

Analisis dan Peramalan Suhu Rata-rata Bulanan Kota Aceh Menggunakan Metode Holt–Winters Additive

Fauzi Nurhamdi^{1*}, Pradita Eko Prasetyo Utomo², Nindy Raisa Hanum³, Akhiyar Waladi⁴

^{1,2,3,4}Universitas Jambi

*Penulis Korespondensi : pradita.eko@unja.ac.id

ABSTRACT

Temperature variation is an important indicator in climate studies and environmental analysis. This research aims to analyze and forecast the monthly average temperature of Banda Aceh for the period 2020–2024 using the Holt–Winters Additive method. Daily temperature data were transformed into monthly averages and analyzed using time series decomposition to identify trend and seasonal components. The results show that the data exhibit a clear annual seasonal pattern and a slightly increasing long-term trend. Based on these characteristics, the Holt–Winters Additive model was applied to forecast temperature for the next three years (2025–2027). The forecasting results indicate that monthly average temperatures are expected to remain relatively stable, ranging between approximately 26.2°C and 28.8°C, while maintaining consistent seasonal patterns. These findings suggest that the Holt–Winters Additive method is suitable for medium-term forecasting of monthly temperature data.

Article History

Received : 27-12-2025
Revised : 02-07-2026
Accepted : 06-07-2026

Keywords

forecasting
Holt–Winters additive
time series
temperature

ABSTRAK

Perubahan suhu udara merupakan indikator penting dalam kajian iklim dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan meramalkan suhu rata-rata bulanan Kota Aceh periode 2020–2024 menggunakan metode Holt–Winters Additive. Data suhu harian diolah menjadi suhu rata-rata bulanan dan dianalisis menggunakan pendekatan deret waktu melalui dekomposisi untuk mengidentifikasi komponen tren dan musiman. Hasil analisis menunjukkan bahwa data memiliki pola musiman tahunan yang jelas serta tren jangka panjang yang cenderung meningkat. Berdasarkan karakteristik tersebut, metode Holt–Winters Additive digunakan untuk melakukan peramalan suhu tiga tahun ke depan (2025–2027). Hasil peramalan menunjukkan bahwa suhu rata-rata bulanan diperkirakan relatif stabil pada kisaran 26,2°C hingga 28,8°C dengan pola musiman yang konsisten. Dengan demikian, metode Holt–Winters Additive dinilai sesuai untuk peramalan suhu bulanan dalam jangka menengah.

PENDAHULUAN

Suhu udara merupakan salah satu parameter iklim yang berperan penting dalam berbagai aspek kehidupan, seperti sektor pertanian, pengelolaan lingkungan, kesehatan masyarakat, serta perencanaan pembangunan wilayah. Perubahan suhu yang terjadi secara terus-menerus dapat memengaruhi produktivitas pertanian, ketersediaan sumber daya air, tingkat kenyamanan lingkungan, hingga potensi terjadinya bencana hidrometeorologi. Oleh karena itu, informasi mengenai pola perubahan suhu dan prakiraan kondisi suhu pada periode mendatang diperlukan sebagai dasar dalam mendukung pengambilan keputusan yang berbasis data [1].

Kota Banda Aceh merupakan salah satu wilayah pesisir di Indonesia yang memiliki karakteristik iklim tropis dengan variasi suhu yang dipengaruhi oleh dinamika atmosfer regional maupun global. Kondisi tersebut menyebabkan suhu udara mengalami fluktuasi musiman yang relatif konsisten setiap tahunnya. Informasi mengenai kecenderungan suhu rata-rata bulanan di wilayah ini dapat dimanfaatkan oleh pemerintah daerah, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), sektor pertanian, serta instansi yang bergerak di bidang pengelolaan lingkungan sebagai bahan pertimbangan dalam penyusunan strategi adaptasi terhadap perubahan kondisi iklim dan perencanaan berbagai kegiatan yang sensitif terhadap perubahan suhu.

Data suhu udara umumnya disajikan dalam bentuk deret waktu (*time series*), yaitu sekumpulan data yang diamati secara berurutan berdasarkan interval waktu tertentu. Analisis deret waktu memungkinkan identifikasi pola utama yang terkandung dalam data, seperti komponen tren, musiman, dan residual. Identifikasi karakteristik tersebut merupakan tahapan penting dalam menentukan metode peramalan yang sesuai sehingga hasil prediksi dapat menggambarkan kondisi data secara lebih representatif.

