

Rancang Bangun Alat Ukur Indeks Massa Tubuh (IMT) Digital Berbasis Data Untuk Mendukung Pelayanan *Medical Check-Up*

*Muhtar¹, Lili Ruh yana², Gunawan³, Danang Kristioko Legowo⁴, Abdul Firman⁵, Hidayat⁶
^{1,2,3,4,5,6} Jurusan Teknik Elektromedik, Universitas Mohammad Husni Thamrin Jakarta

Correspondence Author: Muhtar, muhtar2521@gmail.com

DOI: 10.37012/jik.v17i1.2804

ABSTRACT

Body Mass Index (BMI) is an important parameter in medical check-ups to assess nutritional status and potential health risks. However, manual BMI measurement still has limitations in terms of accuracy and efficiency. This study aims to design and develop a data-based digital BMI measuring device to improve measurement accuracy and support integration with healthcare systems. The research adopts the Research and Development (R&D) method to produce a new product and evaluate its effectiveness before broad implementation. The research process follows a systematic sequence of stages: problem identification, design planning, prototype development, testing, and evaluation—ensuring that the final product is of high quality and meets user needs. The device is equipped with a weight sensor (Load Cell), a height sensor (Ultrasonic), and a waist circumference sensor (Rotary Encoder), all integrated with a microcontroller (Arduino) to process data in real-time. Measurement results are displayed on an LCD screen and stored in a database, facilitating health professionals in analyzing and monitoring patient conditions. Testing showed an accuracy level of 98% for weight measurements and 97% for height, with a margin of error below 1%. This device is expected to support faster, more accurate, and digitized health check-up services.

Keywords: Digital BMI, Medical Check-Up, R&D, Sensor, Database.

ABSTRAK

Indeks Massa Tubuh (IMT) merupakan parameter penting dalam pemeriksaan kesehatan untuk menilai status gizi dan risiko penyakit. Namun, pengukuran IMT secara manual masih memiliki keterbatasan dalam hal akurasi dan efisiensi. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan alat ukur IMT digital berbasis data untuk meningkatkan ketepatan pengukuran dan mendukung integrasi dengan sistem pelayanan kesehatan. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) untuk menghasilkan produk baru dan mengevaluasi efektivitasnya sebelum digunakan secara luas. Proses penelitian dilakukan secara sistematis melalui tahapan identifikasi masalah, perancangan desain, pembuatan prototipe, uji coba, dan evaluasi, guna memastikan produk yang dihasilkan berkualitas dan sesuai kebutuhan pengguna. Alat ini dilengkapi sensor berat (*Load Cell*), sensor tinggi badan (*Ultrasonic*), dan sensor lingkaran perut (*Rotary Encoder*) yang terhubung dengan mikrokontroler (Arduino) untuk memproses data secara *real-time*. Hasil pengukuran ditampilkan melalui LCD dan dapat disimpan dalam basis data, sehingga memudahkan tenaga medis dalam menganalisis dan memantau kondisi pasien. Pengujian menunjukkan tingkat akurasi sebesar 98% untuk berat badan dan 97% untuk tinggi badan, dengan margin kesalahan kurang dari 1%. Alat ini diharapkan dapat menunjang layanan pemeriksaan kesehatan yang lebih cepat, akurat, dan terdigitalisasi.

Kata kunci: IMT Digital, *Medical Check-Up*, R&D, Sensor, Basis Data

PENDAHULUAN

Medical check-up (MCU) merupakan serangkaian kegiatan pemeriksaan kesehatan yang bertujuan untuk mengevaluasi status kesehatan seseorang secara komprehensif [1]. MCU mencakup pemeriksaan Indeks Massa Tubuh (IMT), tekanan darah, fungsi organ, hingga berbagai pemeriksaan laboratorium untuk mendeteksi penyakit secara dini dan menyeluruh [2]. Salah satu parameter kritis dalam MCU adalah IMT, yang digunakan sebagai indikator utama kondisi gizi seseorang serta risiko berbagai penyakit seperti obesitas, malnutrisi, penyakit jantung, dan diabetes [3][4].

