kata.
4. Stopword Removal, yaitu menghilangkan kata-kata umum yang tidak memberikan informasi penting.
5. Stemming, yaitu mengubah kata berimbuhan menjadi kata dasar menggunakan pustaka Sastrawi.

Tahapan ini bertujuan menghasilkan representasi teks yang lebih konsisten sehingga mampu meningkatkan kualitas fitur yang digunakan oleh algoritma klasifikasi (Han et al., 2012).

Setelah proses *preprocessing*, setiap komentar diberikan label sentimen secara manual menjadi tiga kelas, yaitu positif, negatif, dan netral. Pelabelan manual dilakukan sebagai *ground truth* untuk membangun model klasifikasi sehingga setiap data memiliki kelas target yang akan dipelajari oleh algoritma *Naïve Bayes.* Algoritma *Naïve Bayes* merupakan metode klasifikasi berbasis probabilitas yang menerapkan Teorema Bayes dengan asumsi bahwa setiap fitur bersifat independen terhadap fitur lainnya dalam menentukan kelas data. Pada analisis sentimen, algoritma ini bekerja dengan menghitung probabilitas kemunculan kata-kata dalam suatu komentar terhadap masing-masing kelas sentimen, kemudian menentukan kelas dengan nilai probabilitas tertinggi sebagai hasil klasifikasi. Implementasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Multinomial Naïve Bayes* yang sesuai untuk data teks karena mampu memodelkan frekuensi kemunculan kata dalam dokumen.

Pengolahan data dilakukan menggunakan Google Colab dengan bahasa pemrograman Python. Beberapa pustaka yang digunakan meliputi pandas untuk pengolahan data, *NumPy* untuk komputasi numerik, scikit-learn untuk implementasi algoritma *Multinomial Naïve Bayes* dan evaluasi model, serta *Sastrawi* untuk proses *stemming* bahasa Indonesia. Seluruh proses dijalankan menggunakan komputer atau laptop yang terhubung dengan jaringan internet.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data primer berupa komentar pelajar SMA di Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah mengenai penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) dalam kegiatan pembelajaran. Seluruh komentar dikumpulkan melalui kuesioner daring, kemudian diproses menggunakan tahapan *text preprocessing* sebelum dilakukan proses klasifikasi sentimen. Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh 114 komentar yang memenuhi kriteria penelitian dan digunakan sebagai dataset analisis. Seluruh komentar kemudian diberi label

sentimen secara manual (*manual annotation*) sebagai *ground truth* sebelum dilakukan proses klasifikasi menggunakan algoritma *Naïve Bayes*. Pelabelan dilakukan dengan mengacu pada kecenderungan makna yang terkandung dalam setiap komentar. Komentar dikategorikan sebagai sentimen positif apabila menunjukkan dukungan, manfaat, atau persepsi yang baik terhadap penggunaan *Artificial Intelligence (AI)* dalam pembelajaran, seperti membantu memahami materi, meningkatkan efisiensi belajar, dan mempermudah pencarian informasi. Sentimen negatif diberikan pada komentar yang menunjukkan penolakan, kekhawatiran, atau dampak negatif penggunaan AI, seperti ketergantungan terhadap teknologi, berkurangnya kemampuan berpikir kritis, serta potensi penyalahgunaan dalam penyelesaian tugas akademik. Sementara itu, sentimen netral diberikan pada komentar yang bersifat informatif, deskriptif, atau menunjukkan sikap yang tidak secara jelas mendukung maupun menolak penggunaan AI dalam pendidikan.

Penetapan tiga kategori sentimen tersebut didasarkan pada pendekatan *three-class sentiment classification* yang umum digunakan dalam penelitian analisis sentimen, yaitu positif, negatif, dan netral. Dengan demikian, kategori sentimen ditentukan berdasarkan tujuan penelitian dan karakteristik polaritas opini yang ingin dianalisis, bukan berdasarkan proporsi distribusi data yang diperoleh. Distribusi data selanjutnya digunakan untuk menggambarkan penyebaran sentimen dalam dataset setelah proses pelabelan selesai dilakukan.

Distribusi data menunjukkan bahwa sentimen netral merupakan kategori yang paling dominan, sedangkan sentimen positif dan negatif memiliki jumlah yang relatif lebih sedikit. Dominasi sentimen netral mengindikasikan bahwa sebagian besar pelajar belum memiliki pandangan yang sangat mendukung maupun menolak penggunaan AI dalam pendidikan. Kondisi ini menunjukkan bahwa AI masih dipersepsikan sebagai teknologi yang memberikan manfaat, tetapi penggunaannya tetap memerlukan pengawasan serta pemahaman yang tepat agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap proses belajar (Farikhah et al., 2025).

Analisis Sentimen Berdasarkan Karakteristik Responden

Analisis berdasarkan karakteristik responden menunjukkan bahwa persepsi pelajar terhadap penggunaan AI relatif seragam pada berbagai kelompok usia maupun tingkat kelas.

Mayoritas responden memberikan sentimen netral dari total 114 responden, sebanyak 82 responden (71,93%) memberikan sentimen netral, 19 responden (16,67%) memberikan sentimen positif, dan 13 responden (11,40%) memberikan sentimen negatif. Dominasi sentimen netral menunjukkan bahwa sebagian besar pelajar belum sepenuhnya menunjukkan sikap yang sangat mendukung maupun menolak penggunaan AI dalam pembelajaran. Sementara itu, responden dengan sentimen positif menunjukkan bahwa AI dipandang mampu membantu proses belajar melalui kemudahan memperoleh informasi, memahami materi, dan meningkatkan efisiensi penyelesaian tugas. Di sisi lain, sentimen negatif menunjukkan adanya kekhawatiran terhadap potensi ketergantungan teknologi, berkurangnya kemampuan berpikir kritis, serta kemungkinan penyalahgunaan AI dalam kegiatan akademik. Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar pelajar memanfaatkan AI sebagai media pendukung pembelajaran, namun masih bersikap hati-hati terhadap potensi dampak negatifnya.

Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Kasneci et al. (2023) yang menyatakan bahwa AI generatif memiliki potensi besar dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran, tetapi tetap memerlukan pengawasan agar tidak mengurangi kemampuan berpikir kritis dan kemandirian belajar peserta didik. Selain itu, UNESCO (2023) juga menekankan pentingnya penggunaan AI secara bertanggung jawab (*responsible AI*) dalam pendidikan agar manfaat teknologi dapat diperoleh tanpa mengabaikan aspek etika akademik.

Pembagian Dataset

Dataset dibagi menjadi data latih dan data uji menggunakan rasio 80:20. Dari total 114 data, sebanyak 85 data digunakan sebagai data latih (*training data*), sedangkan 29 data digunakan sebagai data uji (*testing data*). Pembagian ini dilakukan secara acak untuk mengurangi bias dan memastikan model memperoleh data yang cukup dalam mempelajari karakteristik masing-masing kelas sentimen.

Tabel 1. Pembagian Dataset

No	Jenis Data	Jumlah
1.	Data Latih	85
2.	Data Uji	29
Jumlah		**144**

Sumber: Hasil Pengolahan Penelitian

Proporsi 80:20 merupakan salah satu rasio yang umum digunakan dalam penelitian klasifikasi karena mampu memberikan keseimbangan antara proses pelatihan model dan evaluasi performa terhadap data yang belum pernah dipelajari sebelumnya.

Evaluasi Model Naïve Bayes

Setelah proses pelatihan menggunakan algoritma Multinomial *Naïve Bayes*, model diuji menggunakan data pengujian untuk mengetahui kemampuan klasifikasi terhadap data baru. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik *Accuracy, Precision, Recall,* dan *F1-score.*

1. Akurasi Model

   Sebelum dilakukan pengujian akurasi model, seluruh komentar responden terlebih dahulu melalui tahapan *text preprocessing* dan pelabelan sentimen secara manual (*manual annotation*) ke dalam tiga kategori, yaitu positif, negatif, dan netral sebagai *ground truth*. Pelabelan dilakukan berdasarkan polaritas opini yang terkandung dalam setiap komentar. Komentar dikategorikan sebagai sentimen positif apabila menunjukkan dukungan atau manfaat penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) dalam pembelajaran, seperti membantu memahami materi, meningkatkan efisiensi belajar, dan mempermudah pencarian informasi. Sebaliknya, sentimen negatif diberikan pada komentar yang menunjukkan kekhawatiran terhadap dampak penggunaan AI, seperti ketergantungan teknologi, berkurangnya kemampuan berpikir kritis, serta potensi penyalahgunaan AI dalam penyelesaian tugas akademik. Sementara itu, sentimen netral diberikan pada komentar yang bersifat informatif, deskriptif, atau tidak menunjukkan kecenderungan yang jelas untuk mendukung maupun menolak penggunaan AI dalam pendidikan.

   Pada proses klasifikasi, algoritma *Multinomial Naïve Bayes* mempelajari pola kemunculan kata (*word frequency*) dari data latih yang telah diberi label. Statistik kemunculan kata memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil kategorisasi sentimen karena setiap kata akan dihitung probabilitas kemunculannya pada masing-masing kelas sentimen. Sebagai contoh, kata-kata seperti "membantu", "bermanfaat", "mempermudah", "efektif", dan "meningkatkan pemahaman" cenderung memiliki probabilitas yang lebih tinggi pada kategori sentimen positif. Sebaliknya, kata-kata seperti "ketergantungan", "malas", "mengurangi kemampuan berpikir kritis", dan "menyontek" lebih banyak berkaitan dengan sentimen negatif. Adapun komentar yang

menggunakan ungkapan seperti "dapat digunakan dalam pembelajaran", "tergantung penggunaannya", atau pernyataan yang bersifat informatif tanpa menunjukkan penilaian tertentu cenderung dikategorikan sebagai sentimen netral.

Algoritma *Naïve Bayes* tidak menggunakan rentang skor tertentu, seperti nilai minimum dan maksimum, dalam menentukan kategori sentimen. Penentuan kategori dilakukan berdasarkan perhitungan probabilitas posterior menggunakan Teorema Bayes dengan memilih kelas yang memiliki nilai probabilitas tertinggi (*maximum posterior probability*). Dengan demikian, suatu komentar akan diklasifikasikan sebagai sentimen positif, negatif, atau netral apabila probabilitas kemunculan kata-kata yang dimilikinya lebih besar pada salah satu kelas dibandingkan kelas lainnya. Semakin sering suatu kata muncul pada data pelatihan dalam kategori tertentu, semakin besar kontribusinya dalam memengaruhi hasil prediksi model.

Hasil pengujian terhadap 29 data uji menunjukkan bahwa model menghasilkan nilai akurasi sebesar 82,76%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sekitar 83 dari setiap 100 data dapat diklasifikasikan dengan benar oleh model Naïve Bayes. Tingkat akurasi ini mengindikasikan bahwa algoritma memiliki kemampuan yang baik dalam mengenali pola sentimen pada komentar pelajar mengenai penggunaan AI dalam pendidikan. Performa tersebut sejalan dengan berbagai penelitian analisis sentimen berbahasa Indonesia yang menyatakan bahwa Naïve Bayes masih menjadi salah satu algoritma yang efisien pada dataset berukuran kecil hingga menengah karena memiliki kompleksitas komputasi rendah dan waktu pelatihan yang cepat (Hayatin et al., 2022).

2. *Precision, Recal,* dan F1-Score

Selain akurasi, evaluasi juga dilakukan menggunakan metrik *precision, recall*, dan F1-score untuk mengetahui kemampuan model dalam mengklasifikasikan masing-masing kategori sentimen.

Tabel 2. *Precision, Recal,* dan F1-Score

Sentimen	Precision (%)	Recall (%)	F1-Score (%)
Positif	100	40	57
Negatif	100	33	50
Netral	81	100	89
Weighted Average	86	83	80

Berdasarkan Tabel 3, nilai *precision* sebesar 100% pada kategori sentimen positif dan negatif menunjukkan bahwa seluruh data yang diprediksi sebagai sentimen positif maupun negatif merupakan data yang benar pada kategori tersebut. Namun demikian, nilai *recall* yang relatif rendah pada kedua kategori tersebut menunjukkan bahwa model masih belum mampu mengenali seluruh data positif dan negatif secara optimal. Sebaliknya, kategori sentimen netral memiliki nilai *recall* sebesar 100% yang menunjukkan bahwa seluruh data uji dengan label netral berhasil dikenali oleh model.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model memiliki performa terbaik pada kategori sentimen netral, sedangkan performa pada kategori positif dan negatif relatif lebih rendah. Tingginya performa klasifikasi pada kategori sentimen netral dipengaruhi oleh dominasi jumlah data pada kategori tersebut sehingga model memperoleh lebih banyak pola kata selama proses pelatihan. Kondisi distribusi data yang tidak seimbang menyebabkan algoritma lebih mudah mengenali kelas mayoritas dibandingkan kelas minoritas. Fenomena serupa juga banyak ditemukan pada penelitian analisis sentimen berbasis klasifikasi probabilistik, di mana ketidakseimbangan data dapat memengaruhi kemampuan model dalam mengenali kategori dengan jumlah data yang lebih sedikit (Fatmawati et al., 2025).

3. Analisis *Confusion Matrix*

Hasil confusion matrix memberikan gambaran lebih rinci mengenai kemampuan model dalam mengklasifikasikan setiap kategori sentimen.

Tabel 3. *Confusion Matrix*

No	Aktual	Positif	Negatif	Netral
1.	Positif	2	0	3
2.	Negatif	0	1	2
3.	Netral	0	0	21

Sumber: Hasil Pengolahan Penelitian

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa model berhasil mengklasifikasikan 21 data sentimen netral secara tepat. Sebaliknya, sebagian data positif dan negatif masih diprediksi sebagai sentimen netral. Tidak ditemukan kesalahan klasifikasi langsung antara sentimen positif dan negatif, sehingga kesalahan model lebih banyak terjadi akibat kemiripan karakteristik kata antara sentimen positif maupun negatif dengan sentimen netral.

Temuan ini menunjukkan bahwa *Naïve Bayes* memiliki kemampuan yang baik dalam mengenali kelas dominan, namun masih mengalami keterbatasan ketika harus membedakan kelas dengan jumlah data yang relatif sedikit. Kondisi tersebut merupakan karakteristik umum algoritma probabilistik ketika digunakan pada dataset yang tidak seimbang.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma *Naïve Bayes* mampu mengklasifikasikan sentimen pelajar mengenai penggunaan AI dalam pendidikan dengan tingkat performa yang baik. Nilai akurasi sebesar 82,76% menunjukkan bahwa model cukup layak digunakan sebagai pendekatan awal dalam analisis sentimen berbasis teks berbahasa Indonesia. Dari sisi substansi, dominasi sentimen netral menunjukkan bahwa pelajar belum sepenuhnya menerima ataupun menolak penggunaan AI dalam pembelajaran. Sebagian besar responden menganggap AI sebagai teknologi yang bermanfaat untuk membantu memahami materi, mencari referensi, dan meningkatkan efisiensi belajar. Namun demikian, terdapat pula kekhawatiran mengenai potensi ketergantungan terhadap AI, berkurangnya kemampuan berpikir mandiri, serta kemungkinan penyalahgunaan AI dalam menyelesaikan tugas akademik. Temuan tersebut mendukung rekomendasi UNESCO (2023) bahwa implementasi AI dalam pendidikan perlu diimbangi dengan penguatan literasi digital, etika penggunaan AI, dan pengembangan kemampuan berpikir kritis agar teknologi dapat dimanfaatkan secara optimal tanpa mengurangi kualitas proses pembelajaran.

Hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian Fatmawati et al. (2025) yang menunjukkan bahwa algoritma Naïve Bayes memiliki performa yang baik dalam analisis sentimen teks berbahasa Indonesia. Selain itu, hasil penelitian juga mendukung temuan Firdausy et al. (2023) bahwa metode Naïve Bayes tetap menjadi salah satu algoritma klasifikasi yang efektif pada penelitian *sentiment analysis* karena memiliki tingkat akurasi yang kompetitif dan proses komputasi yang relatif sederhana.

Di sisi lain, penelitian ini memberikan kontribusi baru karena secara khusus menganalisis persepsi pelajar di Kota Palu terhadap penggunaan AI dalam pendidikan, sebuah konteks lokal yang belum banyak dikaji dalam penelitian sebelumnya. Dengan

demikian, penelitian ini tidak hanya memperluas penerapan metode Naïve Bayes pada bidang pendidikan, tetapi juga memberikan gambaran empiris mengenai penerimaan AI di kalangan pelajar Indonesia. Temuan ini juga menjawab *research gap* yang telah diidentifikasi dalam kajian pustaka skripsi, yaitu masih terbatasnya studi yang mengombinasikan analisis sentimen berbasis teks dengan isu penggunaan AI dalam pendidikan pada konteks daerah di Indonesia.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sentimen pelajar terhadap penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) dalam pendidikan menggunakan algoritma Multinomial Naïve Bayes. Berdasarkan hasil pengolahan data terhadap 114 komentar pelajar, penelitian menunjukkan bahwa metode Naïve Bayes mampu mengklasifikasikan sentimen ke dalam kategori positif, negatif, dan netral dengan tingkat performa yang baik. Dataset dibagi menggunakan rasio 80:20 sehingga diperoleh 85 data latih dan 29 data uji sebagai dasar pembangunan dan evaluasi model.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model memperoleh akurasi sebesar 82,76%, yang mengindikasikan bahwa algoritma Naïve Bayes cukup efektif dalam melakukan klasifikasi sentimen pada data teks berbahasa Indonesia mengenai penggunaan AI dalam pendidikan. Berdasarkan *confusion matrix*, model memiliki performa terbaik pada kategori sentimen netral, sedangkan sebagian data positif dan negatif masih diprediksi sebagai sentimen netral akibat kemiripan karakteristik kata dan distribusi data yang tidak seimbang.

Dari sisi substansi, hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar pelajar memberikan persepsi netral hingga positif terhadap pemanfaatan AI sebagai media pendukung pembelajaran. AI dinilai mampu membantu pencarian informasi, mempercepat penyelesaian tugas, serta meningkatkan efisiensi proses belajar. Meskipun demikian, sebagian responden juga menyampaikan kekhawatiran mengenai ketergantungan terhadap teknologi, potensi berkurangnya kemampuan berpikir kritis, serta kemungkinan penyalahgunaan AI dalam kegiatan akademik. Temuan tersebut menunjukkan bahwa implementasi AI di lingkungan pendidikan perlu disertai dengan peningkatan literasi digital,

penguatan etika akademik, serta pendampingan dari pendidik agar pemanfaatannya tetap memberikan dampak positif bagi proses pembelajaran.

Penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan kajian analisis sentimen berbasis *machine learning* di bidang pendidikan, khususnya dalam menggambarkan persepsi pelajar terhadap penggunaan AI di Indonesia. Selain itu, hasil penelitian dapat menjadi referensi bagi institusi pendidikan dalam merancang kebijakan pemanfaatan AI yang lebih efektif, bertanggung jawab, dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran di era digital.

REFERENSI

Anita Candra Dewi. (2025). Strategi Pembelajaran Bahasa Indonesia Berbasis Ai Dalam Meningkatkan Literasi Digital Siswa. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, *5*(1), 01–05. https://doi.org/10.62388/jpdp.v5i1.517

Farikhah, I., Mahmudi, A. A., & Sodiq, F. (2025). Implementation of the TOPSIS Method in a Website-Based Hospital Employee Performance Evaluation System to Improve Assessment Objectivity. *Jurnal Teknologi Informatika Dan Komputer*, *12*(1), 1–18. https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3181

Fatmawati, S., Prasetya, M. R. A., Prastya, S. E., & Cipta, S. P. (2025). Penerapan Naïve Bayes dalam Analisis Sentimen untuk Evaluasi Kinerja Pengajaran Dosen. *Jurnal SAINTEKOM*, *15*(1), 82–93. https://doi.org/10.33020/saintekom.v15i1.765

Firdausy, N., Yuadi, I., & Puspitasari, I. (2023). Analisis Sentimen Evaluasi Reaksi E-Learning Menggunakan Algorima Naïve Bayes, Support Vector Machine Dan Deep Learning. *Techno.Com*, *22*(3), 677–689. https://doi.org/10.33633/tc.v22i3.8160

Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data mining: Concepts and techniques* (3rd ed). Elsevier/Morgan Kaufmann.

Hayatin, N., Alias, S., Hung, L., & Sainin, M. (2022). Sentiment Analysis Based on Probabilistic Classifier Techniques in Various Indonesian Review Data. *Jordanian Journal of Computers and Information Technology*, (0), 1. https://doi.org/10.5455/jjcit.71-1646912715

Johan, R. C., Rullyana, G., Ardiansah, A., Oktaviani, F. D., Ganda Asmara, L., & Ramadhan, S. Y. (2025). Sentiment Analysis of Learning Management Systems Using Fine-

Tuned BERT. *2025 11th International Conference on Education and Technology (ICET)*, 268–273. https://doi.org/10.1109/ICET67257.2025.11290825

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., … Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, *103*, 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274

Nurhaliza, N. (2025). AI Literacy and Ethical Awareness in Higher Education: Evidence from Indonesian Universities. *International Journal of Social Research*, *3*(4), 190–202. https://doi.org/10.59888/insight.v3i4.60

Quadri, H. S., Selvakumar, Dr. R. K., & Professor Department of Computer Science and Engineering , CVR College of Engineering, Hyderabad, Telangana , India. (2020, December 30). *Performance of Naïve Bayes in Sentiment Analysis of User Reviews Online*. https://doi.org/10.35940/ijitee.A8198.1210220

Rautela, M., Tewari, B., Mittal, A., & Kumar, S. (2023). Unveiling Sentiment Analysis: Exploring Techniques and Navigating Challenges. *2023 4th International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC)*, 01–06. https://doi.org/10.1109/ICOSEC58147.2023.10275819

Sanchis Font, R., Castro Bleda, M. J., Jorda Albiñana, M. B., & Lopez Cuerva, L. (2023). E-Learning University Evaluation Through Sentiment Analysis Centered on User Experience Dimensions. *DYNA*, *98*(2), 147–153. https://doi.org/10.6036/10603

Sudha, K., Muthumarilakshmi, S., Kavitha, G., S, H., Kumar, V. N., & Subramanian. R, S. (2023). Sentiment Analysis on Text data: Methods, Applications, Challenges and Future Directions. *2023 International Conference on Evolutionary Algorithms and Soft Computing Techniques (EASCT)*, 1–7. https://doi.org/10.1109/EASCT59475.2023.10392868

UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. https://www.unesco.org/en/articles/guidance-generative-ai-education-and-research

Wahyu Widyananda, Maskur, & Ahmad Fauzi. (2025). Sentiment analysis of Indonesian e-commerce product reviews using machine learning classifiers. *International Journal of Science and Research Archive*, *16*(2), 445–450. https://doi.org/10.30574/ijsra.2025.16.2.2345

Implementation of a Movie Recommendation System Using Collaborative Filtering with the K-Nearest Neighbors Technique

Ade Hastuty [1)*)], Dian Fahmi R [2)], Hasnawati [3)], Masnur [4)], A. Irmayani Pawelloi [5)]

[1)2)3)4)]Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare
[5)]Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare
[*)]**Correspondence author**: adehastuty@iainpare.ac.id, Parepare, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3676

Abstract

The growth of streaming platforms has led to a vast increase in available movies, often making it difficult for users to find films that match their preferences. Recommendation systems offer a solution by providing relevant movie suggestions based on a user's rating history. This study aims to implement a movie recommendation system using Collaborative Filtering with the K-Nearest Neighbors (KNN) technique, analyze the impact of the K parameter on recommendation results, and evaluate the system's ability to handle data sparsity. The system was developed as a web application using PHP and the Laravel framework, while user similarity was calculated using the Cosine Similarity method. The recommendation process begins by calculating similarity levels between users, followed by selecting the nearest neighbors via the KNN algorithm to predict ratings for unwatched movies. The prediction results are ranked to generate a list of the top 10 movie recommendations. To address the "cold start" problem, the system provides initial recommendations based on age filters when no user rating data is available. The results demonstrate that the system successfully generates relevant recommendations aligned with user preferences. The movie The Lion King achieved the highest predicted score of 4.76, while the use of age-based initial recommendations helped mitigate data sparsity issues.

Keywords: *Collaborative Filtering, K-Nearest Neighbors (KNN), Cosine Similarity, Sparsity Data*

Abstrak

Perkembangan platform streaming menyebabkan jumlah film yang tersedia semakin banyak sehingga pengguna sering mengalami kesulitan dalam menemukan film yang sesuai dengan preferensinya. Sistem rekomendasi menjadi solusi untuk membantu pengguna memperoleh rekomendasi film yang relevan berdasarkan riwayat penilaian. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem rekomendasi film menggunakan metode *Collaborative Filtering* dengan teknik *K-Nearest Neighbors (KNN)***,** menganalisis pengaruh parameter *K* terhadap hasil rekomendasi, serta mengevaluasi kemampuan sistem dalam mengatasi *sparsity data*. Sistem dikembangkan berbasis web menggunakan *PHP* dengan framework *Laravel***,** sedangkan perhitungan kemiripan antar pengguna dilakukan menggunakan metode *Cosine Similarity*. Proses rekomendasi diawali dengan menghitung tingkat kemiripan antar pengguna, kemudian memilih tetangga terdekat menggunakan algoritma *KNN* untuk memprediksi rating film yang belum pernah dinilai. Hasil prediksi diurutkan sehingga menghasilkan *Top 10* rekomendasi film. Untuk mengatasi kondisi *cold start*, sistem menyediakan rekomendasi awal berdasarkan filter usia ketika pengguna belum memiliki data rating. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan rekomendasi yang relevan sesuai preferensi pengguna. Film *The Lion King* memperoleh skor prediksi tertinggi sebesar 4,76, sedangkan penerapan rekomendasi awal berdasarkan filter usia membantu meminimalkan permasalahan *sparsity data***.**

Kata Kunci: *Collaborative Filtering, K-Nearest Neighbors (KNN), Cosine Similarity, Sparsity Data*

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi digital telah mendorong perkembangan industri hiburan, khususnya pada bidang perfilman. Kehadiran berbagai platform streaming membuat pengguna dapat menikmati ribuan film dari berbagai negara dan genre secara praktis. Di sisi lain, melimpahnya pilihan konten menimbulkan tantangan dalam menentukan film yang sesuai dengan kebutuhan dan minat setiap pengguna. Oleh karena itu, penerapan sistem rekomendasi menjadi aspek yang penting karena mampu membantu personalisasi konten sekaligus meningkatkan kenyamanan dan pengalaman pengguna dalam mengakses layanan tersebut.

Sistem rekomendasi merupakan bagian dari sistem berbasis kecerdasan buatan yang memanfaatkan data pengguna untuk memberikan rekomendasi item yang sesuai dengan preferensi mereka. Salah satu pendekatan yang paling banyak digunakan dalam sistem rekomendasi adalah *collaborative filtering*, yang bekerja dengan menganalisis kesamaan antar pengguna maupun antar item berdasarkan histori interaksi. Namun, meskipun *collaborative filtering* telah terbukti efektif, metode ini memiliki sejumlah tantangan seperti *cold start problem* dan *sparsity problem* ketika data pengguna atau rating item sangat terbatas.

Untuk mengatasi beberapa keterbatasan tersebut, pengembangan algoritma berbasis *KNN* menjadi salah satu solusi yang menjanjikan. *KNN* mampu mengidentifikasi kedekatan antar pengguna atau item berdasarkan kemiripan pola perilaku, sehingga memungkinkan sistem merekomendasikan film yang lebih relevan walaupun data rating sebagian pengguna masih minim (Mohammad Amir Fanani., 2024). Studi yang dilakukan oleh (Prayogo dkk., 2021)menunjukkan bahwa implementasi *KNN* dalam *collaborative filtering* mampu meningkatkan akurasi prediksi rekomendasi film dengan memanfaatkan perhitungan jarak antar rating pengguna.

Meskipun berbagai penelitian telah membahas penerapan *collaborative filtering* dengan *KNN*, sebagian besar penelitian masih terkendala pada keterbatasan pengolahan dataset serta belum mengintegrasikan teknik optimasi parameter *KNN* secara sistematis (Raharjo dkk., 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Ikhsani dkk. (2023), memperlihatkan bahwa penerapan *KNN* yang dikombinasikan dengan *clustering* mampu memperbaiki efisiensi sistem rekomendasi, terutama pada sistem berskala besar. Namun, penelitian tersebut masih terbatas pada *domain e-commerce*, belum secara spesifik diterapkan pada sistem rekomendasi film. Oleh karena itu, masih terdapat ruang pengembangan lebih lanjut dalam mengadaptasi metode *KNN* pada sistem rekomendasi film berbasis *collaborative filtering* yang lebih efisien dan akurat.

Penelitian ini dilakukan sebagai upaya untuk menyempurnakan berbagai penelitian sebelumnya melalui penerapan metode *collaborative filtering* yang dipadukan dengan teknik *K-Nearest Neighbors (KNN)* pada sistem rekomendasi film. Fokus penelitian tidak hanya pada implementasi metode tersebut, tetapi juga mencakup penentuan nilai parameter *K* yang paling sesuai, penanganan data rating yang bersifat jarang *(sparse),* serta pengujian kinerja sistem menggunakan metode pengujian *black box* dan *white box*. Melalui pendekatan tersebut, diharapkan sistem yang dihasilkan mampu memberikan rekomendasi yang lebih tepat, konsisten, dan sesuai dengan preferensi masing-masing pengguna.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengembangkan sekaligus mengevaluasi tingkat efektivitas sistem rekomendasi film berbasis *collaborative filtering* dengan teknik *K-Nearest Neighbors* yang telah dioptimalkan. Dari sisi akademis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang sistem rekomendasi dan machine learning. Sementara itu, dari sisi praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembang layanan rekomendasi film, baik pada tingkat nasional maupun internasional, dalam meningkatkan personalisasi konten, kualitas layanan yang diberikan, serta keterlibatan pengguna terhadap platform yang digunakan.

METODE PENELITIAN

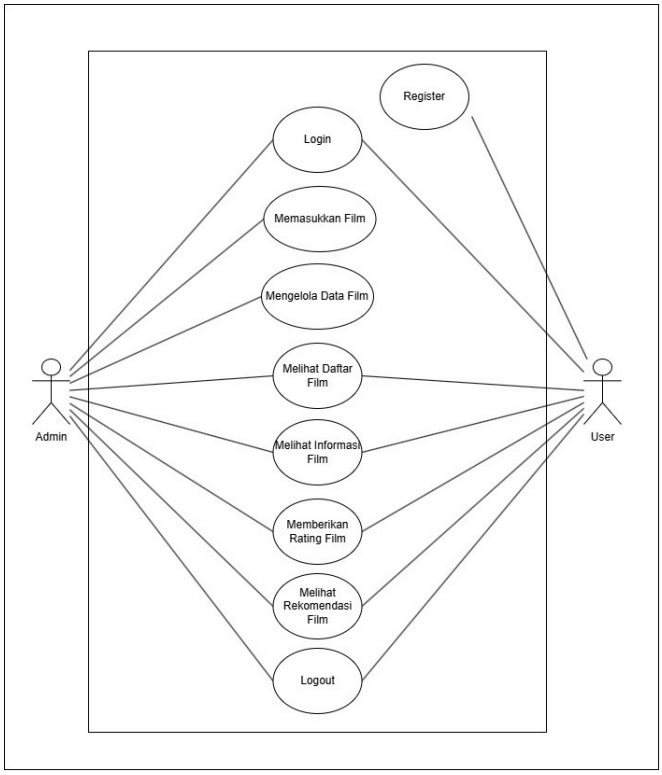
Penelitian ini menggunakan metode *kuantitatif eksperimental* yang bertujuan untuk mengimplementasikan sistem rekomendasi film menggunakan metode *Collaborative Filtering* dengan teknik *K-Nearest Neighbors (KNN)***.** Penelitian dilaksanakan secara daring

(*online*) di lingkungan Universitas Muhammadiyah Parepare selama kurang lebih enam bulan pada tahun 2026.

Sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman *PHP* dengan framework *Laravel* sebagai backend aplikasi dan *MySQL* sebagai sistem manajemen basis data. Perangkat keras yang digunakan berupa komputer dengan spesifikasi prosesor *AMD 3020e with Radeon Graphics 2.0 GHz, RAM 4 GB*, dan media penyimpanan berkapasitas *239 GB*. Teknik analisis data dalam penelitian ini meliputi:

1. Analisis kebutuhan melalui studi pustaka dan observasi terhadap dataset film.
2. Perancangan sistem menggunakan *Use Case Diagram, Activity Diagram*, dan *Sequence Diagram.*
3. Implementasi sistem rekomendasi berbasis *Laravel.*
4. Penerapan metode *Collaborative Filtering* dengan perhitungan *Cosine Similarity* untuk menentukan tingkat kemiripan antar pengguna.
5. Pemilihan tetangga terdekat menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbors (KNN)* untuk memprediksi rating film dan menghasilkan rekomendasi *Top-10.*
6. Pengujian sistem menggunakan *Black Box Testing, White Box Testing*, dan penyebaran kuesioner kepada pengguna.

Rancangan Sistem Digunakan Untuk Menggambarkan Proses Interaksi Antara Pengguna Dengan Sistem Rekomendasi Film Yang Dikembangkan. Perancangan Ini Bertujuan Untuk Memberikan Gambaran Mengenai Fungsi-Fungsi Yang Tersedia Serta Hak Akses Masing-Masing Aktor Dalam Menjalankan Sistem. *Use Case* Diagram Digunakan Untuk Mengidentifikasi Kebutuhan Fungsional Sistem Dan Hubungan Antara Aktor Dengan Setiap Fitur Yang Disediakan.



Gambar 1. *Use Case* Rancangan Sistem

Use Case Diagram pada Gambar 1 menggambarkan interaksi antara dua aktor, yaitu *Admin* dan *User*, dengan sistem rekomendasi film. Proses dimulai ketika *User* yang belum memiliki akun melakukan registrasi, kemudian *login* ke dalam sistem menggunakan akun yang telah terdaftar. Setelah proses autentikasi berhasil, *User* dapat mengakses berbagai fitur, seperti melihat daftar film, melihat informasi detail film, memberikan rating terhadap film yang telah ditonton, serta melihat rekomendasi film yang dihasilkan oleh sistem. Rekomendasi tersebut diperoleh berdasarkan hasil perhitungan metode *Collaborative Filtering* dengan teknik *K-Nearest Neighbors (KNN)* yang memanfaatkan riwayat rating pengguna sebagai dasar dalam menentukan film yang relevan.

Admin memiliki hak akses yang lebih luas dibandingkan *User*. Selain dapat melakukan *login,* melihat daftar film, melihat informasi film, memberikan rating, dan melihat rekomendasi film, *Admin* juga bertugas memasukkan data film baru serta mengelola data film yang tersimpan di dalam sistem. Proses pengelolaan data meliputi penambahan, pengubahan, dan penghapusan data film sehingga informasi yang tersedia tetap akurat dan

selalu diperbarui. Setelah seluruh aktivitas selesai dilakukan, baik Admin maupun *User* dapat mengakhiri sesi penggunaan sistem dengan melakukan logout. *Use Case Diagram* ini menggambarkan fungsi-fungsi utama sistem beserta hak akses masing-masing aktor dalam mendukung proses pengelolaan data dan pemberian rekomendasi film secara personal kepada pengguna.

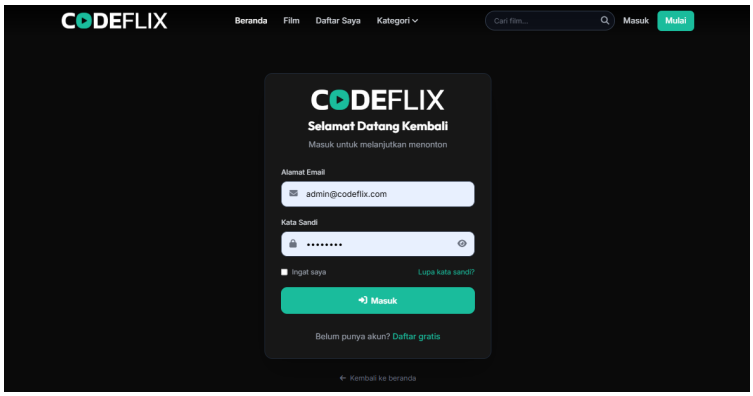
HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil implementasi sistem rekomendasi film menggunakan metode *Collaborative Filtering* dengan teknik *K-Nearest Neighbors (KNN)*. Implementasi sistem dilakukan dalam bentuk aplikasi berbasis web yang dikembangkan menggunakan framework *Laravel*. Hasil pembahasan meliputi tampilan antarmuka sistem, proses pemberian rekomendasi film berdasarkan riwayat rating pengguna, serta hasil pengujian untuk memastikan sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Tampilan Antarmuka Sistem

Sistem rekomendasi film yang dikembangkan memiliki antarmuka berbasis web yang responsif. Antarmuka sistem dirancang untuk memudahkan pengguna dalam mengakses seluruh fitur yang tersedia dan memperoleh rekomendasi film. Berikut ini tampilan antarmuka dari beberapa halaman utama sistem.

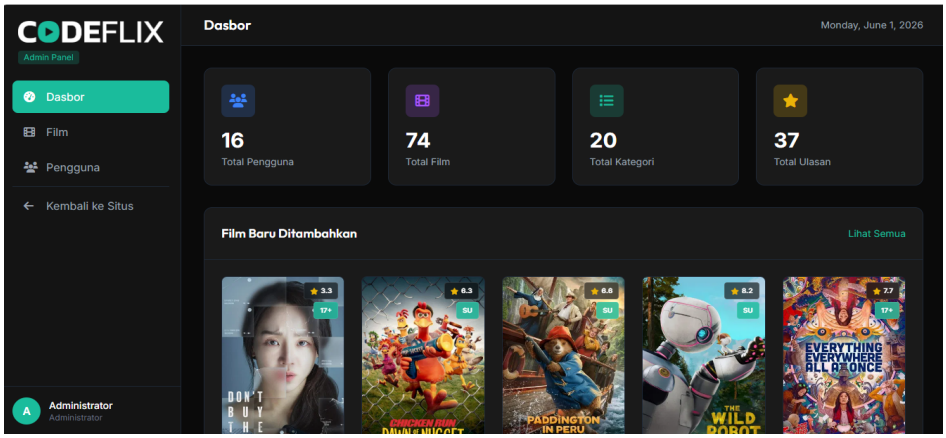
a. Halaman Login



Gambar 2. Tampilan Halaman *Login*

Antarmuka halaman *login* aplikasi Codeflix yang memuat form input alamat email dan kata sandi untuk memverifikasi kredensial pengguna yang telah terdaftar di dalam tabel users pada database *MySQL* sebelum memberikan hak akses masuk ke aplikasi.

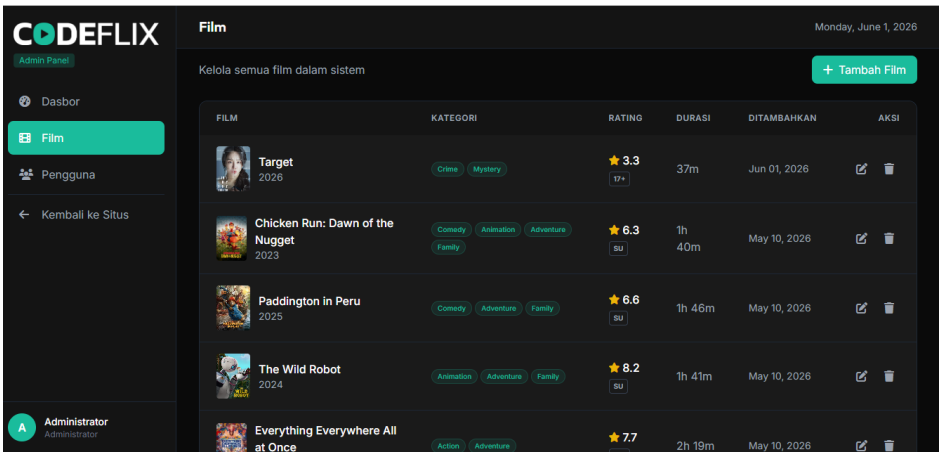
b. Halaman Dashboard Admin



Gambar 3. Tampilan Halaman *Dashboard Admin*

Halaman utama bagi admin yang menyajikan ringkasan informasi penting sistem secara *real-time*. Di dalamnya ditampilkan statistik total pengguna, total film, total kategori, serta total ulasan yang tersimpan dalam database. Selain itu, halaman ini juga memuat menu navigasi samping (*Dashboard*, Film, Pengguna, dan Kembali ke Situs) serta menampilkan daftar "Film Baru Ditambahkan". Tampilan ini membantu admin memantau keseluruhan aktivitas dan konten sistem secara cepat dan efisien.

c. Halaman Kelola Film

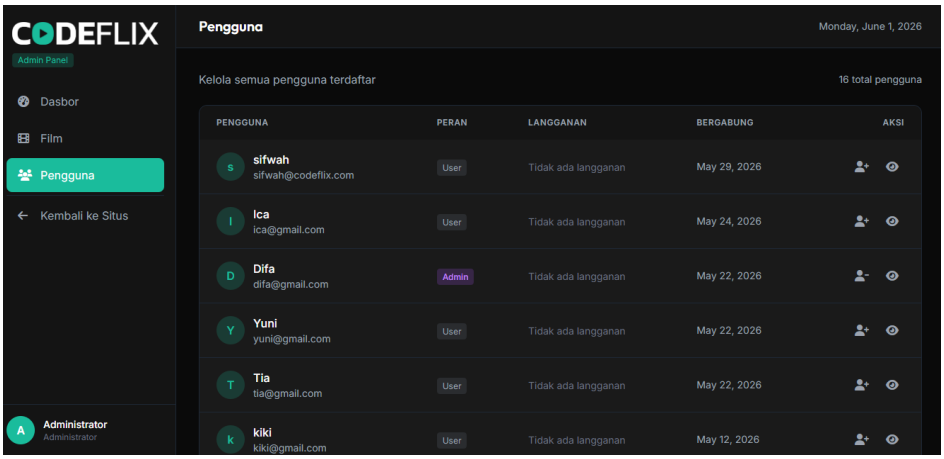


Gambar 4. Tampilan Halaman Kelola Film

Halaman utama bagi admin yang berfungsi untuk mengelola semua data film dalam sistem. Di dalamnya menyajikan tabel daftar film secara terstruktur yang memuat informasi detail seperti poster dan judul film, kategori/genre, skor rating beserta klasifikasi usia, durasi film, serta tanggal data tersebut ditambahkan. Halaman ini juga

dilengkapi dengan tombol navigasi "+ Tambah Film" untuk menyisipkan data baru, serta kolom aksi yang menyediakan opsi ubah *(edit)* dan hapus *(delete)* data pada setiap baris film. Tampilan ini membantu admin mengontrol dan memperbarui konten katalog film secara cepat dan efisien.