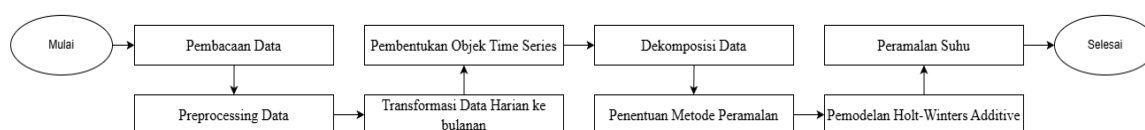
Berbagai penelitian sebelumnya telah menerapkan metode deret waktu untuk melakukan peramalan data iklim, khususnya suhu dan curah hujan. Penelitian oleh Putri dan Fitri [1] menunjukkan bahwa metode Holt–Winters Additive memiliki performa yang baik dalam meramalkan suhu rata-rata bulanan pada wilayah yang memiliki pola musiman tahunan. Penelitian lain oleh Aini *et al.* [2] serta Aprianto *et al.* [3] juga menunjukkan bahwa metode Holt–Winters efektif digunakan pada data klimatologi yang memiliki komponen tren dan musiman. Meskipun demikian, penelitian mengenai analisis dan peramalan suhu rata-rata bulanan di Kota Banda Aceh menggunakan data periode 2020–2024 masih relatif terbatas, sehingga diperlukan penelitian yang dapat memberikan gambaran karakteristik suhu sekaligus menghasilkan prakiraan suhu untuk beberapa periode mendatang.

Berdasarkan karakteristik data suhu rata-rata bulanan yang memiliki kecenderungan tren serta pola musiman tahunan dengan amplitudo yang relatif stabil, metode Holt–Winters Additive dipilih dalam penelitian ini. Metode tersebut merupakan pengembangan dari *exponential smoothing* yang mampu memodelkan komponen level, tren, dan musiman secara simultan. Model additive dipilih karena variasi musiman pada data suhu relatif konstan dari waktu ke waktu, sehingga lebih sesuai dibandingkan model *multiplicative* yang umumnya digunakan ketika besarnya variasi musiman berubah mengikuti tingkat data.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola suhu rata-rata bulanan Kota Banda Aceh periode 2020–2024 serta melakukan peramalan suhu menggunakan metode Holt–Winters Additive untuk periode 2025–2027. Hasil penelitian diharapkan tidak hanya memberikan gambaran mengenai kecenderungan suhu pada periode mendatang, tetapi juga menjadi informasi pendukung bagi pihak-pihak yang berkepentingan dalam perencanaan kegiatan yang dipengaruhi oleh kondisi iklim serta menjadi referensi dalam penerapan metode peramalan deret waktu pada data klimatologi.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis deret waktu (*time series*) untuk menganalisis pola serta melakukan peramalan suhu rata-rata bulanan Kota Aceh menggunakan metode Holt–Winters Additive. Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa suhu harian periode Januari 2020 hingga Desember 2024 yang diperoleh dari dataset cuaca. Variabel yang digunakan meliputi tanggal pengamatan dan suhu rata-rata harian (TAVG). Setelah dilakukan proses agregasi, diperoleh sebanyak 60 observasi suhu rata-rata bulanan yang digunakan sebagai dasar analisis dan peramalan. Tahapan penelitian secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitiann

Tahap awal penelitian dilakukan dengan memuat data suhu harian ke dalam lingkungan pemrograman R menggunakan Jupyter Lab. Selanjutnya dilakukan proses *preprocessing* yang meliputi seleksi atribut, pemeriksaan nilai hilang (*missing values*), penghapusan data duplikat, serta penyesuaian format tanggal. Tahapan ini bertujuan untuk memastikan kualitas data sehingga proses analisis dan pemodelan dapat dilakukan secara optimal.

Data suhu harian yang telah melalui proses *preprocessing* kemudian ditransformasikan menjadi suhu rata-rata bulanan dengan mengelompokkan data berdasarkan bulan dan tahun, kemudian menghitung nilai rata-rata suhu pada setiap periode. Agregasi dilakukan untuk memperoleh data dengan pola musiman tahunan yang sesuai dengan karakteristik metode Holt–Winters. Selanjutnya data dikonversi menjadi objek deret waktu (*time series*) dengan frekuensi musiman sebesar 12, yang merepresentasikan jumlah bulan dalam satu tahun.