Meski demikian, pelaksanaan pengukuran IMT secara manual masih memiliki berbagai kelemahan, terutama dalam hal akurasi pengukuran dan efisiensi waktu yang dibutuhkan. Proses pengukuran berat dan tinggi badan yang dilakukan secara terpisah, dilanjutkan perhitungan manual IMT, sangat rentan terhadap kesalahan pencatatan dan perhitungan, terlebih di lingkungan klinis yang padat [5]. Selain itu, pengukuran manual sering kali tidak mencakup lingkar perut, yang merupakan parameter tambahan penting dalam analisis kondisi kesehatan secara lengkap.

Urgensi pengembangan alat ukur IMT digital sangat tinggi, baik dari aspek ilmiah maupun praktis. Secara ilmiah, pengukuran digital memberikan data yang lebih akurat dan konsisten, yang dapat meningkatkan kualitas diagnosis dan penanganan pasien. Dari sisi praktis, alat digital yang terintegrasi dengan basis data mampu mempercepat proses pemeriksaan serta membantu tenaga medis dalam melakukan analisis kondisi kesehatan pasien secara real-time, sehingga pelayanan kesehatan dapat berlangsung lebih efisien dan efektif [6].

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan alat ukur IMT digital berbasis data yang dapat meningkatkan ketepatan pengukuran sekaligus mendukung integrasi data dalam sistem layanan kesehatan. Kontribusi utama penelitian ini adalah menciptakan alat ukur yang mampu menghasilkan pengukuran IMT secara akurat, efisien, dan *real-time*, serta mendukung pengambilan keputusan klinis secara lebih cepat dan tepat. Dengan demikian, penelitian ini berpotensi untuk meningkatkan kualitas layanan kesehatan secara keseluruhan dan mendorong penerapan teknologi digital dalam berbagai layanan medis.

METODE

2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang akan digunakan adalah penelitian pengembangan atau *Research and Development* (R&D). Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan produk atau sistem baru dan mengevaluasi efektivitasnya sebelum digunakan secara luas. R&D melibatkan proses

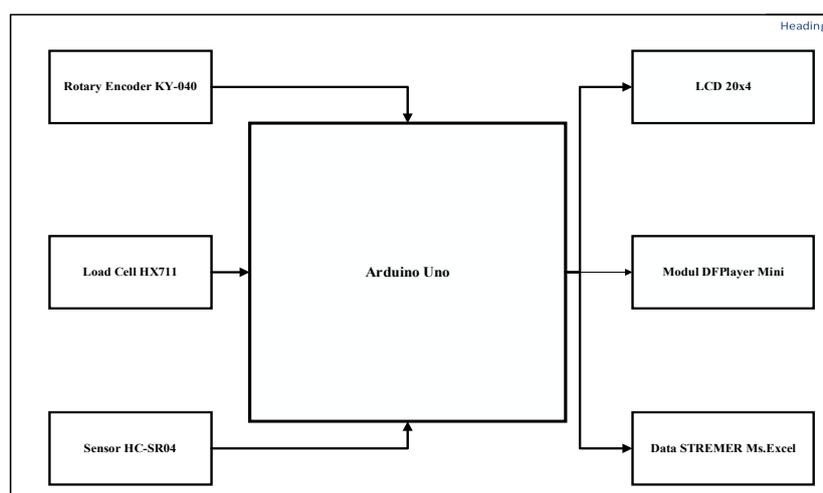
yang sistematis untuk merancang, mengembangkan, dan menguji produk agar sesuai dengan kebutuhan pengguna. Penelitian ini melibatkan beberapa tahapan, yaitu: identifikasi masalah, perencanaan desain, pengembangan prototipe, uji coba, dan evaluasi. Setiap tahap dirancang untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan efektif dalam penggunaannya [7][8].

2.2 Analisa Kebutuhan

Tahap pertama adalah analisis, yang diawali dengan identifikasi permasalahan pengukuran IMT secara manual, mencakup keterbatasan akurasi dan efisiensi dalam praktik klinis. Analisis kebutuhan juga dilakukan dengan mempertimbangkan spesifikasi teknis yang mencakup sensor berat (*Load Cell HX711*), sensor tinggi badan (*Ultrasonic HC-SR04*), sensor lingkaran perut (*Rotary Encoder KY-040*), dan integrasi dengan mikrokontroler Arduino Uno untuk pemrosesan data.