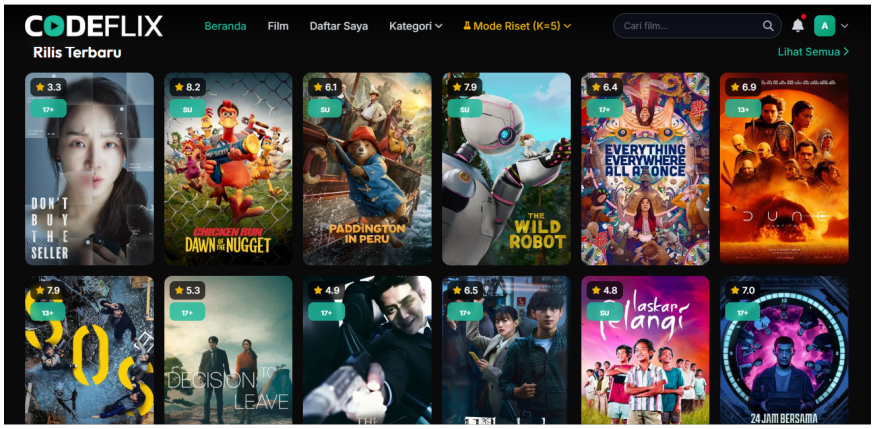
d. Halaman Kelola Pengguna



Gambar 5. Tampilan Halaman Kelola Pengguna

Halaman utama bagi admin yang berfungsi untuk mengelola semua pengguna terdaftar dalam sistem. Di dalamnya menyajikan tabel data pengguna yang memuat informasi nama dan email, peran akun (*User/Admin*), status langganan, serta tanggal bergabung. Halaman ini juga dilengkapi indikator total pengguna di sudut kanan atas dan kolom aksi untuk mengubah hak akses peran pengguna serta melihat detail profil akun. Tampilan ini membantu admin memantau dan mengontrol data pengguna secara cepat dan efisien.

e. Halaman Beranda



Gambar 6. Tampilan Halaman Beranda

Halaman utama bagi pengguna setelah berhasil masuk *login* yang menyajikan katalog dan ringkasan informasi film secara dinamis. Di dalamnya ditampilkan bilah navigasi utama untuk mengakses menu Beranda, Film, Daftar Saya, Kategori, serta kolom pencarian film, notifikasi, dan profil pengguna. Selain itu, halaman ini menyajikan daftar film "Rilis Terbaru, Rekomendasi Untuk Anda, dan Rating Tertinggi" yang dilengkapi dengan visualisasi poster, skor rating, serta klasifikasi usia penonton. Tampilan ini membantu pengguna menjelajahi dan memilih film secara cepat dan efisien.

f. Halaman Detail Film



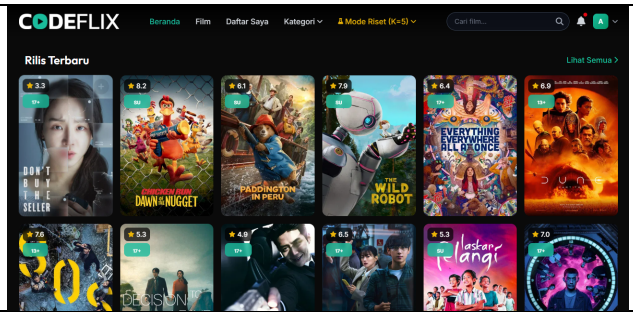
Gambar 7. Tampilan Halaman Detail Film

Halaman ini menampilkan informasi lengkap mengenai film yang dipilih, meliputi poster, judul, klasifikasi usia, rating, tahun rilis, durasi, genre, dan sinopsis. Pengguna juga dapat melihat informasi pemeran dan kru, memberikan rating serta ulasan, dan memperoleh rekomendasi film melalui fitur *Anda Mungkin Juga Suka* dan *Dipersonalisasi untuk Anda* yang dihasilkan menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbors (KNN)*.

Hasil Pengujian *Black Box Testing*

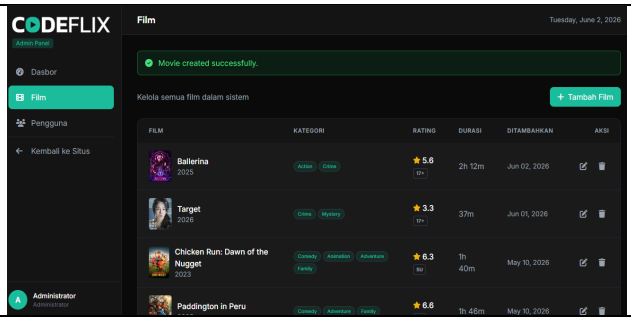
a. *Black Box Testing Login*

Tabel 1. *Black Box Testing Login*

Tes Faktor	Hasil	Keterangan
Memasukkan *email* dan *password* yang terdaftar secara benar.	✓	Sistem menerima akses, menampilkan Halaman Beranda
Screenshot		
		

b. *Black Box Testing* Tambah Film

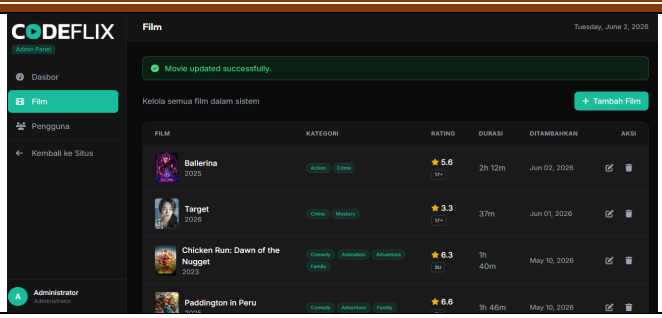
Tabel 2. *Black Box Testing* Tambah Film

Tes Faktor	Hasil	Keterangan
Menambahkan film baru	✓	Data berhasil ditambahkan dan menampilkan pesan *Movie created success.*
Screenshot		
		

c. *Black Box Testing* Edit Film

Tabel 3. *Black Box Testing* Edit Film

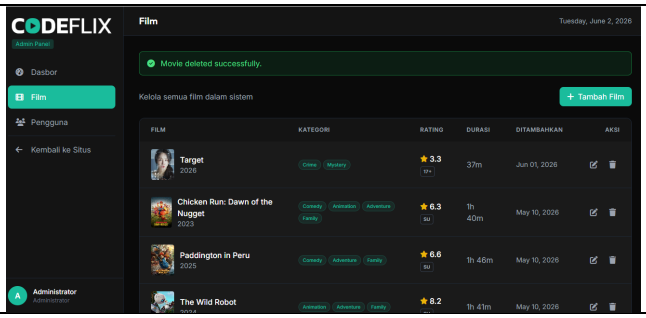
Tes Faktor	Hasil	Keterangan
Mengedit data film	✓	Data berhasil diedit dan menampilkan pesan *Movie updated success.*
Screenshot		



d. Black Box Testing Hapus Film

Tabel 4. *Black Box Testing* Hapus Film

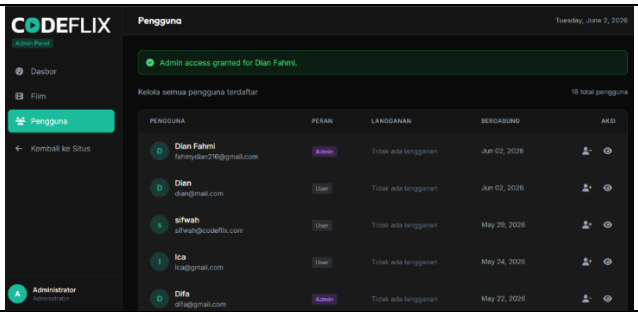
Tes Faktor	Hasil	Keterangan
Menghapus film	✓	Data berhasil ditambahkan dan menampilkan pesan *Movie deleted success*.
Screenshot		



e. Black Box Testing Kelola Pengguna

Tabel 5. *Black Box Testing* Kelola Pengguna

Tes Faktor	Hasil	Keterangan
Mengubah *role User* menjadi *Admin*.	✓	Sistem berhasil memperbarui peran pengguna dan menampilkan notifikasi sukses *"Admin access"*
Screenshot		



Hasil Pengujian Kuisioner

a. Uji Validitas

Uji validitas bertujuan memastikan setiap pertanyaan dalam kuesioner benar-benar bisa mengukur variabel penelitian. Peneliti memakai korelasi Pearson Product Moment, lalu membandingkan nilai r hitung dengan r tabel.

Jumlah responden dalam penelitian ini sebanyak 50 orang, sehingga nilai r tabel yang digunakan sebagai acuan dalam pengujian validitas adalah sebesar 0,279 pada tingkat signifikansi 5%.

Tabel 6. Uji Validasi

Variabel	Jumlah Item	Valid	Tidak Valid
Kinerja Sistem	15	15	0
Penggunaan Informasi	15	15	0
Penggunaan Sistem	15	15	0
Kepuasan Pengguna	15	15	0
Total	**60**	**60**	**0**

Berdasarkan hasil uji validitas pada Tabel 6 ada 60 pertanyaan dinyatakan valid karena memiliki nilai r hitung yang lebih besar dari r tabel (0,279). Dengan demikian, seluruh instrumen kuesioner layak digunakan untuk uji reliabilitas dan analisis penelitian.

b. Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas memakai metode *Cronbach's Alpha* lewat aplikasi *SPSS*. Instrumen penelitian dianggap reliabel kalau nilai *Cronbach's Alpha*-nya di atas 0,60. Kalau sudah begitu, instrumen bisa dipakai untuk kumpulkan data penelitian dengan hasil yang konsisten.

Kriteria Pengujian:

Jika nilai *Cronbach's Alpha* > 0,60 maka instrumen dinyatakan reliabel. Hasil pengujian reliabilitas dapat dilihat pada gambar berikut.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.976	60

Gambar 8. Uji Reliabilitas

Berdasarkan hasil pengujian reliabilitas menggunakan aplikasi *SPSS*, diperoleh *Cronbach's Alpha*-nya dapat 0,976. Ada 60 pertanyaan, semuanya valid. Artinya, nilai tersebut menunjukkan bahwa seluruh item pertanyaan yang digunakan dalam penelitian memiliki tingkat konsistensi yang baik.

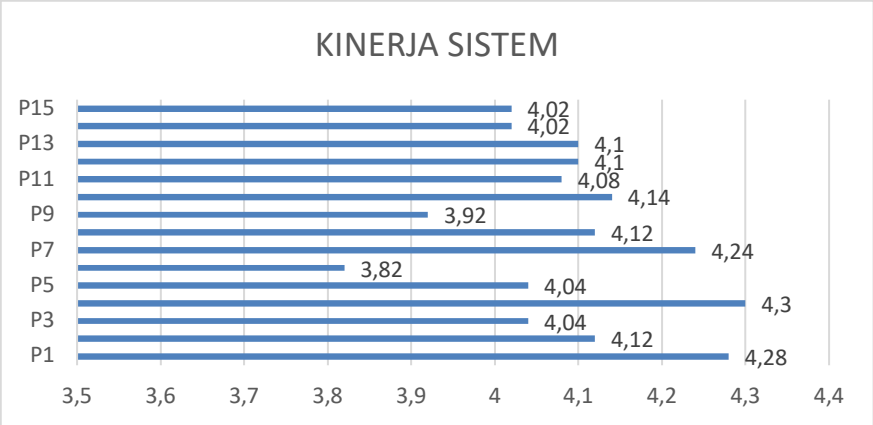
Tabel 7. Hasil Uji *Cronbach's Alpha*

Cronbach's Alpha	***N of Items***	**Keterangan**
0,976	60	Sangat Reliabel

Hasil uji reliabilitas dengan metode *Cronbach's Alpha* menunjukkan angka 0,976 dari 60 pertanyaan yang sudah dinyatakan valid. Angka ini masuk ke kategori 0,81-1,00, artinya instrumen penelitian ini sangat reliabel dan cocok dipakai buat pengumpulan data.

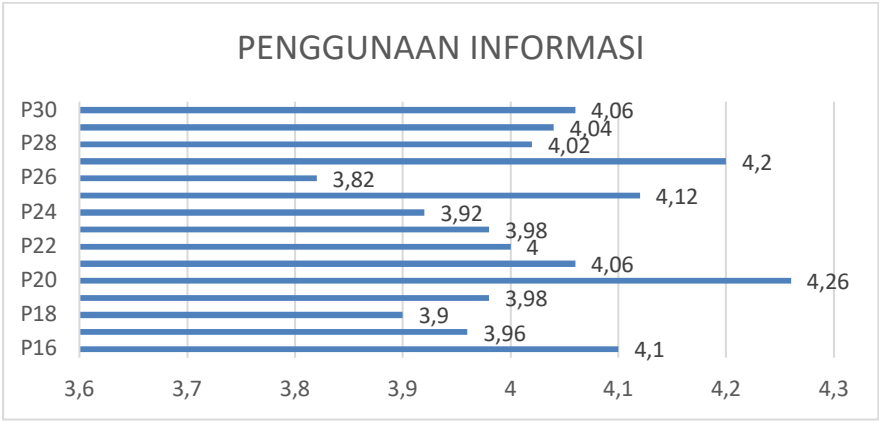
c. Analisis Hasil Kuesioner

Kinerja Sistem



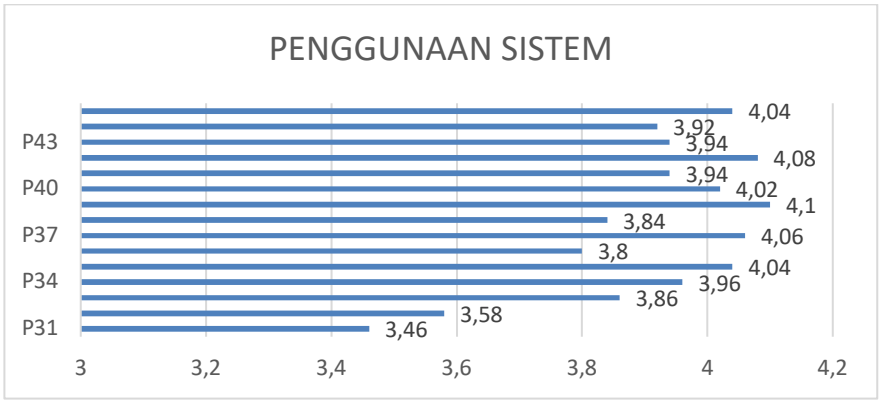
Gambar 9. Grafik Kinerja Sistem

Penggunaan Informasi



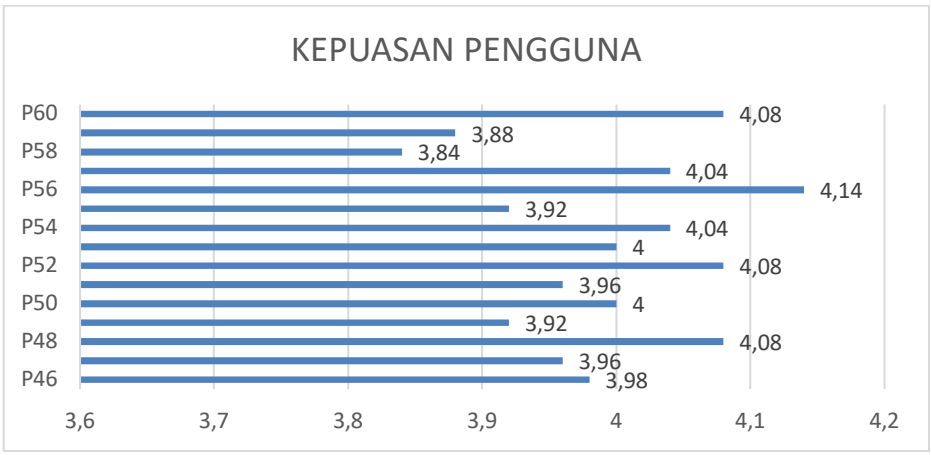
Gambar 10. Grafik Penggunaan Informasi

Penggunaan Sistem



Gambar 11. Grafik Penggunaan Sistem

Kepuasan Pengguna



Gambar 12. Grafik Kepuasan Pengguna

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem rekomendasi film menggunakan metode *Collaborative Filtering* dengan teknik *K-Nearest Neighbors (KNN)***.** Sistem mampu menghasilkan rekomendasi film yang relevan berdasarkan tingkat kemiripan antar pengguna menggunakan *Cosine Similarity***,** dengan film *The Lion King* memperoleh skor prediksi tertinggi sebesar 4,76**.** Selain itu, penerapan rekomendasi awal berdasarkan filter usia pada pengguna baru (*cold start*) membantu mengurangi permasalahan *data sparsity***,** sehingga sistem tetap dapat memberikan rekomendasi sebelum pengguna memiliki riwayat rating yang cukup.

REFERENSI

Asriyanik, & Ergina Kamilia Putri. (2024). *Algoritma Collaborative Filtering dan Implementasinya*. DEEPUBLISH.

D Bordwell, & K Thompson. (2020). *Film art: An introduction (12th ed.)*. McGraw-Hill Education.

Februariyanti, H., Dwi Laksono, A., Sasongko Wibowo, J., & Siswo Utomo, M. (2021). *Implementasi Metode Collaborative Filtering Untuk Sistem Rekomendasi Penjualan Pada Toko Mebel*. www.unisbank.ac.id

Hasyim, A. H. (2021). *Dasar Pemrograman*. CV. Bangun Bumitama.

Hastuty, A. (2025). Hacking the Future of College Administration: Process Transformation through AR/VR Immersive Technology. *EDUKASIA Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, *6*(1), 95-106.

Hastuty, A., Maswati, M., Saharuddin, M., Sukri, A. M., & Halik, A. (2025). Artificial intelligence: A review of the philosophy of Islamic educational science. *Journal of Research in Instructional*, *5*(1), 90-102.

Ikhsani, N., Futri, S., Nuraini, R., & Fathonah, S. (2023). Penerapan Metode Content Based Filtering Dan Knn Pada Aplikasi Rekomendasi Laptop Berbasis Mobile Systematic Literature Review. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 7, Number 2).

Mustikawati, M. (2020). *Efektivitas Penerapan E-Learning Pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Agama Islam Fakultas Tarbiyah Institut Agama Islam Negeri (Iain) Parepare* (Doctoral dissertation, IAIN Parepare).

Mahendra Wiputra, M., & Jauhari Shandi, Y. (2021). Perancangan Sistem Rekomendasi Menggunakan Metode Collaborative Filtering Dengan Studi Kasus Perancangan Website Rekomendasi Film. In *Media Informatika* (Vol. 20, Number 1).

Mohammad Amir Fanani. (2024). Sistem Rekomendasi Film Menggunakan Metode K-NN. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Dan Ilmu Komputer*, *4*(1), 178–185. https://doi.org/10.55606/juisik.v4i1.760

Nguyen, L. V., Vo, Q. T., & Nguyen, T. H. (2023). Adaptive KNN-Based Extended Collaborative Filtering Recommendation Services. *Big Data and Cognitive Computing*, *7*(2). https://doi.org/10.3390/bdcc7020106

Prayogo, J. E., Suharso, A., & Rizal, A. (2021). Analisis Perbandingan Model Matrix Factorization dan K-Nearest Neighbor dalam Mesin Rekomendasi Collaborative Berbasis Prediksi Rating. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, *5*(4), 506. https://doi.org/10.32493/informatika.v5i4.7379

Qori Ramadhan Nasution, M. (n.d.). *Implementasi Algoritma Random Forest Pada Sistem Rekomendasi Musik Menggunakan Teknik Collaborative Filtering*.

Rafli, H., Zen, R., Nuryasin, I., Informatika, P., Malang, U. M., Raya, J., No, T., 246, K., & Lowokwaru, K. M. (2024). JOISIE licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0) Penerapan Whitebox Testing Pada Pengujian Sistem Menggunakan Teknik Basis Path. *Journal Of Information Systems And Informatics Engineering*, *8*(1), 101–111. https://doi.org/10.35145/joisie.v8i1.4229

Raharjo, R. P., Permadi, V. A., & Cahyana, N. H. (n.d.). *SISTEMASI: Jurnal Sistem Informasi Pengembangan Model k-NN Collaborative Filtering pada Pendekatan User-Based untuk Sistem Rekomendasi Improvement of KNN Collaborative Filtering Model in User-based Approach on Anime Recommendation System* (Vol. 12, Number 2). Retrieved http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id

Sinlae, F., Maulana, I., Setiyansyah, F., & Ihsan, M. (n.d.). *Pengenalan Pemrograman Web: Pembuatan Aplikasi Web Sederhana Dengan PHP dan MYSQL*. https://doi.org/10.38035/jsmd.v2i2

Sutanto, S. (2022). Penerapan Visual Studio Code dalam pengembangan sistem berbasis Python. *Jurnal Teknologi Informasi*, *5(1)*, 45–52.

Wayahdi, M. R., & Ruziq, F. (2023). Pemodelan Sistem Penerimaan Anggota Baru dengan Unified Modeling Language (UML) (Studi Kasus: Programmer Association of Battuta). *Jurnal Minfo Polgan*, *12*(1), 1514–1521. https://doi.org/10.33395/jmp.v12i1.12870

Wintana, D., Pribadi, D., & Nurhadi, M. Y. (2022). *Analisis Perbandingan Efektifitas White-Box Testing dan Black-Box Testing*. http://jurnal.bsi.ac.id/index.php/larik

Zhou, M., Chen, J., & Li, T. (2023). Machine learning algorithms: A review of modern applications. *Artificial Intelligence Review*, *56(5)*, 3821–3849. https://doi.org/10.1016/j.decarb.2023.100023

Design and Development of a Web-Based Smart Waste Bank Using the Waterfall Method at the Sari Asri Waste Bank

Muhammad Achidus Syiblih [1)], Muhammad Imron Rosadi [2)*)]

[1)2)]Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Yudharta Pasuruan
[*)]**Correspondence author**: imron.rosadi@yudharta.ac.id, Pasuruan, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3711

Abstract

However, traditional management of the waste banks is faced by various problems such as the lack of integration of the data recording process, inefficient operation service and the absence of real-time transactions monitoring. The current research paper tries to develop a web-based Smart Waste Bank system using Waterfall model to increase the effectiveness of waste bank management in Bank Sampah Sari Asri. The process of the system development included requirement analysis, system design, implementation, testing and maintenance. The designed system includes multi-role users management, waste collection services via Geographic Information System (GIS), MSME marketplace, approvals and real-time data analytics dashboard. The testing of the developed system was performed using Black Box Testing approach to make sure that all system functions work as expected for the user. The findings show that the developed system successfully integrates all mentioned characteristics and performs all required functions as expected according to testing results. Therefore, the use of the developed system increases the effectiveness of data management, makes operation service more efficient, creates transparency in waste bank management and creates additional economic value due to the integration of the MSME marketplace. Thus, the proposed web-based Smart Waste Bank system can be considered as an efficient and integrated waste bank management solution.

Keywords: *Smart Waste Bank, Geographic Information System, MSME Marketplace, Waterfall, Web-Based System*

Abstrak

Sistem pengelolaan bank sampah dengan cara konvensional tetap dihadapkan pada berbagai masalah, di antaranya adalah pencatatan data yang tidak terintegrasi, kurangnya pemantauan transaksi secara real-time, serta layanan operasional yang masih belum optimal. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan sistem Smart Waste Bank berbasis web dengan menggunakan metode Waterfall demi mengoptimalkan efektivitas pengelolaan Bank Sampah Sari Asri. Metode pengembangan sistem meliputi tahapan analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Sistem yang dikembangkan memiliki integrasi manajemen pengguna dengan basis multi-role, layanan antar jemput sampah berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG), marketplace UMKM, approval, dan dashboard analisis data secara real-time. Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan metode Black Box Testing untuk memastikan seluruh fungsi sistem berfungsi sebagaimana kebutuhan dari user. Hasil penelitian ditemukan bahwa sistem berhasil mengintegrasikan semua fitur yang direncanakan dan semua fungsi sistem dapat berfungsi sesuai dengan hasil pengujian. Implementasi sistem tersebut mampu mengoptimalisasi efektivitas pengelolaan data, mengoptimalkan layanan operasional, menambah transparansi proses pengelolaan, dan menambah nilai ekonomi dari pengelolaan bank sampah melalui integrasi marketplace UMKM. Dengan demikian, sistem Smart Waste Bank berbasis web dapat menjadi solusi yang mendukung pengelolaan bank sampah secara lebih efektif, efisien, dan terintegrasi.

Kata Kunci: Smart Waste Bank, Sistem Informasi Geografis, Marketplace UMKM, Waterfall, Sistem Berbasis Web

PENDAHULUAN

Masalah sampah merupakan permasalahan lingkungan yang masih menjadi tantangan bagi banyak negara, terutama dengan pertambahan jumlah penduduk, proses urbanisasi, dan gaya hidup konsumtif yang ditunjukkan oleh masyarakat. Pertambahan volume sampah tanpa ada upaya pengelolaan sampah yang baik akan bisa menyebabkan pencemaran lingkungan, masalah kesehatan, dan penurunan kualitas kehidupan masyarakat. Selain itu, rendahnya kesadaran masyarakat untuk memilah sampah sejak dari sumber turut memperburuk efektivitas pengelolaan sampah yang berkelanjutan (World Bank, 2022; Abarca-Guerrero et al., 2021).

Adanya kemajuan teknologi digital ini telah memicu perubahan dalam sistem pengelolaan sampah yang dijadikan smart waste management dengan menggunakan teknologi seperti teknologi informasi, Internet of Things (IoT), Geographical Information System (GIS), data analysis, dan web-based platform yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi operasional maupun layanan yang lebih baik. Penggunaan teknologi ini telah mampu memberikan fungsi monitoring kondisi tempat sampah secara real-time dan juga optimalisasi rute pengangkutan sampah (Addas et al., 2024).

Tak hanya mengoptimalkan efisiensi operasionalnya, digitalisasi manajemen sampah juga penting untuk membantu mendorong penerapan ekonomi circular melalui peningkatan transparansi, akuntabilitas, dan kolaborasi antara stakeholders. Penggunaan teknologi berupa GIS, dashboard analisis, hingga platform digital akan memudahkan proses manajemen sampah dari segala aspek sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomis dari sampah yang dikelola (Masoni et al., n.d.).

Salah satu strategi yang sudah dikembangkan di Indonesia untuk menyelesaikan masalah tersebut adalah dengan menggunakan bank sampah sebagai sistem pengelolaan sampah yang berbasis masyarakat. Bank sampah mendorong masyarakat untuk mengumpulkan sampah yang sudah dipisahkan dan bisa ditukar dengan tabungan sehingga selain bermanfaat bagi pelestarian lingkungan, juga bisa meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Namun, pengimplementasiannya belum lepas dari beberapa masalah seperti proses pencatatan data yang manual, kekurangan dalam hal pemantauan transaksi yang real time dan efisiensi operasional yang buruk (Rahmawati et al., 2022).

Permasalahan pengelolaan sampah terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan aktivitas ekonomi sehingga diperlukan sistem pengelolaan yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan. Menurut Kaza et al. (2022), peningkatan volume sampah secara global menuntut pemanfaatan teknologi informasi untuk mendukung proses pengumpulan, pengolahan, dan pengambilan keputusan secara lebih terintegrasi. Senada dengan itu, Abarca-Guerrero et al. (2021) menyatakan bahwa pengelolaan sampah di negara berkembang masih menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan infrastruktur, koordinasi antar pemangku kepentingan, serta pengelolaan data yang belum optimal. Oleh karena itu, penerapan konsep circular economy menjadi salah satu pendekatan yang mampu meningkatkan nilai ekonomi sampah melalui pemanfaatan kembali sumber daya secara berkelanjutan (Geissdoerfer et al., 2021).

Berbagai penelitian telah mengembangkan sistem informasi pengelolaan sampah dengan pendekatan yang beragam. Hidayat et al. (2021) mengembangkan aplikasi bank sampah berbasis web untuk mempermudah administrasi dan pencatatan transaksi. Selanjutnya, Saputra dan Nugroho (2022) mengimplementasikan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mendukung pemetaan lokasi layanan pengelolaan sampah, sedangkan Ardianti et al. (2023) mengembangkan sistem berbasis web yang telah mengintegrasikan teknologi GIS. Dari sisi penyajian informasi, Rahmawati et al. (2022) memanfaatkan dashboard monitoring untuk mendukung pengambilan keputusan, kemudian Pratama et al. (2024) mengembangkan konsep *smart waste management* melalui pemanfaatan analisis data. Selain itu, Sari et al. (2024) mengintegrasikan marketplace berbasis ekonomi sirkular untuk meningkatkan nilai tambah hasil pengelolaan sampah. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi informasi mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan sampah, meskipun implementasinya masih cenderung berfokus pada fitur tertentu dan belum sepenuhnya terintegrasi. Sejalan dengan perkembangan tersebut, penelitian terkini juga menunjukkan bahwa integrasi IoT, GIS, dashboard analitik, dan optimasi rute menjadi komponen utama dalam pengembangan sistem *smart waste management* modern.

Penelitian lain oleh (Fitriyah & Rosadi, 2024) juga menunjukkan bahwa penerapan metode Waterfall pada pengembangan aplikasi berbasis Android mampu menghasilkan

sistem yang berjalan sesuai kebutuhan pengguna berdasarkan pengujian Black Box. Namun, penelitian tersebut berfokus pada sistem informasi tagihan pembayaran santri, sedangkan penelitian ini mengembangkan sistem Smart Waste Bank berbasis web yang mengintegrasikan fitur multi-role, layanan antar jemput berbasis SIG, marketplace UMKM, serta analisis data secara *real-time*.

Meskipun berbagai penelitian telah mengembangkan sistem pengelolaan sampah berbasis teknologi informasi, sebagian besar masih berfokus pada digitalisasi transaksi, pemetaan lokasi, dashboard monitoring, maupun marketplace secara terpisah. Padahal, implementasi *smart waste management* membutuhkan integrasi berbagai teknologi dalam satu platform agar mampu mendukung pengelolaan operasional, pengambilan keputusan berbasis data, transparansi informasi, serta pelayanan kepada masyarakat secara menyeluruh. Penelitian (Cárdenas-León et al., 2024) juga menekankan bahwa integrasi berbagai teknologi digital merupakan faktor penting dalam mewujudkan sistem pengelolaan sampah yang adaptif, efisien, dan berkelanjutan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengembangkan Smart Waste Bank berbasis web menggunakan metode Waterfall yang mengintegrasikan pengelolaan data berbasis *multi-role access*, layanan antar jemput berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG), marketplace UMKM, dashboard analitik secara *real-time*, serta mekanisme persetujuan perubahan data dalam satu platform terpadu. Integrasi tersebut diharapkan mampu meningkatkan efisiensi operasional, transparansi informasi, dan mendukung implementasi ekonomi sirkular dalam pengelolaan bank sampah. Metode Waterfall dipilih karena menyediakan tahapan pengembangan perangkat lunak yang sistematis, terdokumentasi, dan sesuai untuk pembangunan sistem informasi yang memiliki kebutuhan fungsional yang telah terdefinisi dengan baik (Sommerville, 2021; Pressman & Maxim, 2022).

METODE PENELITIAN

Pengembangan sistem ini menentukan metode penelitian yaitu menggunakan metode penelitian R&D dengan model pengembangan sistem berbasis metode Waterfall. Metode penelitian R&D dipilih untuk menciptakan produk berbentuk sistem informasi yang mampu diterapkan dalam pengelolaan Bank Sampah Sari Asri, sedangkan metode Waterfall dipilih

sebagai alur pengembangan sistem yaitu berisi tahapan analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, evaluasi dan pemeliharaan sistem. Pemilihan kombinasi kedua metode tersebut dikarenakan memiliki metode pengembangan yang sistematis dan memungkinkan setiap tahapan pengembangan bisa diselesaikan berurutan.

Penelitian ini dilakukan di Bank Sampah Sari Asri, Desa Sari Rejo, Kecamatan Rejoso, Kabupaten Pasuruan. Teknik pengumpulan data menggunakan metode observasi terhadap proses operasional bank sampah, wawancara dengan pengelola tentang kebutuhan sistem informasi, serta teknik studi literatur berupa buku dan penelitian terdahulu yang berkenaan dengan sistem informasi, pengelolaan bank sampah, Sistem Informasi Geografis (SIG), dan metode pengembangan perangkat lunak. Data yang diperoleh digunakan sebagai dasar dalam penyusunan kebutuhan fungsional dan nonfungsional sistem.

Langkah pertama dari metodologi Waterfall adalah analisis kebutuhan (requirement analysis) untuk mengetahui kebutuhan pengguna dan permasalahan dari sistem yang ada. Langkah selanjutnya adalah perancangan sistem (system design) yang meliputi desain sistem, ERD, DFD, Use Case Diagram, Activity Diagram, desain antarmuka pengguna. Tahapan berikutnya adalah implementasi (implementation) dengan teknologi web-based yang dibagi hak akses untuk Admin, Founder, dan Nasabah. Setelah tahapan implementasi selesai, sistem diuji dengan teknik Black Box Testing agar dapat memastikan semua fungsi sistem berfungsi dengan baik sesuai dengan kebutuhan pengguna. Tahapan akhir adalah evaluasi dan maintenance melalui pengembangan sistem yang dilakukan untuk memperbaiki kekurangan sistem yang ditemukan saat proses pengujian.

Spesifikasi sistem yang dikembangkan yaitu aplikasi web-based yang memiliki fitur manajemen peran, manajemen data nasabah dan transaksi, layanan jasa antar jemput sampah berbasis SIG, marketplace UMKM, monitoring data secara real time, dan analisis data sebagai pendukung pengambilan keputusan.

Pengetesan keabsahan hasil penelitian tersebut diperoleh melalui fungsi testing menggunakan metode Black Box Testing. Pengetesan dilakukan kepada seluruh fitur yang ada dalam sistem yang dapat dijadikan bukti bahwa setiap fungsi yang ada dapat bekerja dengan menghasilkan output sesuai dengan kebutuhan. Fitur yang menjadi obyek pengetesan ini meliputi proses autentifikasi pengguna, manajemen data, transaksi bank sampah, layanan

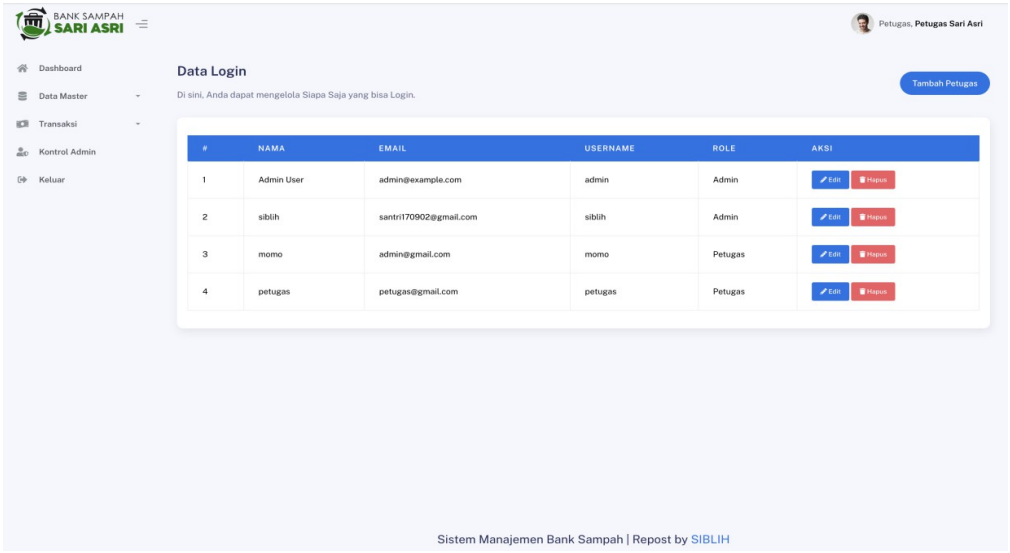
antar jemput, UMKM marketplace, dashboard, dan analisis data. Seluruh fitur dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan sistem sehingga sistem dinyatakan layak untuk digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini adalah sistem web Smart Waste Bank yang dibuat menggunakan pendekatan Waterfall untuk mempermudah manajemen Bank Sampah Sari Asri. Sistem dibuat berdasarkan kebutuhan pengguna dengan demikian sistem bisa menampilkan berbagai proses pengelolaan bank sampah dalam satu tempat. Beberapa fitur utama yang dibuat antara lain sistem manajemen pengguna berbasis peran multi, manajemen transaksi sampah, layanan antar jemput berbasis SIG (Sistem Informasi Geografis), marketplace UMKM, fitur persetujuan (approval), dan juga analisis data secara real time. Pada akhir implementasi, semua fitur sistem diuji menggunakan metode Black Box Testing untuk mengecek validitas antara kebutuhan dan sistem.

Implementasi Sistem Multi-Role

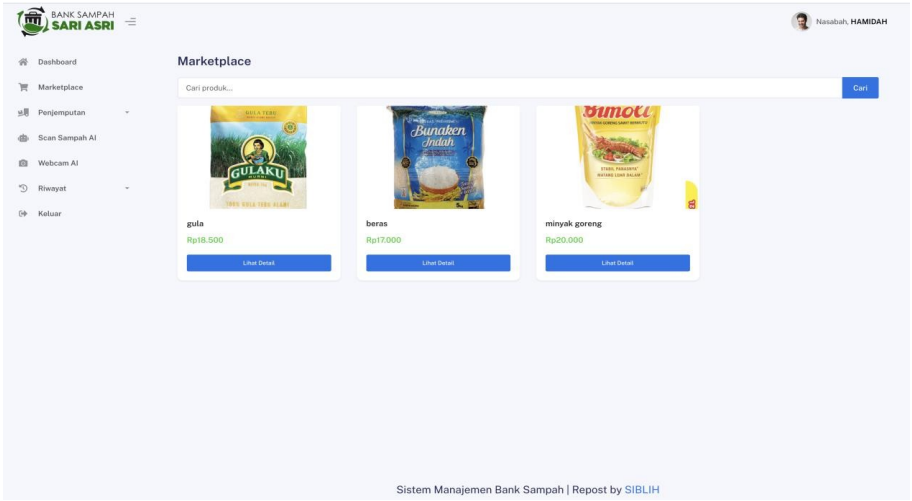
Sistem Smart Waste Bank mengadopsi konsep multi-peran yang melibatkan tiga jenis pengguna yaitu Pendiri, Admin, dan Depositor. Setiap pengguna ini memiliki hak istimewa yang berbeda sesuai dengan tugas dan tanggung jawab masing-masing. Pendiri bertindak sebagai administrator utama yang memantau operasi sistem dan mengizinkan setiap modifikasi data. Admin bertanggung jawab mengelola proses operasional sistem sementara Depositor menggunakan sistem untuk transaksi dan penggunaan layanan. Penerapan hak istimewa berdasarkan peran membantu meningkatkan keamanan dan integritas data karena setiap pengguna hanya dapat mengakses fitur tersebut sesuai dengan hak istimewa mereka.



Gambar 1. Pembagian Dataset

Implementasi Marketplace UMKM

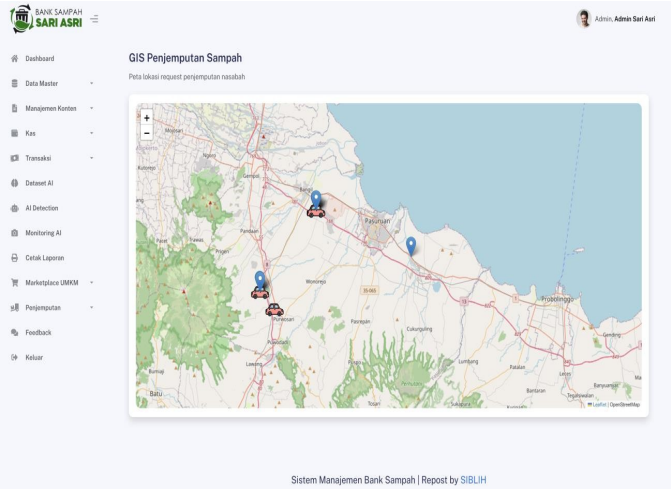
Salah satu fitur yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah Marketplace UMKM. Fitur ini memungkinkan nasabah memanfaatkan saldo hasil tabungan sampah untuk membeli produk UMKM yang tersedia di dalam sistem. Proses transaksi dilakukan secara otomatis melalui validasi saldo, pengecekan stok produk, pengurangan saldo, pengurangan stok, serta penyimpanan riwayat transaksi. Implementasi marketplace memberikan nilai tambah terhadap hasil pengelolaan sampah sekaligus mendukung pemberdayaan pelaku UMKM yang bekerja sama dengan Bank Sampah Sari Asri.