Sebelum proses peramalan dilakukan, karakteristik data dianalisis melalui dekomposisi deret waktu menggunakan model additive. Dekomposisi bertujuan untuk memisahkan data menjadi komponen tren, musiman, dan residual sehingga karakteristik data dapat diidentifikasi dengan lebih jelas. Hasil dekomposisi menunjukkan bahwa data memiliki kecenderungan tren serta pola musiman tahunan dengan amplitudo yang relatif konstan. Karakteristik tersebut menjadi dasar pemilihan metode Holt–Winters Additive, karena model additive lebih sesuai untuk data yang memiliki variasi musiman yang relatif stabil dibandingkan model multiplicative yang digunakan ketika amplitudo musiman berubah mengikuti tingkat data.

Metode Holt–Winters Additive merupakan pengembangan dari metode *exponential smoothing* yang mampu memodelkan komponen level, tren, dan musiman secara simultan. Pembaruan masing-masing komponen dilakukan menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}L_t &= \alpha(Y_t - S_{t-m}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \\T_t &= \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \\S_t &= \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-m} \\\hat{Y}_{t+h} &= L_t + hT_t + S_{t-m+h}\end{aligned}$$

dengan L_t menyatakan komponen level, T_t komponen tren, S_t komponen musiman, Y_t data aktual pada waktu ke- t , sedangkan α , β , dan γ merupakan parameter *smoothing* untuk level, tren, dan musiman. Nilai parameter tersebut ditentukan secara otomatis oleh fungsi `HoltWinters()` pada perangkat lunak R sehingga menghasilkan kombinasi parameter yang meminimalkan kesalahan pemodelan.

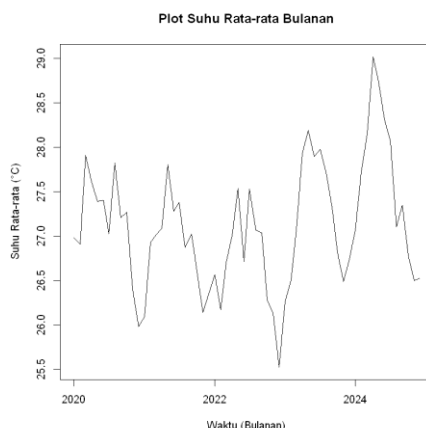
Model Holt–Winters Additive yang telah terbentuk selanjutnya digunakan untuk melakukan peramalan suhu rata-rata bulanan selama 36 periode ke depan, yaitu Januari 2025 hingga Desember 2027. Untuk mengevaluasi performa model, dilakukan pengukuran menggunakan Mean Absolute Error (MAE) dan Root Mean Square Error (RMSE) berdasarkan selisih antara nilai aktual dan nilai hasil *fitting*. Selain itu, dilakukan analisis residual melalui grafik residual, fungsi autokorelasi (*Autocorrelation Function* / ACF), dan uji Ljung–Box untuk mengidentifikasi ada atau tidaknya autokorelasi pada residual. Evaluasi tersebut digunakan untuk menilai kemampuan model dalam merepresentasikan pola data suhu sebelum hasil peramalan diinterpretasikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Pola Suhu Rata-rata Bulanan

Hasil pengolahan data suhu harian yang telah diagregasi menjadi suhu rata-rata bulanan menghasilkan deret waktu suhu Kota Aceh periode 2020–2024. Visualisasi data dalam bentuk plot

suhu rata-rata bulanan digunakan sebagai analisis awal untuk mengidentifikasi pola umum data, khususnya pola tren dan musiman yang terbentuk selama periode pengamatan.



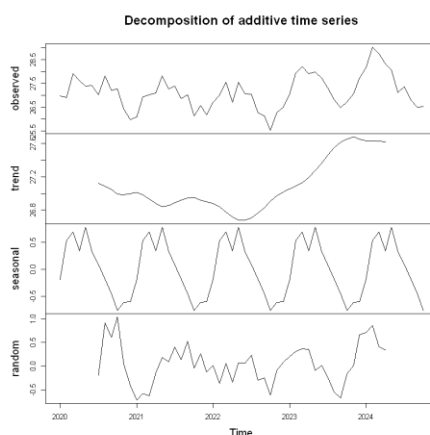
Gambar 2. Plot Suhu Rata-rata Bulanan Tahun 2020-2024

Berdasarkan grafik suhu rata-rata bulanan, terlihat adanya fluktuasi suhu yang berulang setiap tahun. Pola kenaikan dan penurunan suhu tersebut menunjukkan keberadaan pola musiman tahunan yang cukup jelas. Selain itu, grafik juga memperlihatkan kecenderungan peningkatan suhu pada periode akhir pengamatan dibandingkan dengan periode awal, yang mengindikasikan adanya kecenderungan peningkatan suhu selama periode pengamatan.