2.3 Desain

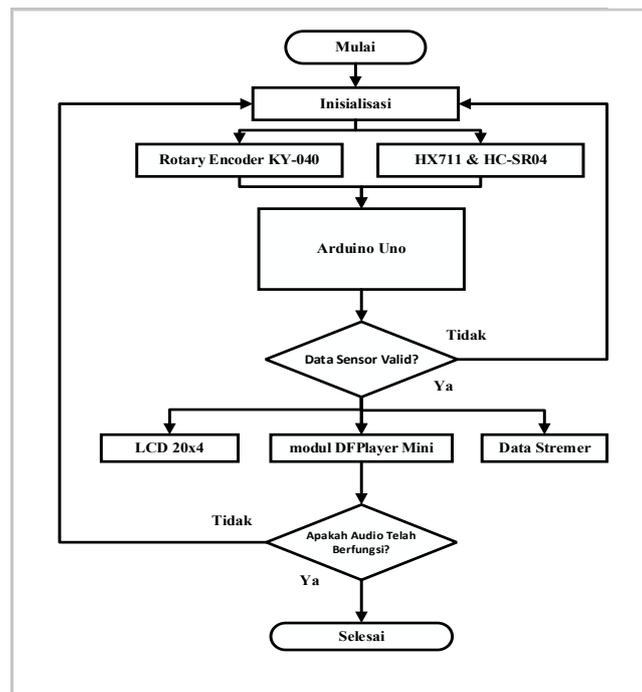
Tahap desain melibatkan perancangan skematis sistem perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terlihat pada **Gambar 1**. Perangkat keras pada sistem alat ukur IMT digital terdiri atas tiga jenis sensor utama yang terhubung langsung dengan mikrokontroler Arduino Uno, yakni *Load Cell HX711*, *Ultrasonic HC-SR04*, dan *Rotary Encoder KY-040*. *Load Cell HX711* berfungsi sebagai sensor untuk mengukur berat badan pasien secara akurat. Sensor *Ultrasonic HC-SR04* bertugas mengukur tinggi badan menggunakan prinsip pantulan gelombang ultrasonik, sedangkan *Rotary Encoder KY-040* digunakan untuk mengukur lingkaran perut dengan tingkat presisi yang tinggi melalui rotasi mekanis.



Gambar 1. Diagram Blok Perangkat Keras

Data yang diperoleh dari ketiga sensor tersebut selanjutnya diproses oleh Arduino Uno untuk mendapatkan hasil pengukuran IMT secara *real-time*. Setelah proses pengolahan data selesai,

hasil pengukuran ditampilkan pada layar LCD 20x4 untuk memudahkan pembacaan hasil oleh pengguna. Sistem ini juga dilengkapi dengan modul DFPlayer Mini yang menyediakan panduan atau notifikasi suara sebagai informasi tambahan kepada pengguna. Selain itu, data hasil pengukuran dikirimkan secara otomatis ke komputer melalui fitur *Data Streamer* yang terhubung dengan *Microsoft Excel* untuk keperluan dokumentasi serta analisis data yang lebih lanjut.



Gambar 2. Flowchart Sistem Alat

Adapun alortima yang digunakan mengikuti **Gambar 2**. Sistem IMT diawali dengan tahap inisialisasi yang mencakup aktivasi semua sensor, yaitu *Rotary Encoder KY-040* untuk pengukuran lingkaran perut, *HX711* untuk berat badan, dan sensor *HC-SR04* untuk tinggi badan. Setelah sensor diaktifkan, data akan dikirimkan ke mikrokontroler *Arduino Uno* untuk diproses. *Arduino* kemudian akan melakukan pengecekan validitas data sensor, jika data tidak valid, proses kembali ke tahap inisialisasi sensor untuk pengukuran ulang.