Gambar 2. Implementasi Marketplace UMKM

Implementasi Layanan Antar Jemput Sampah Berbasis SIG

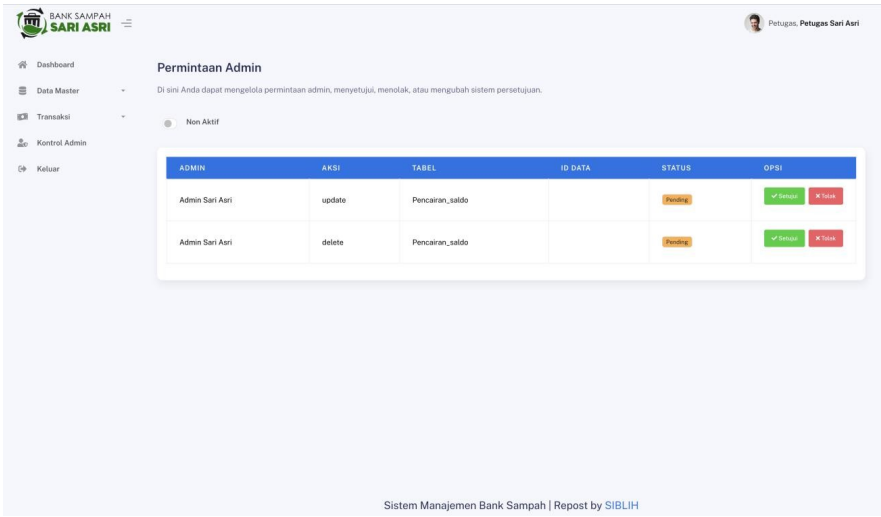
Layanan antar jemput sampah dikembangkan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk membantu proses pengambilan sampah dari lokasi nasabah. Sistem menampilkan lokasi penjemputan secara interaktif sehingga petugas dapat mengetahui titik pengambilan dengan lebih mudah. Selain itu, sistem menerapkan validasi radius lokasi sehingga proses penjemputan hanya dapat diselesaikan ketika petugas berada pada lokasi tujuan. Implementasi SIG meningkatkan efektivitas pelayanan dibandingkan proses penjemputan secara manual karena mampu mempercepat identifikasi lokasi dan mengurangi potensi kesalahan dalam proses pengambilan sampah.



Gambar 3. Implementasi Layanan Antar Jemput Sampah

Implementasi Mekanisme Approval

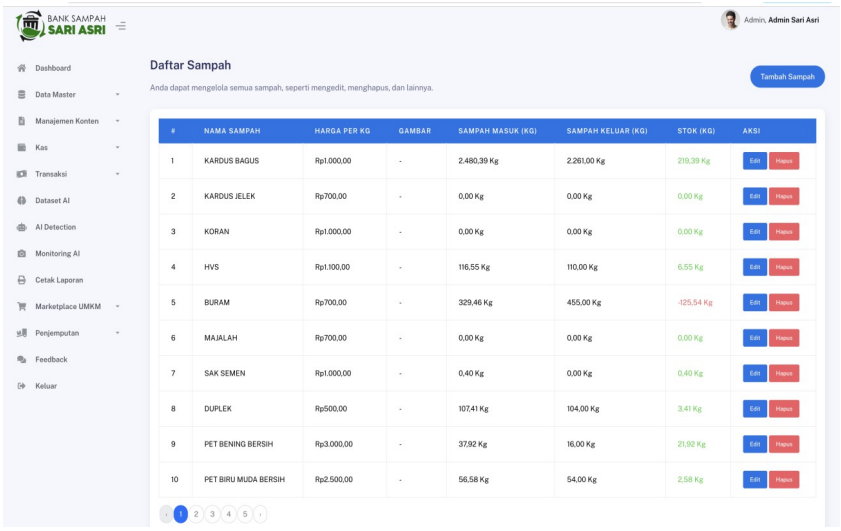
Sistem menerapkan mekanisme approval sebagai bentuk pengendalian terhadap perubahan data yang dilakukan oleh administrator. Setiap perubahan data harus memperoleh persetujuan dari Founder sebelum diproses oleh sistem. Mekanisme ini bertujuan menjaga keamanan, transparansi, dan integritas data sehingga meminimalkan risiko perubahan data tanpa otorisasi. Dengan adanya proses persetujuan tersebut, seluruh aktivitas perubahan data dapat dipantau secara lebih terstruktur.



Gambar 4. Implementasi Approval Founder

Implementasi Dashboard Analisis Data

Dashboard analisis data dikembangkan untuk membantu pengelola dalam memantau informasi pengelolaan sampah secara real-time. Sistem menyajikan data dalam bentuk grafik sehingga memudahkan pengguna mengetahui jumlah serta jenis sampah berdasarkan periode tertentu. Informasi yang ditampilkan pada dashboard dapat dimanfaatkan sebagai dasar evaluasi operasional maupun pengambilan keputusan dalam pengelolaan Bank Sampah Sari Asri. Penyajian data dalam bentuk visual juga meningkatkan kemudahan pengguna dalam memahami informasi dibandingkan penyajian data dalam bentuk tabel biasa.



Gambar 5. Implementasi Approval Founder

Pengujian Sistem

Setelah seluruh fitur berhasil diimplementasikan, dilakukan pengujian sistem menggunakan metode Black Box Testing. Pengujian dilakukan terhadap seluruh fungsi utama sistem, meliputi autentikasi pengguna, pengelolaan data nasabah, transaksi bank sampah, layanan antar jemput, marketplace UMKM, mekanisme approval, dan dashboard analisis data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan pada tahap analisis kebutuhan. Dengan demikian, sistem dinyatakan mampu mendukung proses pengelolaan Bank Sampah Sari Asri secara efektif dan siap digunakan oleh pengguna.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem Smart Waste Bank berbasis web berhasil mengintegrasikan berbagai fitur yang sebelumnya belum tersedia dalam satu platform. Penerapan konsep multi-role memberikan pembagian hak akses yang jelas antara Founder, Admin, dan Nasabah sehingga meningkatkan keamanan dan pengendalian terhadap pengelolaan data. Selain itu, mekanisme approval yang diterapkan pada proses perubahan data mampu menjaga integritas informasi karena setiap perubahan harus memperoleh persetujuan dari pihak yang berwenang sebelum diproses oleh sistem. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan sistem berbasis web mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan operasional dibandingkan proses konvensional yang masih mengandalkan pencatatan manual.

Implementasi layanan antar jemput berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) memberikan kemudahan bagi petugas dalam menentukan lokasi pengambilan sampah secara lebih akurat. Di sisi lain, integrasi Marketplace UMKM memberikan nilai tambah ekonomi melalui pemanfaatan saldo hasil tabungan sampah sebagai alat transaksi pembelian produk UMKM. Dashboard analisis data yang disediakan juga mendukung proses monitoring dan evaluasi karena informasi ditampilkan dalam bentuk grafik yang mudah dipahami. Secara keseluruhan, integrasi seluruh fitur tersebut menghasilkan sistem yang tidak hanya mendukung proses administrasi bank sampah, tetapi juga meningkatkan kualitas pelayanan, transparansi data, serta pemanfaatan informasi sebagai dasar pengambilan keputusan.

Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian Hidayat et al. (2021) yang menyatakan bahwa sistem informasi berbasis web mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan bank sampah. Selain itu, hasil penelitian juga mendukung penelitian Saputra dan Nugroho (2022) mengenai pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam meningkatkan efektivitas layanan pengambilan sampah serta penelitian Putra et al. (2023) yang menunjukkan bahwa pemantauan data secara *real-time* mampu meningkatkan transparansi pengelolaan bank sampah. Perbedaan penelitian ini dibandingkan penelitian terdahulu terletak pada integrasi berbagai fitur, yaitu manajemen multi-peran, layanan antar jemput berbasis SIG, marketplace UMKM, mekanisme *approval*, dan dashboard analisis data dalam satu sistem berbasis web sehingga menghasilkan solusi yang lebih komprehensif bagi pengelolaan Bank Sampah Sari Asri.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan Smart Waste Bank berbasis web menggunakan metode Waterfall sebagai solusi untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan Bank Sampah Sari Asri. Sistem yang dikembangkan mampu mengintegrasikan berbagai fitur utama, yaitu manajemen pengguna berbasis multi-peran, pengelolaan transaksi bank sampah, layanan antar jemput berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG), marketplace UMKM, mekanisme *approval*, serta dashboard analisis data secara *real-time*. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan metode Black Box Testing, seluruh fitur sistem berfungsi sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan sehingga mampu mendukung proses pengelolaan bank sampah secara lebih efektif, efisien, dan transparan.

Berdasarkan hasil penelitian, sistem yang telah dikembangkan masih dapat disempurnakan melalui pengembangan aplikasi berbasis mobile, penerapan optimasi rute pada layanan antar jemput sampah, peningkatan aspek keamanan sistem, serta pengembangan fitur analisis data dan identifikasi sampah yang lebih luas. Pengembangan tersebut diharapkan dapat meningkatkan kualitas layanan serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan sistem informasi pengelolaan bank sampah berbasis teknologi.

REFERENSI

Abarca-Guerrero, L., Maas, G., & Hogland, W. (2021). *Solid waste management challenges for cities in developing countries: Recent perspectives*. *Waste Management Journal*.

Addas, A., Khan, M. N., & Naseer, F. (2024). *Waste management 2.0 leveraging Internet of Things for an efficient and eco-friendly smart city solution*. *PLOS ONE*.

Ardianti, D., et al. (2023). *Pengembangan sistem pengelolaan sampah berbasis web dengan integrasi GIS*. *Jurnal Informatika*.

Fitriyah, K., & Rosadi, I. (2024). *Rancang bangun aplikasi tagihan pembayaran santri berbasis Android*. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *8*(6).

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2021). *Circular economy as a sustainability paradigm: Recent developments*. *Journal of Cleaner Production*.

Hidayat, R., et al. (2021). *Rancang bangun aplikasi bank sampah berbasis web*. *Jurnal Teknologi Informasi*.

Kannan, D., Khademolqorani, S., Janatyan, N., & Alavi, S. (2024). *Smart waste management 4.0: The transition from a systematic review to an integrated framework*. *Waste Management*.

Karademir, M., & Acımert, B. A. Ö. (2024). *Sustainable Waste Governance Framework via Web-GIS*. *Sustainability*.

Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2022). *What a Waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050 (Updated insights)*. World Bank.

Masoni, S., et al. (2025). *Digital accountability for circular economy: A case study of Alia Servizi Ambientali's smart waste management*.

Pratama, A., et al. (2024). *Analisis smart waste management berbasis data analytics*. *Jurnal Sistem Informasi*.

Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2022). *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. McGraw-Hill.

Rahmawati, D., et al. (2022). *Analisis data pengelolaan sampah berbasis dashboard*. *Jurnal Sistem Informasi*.

Saputra, K., & Nugroho, A. (2022). *Implementasi GIS dalam sistem pengelolaan sampah*. *Jurnal Sistem Informasi*.

Sari, N., et al. (2024). *Integrasi marketplace dalam sistem pengelolaan sampah berbasis ekonomi sirkular*. *Jurnal Teknologi Informasi*.

Smart waste management: A paradigm shift enabled by artificial intelligence. (2024).

Sommerville, I. (2021). *Software Engineering* (11th ed.). Pearson.

Urban digital twin-based solution using geospatial information for solid waste management. *Sustainable Cities and Society*. (2024).

A Convolutional Neural Network Classifies Intestinal Diseases Using Endoscopic Images

Gunawan [1)], Muhtar [2*)], Lili Ruhyana [3)], Danang Kristioko Legowo [4)], Abdul Firman [5)], Mulyatno [6)], Muhamad Rizki Ramadhan [7)]

[1)2)3)4)5)6)7)]Program Studi D-IV Teknik Elektromedik, Fakultas Kesehatan, Universitas Mohammad Husni Thamrin
[*)]**Correspondence author**: muhtar2521@gmail.com, Jakarta, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3709

Abstract

Intestinal diseases such as polyps, esophagitis, and ulcerative colitis may lead to serious complications when they are not detected early. Endoscopy provides important visual information for diagnosis; however, manual interpretation still depends on clinical expertise and requires time. This study aimed to develop an automatic intestinal disease classification model based on Convolutional Neural Network (CNN). The study used a Research and Development method consisting of data collection, preprocessing, model training, evaluation, and web interface implementation. The dataset was obtained from Kaggle and consisted of 6,000 endoscopic images categorized into normal, polyps, esophagitis, and ulcerative colitis. Each class contained 1,500 images, divided into approximately 87% training data and 13% testing data. The model was trained for 15 epochs and evaluated using accuracy, loss, confusion matrix, and single-image testing. The results showed stable validation accuracy in the range of 98-99%, while single-image testing produced confidence scores from 99.91% to 100%. This system is recommended as an initial endoscopic image classification aid, with further development involving a random-image class and an examination history database.

Keywords: *Intestinal Disease, Endoscopy, CNN, Deep Learning, Image Classification*

Abstrak

Penyakit usus seperti polip, esofagitis, dan kolitis ulseratif berpotensi menimbulkan komplikasi serius apabila tidak terdeteksi sejak dini. Pemeriksaan endoskopi menghasilkan citra yang penting untuk diagnosis, tetapi interpretasi manual masih bergantung pada pengalaman tenaga medis dan membutuhkan waktu. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model klasifikasi otomatis penyakit usus berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN). Metode penelitian menggunakan *Research and Development* dengan tahapan pengumpulan data, *preprocessing*, pelatihan model, evaluasi, dan implementasi antarmuka *web*. *Dataset* diperoleh dari Kaggle sebanyak 6.000 citra endoskopi yang terdiri atas kelas normal, *polyps*, *esophagitis*, dan *ulcerative colitis*. Setiap kelas memiliki 1.500 citra, dengan pembagian sekitar 87% data latih dan 13% data uji. Model dilatih selama 15 *epoch* dan dievaluasi menggunakan akurasi, *loss*, *confusion matrix*, serta pengujian citra tunggal. Hasil menunjukkan akurasi validasi stabil pada kisaran 98-99%, sedangkan pengujian citra tunggal menghasilkan skor kepercayaan 99,91-100%. Sistem ini direkomendasikan sebagai alat bantu klasifikasi awal citra endoskopi, dengan pengembangan lanjutan berupa penambahan kelas data acak dan basis data riwayat pemeriksaan.

Kata Kunci: Penyakit Usus, Endoskopi, CNN, *deep learning*, Klasifikasi Citra

PENDAHULUAN

Penyakit saluran pencernaan, khususnya penyakit usus dan area terkait saluran cerna, merupakan masalah klinis yang membutuhkan deteksi dini karena dapat berkembang menjadi kondisi yang lebih berat. Dalam konteks endoskopi, citra yang diperoleh dari pemeriksaan saluran cerna memberikan informasi visual mengenai kondisi normal, *polyps*, *esophagitis*, dan *ulcerative colitis*. Polip usus perlu dikenali sejak tahap skrining karena sebagian bentuk polip dapat memiliki potensi keganasan, sedangkan esofagitis dan kolitis ulseratif berhubungan dengan proses inflamasi yang dapat menimbulkan komplikasi bila tidak ditangani secara tepat (Giuliani et al., 2024; Du et al., 2024; Yao et al., 2024).

Endoskopi menjadi salah satu metode pemeriksaan penting karena memungkinkan visualisasi langsung kondisi saluran cerna. Namun, interpretasi citra endoskopi secara manual membutuhkan ketelitian tinggi, waktu, serta kompetensi klinis yang memadai. Pada situasi jumlah pemeriksaan yang besar, analisis manual dapat meningkatkan beban kerja tenaga medis dan menimbulkan potensi subjektivitas dalam pembacaan citra. Oleh sebab itu, dibutuhkan sistem bantu berbasis teknologi yang mampu mengolah citra secara konsisten sebagai pendukung keputusan klinis awal.

Perkembangan *artificial intelligence* dan *deep learning* memberikan peluang besar dalam pemrosesan citra medis. *Convolutional Neural Network* (CNN) banyak digunakan untuk klasifikasi citra karena mampu mengekstraksi fitur visual secara otomatis melalui lapisan konvolusi, *pooling*, dan klasifikasi. Penelitian terkait gangguan saluran cerna menunjukkan bahwa metode *deep learning* dapat digunakan untuk membantu deteksi kelainan pada citra kolonoskopi dan endoskopi, serta meningkatkan konsistensi pengolahan data visual (Aliyi et al., 2023; Jahagirdar et al., 2023; Sharma et al., 2023; Xue et al., 2025).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini diarahkan untuk mengembangkan sistem klasifikasi penyakit usus berbasis CNN menggunakan citra endoskopi. Sistem dikembangkan untuk mengklasifikasikan empat kelas, yaitu normal, *polyps*, *esophagitis*, dan *ulcerative colitis*. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan model CNN yang mampu melakukan klasifikasi otomatis pada citra endoskopi serta mengevaluasi tingkat akurasi model melalui grafik pelatihan, *loss*, *confusion matrix*, dan pengujian citra tunggal.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D), yaitu pendekatan penelitian yang berorientasi pada pengembangan dan validasi produk. Produk yang dikembangkan berupa model klasifikasi otomatis citra endoskopi berbasis CNN dan antarmuka aplikasi *web* untuk mengunggah serta memproses citra. Tahapan penelitian meliputi analisis kebutuhan, pengumpulan dataset, *preprocessing* citra, pelatihan model, evaluasi model, penyimpanan model, dan implementasi antarmuka deteksi.

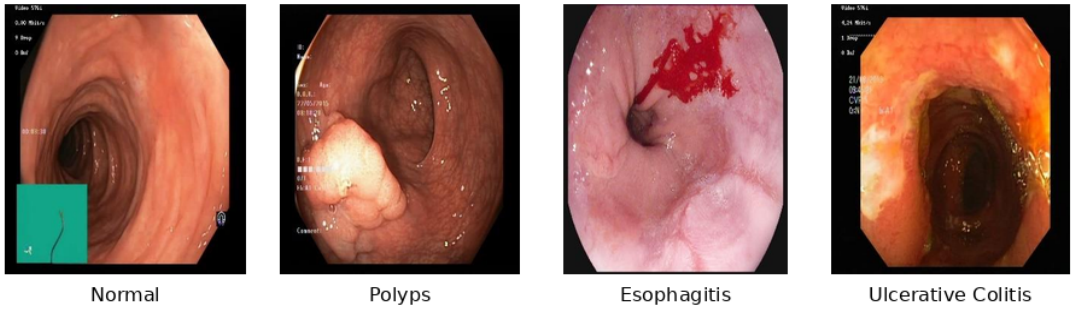
Bahan, Alat, dan Sumber Data

Bahan penelitian berupa dataset sekunder citra endoskopi yang diperoleh dari repositori Kaggle dengan nama WCE *Curated Colon Disease Dataset for Deep Learning*. *Dataset* berjumlah 6.000 citra berformat JPG yang terdiri atas empat kelas, yaitu normal, *polyps*, *esophagitis*, dan *ulcerative colitis*. Perangkat yang digunakan meliputi laptop atau komputer, *browser*, Python IDE, serta pustaka pendukung seperti Keras, OpenCV, dan NumPy. Sistem dikembangkan dalam bentuk aplikasi berbasis *web* untuk memudahkan pengguna dalam memilih dan mengunggah citra endoskopi.

Tabel 1. Distribusi Data Citra Endoskopi

No	Kelas	Jumlah Data	Keterangan
1	Normal	1.500	Citra endoskopi kondisi normal
2	*Polyps*	1.500	Citra endoskopi dengan polip
3	*Esophagitis*	1.500	Citra endoskopi dengan esofagitis
4	*Ulcerative Colitis*	1.500	Citra endoskopi dengan kolitis ulseratif
Jumlah	-	6.000	Total *dataset*

Tabel 1 menunjukkan bahwa *dataset* memiliki distribusi seimbang, yaitu 1.500 citra pada setiap kelas. Komposisi yang seimbang membantu proses pelatihan model karena setiap kelas memperoleh representasi data yang relatif sama. Dengan total 6.000 citra, model memiliki dasar data yang cukup untuk mempelajari pola visual pada masing-masing kategori penyakit.



Gambar 1. Sampel Citra Endoskopi Tiap Kelas

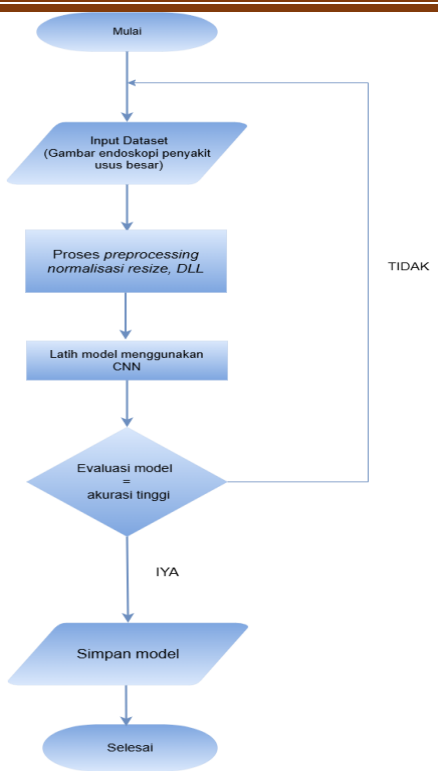
Gambar 1 memperlihatkan contoh karakteristik visual citra pada empat kelas. Citra normal memperlihatkan permukaan mukosa yang relatif homogen, kelas *polyps* menunjukkan adanya pertumbuhan jaringan menonjol, kelas *esophagitis* memperlihatkan area kemerahan atau perdarahan pada saluran cerna, sedangkan kelas *ulcerative colitis* memperlihatkan inflamasi pada mukosa. Perbedaan visual inilah yang dipelajari oleh model CNN selama proses pelatihan.

Tahapan Pengembangan Model

Tabel 2. Tahapan Pengembangan Sistem Klasifikasi

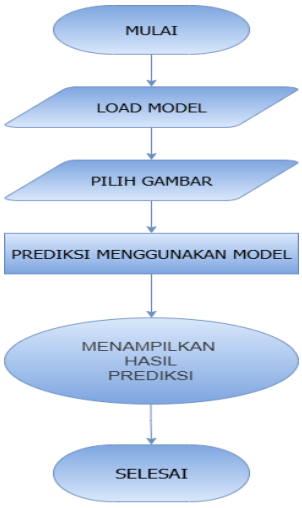
No	Tahapan	Uraian Kegiatan
1	Pengumpulan data	Mengunduh *dataset* citra endoskopi dari Kaggle dan mengelompokkan citra berdasarkan kelas.
2	*Preprocessing*	Melakukan normalisasi, penyesuaian ukuran citra, dan augmentasi apabila diperlukan.
3	Pelatihan model	Melatih model CNN selama 15 *epoch* menggunakan data latih.
4	Evaluasi	Menilai performa model menggunakan akurasi, *loss*, *confusion matrix*, *precision*, *recall*, dan F1-*score*.
5	Implementasi	Mengintegrasikan model pada aplikasi web untuk proses unggah citra dan deteksi otomatis.

Tabel 2 menjelaskan tahapan pengembangan sistem dari data sampai implementasi. Tahapan *preprocessing* menjadi bagian penting karena citra endoskopi harus memiliki ukuran dan skala piksel yang seragam agar sesuai dengan masukan model CNN. Evaluasi dilakukan setelah pelatihan untuk memastikan bahwa model tidak hanya baik pada data latih, tetapi juga mampu mengenali data uji.



Gambar 2. *Flowchart* Pengembangan Model CNN

Gambar 2 menunjukkan alur pengembangan model CNN. Proses dimulai dari input *dataset*, kemudian dilanjutkan dengan *preprocessing* berupa normalisasi dan penyesuaian ukuran citra. Setelah itu, model dilatih menggunakan CNN dan dievaluasi. Jika akurasi belum memenuhi kriteria, proses kembali pada tahap sebelumnya untuk dilakukan penyesuaian; jika akurasi sudah memadai, model disimpan dan siap digunakan.



Gambar 3. *Flowchart* Pengembangan Model CNN

Gambar 3 memperlihatkan alur penggunaan model pada aplikasi deteksi. Aplikasi memuat model CNN yang telah dilatih, pengguna memilih citra endoskopi, kemudian sistem melakukan prediksi berdasarkan model. Hasil akhir yang ditampilkan berupa label penyakit dan skor probabilitas, sehingga pengguna memperoleh informasi klasifikasi secara cepat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi dan Operasional Sistem

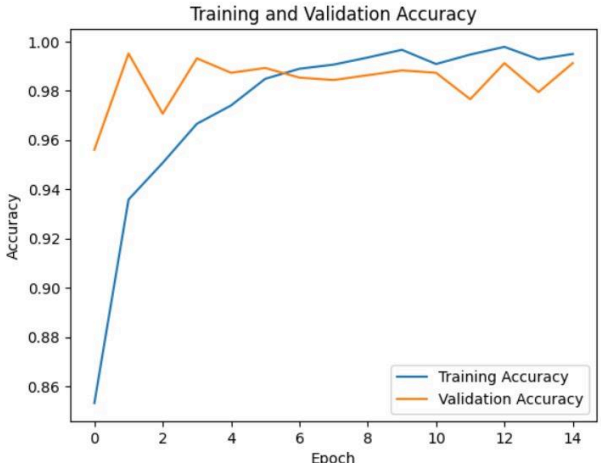
Sistem yang dikembangkan berupa aplikasi *web* klasifikasi citra endoskopi. Pengguna mengakses aplikasi melalui browser, melakukan login, memilih menu deteksi, mengunggah citra endoskopi, kemudian menekan tombol deteksi. Sistem memproses citra menggunakan model CNN dan menampilkan hasil prediksi pada layar.

Tabel 3. Spesifikasi Sistem Klasifikasi Penyakit Usus

Komponen	Spesifikasi	Fungsi
Perangkat keras	Laptop atau komputer	Menjalankan aplikasi dan proses komputasi model.
Dataset	6.000 citra endoskopi berformat JPG	Sumber data pelatihan dan pengujian model.
Model AI	*Convolutional Neural Network*	Mengklasifikasikan citra ke kelas normal, *polyps*, *esophagitis*, atau *ulcerative colitis*.
Aplikasi	*Web* berbasis lokal	Memfasilitasi login, unggah gambar, dan tampilan hasil deteksi.
Metrik evaluasi	Akurasi, *loss*, *confusion matrix*, *precision*, *recall*, F1-*score*	Menilai performa model secara kuantitatif.

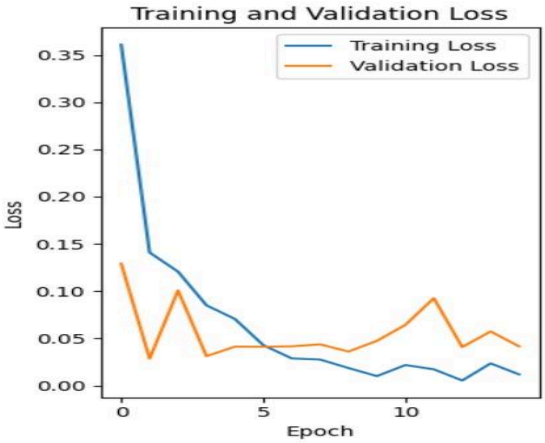
Tabel 3 menunjukkan bahwa sistem tidak hanya terdiri atas model CNN, tetapi juga melibatkan perangkat pengolahan, *dataset*, antarmuka, dan metrik evaluasi. Kombinasi komponen tersebut diperlukan agar sistem dapat digunakan sebagai prototipe klasifikasi citra medis berbasis web.

Hasil Pelatihan Model



Gambar 4. Grafik Akurasi Pelatihan dan Validasi

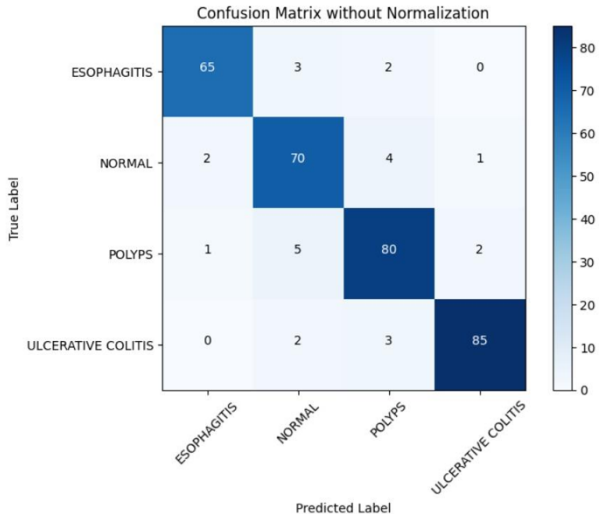
Gambar 4 menunjukkan bahwa akurasi pelatihan meningkat secara bertahap dari *epoch* awal hingga mendekati 100% pada akhir pelatihan. Akurasi validasi berada pada kisaran tinggi, yaitu sekitar 98-99%, dengan fluktuasi kecil. Pola ini menunjukkan bahwa model mampu mempelajari fitur citra endoskopi dengan baik serta memiliki kemampuan generalisasi yang cukup stabil pada data validasi.



Gambar 5. Grafik *Loss* Pelatihan dan Validasi

Gambar 5 menunjukkan penurunan nilai *loss* pelatihan secara konsisten hingga mendekati nol. Nilai *loss* validasi mengalami fluktuasi, tetapi tetap berada pada tingkat rendah dan tidak memperlihatkan kenaikan konsisten. Hal ini mendukung interpretasi bahwa model tidak menunjukkan gejala *overfitting* yang bermakna selama pelatihan 15 *epoch*.

Evaluasi Klasifikasi Berdasarkan *Confusion Matrix*



Gambar 6. *Confusion Matrix* Klasifikasi Penyakit Usus

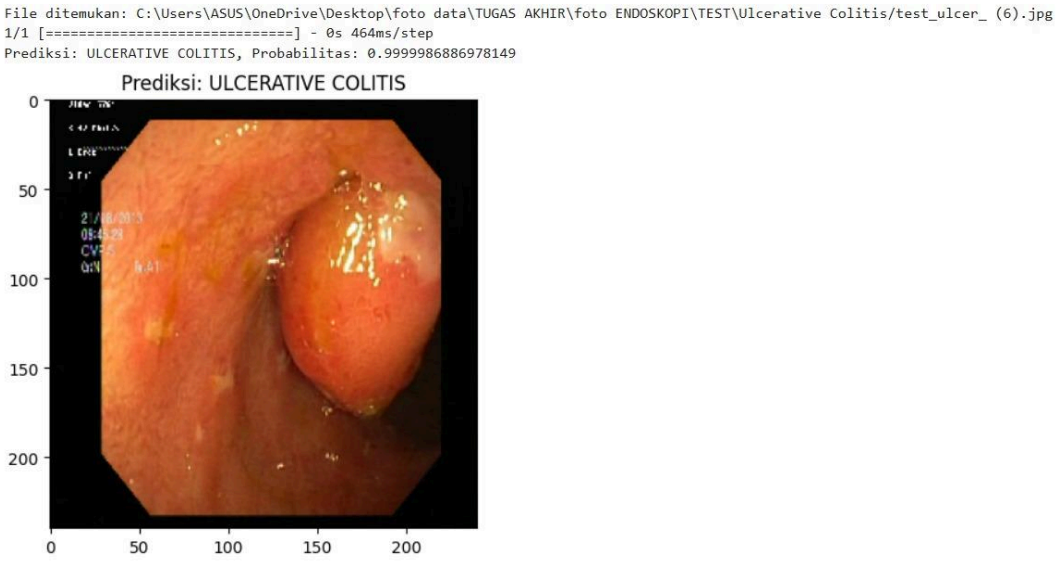
Gambar 6 memperlihatkan bahwa prediksi benar terkonsentrasi pada diagonal utama, yaitu 65 data *esophagitis*, 70 data normal, 80 data polyps, dan 85 data ulcerative colitis. Kesalahan klasifikasi masih muncul pada beberapa kelas, misalnya polyps yang terdeteksi sebagai normal sebanyak 5 data serta normal yang terdeteksi sebagai polyps sebanyak 4 data. Kondisi ini menunjukkan adanya kemiripan fitur visual antar kelas tertentu, sehingga peningkatan variasi data dan optimasi arsitektur model masih diperlukan.

Tabel 4. Matriks Konfusi Model CNN Berdasarkan Visualisasi Pengujian

Label Sebenarnya	Prediksi *Esophagitis*	Prediksi Normal	Prediksi Polyps	Prediksi *Ulcerative Colitis*	Total
Esophagitis	65	3	2	0	70
Normal	2	70	4	1	77
Polyps	1	5	80	2	88
Ulcerative Colitis	0	2	3	85	90
Jumlah	68	80	89	88	325

Tabel 4 menegaskan informasi pada *confusion matrix* dalam bentuk numerik. Jumlah prediksi benar pada diagonal utama mencapai 300 dari 325 data yang ditampilkan dalam visualisasi matriks. Kelas ulcerative colitis memiliki jumlah prediksi benar paling tinggi, sedangkan kesalahan paling banyak terjadi pada perbedaan antara *polyps* dan normal. Temuan ini menunjukkan bahwa model sudah kuat, tetapi perlu perbaikan untuk kasus citra yang memiliki tampilan mukosa mirip.

Hasil Pengujian Citra Tunggal



Gambar 7. Contoh Hasil Pengujian Citra Tunggal

Gambar 7 menunjukkan contoh pengujian citra tunggal pada kelas *ulcerative colitis*. Sistem berhasil menampilkan prediksi dengan probabilitas sangat tinggi, yaitu sekitar 0,999998. Hasil ini memperlihatkan bahwa model mampu mengenali pola visual pada citra uji tunggal dan mengubahnya menjadi keluaran klasifikasi yang mudah dipahami pengguna.

Tabel 5. Rekapitulasi Pengujian Citra Tunggal Tiap Kelas

No	Kelas Uji	Jumlah Citra Uji	Hasil Prediksi	Skor Kepercayaan
1	*Esophagitis*	5	Seluruh citra terdeteksi sesuai kelas	99,99%-100%
2	*Polyps*	5	Seluruh citra terdeteksi sesuai kelas	99,91%-100%
3	Normal	5	Seluruh citra terdeteksi sesuai kelas	100%
4	*Ulcerative Colitis*	5	Seluruh citra terdeteksi sesuai kelas	100%

Tabel 5 memperlihatkan bahwa pengujian citra tunggal pada setiap kelas menghasilkan klasifikasi yang sesuai dengan diagnosis sebenarnya. Skor kepercayaan terendah tercatat pada kelas polyps sebesar 99,91%, sedangkan kelas normal dan *ulcerative colitis* mencapai 100% pada seluruh sampel pengujian. Hasil ini menunjukkan konsistensi

model dalam memberikan prediksi untuk citra uji tunggal, meskipun pengujian lanjutan dengan data klinis yang lebih beragam tetap diperlukan.

Pembahasan Umum Sistem

Secara umum, hasil pelatihan, *loss*, *confusion matrix*, dan pengujian citra tunggal menunjukkan bahwa model CNN memiliki performa yang baik dalam klasifikasi citra endoskopi penyakit usus. Sistem yang dikembangkan juga mendukung proses penggunaan yang sederhana melalui antarmuka web. Dengan demikian, penelitian ini memiliki relevansi terhadap bidang teknik elektromedik karena mengintegrasikan pengolahan citra medis, kecerdasan buatan, dan aplikasi perangkat lunak sebagai alat bantu deteksi awal.

Walaupun demikian, sistem ini belum dapat diposisikan sebagai pengganti diagnosis dokter. Keluaran model harus dipahami sebagai alat bantu analisis awal karena validasi klinis langsung dengan tenaga medis dan data pasien nyata belum dilakukan. Pengembangan selanjutnya perlu menambahkan kelas citra acak, meningkatkan jumlah dan variasi *dataset*, serta menyediakan basis data riwayat pemeriksaan agar sistem lebih siap diterapkan dalam lingkungan pelayanan kesehatan.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini berhasil menghasilkan model klasifikasi citra endoskopi berbasis CNN untuk empat kategori, yaitu normal, *polyps*, *esophagitis*, dan *ulcerative colitis*. *Dataset* yang digunakan berjumlah 6.000 citra dengan distribusi seimbang pada setiap kelas. Hasil pelatihan menunjukkan akurasi validasi stabil pada kisaran 98-99%, sedangkan pengujian citra tunggal menghasilkan prediksi sesuai kelas dengan skor kepercayaan 99,91-100%. *Confusion matrix* menunjukkan dominasi prediksi benar pada diagonal utama, walaupun masih terdapat kesalahan pada kelas yang memiliki kemiripan visual, terutama *polyps* dan normal. Sistem ini dapat digunakan sebagai prototipe alat bantu klasifikasi awal citra endoskopi, dengan rekomendasi pengembangan berupa perluasan *dataset*, penambahan kelas gambar acak, validasi klinis dengan praktisi medis, serta integrasi basis data untuk menyimpan riwayat hasil pemeriksaan.

REFERENSI

Aliyi, S., Dese, K., & Raj, H. (2023). Detection of gastrointestinal tract disorders using deep learning methods from colonoscopy images and videos. Science African, 20, e01628. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01628

Arifin, AZ, & Kurniati, WDS (2002). Penggunaan Analisa Faktor Untuk Klasifikasi Citra Penginderaan Jauh Multispektral. *JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, juti.if.its.ac.id, http://juti.if.its.ac.id/index.php/juti/article/view/91

Du, Y., et al. (2024). Asymptomatic erosive esophagitis. Digestive Diseases and Sciences, 70(2), 462-468. https://doi.org/10.1007/s10620-024-08793-z

Giuliani, O., et al. (2024). Factors affecting treatment decisions for endoscopically resected low- and high-risk malignant colorectal polyps in a screening setting. Digestive and Liver Disease, 57(1), 282-289. https://doi.org/10.1016/j.dld.2024.08.057

Herliana, A. Farhan, E. Elisa, E. Evendi, and W. Mutiara. (2021). Self-regulated learning of first-year students at physics education department, FKIP - Universitas Syiah Kuala, *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1882, no. 1, doi: 10.1088/1742-6596/1882/1/012028.

Jahagirdar, V., et al. (2023). Diagnostic accuracy of convolutional neural network-based machine learning algorithms in endoscopic severity prediction of ulcerative colitis: A systematic review and meta-analysis. Gastrointestinal Endoscopy, 98(2), 145-154.e8. https://doi.org/10.1016/j.gie.2023.04.2074

M. A. Kabir, P. Montuschi, K. Liao, and M. Amani. (2025). Editorial : Applications of AI , machine learning , computational medicine , and bioinformatics in respiratory pharmacology, no. June, pp. 1–2, doi: 10.3389/fphar.2025.1602941.

M. M. Musthafa, M. T R, V. K. V, and S. Guluwadi. (2024). Enhanced skin cancer diagnosis using optimized CNN architecture and checkpoints for automated dermatological lesion classification, *BMC Med. Imaging*, vol. 24, no. 1, pp. 1–20, doi: 10.1186/s12880-024-01356-8.

Montalbo, F. J. (n.d.). WCE curated colon disease dataset for deep learning [Data set]. Kaggle. https://www.kaggle.com/datasets/francismon/curated-colon-dataset-for-deep-learning

Noviana, LPR, & Nugraha, INBS (2023). Perbandingan Klasifikasi Citra Daun Herbal Menggunakan Metode Logistic Regression dan Decision Tree Classifier Berdasarkan Fitur (Warna, GLCM, Bentuk). *JITU: Journal Informatic ...*, ejournal.uby.ac.id, https://ejournal.uby.ac.id/index.php/jitu/article/view/1241

Peryanto, A, Yudhana, A, & Umar, R (2020). Rancang bangun klasifikasi citra dengan teknologi deep learning berbasis metode convolutional neural network. *Format J. Ilm. Tek. Inform*, academia.edu, https://www.academia.edu/download/70131337/pdf.pdf

Sharma, A., Kumar, R., & Garg, P. (2023). Deep learning-based prediction model for diagnosing gastrointestinal diseases using endoscopy images. International Journal of Medical Informatics, 177, 105142.

Subandi, R, & Yudhana, A (2023). Pre-Processing Pada Klasifikasi Citra Medis Pneumonia. *Decode: Jurnal Pendidikan ...*, journal.umkendari.ac.id, https://journal.umkendari.ac.id/decode/article/view/198

Xue, J., Yu, J., Mao, Q., & Gu, X. (2025). Advancements and future directions of artificial intelligence in tumor imaging: A comprehensive review of techniques and applications. EngMedicine, 2(3), 100086. https://doi.org/10.1016/j.engmed.2025.100086

Yao, A., Huang, C., Wang, X., Zhou, R., Hao, W., & Lin, Q. (2024). The Reg protein family: Potential new targets for the treatment of inflammatory bowel disease and colorectal cancer. Frontiers in Gastroenterology, 3, 1-10. https://doi.org/10.3389/fgstr.2024.1386069

Development of an Internet of Things-Based Medical Equipment Asset Tracking System Using ESP32 and GPS NEO-6M

Danang Kristioko Legowo [1)], Muhtar [2*)], Lili Ruhyana [3)], Gunawan [4)], Abdul Firman [5)], Mulyatno [6)], Adrian Dwichaya [7)]

[1)2)3)4)5)6)7)]Program Studi D-IV Teknik Elektromedik, Fakultas Kesehatan, Universitas Mohammad Husni Thamrin
[*)]**Correspondence author**: muhtar2521@gmail.com, Jakarta, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3710

Abstract

Medical assets are important components in supporting healthcare operations; therefore, their management requires a fast and integrated tracking system. This study aimed to design and test an Internet of Things-based medical equipment asset tracking system using an ESP32 microcontroller, NEO-6M GPS module, Wi-Fi connection, PHP-MySQL server, and a web-based digital map interface. The research used a Research and Development method involving needs analysis, hardware and software design, prototype implementation, and testing of connectivity, location accuracy, data transmission, database integration, and web interface performance. The results showed that the ESP32 connected to Wi-Fi within 5-10 seconds, transmitted data using HTTP GET every 10 seconds, and achieved outdoor GPS accuracy of approximately +/-3 meters. In indoor conditions or environments obstructed by conductive materials, accuracy decreased to more than 15 meters or the position was not detected. The system successfully stored location data in MySQL and displayed medical equipment markers in real time. This system is feasible as an asset monitoring prototype, with further development recommended for indoor localization, area notifications, and online server deployment.

