



Pemodelan dan Prediksi Curah Hujan Menggunakan SARIMA untuk Mendukung Perencanaan Irigasi Presisi di Kabupaten Temanggung

Olivia Wardhani^{1,*}, Rheza Ari Wibowo², Ikhwan Alfath Nurul Fathony³, Beta Estri Adiana⁴, Yasabuana Athallahaufa Natawijaya⁵, Rayfal Mayoandra Aurora Akbar⁶

^{1,2,3,4,5,6}Universitas Tidar, Magelang, Indonesia

Informasi Artikel

Sejarah Artikel:

Submit : 14 Desember 2025

Revisi : 25 Desember 2025

Diterima : 29 Desember 2025

Diterbitkan: 31 Desember 2025

Kata Kunci

curah hujan, hari hujan, SARIMA, peramalan, irigasi presisi, ketahanan pangan

Correspondence

E-mail: olivia@untidar.ac.id*

A B S T R A K

Perubahan pola curah hujan di wilayah tropis meningkatkan ketidakpastian dalam pengelolaan air pertanian, terutama pada wilayah tadah hujan seperti Kabupaten Temanggung. Kondisi ini menuntut pemanfaatan model prediksi berbasis data sebagai landasan perencanaan irigasi presisi dan mitigasi risiko kekeringan. Penelitian ini bertujuan untuk membangun model prediksi curah hujan dan hari hujan menggunakan metode *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) berbasis data klimatologis bulanan periode 2014–2024. Analisis dilakukan menggunakan prosedur Box–Jenkins yang mencakup eksplorasi pola musiman dan pengujian stasioneritas. Tahapan selanjutnya meliputi identifikasi parameter melalui ACF dan PACF, estimasi parameter, serta evaluasi diagnostik residual dan akurasi model. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa model SARIMA(0,0,1)(1,0,1,12) memberikan kinerja terbaik untuk prediksi curah hujan dengan nilai RMSE sebesar 99,92 mm dan MAE sebesar 57,84 mm, sedangkan prediksi hari hujan menghasilkan tingkat kesalahan yang relatif lebih tinggi. Model mampu merepresentasikan pola musiman tahunan secara konsisten dan menghasilkan proyeksi tahun 2025 yang menunjukkan curah hujan tertinggi pada awal tahun serta penurunan signifikan pada periode kemarau. Temuan ini memberikan landasan kuantitatif untuk penyusunan kalender risiko ketersediaan air dan penyesuaian strategi irigasi presisi pada skala regional, sehingga mendukung pengelolaan sumber daya air dan ketahanan pangan daerah.

Abstract

Changes in rainfall patterns in tropical regions increase uncertainty in agricultural water management, particularly in rainfed areas such as Temanggung Regency, Indonesia. This condition highlights the need for data-driven rainfall prediction models to support precision irrigation planning and drought risk mitigation. This study aims to develop rainfall and rainday prediction models using the *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) method based on monthly climatological data for the period 2014–2024. The analysis follows the Box–Jenkins procedure, including seasonal pattern exploration, stationarity testing, parameter identification using ACF and PACF, parameter estimation, and diagnostic and accuracy evaluation. The results indicate that the SARIMA(0,0,1)(1,0,1,12) model provides the best performance for rainfall prediction, achieving an RMSE of 99.92 mm and an MAE of 57.84 mm, while rainday prediction exhibits relatively higher errors. The model successfully captures consistent annual seasonal patterns and generates projections for 2025, indicating higher rainfall at the beginning of the year and a significant decrease during the dry season. These findings provide a quantitative basis for developing water availability risk calendars and adjusting precision irrigation strategies at the regional level, supporting sustainable water resource management and regional food security.

This is an open access article under the CC-BY-SA license



1. Pendahuluan

Variabilitas curah hujan akibat perubahan iklim meningkatkan ketidakpastian dalam pengelolaan air pertanian, terutama di wilayah pertanian tadah hujan seperti Kabupaten

Temanggung. Di Indonesia, meningkatnya frekuensi fenomena cuaca ekstrem, seperti kekeringan dan banjir, memperburuk perencanaan pengelolaan air di sektor pertanian yang sangat bergantung pada pola hujan musiman. Kondisi ini menuntut integrasi teknologi prediksi curah hujan sebagai bagian dari pengambilan keputusan berbasis data untuk mendukung ketahanan pangan yang berkelanjutan.

