

Performance Evaluation of ARIMA, LSTM, and Hybrid ARIMA–LSTM Models for Daily Solar Energy Prediction in Bali

Aslimah^{1*)}, Sajarwo Anggai²⁾, Tukiya²⁾

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@bmkgo.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

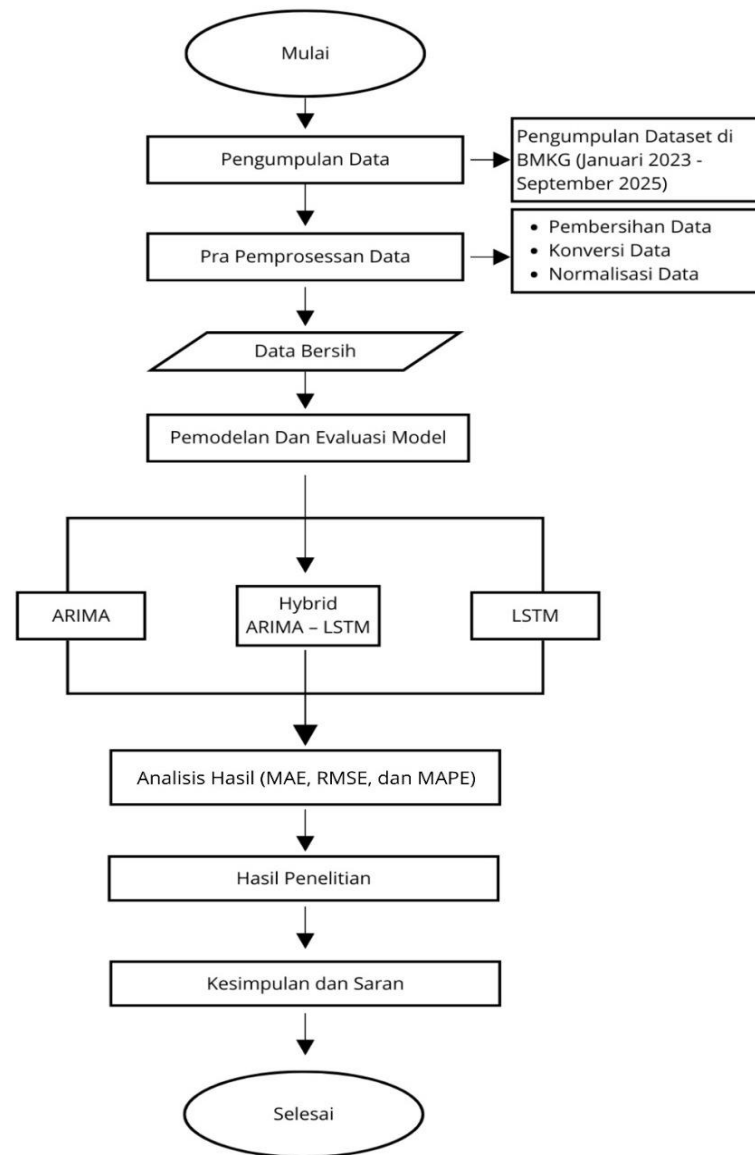
Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan pemodelan deret waktu (time series forecasting). Fokus penelitian adalah evaluasi kinerja model ARIMA, LSTM, dan hybrid ARIMA–LSTM dalam memprediksi energi surya harian.

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.

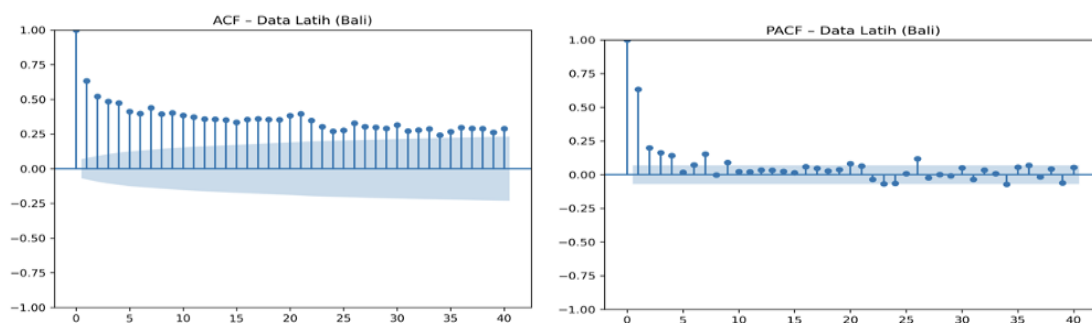
Tahap berikutnya adalah normalisasi data menggunakan metode Min–Max Scaling. Normalisasi ini bertujuan untuk menskalakan data ke dalam rentang [0,1], sehingga mempercepat konvergensi dan meningkatkan stabilitas proses pelatihan model LSTM yang sensitif terhadap skala data (Golam et al., 2022; Teta et 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 menggabungkan, 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