Keywords: *ESP32, NEO-6M GPS, Medical Equipment, Asset Tracking, Internet of Things*

Abstrak

Aset medis merupakan komponen penting dalam menunjang operasional pelayanan kesehatan, sehingga pengelolaannya perlu didukung sistem pelacakan yang cepat dan terintegrasi. Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji sistem pelacakan aset alat medis berbasis *Internet of Things* menggunakan mikrokontroler ESP32, modul GPS NEO-6M, koneksi Wi-Fi, server PHP-MySQL, dan antarmuka *web* berbasis peta digital. Metode penelitian menggunakan *Research and Development* melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi prototipe, serta pengujian konektivitas, akurasi lokasi, pengiriman data, *database*, dan antarmuka *web*. Hasil pengujian menunjukkan ESP32 dapat terhubung ke Wi-Fi dalam waktu 5-10 detik, data dikirim melalui HTTP GET setiap 10 detik, dan akurasi GPS pada luar ruangan mencapai sekitar +/-3 meter. Pada kondisi dalam ruangan atau terhalang material konduktif, akurasi menurun menjadi lebih dari 15 meter atau tidak terdeteksi. Sistem mampu menyimpan data lokasi pada MySQL dan menampilkan *marker* alat medis secara *real-time*. Sistem ini layak sebagai prototipe *monitoring* aset, dengan rekomendasi pengembangan berupa peningkatan metode lokalisasi *indoor*, notifikasi area, dan penggunaan *server online*.

Kata Kunci: ESP32, GPS NEO-6M, Alat Medis, Pelacakan Aset, *Internet of Things*

PENDAHULUAN

Alat kesehatan memiliki peran strategis dalam pelayanan kesehatan karena berfungsi mendukung diagnosis, terapi, pemantauan pasien, dan keberlangsungan operasional rumah sakit. Ketersediaan alat yang tepat, kondisi alat yang terpantau, serta kemudahan menemukan lokasi alat menjadi bagian penting dari mutu layanan. *World Health Organization* (2020) menegaskan bahwa pengelolaan teknologi kesehatan berhubungan erat dengan kemampuan fasilitas kesehatan dalam menjamin kualitas dan keselamatan pelayanan.

Pada praktiknya, pengelolaan aset medis masih menghadapi sejumlah masalah, antara lain perpindahan alat yang tidak tercatat, risiko kehilangan, keterlambatan pencarian alat, dan pemeliharaan yang tidak terjadwal. Masalah tersebut dapat menimbulkan *downtime* alat dan mengganggu proses pelayanan. Kumar et al. (2021) menyatakan bahwa tantangan pengelolaan alat kesehatan perlu ditangani melalui sistem manajemen yang mampu meminimalkan risiko kehilangan dan meningkatkan keandalan penggunaan alat.

Perkembangan *Internet of Things* (IoT) memberikan peluang untuk membangun sistem pelacakan aset secara *real-time*. Integrasi sensor, mikrokontroler, konektivitas Wi-Fi, *database*, dan antarmuka *web* memungkinkan data lokasi alat medis dikirim dan disimpan secara terpusat. Gonzalez et al. (2022) menjelaskan bahwa penerapan IoT dalam kesehatan dapat mendukung pemantauan data secara langsung dan membantu pengambilan keputusan berbasis informasi. ESP32 merupakan salah satu mikrokontroler yang relevan untuk aplikasi tersebut karena memiliki konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, biaya relatif rendah, serta mudah diprogram (Lee & Park, 2021; Wagyana & Rahmat, 2019).

Selain konektivitas, sistem pelacakan juga memerlukan sumber data lokasi. Modul GPS NEO-6M dapat digunakan untuk memperoleh koordinat *latitude* dan *longitude* secara langsung dari satelit. Dalam konteks pelacakan alat medis, data posisi tersebut dapat dikirim oleh ESP32 ke *server* menggunakan protokol HTTP dan disimpan pada MySQL, kemudian divisualisasikan melalui antarmuka peta digital. Teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional, mendukung pengawasan aset, dan mempermudah petugas rumah sakit dalam mengetahui posisi alat (Smith & Jones, 2023; Zhang et al., 2022).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan menguji sistem pelacakan aset alat medis berbasis ESP32 dan Wi-Fi. Fokus penelitian meliputi perancangan prototipe, integrasi ESP32 dengan GPS NEO-6M, pengiriman data lokasi ke *server* PHP-MySQL, penyajian lokasi melalui antarmuka web, serta evaluasi kinerja sistem berdasarkan konektivitas, akurasi GPS, interval pengiriman data, dan keterbatasan pada lingkungan *indoor* atau area berbahan konduktif.

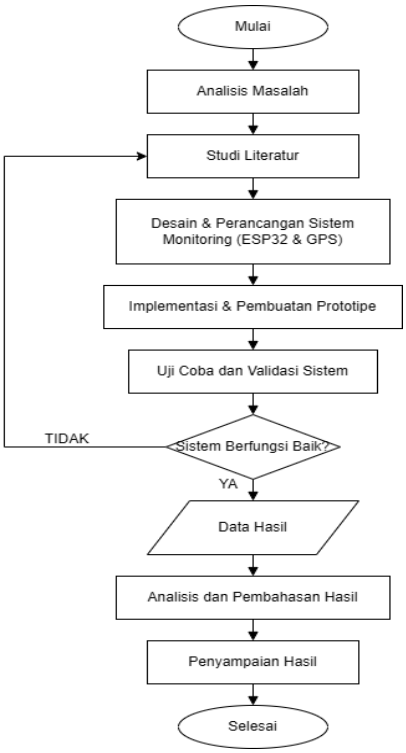
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) karena menghasilkan prototipe sistem yang dirancang, diimplementasikan, dan diuji fungsinya. Tahapan penelitian meliputi analisis masalah, studi literatur, desain sistem, pembuatan prototipe, validasi sistem, pengumpulan data, analisis hasil, dan penyusunan kesimpulan. Metode ini sesuai untuk penelitian pengembangan perangkat karena tidak hanya menilai teori, tetapi juga menghasilkan produk yang dapat diuji secara praktis.

Objek penelitian adalah sistem aset *tracking* alat medis berbasis ESP32. Perangkat keras utama terdiri dari mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, modul GPS NEO-6M sebagai penerima data lokasi, serta sumber daya mandiri untuk mendukung operasi alat. Perangkat lunak yang digunakan meliputi Arduino IDE untuk pemrograman, *library* TinyGPSPlus untuk pembacaan data GPS, library WiFi untuk koneksi jaringan, HTTPClient untuk pengiriman data ke *server*, PHP sebagai penerima data, MySQL sebagai *database*, XAMPP sebagai *server* lokal, dan Google Maps API sebagai visualisasi lokasi pada antarmuka *web*. Arduino IDE dan library pendukung memudahkan proses pengembangan sistem berbasis mikrokontroler (Santoso & Wijayanto, 2022; Nurrafifah & Wirawan, 2023).

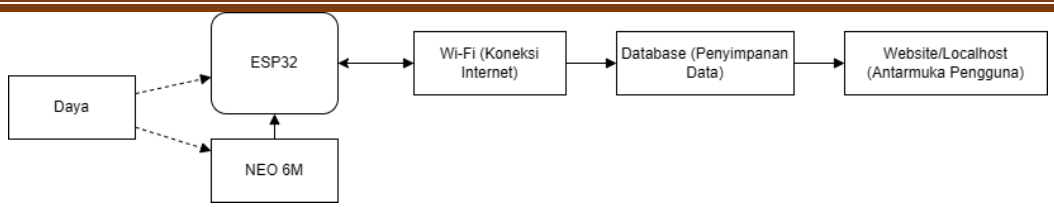
Alur kerja sistem dimulai ketika modul GPS NEO-6M menerima koordinat lokasi. Data tersebut dibaca oleh ESP32 melalui komunikasi serial, kemudian ESP32 menghubungkan perangkat ke jaringan Wi-Fi. Setelah koneksi tersedia, data nama alat, *latitude*, dan *longitude* dikirim ke *server* melalui metode HTTP GET menuju *file* kirim_data.php. *Server* menyimpan data tersebut ke tabel alat_medis pada database MySQL, sedangkan file data.php mengambil data dalam format JSON untuk ditampilkan pada halaman web berbasis peta digital.

Pengumpulan data dilakukan melalui pengujian prototipe. Parameter yang diamati meliputi waktu koneksi Wi-Fi, akurasi GPS pada kondisi *outdoor* dan *indoor*, interval pengiriman data ke *server*, protokol pengiriman data, dan kemampuan antarmuka *web* menampilkan lokasi alat. Data hasil pengujian disajikan dalam tabel dan gambar, kemudian dianalisis secara naratif untuk menilai kesesuaian sistem terhadap tujuan penelitian.



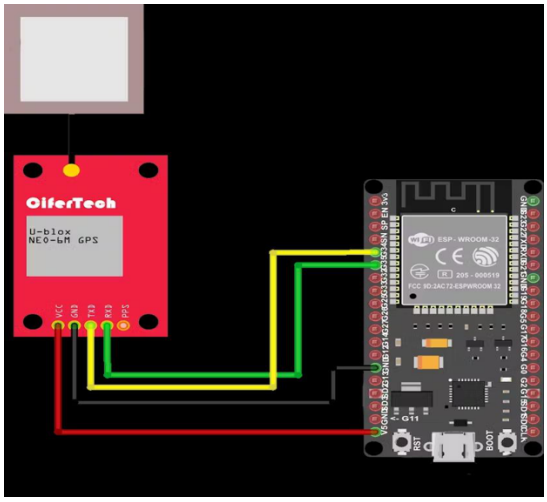
Gambar 1. Alur Penelitian Sistem Pelacakan Aset Alat Medis

Gambar 1 menunjukkan alur penelitian mulai dari analisis masalah, studi literatur, desain dan perancangan sistem, implementasi prototipe, uji coba dan validasi, hingga analisis hasil. Alur ini memperlihatkan bahwa penelitian dilakukan secara iteratif. Apabila sistem belum berfungsi dengan baik, proses kembali ke tahap studi literatur atau perancangan untuk dilakukan perbaikan. Pola tersebut sesuai dengan karakter R&D karena pengembangan prototipe memerlukan validasi berulang sebelum sistem dinyatakan layak diuji.



Gambar 2. Blok Diagram Perancangan System

Gambar 2 memperlihatkan hubungan antarbagian sistem, yaitu sumber daya, ESP32, modul GPS NEO-6M, koneksi Wi-Fi, database, dan antarmuka pengguna. ESP32 berperan sebagai pusat pemrosesan yang membaca data dari GPS, kemudian mengirimkannya melalui Wi-Fi menuju server. Database menyimpan riwayat data posisi, sedangkan *web* atau *localhost* menampilkan informasi posisi agar pengguna dapat memantau aset medis secara lebih mudah.



Gambar 3. Rancangan Koneksi ESP32 dengan Modul GPS NEO-6M

Gambar 3 menunjukkan rancangan hubungan ESP32 dengan modul GPS NEO-6M. Pin VCC dan GND digunakan untuk catu daya dan referensi tegangan, sedangkan pin TXD dan RXD digunakan untuk komunikasi serial data GPS. Rancangan ini menunjukkan bahwa sistem dibuat dengan komponen sederhana, tetapi tetap mampu mengambil data koordinat untuk kebutuhan pelacakan alat medis.

Tabel 1. Parameter Pengumpulan Data dan Instrumen Pengujian

No.	Parameter	Deskripsi	Instrumen Pengukuran
1	Waktu koneksi Wi-Fi	Mengukur waktu yang dibutuhkan ESP32 untuk terhubung ke jaringan Wi-Fi.	Pemantauan konektivitas jaringan
2	Akurasi GPS	Mengukur akurasi data lokasi dari GPS NEO-6M pada kondisi *outdoor* dan *indoor*.	GPS NEO-6M dan pembanding peta/jarak
3	Kecepatan pengiriman data	Mengukur interval pengiriman data posisi alat medis ke *server*.	Pengukuran waktu pengiriman data
4	Interaksi antarmuka web	Mengamati kemudahan penggunaan antarmuka *web* untuk memantau alat medis.	Observasi penggunaan antarmuka

Tabel 1 menjelaskan parameter utama yang digunakan untuk menilai kinerja prototipe. Pengujian tidak hanya berfokus pada keberhasilan alat membaca lokasi, tetapi juga mencakup aspek konektivitas, pengiriman data, dan tampilan antarmuka. Dengan demikian, evaluasi sistem dilakukan secara menyeluruh dari sisi perangkat keras, jaringan, server, database, hingga pengalaman pengguna pada aplikasi *web*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Konektivitas dan Akurasi Sistem

Pengujian dilakukan setelah perangkat keras dan perangkat lunak dikonfigurasi. ESP32 dan GPS NEO-6M dihubungkan sesuai rancangan, sedangkan server lokal dijalankan menggunakan XAMPP dengan PHP dan MySQL. Sistem diuji untuk memastikan bahwa data lokasi dapat diterima oleh ESP32, dikirim ke server, disimpan pada database, dan divisualisasikan pada peta digital.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Sistem Pelacakan Aset

No.	Parameter	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Waktu koneksi Wi-Fi	5-10 detik	ESP32 terhubung ke jaringan lokal secara stabil.
2	Akurasi GPS (*outdoor*)	+/- 3 meter	Lokasi sesuai dengan pembanding pada Google Maps.
3	Akurasi GPS (*indoor*)	> 15 meter atau tidak terdeteksi	Sinyal terganggu oleh bangunan atau material logam.
4	Interval pengiriman data	Setiap 10 detik	Interval dapat diatur melalui kode ESP32.
5	Protokol pengiriman data	HTTP GET	Data dikirim menuju kirim_data.php pada server.

Tabel 2 menunjukkan bahwa sistem dapat terhubung ke jaringan Wi-Fi dalam waktu 5-10 detik dan mengirim data secara periodik setiap 10 detik. Pada kondisi *outdoor*, akurasi lokasi mencapai sekitar +/-3 meter sehingga cukup baik untuk mengetahui posisi alat pada area terbuka. Namun, pada kondisi indoor, terutama ketika perangkat berada pada ruangan tertutup atau dekat material konduktif, akurasi menurun lebih dari 15 meter atau lokasi tidak terdeteksi. Hasil ini menunjukkan bahwa GPS NEO-6M efektif digunakan pada area terbuka, tetapi masih memiliki keterbatasan untuk pelacakan detail di dalam gedung rumah sakit.

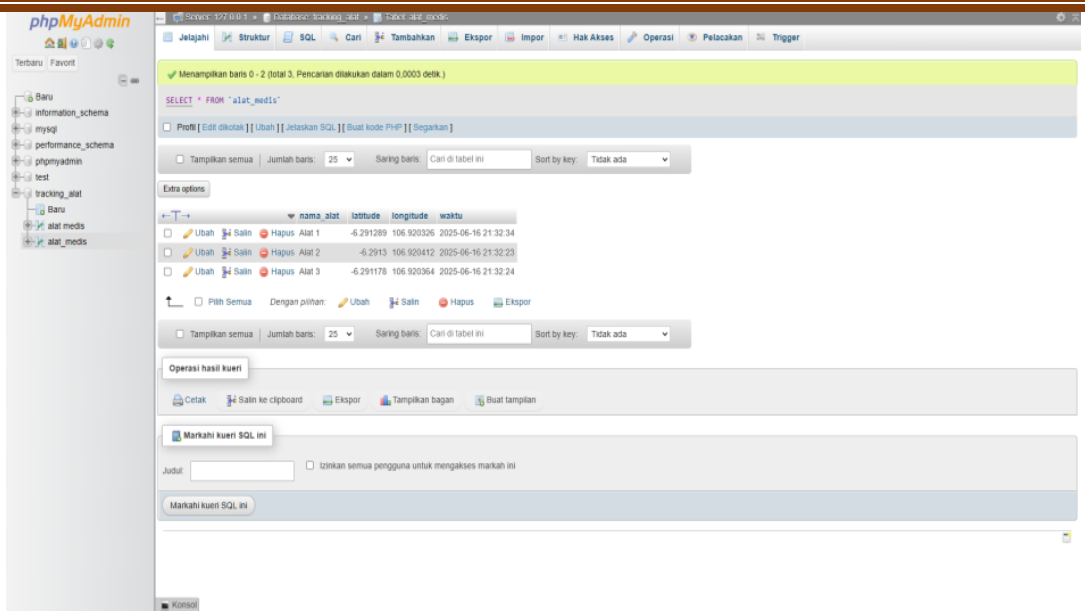
Pengujian Database dan Penyimpangan Data Lokasi

Data posisi yang dikirim oleh ESP32 diterima oleh file PHP pada server lokal. Setelah data diterima, sistem menyimpannya ke dalam tabel alat_medis pada database MySQL. Data yang tersimpan meliputi nama alat, *latitude*, *longitude*, dan waktu pengiriman. Penyimpanan data ini penting karena memungkinkan sistem memiliki riwayat lokasi yang dapat ditelusuri kembali ketika dibutuhkan oleh petugas.

Tabel 3. Contoh Data Lokasi yang Tersimpan pada *Database* MySQL

No.	Nama Alat	*Latitude*	*Longitude*	Waktu Pengiriman
1	Alat 1	-6.271138	106.912048	2025-06-03 19:16:29
2	Alat 2	-6.291277	106.920338	2025-06-13 22:13:37
3	Alat 3	-6.291265	106.920288	2025-06-12 22:15:36

Tabel 3 menunjukkan bahwa *database* mampu menyimpan beberapa data alat dengan koordinat dan waktu pengiriman yang berbeda. Kolom *latitude* dan *longitude* menjadi dasar penentuan titik *marker* pada peta digital, sedangkan *timestamp* digunakan untuk mengetahui kapan posisi terakhir dikirim oleh perangkat. Data ini membuktikan bahwa integrasi ESP32, PHP, dan MySQL dapat berjalan secara fungsional untuk kebutuhan penyimpanan data tracking aset medis.

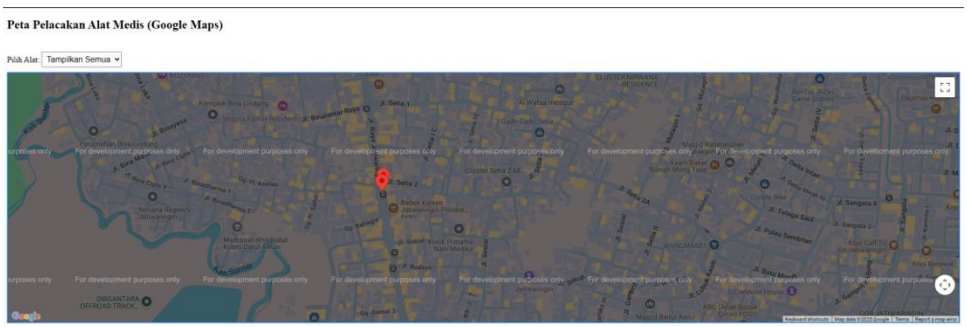


Gambar 4. Data Lokasi Alat Medis yang Tersimpan pada *Database*

Gambar 4 memperkuat hasil pada Tabel 3 dengan menampilkan antarmuka *database* yang berisi data posisi alat medis. Tampilan tersebut menunjukkan bahwa data dari ESP32 tidak hanya diterima oleh server, tetapi juga berhasil dicatat dalam sistem basis data. Keberhasilan penyimpanan ini menjadi dasar penting bagi sistem *monitoring* karena riwayat lokasi alat dapat dikelola secara terpusat.

Pengujian Antarmuka *Web Monitoring*

Antarmuka *web* dikembangkan untuk mempermudah pengguna melihat posisi alat medis. Data yang sudah tersimpan di *database* dibaca kembali oleh sistem dan ditampilkan dalam bentuk marker pada peta digital. Pada antarmuka tersebut, pengguna dapat memilih alat yang akan dipantau dan melihat posisi alat berdasarkan koordinat yang dikirimkan oleh ESP32.



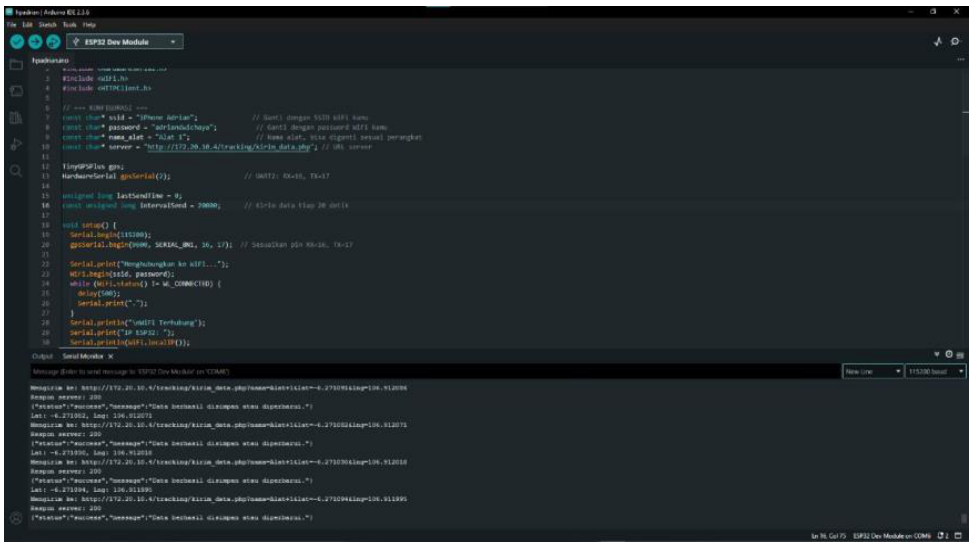
Gambar 5. Tampilan Antarmuka Web Pelacakan Alat Medis

Gambar 5 menunjukkan tampilan peta digital yang menampilkan lokasi alat medis melalui marker. Fitur ini mempermudah petugas untuk mengetahui posisi aset secara visual, bukan hanya melalui data koordinat numerik. Dengan visualisasi peta, informasi lokasi menjadi lebih mudah dipahami dan dapat digunakan sebagai dasar pencarian alat di lingkungan fasilitas kesehatan.



Gambar 6. Tampilan Prototype Alat Setelah Menggunakan *Housing*

Gambar 6 memperlihatkan prototipe alat yang telah diberi housing. Housing berfungsi melindungi ESP32, modul GPS, dan komponen pendukung dari risiko kerusakan fisik, debu, atau gangguan lingkungan. Pada konteks penggunaan di rumah sakit, desain fisik alat perlu memperhatikan keamanan, kerapian instalasi, dan kemudahan pemasangan pada aset medis yang akan dilacak.



Gambar 7. Tampilan ESP32 dan GPS NEO-6M saat Mengirim Data ke *Web*

Gambar 7 menampilkan proses ketika ESP32 menerima data dari GPS NEO-6M dan mengirimkan informasi tersebut ke *server* melalui koneksi Wi-Fi. Tampilan serial monitor menunjukkan bahwa proses komunikasi berjalan dan data lokasi dapat dipantau pada tahap pengujian. Bukti ini memperlihatkan bahwa fungsi utama sistem, yaitu pembacaan lokasi dan pengiriman data, sudah berjalan sesuai rancangan.

Pembahasan Kinerja Sistem

Secara umum, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem aset tracking berbasis ESP32 dapat digunakan sebagai prototipe pemantauan alat medis. Kinerja konektivitas Wi-Fi menunjukkan hasil stabil dengan waktu koneksi 5-10 detik. Pengiriman data menggunakan HTTP GET juga berjalan sesuai interval yang ditetapkan, yaitu setiap 10 detik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu menyediakan pembaruan data secara berkala, sehingga dapat mendukung konsep monitoring real-time.

Akurasi GPS menjadi aspek utama yang menentukan kualitas sistem. Hasil *outdoor* menunjukkan deviasi sekitar +/-3 meter, sehingga sistem cukup memadai untuk pelacakan pada area terbuka seperti halaman rumah sakit, area parkir, atau perpindahan antarbangunan. Akan tetapi, performa menurun pada ruangan tertutup dan area berbahan logam. Kondisi tersebut terjadi karena sinyal GPS membutuhkan akses yang baik terhadap satelit, sedangkan bangunan dan material konduktif dapat melemahkan atau memblokir sinyal.

Keterbatasan pada indoor tracking menjadi temuan penting dalam penelitian ini. Jika sistem akan diterapkan di dalam gedung rumah sakit secara penuh, maka GPS perlu dilengkapi metode lokalisasi tambahan seperti Wi-Fi *positioning*, *Bluetooth Low Energy beacon*, RFID, atau *ultra-wideband*. Pengembangan tersebut akan meningkatkan ketelitian lokasi dalam ruangan dan mengurangi ketergantungan pada sinyal satelit.

Integrasi database dan antarmuka web memberikan nilai tambah karena sistem tidak hanya membaca lokasi, tetapi juga menyimpan dan menampilkan data secara terpusat. Dengan adanya penyimpanan pada MySQL, petugas dapat melihat riwayat pergerakan alat. Dengan peta digital, data koordinat berubah menjadi informasi lokasi yang lebih mudah digunakan. Oleh karena itu, sistem ini dapat menjadi dasar pengembangan manajemen aset medis berbasis IoT pada skala yang lebih luas.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini berhasil merancang dan menguji prototipe sistem pelacakan aset alat medis berbasis ESP32 dan Wi-Fi. Sistem memanfaatkan GPS NEO-6M untuk memperoleh data koordinat, ESP32 untuk memproses dan mengirim data, PHP-MySQL untuk menerima serta menyimpan data, dan antarmuka web berbasis peta digital untuk menampilkan posisi alat medis.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ESP32 dapat terhubung ke Wi-Fi dalam waktu 5-10 detik, data lokasi dapat dikirim setiap 10 detik menggunakan HTTP GET, dan akurasi outdoor mencapai sekitar +/-3 meter. Pada kondisi *indoor* atau lingkungan berbahan konduktif, akurasi menurun menjadi lebih dari 15 meter atau data lokasi tidak terdeteksi. Meskipun demikian, sistem tetap mampu menunjukkan fungsi dasar pelacakan dan penyimpanan data secara terpusat.

Rekomendasi pengembangan selanjutnya adalah menggunakan metode lokalisasi tambahan untuk area indoor, menambahkan notifikasi ketika alat keluar dari area yang ditentukan, memigrasikan server lokal ke hosting profesional agar sistem dapat diakses multiuser, serta menambahkan baterai cadangan agar alat tetap aktif ketika sumber daya utama terputus.

REFERENSI

Amarrohman, F. J., Yuwono, B. D., Awaluddin, M., Prasetyo, Y., Firdaus, H. S., & Bashit, N. (2019). Pemetaan dan pengukuran untuk konstruksi teknik sipil. Jurnal Pasopati, 1(1), 28-33.

Auwali, GR, Ahfas, A, & Ayuni, SD (2023). … ESP 32 Cam Berbasis Telegram untuk Meminimalisasi Pencurian: Motorbike Control and Safety Devices Using Telegram-Based ESP 32 Cam to Minimize Theft. *MALCOM: Indonesian Journal of* ..., journal.irpi.or.id, https://www.journal.irpi.or.id/index.php/malcom/article/view/923

Aldarmaki, I, Alteneiji, A, Poon, K, & ... (2025). Wi-Fi Sensing for Motion Detection using ESP-32 and Raspberry Pi 4: A Comparison. ... , *and Control in* ..., ieeexplore.ieee.org, https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/11135528/

Brown, A., & Green, C. (2022). Quality improvement in health services through technology. Journal of Health Quality Improvement, 29(1), 56-70.

Budiman, A., & Suryana, T. (2019). Sistem monitoring keamanan pelayaran nelayan berbasis Internet of Things. Jurnal Ilmiah Setrum, 8(2), 238-247.

Gonzalez, A., et al. (2022). IoT in healthcare: Trends and innovations. International Journal of Medical Informatics, 45(2), 78-90.

Kumar, R., et al. (2021). Challenges in health equipment management. Journal of Health Management, 23(3), 123-135.

Lee, S., & Park, J. (2021). Utilizing ESP32 for health monitoring systems. Journal of Biomedical Engineering, 34(1), 45-60.

Nurrafifah, M., & Wirawan. (2023). Desain jaringan sensor dan aktuator nirkabel untuk pengaturan pencahayaan dan udara ruangan di ruang belajar. Jurnal Teknik ITS, 12(2), A153-A159.

Santoso, S. P., & Wijayanto, F. (2022). Rancang bangun akses pintu dengan sensor suhu dan handsanitizer otomatis berbasis Arduino. Jurnal Elektro, 10(1), 20-30.

Saputra, MJ, & Suryono, RR (2025). … Menggunakan Sensor Soil Moisture dan Mikrokontroler Esp 32: Technology Implementation Drip Irrigation on Plants Corn Uses Soil Moisture Sensor and Esp 32 …. *MALCOM: Indonesian Journal of …*, journal.irpi.or.id, https://journal.irpi.or.id/index.php/malcom/article/view/1642

Smith, T., & Jones, L. (2023). Asset management in healthcare: A new approach. Healthcare Management Review, 48(2), 67-80.

Wagyana, A., & Rahmat, R. (2019). Prototipe modul praktik untuk pengembangan aplikasi Internet of Things (IoT). Jurnal Ilmiah Setrum, 8(2), 238-247.

World Health Organization. (2020). Health technology assessment.

Zhang, Y., et al. (2022). Impact of sensor technology on asset management in hospitals. Journal of Hospital Administration, 36(4), 123-140.

Design of a Web-Based Information System for Selecting Field Work Practice (PKL) Sites at SMK Negeri 2 Padang

Tia Nuraini [1)*)], Thomson Mary [2)], Ami Anggraini Samudra [3)]

[1)2)3)]Program Studi Pendidikan Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas PGRI Sumatera Barat
[*)]**Correspondence author**: nurainitia095@gmail.com, Padang, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3328

Abstract

This research is motivated by the registration and data collection process for Field Work Practice (PKL) at SMK Negeri 2 Padang, which is still conducted manually, making it ineffective and time-consuming. The main issues identified include student complaints regarding internship placements that do not align with their majors or expertise, as well as teachers' difficulties in managing manual changes to student internship selections. The objective of this study is to design a web-based information system to facilitate students in selecting PKL institutions that match their fields of expertise. The system development method used is the Software Development Life Cycle (SDLC) with the Waterfall model. The system testing phase was conducted using the Black Box method to ensure that the system's functionality operates as expected. Beta testing results by experts indicated that the system achieved an average score of 91.1%, categorized as "Very Good". The evaluation criteria included content, accuracy, format, ease of use, and timeliness. In conclusion, this web-based PKL institution selection information system is feasible for implementation at SMK Negeri 2 Padang to enhance the efficiency of the school's institution selection process.

Keywords: *Information Systems, PKL, Web-Based, Waterfall, SMK Negeri 2 Padang*

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh sistem pendaftaran dan pendataan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di SMK Negeri 2 Padang yang masih dilakukan secara manual, sehingga dinilai kurang efektif dan efisien. Permasalahan utama yang ditemukan meliputi adanya keluhan siswa terkait ketidaksesuaian penempatan instansi dengan bidang keahlian mereka, serta kesulitan guru dalam mengelola perubahan pemilihan instansi siswa secara manual. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sebuah sistem informasi berbasis web yang dapat memudahkan siswa dalam memilih instansi PKL yang sesuai dengan kompetensi dan bidang keahliannya. Metode pengembangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah Software Development Life Cycle (SDLC) dengan model Waterfall, yang mencakup tahapan analisis, desain, implementasi, pengujian, penerapan, dan pemeliharaan. Sistem dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP Native dan database MySQL. Pengujian sistem dilakukan melalui dua tahap, yaitu pengujian Alpha menggunakan metode White Box dan Black Box, serta pengujian Beta yang melibatkan tenaga ahli dan pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian Alpha berhasil dengan seluruh fungsi berjalan baik sesuai skenario. Pengujian Beta oleh tenaga ahli memberikan rata-rata penilaian sebesar 90,5% dengan kriteria "Sangat Baik". Sementara itu, pengujian Beta terhadap pengguna (petugas, guru, dan wakil kesiswaan) menghasilkan rata-rata nilai sebesar 91,1% dengan kriteria "Sangat Baik". Dengan demikian, sistem informasi pemilihan instansi PKL berbasis web ini dinyatakan layak dan valid untuk diimplementasikan guna meningkatkan efisiensi proses penempatan siswa PKL di SMK Negeri 2 Padang.

Kata Kunci: Sistem Informasi, PKL, Berbasis Web, Waterfall, SMK Negeri 2 Padang

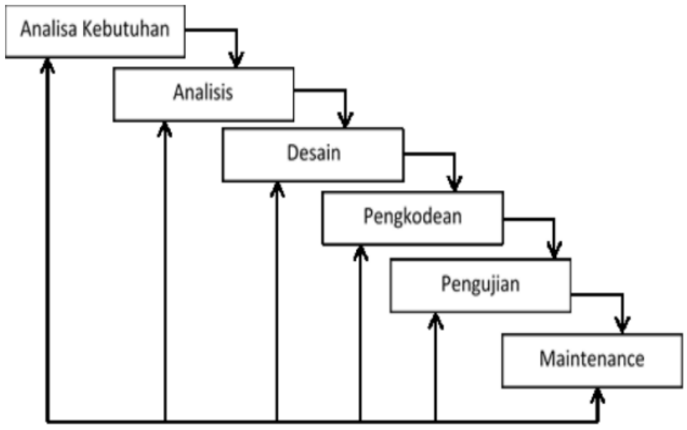
PENDAHULUAN

Proses pendaftaran atau Pendataan yang dilakukan di SMK Negeri 2 Padang masih menggunakan cara manual sehingga tidak efektif dan pendaftaran berlangsung lama. Dari permasalahan tersebut, perlu dibuat sistem informasi yang dapat membantu mempercepat pendaftaran dan pendataan siswa secara sistematis dan terkomputerisasi sehingga proses pendaftaran terlaksana secara cepat dan akurat.

Praktek Kerja Lapangan (PKL) merupakan komponen vital dalam pendidikan menengah kejuruan untuk memberikan pengalaman nyata di dunia kerja. Namun, sistem pendaftaran dan pendataan PKL di SMK Negeri 2 Padang saat ini masih dilakukan secara manual, yang menyebabkan prosesnya tidak efektif dan memakan waktu lama. Berdasarkan observasi, ditemukan masalah utama berupa keluhan siswa mengenai penempatan instansi yang tidak sesuai dengan jurusan atau bidang keahlian mereka. Di sisi lain, guru merasa kesulitan mengelola data karena banyaknya siswa yang mengajukan perubahan instansi secara manual. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem informasi berbasis web untuk memudahkan siswa memilih instansi yang sesuai secara mandiri dan sistematis.

METODE PENELITIAN

Penelitian perancangan sistem informasi pemilihan instansi pkl berbasis website di SMK Negeri 2 Padang ini dilakukan dengan menggunakan metode Software Development Life Cycle (SDLC) dengan model waterfall.



Gambar 1. Tahapan – Tahapan Model Waterfall

Sumber : Rizqi Darma Rusdiyan Yusron *et al.* (2021)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa dan Desain Sistem

Sistem yang diusulkan memungkinkan siswa memilih instansi sendiri, memantau status rekomendasi, dan mengunggah laporan secara digital. Implementasi sistem adalah proses menerapkan perancangan sistem yang telah dirancang pada bab sebelumnya. Tahap ini merupakan tahap akhir dalam desain sistem, yaitu membuat sistem dapat dioperasikan. Proses implementasi sistem terdiri dari perancangan interface dan penulisan kode program sesuai dengan sistem yang telah dirancang sebelumnya.

1. Implementasi Perangkat Lunak

   Perangkat lunak adalah program yang digunakan untuk mengoperasikan dan mengendalikan perangkat keras. Dalam penerapan sistem informasi pemilihan instansi. berbasis website di SMK Negeri 2 Padang, perangkat lunak berperan penting dalam mendukung kinerja sistem. Beberapa perangkat lunak yang dibutuhkan antara lain:

   a. Aplikasi browser (Google Chrome, Mozilla Firefox, dan lain-lain).
   b. Sistem operasi (Linux, Windows, MacOs, Android).

2. Implementasi Perangkat Keras

   Perangkat keras adalah bagian dari sistem komputer dan perangkat keras lain yang memungkinkannya melakukan tugas tertentu. Sistem informasi pemilihan instansi. berbasis website di SMK Negeri 2 Padang didukung oleh perangkat keras berikut:

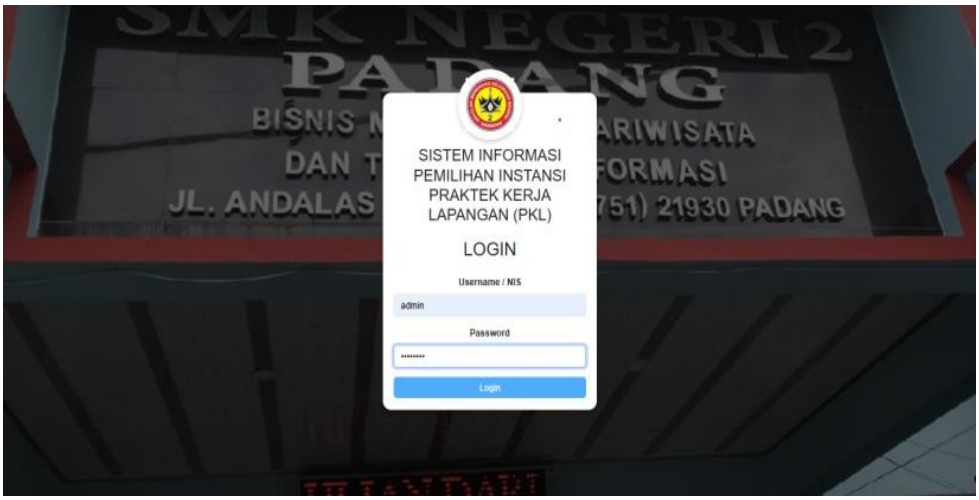
   a. Smartphone (Android, IOS)
   b. PC (Personal Computer)
   c. Laptop
   d. Implementasi Program

3. Tahap Implementasi program atau sistem adalah tahap implementasi program yang dirancang untuk mengetahui hasil yang diharapkan. Sistem informasi ini dirancang dengan menggunakan XAMPP sebagai server sistem yang dibangun, framework Bootstrap dan Visual Studio Code sebagai text editor.

Implementasi Antarmuka

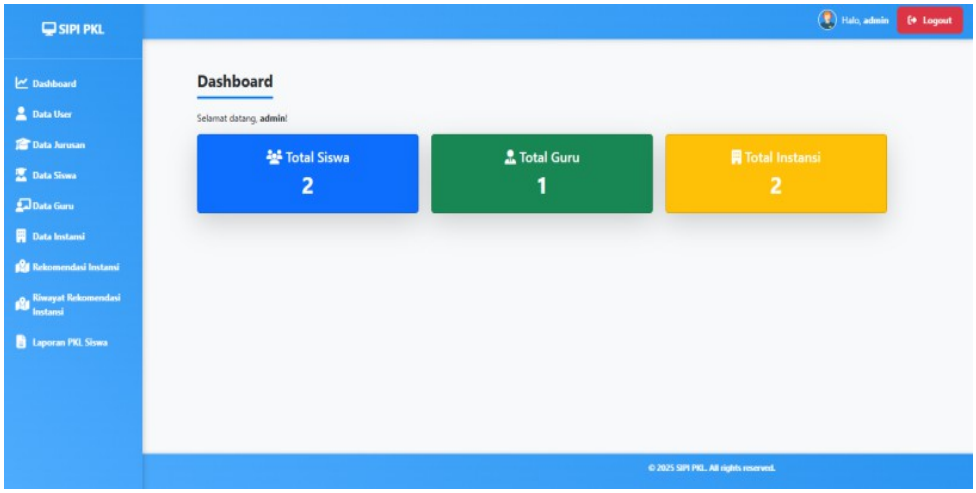
Beberapa tampilan utama sistem meliputi:

Halaman Login: Pintu masuk bagi Admin, Guru, dan Siswa.



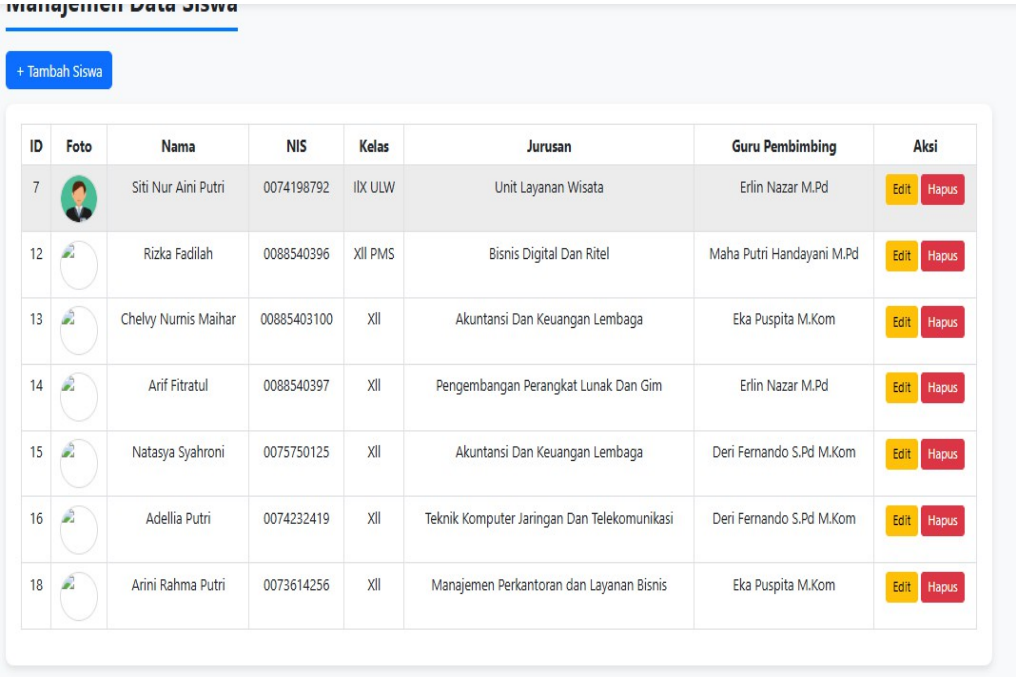
Gambar 2. Halaman Menu *Login* Admin

Dashboard Admin: Menampilkan statistik data user, jurusan, siswa, guru, dan instansi.