Jika data dinyatakan valid, maka hasil pengukuran IMT akan ditampilkan pada *LCD 20x4*, sementara modul *DFPlayer Mini* akan memutar audio berupa informasi hasil pengukuran kepada pengguna. Selain itu, data pengukuran juga dikirimkan ke komputer melalui fitur *Data Streamer* untuk dokumentasi dan analisis lanjutan. Proses akan selesai setelah audio dari modul *DFPlayer Mini* selesai diputar, menandakan bahwa pengukuran telah berhasil dilakukan secara lengkap.

2.4 Pengembangan

Pada tahap pengembangan, dilakukan pembuatan prototipe berdasarkan desain yang dirancang yaitu **Gambar 3**. Komponen-komponen elektronik seperti sensor *Load Cell*, *Ultrasonic*, *Rotary Encoder*, LCD 20x4, dan modul suara DFPlayer Mini diintegrasikan dan diuji secara awal untuk memastikan semua komponen bekerja sesuai spesifikasi teknis yang ditentukan. Hasil integrasi ini kemudian ditempatkan dalam casing yang ergonomis dan mudah digunakan oleh operator klinis maupun pasien.



Gambar 3. Prototipe Alat

2.5 Implementasi

Implementasi dilakukan dengan pengujian langsung di lapangan menggunakan kondisi yang mendekati praktik klinis sesungguhnya. Proses ini mencakup pengukuran dan pengambilan data menggunakan alat yang dikembangkan, kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran manual yang biasa digunakan oleh tenaga kesehatan. Pengukuran dilakukan sebanyak lima kali untuk setiap sensor, dengan parameter tinggi badan, berat badan, dan lingkar perut, guna memastikan konsistensi dan reliabilitas data yang diperoleh.

2.6 Evaluasi

Tahap terakhir adalah evaluasi, di mana hasil pengujian dibandingkan untuk mengetahui tingkat akurasi dan performa alat. Evaluasi mencakup analisis statistik sederhana berupa nilai rata-rata pengukuran, koreksi, penyimpangan, dan tingkat akurasi dari setiap sensor. Hasil evaluasi digunakan untuk memberikan rekomendasi perbaikan pada desain atau kalibrasi tambahan yang diperlukan sebelum alat digunakan secara luas di lingkungan klinis [9][10].

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Pembacaan Sensor *Rotary Encoder*

Berikut adalah hasil pengujian sensor *Rotary Encoder* yang digunakan untuk mengukur lingkaran perut dengan empat parameter uji berbeda (50 cm, 100 cm, 150 cm, dan 170 cm). Data pengujian dilakukan sebanyak lima kali percobaan untuk masing-masing parameter, dengan tujuan mengevaluasi konsistensi serta tingkat akurasi sensor dalam mengukur lingkaran perut secara digital, sebagaimana disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor *Rotary Encoder*

No	Komponen	Parameter Uji	Hasil Pengujian					Jumlah
			1	2	3	4	5	
1	<i>Rotary Encoder</i> Alat Ukur Lingkaran Perut	50 Cm	50	48	47	46	48	239
		100 Cm	102	98	100	94	98	492
		150 Cm	147	150	145	153	148	743
		170 Cm	168	165	170	163	168	834

Berdasarkan hasil pengujian sensor *Rotary Encoder* pada **Tabel 1**, sensor ini menunjukkan kemampuan pengukuran lingkaran perut dengan tingkat akurasi yang baik. Hasil pengukuran memperlihatkan deviasi kecil terhadap nilai referensi, yaitu berkisar antara 46–50 cm untuk parameter 50 cm, 94–102 cm untuk 100 cm, 145–153 cm untuk 150 cm, dan 163–170 cm untuk 170 cm, menunjukkan konsistensi hasil pengukuran yang tinggi. Hal ini sesuai dengan teori bahwa *Rotary Encoder* bekerja dengan prinsip rotasi mekanis yang diubah menjadi sinyal digital berupa pulsa; semakin tinggi resolusi pulsanya, semakin akurat hasil pengukurannya. Oleh karena itu, dengan kalibrasi yang tepat, sensor *Rotary Encoder* terbukti efektif digunakan sebagai alat ukur digital untuk parameter lingkaran tubuh secara *real-time*.