Ketergantungan pada pola hujan musiman menjadikan perubahan tersebut sebagai ancaman bagi produktivitas dan stabilitas pangan daerah, sebagaimana ditunjukkan oleh dinamika hidrologis di wilayah DAS Progo Hulu [1]. Sejalan dengan hal tersebut, kebijakan nasional dalam RPJPN 2025–2045 menekankan pentingnya digitalisasi sektor pertanian melalui pemanfaatan data dan teknologi prediktif untuk memperkuat ketahanan pangan nasional. Dalam konteks ini, teknologi prediksi curah hujan berperan sebagai komponen integral dalam perencanaan irigasi yang lebih efisien, adaptif, dan berbasis data [2].

Irigasi presisi menjadi salah satu pendekatan adaptif yang efektif karena memungkinkan pengaturan suplai air berdasarkan kebutuhan tanaman secara real time. Di Indonesia, penerapan irigasi presisi berbasis teknologi sensor dan *Internet of Things* (IoT) telah menunjukkan dampak empiris yang signifikan terhadap efisiensi penggunaan air dan peningkatan produksi pangan. Studi lapangan di Kabupaten Deli Serdang melaporkan bahwa sistem irigasi presisi mampu meningkatkan hasil padi sebesar 24,2% serta mengurangi penggunaan air hingga 29,7% dibandingkan metode konvensional [3]. Temuan serupa juga dilaporkan di Kabupaten Dompu, Nusa Tenggara Barat, di mana penerapan teknologi pertanian presisi berhasil menurunkan penggunaan air sebesar 25–30% sekaligus meningkatkan produktivitas padi sekitar 15–20% per hektar [4]. Bukti empiris ini menegaskan bahwa integrasi teknologi presisi dan data klimatologis merupakan faktor kunci dalam mendukung irigasi yang efisien dan penguatan ketahanan pangan di wilayah berkembang. Implementasi internasional menunjukkan peningkatan efisiensi air dan produktivitas yang signifikan ketika irigasi presisi diterapkan [5], [6]. Namun, keberhasilan pendekatan ini sangat ditentukan oleh ketersediaan model prediksi curah hujan yang akurat pada skala lokal, sesuatu yang hingga kini masih terbatas di Indonesia, termasuk di Temanggung.

Model deret waktu seperti ARIMA dan Seasonal ARIMA (SARIMA) telah terbukti efektif dalam memodelkan pola klimatologis musiman. Studi di Uruguay menunjukkan bahwa SARIMA menghasilkan akurasi tertinggi dalam memprediksi curah hujan tahunan [7], sementara penelitian di India juga menegaskan keunggulannya dalam menangkap dinamika hujan monsun [8]. Meskipun model berbasis kecerdasan buatan dan pendekatan hibrida cenderung memberikan akurasi tinggi pada data harian yang kompleks, pendekatan tersebut umumnya membutuhkan data historis yang panjang, sumber daya komputasi, serta keahlian teknis yang memadai. Sebaliknya, untuk peramalan bulanan atau musiman di wilayah dengan keterbatasan data dan kesiapan infrastruktur digital, model deret waktu statistik seperti ARIMA/SARIMA tetap menjadi opsi yang lebih praktis dan andal karena stabil, mudah diimplementasikan, dan lebih mudah diinterpretasikan untuk kebutuhan perencanaan irigasi [9]. Perbandingan dengan model berbasis kecerdasan buatan juga memperlihatkan bahwa SARIMA lebih stabil pada data musiman dan lebih cocok untuk dataset terbatas [10], [11], [12], [13]. Pada tingkat kebijakan global, penggunaan prediksi curah hujan untuk mendukung sistem peringatan dini dan irigasi cerdas dinilai sejalan dengan prioritas SDGs, khususnya ketahanan pangan dan air bersih [14].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada evaluasi akurasi prediksi curah hujan secara umum dan belum secara eksplisit menempatkan hasil prediksi sebagai dasar kuantitatif untuk pengambilan keputusan irigasi presisi pada skala regional. Selain itu, kajian prediksi curah hujan berbasis SARIMA yang dikalibrasi secara khusus terhadap karakter klimatologi lokal wilayah pertanian tadah hujan, seperti Kabupaten Temanggung, masih terbatas. Kondisi keterbatasan kajian prediksi curah hujan berbasis deret waktu yang secara khusus dikalibrasi untuk wilayah pertanian tadah hujan, seperti Kabupaten Temanggung, menunjukkan adanya kesenjangan