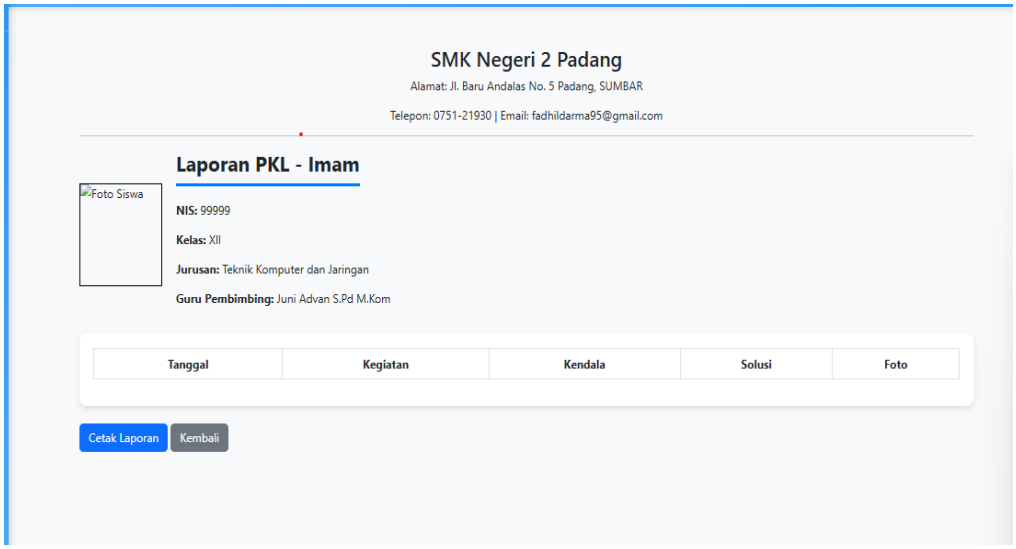
Gambar 3. Halaman Menu *Dashboard* Admin

Halaman Memilih Instansi (Siswa): Fitur utama bagi siswa untuk memilih tempat PKL yang sesuai.



Gambar 4. Halaman Menu Data Siswa

Laporan PKL: Fitur bagi siswa untuk memasukkan hasil laporan dan admin/guru untuk mencetak laporan tersebut.



Gambar 5. Halaman Laporan Siswa

Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian blackbox yang dilakukan oleh pengembang pada sistem informasi pemilihan instansi menunjukan bahwa deskripsi yang di uji pada sistem informasi pemilihan instansi pkl berbasis website di SMK Negeri 2 Padang berfungsi dengan baik atau valid. Dapat dilihat pada lampiran Angket Pengujian Blackbox Testing Pengembang.Pengujian Alpha: Hasil White Box dan Black Box menunjukkan seluruh fungsi berjalan valid sesuai skenario yang direncanakan.

Pengujian Beta Tenaga Ahli: Memperoleh rata-rata nilai 90,5% dengan kriteria "Sangat Baik". Aspek fungsionalitas dan portabilitas mendapatkan skor sempurna 100%.

Tabel 1. Penilaian Sistem Oleh Tenaga Ahli

No	Penilaian	Hasil (%)	Keterangan
1	Fungsionalitas (Fungsionality)	100	Sangat Baik
2	Keandalan (Reability)	83,3	Sangat Baik
3	Kegunaan (Usability)	85	Sangat Baik
4	Efesiensi (Efficiency)	87,5	Sangat Baik
5	Pemeliharaan (*Maintainability*)	87,5	Sangat Baik
6	Portabilitas (*Portability*)	100	Sangat Baik
	Rata - rata	**90,5**	**Sangat Baik**

Pengujian Beta Pengguna: Melibatkan petugas, guru, dan wakil kesiswaan dengan hasil rata-rata 91,1% (kriteria "Sangat Baik"). Ketepatan waktu (timeliness) menjadi aspek tertinggi dengan nilai 93,0%.

Tabel 2. Penilaian Sistem Oleh Pengguna

No	Kriteria	Hasil (%)	Keterangan
1	Isi (*content*)	88,8	Sangat Baik
2	Keakuratan (*accuracy*)	91,6	Sangat Baik
3	Bentuk (format)	90,9	Sangat Baik
4	Kemudahan (easy of use)	90,9	Sangat Baik
5	Ketepatan waktu (timeliness)	93,0	Sangat Baik
	Rata - rata	**91,1**	**Sangat Baik**

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Sistem informasi pemilihan instansi PKL berbasis web berhasil dikembangkan dengan model Waterfall dan PHP Native. Berdasarkan pengujian validasi tenaga ahli (90,5%) dan pengguna (91,1%), sistem ini dinyatakan layak dan valid untuk

diimplementasikan guna meningkatkan efisiensi proses penempatan siswa PKL di SMK Negeri 2 Padang. Disarankan untuk terus meningkatkan kualitas sistem di masa mendatang, terutama pada area yang belum mendapatkan skor maksimal, agar tetap relevan dengan kebutuhan sekolah dan perkembangan teknologi.

REFERENSI

A. A. Wahid. (2020). “Analisis Metode Waterfall Untuk Pengembangan Sistem Informasi,”. Jurnal Ilmu-Ilmu Informatika Dan Manajemen STMIK, 1(November).

Anjeli, D., Faulina, S. T., & Fakih, A. (2022). Sistem Informasi Perpustakaan Sekolah Dasar Negeri 49 OKU Menggunakan Embarcadero XE2 Berbasis Client Server. Jurnal Informatika Dan Komputer (JIK), 13(2), 57–66.

Elis, E., & Voutama, A. (2023). Pemanfaatan Uml (Unified Modeling Language) Dalam Perencanaan Sistem Penyewaan Baju Adat Berbasis Website. I N F O R M a T I K A, 14(2), 26. https://doi.org/10.36723/juri.v14i2.445

Endra, R. Y., Aprilinda, Y., Dharmawan, Y. Y., & Ramadhan, W. (2021). Bahasa Pemrograman PHP Pengembangan Website. EXPERT: Jurnal Manajemen Sistem Informasi Dan Teknologi, 11(1), 48.

Fachri, B., & Surbakti, R. W. (2021). Perancangan Sistem Dan Desain Undangan Digital Menggunakan Metode Waterfall Berbasis Website (Studi Kasus: Asco Jaya). Journal of Science and Social Research, 4(3), 263. https://doi.org/10.54314/jssr.v4i3.692

Fawa’ati, T. M., & Raharto, T. B. (2021). Rancang Bangun Game Edukasi Berbasis Android Pembantu Sistem Kegiatan Belajar Mengajar (KBM) Mata Pelajaran Komputer Untuk Sekolah. SIMADA (Jurnal Sistem Informasi Dan Manajemen Basis Data), 4(1), 40–47. https://doi.org/10.30873/simada.v4i1.2705

Firmansyah, Y., & Jamilah. (2018). Implementasi Sdlc Waterfall Dalam Pembuatan Game Edukasi Perjuangan. Jurnal Khatulistiwa Informatika, 6(2).

Gligorijevic, N., Robajac, D., & Nedic, O. (2019). Повышенная Чувствительность Тромбоцитов К Действию Инсулиноподобного Фактора Роста 1 У Больных Сахарным Диабетом 2-Го Типа. Биохимия, 84(10), 1511–1518. https://doi.org/10.1134/s0320972519100129

Hakim, H. L., Faqih, D., Deva, D., Hudaya, I. F., & Ilyas, M. N. (2024). Pengujian Alpha dan Beta Testing Pada Aplikasi TIJE. TeknoIS : Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Dan Sains, 14(2), 285–295. https://doi.org/10.36350/jbs.v14i2.265

Ikhsan, N., & Ramadhani, S. (2020). Sistem Informasi Administrasi Surat Menyurat. Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis, 2(2), 141–151.

Kusumo, A. T., Vito Triantori, & Ishak Komarudin. (2021). Rancang Bangun Sistem Informasi Penjualan Berbasis Web pada Smooth-Tee dengan Metode Waterfall. Jurnal Sistem Informasi, 10(2), 82–88. https://doi.org/10.51998/jsi.v10i2.422

Maydianto, & Ridho, M. R. (2021). Rancang Bangun Sistem Informasi Point of Sale Dengan Framework Codeigniter Pada Cv Powershop. Jurnal Comasie, 02, 50–59. https://journal.interstudi.edu/index.php/jurnalpedes/article/view/1646/282

Nuh, M. (2022). Penyuluhan Mengelola Website Sebagai Media Publikasi, Komunikasi Dan Informasi Pada Pesantren Hidayatullah Jonggol. Jurnal Pedes - Pengabdian Bidang, 2, 110–117. https://journal.interstudi.edu/index.php/jurnalpedes/article/view/1646/282

Praniffa, A., C., Syahri, A., Sandes, F., Fariha, U., Giansyah, Q., A, & Hamzah, M. (2023). Pengujian Black Box Dan White Box Sistem Informasi Parkir Berbasis Web Black Box And White Box Testing Of Web-Based Parking Information System. Jurnal Testing Dan Implementasi Sistem Informasi, 1(1), 1–16.

Saputra, U., Astrianda, N., Nasution, B. R., Anggara, A. A., Qaisa, R. S., & Jakfar, A. E. (2023). Analisa Pengujian Sistem Informasi Website E-Commerce Bali-Store Menggunakan Metode Black Box Testing. Jurnal Teknologi Informasi, 2(2), 95. https://doi.org/10.35308/jti.v2i2.7847

Shaleh, I. A., Yogi, J. P., Pirdaus, P., Syawal, R., & Saifudin, A. (2021). Pengujian Black Box pada Sistem Informasi Penjualan Buku Berbasis Web dengan Teknik Equivalent Partitions. Jurnal Teknologi Sistem Informasi Dan Aplikasi, 4(1), 38. https://doi.org/10.32493/jtsi.v4i1.8960

Yoraeni, A., Adetian, A., & Arfian, A. (2020). Penerapan Model Water Fall Dalam Membangun Sistem Penjualan Berbasis Web Pada Nefertari Florist Bekasi. Jurnal

Interkom: Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi Dan Komunikasi, 14(4), 4–12. https://doi.org/10.35969/interkom.v14i4.57.

Development of Marker-Based Augmented Reality Educational Media for Introducing Traditional Indonesian Musical Instruments

Rahil Athari [1)*)], Sarini Vita Dewi [2)], Raihan Islamadina [3)]

[1)2)3)]Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan,
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
[*)]**Correspondence author**: rahilathari9@gmail.com, Banda Aceh, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3773

Abstract

As part of the nation's cultural heritage, traditional Indonesian music has grown and developed throughout almost all regions of the archipelago. It has been passed down from generation to generation and continues to be practiced today. Each traditional musical instrument is an important element of Indonesian culture that reflects the identity, philosophical values, and history of a particular region. Basically, a musical instrument is an instrument specifically designed or modified to produce musical sounds. However, public interest in learning about and recognizing traditional musical instruments has gradually declined, resulting in a lack of interest in studying them. This research aims to develop an educational medium that utilizes Augmented Reality technology to introduce traditional Indonesian musical instruments to students in an interactive way. The research method used is Research and Development (R&D) with the ADDIE model, which consists of the stages of Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. This research produced a digital book integrated with Augmented Reality technology, enabling the presentation of three-dimensional (3D) objects and audio of traditional musical instruments through marker scanning. The results of media expert validation showed a percentage of 89%, categorized as very feasible, while the testing results indicated that the learning media was feasible for use, with a satisfaction level of 63%. Based on these results, the interactive learning media is considered feasible to support the introduction of traditional Indonesian musical instruments. It is expected that students will gain a better understanding of and appreciation for the diversity of local culture, particularly traditional musical instruments.

Keywords: *Augmented Reality, Traditional Musical Intruments, Educationan Media*

Abstrak

Sebagai warisan budaya bangsa, musik tradisional Indonesia tumbuh dan berkembang di hampir seluruh wilayah nusantara, diwariskan secara turun-temurun dan tetap di praktikkan hingga kini. Setiap alat musik tradisional adalah unsur penting dalam budaya indonesia yang mencerminkan identitas nilai-nilai filosofi, serta sejarah dari suatu wilayah. Pada dasarnya, alat musik merupakan instrument yang dirancang atau dimodifikasi secara khusus untuk menghasilkan bunyi-bunyian musikal. Namun, ketertarikan masyarakat dalam mempelajari serta mengenali instrument musik tradisional kini semakin menurun sehingga banyak enggan mempelajarinya. Penelitian ini disusun untuk mengembangkan sebuah media edukasi yang memanfaatkan teknologi *Augmented Reality* dalam memperkenalkan alat musik tradisional indonesia kepada siswa secara interaktif. Metode penelitian yang dipakai adalah Reasearch and Development (R&D) dengan mengadaptasikan model ADDIE, yang terdiri atas tahapan analisis, perancangan, pengembangan, penerapan, dan evaluasi. Penelitian ini menghasilkan buku digital yang terintregrasi dengan teknologi *Augmented Reality* sehingga mampu menampilkan objek tiga dimensi (3D) beserta audio dari masing-masing alat musik tradisional melalui proses pemindaian marker. Hasil validasi ahli media menunjukkan persentase sebesar 89% dengan kategori sangat layak sedangkan hasil pengujian menunjukkan bahwa media pembelajaran ini layak digunakan, dengan tingkat kepuasan memperoleh 63%. Berdasarkan hasil tersebut, media pembelajaran interaktif layak untuk membantu pengenalan alat musik tradisional indonesia. Dan diharapkan siswa lebih memahami dan menghargai keberagaman budaya lokal alat musik tradisional.

Kata Kunci: Augemented Reality, Alat Musik Tradisional, Media Edukasi

PENDAHULUAN

Pendidikan menempati posisi stragis dalam upaya mencerdaskan kehidupan bangsa (Nae et al., 2024). Di dalamnya, musik turut mengambil peran penting dalam membentuk karakter. pembelajaran seni musik bukan sekadar melatimh keterampilan teknis dan kepekaan estetis, melainkan juga menjadi sarana menanamkan nilai moral, sosial, dan spiritual yang ikut membentuk kepribadian siswa (Setyatama, 2025). Pendidikan merupakan cara penting untuk mempertahankan budaya secara berkelanjutan, terutama dengan cara menghadirkan media pembelajaran yang menarik dan dimengerti (Susanti & Pamungkas, 2023). Khususnya siswa sekolah dasar, cukup sulit mengidentifikasi alat musik tradisional terutama karena karakteristik budaya itu sendiri. Budaya bergerak dengan dinamika yang sangat tinggi, kesenian alat musik tradisional tampak tenggelam diantara kehadiran budaya musik lain yang lebih digemari. Observasi awal yang telah dilakukan oleh peneliti di MIN 20 Banda Aceh, sebagian peserta didik belum mengenal dengan baik alat musik tradisional seperti kendang, kecapi, gong, kempul, baik dari segi bentuk, cara memainkannya, maupun asal daerahnya.Kurangnya minat dan pengetahuan terhadap alat musik tradisional menyebabkan terjadinya penurunan apresiasi budaya, bahkan berpotensi menghilangkan warisan budaya tersebut di masa depan (Cahyono & Saputra, 2023). Dengan demikian, seni musik berfungsi sebagai sarana pembentukan karakter yang selaras dengan tujuan pendidikan nasional, khusunya pada jenjang pendidikan dasar.

Alat musik tradisional merupakan intrument khas yang tumbuh dan berkembang di berbagai daerah di seluruh indonesia, dengan jenis yang sangat beragam karena hampir setiap wilayah memiliki instrument musiknya masing-masing (Aven et al., 2020). Keberagaman alat musik tradisional berfungsi sebagai penanda identitas dengan kelompok atau kebudayaan masyarakat pada setiap daerah. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), istilah “tradisional” merujuk pada segala sesuatu yang kaitannya erat dengan tradisi dan warisan budaya . Keberagaman alat musik tradisional indonesia sangat banyak, namun pengenalan mengenai alat musik tradisional tersebut masih minim di kalangan anak-anak generasi masa kini (Tanggu et al., 2022). Secara umum, alat musik tradisional dapat dikelompokkan berdasarkan cara memainkannya, yaitu alat musik petik, pukul, tiup, dan gesek.

Kehadiran *augmented reality* sebagai solusi yang relevan untuk menciptakan media interaktif dalam edukasi seni dan budaya. Teknologi ini memungkinkan sesuatu yang semula bersifat maya diwujudkan, menjadi pengalaman yang terasa nyata bagi penggunanya. Bagi Indonesia dengan keberagaman dan kebudayaan, upaya menjaga kelestarian budaya tersebut tentu memiliki tantangan tersendiri. (Masrura & Anistyasari, 2022). Secara teknis, AR adalah teknologi yang mampu menggabungkan objek virtual baik dua maupun tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata secara *real time* (Nasution et al., 2022). Kelebihan utama dari AR yaitu teknologi ini mampu diterapkan secara luas dalam beragam media pembelajaran. Dengan memanfaatkan AR dalam pengembangan media pembelajaran, hal ini menjadi solusi tepat untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran. (Mulyadi et al., 2020).

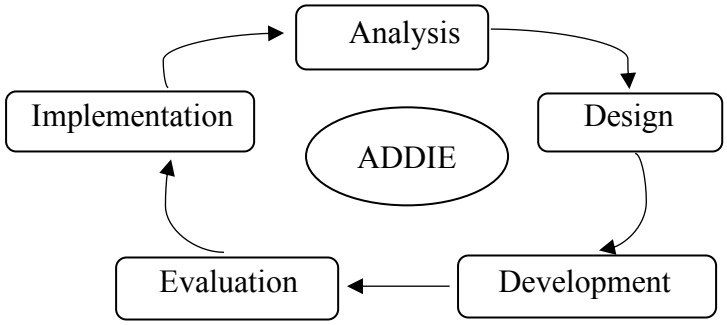
Beberapa penelitian sebelumnya telah menciptakan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* untuk mengenalkan alat musik tradisional. Namun, penelitian sebelumnya hanya mengenalkan beberapa alat musik melalui visualisasi objek 3D. Media tersebut masih terbatas alat musik yang ditampilkan dan belum lengkap dengan fitur audio dari setiap alat musik (Febrianto & Tri Widodo, 2025). Oleh sebab itu, penelitian ini menghasilkan media *marker based Augmented Reality* berbasis android yang menyajikan objek 3D,informasi dari setiap alat musik, serta audio untuk pengalaman belajar yang lebih interaktif.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan media edukasi berbasis Augmented Reality untuk mengenalkan alat musik tradisional indonesia kepada siswa. Sehingga peneliti berharap media yang dihasilkan mampu menjadi salah satu alternatif media pembelajaran bersifat interaktif serta meningkatkan pengetahuan dan apresiasi siswa terhadapa budaya Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode *Research and Development* (R&D) yang dipadukan dengan pendekatan deskriptif kuantitatif. Tujuannya adalah menghasilkan media edukasi *Augmented Reality*(AR) dengan metode *Marker Based Tracking* pada platform android, guna memperkenalkan alat musik tradisional Indonesia. Model pengembangan yang dipilih adalah ADDIE, yang terdiri atas Analisis(Analyzing), Desain(Design),

Pengembangan(Development), Implementasi (Implementation), dan Evaluasi (Evaluation) (Literatur & Model, 2026) Model ini dipilih karena tahapannya tersusun secara sistemastis sehingga sesuai untuk menghasilkan produk pembelajaran.



Gambar 1. ADDIE Model

Secara umum, metode penelitian dan pengembangan (R&D) merupakan pendekatan yang digunakan untuk menciptakan produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada, sekaligus menguji tingkat kelayakannya. Populasi dalam penelitian ini adalah siswa kelas IV di MIN 20 Aceh Besar, sample penelitian berjumlah 24 siswa. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah total sampling, yaitu menjadikan seluruh siswa kelas sebagai sampel penelitian. Dengan begitu, seluruh siswa dalam satu kelas yang berjumlah 24 orang dilibatkan sebagai responden dalam pengujian kelayakan media. Pengembangan metode ADDIE memiliki 5 tahapan yaitu:

1. **Tahap Analisis (*Analyzing*)**

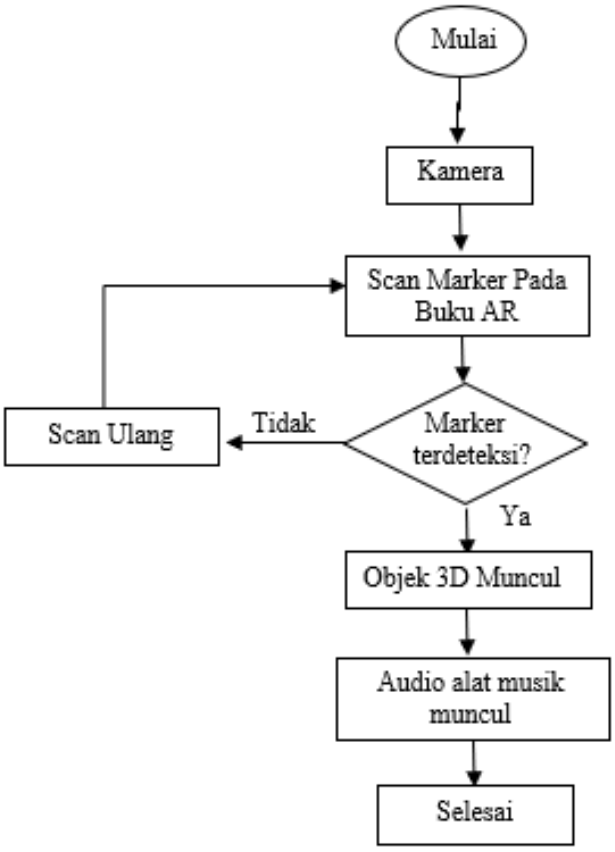
   Tahapan ini adalah peneliti mengevaluasi kebutuhan dan tujuan pembelajaran secara identifikasi kendala dalam pengajaran konsep alat musik. Berdasarkan analisis kebutuhan yang dilakukan melalui observasi di MIN 20 Aceh Besar yang menunjukkan bahwa proses mengenai alat musik tradisional masih menggunakan buku cetak atau memberikan tugas tentang menggambar juga sesekali memperlihatkan materi melalui infokus. Analisis pengguna menunjukkan bahwasannya sasaran media siswa sekolah dasar lebih memahami materi melalui media visual dan interaktif. Kemudian pada tahap analisis materi peneliti menentukan jenis alat musik tradisional yang akan di muat dalam media seperti, kendang, kecapi, gong, serta beberapa alat musik lainnya. Sehingga

dikembangkan media buku digital berbasis Marker Based Augmented Reality yang dapat menampilkan objek 3D serta audio alat musik menjadi alternatif media pembelajaran yang lebih menarik bagi siswa.

2. Tahap Desain (*Design*)

Pada tahap ini, peneliti mengembangkan media pembelajaran berbasis *augmented reality*. Pada tahap ini dilakukan perancanaan flowchart, storyboard, serta alur navigasi media edukasi. Perancangan ini guna untuk memiliki tampilan yang menarik, serta mampu menyampaikan informasi secara jelas terhadap pengguna.

Flowchart merupakan gambaran grafis yang menampilkan langkah-langkah dan urutan proses dalam sebuah program.(Malabay, 2016). Flowchart pada umumnya, membantu mempermudah penyelesaian suatu masalah, saat pengguna membuka media, mereka akan disambut dengan halaman judul, kemudian akan di arahkan pada petunjuk penggunaan media serta gambaran marker.



Gambar 2. Flowchart Media Edukasi

3. Tahap Pengembangan (*Development*)

Tahap ini melibatkan proses pengembangan media pembelajaran sesuai dengan rancangan yang telah disusun pada tahap sebelumnya. Pengembangan media AR yang akan ditampilkan sebagai objek 3D yang mengintegrasikan komponen multimedia dengan memanfaatkan perangkat assemblr edu dan meshy ai. Langkah ini bertujuan memastikan media yang dihasilkan telah sesuai dengan tuhuan ytang ditetapkan. Pada tahap ini juga dilakukan uji ahli media untuk menilai kesiapan media sebelum diimplementasikan kepada siswa. Ahli materi memberikan panilaian terhadap kesesuaian konten.sedangkan ahli media menilai kualitas desain dan teknologi aplikasi. Pengumpulan data dilakukan melalui kuesioner berskala lima tingkat yaitu sangat baik, baik, cukup, kurang, dan sangat kurang. Setelah proses perhitungan selesai, skor yang diperoleh dikonversi menjadi data kuantitatif dengan mengacu pada tabel interpretasi kriteria kelayakan yang ditampilkan dalam tabel 1 (Pradana & Mawardi, 2021).

Data hasil validasi ahli media, ahli materi, maupun respon pengguna dianalisis secara kuantitatif menggunakan rumus persentase. Rumus ini digunakan untuk mengetahui tingkat kelayakan media berdasarkan perbandingan antara skor yang diperoleh dengan skor maksimal kemudian dikonversikan ke dalam bentuk persentase dengan rumus:(Hayati et al., 2022).

$$P = \frac{\sum X_i}{\sum X} \times 100\%$$

Keterangan :

P = Persentase

$\sum X_i$ = Skor yang diperoleh

$\sum X$ = Skor maksimal

Tabel 1. Kategori Kelayakan Hasil Analisis Data

No	Persentase	Kategori
1.	81% - 100%	Sangat Baik
2.	61% - 80%	Baik
3.	41% - 60%	Cukup

4.	21% - 40%	Kurang
5.	0% - 20%	Sangat Kurang

4. Tahap Implementasi (*Implementation*)

Tahap ini, dilakukan uji coba media sebagai bentuk pengujian media pembelajaran yang telah dilakukan. Media tersebut diuji coba kepada sejumlah responden pada siswa dari MIN 20 Aceh Besar dengan menggunakan kuesioner penilaian. Tujuan dari uji coba ini untuk mengumpulkan data terkait kemudahan penggunaan, keefektivitas kelayakan serta potensi media dalam mendukung proses pembelajaran. Kuesioner merupakan instrument pengumpulan data berupa serangkaian pertanyaan yang dirancang untuk mengukur variabel penelitian (Ardiansyah et al., 2023).

5. Tahap Evaluasi (*Evaluation*)

Evaluasi menempati posisi dalam model ADDIE, karena pelaksanaanya yang baik akan menghasilkan informasi berharga bagi perbaikan dan pengembangan proses pembelajaran selanjutnya. (Rangga Bayu Rinawan et al., 2024). Hasil dari pengisian kuesioner ini akan dijadikan dasar untuk melakukan perbaikan dan penyempurnaan media. Data yang terkumpul akan memberikan wawasan penting mengenai efektivitas media pembelajaran yang digunakan, serta sejauh mana aplikasi tersebut memenuhi kebutuhan pembelajaran. Sehingga media pembelajaran ini memilki kualitas yang optimal dan memberikan pengalaman belajar yang efektif bagi pengguna.

Alat dan Bahan

Penelitian dan pengembangan media pembelajaran ini, menggunakan beberapa alat dan bahan pendukung. Alat yang digunakan ada berupa perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini berupa laptop Lenovo IdeaPad Slim 3 yang berfungsi untuk merancang dan membuat seluruh komponen media pembelajaran mulai dari desain marker hingga proses pembuatan objek 3D, serta Smarthphone yang digunakan untuk menjalankan aplikasi *Augmented Reality* dan melakukan proses scan marker melalui kamera yang terdapat pada perangkat. Adapun bahan yang digunakan adalah Canva digunakan sebagai bahan untuk mendesain marker dan elemen visual pendukung media pembelajaran, assemblr Edu digunakan untuk membuat marker AR serta mengintergrasikan objek 3D dan fitur audio ke

dalam media pembelajaran, dan meshy.ai yang digunakan untuk membuat model objek 3D alat musik tradisional. Audio pendukung yang digunakan untuk setiap alat musik tradisional bersumber dari Youtube yang kemudian dimasukkan kedalam aplikasi assemblr edu. Selain itu, peneliti juga menggunakan lembar kuesioner untuk pengumpulan data evaluasi dari peserta didik, ahli media, dan ahli materi untuk mengukur kelayakan media pembelajaran yang telah dikembangkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah media pembelajaran berupa buku digital berbasis Marker Based *Augmented Reality* yang dirancang sebagai bahan ajar interaktif bagi siswa SD/MIN dalam mata pelajaran kesenian dan kebudayaan untuk memperkenalkan alat musik tradisional indonesia. Media ini dapat digunakan pada perangkat android dan memanfaatkan teknologi Augmented Reality berbasis marker untuk menampilkan objek 3D ketika kamera smarthphone diarahkan ke marker yang terdapat pada buku digital. Dibawah ini beberapa tampilan user interface dari buku digital :

Tampilan Awal Buku Digital

Tahap perancangan konsep tampilan buku digital ini disesuakan dengan kebutuhan pengguna. Konsep desain dibuat dengan memperhatikan aspek kesederhanaan, kemudahan pengguna, dan daya tarik visual agar pengguna merasa nyaman saat menggunakan media. Buku digital ini dirancang menggunakan aplikasi Canva dengan memadukan warna, ilustrasi, yang mudah saat dibaca. Halaman cover memuat judul media, ilustrasi alat musik tradisional, dan desain visual, sebagaimana tampilan pada halaman awal buku digital berikut:



Gambar 3. Tampilan Awal

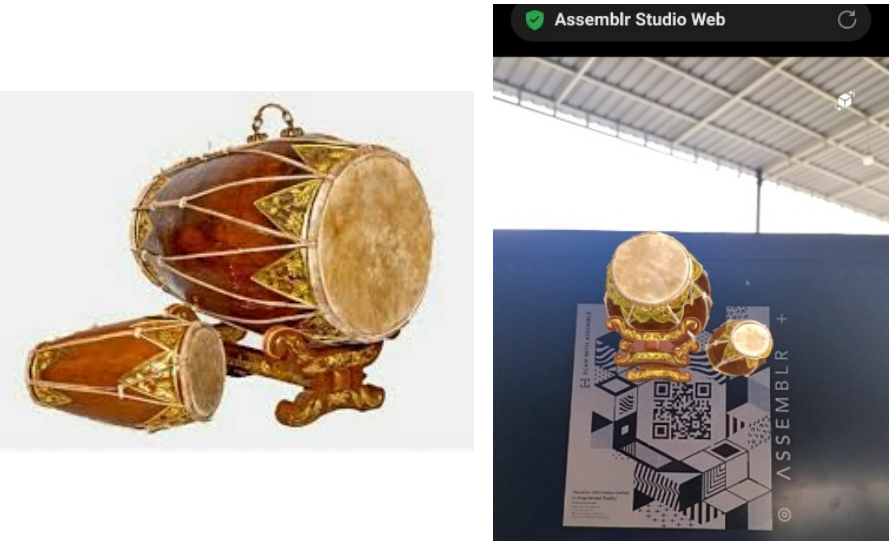
Kemudian deskripsi modul digital yang berisi informasi umum mengenai tujuan, ruang lingkup materi serta cara penggunaan buku digital, dan juga halaman petunjuk. Halaman ini berisi instruksi pengguna modul, dalam halaman ini pengguna akan mendapatkan informasi tentang cara mengoperasikan cara menggunakan kamera untuk mendapatkan objek 3D.



Gambar 4. Menampilkan Deskripsi Modul dan Petunjuk Penggunaan

Perancangan Marker

Marker berperan sebagai penanda yang memicu kemunculan objek 3D pada aplikasi *Augmented Reality*. Dalam penelitian ini, marker dirancang menggunakan Assemblr EDU, yaitu platform yang menyediakan fitur pembuatan konten *Augmented Reality* secara mudah dan terintegrasi.



Gambar 5. Tampilan AR Camera

Selain objek 3D, media juga dilengkapi dengan audio suara asli dari masing-masing alat musik yang diperoleh melalui proses pengunduhan dan konversi menggunakan situs y2mate.com, kemudian dimasukkan ke dalam aplikasi Assemblr Edu. Audio akan terputar otomatis setelah marker berhasil di scan sehingga pengguna tidak hanya mengenali bentuk alat musik tetapi juga karakteristik dari bunyinya.

Tampilan Materi

Pada tampilan materi, pengguna dapat mempelajari berbagai jenis alat musik yang ada dalam buku digital. Materi yang disajikan ada 13 alat musik yaitu: gendang, kolintang, seruling, serunai, gambus, sasando, calung, kecapi, gong, kenong, angklung dan kempul. Setiap alat musik dijelaskan secara rinci asal daerah, cara pemakaian alat musik.



Gambar 6. Tampilan Materi

Tabel 2. Hasil Pengujian Ahli Media

Penguji	Tampilan	Kemudahan	Fungsionalitas	Total Skor	Skor Maksimal	Persentase
1	22	36	8	58	65	89%

Berdasarkan tabel diatas, hasil validasi ahli media menunjukkan bahwa pengujian oleh ahli media menghasilkan skor 58, dengan presentase kelayakan sebesar 89%. Berdasarkan kriteria kelayakan media pengenalan alat musik tradisional berbasis AR marker ini tergolong dalam kategori “Sangat Layak”. Selanjutnya, hasil pengujian kualitas dan kesesuaian tujuan oleh ahli materi dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Ahli Materi

Penguji	Aspek Kelayakan	Aspek Program	Total Skor	Skor Maksimal	Persentase
1	29	20	49	50	98%

Tabel 3 menyajikan hasil pengujian ahli materi, yang dilakukan oleh seorang guru seni budaya yang mengajar di MIN 20 Aceh Besar, menggunakan instrumen validasi yang telah disusun. Berdasarkan hasil validasi, pada pengujian ahli materi mendapatkan total skor 49,dengan presentase kelayakan 98%. Berdasarkan kriteria kelayakan maka materi media pembelajaran alat musik tradisional indonesia termasuk dalam kategori “Sangat Layak”. Kemudian pada tahap penilaian responden pengguna dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Penilaian Responden Pengguna

Jumlah Responden	Jumlah Pertanyaan	Skor Diperoleh	Skor Maksimal	Persentase	Kategori
24	5	229	360	63%	Layak

Pada tabel 4 merupakan hasil penilaian siswa sekolah mengisi kuesioner. Penilaian responden siswa terdiri dari 24 siswa kelas IV MIN 20 Aceh Besar. Aspek yang dinilai merupakan kemudahan penggunaan, kejelasan materi, dan manfaat media dalam mebantu proses pembelajaran. Pada penilaian siswa ini didapatkan total skor 229, dengan presentase kelayakan 63%. berdasarkan kriteria kelayakan, media pembelajaran ini termasuk dalam kategori "Layak". Nilai tersebut menunjukkan bahwa media masih memiliki ruang untuk diperbaiki, terutama dari sisi pengalaman dan ketertarikan pengguna. Dalam pelaksanaan pengisian, terdapat kemungkinan beberapa siswa memberikan jawaban yang kurang konsisten karena karakteristik responden masih berada pada jenjang sekolah dasar, sehingga hasil responden pengguna saya interpretasikan secara hati-hati sebagai gambaran kelayakan awal media, hasil tersebut mengidentifikasi respons positif dari pengguna terhadap media ini, yang disebabkan oleh kemudahan penggunaan serta kemampuannya dalam membantu pengguna memahami materi alat musik tradisional lewat visualisasi objek3D.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian, media edukasi untuk pengenalan alat musik tradisional indonesia berhasil dikembangkan melalui model ADDIE, yang mencakup tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi dan evaluasi. Produk yang dihasilkan berupa buku digital yang mampu menampilkan objek 3D, informasi serta audio alat musik tradisional melalui proses peminadaian marker menggunakan android. Hasil uji coba menunjukkan bahwa buku digital layak digunakan dengan tingkat manfaat, kemudahan, dan kepuasan, menacapai persentase 63%. Hal ini membuktikan bahwa teknologi AR dapat difungsikan sebagai media pembelajaran interaktif untuk membantu siswa mengenal alat musik tradisional indonesia. Meski demikian, penelitian ini masih memiliki sejumlah keterbatasan, peneliti berharap agar penelitian selanjutnya bisa menambahkan fitur animasi pada objek alat musik tradisional, sehingga media pembelajaran tidak hanya menampilkan visualisasi 3D, tetapi juga memeperlihatkan gerakan atau cara memainkan alat musik secara lebih nyata.

REFERENSI

Ardiansyah, Risnita, & Jailani. (2023). Teknik Pengumpulan Data Dan InstruArdiansyah, Risnita, and Jailani. "Teknik Pengumpulan Data Dan Instrumen Penelitian Ilmiah Pendidikan Pada Pendekatan Kualitatif Dan Kuantitatif." Jurnal Pendidikan Islam 1, no. 2 (2023): 1–9. https://doi.org/10.61104/ihs. *Jurnal Pendidikan Islam*, *1*(2), 1–9.

Aven, K., Iskandar, R. J., Yulius, A., & Putra, A. (2020). Musik Tradisional Kalimantan Barat Berbasis Android. *Masitika*, *5*, 1–11.

Cahyono, N., & Saputra, R. B. (2023). Pengujian Device dan Blackbox pada Aplikasi Augmented Reality Alat Musik Tradisional Yogyakarta. *Journal of Information System Research (JOSH)*, *4*(3), 767–774. https://doi.org/10.47065/josh.v4i3.3148

Febrianto, Z., & Tri Widodo. (2025). Pengembangan Media Augmented Reality dalam Pembelajaran Alat Musik Tradisional: Angklung, Gong, Saron, Gendang, dan Kenong. *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, *5*(1), 146–158. https://doi.org/10.51454/decode.v5i1.1036

Hayati, H. S., Astuti, P., & Febrian, F. (2022). Electronic Student Worksheets Based on Rigorous Mathematical Thinking for Sequence and Series Materials in Senior High School. *Jurnal Gantang*, *7*(2), 185–197. https://doi.org/10.31629/jg.v7i2.5331

Literatur, S., & Model, P. (2026). Studi Literatur Pengembangan Model ADDIE (Analiysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) Dalam Penelitian R and D. *Jurnal PPS-TP*, *14*(1), 57–70. https://doi.org/10.23960/jt.v14i1.2026.1415

Malabay. (2016). Pemanfaatan Flowchart Untuk Kebutuhan Deskripsi Proses Bisnis. *Jurnal Ilmu Komputer*, *12*(1), 21–26.

Masrura, A. F., & Anistyasari, Y. (2022). Implementasi Augmented Reality Marker Based Tracking pada Aplikasi Interaktif Pengenalan Alat Musik Tradisional Bonang Jawa Berbasis Android. *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, *3*(03), 287–299. https://doi.org/10.26740/jinacs.v3n03.p287-299

Mulyadi, T., H, M. R., & Amiruddin, A. (2020). Penerapan Teknologi Augmented Reality Sebagai Sarana Edukasi Perkenalan Alat Musik Dengan Metode Single Marker. *Journal of Information System Management (JOISM)*, *1*(2), 18–21. https://doi.org/10.24076/JOISM.2020v1i2.26

Nae, R. F., Feto, W., & Dopo, F. B. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Musik Tradisional Berbasis Multimedia Interaktif. *Jurnal Citra Magang Dan Persekolahan (JCMP)*, *2*(2), 340–346.

Nasution, N., Darmayunata, Y., & Wahyuni, S. (2022). *Augmented Reality dan Pembelajaran di Era Digital*. CV. Adanu Abimata. https://books.google.co.id/books?id=dGmSEAAAQBAJ

Pradana, F. A. P., & Mawardi. (2021). Pembelajaran Tematik Kelas Iv Sd. *Fondatia : Jurnal Pendidikan Dasar*, *5*(1), 13–29. https://ejournal.stitpn.ac.id/index.php/fondatia

Rangga Bayu Rinawan, Zaenal Mustofa, & Yussi Anggraini. (2024). Tahap Development dalam Metode ADDIE Pengembangan Bahan Ajar berbasis Mobile. *Jurnal Publikasi Teknik Informatika*, *3*(2), 46–59. https://doi.org/10.55606/jupti.v3i2.3207

Setyatama, B. A. (2025). Integrasi Nilai Budaya Lokal dalam Pendidikan Musik. *Tonika: Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Seni*, *8*(2), 104–115. https://doi.org/10.37368/tonika.v8i2.839

Susanti, T., & Pamungkas, J. (2023). Analisis Penggunaan Alat Musik Rebana sebagai Media Pembelajaran Seni Musik Anak Usia Dini. *Jurnal Obsesi : Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, *7*(2), 2037–2045. https://doi.org/10.31004/obsesi.v7i2.3304

Tanggu, A., Ruba, Y. R., Linung, F., Kae, E. R., & Lawe, Y. U. (2022). Penerapan Alat Musik Tradisional Bombardo Dalam Pembelajaran Di Sekolah Dasar. *Jurnal Citra Pendidikan*, *2*(4), 150–159. https://doi.org/10.38048/jcp.v2i4.936

Design of a 360° Camera-Based Virtual Tour of the Iskandar Muda Fort's History

Khadhijah [1)*)], Raihan Islamadina [2)]

[1)2)]Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan,
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry
[*)]**Correspondence author**: Khadhijah24@gmail.com, Banda Aceh, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3774

Abstract

The limited availability of interactive learning media about Iskandar Muda Fortress is one of the challenges in introducing local history to the public. Iskandar Muda Fortress is a historical site in Aceh with significant historical value as a legacy of the Aceh Sultanate and an important part of the region's history. This study focuses on designing a 360° camera-based virtual tour as a digital learning medium that enables users to explore the environment of Iskandar Muda Fortress virtually through 360° panoramas. The study employs the Research and Development (R&D) method using the ADDIE development model, consisting of five stages: Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. The Lapentor platform was used to develop the virtual tour by utilizing 360° panoramic photographs captured with a 360° camera. Data were collected using questionnaires with a 5-point Likert scale to assess media feasibility through material expert validation, media expert validation, and user testing. The material expert validation obtained a score of 92.73%, while the media expert validation obtained 97.14%, both categorized as very good. User testing involving 30 respondents resulted in an average score of 94.33%, indicating that the media has an attractive appearance, is easy to use, and is beneficial as a historical learning medium. The results indicate that the 360° camera-based Virtual Tour of Iskandar Muda Fortress developed using the Lapentor platform is feasible as an alternative digital learning medium for introducing local history and increasing public interest in historical and cultural sites in Aceh.