Tabel 2. Nilai Hasil Pengukuran Sensor *Rotary Encoder*

Komponen	Parameter Uji	Nilai Rata-Rata	Koreksi	Penyimpangan	Keakurasian
<i>Rotary Encoder</i>	50 Cm	47.8 Cm	- 2.2 Cm	-4.4%	95.6%
	100 Cm	98.4 Cm	- 1.6 Cm	-1.6%	98.4%
	150 Cm	148.6 Cm	- 1.4 Cm	-0.93%	99.07%
	170 Cm	166.8 Cm	- 3.2 Cm	-1.88%	98.12%

Catatan Rumus :

1. Nilai rata-rata pengukuran , $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$ (1)
2. Koreksi , $k = \bar{x} - \text{Titik Setting}$ (2)
3. Penyimpangan, Penyimpangan = $k / (\text{Titik Setting}) \times 100\%$ (3)
4. Keakurasian, Keakurasian = $100\% - \text{Penyimpangan}$ (4)

Berdasarkan **Tabel 2**, sensor *Rotary Encoder* mampu mengukur lingkaran perut dengan hasil yang cukup akurat dan konsisten. Deviasi hasil pengukuran terhadap nilai referensi tergolong kecil, dengan koreksi maksimum -3,2 cm dan akurasi antara 95,6% hingga 99,07%. Secara teori, *Rotary Encoder* bekerja dengan mendeteksi rotasi yang diubah menjadi pulsa digital, di mana setiap putaran mewakili jarak tertentu. Akurasi alat ini dipengaruhi oleh jumlah langkah per putaran dan kestabilan roda. Dengan kalibrasi yang tepat, sensor ini terbukti efektif digunakan sebagai alat ukur digital untuk pengukuran lingkaran tubuh.

3.2 Pengujian Pembacaan Sensor HC SR-04

Berikut adalah hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur jarak atau tinggi badan dengan menggunakan empat parameter uji berbeda, yaitu 50 cm, 100 cm, 150 cm, dan 170 cm. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali percobaan untuk masing-masing parameter guna mengevaluasi tingkat konsistensi dan akurasi sensor dalam mendeteksi jarak secara digital, seperti yang disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor HC SR-04

No	Komponen	Parameter Uji	Hasil Pengujian					Jumlah
			1	2	3	4	5	
2	HC SR-04	50 Cm	51	52	52	52	51	258
		100 Cm	105	100	110	120	102	537
		150 Cm	158	150	153	146	155	762
		170 Cm	172	172	170	175	173	862

Berdasarkan **Tabel 3**, sensor HC-SR04 menunjukkan hasil pengukuran yang cukup akurat dan stabil dalam mendeteksi jarak pada berbagai parameter uji, yaitu 50 cm hingga 170 cm. Misalnya, pada pengukuran 50 cm, hasil yang diperoleh berkisar antara 51–52 cm, sedangkan pada 100 cm berkisar antara 100–110 cm. Perbedaan hasil pengukuran terhadap nilai referensi masih dalam batas toleransi, dengan rata-rata deviasi yang kecil. Secara teoritis, sensor HC-SR04 bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang ultrasonik, yaitu menghitung waktu tempuh pulsa dari pemancar ke objek dan kembali ke penerima. Akurasi sensor sangat dipengaruhi oleh permukaan objek, suhu udara, dan kecepatan suara. Hasil ini membuktikan bahwa HC-SR04 dapat digunakan secara efektif dalam sistem pengukuran tinggi badan digital dengan hasil yang mendekati nilai sebenarnya.

Tabel 4. Nilai Hasil Pengukuran Sensor HC SR-04

Komponen	Parameter Uji	Nilai Rata-Rata	Koreksi	Penyimpangan	Keakurasian
HC SR-04	50 Cm	51.6 Cm	1.6 Cm	3.2%	96.8%