Secara keseluruhan, hasil analisis visual ini menunjukkan bahwa data suhu rata-rata bulanan Kota Aceh tidak bersifat acak, melainkan memiliki struktur tren dan musiman yang cukup kuat. Karakteristik tersebut menjadi dasar yang relevan dalam pemilihan metode peramalan berbasis deret waktu yang mampu mengakomodasi kedua komponen tersebut secara simultan, seperti metode Holt–Winters Additive.

Dekomposisi Deret Waktu

Untuk memahami struktur data secara lebih mendalam, dilakukan dekomposisi deret waktu menggunakan model additive. Hasil dekomposisi memisahkan data menjadi komponen tren, musiman, dan residual.



Gambar 3. Dekomposisi Time Series Suhu Rata-Rata Bulanan

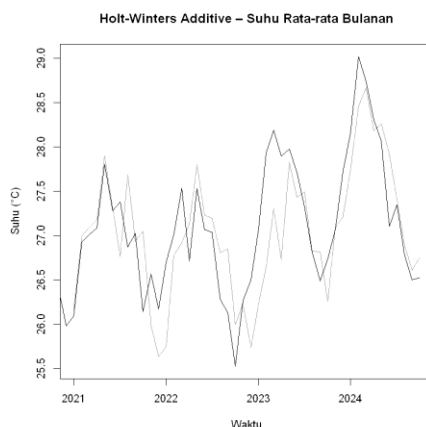
Komponen tren menunjukkan perubahan suhu dalam jangka panjang. Pada awal periode pengamatan, tren suhu cenderung relatif stabil hingga sedikit menurun, kemudian mengalami

peningkatan secara bertahap mendekati akhir periode. Hal ini mengindikasikan adanya kecenderungan peningkatan suhu rata-rata bulanan dalam jangka menengah.

Komponen musiman memperlihatkan pola yang berulang secara konsisten setiap tahun dengan amplitudo yang relatif stabil. Pola ini mencerminkan karakteristik iklim tahunan yang khas dan menunjukkan bahwa variasi musiman bersifat aditif [1]. Sementara itu, Komponen residual berfluktuasi di sekitar nilai nol dengan variasi yang relatif kecil dibandingkan komponen tren dan musiman. Namun, hasil analisis diagnostik pada tahap evaluasi model menunjukkan bahwa residual masih memiliki autokorelasi, sehingga terdapat sebagian struktur data yang belum sepenuhnya dimodelkan oleh Holt–Winters Additive.

Pemodelan Holt–Winters Additive

Berdasarkan hasil analisis pola data dan dekomposisi deret waktu, metode Holt–Winters Additive dipilih untuk melakukan pemodelan dan peramalan suhu rata-rata bulanan. Pemilihan metode ini didasarkan pada karakteristik data yang menunjukkan adanya komponen level, tren, dan musiman yang bersifat aditif serta relatif stabil dari waktu ke waktu. Metode Holt–Winters Additive mampu mengakomodasi ketiga komponen tersebut secara simultan, sehingga sesuai untuk memodelkan deret waktu suhu dengan pola musiman tahunan yang konsisten.



Gambar 4. Pemodelan Holt–Winters Additive

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa nilai hasil model mampu mengikuti pola data aktual dengan cukup baik. Garis hasil pemodelan terlihat mendekati data observasi pada sebagian besar periode pengamatan, baik pada saat terjadi kenaikan maupun penurunan suhu. Hal ini mengindikasikan bahwa proses pemulusan level dan tren berjalan secara efektif, serta komponen musiman yang dihasilkan mampu merepresentasikan variasi suhu yang berulang setiap tahun.