Keywords: *Virtual Tour, 360° Camera, Learning Media, Iskandar Muda Fortress, Lapentor*

Abstrak

Keterbatasan media pembelajaran interaktif mengenai Benteng Iskandar Muda menjadi salah satu hambatan dalam proses pengenalan sejarah kepada masyarakat. Benteng Iskandar Muda merupakan salah satu tempat bersejarah di Aceh yang memiliki nilai penting historis tinggi sebagai peninggalan masa Kesultanan Aceh dan menjadi bagian penting dalam perjalanan sejarah daerah. Perancangan media *virtual tour* berbasis kamera 360° Menjadi pusat perhatian dalam penelitian ini sebagai alat pembelajaran digital yang memungkinkan pengguna menjelajahi lingkungan sekitar Benteng Iskandar Muda secara virtual melalui panorama 360°. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang terdiri atas lima tahapan, yaitu *Analysis, Design, Development, Implementation,* dan *Evaluation*. Platform Lapentor digunakan dalam pengembangan *virtual* tour menggunakan foto panorama 360 derajat yang diambil dengan kamera khusus 360 derajat sehingga menghasilkan pengalaman eksplorasi yang interaktif. Instrumen penelitian berupa kuesioner menggunakan skala Likert 1 sampai 5 untuk mengevaluasi kemampuan media melalui validasi ahli materi, ahli media, dan uji coba pengguna. Hasil validasi ahli materi memperoleh persentase sebesar 97,14%,sedangkan validasi ahli media memperoleh persentase sebesar 92,73%, keduanya termasuk dalam kategori sangat baik. Hasil uji coba terhadap 30 responden menunjukkan rata-rata penilaian sebesar 94,33%, yang menunjukkan bahwa media terlihat menarik, mudah digunakan, dan berguna sebagai alat penyampaian informasi pembelajaran sejarah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media *Virtual Tour* Sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360° menggunakan platform Lapentor layak digunakan sebagai alternatif media pembelajaran digital untuk memperkenalkan sejarah dan meningkatkan minat masyarakat terhadap situs budaya di Aceh.

Kata Kunci: *Virtual Tour*, Kamera 360°, Media Pembelajaran, Benteng Iskandar Muda, Lapentor

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi digital memberikan dampak besar dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk di bidang pendidikan dan penyampaian informasi sejarah. Menggunakan teknologi sebagai alat pembelajaran bisa membuat proses belajar lebih seru, interaktif, dan lebih gampang dipahami oleh para pengguna.(Rahmawati et al., 2024). Namun, penyampaian informasi sejarah masih banyak dilakukan melalui media konvensional seperti buku, teks, dan ceramah sehingga kurang mampu memberikan pengalaman belajar yang menarik. Kondisi tersebut menyebabkan rendahnya minat masyarakat, khususnya generasi muda, dalam mempelajari sejarah lokal karena informasi yang disampaikan kurang memberikan visualisasi terhadap objek sejarah (Rahmawati et al., 2024).

Pembelajaran sejarah memiliki peran penting dalam menanamkan nilai budaya, membangun identitas daerah, serta meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap peristiwa masa lampau. Akan tetapi, penyampaian materi sejarah yang bersifat satu arah sering kali membuat peserta didik merasa jenuh sehingga materi yang disampaikan kurang dipahami secara optimal (Abidin et al., 2020). Oleh karena itu, diperlukan media pembelajaran berbasis teknologi yang mampu menyajikan informasi sejarah secara lebih interaktif, menarik, dan mudah dipahami.

Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan adalah *Virtual Tour* berbasis panorama 360° yang memungkinkan pengguna menjelajahi suatu lokasi secara virtual seolah-olah berada langsung di lokasi tersebut (Wiryawan & Nuraisyah, 2023). Teknologi ini memberikan pengalaman eksplorasi yang lebih realistis melalui tampilan panorama 360° sehingga pengguna dapat melihat lingkungan secara menyeluruh dan memperoleh informasi yang lebih lengkap mengenai objek yang dipelajari (Rahaman et al., 2023). Selain itu, *Virtual Tour* dapat diakses kapan saja dan dari berbagai perangkat sehingga menjadi pilihan media pembelajaran yang baik untuk mengenalkan berbagai situs bersejarah kepada masyarakat (Petousi et al., 2023).

Benteng Iskandar Muda Merupakan salah satu tempat bersejarah di Provinsi Aceh yang menjadi peninggalan penting pada masa Kesultanan Aceh Darussalam. Benteng ini

memiliki nilai historis sebagai bagian dari sistem pertahanan kerajaan serta menjadi bukti perkembangan peradaban dan strategi pertahanan Aceh pada masa lalu. Keberadaan Benteng Iskandar Muda memiliki potensi besar sebagai media pembelajaran sejarah lokal. Namun, informasi mengenai benteng tersebut masih terbatas dan umumnya hanya tersedia dalam bentuk papan informasi, artikel, atau dokumentasi sederhana sehingga belum mampu memberikan pengalaman belajar yang interaktif kepada masyarakat maupun pelajar (Syukur et al., 2022).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini merancang media *Virtual Tour* Sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360° menggunakan platform Lapentor. Media ini memanfaatkan foto panorama 360° hasil pengambilan menggunakan kamera 360° sehingga pengguna dapat menjelajahi setiap bagian benteng secara virtual. Selain menampilkan panorama interaktif, media juga dilengkapi dengan informasi sejarah pada setiap titik penting sehingga diharapkan dapat meningkatkan pemahaman, minat belajar, serta kepedulian masyarakat terhadap pelestarian situs budaya di Aceh.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian dan Objek Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D), yaitu metode penelitian yang bertujuan untuk membuat suatu produk dan juga menguji produk tersebut tingkat kelayakannya sebelum digunakan oleh pengguna. Produk yang dihasilkan berupa media Virtual Tour Sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360° yang dirancang sebagai media pembelajaran sejarah berbasis digital. Model pengembangan yang digunakan adalah *ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation)* karena memiliki tahapan yang sistematis, sederhana, dan sesuai untuk pengembangan media pembelajaran(Arif, 2024).

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed methods* (metode campuran), yaitu kombinasi antara pendekatan kualitatif dan kuantitatif(Fetters, M. D., & Molina-Azorin, 2017). Pendekatan kualitatif digunakan pada tahap analisis kebutuhan melalui observasi dan wawancara, sedangkan pendekatan kuantitatif digunakan pada tahap validasi dan uji coba media menggunakan angket berskala Likert(Creswell, J. W., & Plano Clark, 2018).



Gambar 1. Tahapan Model ADDIE

Tahap pertama adalah Analysis, yaitu melakukan identifikasi kebutuhan pengguna melalui observasi lapangan dan wawancara mengenai penyampaian informasi sejarah Benteng Iskandar Muda(Maliyani A et al., 2022). Tahap ini bertujuan mengetahui kebutuhan pengguna terhadap media pembelajaran yang lebih interaktif serta mengidentifikasi permasalahan yang ada pada media pembelajaran sejarah yang digunakan saat ini.

Tahap kedua adalah Design, yaitu merancang konsep media Virtual Tour. Kegiatan pada tahap ini meliputi penyusunan storyboard, perancangan antarmuka pengguna (user interface), penentuan alur navigasi, penyusunan materi sejarah, serta perencanaan titik-titik panorama yang akan diambil menggunakan kamera 360°. Selain itu, dirancang pula penempatan hotspot informasi yang akan ditampilkan pada setiap lokasi penting di Benteng Iskandar Muda(Erlina & Ridwan, 2026).

Tahap ketiga adalah Development, yaitu proses pembuatan media Virtual Tour menggunakan platform Lapentor. Pada tahap ini dilakukan pengambilan foto panorama menggunakan kamera 360°, pengolahan gambar panorama, penyusunan navigasi antar panorama, serta penambahan hotspot yang berisi informasi sejarah, gambar pendukung, dan multimedia. Produk yang telah selesai dikembangkan kemudian divalidasi oleh ahli materi untuk menilai kesesuaian isi sejarah serta oleh ahli media untuk menilai aspek tampilan, navigasi, interaktivitas, dan kemudahan penggunaan.

Tahap Keempat adalah Implementasi, yaitu pelaksanaan uji coba media kepada pengguna. Uji coba dilakukan kepada 30 responden untuk mengetahui tingkat kemudahan penggunaan, kualitas tampilan, manfaat media, serta kepuasan pengguna terhadap Virtual Tour Sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360°.

Tahap terakhir adalah Evaluasi, yaitu mengulas dan mengevaluasi semua hasil validasi serta uji coba pengguna secara menyeluruh. Evaluasi dilakukan berdasarkan masukan dari ahli materi, ahli media, dan pengguna untuk menyempurnakan media yang diperoleh sehingga didapatkan produk yang layak digunakan sebagai media pembelajaran sejarah.Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dan penyebaran angket. Instrumen penelitian menggunakan skala Likert 1–5 yang diberikan kepada ahli materi, ahli media, dan pengguna.

Analisis data dilakukan menggunakan teknik deskriptif kuantitatif dengan menghitung nilai persentase kelayakan menggunakan rumus:(Ernawati & Sukardiyono, 2017).

$$p = \frac{f}{n} x100\ \%$$

Keterangan:

P = nilai persentase

f = jumlah skor yang didapatkan

n = jumlah skor maksimum yang mungkin dicapai

Tabel 1. Presentase Angket dari Ahli

Persentase (%)	Keterangan
81 - 100 %	Sangat Setuju
61 - 80 %	Setuju
41 - 60 %	Netral
21 - 40 %	Tidak Setuju
0 - 20 %	Sangat tidak setuju

Instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data dalam penelitian ini adalah kuesioner, yang dibagikan kepada pengguna melalui Google Forms. Kuesioner ini bertujuan untuk mendapatkan penilaian mengenai media *Virtual Tour*. Sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360°, yang meliputi aspek kualitas materi, tampilan, navigasi, interaktivitas, kemudahan penggunaan, serta manfaat media sebagai sarana pembelajaran sejarah. Penilaian dilakukan menggunakan skala Likert 1–5 untuk mengukur tingkat kelayakan media yang dikembangkan berdasarkan hasil validasi ahli dan respons pengguna.

Tabel 2. Indikator Pengguna Menggunakan Google Forms

No	Indikator
1	Tampilan media Virtual Tour Sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360° menarik dan nyaman dilihat
2	Kualitas gambar 360° yang ditampilkan jelas sehingga memudahkan saya melihat setiap bagian benteng.
3	Navigasi pada media Virtual Tour mudah dipahami dan digunakan.
4	Informasi sejarah yang disajikan dalam Virtual Tour mudah dipahami.
5	Virtual Tour membantu saya mengenal Benteng Iskandar Muda.
6	Media ini meningkatkan minat saya untuk mengunjungi Benteng Iskandar Muda.
7	Penggunaan media Virtual Tour meningkatkan minat saya untuk mempelajari sejarah lokal.
8	Media Virtual Tour berbasis kamera 360° layak digunakan sebagai media pembelajaran sejarah.
9	Aplikasi mudah dipahami dan digunakan.
10	Secara keseluruhan, saya puas terhadap media Virtual Tour Sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360°.

Subjek penelitian ini mencakup ahli media dan 30 orang pengguna. Data diperoleh dengan menggunakan tiga cara, yaitu melalui pengamatan, wawancara, dan kuesioner. Instrumen angket yang digunakan mengacu pada skala Likert untuk mengukur tingkat kelayakan media serta respons pengguna terhadap media yang dikembangkan.

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif, yaitu dengan cara menghitung persentase dari skor yang diperoleh dari hasil pengisian kuesioner. Persentase nilai yang didapat kemudian dibagi lagi menjadi beberapa tingkat ke layakan, yaitu sangat layak, cukup, dan tidak layak.

Indikator Penilaian

Kelayakan media Virtual Tour sejarah Benteng Iskandar Muda dinilai melalui proses validasi oleh ahli materi, ahli media, serta uji coba kepada pengguna. Instrumen penelitian menggunakan angket dengan skala Likert 1–5 untuk memperoleh penilaian terhadap kualitas media yang dikembangkan (Wiryawan & Nuraisyah, 2023).

Indikator penilaian meliputi aspek kualitas materi, tampilan antarmuka, navigasi, interaktivitas, kemudahan penggunaan, kejelasan informasi, serta manfaat media sebagai sarana pembelajaran sejarah(Murdianti, 2024). Hasil penilaian dianalisis dalam bentuk

persentase untuk menentukan tingkat kelayakan media berdasarkan kategori yang telah ditetapkan (Syukur et al., 2022).

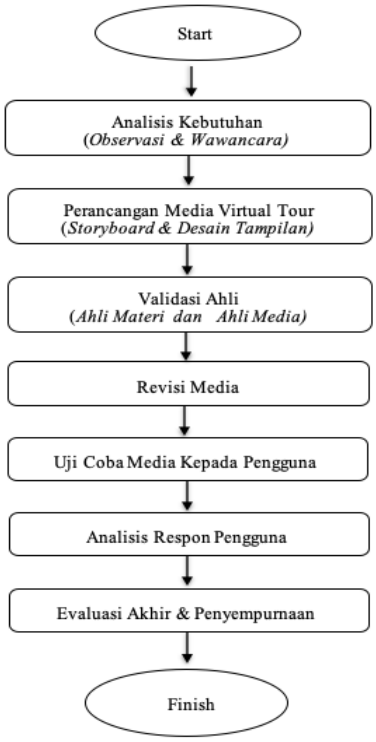
Tabel 3. Tabel Skala Likert

Skor	Kategori
1	Sangat Tidak Setuju
2	Tidak Setuju
3	Netral
4	Setuju
5	Sangat Setuju

Tabel 4. Tabel Indikator Penilaian

Indikator	Deskriptif
Tampilan	Tampilan media menarik dan mudah dipahami
Navigasi	Navigasi mudah digunakan dan dipahami
Interaktivitas	Media memberikan pengalaman interaktif bagi pengguna
Kemudahan Penggunaan	Media mudah diakses dan dioperasikan
Kejelasan Informasi	Informasi sejarah mudah dipahami pengguna

Alur Penelitian



Gambar 2. *Flowchart* Alur Penelitian

Implementasi Sistem Virtual Tour

Penelitian ini menghasilkan media *Virtual Tour* Sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360° sebagai media pembelajaran sejarah. Sistem diimplementasikan menggunakan platform *Lapentor* dengan memanfaatkan foto panorama 360° yang diambil menggunakan kamera 360°, sehingga pengguna dapat menjelajahi lingkungan Benteng Iskandar Muda secara virtual(Rahaman et al., 2023). Media ini dilengkapi dengan fitur navigasi interaktif, hotspot informasi sejarah, gambar pendukung, dan tampilan antarmuka yang sederhana sehingga mudah digunakan oleh pengguna.

Implementasi sistem bertujuan untuk meningkatkan aksesibilitas informasi sejarahBenteng Iskandar Muda melalui media pembelajaran digital yang interaktif. Pengguna dapat mengakses Virtual Tour melalui perangkat yang terhubung dengan internet tanpa harus mengunjungi lokasi secara langsung. Dengan adanya media ini, proses penyampaian informasi sejarah menjadi lebih menarik, mudah dipahami, dan memberikan pengalaman belajar yang lebih nyata melalui eksplorasi panorama 360°. Selain itu, media *Virtual Tour* diharapkan dapat meningkatkan minat masyarakat, khususnya pelajar, dalam mempelajari sejarah lokal serta mendukung upaya pelestarian warisan budaya di Aceh(Petousi et al., 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

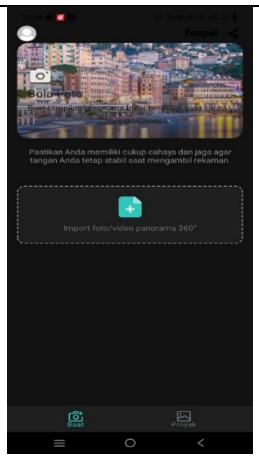
Hasil Implementasi Media Virtual Tour

Media Virtual Tour Sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360° berhasil dikembangkan menggunakan platform Lapentor. Media ini memanfaatkan foto panorama 360° yang diambil menggunakan kamera 360° sehingga pengguna dapat menjelajahi lingkungan benteng secara virtual.

Media dilengkapi dengan fitur hotspot yang menyajikan informasi sejarah, navigasi antarpanorama, serta antarmuka yang mudah digunakan. Melalui media ini, pengguna dapat mengakses informasi sejarah Benteng Iskandar Muda secara interaktif, sehingga diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dan minat masyarakat terhadap sejarah lokal.

Pengambilan Gambar Kamera 360 Derajat

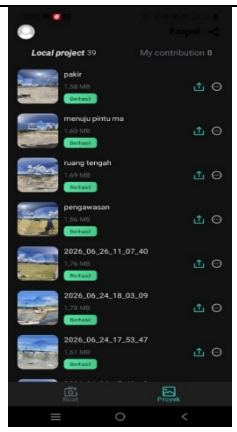
Pengambilan gambar dilakukan menggunakan aplikasi 360 Photo Sphere Camera untuk mengambil foto pada titik strategis di area Benteng Iskandar Muda.



Tampilan utama dari aplikasi 360 Photo Sphere Camera



Tampilan proses pengambilan foto 360 derajat



Tampilan menu project

Gambar 3. Tampilan Proses Pengambilan Gambar Kamera 360 Derajat

Aplikasi 360 Photo Sphere Camera memiliki halaman utama yang menyediakan beberapa fitur, yaitu tombol foto untuk memulai proses pengambilan gambar panorama 360 derajat, fitur import untuk memasukkan foto atau video panorama yang telah tersimpan di galeri ponsel, serta menu Project yang digunakan untuk melihat hasil foto panorama yang telah dibuat. Dalam proses pengambilan gambar panorama, pengguna diarahkan untuk mengambil sebanyak 32 foto dengan mengikuti titik-titik panduan yang tersedia pada aplikasi sehingga menghasilkan panorama 360 derajat yang utuh. Setelah proses selesai, hasil pengambilan gambar panorama akan tersimpan dan dapat dilihat kembali melalui menu Project.

Tampilan Antarmuka Media Virtual Tour

Hasil penelitian berupa media Virtual Tour Sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360° yang dikembangkan menggunakan platform Lapentor. Media ini memanfaatkan foto panorama 360° sehingga pengguna dapat menjelajahi lingkungan Benteng Iskandar Muda secara virtual melalui antarmuka berbasis web yang interaktif dan mudah digunakan. Media dapat diakses melalui tautan berikut:
https://app.lapentor.com/sphere/praktek-2

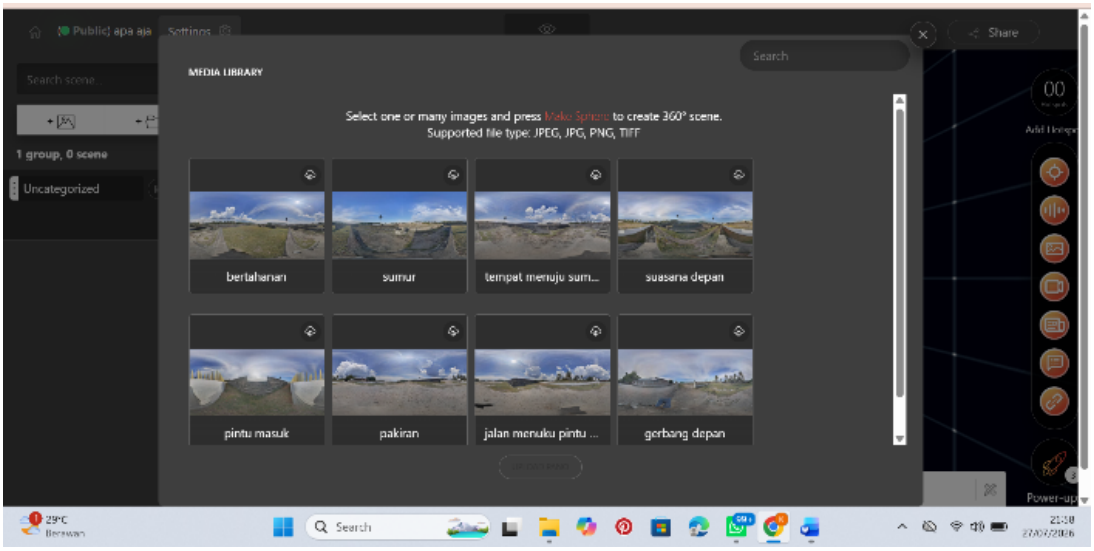
Pada halaman utama media Virtual Tour yang ditunjukkan pada Gambar 6, pengguna dapat menjelajahi setiap area Benteng Iskandar Muda melalui kontrol navigasi yang telah terintegrasi. Tampilan panorama 360° yang dikembangkan menggunakan platform Lapentor memberikan pengalaman eksplorasi virtual yang lebih interaktif, sehingga memudahkan pengguna dalam memahami sejarah dan kondisi Benteng Iskandar Muda.



Gambar 4. Tampilan Bagian Virtual Tour Benteng Iskandar Muda

Pada Gambar 4 ditampilkan antarmuka media yang dirancang sederhana dan intuitif sehingga mudah digunakan. Pengguna dapat mengakses area Virtual Tour dan memilih lokasi yang ingin dijelajahi melalui fitur navigasi. Media juga dilengkapi hotspot interaktif yang menyajikan informasi sejarah dalam bentuk teks dan audio singkat Pengambilan data visual dilakukan di kawasan Benteng Iskandar Muda menggunakan kamera 360° untuk memperoleh panorama lingkungan secara menyeluruh.

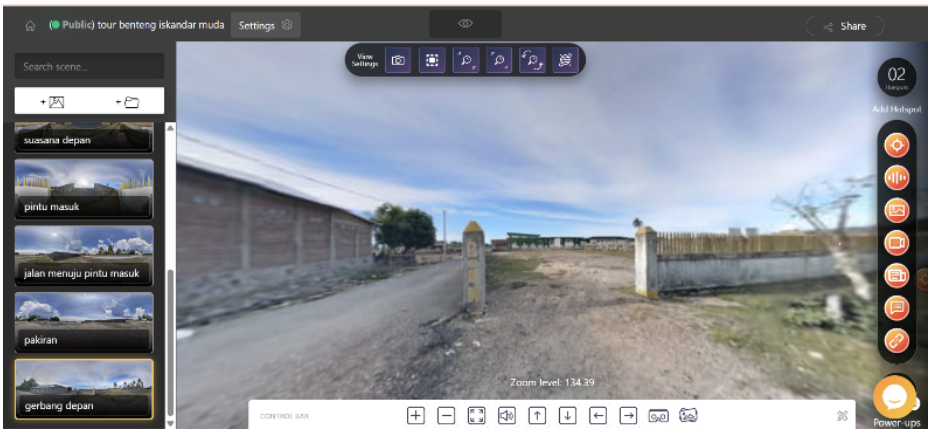
Selanjutnya, tahap pengolahan dilakukan menggunakan platform Lapentor untuk menyusun foto panorama 360° serta menambahkan elemen audio sebagai pendukung informasi mengenai Benteng Iskandar Muda. Hasilnya berupa media Virtual Tour Sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360° yang interaktif dan dapat digunakan sebagai sarana pengenalan serta eksplorasi situs bersejarah secara virtual.



Gambar 5. Proses Pengunggahan Foto Panaroma 360 Derajat ke Platform Lapentor

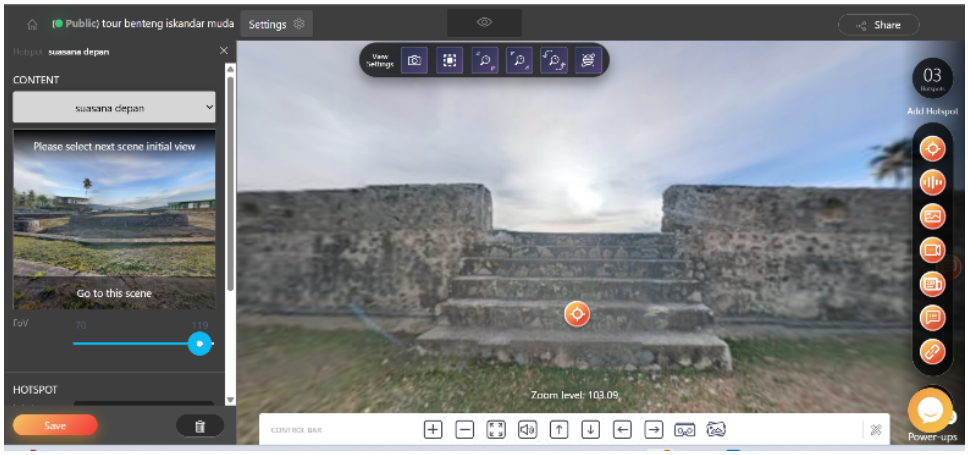
Gambar 5 Menampilkan tampilan perpustakaan media di platform Lapentor yang digunakan untuk membuat virtual tour 360 derajat. Pada layar ini terdapat beberapa gambar pemandangan 360 derajat dari suatu area Benteng Iskandar Muda yang telah diunggah oleh pengguna. Gambar-gambar tersebut kemudian dipilih dan diolah menjadi scene atau lingkungan virtual dengan menggunakan fitur "Make Sphere" dan standar.

Pada bagian kiri terdapat panel pengelolaan *scene* yang menunjukkan proses penyusunan panorama 360°. Sementara itu, pada bagian kanan tersedia berbagai *tools* yang digunakan untuk menambahkan elemen interaktif seperti hotspot, navigasi, dan informasi pendukung. Tampilan ini menunjukkan tahap awal perancangan media Virtual Tour Sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360° menggunakan platform Lapentor.



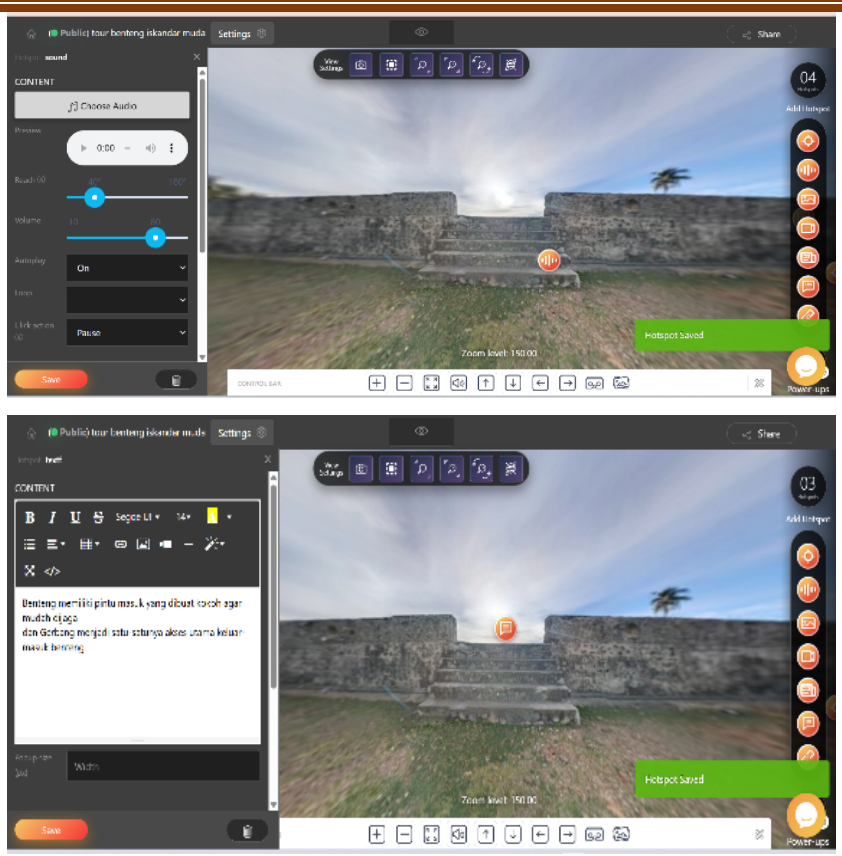
Gambar 6. Pengaturan Tampilan Awal 360 Derajat pada Media Virtual Tour

Gambar 6 Menampilkan tampilan editor scene di platform Lapentor selama membuat Virtual Tour 360°, di mana terlihat salah satu area Benteng iskandar muda yang telah diolah menjadi panorama 360 derajat. Di sisi kiri terdapat daftar beberapa scene yang sudah dimasukkan, yang mewakili titik-titik lokasi di area Benteng. Sementara itu, di bagian kanan terdapat berbagai alat yang digunakan untuk menambahkan elemen interaktif seperti hotspot dan navigasi. Pada layar ini belum ada hotspot, yang menunjukkan bahwa skenario masih dalam tahap pengeditan awal sebelum ditambahkan interaksi. Tahap ini sangat penting untuk menyiapkan media agar bisa digunakan sebagai sarana pengenalan serta eksplorasi situs bersejarah secara virtual yang lebih interaktif dan informatif.



Gambar 7. Penambahan Hotspot sebagai Penghubung antara Titik Lokasi Panorama

Gambar 7 Menampilkan tampilan editor pada platform Lapentor yang digunakan untuk membuat media Virtual Tour. Pada bagian tengah terlihat scene panorama 360° kawasan Benteng Iskandar Muda yang sudah dilengkapi hotspot sebagai titik interaktif untuk navigasi antar lokasi. Di bagian kiri terdapat panel untuk mengatur scene dan hotspot, sedangkan di bagian kanan terdapat berbagai alat yang bisa digunakan untuk menambahkan elemen seperti gambar, audio, video, dan informasi sejarah. Tampilan ini menunjukkan cara pembuatan media Virtual Tour yang memungkinkan pengguna untuk mengelilingi area tersebut Benteng Iskandar Muda secara interaktif serta memperoleh informasi mengenai situs tersebut.



Gambar 8. Penyajian Informasi Pendukung pada Panorama 360 Derajat

Gambar 8 Menampilkan editor Lapentor di salah satu adegan di kawasan Benteng Iskandar Muda dalam bentuk pemandangan 360 derajat yang sudah dilengkapi dengan titik panas. Hotspot tersebut berperan sebagai komponen interaktif yang digunakan untuk menambahkan suara dan teks informasi, serta mengarahkan pengguna ke lokasi lainnya. Di sisi kiri terdapat daftar scene yang menunjukkan beberapa lokasi di area Benteng Iskandar Muda, sementara di sisi kanan terdapat berbagai tools untuk menambahkan elemen interaktif. Tampilan ini menunjukkan cara pengembangan Virtual Tour agar lebih interaktif, informatif, dan mudah digunakan dalam mengenalkan situs bersejarah.



Gambar 9. Tahapan Akhir Publikasi Virtual Tour 360º Benteng Iskandar Muda pada Platform Lapentor

Gambar 9 menunjukkan tahap publikasi media Virtual Tour melalui platform LapentorDi bagian kanan terdapat beberapa pilihan untuk berbagi hasil Virtual Tour, seperti link (URL), media sosial, kode *embed*, dan kode QR. Fitur ini memungkinkan virtual tour sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360 derajat dapat dipublikasikan dan diakses oleh pengguna melalui media online secara mudah dan fleksibel.

Selanjutnya, dilakukan tahap analisis hasil berdasarkan indikator penelitian. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana media Virtual Tour Sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360° layak digunakan, berdasarkan tanggapan dari para pengguna. Data diperoleh menggunakan kuesioner yang terdiri dari sepuluh pertanyaan melalui Google Forms, kemudian disebar kepada masyarakat secara umum. Sebanyak 30 responden telah mengisikuesioner. Hasil penghitungan ulang penilaian dari para responden selanjutnya ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Kuesioner Pengguna terhadap Media Virtual Tour

No	Indikator	Jumlah	Persentase	Kategori
1	Tampilan media Virtual Tour Sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360° menarik dan nyaman dilihat	28	93,33%	Sangat Setuju
2	Kualitas gambar 360° yang ditampilkan jelas sehingga memudahkan saya melihat setiap bagian benteng.	29	96,67%	Sangat Setuju
3	Navigasi pada media Virtual Tour mudah dipahami dan digunakan.	28	93,33%	Sangat Setuju
4	Informasi sejarah yang disajikan dalam Virtual Tour mudah dipahami.	29	93,33%	Sangat Setuju

5	Virtual Tour membantu saya mengenal Benteng Iskandar Muda.	28	96,67%	Sangat Setuju
6	Media ini meningkatkan minat saya untuk mengunjungi Benteng Iskandar Muda.	28	93,33%	Sangat Setuju
7	Penggunaan media Virtual Tour meningkatkan minat saya untuk mempelajari sejarah lokal.	29	93,33%	Sangat Setuju
8	Media Virtual Tour berbasis kamera 360° layak digunakan sebagai media pembelajaran sejarah.	28	96,67%	Sangat Setuju
9	Aplikasi mudah dipahami dan digunakan.	28	93,33%	Sangat Setuju
10	Secara keseluruhan, saya puas terhadap media Virtual Tour Sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360°.	29	93,33%	Sangat Setuju
Rata-rata			94,33%	Sangat Setuju

Berdasarkan hasil evaluasi, media Virtual Tour Sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360° memperoleh persentase kelayakan sebesar 94,33% dengan kategori sangat Setuju. Hasil tersebut menunjukkan bahwa media mendapat respons positif dari pengguna, terutama dari aspek kemudahan penggunaan, tampilan visual, navigasi, dan interaktivitas.

Aspek tampilan panorama 360°, audio, serta penyampaian informasi sejarah juga memperoleh penilaian yang baik dari responden. Hal ini menunjukkan bahwa media mampu menyajikan informasi mengenai Benteng Iskandar Muda secara jelas dan mudah dipahami. Secara keseluruhan, media Virtual Tour berbasis kamera 360° dinyatakan sangat layak digunakan sebagai media digital untuk memperkenalkan dan mengeksplorasi sejarah Benteng Iskandar Muda secara interaktif.

Tabel 6. Hasil Pengujian Ahli Media

No	Indikator	Skor	Persentase	Kategori
1	Kualitas gambar panorama 360° jelas	3	60%	Netral
2	Pencahayaan pada tampilan sudah baik	4	80%	Setuju
3	Tampilan keseluruhan menarik	5	100%	Sangat Setuju
4	Media mudah digunakan oleh pengguna	5	100%	Sangat Setuju
5	Tidak memerlukan petunjuk yang rumit	5	100%	Sangat Setuju
6	Tampilan user friendly	5	100%	Sangat Setuju
7	Media dapat diakses tanpa error	5	100%	Sangat Setuju
8	Media layak digunakan sebagai sarana edukatif	4	80%	Sangat Setuju

9	Dapat menjadi alternatif kunjungan langsung.	5	100%	Sangat Setuju
10	Bermanfaat sebagai media pembelajaran digital	5	100%	Sangat Setuju
11	Memberikan pengalaman belajar yang menarik	5	100%	Sangat Setuju
	Rata-rata		92,73%	Sangat Setuju

Berdasarkan table di atas, hasil validasi ahlu mediamenunjukkan bahwa pengujian oleh ahli media menghasilkan skor 51, dengan presentase kelayakan sebesar 92,73%.Berdasarkankriteria kelayakan media Perancangan media Virtual Tour Sejarah benteng Iskandar muda berbasis kamera 360° termasuk dalam kategori "Sangat layak", Dengan demikian, media yang dikembangkan layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Tabel 7. Hasil Pengujian Ahli Materi

No	Indikator	Skor	Persentase	Kategori
1	Materi sesuai dengan fakta sejarah Benteng Iskandar Muda	5	100%	Sangat Setuju
2	Informasi koleksi akurat dan dapat dipertanggungjawabkan	4	80%	Setuju
3	Materi mudah dipahami oleh pengguna umum	5	100%	Sangat Setuju
4	Materi mencerminkan nilai-nilai budaya Aceh	5	100%	Sangat Setuju
5	Materi sesuai dengan tujuan media	5	100%	Sangat Setuju
6	Tidak menimbulkan kesalahpahaman historis	5	100%	Sangat Setuju
7	Menambah wawasan pengguna tentang Sejarah Benteng Iskandar Muda	5	100%	Sangat Setuju
	Rata-rata		97,14%	Sangat Setuju

Berdasarkan Tabel hasil pengujian ahli materi, diperoleh total skor sebesar 34 dari skor maksimal 35 dengan persentase kelayakan sebesar 97,14%. Berdasarkan kriteria kelayakan, media yang dikembangkan termasuk dalam kategori "Sangat Layak", sehingga layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan platform Lapentor dalam pengembangan *Virtual Tour* berbasis kamera 360° dapat menjadi alternatif media digital untuk memperkenalkan situs bersejarah. Keunggulan Lapentor terletak pada kemudahan pengembangan, antarmuka berbasis web, serta kemampuannya menyajikan panorama 360° yang dapat diakses melalui berbagai perangkat tanpa memerlukan instalasi aplikasi. Hal ini

menjadikannya lebih praktis dibandingkan platform berbasis *game engine* seperti Unity yang membutuhkan proses pengembangan dan spesifikasi perangkat yang lebih tinggi.

Temuan ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa media *Virtual Tour* berbasis panorama 360° mampu meningkatkan ketertarikan pengguna terhadap objek sejarah melalui penyajian visual yang lebih interaktif dibandingkan media konvensional. Meskipun demikian, Lapentor masih memiliki keterbatasan pada fitur interaksi yang belum sekompleks aplikasi berbasis tiga dimensi. Oleh karena itu, pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan menambahkan fitur multimedia yang lebih beragam agar pengalaman pengguna menjadi lebih optimal.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini menghasilkan media Virtual Tour Sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360° yang dikembangkan menggunakan platform Lapentor. Media ini dibuat sebagai pilihan alternatif untuk menyampaikan informasi sejarah yang lebih terkini, menarik, dan interaktif melalui panorama 360°, navigasi, serta hotspot informasi pada titik-titik penting Benteng Iskandar Muda.

Pengembangan media dilakukan dengan metode Research and Development (R&D) menggunakan model ADDIE yang terdiri dari Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi. Hasil validasi ahli materi memperoleh persentase 97,14%,sedangkan ahli media memperoleh 92,73%,yang keduanya termasuk kategori sangat layak. Uji coba terhadap 30 responden memperoleh rata-rata persentase sebesar 94,33%, menunjukkan bahwa media memiliki tampilan yang menarik mudah digunakan dan bisa memberikan pengalaman eksplorasi virtual yang menyenangkan dan interaktif Secara keseluruhan, media Virtual Tour Sejarah Benteng Iskandar Muda berbasis kamera 360° dinyatakan sangat layak digunakan sebagai media digital untuk memperkenalkan sejarah dan kondisi situs Benteng Iskandar Muda kepada masyarakat. Media ini juga dapat menjadi sarana pendukung dokumentasi dan pengenalan situs budaya Aceh melalui pemanfaatan teknologi digital.

REFERENSI

Abidin, R., Suryani, N., & Sariyatun, . (2020). Students' Perceptions of 360 Degree Virtual Tour-Based Historical Learning About The Cultural Heritage Area of The Kapitan and Al-Munawar Villages in Palembang City. *International Journal of Social Sciences and Management*, *7*(3), 105–112. https://doi.org/10.3126/ijssm.v7i3.29764

Angriani, N., Takwim, M., Laswi, A. S., & Palopo, I. (2025). *The Development of Picture Card-Based Teaching Media for the Lesson " Al - Bayt " (The House) among Seventh-Grade Students at Datok Sulaiman Boys ' Secondary School*. *5*(2), 203–216.

Arif. (2024). Dan R & D. In *CV Saba Jaya Publishr*.

Ayu, D., Ningsih, S., & Komikesari, H. (2019). Kelayakan Media Pembelajaran Prezi Menggunakan Pendekatan Saintifik Feasibility of Prezi Learning Media Using Scientific. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, *02*(2), 204–209. https://ejournal.radenintan.ac.id/index.php/IJSME/index

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and Conducting Mixed Methods Research.*

Erlina, E., & Ridwan, R. (2026). Virtual Tour Makam Poe Teumeurehom Daya Menggunakan Lapentor Sebagai Media Interaktif Untuk Pengenalan Situs Sejarah. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *10*(2), 2197–2203. https://doi.org/10.36040/jati.v10i2.17386

Ernawati, I., & Sukardiyono, T. (2017). Uji Kelayakan Media Pembelajaran Interaktif Pada Mata Pelajaran Administrasi Server, Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education). *Vocation Eucational Commons*, *2*(2), 204–210. https://doi.org/10.21831/elinvo.v2i2.17315

Fetters, M. D., & Molina-Azorin, J. F. (2017). *The Journal of Mixed Methods Research Starts a New Decade: Principles for Bringing in the New and Dividing the Old. Journal of Mixed Methods Research, 11(1), 3–10.*

Maliyani A, Mentari D, Syabani G, & Zuhri N. (2022). Analisis Kebutuhan Media Pembelajaran Digital Bagi Guru Agar Tercipta Kegiatan Pembelajaran yang Efektif dan Siswa Aktif. *Jurnal Jendela Pendidikan*, *2*(2), 264–274. https://www.ejournal.jendelaedukasi.id/index.php/JJP

Murdianti, W. (2024). Inovasi media pembelajaran digital untuk meningkatkan minat belajar di era digital. *Of Social Science Research*, *4*, 13200–13212. https://j-innovative.org/index.php/Innovative%0AInovasi

Petousi, D., Katifori, A., Boile, M., Kougioumtzian, L., Lougiakis, C., Roussou, M., & Ioannidis, Y. (2023). Revealing Unknown Aspects: Sparking Curiosity and Engagement with a Tourist Destination through a 360-Degree Virtual Tour. *Multimodal Technologies and Interaction*, *7*(5). https://doi.org/10.3390/mti7050051

Rahaman, H., Champion, E., & McMeekin, D. (2023). Outside Inn: Exploring the Heritage of a Historic Hotel through 360-Panoramas. *Heritage*, *6*(5), 4380–4410. https://doi.org/10.3390/heritage6050232

Rahmawati, Y. P., Handayani, A., & Rakhmawati, D. (2024). Efektivitas Penggunaan Media Virtual Reality Dalam Pembelajaran Sains. *PAUDIA: Jurnal Penelitian Dalam Bidang Pendidikan Anak Usia Dini*, *13*(2), 325–333. https://doi.org/10.26877/paudia.v13i2.766

Syukur, S., Dewie, S. S. E., & Oktarina, S. (2022). Museum Virtual Tour Development Using 3D Vista as a History Learning Source. *Jurnal Pedagogi Dan Pembelajaran*, *5*(3), 373–383. https://doi.org/10.23887/jp2.v5i3.51494

Wiryawan, M. R., & Nuraisyah, S. S. (2023). Development of Interactive Virtual Tour Based on 360-Degree Panorama Technology at the Bandung City Museum. *International Journal of Quantitative Research and Modeling*, *4*(4), 294–300. https://doi.org/10.46336/ijqrm.v4i4.548

Web-Based Machine Learning Implementation for Product Demand Prediction at BLE'E Coffee Cakung MSME

Devhin Devara [1)*)], Mesra Betty Yel [2)]

[1)]Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Cipta Karya Informatika
[2)]Program Studi Sistem Informasi, Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Cipta Karya Informatika
[*)]**Correspondence author**: devhindevara@stikomcki.ac.id, Jakarta, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3780

Abstract

MSMEs in the culinary sector, such as BLE'E Coffee Cakung, often struggle to manage raw material inventory due to inaccurate product demand estimation, leading to overstocking or stockouts. This research aims to implement machine learning algorithms to build an accurate demand prediction model, compare algorithm performance, and design a web-based prediction information system for business owners. The research uses a Research and Development (R&D) approach with the Waterfall development model, following the CRISP-DM data analysis framework. Linear Regression (Ordinary Least Squares) was implemented natively in PHP as the primary method, with Support Vector Machine (SVM) discussed as a theoretical comparator. Model evaluation used MAE, RMSE, MAPE, and R^2 metrics; the system was validated through black-box testing and structured user acceptance interviews. Results for the Cold Brew Leci product show excellent accuracy (R^2 = 0.933; MAPE = 0.28%), a 100% success rate across 20 black-box test scenarios, and a Highly Feasible user acceptance rating (100%). This research provides a practical technology solution for culinary MSMEs in data-driven decision making.