100 Cm	107.4 Cm	7.4 Cm	7.4%	92.6%
150 Cm	152.4 Cm	2.4 Cm	1.6%	98.4%
170 Cm	172.4 Cm	2.4 Cm	1.41%	98.59%

Berdasarkan **Tabel 4**, sensor HC-SR04 mampu mengukur jarak dengan tingkat keakuratan yang cukup tinggi, terutama pada jarak 150 cm dan 170 cm dengan keakuratan masing-masing sebesar 98,4% dan 98,59%. Pada jarak 50 cm, sensor mencatat penyimpangan sebesar 3,2%, sementara pada 100 cm penyimpangannya lebih besar, yaitu 7,4%. Meskipun terdapat variasi koreksi, hasil pengukuran secara umum masih berada dalam batas toleransi. Secara teoritis, HC-SR04 bekerja dengan memancarkan gelombang ultrasonik dan menghitung waktu pantul gelombang tersebut dari objek ke sensor untuk menentukan jarak. Faktor-faktor seperti sudut pantulan, suhu udara, dan permukaan objek dapat memengaruhi akurasi. Hasil ini mendukung teori bahwa HC-SR04 adalah sensor yang efektif dan cukup andal untuk aplikasi pengukuran tinggi badan, terutama jika dilakukan kalibrasi terlebih dahulu.

3.3 Pengujian Pembacaan Sensor *Load Cell* HX711

Berikut adalah hasil pengujian sensor *Load Cell* HX711 yang digunakan untuk mengukur berat badan pada empat parameter uji berbeda, yakni 1 kg, 2 kg, 4 kg, dan 5 kg. Pengujian ini dilakukan sebanyak lima kali percobaan untuk setiap parameter guna memastikan akurasi serta konsistensi sensor dalam mengukur berat secara digital, sebagaimana ditampilkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor *Load Cell* HX711

No	Komponen	Parameter Uji	Hasil Pengujian					Jumlah
			1	2	3	4	5	
3	<i>Load Cell</i> HX711	1 Kg	1	1	1	1	1	5
		2 Kg	2	2	2	2	2	10
		4 Kg	4	4	4	4	4	20
		5 Kg	5	5	5	5	5	25

Berdasarkan **Tabel 5**, sensor *Load Cell* HX711 memberikan hasil pengukuran yang stabil dan sesuai dengan berat uji dari 1 kg hingga 5 kg. Setiap pengukuran menunjukkan hasil yang sama sebanyak lima kali tanpa perbedaan, menandakan tingkat akurasi dan presisi yang tinggi. Secara teori, *Load Cell* bekerja dengan mendeteksi perubahan resistansi akibat tekanan, lalu diubah menjadi sinyal digital oleh modul HX711. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor telah dikalibrasi dengan baik dan mendukung teori bahwa *Load Cell* HX711 dapat digunakan secara andal dalam pengukuran berat digital *real-time*.

Tabel 6. Nilai Hasil Pengukuran Sensor *Load Cell* HX711

Komponen	Parameter	Nilai	Koreksi	Penyimpangan	Keakurasian
----------	-----------	-------	---------	--------------	-------------

	Uji	Rata-Rata			
<i>Load Cell</i>	1 Kg	1 Kg	0 Kg	0 %	100%
HX711	2 Kg	2 Kg	0 Kg	0 %	100%
	4 Kg	4 Kg	0 Kg	0 %	100%
	5 Kg	5 Kg	0 Kg	0%	100%

Berdasarkan **Tabel 6**, sensor *Load Cell* HX711 menunjukkan hasil pengukuran yang sangat akurat, di mana setiap nilai rata-rata dari beban uji 1 kg hingga 5 kg sama persis dengan nilai sebenarnya. Tidak terdapat koreksi atau penyimpangan, sehingga tingkat akurasi mencapai 100% untuk seluruh parameter uji. Secara teori, *Load Cell* bekerja berdasarkan prinsip perubahan resistansi akibat tekanan yang diterima, dan sinyal analog tersebut diubah menjadi sinyal digital oleh modul HX711. Ketepatan hasil ini menunjukkan bahwa sistem sensor dan kalibrasi berfungsi dengan baik, serta mendukung teori bahwa *Load Cell* HX711 sangat andal untuk pengukuran berat digital yang presisi dan *real-time*.