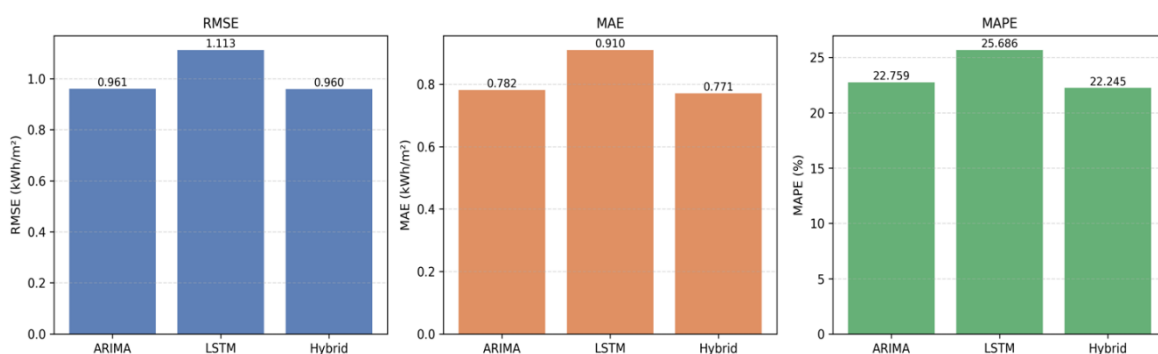
Hasil pemodelan menunjukkan adanya perbedaan kinerja yang jelas antara model ARIMA, LSTM, dan hybrid ARIMA-LSTM dalam memprediksi energi surya harian di Bali. Perbedaan kinerja ini mencerminkan kemampuan masing-masing model dalam merepresentasikan karakteristik deret waktu energi surya yang dipengaruhi 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/m ²)	MAE (kWh/m ²)	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.



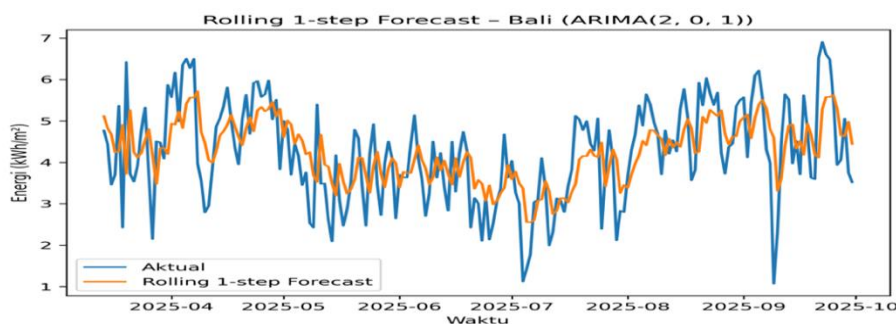
Gambar 3. Grafik Batang RMSE, MAE dan MAPE Staklim Jembrana Bali

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.

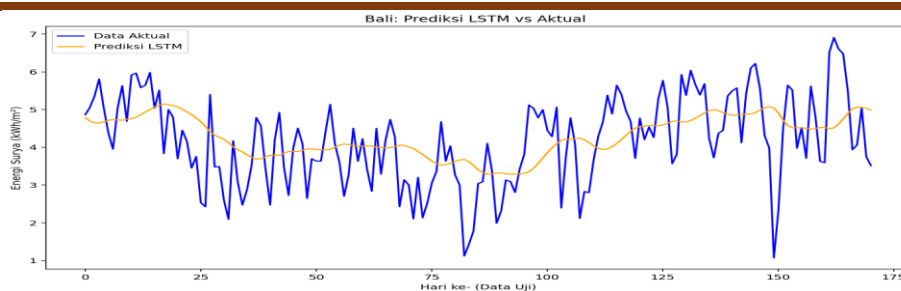


Gambar 4. Rolling One Step Ahead Forecast Staklim Jembrana Bali

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

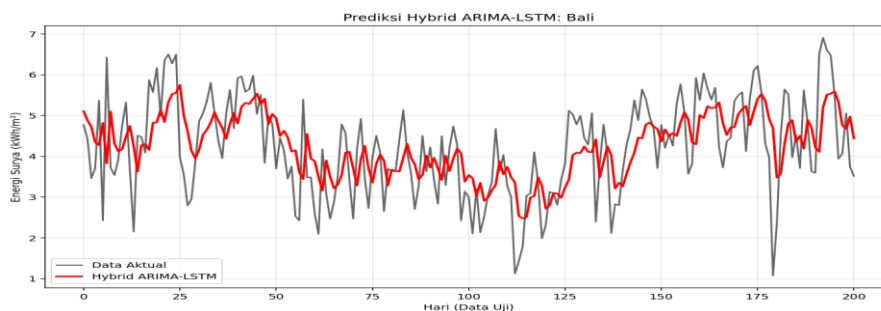
Berdasarkan Gambar 5, prediksi LSTM cenderung membentuk kurva yang lebih halus dibandingkan data aktual dan kurang responsif terhadap perubahan ekstrem. Meskipun LSTM mampu memodelkan hubungan nonlinier dan ketergantungan jangka panjang, keberadaan komponen linier yang dominan dalam data energi surya 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 ditunjukkan 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., Abende, 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., & Ekin, 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>