Keywords: *Machine Learning, Demand Prediction, MSME, Linear Regression, SVM*

Abstrak

UMKM di sektor kuliner seperti BLE'E Coffee Cakung sering mengalami kesulitan mengelola persediaan bahan baku akibat ketidakakuratan estimasi permintaan produk, yang berujung pada kelebihan atau kekurangan stok. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan algoritma machine learning untuk membangun model prediksi permintaan yang akurat, membandingkan performa algoritma, serta merancang sistem informasi prediksi berbasis web bagi pengelola UMKM. Metode penelitian menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model pengembangan Waterfall, mengikuti kerangka analisis data CRISP-DM. Algoritma utama yang diimplementasikan adalah Linear Regression (metode Ordinary Least Squares) secara native dalam PHP, dengan Support Vector Machine (SVM) sebagai pembanding teoritis. Evaluasi model menggunakan metrik MAE, RMSE, MAPE, dan R^2. Sistem diuji melalui black-box testing dan wawancara terstruktur penerimaan pengguna. Hasil pengujian pada produk Cold Brew Leci menunjukkan akurasi model sangat baik (R^2 = 0,933; MAPE = 0,28%), seluruh 20 skenario black-box testing berhasil (100%), dan tingkat penerimaan pengguna berkategori Sangat Layak (100%). Penelitian ini memberikan solusi teknologi praktis bagi UMKM kuliner untuk pengambilan keputusan berbasis data.

Kata Kunci: *Machine Learning*, Prediksi Permintaan, UMKM, *Linear Regression*, SVM

PENDAHULUAN

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) berkontribusi sebesar 61,9% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional dan menyerap lebih dari 97% tenaga kerja nasional (Kementerian Koperasi dan UMKM RI, 2025), sehingga penguatan kapasitas teknologi UMKM menjadi prioritas strategis pembangunan ekonomi nasional. BLE'E Coffee Cakung, salah satu UMKM di bidang minuman kopi yang berlokasi di Cakung, Jakarta Timur, menghadapi tantangan operasional berupa ketidakmampuan memprediksi permintaan produk secara akurat untuk periode mendatang, yang menyebabkan terjadinya kelebihan stok (overstock) maupun kekurangan stok (stockout) secara bergantian.

Pengelolaan data penjualan di BLE'E Coffee Cakung masih dilakukan secara manual menggunakan catatan buku harian yang belum terstruktur, sehingga rentan terhadap kesalahan input (human error), sulit ditelusuri, dan tidak memungkinkan analisis tren secara real-time. Sistem informasi berbasis web terbukti mampu mengintegrasikan proses bisnis secara efisien dan dapat diakses kapan saja (Rejeki & Srisulistiowati, 2021).

Linear Regression dipilih sebagai metode prediksi karena mampu memodelkan hubungan linier antara indeks waktu dan jumlah permintaan melalui persamaan $y = b_0 + b_1x$. Pradita dan Rasiban (2024) membuktikan bahwa metode Regresi Linear mampu memodelkan tren penjualan dengan akurasi memadai, dibuktikan dengan nilai Relative Error sebesar 0,98%. Keunggulan tambahan metode ini terletak pada kemudahan implementasi secara native dalam bahasa pemrograman PHP tanpa memerlukan library eksternal, serta interpretasi hasil yang mudah dipahami oleh pengelola UMKM yang tidak memiliki latar belakang teknis. Sebagai landasan pengembangan sistem berbasis web, dipilih framework CodeIgniter 3 dengan arsitektur Model-View-Controller (MVC) yang mendukung lapisan keamanan seperti proteksi CSRF, enkripsi Bcrypt, dan validasi input (Srisulistiowati, Khaerudin, & Rejeki, 2021).

Penggunaan Regresi Linear untuk prediksi penjualan maupun persediaan telah banyak diterapkan pada berbagai konteks UMKM, antara lain pada prediksi penjualan makanan dan minuman (Duran, Vitianingsih, Riza, Maukar, & Wati, 2024; Syahri, Martanto, Dikananda, & Mulyawan, 2025), prediksi penjualan properti (Ayuni & Fitrianah, 2019), prediksi penjualan ritel berbasis website (Ababil, Wibowo, & Zahro, 2022), serta

prediksi penjualan dan cashflow UMKM kuliner (Alfarisi, Astuti, & Basysyar, 2024). Muthiah, Hamidah, dan Aryani (2025) turut menunjukkan bahwa prediksi permintaan produk berperan strategis dalam peningkatan ekonomi kreatif UMKM kerajinan, sehingga memperkuat relevansi penerapan machine learning pada UMKM di berbagai sektor, termasuk sektor kuliner seperti BLE'E Coffee Cakung.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) merancang dan membangun sistem informasi prediksi permintaan produk berbasis web pada UMKM BLE'E Coffee Cakung menggunakan framework CodeIgniter 3; (2) mengimplementasikan algoritma Linear Regression menggunakan metode Ordinary Least Squares (OLS) secara native dalam PHP untuk menghasilkan prediksi permintaan bulanan; dan (3) mengukur serta mengevaluasi tingkat akurasi model prediksi menggunakan metrik Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dan Koefisien Determinasi (R^2).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem Waterfall yang terdiri dari lima tahapan berurutan, yaitu analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Secara teknis, penelitian bersifat kuantitatif dengan fokus pengukuran akurasi model prediksi menggunakan metrik numerik. Data yang digunakan merupakan data primer berupa catatan penjualan historis BLE'E Coffee Cakung yang diperoleh melalui observasi dan wawancara langsung dengan pengelola usaha, mengikuti kerangka analisis data CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining).

Sistem dirancang menggunakan arsitektur tiga lapis (three-tier architecture): Presentation Layer berbasis HTML5, Bootstrap 5, dan Chart.js dengan dukungan Progressive Web Application (PWA); Business Logic Layer menggunakan PHP 7.4 dengan framework CodeIgniter 3 (pola MVC) yang menangani autentikasi sesi, proteksi CSRF, dan validasi input; serta Data Layer menggunakan basis data MySQL. Algoritma Linear Regression diimplementasikan dalam kelas LinearRegression pada direktori application/libraries/, menggunakan data qty penjualan bulanan sebagai variabel y dan indeks waktu (1, 2, 3, ..., n) sebagai variabel x, dengan formula Ordinary Least Squares (OLS) sebagai berikut:

$$b_1 = [n \cdot \Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y] / [n \cdot \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2]$$
$$b_0 = [\Sigma Y - b_1 \cdot \Sigma X] / n$$
$$R^2 = 1 - (SSres / SStot)$$

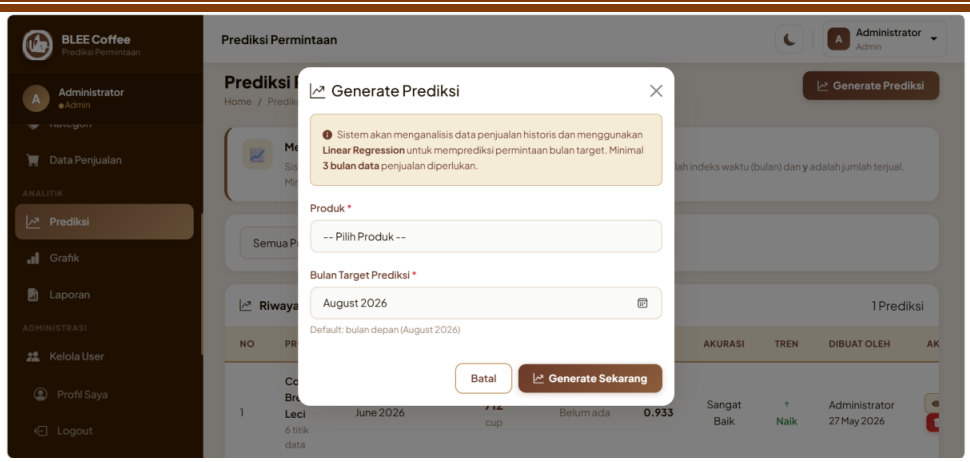
Prediksi hanya dijalankan apabila tersedia data historis minimal tiga bulan per produk. Pengujian sistem dilakukan melalui tiga tahap: (1) black-box testing terhadap 20 skenario fungsional yang mencakup seluruh modul sistem; (2) pengujian performa model menggunakan skema pembagian data train-test 80:20 dengan metrik MAE, RMSE, dan MAPE; dan (3) pengujian penerimaan pengguna melalui wawancara terstruktur berskala Likert 1–5 pada aspek usability, usefulness, dan satisfaction, melibatkan dua responden yaitu Admin dan Owner BLE'E Coffee Cakung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem Informasi Prediksi Permintaan Produk BLE'E Coffee Cakung berhasil dikembangkan dan memenuhi sepuluh kebutuhan fungsional utama, mencakup autentikasi berbasis peran (Admin dan Owner), dashboard statistik real-time, manajemen produk dan kategori, input serta rekap data penjualan, generate prediksi permintaan menggunakan Linear Regression, visualisasi grafik interaktif, laporan tercetak, dukungan Progressive Web Application (PWA), serta manajemen akun pengguna. Basis data terdiri atas enam tabel utama yang saling berelasi, dengan tabel predictions menyimpan seluruh parameter model (predicted_qty, slope, intercept, r_squared, data_points, dan prediction_month).

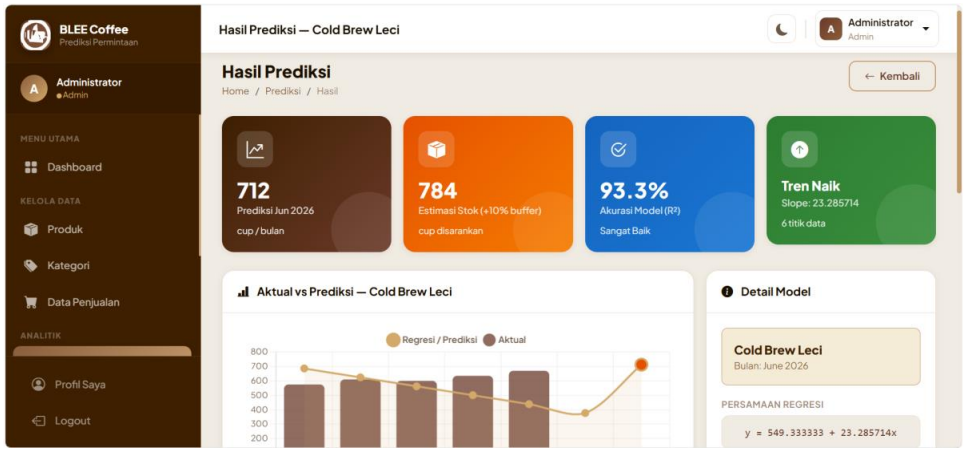
Hasil Prediksi Permintaan Produk

Pengguna melakukan generate prediksi melalui form yang menampilkan pilihan produk dan bulan target, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Sistem kemudian menganalisis data historis penjualan dan mengeksekusi algoritma Linear Regression secara otomatis di sisi server.



Gambar 1. Form Generate Prediksi Permintaan

Sebagai contoh penerapan, prediksi terhadap produk Cold Brew Leci menggunakan enam titik data historis (Januari–Juni 2026) menghasilkan persamaan regresi y = 549,333333 + 23,285714x. Hasil generate prediksi selengkapnya, termasuk kartu statistik prediksi, estimasi stok, akurasi model, dan grafik aktual vs prediksi, ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Halaman Hasil Prediksi Permintaan Produk Cold Brew Leci

Hasil pada Gambar 2 menunjukkan bahwa sistem memprediksi permintaan Cold Brew Leci bulan Juni 2026 sebesar 712 cup, dengan estimasi stok yang direkomendasikan sebesar 784 cup (mempertimbangkan buffer keamanan 10%), nilai koefisien determinasi R^2 sebesar 0,933 (kategori Sangat Baik), dan tren permintaan Naik dengan slope positif sebesar 23,29 per bulan. Rincian hasil pengujian akurasi model disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Akurasi Model Linear Regression

Parameter	Nilai	Keterangan
Titik data (n)	6 bulan	Jan–Jun 2026
Prediksi Qty	712 cup	Bulan Juni 2026
Estimasi Stok	784 cup	Prediksi + buffer 10%
R^2	0,933	Kategori Sangat Baik
Aktual Qty	714 cup	Data realisasi
MAE / RMSE	2,00 / 2,00	Error sangat kecil
MAPE	0,28%	Kategori Sangat Akurat (<10%)

Nilai R^2 sebesar 0,933 menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan 93,3% variasi data historis penjualan, sedangkan nilai MAPE sebesar 0,28% terhadap data aktual bulan Juni 2026 (714 cup) membuktikan tingkat kesalahan prediksi yang sangat kecil, sehingga hasil prediksi layak dijadikan dasar perencanaan pengadaan bahan baku oleh pengelola UMKM.

Perbandingan Linear Regression dan Support Vector Machine (SVM)

Sebagai pembanding teoritis, dilakukan analisis perbandingan karakteristik antara Linear Regression dan SVM/SVR sebagaimana disajikan pada Tabel 2. Penerapan Support Vector Regression (SVR) untuk kasus prediksi safety stock menggunakan pendekatan SVR dengan optimasi hyperparameter (Hardika, Anggara, & Abrori, 2026) menunjukkan bahwa SVR mampu menangani pola data non-linear dengan baik, namun memerlukan kompleksitas infrastruktur dan komputasi yang lebih tinggi dibandingkan Linear Regression.

Tabel 2. Perbandingan Karakteristik Linear Regression dan SVM/SVR

Aspek	Linear Regression	SVM/SVR
Kompleksitas	Rendah (formula OLS)	Tinggi (quadratic programming)
Implementasi native PHP	Mudah, tanpa library eksternal	Perlu library eksternal (libsvm)
Interpretasi hasil	Mudah (y = b0+b1x)	Sulit (black box)
Kecepatan komputasi	O(n) — sangat cepat	$O(n^2)$–$O(n^3)$ — lebih lambat
Kecocokan untuk UMKM	Sangat cocok	Kurang cocok (non-teknis)

Linear Regression dipilih sebagai metode utama karena kemudahan implementasi tanpa dependensi eksternal, interpretabilitas hasil, kesesuaian dengan pola data yang bertren linier (R^2 = 0,933), serta efisiensi komputasi yang sesuai untuk lingkungan shared hosting

yang umum digunakan UMKM. Hasil ini sejalan dengan temuan Yel (2024) yang membuktikan Linear Regression lebih unggul pada data dengan tren linier yang kuat.

Pengujian Fungsional dan Penerimaan Pengguna

Pengujian black-box terhadap 20 skenario yang mencakup seluruh modul sistem (login, manajemen produk, penjualan, prediksi, grafik, laporan, dan kelola user) menunjukkan tingkat keberhasilan 100%, tanpa ditemukan bug kritis. Pengujian penerimaan pengguna melalui wawancara terstruktur bersama dua responden (Admin dan Owner) pada delapan pernyataan mencakup aspek usability, usefulness, dan satisfaction memperoleh skor maksimal, menghasilkan persentase kelayakan 100% dengan kategori Sangat Layak. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem dinilai mudah digunakan, bermanfaat dalam mendukung perencanaan stok, dan memberikan kepuasan tinggi bagi penggunanya.

Implementasi sistem memberikan dampak nyata terhadap operasional UMKM, antara lain digitalisasi pencatatan penjualan yang sebelumnya manual, tersedianya kemampuan prediksi permintaan berbasis data, efisiensi manajemen stok melalui estimasi dengan buffer keamanan, ketersediaan pelaporan terstruktur untuk evaluasi bisnis, penguatan keamanan data melalui enkripsi dan role-based access control, serta peningkatan aksesibilitas melalui fitur PWA yang mendukung akses mobile.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Sistem informasi prediksi permintaan produk berbasis web pada UMKM BLE'E Coffee Cakung berhasil dirancang dan dibangun menggunakan framework CodeIgniter 3 dengan arsitektur MVC, dengan seluruh kebutuhan fungsional tervalidasi melalui black-box testing (tingkat keberhasilan 100%). Algoritma Linear Regression (OLS) berhasil diimplementasikan secara native dalam PHP tanpa library eksternal dan menghasilkan model prediksi dengan akurasi sangat baik ($R^2 = 0{,}933$; MAPE = 0,28%) pada studi kasus produk Cold Brew Leci. Perbandingan teoritis dengan SVM memperkuat pemilihan Linear Regression berdasarkan kemudahan implementasi, interpretabilitas, dan efisiensi komputasi. Pengujian penerimaan pengguna menghasilkan kategori Sangat Layak (100%), menunjukkan bahwa sistem diterima dengan baik oleh pengelola UMKM.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan model menjadi Multiple Linear Regression dengan variabel eksternal (musim, hari libur), memperluas cakupan prediksi menjadi jangka menengah-panjang (2–6 bulan), mengimplementasikan SVM secara teknis sebagai pembanding empiris, serta menguji model pada lebih banyak produk dan UMKM sejenis untuk menguji generalisasi sistem.

REFERENSI

Ababil, O. J., Wibowo, S. A., & Zahro, H. Z. (2022). Penerapan metode regresi linier dalam prediksi penjualan liquid vape di Toko Vapor Pandaan berbasis website. JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), 6(1), 186–195. https://doi.org/10.36040/jati.v6i1.4537

Alfarisi, S., Astuti, R., & Basysyar, F. M. (2024). Implementasi data mining menggunakan algoritma regresi linear untuk prediksi penjualan dan cashflow di Ayam Geprek Cap Cangkir. JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), 8(3), 3392–3395. https://doi.org/10.36040/jati.v8i3.9717

Avinash, A., Widjaja, A., & Karnalim, O. (2024). Analisis perbandingan algoritma machine learning untuk forecasting persediaan produk barang pokok. Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi (JuTISI), 10(2), 361–378. https://doi.org/10.28932/jutisi.v10i2.9357

Ayuni, G. N., & Fitrianah, D. (2019). Penerapan metode regresi linear untuk prediksi penjualan properti pada PT XYZ. Jurnal Telematika, 14(2), 79–86. https://doi.org/10.61769/jurtel.v14i2.321

Duran, P. A., Vitianingsih, A. V., Riza, M. S., Maukar, A. L., & Wati, S. F. A. (2024). Data mining untuk prediksi penjualan menggunakan metode simple linear regression. Teknika, 13(1), 27–34. https://ejournal.ikado.ac.id/index.php/teknika/article/view/712

Erkamim, M., Suswadi, S., Subarkah, M. Z., & Widarti, E. (2023). Komparasi algoritme Random Forest dan XGBoosting dalam klasifikasi performa UMKM. Jurnal Sistem Informasi Bisnis, 13(2), 127–134. https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jsinbis/article/view/52428

Galih, M., & Atika, P. D. (2022). Prediksi penjualan menggunakan algoritma regresi linear pada Koperasi Karyawan Usaha Bersama. Jurnal JIFORTY, 3(2), 193–202. https://doi.org/10.31599/jiforty.v3i2.1354

Hardika, R. C., Anggara, F., & Abrori, M. A. M. (2026). Prediksi safety stock menggunakan algoritma Support Vector Regression dengan optimasi hyperparameter. Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer, 22(1). https://doi.org/10.35889/progresif.v22i1.3386

Hindrayani, K. M., Anjani, A., & Nurlaili, A. L. (2021). Penerapan machine learning pada penjualan produk UMKM: Studi literatur. Prosiding Seminar Nasional Sains Data (SENADA), 1(1), 19–23.

Kementerian Koperasi dan UMKM Republik Indonesia. (2025). Data kontribusi UMKM terhadap PDB nasional. Kementerian Koperasi dan UMKM RI.

Lailiyah, S., Yusnita, A., & Hariri, L. (2023). Prediksi persediaan bahan baku untuk produksi makanan olahan “Sanggar Krispi” menggunakan metode regresi linear berganda. Jurnal Sistem Informasi dan Sistem Komputer (SIMKOM), 8(2), 84–94. https://doi.org/10.51717/simkom.v8i2.141

Lubis, A. P. R., Setiawan, A., & Rahman, A. Z. (2025). Perancangan prototype sistem untuk forecasting penjualan produk: Studi kasus UMKM. Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia, 10(8). https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v10i8.61432

Maisaroh, S., & Fiska, R. R. (2025). Implementasi algoritma regresi linier berganda untuk prediksi penjualan di D’Kopikap. Jurnal Teknik Informatika dan Teknologi Informasi, 5(1), 114–131. https://doi.org/10.55606/jutiti.v5i1.5149

Muthiah, H., Hamidah, N., & Aryani, F. (2025). Strategi peningkatan ekonomi kreatif melalui prediksi permintaan produk UMKM kerajinan. Jurnal PenKoMi: Kajian Pendidikan dan Ekonomi, 8(2), 345–348. http://jurnal.stkipbima.ac.id/index.php/PK/article/view/3481

Pradita, R., & Rasiban. (2024). Implementasi data mining dengan metode regresi linear untuk prediksi hasil penjualan di PT Awitama Cyndo Wahana. Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi, 5(3).

Rejeki, S., & Srisulistiowati, D. B. (2021). Sistem informasi jasa pelayanan mobil pariwisata menggunakan metode RAD. JSI Jurnal Sistem Informasi Universitas Suryadarma, 8(1).

Salima, Afriansyah, & Josi. (2023). Sistem informasi manajemen penjualan pada UMKM menggunakan CodeIgniter. Jurnal Inovasi Teknologi Terapan, 1(1).

Srisulistiowati, D. B., Khaerudin, M., & Rejeki, S. (2021). Sistem informasi prediksi penjualan alat tulis kantor dengan metode FP-Growth. JSI Jurnal Sistem Informasi Universitas Suryadarma, 8(2).

Syahri, I. N., Martanto, M., Dikananda, A. R., & Mulyawan, M. (2025). Implementasi algoritma regresi linear untuk model prediksi penjualan di Toko Amanda Brownies. Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 13(2). https://doi.org/10.23960/jitet.v13i2.6337

Yel, M. B. (2024). Forecasting beef production with comparison of linear regression and DMA methods based on n-th ordo 3. JTAM: Jurnal Teori dan Aplikasi Matematika.

Classification of Consumer Sentiment towards Muslim Fashion Products Using TF-IDF and Machine Learning

Rahmayani [1)], Irfan Nurudin [2)*)]

[1)2)]Informatika, STMIK El Rahma Yogyakarta
[*)]**Correspondence author**: irfannurudin1@gmail.com, Yogyakarta, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3777

Abstract

The growth of e-commerce has driven an increase in transactions for Muslim fashion products, generating a vast number of consumer reviews containing information about product experiences and perceptions. Analyzing these reviews is crucial, as sentiment information allows for a more systematic understanding of consumer satisfaction trends compared to manual analysis. This study aims to classify consumer sentiment regarding Muslim fashion products and compare the performance of several machine learning algorithms in this task. The research dataset was obtained from PRDECT-ID, initially comprising 5,400 reviews; filtering for the Muslim fashion category yielded 200 reviews. Sentiments were determined based on review content, and "Neutral" labeled data were excluded, resulting in a final set of 135 reviews (97 negative and 38 positive). The research process involved text preprocessing, feature weighting using Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF), classification using Multinomial Naive Bayes (MNB), Logistic Regression (LR), and Support Vector Machine (SVM), and evaluation using Stratified 5-Fold Cross-Validation. This study contributes an empirical comparison of the three algorithms applied to Muslim fashion product reviews, accounting for class imbalance and multiple evaluation metrics. Experimental results indicate that SVM achieved the best performance, with an accuracy of 84.44%, precision of 81.43%, recall of 60.36%, and an F1-score of 68.00%. These findings demonstrate that the combination of TF-IDF and SVM is more effective than MNB and LR for sentiment classification on the study's dataset.

Keywords: *Muslim Fashion, Sentiment Classification, TF-IDF, Machine Learning, SVM*

Abstrak

Perkembangan perdagangan elektronik telah mendorong peningkatan transaksi produk *Muslim Fashion* sekaligus menghasilkan sejumlah besar ulasan konsumen yang mengandung informasi mengenai pengalaman dan persepsi terhadap produk. Analisis terhadap ulasan tersebut penting dilakukan karena informasi sentimen dapat membantu memahami kecenderungan kepuasan konsumen secara lebih sistematis dibandingkan analisis manual. Penelitian ini bertujuan mengklasifikasikan sentimen ulasan konsumen terhadap produk *Muslim Fashion* serta membandingkan kinerja beberapa algoritma *machine learning* dalam melakukan klasifikasi sentimen. Dataset penelitian diperoleh dari PRDECT-ID yang berjumlah 5.400 ulasan. Berdasarkan proses penyaringan kategori *Muslim Fashion*, diperoleh 200 ulasan. Selanjutnya, sentimen ditentukan berdasarkan isi *Customer Review*, kemudian data dengan label *Neutral* dikeluarkan sehingga diperoleh 135 ulasan, terdiri atas 97 ulasan negatif dan 38 ulasan positif. Tahapan penelitian meliputi *preprocessing* teks, pembobotan fitur menggunakan Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF), klasifikasi menggunakan Multinomial Naive Bayes (MNB), Logistic Regression (LR), dan Support Vector Machine (SVM), serta evaluasi menggunakan Stratified 5-Fold Cross Validation. Kontribusi penelitian ini adalah memberikan perbandingan empiris ketiga algoritma pada ulasan produk *Muslim Fashion* dengan mempertimbangkan ketidakseimbangan kelas dan beberapa metrik evaluasi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa SVM memberikan performa terbaik dengan Accuracy sebesar 84,44%, Precision 81,43%, Recall 60,36%, dan F1-Score 68,00%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi TF-IDF dan SVM lebih efektif dibandingkan MNB dan LR dalam klasifikasi sentimen pada dataset penelitian.

Kata Kunci: *Muslim Fashion,* Klasifikasi Sentimen, TF-IDF, *Machine Learning,* SVM

PENDAHULUAN

Perkembangan industri fashion Muslim di Indonesia menunjukkan adanya perubahan pola konsumsi masyarakat yang semakin terintegrasi dengan perdagangan elektronik. Produk fashion Muslim tidak hanya berkaitan dengan pemenuhan kebutuhan berpakaian, tetapi juga berhubungan dengan identitas, gaya hidup, nilai keagamaan, dan preferensi konsumen Muslim. Penelitian (Ayumadani & Zahra, 2025) menunjukkan bahwa konsumsi halal fashion di Indonesia berkaitan dengan pengetahuan konsumen, kesadaran halal, gaya hidup, dan keputusan pembelian. Penelitian tersebut juga menunjukkan adanya perbedaan karakteristik perilaku antar-generasi, sehingga pemahaman terhadap perilaku dan respons konsumen menjadi penting bagi pengembangan industri fashion Muslim.

Di sisi lain, perkembangan perdagangan elektronik menghasilkan sejumlah besar ulasan konsumen yang mengandung informasi mengenai pengalaman, kepuasan, ketidakpuasan, kualitas produk, harga, pelayanan, pengiriman, dan karakteristik produk. Informasi tersebut merupakan sumber data yang berharga untuk memahami persepsi konsumen, tetapi jumlah data yang besar menyebabkan analisis secara manual menjadi tidak efisien. Natural Language Processing (NLP) dan machine learning dapat digunakan untuk mengubah data ulasan yang tidak terstruktur menjadi informasi sentimen yang dapat dianalisis secara sistematis.

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan untuk memperoleh gambaran berbasis data mengenai kecenderungan sentimen konsumen terhadap produk Muslim Fashion. Analisis sentimen dapat membantu mengidentifikasi apakah pengalaman konsumen cenderung positif atau negatif serta memberikan informasi awal mengenai penerimaan konsumen terhadap produk yang dipasarkan melalui perdagangan elektronik. Selain itu, penggunaan dataset PRDECT-ID yang menyediakan ulasan produk berbahasa Indonesia memungkinkan penelitian dilakukan pada data konsumen Indonesia dengan pendekatan yang dapat direproduksi. Dataset tersebut terdiri atas 5.400 ulasan dari berbagai kategori produk dan memiliki label sentimen positif dan negatif. Dengan demikian, penelitian ini penting dilakukan untuk menguji sejauh mana metode machine learning berbasis representasi teks TF-IDF dapat digunakan untuk mengklasifikasikan sentimen konsumen pada kategori Muslim Fashion. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi

empiris mengenai performa algoritma machine learning dalam mengolah ulasan konsumen berbahasa Indonesia pada domain fashion Muslim.

Penelitian mengenai fashion Muslim di Indonesia telah dilakukan dari berbagai perspektif. (Zahro et al., 2025) misalnya, menganalisis perilaku pembelian halal fashion menggunakan pendekatan survei terhadap 504 konsumen Muslim dan metode Partial Least Squares Multi-Group Analysis (PLS-MGA). Penelitian tersebut berfokus pada hubungan antara pengetahuan konsumen, kesadaran halal, gaya hidup, dan keputusan pembelian, bukan pada pengolahan data tekstual berupa ulasan konsumen.

Penelitian yang menganalisis ulasan daring pada sektor Muslim women's fashion (Nurcahyanie & Saraswati, 2026). Penelitian tersebut menggunakan 2.050 online product reviews dari tiga brand Muslim fashion di Indonesia dan mengembangkan pendekatan dua lapis yang menggabungkan klasifikasi sentimen dengan interpretasi semantik berbasis ahli untuk menerjemahkan hasil sentimen menjadi atribut desain produk.

Penelitian ini tidak diarahkan untuk menentukan status halal suatu produk, tetapi untuk mengidentifikasi kecenderungan sentimen konsumen terhadap produk yang berada pada kategori Muslim Fashion. Selain itu, penelitian ini memberikan perbandingan langsung beberapa algoritma machine learning berbasis TF-IDF pada domain tersebut sehingga dapat diketahui algoritma yang paling sesuai untuk klasifikasi ulasan konsumen berbahasa Indonesia.

Dengan demikian, research gap penelitian ini terletak pada perbedaan objek, pendekatan data, dan fokus analisis dibandingkan penelitian terdahulu. Penelitian sebelumnya lebih banyak menggunakan survei untuk mengkaji perilaku pembelian halal fashion atau menggunakan kumpulan ulasan Muslim fashion yang lebih besar dengan pendekatan hybrid dan interpretasi semantik. Penelitian ini berfokus pada eksperimen klasifikasi sentimen berbasis machine learning klasik terhadap subset Muslim Fashion pada PRDECT-ID dengan prosedur preprocessing dan evaluasi yang terstruktur.

Penelitian ini bertujuan untuk 1) Mengidentifikasi dan menganalisis karakteristik sentimen konsumen pada ulasan produk yang termasuk dalam kategori Muslim Fashion berdasarkan dataset PRDECT-ID. 2) Mengembangkan model klasifikasi sentimen berbasis machine learning menggunakan representasi fitur Term Frequency-Inverse Document

Frequency (TF-IDF) untuk mengklasifikasikan ulasan konsumen ke dalam sentimen positif dan negatif. 3) Membandingkan performa algoritma Multinomial Naive Bayes, Logistic Regression, dan Support Vector Machine (SVM) berdasarkan accuracy, precision, recall, dan F1-score untuk menentukan algoritma yang memberikan kinerja terbaik dalam klasifikasi sentimen konsumen terhadap produk Muslim Fashion. Penelitian ini memberikan beberapa kontribusi, baik secara akademis maupun praktis. Kontribusi pada penelitian fashion Muslim**,** penelitian ini memberikan perspektif berbasis data mengenai kecenderungan sentimen konsumen yang diperoleh dari ulasan produk. Berbeda dengan penelitian yang menggunakan survei untuk mengukur faktor-faktor yang memengaruhi keputusan pembelian halal fashion, penelitian ini memanfaatkan data tekstual aktual yang berasal dari ulasan konsumen. Pendekatan ini dapat melengkapi penelitian perilaku konsumen dengan memberikan gambaran mengenai pengalaman dan persepsi konsumen yang diekspresikan secara langsung dalam ulasan.

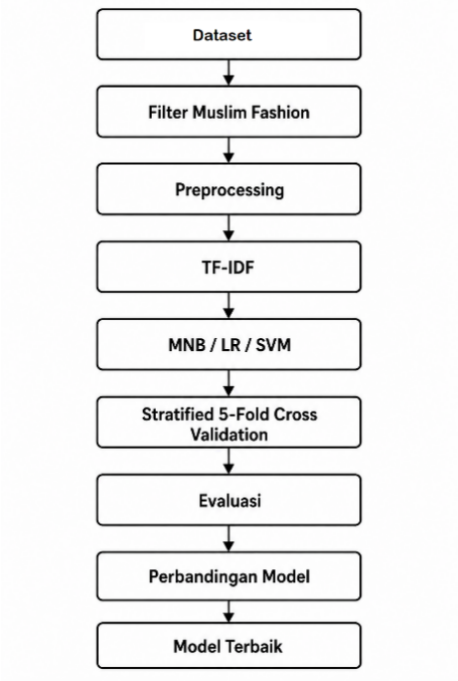
Penelitian ini menghasilkan perbandingan performa Multinomial Naive Bayes, Logistic Regression, dan Support Vector Machine pada subset Muslim Fashion. Hasil perbandingan dapat menunjukkan algoritma yang paling sesuai untuk klasifikasi sentimen pada dataset berbahasa Indonesia dengan ukuran data yang relatif terbatas.

Secara keseluruhan, kontribusi utama penelitian ini adalah menyediakan eksperimen yang terukur dan dapat direproduksi untuk menganalisis sentimen konsumen pada domain Muslim Fashion menggunakan machine learning berbasis TF-IDF, sekaligus memberikan bukti empiris mengenai algoritma yang paling efektif pada data ulasan berbahasa Indonesia.

METODE PENELITIAN

Metode yang Diusulkan

Langkah penelitian pada studi ini diawali dengan 1) pengumpulan dataset PRDECT-ID 2) filtering data berdasarkan kategori Muslim Fashion 3) preprocessing teks 4) Ekstraksi fitur menggunakan Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF) 5) klasifikasi Multinomial Naive Bayes (MNB), Logistic Regression (LR), dan Support Vector Machine (SVM). 6) evaluasi menggunakan Stratified 5-Fold Cross Validation 7) evaluasi. Keseluruhan tahapan penelitian tersebut disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Langkah Penelitian

Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF)

TF-IDF merupakan metode pembobotan term yang banyak digunakan dalam representasi teks untuk tugas klasifikasi, dengan memberikan bobot berdasarkan frekuensi kemunculan term dalam dokumen dan tingkat kemunculannya pada keseluruhan korpus (Jiang et al., 2021). Dalam Penelitian lain, Algoritma Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF) merupakan skema pembobotan istilah paling populer, digunakan untuk menilai relevansi suatu kata dalam dokumen secara numerik. Skor frekuensi yang diberikan pada suatu kata melalui TF-IDF menentukan tingkat kepentingan kata tersebut bagi dokumen berdasarkan frekuensi kemunculannya (Addiga & Bagui, 2022). Rumus yang digunakan untuk menghitung skor TF-IDF secara bertahap adalah sebagai berikut:

$$TF(t,d) = \frac{f_{t,d}}{\sum_k f_{k,d}}$$

Keterangan:

- t = term/kata
- d = dokumen
- ft,d = jumlah kemunculan term t pada dokumen d
- ∑kfk,d = jumlah seluruh term dalam dokumen d

Multinomial Naive Bayes

Multinomial Naive Bayes adalah model pembelajaran probabilistik yang diturunkan dari teori Bayes. Model ini banyak digunakan dalam bidang Pemrosesan Bahasa Alami (NLP) dan beroperasi berdasarkan prinsip frekuensi istilah (Term Frequency), yang mengukur seberapa sering suatu kata muncul dalam sebuah dokumen. Model ini memberikan penjelasan mengenai dua aspek: keberadaan atau ketidakberadaan suatu kata dalam teks, serta frekuensi kemunculan kata tersebut di dalam dokumen. Multinomial Naive Bayes merupakan model klasifikasi teks yang memanfaatkan pembelajaran terawasi (Supervised Learning). Oleh karena itu, model ini memerlukan data yang telah diberi label sebelum proses pelatihan dapat dimulai. Formulasi Multinomial Naive Bayes dapat dinyatakan melalui persamaan (Pratama et al., 2024).

Logistic Regression

Logistic Regression merupakan jenis regresi analisis yang menjelaskan hubungan antara variabel dependen dan variabel independen. Ini menjelaskan hubungan antara satu atau lebih variabel bebas dan variabel terikat dari jenis kategori tertentu, yang dapat berkisar antara 0 dan1 dan benar atau salah, besar atau kecil (Putri et al., 2025).

Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) adalah algoritma klasifikasi tangguh yang mampu melakukan klasifikasi baik secara linear maupun non-linear. Gagasan utama SVM adalah menemukan hyperplane optimal yang memaksimalkan margin antara dua kelas, sehingga memastikan titik-titik data terdekat yang disebut sebagai support vector berada sejauh mungkin dari batas keputusan. Ketika data tidak dapat dipisahkan secara linear, SVM menggunakan fungsi kernel untuk memetakan data ke dalam ruang berdimensi lebih tinggi, yang memungkinkan pemisahan pola-pola kompleks secara lebih efektif. Dengan memaksimalkan margin geometris antar-kelas, SVM memiliki kemampuan generalisasi yang kuat, menjadikannya salah satu algoritma paling andal untuk tugas analisis sentimen (Lestari & Hutagalung, 2025).

Dataset

Dataset pada penelitian ini menggunakan PRDECT-ID (Product Review Dataset for Emotion and Sentiment Analysis in Indonesian) yang terdiri atas 5.400 ulasan konsumen

berbahasa Indonesia dari berbagai kategori produk. Dataset tersebut digunakan sebagai sumber data penelitian karena menyediakan informasi ulasan konsumen beserta label sentimen yang dapat digunakan untuk proses klasifikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dataset

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah PRDECT-ID (Product Review Dataset for Emotion and Sentiment Analysis in Indonesian) yang terdiri atas 5.400 ulasan konsumen berbahasa Indonesia dari berbagai kategori produk. Dataset tersebut menyediakan informasi ulasan konsumen dan label sentimen yang digunakan sebagai kelas target dalam penelitian.

Untuk menyesuaikan dataset dengan fokus penelitian, dilakukan proses filtering berdasarkan atribut category dengan memilih kategori Muslim Fashion. Proses tersebut menghasilkan 200 ulasan yang selanjutnya digunakan sebagai dataset penelitian. Contoh data berdasar kategori dapat dilihat di Tabel 1.