KESIMPULAN

Perancangan perangkat keras dan perangkat lunak alat ukur IMT digital berbasis data dilakukan dengan mengintegrasikan sensor berat (*Load Cell* HX711), sensor tinggi badan (HC-SR04), dan sensor lingkaran perut (*Rotary Encoder*), yang terhubung ke mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32 untuk mengumpulkan data antropometri secara *real-time*, menghitung nilai IMT, serta menampilkan hasil melalui LCD atau mengirimkan ke basis data untuk dokumentasi medis. Hasil penelitian menunjukkan ketiga sensor tersebut memiliki performa baik; *Load Cell* HX711 menunjukkan akurasi sangat tinggi (100%) tanpa penyimpangan untuk pengukuran berat badan, *Rotary Encoder* efektif mengukur lingkaran perut dengan akurasi tinggi (95,6%–99,07%) dan deviasi kecil, sedangkan sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki akurasi cukup baik (92,6%–98,59%) namun perlu dilakukan kalibrasi tambahan karena adanya penyimpangan pada pengukuran tertentu.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pembimbing dan LPPM Universitas Mohammad Husni Thamrin

REFERENSI

Erviana, S. P. (2023). *Evaluasi Pelaksanaan Medical Check Up Guna Meningkatkan Kelancaran Proses Crew Change Kapal Di Pt. Equinox Bahari Utama* (Doctoral Dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).

- Lestantri, ID (2015). Perancangan Datawarehouse Medical Check Up Pemeriksaan Umum Untuk Peningkatan Kesehatan Pasien. Sesindo 2015. <https://www.liputan6.com/feeds/read/5868817/apa-itu-mcu-panduan-lengkap-medical-check-up?page=2> (diakses 20 April 2025).
<https://hdmall.id/c/pertanyaan-medical-check-up> (diakses 22 April 2025).
<https://rsjrw.id/artikel/rutin-medical-check-up-sebagai-bentuk-self-love>(diakses 2 Mei 2025).
- Azwar, A. (2004). Tubuh sehat ideal dari segi kesehatan. In Makalah disampaikan pada Seminar Kesehatan Obesitas, Senat Mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat UI, Sabtu (Vol. 15, pp. 1-7). [https://id.wikipedia.org/wiki/Indeks massa tubuh](https://id.wikipedia.org/wiki/Indeks_massa_tubuh) (diakses 25 April 2025).
- Zamzami Hasibuan, MU, & A, P. (2021). Sosialisasi Penerapan Indeks Massa Tubuh (IMT) di Suta Club: Sosialisasi Penerapan Indeks Massa Tubuh (IMT) di Suta Club. *Cerdas Sifa Pendidikan* , 10 (2), 84–89. <https://glints.com/id/lowongan/cara-menghitung-berat-badan-ideal/> (diakses 5 Mei 2025).
- Hanum, Lathifah, Dwiny Meidelfi, and Aldo Erianda (2020). "Kajian Penggunaan Aplikasi Android Sebagai Platform Untuk Menghitung Indeks Massa Tubuh (IMT)." *Journal of Applied Computer Science and Technology* 1.1 : 15-20.
- Farandy, Muhammad Raihan, Marno Marno, and Boni Sena (2024). "Rancang Bangun Alat Ukur Digital untuk Suhu Tubuh, Berat Badan dan Tinggi Badan Dengan Tampilan LCD dan Output Suara Berbasis Arduino Uno." *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development* 6.5 : 2263-2275.
- Yuwana, S., & Indarti, T. (2023). *Metode Penelitian Dan Pengembangan (Research & Development) Dalam Pendidikan Dan Pembelajaran* . UMPress. <https://id.scribd.com/document/637574197/Untitled> (diakses 29 mei 2025).
- Amir, Hamzah.(2019). "Metode penelitian dan pengembangan research & development." Malang: Litersi Nusantara. <https://perpustakaan.iaiskjmalang.ac.id/wp-content/uploads/2023/09/64-Model-Penelitian-Pengembangan-RD.pdf> (diakses 30 Mei 2025).
- Irawan, Anom.(2019). "Kalibrasi spektrofotometer sebagai penjaminan mutu hasil pengukuran dalam kegiatan penelitian dan pengujian." *Jurnal Laboratorium Indonesia* 1.2 : 1-9.
- Riyanto, R. (2020). *Validasi & Verifikasi Metode Uji: Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*.