Selain itu, Selisih antara nilai aktual dan nilai hasil pemodelan relatif kecil pada sebagian besar periode pengamatan. Hal ini menunjukkan bahwa model mampu mengikuti pola historis data dengan baik. Namun, hasil evaluasi diagnostik pada tahap berikutnya menunjukkan bahwa residual masih memiliki autokorelasi yang signifikan, sehingga masih terdapat sebagian struktur data yang belum sepenuhnya dimodelkan. Dengan demikian, model Holt–Winters Additive dinilai cukup representatif dalam menggambarkan pola historis suhu rata-rata bulanan Kota Aceh.

Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa metode Holt–Winters memiliki tingkat akurasi yang baik dalam menangani data deret waktu yang mengandung unsur musiman [6]. Oleh karena itu, model Holt–Winters Additive layak digunakan sebagai dasar dalam melakukan peramalan suhu rata-rata bulanan pada periode selanjutnya.

Evaluasi Model Holt–Winters Additive

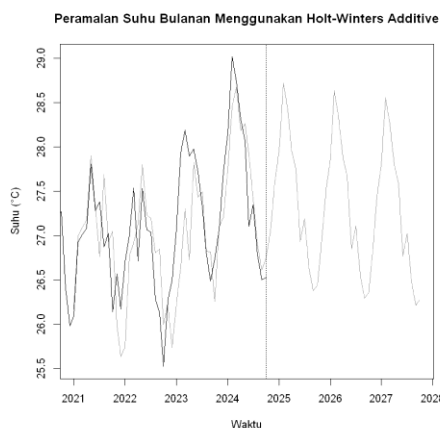
Untuk menilai performa model Holt–Winters Additive, dilakukan evaluasi menggunakan ukuran kesalahan peramalan berupa Mean Absolute Error (MAE) dan Root Mean Square Error (RMSE), serta analisis diagnostik residual melalui grafik residual, fungsi autokorelasi (ACF), dan uji Ljung–Box. Hasil evaluasi model disajikan pada Tabel 1.

Metrik	Nilai
MAE	0,395
RMSE	0,518
Ljung–Box (<i>p</i> -value)	$3,41 \times 10^{-6}$

Nilai MAE sebesar 0,395°C menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan absolut model terhadap data aktual relatif kecil. Nilai RMSE sebesar 0,518°C juga mengindikasikan bahwa penyimpangan prediksi terhadap data historis masih berada pada tingkat yang rendah. Dengan demikian, model Holt–Winters Additive mampu merepresentasikan pola suhu rata-rata bulanan dengan tingkat kesalahan yang relatif kecil.

Hasil analisis residual menunjukkan bahwa residual berfluktuasi di sekitar nilai nol, namun hasil uji Ljung–Box menghasilkan nilai *p*-value sebesar $3,41 \times 10^{-6}$ ($< 0,05$), yang menunjukkan bahwa residual masih memiliki autokorelasi yang signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa masih terdapat sebagian pola pada data yang belum sepenuhnya ditangkap oleh model Holt–Winters Additive. Meskipun demikian, berdasarkan nilai MAE dan RMSE yang relatif rendah, model masih memberikan performa yang memadai untuk tujuan peramalan suhu rata-rata bulanan dalam jangka menengah.

Hasil Peramalan Suhu



Gambar 5. Peramalan Suhu Rata-Rata Bulanan Periode 2025–2027

Model Holt–Winters Additive yang telah terbentuk kemudian digunakan untuk melakukan peramalan suhu rata-rata bulanan untuk periode tiga tahun ke depan, yaitu 2025–2027. Hasil peramalan menunjukkan bahwa suhu rata-rata bulanan diperkirakan berada pada kisaran sekitar 26,2°C hingga 28,8°C. Rentang nilai tersebut masih berada dalam batas variasi historis data suhu pada periode pengamatan sebelumnya.

Pola musiman tahunan tetap terlihat jelas selama periode peramalan, dengan bulan-bulan tertentu diperkirakan memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan bulan lainnya. Pola ini konsisten dengan karakteristik musiman yang terbentuk pada data historis, sehingga menunjukkan bahwa komponen musiman yang dihasilkan model bersifat stabil dan berulang secara periodik.