Tabel 1. Dataset

Category	Product Name	Customer Review
Women's Fashion	COMFEET - Kaos Kaki Mata Kaki / Ankle Socks Import Quality - White	oke sih ini. bahannya enak buat dipakai. tebal tipisnya jg perfect buat sy, ga ketebelan ga ketipisan
Women's Fashion	COMFEET - Kaos Kaki Mata Kaki / Ankle Socks Import Quality - White	Bahannya adem. Tebalnya pas!. Jahitan rapi. Sudah lngganan beli d sini dan selalu repeat order.....recomended seeller.....
Women's Fashion	COMFEET - Kaos Kaki Mata Kaki / Ankle Socks Import Quality - White	Pengiriman cepat. barang lumayan
Women's Fashion	COMFEET - Kaos Kaki Mata Kaki / Ankle Socks Import Quality - White	Bahannya adem Warnanya cantik ?? Tebalnya pas! Jahitan rapi
Women's Fashion	COMFEET - Kaos Kaki Mata Kaki / Ankle Socks Import Quality - White	Barang bagus, sesuai kualitas dan harga. Proses dan respon agak lambat mesti diingatkan dulu
Women's Fashion	COMFEET - Kaos Kaki Mata Kaki / Ankle Socks Import Quality - White	Produk bgs packing bgs pengiriman cpt
Women's Fashion	COMFEET - Kaos Kaki Mata Kaki / Ankle Socks Import Quality - White	Produknya sesuai gambar

Women's Fashion	COMFEET - Kaos Kaki Mata Kaki / Ankle Socks Import Quality - White	Pengirimannya cepat, barang bagus, tapi ukuran maksimal 27 sepertinya, jadi tidak muat
Women's Fashion	KK023 Kaos Kaki Pendek Japanese Cool Solid Line Wanita - GINGER	bahannya enak gak gerah dipakainya.
Women's Fashion	KK023 Kaos Kaki Pendek Japanese Cool Solid Line Wanita - GINGER	beli buat ibu saya, muat sampai ukuran besar. waktu dikomplain ada yg cacat, seller cepet respon &diganti dgn yg baru. terimakasih ??
Women's Fashion	KK023 Kaos Kaki Pendek Japanese Cool Solid Line Wanita - GINGER	Puas banget kaos kakinya bagus
Women's Fashion	KK023 Kaos Kaki Pendek Japanese Cool Solid Line Wanita - GINGER	Warnanya cantik ?? Bahannya adem Tebalnya pas! Jahitan rapi. Ini keren banget si harga terjangkau kualitasnya oke.. pelayanannya okee
Women's Fashion	KK023 Kaos Kaki Pendek Japanese Cool Solid Line Wanita - GINGER	Warna sesuai, ada karet di bagian belakang spy kaos kaki tdk mudah lepas ????
Women's Fashion	KK023 Kaos Kaki Pendek Japanese Cool Solid Line Wanita - GINGER	sesuai pesanan trmksi.
…. N: 200		

Sebanyak 200 ulasan pada kategori Muslim Fashion selanjutnya dianalisis berdasarkan isi *Customer Review* untuk menentukan kecenderungan sentimennya. Analisis dilakukan menggunakan model IndoBERT, yang memproses setiap ulasan dan menghasilkan label sentimen berupa *Positive*, *Negative*, atau *Neutral* beserta nilai *confidence score*. Hasil analisa dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Dataset Sentiment

Category	Product Name	Customer Review	Sentiment	Confidence
Muslim Fashion	HIJAB SEGI EMPAT AUTHENTISM BASIC RACHITA VOAL/LAMINA VOAL / ULTRAFINE - TALYA	ternyata tipis bahannya	LABEL_0	0.995634
Muslim Fashion	HIJAB SEGI EMPAT AUTHENTISM BASIC RACHITA VOAL/LAMINA VOAL / ULTRAFINE - TALYA	deskripsi warna kurang sesuai	LABEL_1	0.999277
Muslim Fashion	Hijab VOAL Segiempat Premium - Emikoawa Jilbab Kerudung Terbaru Korea - capucino	kurang bagus bahannya	LABEL_1	0.997913

Muslim Fashion	masker hijab-masker hijab serut-masker kain-masker hijab 2ply 2 lapis - Ungu tua, Merk Mambo	gk bisa di pakai tali krng panjang	LABEL_1	0.997741
Muslim Fashion	masker hijab-masker hijab serut-masker kain-masker hijab 2ply 2 lapis - Ungu tua, Merk Mambo	sangat kecewa belanja di toko ini pesan 12 masker yang sampai cuma 10 tolong kalau packing barang sbelum di kirim teliti dlu dong, jangan sampai mengecewakan pembeli termasuk saya .	LABEL_2	0.838901
Muslim Fashion	Masker Hijab 3 ply | Masker Headloop Kain Polos Warna Pastel model Evo - Kubus	barang g smapai hilang di kurir ..uang refund	LABEL_2	0.999707
Muslim Fashion	Masker Hijab 3 ply | Masker Headloop Kain Polos Warna Pastel model Evo - Kubus	Pesan lain warna dikirim. Warna yg sama. Kecewa seh tp ya sdhlah	LABEL_1	0.998098
Muslim Fashion	Masker Hijab 3 ply | Masker Headloop Kain Polos Warna Pastel model Evo - Kubus	Penjual tidak membaca catatan yang diberikan pembeli	LABEL_2	0.999435
… 200				

Proses selanjutnya adalah melakukan mapping label karena hasil dari proses sebelumnya masih menggunakan Label_0, Label_2 dan Label_3. Maping label yang diharapkan adalah sentiment positive dan negative. Hasil Maping dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Maping Sentiment

Sentiment	Jumlah Data
positive	97
negative	38
neutral	65
Jumlah	200

Sentiment yang digunakan dalam penelitian adalah positive dan negative sehingga sentiment neutral tidak dipakai. Maka data yang memenuhi syarat adalah 135. Dari data 135 selanjutnya dicari prosentase sentiment. Hasil perhitungan dapat dilihat dalam tabel 4.

Tabel 4. Hasil Presentase Sentiment

Sentiment	Persentase
positive	28.15
negative	71.85

Tahap berikutnya adalah preprocessing teks. Tahapan ini bertujuan mengubah teks ulasan yang masih tidak terstruktur menjadi data yang lebih sesuai untuk proses klasifikasi. Preprocessing yang digunakan terdiri atas 1) *Case folding* 2) *Cleaning* 3) Tokenisasi 4) Normalisasi 5) *Stopword removal* 6) *Stemming.* Case Folding: Seluruh huruf diubah menjadi huruf kecil. Tujuannya agar kata Bagus, BAGUS, dan bagus dianggap sebagai term yang sama. Cleaning: Karakter yang tidak diperlukan seperti tanda baca, angka tertentu, URL, emoji, dan karakter khusus dihilangkan. Tokenisasi: Kalimat kemudian dipecah menjadi token atau kata. Contoh: [barangnya, bagus, banget, bahannya, nyaman]. Normalisasi: Kata tidak baku atau bentuk singkatan dapat diubah menjadi bentuk yang lebih baku. Contoh: bgt menjadi banget. Stopword Removal: Kata-kata yang memiliki kontribusi rendah terhadap proses klasifikasi dapat dihilangkan. Contoh: yang, dan, di, ke, dari, ini, itu. Sehingga didapatkan barangnya menjadi barang. Hasil akhir preprocessing inilah yang digunakan pada tahap ekstraksi fitur. Hasil proses prepocessing dapat dilihat dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Preprocessing

Customer Review	Processed Review
ternyata tipis bahannya	nyata tipis bahan
sangat kecewa belanja di toko ini pesan 12 masker yang sampai cuma 10 tolong kalau packing barang sbelum di kirim teliti dlu dong, jangan sampai mengecewakan pembeli termasuk saya .	sangat kecewa belanja toko pesan masker cuma kalau packing barang sbelum kirim teliti dlu dong jangan sampai kecewa beli masuk
barang g smapai hilang di kurir ..uang refund	barang g smapai hilang kurir uang refund
Penjual tidak membaca catatan yang diberikan pembeli	jual baca catat beri beli
Minta 4 pcs dikirimnya 3 pcs dan dikemasan paket tidak ada jumlah barang yang akan dikirim.	minta pcs kirim pcs kemas paket ada jumlah barang akan kirim
gasuka warnanya:(	gasuka warna
saya nggak terima paketnya sama sekali saya minta lacak malah no respon	nggak terima paket sama sekali minta lacak malah no respon
order emerald, dikirim tosca tanpa konfirmasi. ??	order emerald kirim tosca konfirmasi
tipis.kecil	tipis kecil
…	

Term Frequency-Inverse Document Frequency (TV-IDF)

Setelah melalui tahap preprocessing, teks ulasan dikonversi menjadi representasi numerik menggunakan metode Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF). Metode TF-IDF digunakan untuk memberikan bobot terhadap setiap term berdasarkan tingkat kemunculannya dalam suatu dokumen dan tingkat kepentingannya dibandingkan dengan keseluruhan dokumen. Term yang sering muncul pada suatu dokumen tetapi relatif jarang ditemukan pada dokumen lainnya akan memperoleh bobot yang lebih tinggi.

Tahap pertama adalah menghitung Term Frequency (TF), yaitu frekuensi kemunculan suatu term dalam sebuah dokumen. Pada penelitian ini, perhitungan TF dilakukan menggunakan *script* Python. Hasil proses ini dapat ditunjukkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil TF

Document	Sentiment	aamiin	abu	ada	adeeeeem	adem	admin	aja	aju	akan	…
1	Negative	0	0	0	0	0	0	0	0	0	…
2	Positive	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	Positive	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	Positive	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	Positive	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
6	Negative	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	Positive	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	Negative	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
9	Positive	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
10	Positive	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
…											

Tahap selenjutnya adalah menghitung Document Frequency adalah berapa banyak dokumen yang mengandung setiap term. Hasil perhitungan dapat dilihat dalam Tabel 7.

Tabel 7. Hasil DF

Term	Document Frequency
warna	46
bahan	44
sesuai	38
bagus	31
cantik	29
kirim	26
yg	13
mudah	11
…	

Berdasar data DF, tahap selanjutnya adalah menghitung Inverse Document Frequency (IDF). Hasil IDF dapat dilihat dalam Tabel 8.

Tabel 8. Hasil IDF

Term	Document Frequency	IDF
warna	46	1.076633
bahan	44	1.121085
sesuai	38	1.267689
bagus	31	1.471288
cantik	29	1.537979
rapi	27	1.609438
…		

Menghitung TF-IDF. Hasil Perhitungan dapat dilihat dalam tabel 9.

Tabel 9. Hasil TD-IDF

Document	Sentiment	aamiin	abu	ada	adeeeeem	adem	admin	aja	aju	akan	aku	…
1	Negative	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	Positive	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	Positive	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	Positive	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	Positive	0	0	0.32	0	0	0	0	0	0.44	0	
6	Negative	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	Positive	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
…												

Klasifikasi MNB, LR, dan SVM

Tahap klasifikasi dilakukan menggunakan tiga algoritma *machine learning*, yaitu Multinomial Naive Bayes (MNB), Logistic Regression (LR), dan Support Vector Machine (SVM). Teks hasil preprocessing digunakan sebagai masukan, sedangkan label *Positive* dan *Negative* digunakan sebagai target klasifikasi. Sebelum proses klasifikasi, teks ditransformasikan ke dalam representasi TF-IDF menggunakan *pipeline* sehingga proses pembentukan bobot TF-IDF dilakukan secara terpisah pada data pelatihan pada setiap *fold*. Pendekatan tersebut diterapkan untuk mencegah *data leakage* antara data pelatihan dan data pengujian. Setiap algoritma dievaluasi menggunakan Stratified 5-Fold Cross Validation dengan *shuffle* dan *random state* 42. Evaluasi dilakukan menggunakan Accuracy, Precision, Recall, dan F1-Score. Nilai performa akhir setiap algoritma diperoleh dari rata-rata hasil

pada lima *fold*. Algoritma dengan nilai F1-Score rata-rata tertinggi ditetapkan sebagai model dengan performa terbaik. Hasil dari perhitungan Klasifikasi dapat dilihat dalam tabel 10.

Tabel 10. Hasil Klasifikasi

Model	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-Score (%)	Std Accuracy (%)	Std F1-Score (%)
Multinomial Naive Bayes	76.3	73.33	18.21	28.61	2.96	16.12
Logistic Regression	75.56	80	13.21	22.22	2.96	14.05
Support Vector Machine	84.44	81.43	60.36	68	3.63	8.36

Stratified 5-Fold Cross Validation

Stratified 5-Fold Cross Validation digunakan untuk memperoleh estimasi performa yang lebih stabil. Dataset dibagi menjadi lima bagian (*fold*) dengan tetap mempertahankan proporsi masing-masing kelas sentimen. Pada setiap iterasi, empat *fold* digunakan sebagai data pelatihan dan satu *fold* digunakan sebagai data pengujian. Proses tersebut diulang sebanyak lima kali sehingga setiap data memperoleh kesempatan menjadi data pengujian. Nilai performa akhir setiap algoritma diperoleh dari rata-rata hasil kelima *fold*. Hasil perhitungan dapat dilihat dalam Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Stratified 5-Fold Cross Validation

Model	Fold	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
Multinomial Naive Bayes	1	0.7407	0	0	0
Multinomial Naive Bayes	2	0.8148	1	0.2857	0.4444
Multinomial Naive Bayes	3	0.7778	1	0.25	0.4
Multinomial Naive Bayes	4	0.7407	1	0.125	0.2222
Multinomial Naive Bayes	5	0.7407	0.6667	0.25	0.3636
Logistic Regression	1	0.7407	0	0	0
Logistic Regression	2	0.8148	1	0.2857	0.4444
Logistic Regression	3	0.7407	1	0.125	0.2222
Logistic Regression	4	0.7407	1	0.125	0.2222
Logistic Regression	5	0.7407	1	0.125	0.2222
Support Vector Machine	1	0.8519	1	0.4286	0.6
Support Vector Machine	2	0.8519	0.7143	0.7143	0.7143
Support Vector Machine	3	0.8519	0.8333	0.625	0.7143
Support Vector Machine	4	0.7778	0.6667	0.5	0.5714
Support Vector Machine	5	0.8889	0.8571	0.75	0.8

Berdasarkan hasil klasifikasi terhadap 135 ulasan produk Muslim Fashion, diketahui bahwa dataset terdiri atas 97 ulasan negatif dan 38 ulasan positif. Distribusi tersebut menunjukkan adanya ketidakseimbangan kelas, dengan proporsi kelas negatif sebesar 71,85% dan kelas positif sebesar 28,15%. Kondisi ketidakseimbangan kelas perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil evaluasi karena model dapat memperoleh nilai Accuracy yang relatif tinggi dengan lebih sering memprediksi kelas mayoritas.

Hasil Stratified 5-Fold Cross Validation menunjukkan bahwa Multinomial Naive Bayes memperoleh nilai Accuracy rata-rata sebesar 76,30%, Precision 73,33%, Recall 18,21%, dan F1-Score 28,61%. Meskipun Accuracy MNB mencapai 76,30%, nilai Recall yang rendah menunjukkan bahwa model memiliki keterbatasan dalam mengidentifikasi ulasan positif. Hal tersebut terlihat pada Fold 1, ketika model memperoleh Recall sebesar 0% dan F1-Score sebesar 0%, yang menunjukkan bahwa tidak terdapat prediksi positif yang benar pada fold tersebut.

Logistic Regression memperoleh Accuracy rata-rata sebesar 75,56%, Precision 80,00%, Recall 13,21%, dan F1-Score 22,22%. Nilai Precision yang relatif tinggi menunjukkan bahwa ketika model memprediksi suatu ulasan sebagai positif, prediksi tersebut relatif tepat. Namun, nilai Recall yang hanya 13,21% menunjukkan bahwa sebagian besar ulasan positif belum berhasil dikenali oleh model. Kondisi tersebut menghasilkan F1-Score yang rendah.

Berbeda dengan kedua algoritma tersebut, Support Vector Machine memberikan performa yang lebih baik dengan Accuracy sebesar 84,44%, Precision 81,43%, Recall 60,36%, dan F1-Score 68,00%. SVM tidak hanya menghasilkan Accuracy tertinggi, tetapi juga menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam mengenali kelas positif. Nilai Recall SVM yang mencapai 60,36% jauh lebih tinggi dibandingkan MNB sebesar 18,21% dan Logistic Regression sebesar 13,21%.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian Analisis Sentimen Konsumen terhadap Produk Muslim Fashion Menggunakan Machine Learning, dapat disimpulkan bahwa dataset PRDECT-ID sebanyak 5.400 ulasan setelah dilakukan penyaringan berdasarkan kategori Muslim Fashion

menghasilkan 200 ulasan. Selanjutnya, analisis sentimen berdasarkan Customer Review menghasilkan tiga kelas, yaitu Positive, Negative, dan Neutral. Karena penelitian menggunakan klasifikasi biner, ulasan dengan sentimen Neutral dikeluarkan sehingga diperoleh 135 data, yang terdiri atas 97 ulasan negatif dan 38 ulasan positif.

Representasi teks menggunakan Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF) berhasil mengubah data ulasan menjadi representasi numerik yang dapat digunakan sebagai masukan bagi algoritma klasifikasi. Selanjutnya, penelitian membandingkan tiga algoritma, yaitu Multinomial Naive Bayes (MNB), Logistic Regression (LR), dan Support Vector Machine (SVM) menggunakan Stratified 5-Fold Cross Validation.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa Support Vector Machine merupakan algoritma dengan performa terbaik dengan nilai Accuracy sebesar 84,44%, Precision 81,43%, Recall 60,36%, dan F1-Score 68,00%. Sementara itu, MNB memperoleh Accuracy 76,30% dan F1-Score 28,61%, sedangkan LR memperoleh Accuracy 75,56% dan F1-Score 22,22%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa SVM memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengenali sentimen dibandingkan MNB dan LR pada dataset penelitian.

REFERENSI

Addiga, A., & Bagui, S. (2022). Sentiment analysis on twitter data using term frequency-inverse document frequency. *Journal of Computer and Communications*, *10*(8), 117–128.

Ayumadani, P., & Zahra, I. A. (2025). Pengaruh Halal Awareness dan Celebrity Endorsement terhadap Keputusan Pembelian Skincare Halal (Studi Kasus Gen Z di Jakarta). *Seminar Nasional Inovasi Vokasi*, *4*, 1036–1043.

Aprianti, Y, Hananto, AL, & Hilabi, SS (2025). Klasifikasi sentimen komentar pengguna pada aplikasi Ruangguru menggunakan algoritma Naive Bayes. *Metik Jurnal*, journal.universitasmulia.ac.id, https://journal.universitasmulia.ac.id/index.php/metik/article/view/1023

Berutu, SS (2022). Text Mining dan Klasifikasi Sentimen Berbasis NaÔve Bayes Pada Opini Masyarakat terhadap Makanan Tradisional. ... *Sistem Komputer dan Informatika (JSON) Hal*, pdfs.semanticscholar.org,

https://pdfs.semanticscholar.org/15dc/e5cda97fd7fad4446a00a7500149aa4e77c9.pdf

Fitroh, QA, Mardlian, MSAK, & ... (2026). Evaluasi Strategi Penanganan Ketidakseimbangan Kelas pada Klasifikasi Sentimen Multikelas Ulasan Aplikasi ChatGPT. *JUSIFOR: Jurnal ...*, ejournal.uniramalang.ac.id, https://ejournal.uniramalang.ac.id/jusifor/article/view/9714

Irawan, B, & Bachri, OS (2026). Klasifikasi Sentimen Ulasan Produk Samsung pada Platform E-Commerce Tokopedia Menggunakan Algoritma Naive Bayes. *Rabit: Jurnal Teknologi dan Sistem ...*, jurnal.univrab.ac.id, https://jurnal.univrab.ac.id/index.php/rabit/article/view/7557

Jiang, Z., Gao, B., He, Y., Han, Y., Doyle, P., & Zhu, Q. (2021). Text Classification Using Novel Term Weighting Scheme-Based Improved TF-IDF for Internet Media Reports. *Mathematical Problems in Engineering*, *2021*(1), 6619088.

Lestari, V. B., & Hutagalung, C. A. (2025). Evaluation of TF-IDF Extraction Techniques in Sentiment Analysis of Indonesian-Language Marketplaces Using SVM, Logistic Regression, and Naive Bayes. *J-KOMA: Jurnal Ilmu Komputer Dan Aplikasi*, *8*(1), 36–44.

Munandar, AA, Farikhin, F, & Widodo, CE (2023). Sentimen Analisis Aplikasi Belajar Online Menggunakan Klasifikasi SVM. *... . Comput. Sci., vol. 8, no. 2, p ...*, academia.edu, https://www.academia.edu/download/123663867/2563.pdf

Mubarok, MZ, Rizqi, S, Rizal, RM, & ... (2025). Klasifikasi Sentimen Ulasan Aplikasi Claude Menggunakan Naive Bayes dan Support Vector Machine. *JUSIFOR: Jurnal ...*, ejournal.uniramalang.ac.id, https://ejournal.uniramalang.ac.id/jusifor/article/view/7054

Nurcahyanie, Y. D., & Saraswati, S. N. (2026). Text-Based Sentiment Analysis of Online Reviews: Evidence from Indonesia's Muslim Women's Fashion Sector. *Bit-Tech*, *8*(3), 4144–4156.

Pratama, D. R. S., Munandar, T. A., & Ramdhania, K. F. (2024). Multinomial naive bayes algorithm for indonesian language sentiment classification related to jakarta

international stadium (jis). *International Journal of Information Technology and Computer Science Applications*, *2*(1), 12–22.

Putri, A. A., Agustian, S., Abdillah, R., & Pizaini, P. (2025). Penerapan Metode Logistic Regression Untuk Klasifikasi Sentimen Pada Dataset Twitter Terbatas. *ZONAsi: Jurnal Sistem Informasi*, *7*(1), 95–107.

Siswoyo, B, & Utomo, NAP (2025). Pemanfaatan machine learning untuk klasifikasi sentimen pelanggan pada media sosial. *Jurnal Teknologi Informasi Digital*, jurnal.ipdig.id, https://jurnal.ipdig.id/index.php/jtid/article/view/22

Zahro, Z., Affa, A. S., Jannah, K. D., Shofiyuddin, M., Irawan, Z., & Fahmi, L. N. (2025). From knowledge to decision: A PLS-MGA investigation of halal fashion purchase behaviour across generation in Indonesia. *Diponegoro International Journal of Business*, *8*(2), 107–128.

Web-Based Recommendation System for Dessert Spots in the Renon Area Using the Content-Based Filtering Method

Dhea Rosalin Insoraky Rumbiak [1)*)], I Made Dwi Ardiada [2)], Prastyadi Wibawa Rahayu [3)]

[1)2)3)]Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi dan Informasi, Universitas Dhyana Pura
[*)]**Correspondence author**: dhearumbiak99@gmail.com, Badung, Indonesia
DOI: https://doi.org/10.37012/jtik.v12i1.3769

Abstract

The rapid development of information technology has encouraged the application of recommendation systems to help users select culinary places according to their personal preferences. This study aims to design and build a web-based dessert place recommendation system in the Renon area, Denpasar, using the Content-Based Filtering (CBF) method. A total of 61 dessert place data were collected through Google Maps scraping using Apify, covering price, location, and category attributes. The category attribute was transformed using One-Hot Encoding, the price attribute was normalized using Min-Max Normalization, and the distance between the user and dessert places was calculated using the Haversine formula. All attributes were represented as feature vectors, and the similarity between user preferences and dessert place data was calculated using Cosine Similarity to generate the most suitable recommendations. The system was developed using the Laravel framework with the Waterfall method and tested using the Blackbox Testing method. System performance was evaluated using a confusion matrix with 70:30 and 60:40 data-split schemes. The 70:30 scheme testing produced an accuracy of 90.00%, precision of 50.00%, recall of 50.00%, and F1-Score of 50.00%, while the 60:40 scheme produced an accuracy of 92.59%, precision of 75.00%, recall of 75.00%, and F1-Score of 75.00%. The relatively low precision, recall, and F1-Score values were caused by the very small number of truly relevant items in the test data, so a single misclassification had a large impact on these percentages, while accuracy remained high because it was dominated by clearly irrelevant items. These results indicate that the Content-Based Filtering method is reasonably able to provide relevant dessert place recommendations according to user preferences.

Keywords: *Recommendation System, Content-Based Filtering, Cosine Similarity, Dessert, Renon*

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi mendorong penerapan sistem rekomendasi untuk membantu pengguna memilih tempat kuliner sesuai preferensi pribadi. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem rekomendasi tempat dessert berbasis web di daerah Renon, Denpasar, menggunakan metode Content-Based Filtering (CBF). Data tempat dessert sebanyak 61 data dikumpulkan melalui scraping Google Maps menggunakan Apify, meliputi atribut harga, lokasi, dan kategori. Atribut kategori ditransformasikan menggunakan One-Hot Encoding, atribut harga dinormalisasi menggunakan Min-Max Normalization, dan jarak antara pengguna dengan tempat dessert dihitung menggunakan rumus Haversine. Seluruh atribut direpresentasikan dalam bentuk vektor fitur, kemudian tingkat kemiripan antara preferensi pengguna dan data tempat dessert dihitung menggunakan Cosine Similarity untuk menghasilkan rekomendasi yang paling sesuai. Sistem dikembangkan menggunakan framework Laravel dengan metode Waterfall dan diuji menggunakan metode Blackbox Testing. Evaluasi kinerja sistem dilakukan menggunakan confusion matrix dengan skema pembagian data 70:30 dan 60:40. Hasil pengujian skema 70:30 menghasilkan akurasi 90,00%, presisi 50,00%, recall 50,00%, dan F1-Score 50,00%, sedangkan skema 60:40 menghasilkan akurasi 92,59%, presisi 75,00%, recall 75,00%, dan F1-Score 75,00%. Nilai presisi, recall, dan F1-Score yang belum tinggi disebabkan oleh jumlah data yang benar-benar relevan pada data uji sangat sedikit, sehingga satu kesalahan klasifikasi berdampak besar terhadap persentase tersebut, sementara akurasi tetap tinggi karena didominasi data yang memang tidak relevan. Hasil ini menunjukkan bahwa metode Content-Based Filtering cukup mampu memberikan rekomendasi tempat dessert yang relevan sesuai preferensi pengguna.

Kata Kunci: Sistem Rekomendasi, Content-Based Filtering, Cosine Similarity, Dessert, *Renon*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi yang pesat dalam beberapa tahun terakhir telah memberikan dampak signifikan terhadap berbagai sektor, termasuk industri kuliner. Salah satu inovasi yang terus berkembang adalah penerapan sistem rekomendasi yang digunakan untuk membantu pengguna mengambil keputusan, seperti dalam memilih tempat makan berdasarkan preferensi pribadi (Devi Nurhayati & Widayani, 2021).

Sistem rekomendasi memberikan saran kepada pengguna berdasarkan preferensi sebelumnya atau karakteristik dari item yang tersedia. Salah satu pendekatan yang sering digunakan dalam sistem ini adalah metode Content-Based Filtering (CBF), yaitu pendekatan yang memberikan rekomendasi dengan membandingkan atribut item yang telah disukai pengguna sebelumnya dengan item lain yang serupa (Rahmayuda, Marisa Midyanti, & Martha, 2024).

Penggunaan metode CBF telah terbukti efektif dalam berbagai studi. Penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode Content-Based Filtering pada sistem pemesanan makanan dan minuman berbasis web dapat meningkatkan efisiensi layanan, dengan efektivitas sistem mencapai 93,33% (Rahman & Abdi, 2024). Hal serupa juga ditemukan pada studi yang diterapkan di sektor pariwisata, di mana sistem rekomendasi berbasis CBF dan Collaborative Filtering berhasil memberikan hasil dengan tingkat akurasi yang tinggi, yaitu RMSE 0,2427 (Faurina, Sitanggang, Supratman, & Limun, 2023).

Daerah Renon, Denpasar, Bali, merupakan salah satu kawasan yang dikenal memiliki banyak tempat kuliner khususnya dessert, seperti kafe, toko roti, dan kedai es krim. Banyaknya pilihan ini menimbulkan tantangan bagi pengguna dalam memilih tempat yang sesuai dengan kriteria pribadi seperti harga makanan dan jarak dari lokasi pengguna. Akan tetapi, masih minim sistem yang secara khusus memberikan rekomendasi otomatis berbasis lokasi dan harga untuk kategori makanan dessert.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem rekomendasi tempat dessert berbasis web dengan menerapkan metode Content-Based Filtering guna membantu pengguna memilih tempat dessert yang sesuai dengan preferensinya. Sistem ini memanfaatkan atribut harga, kategori dessert, dan lokasi geografis. Atribut kategori direpresentasikan menggunakan One-Hot Encoding, atribut

harga dinormalisasi menggunakan Min-Max Normalization, dan jarak antara pengguna dengan lokasi tempat dessert dihitung menggunakan rumus Haversine. Seluruh atribut kemudian direpresentasikan dalam bentuk vektor fitur, dan tingkat kemiripan antar item dihitung menggunakan Cosine Similarity.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (development research) yang menghasilkan sebuah sistem rekomendasi berbasis web. Penelitian dilaksanakan di daerah Renon, Kota Denpasar, Bali, berlangsung selama enam bulan dari Maret hingga Agustus 2025. Populasi/sampel penelitian ini adalah 61 tempat dessert yang berlokasi di daerah Renon dan sekitarnya, meliputi kategori Donut/Pastry, Gelato, Dessert Cafe, Bakery/Cake, Ice Cream, dan Dessert Shop.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui scraping data Google Maps menggunakan platform Apify, yaitu platform cloud berbasis JavaScript dan Node.js yang menyediakan Actor siap pakai untuk otomasi pengambilan data dari suatu situs web (Angelika, Daely, Sanjaya, & Wijaya, 2026). Actor Google Maps Scraper yang digunakan (Actor ID crawler-google-places) bekerja dengan mensimulasikan pencarian pada Google Maps menggunakan headless browser, kemudian secara otomatis melakukan scrolling dan pagination untuk mengumpulkan data nama tempat, koordinat lokasi (latitude dan longitude), rating, kategori, serta rentang harga produk dessert di setiap tempat. Data yang telah dikumpulkan selanjutnya diproses melalui beberapa tahap analisis: (1) normalisasi atribut harga menggunakan Min-Max Normalization; (2) perhitungan jarak antara lokasi pengguna dengan tempat dessert menggunakan rumus Haversine; (3) transformasi atribut kategori menggunakan One-Hot Encoding; (4) representasi seluruh atribut ke dalam bentuk vektor fitur; dan (5) perhitungan tingkat kemiripan antara vektor preferensi pengguna dengan vektor tiap tempat dessert menggunakan Cosine Similarity, yang hasilnya digunakan untuk mengurutkan dan menentukan rekomendasi tempat dessert yang paling sesuai.

Sistem dikembangkan menggunakan framework Laravel dengan pendekatan model pengembangan perangkat lunak Waterfall, meliputi tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi/pengkodean, pengujian, dan pemeliharaan. Pengujian fungsionalitas

sistem dilakukan menggunakan metode Blackbox Testing untuk memastikan seluruh fitur berjalan sesuai kebutuhan. Adapun evaluasi kinerja metode Content-Based Filtering dilakukan menggunakan confusion matrix dengan dua skema pembagian data, yaitu 70:30 (data latih 70%, data uji 30%) dan 60:40 (data latih 60%, data uji 40%), dengan menghitung nilai Accuracy, Precision, Recall, dan F1-Score pada masing-masing skema.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem rekomendasi tempat dessert di daerah Renon berhasil dibangun berbasis web menggunakan framework Laravel. Sistem menerima input preferensi pengguna berupa kategori dessert, harga maksimum (budget), serta lokasi pengguna (latitude dan longitude). Berdasarkan input tersebut, sistem membentuk vektor preferensi pengguna dan menghitung tingkat kemiripan (cosine similarity) terhadap vektor fitur setiap tempat dessert dalam basis data, kemudian menampilkan hasil rekomendasi tempat dessert yang diurutkan berdasarkan nilai kemiripan tertinggi.

Evaluasi dan Hasil Perhitungan Pembagian Data 70:30

Pada skenario ini, data dibagi menjadi 70% data latih dan 30% data uji. Dengan jumlah data sebanyak 61 tempat dessert, diperoleh data latih sebanyak 41 data dan data uji sebanyak 20 data. Evaluasi dilakukan menggunakan confusion matrix untuk mengukur kinerja metode Content-Based Filtering, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Confusion Matrix Pengujian 70:30

	Prediksi Positif	**Prediksi Negatif**
Aktual Positif	1	1
Aktual Negatif	1	17

Berdasarkan confusion matrix pengujian data 70:30, diperoleh nilai evaluasi sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{Total\ Data} = \frac{1 + 17}{20} = 0{,}9000\ (90{,}00\%)$$

$$Presisi = \frac{TP}{TP + FP} = \frac{1}{1 + 1} = 0{,}5000\ (50{,}00\%)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{1}{1 + 1} = 0{,}5000\ (50{,}00\%)$$

$$F1 - Score = 2\,x\,\frac{Presisi\ x\ Recall}{Presisi\ +\ Recall} = 2\,x\,\frac{0{,}5000\ x\ 0{,}5000}{0{,}5000\ +\ 0{,}5000} = 0{,}5000\ (50{,}00\%)$$

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan pembagian data 70:30, diperoleh nilai akurasi sebesar 90,00%, presisi sebesar 50,00%, recall sebesar 50,00%, dan F1-Score sebesar 50,00%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode Content-Based Filtering cukup mampu memberikan rekomendasi tempat dessert yang sesuai dengan preferensi pengguna, meskipun masih terdapat beberapa kandidat yang belum terklasifikasi secara tepat pada skenario pengujian ini.

Evaluasi dan Hasil Perhitungan Pembagian Data 60:40

Pada skenario ini, data dibagi menjadi 60% data latih dan 40% data uji. Dari total 61 data tempat dessert, diperoleh data latih sebanyak 34 data dan data uji sebanyak 27 data. Evaluasi dilakukan menggunakan confusion matrix yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Confusion Matrix Pengujian 60:40

	Prediksi Positif	**Prediksi Negatif**
Aktual Positif	3	1
Aktual Negatif	1	22

Berdasarkan confusion matrix pengujian data 60:40, diperoleh nilai evaluasi sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{Total\ Data} = \frac{3 + 22}{27} = 0{,}9259\ (92{,}59\%)$$

$$Presisi = \frac{TP}{TP + FP} = \frac{3}{3 + 1} = 0{,}7500\ (75{,}00\%)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{3}{3 + 1} = 0{,}7500\ (75{,}00\%)$$

$$F1 - Score = 2\,x\,\frac{Presisi\ x\ Recall}{Presisi\ +\ Recall} = 2\,x\,\frac{0{,}7500\ x\ 0{,}7500}{0{,}7500\ +\ 0{,}7500} = 0{,}7500\ (75{,}00\%)$$

Hasil pengujian dengan pembagian data 60:40 menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan rekomendasi tempat dessert dengan tingkat akurasi sebesar 92,59%, presisi sebesar 75,00%, recall sebesar 75,00%, dan F1-Score sebesar 75,00%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa metode Content-Based Filtering memiliki performa yang cukup baik

dalam menentukan rekomendasi berdasarkan kemiripan karakteristik tempat dessert, dengan hasil yang lebih baik dibandingkan skenario 70:30.

Nilai Precision, Recall, dan F1-Score pada kedua skema pengujian tergolong belum terlalu tinggi meskipun nilai Accuracy yang diperoleh cukup tinggi. Hal ini disebabkan oleh jumlah data yang benar-benar relevan dengan preferensi pengguna (Aktual Positif) pada data uji sangat sedikit, yaitu hanya 2 dari 20 data pada skema 70:30 dan 4 dari 27 data pada skema 60:40, sehingga satu kesalahan klasifikasi saja (false positive atau false negative) berdampak signifikan terhadap persentase Precision dan Recall. Sementara itu, nilai Accuracy tetap tinggi karena didominasi oleh data yang memang tidak relevan dengan preferensi pengguna (True Negative), yang jumlahnya jauh lebih banyak dibandingkan data yang relevan.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini berhasil menghasilkan sebuah sistem rekomendasi tempat dessert berbasis web di daerah Renon yang mampu membantu pengguna menemukan tempat dessert sesuai dengan preferensi yang diinginkan, menggunakan framework Laravel dan data 61 tempat dessert di daerah Renon dan sekitarnya. Metode Content-Based Filtering berhasil diterapkan dengan memanfaatkan atribut harga, lokasi, dan kategori dessert, melalui tahapan Min-Max Normalization, rumus Haversine, One-Hot Encoding, dan Cosine Similarity, serta mampu memberikan rekomendasi yang relevan berdasarkan nilai kemiripan tertinggi. Hasil pengujian Blackbox Testing menunjukkan seluruh fitur sistem berjalan sesuai kebutuhan fungsional. Evaluasi menggunakan confusion matrix menunjukkan nilai akurasi sebesar 90,00% (skema 70:30) dan 92,59% (skema 60:40), sedangkan nilai Precision, Recall, dan F1-Score pada kedua skema tergolong belum terlalu tinggi (50,00% dan 75,00%) karena jumlah data yang benar-benar relevan pada data uji sangat sedikit, sehingga satu kesalahan klasifikasi berdampak besar terhadap persentase tersebut, sementara akurasi tetap tinggi karena didominasi data yang memang tidak relevan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah jumlah dan cakupan data, menambahkan atribut lain seperti rating dan ulasan pengguna, mengembangkan sistem dalam bentuk aplikasi mobile, menambahkan fitur favorit dan riwayat pencarian, serta menambahkan fitur evaluasi tingkat kepuasan pengguna untuk meningkatkan kualitas sistem pada pengembangan berikutnya.

REFERENSI

Agung Noviantoroa, Silvianab, A. B., Fitrianicx, R. R., & Fitrianic, R. R. (2022). Rancangan dan Implementasi Aplikasi Sewa Lapangan Badminton Wilayah Depok Berbasis Web. Jurnal Teknik Dan Science, 1.

Angelika, S., Daely, G., Sanjaya, A. E., & Wijaya, A. (2026). Analisis Pola Kepuasan Pengunjung Amanzi Waterpark Palembang Menggunakan K-Means Clustering. Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika, 2(3), 52–60. https://jurnal.globalscients.com/index.php/jiki.930

Arizal, M., Rahman, K., Mardiyati, S., & Nugraha, Y. (2022). Perancangan Sistem Informasi Penjualan Barang Berupa Alat Musik (Vol. 2022, Number 7).

Ayu Lestari Dalimunthe. (2022). Sistem Informasi E-Learning Di SMA Negeri 1 Rantau Selatan Berbasis Web. Journal of Student Development Informatics Management (JoSDIM), 1–11.

Azizah, N., & Rozi, A. F. (2024). Sistem Rekomendasi Produk Somethinc Menggunakan Metode Content-based Filtering. Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis, 6(3), 461–468. https://doi.org/10.47233/jteksis.v6i3.1411

Devi Nurhayati, S., & Widayani, W. (2021). Sistem Rekomendasi Wisata Kuliner di Yogyakarta dengan Metode Item-Based Collaborative Filtering. JACIS: Journal Automation Computer Information System, 1(2).

Erwan Effendy, Siregar, E. A., Fitri, P. C., & Damanik, I. A. S. (2023). Mengenal Sistem Informasi Manajemen Dakwah (Pengertian Sistem, Karakteristik Sistem) (Vol. 5).

Faurina, R., Sitanggang, E., Supratman, J. W., & Limun, K. (2023). Implementasi Metode Content-Based Filtering dan Collaborative Filtering pada Sistem Rekomendasi Wisata di Bali (Vol. 22, Number 4).

Febriyani, A. (2023). Rancang Bangun Aplikasi Penjualan Kebutuhan Pokok Berbasis Web Pada Toko Khansaa. Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika, 7(1).

Firnando, J., Franko, B., Pratama Tanzil, S., Wilyanto, N., Christianto Tan, H., & Hartati Kom, E. M. (2023). Pembuatan Website Menggunakan Visual Studio Code di SMA Xaverius 3 Palembang (Vol. 3, Number 1).

Hasan, S., Muhammad, N., & Program Studi Komputerisasi Akuntansi Politeknik Sains dan Teknologi Wiratama Maluku Utara. (2020). Sistem Informasi Pembayaran Biaya Studi Berbasis Web Pada Politeknik Sains dan Teknologi Wiratama Maluku Utara. IJIS Indonesian Journal on Information System, 5.

Ikhlas, A., Kustati, M., & Sepriyanti, N. (2023). Masalah Penelitian/Research Problem; Pengertian dan Sumber Masalah, Pertimbangan, Kriteria Pemilihan Masalah, Perumusan dan Pembatasan Masalah, Landasan Teori.

Ismin Kogoya, Ermaya Suradinata, & Baharudin Thahir. (2023). Analisis Data Sekunder Implementasi Kebijakan Sistem Computer Assisted Test (CAT) pada Penerimaan Pegawai Negeri Sipil (PNS) di Provinsi Papua. Jurnal Kajian Pemerintah, 9. www.rekrutmen.jakarta.go.id

Kumarahadi, B. M., Kinanti Kumarahadi, Y., & Ridhwanullah, D. (2025). Sistem Rekomendasi Makanan Kucing Menggunakan Metode Content-Based Filtering (Vol. 7).

Mardiati, D., & Saputra, Y. (2025). Implementasi Sistem Informasi Manajemen Klinik Menggunakan Metode Black Box Testing. Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan, 13(1). https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.6015

Pangestu, I. A., & Mardiani, G. T. (2021). Sistem Informasi Rekomendasi Produk dengan Pendekatan Customer Relationship Management di CV. XYZ. KOMPUTA: Jurnal Ilmiah Komputer Dan Informatika, 10(2).

Chairina, & Candrasa, L. (2022). Peran Manajemen Arsip dalam Pengamanan Data Base (Records Management Role in Data Base Security). AFoSJ-LAS, 2(4). https://j-las.lemkomindo.org/index.php/AFoSJ-LAS/index

Rahman, A., & Abdi, I. (2024). Sistem Pemesanan Makanan dan Minuman Berbasis Web dengan Metode Content-Based Filtering Sebagai Penentu Rekomendasi, 4(2).

Rahmayuda, S., Marisa Midyanti, D., & Martha, S. (2024). Pemodelan Sistem Rekomendasi Restoran berdasarkan Preferensi Pengguna dengan Pendekatan Content-Based Filtering. www.apify.com

Reza Hermiati, Asnawati, & Indra Kanedi. (2021). Pembuatan E-Commerce pada Raja Komputer Menggunakan Bahasa Pemrograman PHP dan Database MySQL. Jurnal Media Infotama, 17.

Saragih, N., & Sembiring, S. (2022). Pelatihan Aplikasi Microsoft SPSS dalam Pengolahan Data Primer Penelitian bagi Mahasiswa Fakultas Ekonomi Unika Santo Thomas Medan. Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat, 1.

Susilowati, I., & Umami, I. (2022). Perancangan Sistem Informasi Surat Menyurat pada Sekolah Dasar di Kampung Baru Berbasis Website. Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis-JTEKSIS, 4(1), 455. https://doi.org/10.47233/jteksis.v4i2.580

Syifaika, W., Anjani, D., & Karyati, Z. (2023). Perancangan Aplikasi Tabungan Sekolah pada SMP PGRI 9 Jakarta Timur Berbasis Java Netbeans. Jurnal Riset Dan Aplikasi Mahasiswa Informatika (JRAMI), 4.

Tifany, E., Ginting, B., & Pratama, I. (2023). Sistem Rekomendasi Jurusan SMK Menggunakan Metode Content-Based Filtering di Kabupaten Sleman, 3(2), 291. http://jurnal.minartis.com/index.php/jsit

Wulandari, M. T., Safaruddin, S., & Santoso, R. (2022). Peranan Department General Affair dalam Pelayanan Operasional Perusahaan di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. AT TARIIZ: Jurnal Ekonomi Dan Bisnis Islam, 1(03), 121–131. https://doi.org/10.62668/attariiz.v1i03.312

UNIVERSITAS
MH THAMRIN

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Mohammad Husni Thamrin
Kampus A Universitas Mohammad Husni Thamrin
Jl. Raya Pondok Gede No. 23 - 25, Kramat Jati, Jakarta Timur 13550
Telp. (021) 8096411 ext. 1218, Hp: 085718767171
email: ojslppmumht@gmail.com;
http://journal.thamrin.ac.id/index.php/jtik