Selain itu, tren suhu hasil peramalan menunjukkan kecenderungan relatif stabil hingga sedikit meningkat, tanpa adanya lonjakan ekstrem yang signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa dalam jangka menengah, perubahan suhu rata-rata bulanan diperkirakan berlangsung secara bertahap. Dengan demikian, Hasil peramalan menunjukkan bahwa suhu rata-rata bulanan Kota Aceh pada periode 2025–2027 diperkirakan tetap mempertahankan pola musiman tahunan dengan kecenderungan peningkatan yang relatif bertahap. Informasi ini dapat dimanfaatkan sebagai referensi awal oleh pemerintah daerah, BMKG, serta sektor pertanian dan lingkungan dalam menyusun perencanaan kegiatan yang mempertimbangkan kondisi suhu di masa mendatang. Meskipun demikian, hasil peramalan perlu diinterpretasikan sesuai ruang lingkup penelitian, mengingat data yang digunakan mencakup periode lima tahun dan tidak dimaksudkan untuk menyimpulkan tren perubahan iklim jangka panjang.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menganalisis pola suhu rata-rata bulanan Kota Aceh menggunakan metode Holt–Winters Additive berdasarkan data periode Januari 2020 hingga Desember 2024. Hasil analisis deret waktu menunjukkan bahwa data memiliki kecenderungan tren meningkat serta pola musiman tahunan yang relatif stabil, sehingga metode Holt–Winters Additive sesuai digunakan untuk memodelkan karakteristik data tersebut.

Hasil evaluasi model menunjukkan nilai **Mean Absolute Error (MAE)** sebesar **0,395°C** dan **Root Mean Square Error (RMSE)** sebesar **0,518°C**, yang menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesalahan prediksi yang relatif rendah. Sementara itu, hasil uji **Ljung–Box** menunjukkan bahwa residual masih memiliki autokorelasi yang signifikan, sehingga masih terdapat sebagian pola pada data yang belum sepenuhnya dapat dijelaskan oleh model. Meskipun demikian, model tetap mampu memberikan hasil peramalan yang memadai untuk menggambarkan kecenderungan suhu rata-rata bulanan dalam jangka menengah.

Berdasarkan hasil peramalan, suhu rata-rata bulanan Kota Aceh pada periode 2025–2027 diperkirakan tetap mempertahankan pola musiman tahunan dengan kecenderungan peningkatan secara bertahap. Informasi tersebut dapat menjadi referensi awal bagi pemerintah daerah, BMKG, maupun sektor yang berkaitan dengan pengelolaan lingkungan dan pertanian dalam mendukung proses perencanaan yang mempertimbangkan kondisi suhu di masa mendatang.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena menggunakan data historis selama lima tahun sehingga belum dapat digunakan untuk mengidentifikasi tren perubahan iklim jangka panjang. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan rentang data yang lebih panjang, mengevaluasi model dengan metrik tambahan seperti MAPE, serta membandingkan Holt–Winters Additive dengan metode peramalan lain agar diperoleh model yang lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penelitian ini, khususnya kepada penyedia dataset cuaca yang digunakan dalam penelitian serta Program Studi Sistem Informasi Universitas Jambi atas dukungan akademik yang diberikan selama penyusunan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. V. Putri and F. Fitri, “Peramalan suhu rata-rata Kota Padang Panjang dengan membandingkan metode SARIMA dan Holt–Winters Additive,” *VARIANSI: Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*, vol. 7, no. 1, pp. 15–25, 2025, doi: 10.35580/variensiunm237.
- [2] A. N. Aini, P. K. Intan, and N. Ulinuha, “Prediksi rata-rata curah hujan bulanan di Pasuruan menggunakan metode Holt–Winters exponential smoothing,” *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, vol. 5, no. 2, pp. 117–122, 2022, doi: 10.30595/jrst.v5i2.9702.
- [3] R. Aprianto, A. Tawaqqal, and P. A. D. Puspitasari, “Prediksi curah hujan menggunakan metode Holt–Winters di Kabupaten Sumbawa,” *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, vol. 17, no. 1, pp. 42–52, 2025, doi: 10.30599/eybf7238.
- [4] Nawawi, “Implementasi metode Holt–Winters additive untuk prediksi kunjungan wisatawan Kabupaten Sumenep,” *Jurnal Simantec*, vol. 10, no. 1, 2024, doi: 10.21107/simantec.v10i1.12466.
- [5] R. Sari and N. Handayani, “Peramalan data deret waktu menggunakan metode Holt–Winters,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 6, no. 3, pp. 301–308, 2019.
- [6] A. Azhari, “Peramalan jumlah nasabah menggunakan Box-Jenkins, Holt–Winters, dan fuzzy time series,” *Syntax Literate*, 2022, doi: 10.36418/syntax-literate.v7i10.9826.