penelitian yang berdampak langsung pada praktik pengelolaan air pertanian. Tanpa ketersediaan model prediksi curah hujan yang akurat dan kontekstual, perencanaan irigasi presisi cenderung bersifat reaktif, kurang adaptif terhadap variabilitas iklim musiman, dan berpotensi meningkatkan risiko kekurangan atau kelebihan suplai air pada fase kritis pertumbuhan tanaman. Kondisi ini tidak hanya menurunkan efisiensi penggunaan air, tetapi juga berimplikasi pada ketidakstabilan produksi pangan di wilayah yang sangat bergantung pada curah hujan musiman.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini mengembangkan model prediksi curah hujan berbasis SARIMA yang disesuaikan dengan karakteristik klimatologis lokal Kabupaten Temanggung. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada penyediaan model prediktif yang stabil dan interpretable sebagai landasan kuantitatif dalam perencanaan irigasi presisi pada skala regional, khususnya untuk wilayah pertanian tadah hujan. Pemanfaatan hasil prediksi curah hujan secara terintegrasi dalam pengelolaan air pertanian memungkinkan penentuan waktu dan volume irigasi yang lebih tepat, sehingga mendukung efisiensi penggunaan air, mengurangi risiko gagal panen akibat anomali iklim, dan pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan ketahanan pangan daerah. Dengan demikian, model SARIMA yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai alat prediksi klimatologis, tetapi juga sebagai komponen pendukung pengambilan keputusan strategis dalam sistem irigasi presisi berbasis data.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan pemodelan dan peramalan deret waktu (*time series forecasting*) untuk memodelkan curah hujan dan hari hujan. Metode *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) digunakan karena kemampuannya dalam menangkap pola musiman tahunan (periode 12 bulan) yang dominan pada data klimatologis bulanan, serta menyediakan struktur model yang *interpretable* dan umum digunakan sebagai *baseline* dalam studi peramalan curah hujan. Pemodelan dilakukan mengikuti kerangka analisis *Box-Jenkins* yang mencakup tahapan identifikasi model, estimasi parameter, evaluasi diagnostik, dan peramalan, dengan seleksi model berdasarkan kriteria informasi seperti AIC/BIC serta validasi menggunakan skema pemisahan data pelatihan dan pengujian, sebagaimana direkomendasikan dalam penelitian terdahulu [15], [16]. Penelitian ini bersifat *applied research*, di mana hasil peramalan curah hujan diarahkan sebagai landasan prediktif untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan irigasi presisi, khususnya dalam mengantisipasi waktu dan intensitas kebutuhan air pada sistem pertanian tadah hujan.

2.2. Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa curah hujan bulanan (mm) dan jumlah hari hujan (hari) untuk periode 2014–2024 yang diperoleh dari *Web E-Statistik* Kabupaten Temanggung, dengan rujukan data klimatologis yang bersumber dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Semarang, sebagaimana tercantum dalam metadata resmi publikasi. Data pendukung diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Temanggung, Portal Data Provinsi Jawa Tengah, serta dokumen kebijakan nasional terkait ketahanan pangan seperti RPJPN 2025–2045 [2], [18].

Selama periode pengamatan, terdapat *missing values* pada beberapa bulan, yaitu Oktober 2016 serta Juli–Agustus–September 2018. Penanganan data hilang dilakukan menggunakan imputasi musiman, dengan mengisi nilai pada bulan tertentu menggunakan rata-rata nilai bulan yang sama pada tahun-tahun lain yang memiliki data tersedia. Pendekatan ini dipilih untuk menjaga konsistensi pola musiman dan kesinambungan deret waktu, sehingga sesuai dengan karakteristik data klimatologis bulanan dan kebutuhan pemodelan deret waktu menggunakan SARIMA. Imputasi

musiman dipilih karena jumlah data hilang relatif terbatas dan tidak mengubah struktur musiman tahunan deret waktu.

2.3. Variabel Penelitian

Variabel penelitian dalam studi ini dibedakan menjadi variabel utama dan variabel turunan. Variabel utama merupakan data observasi klimatologis yang dianalisis, meliputi curah hujan bulanan dan jumlah hari hujan. Variabel turunan merupakan hasil dari proses pemodelan dan evaluasi, yang mencakup nilai prediksi curah hujan, residual model, serta indikator kesalahan prediksi. Definisi operasional masing-masing variabel, termasuk fungsi analitis dan satuan pengukuran, disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian

No	Kategori Variabel	Variabel	Definisi Operasional	Satuan / Skala
1	Variabel Utama	Curah Hujan (<i>Rain fall</i>)	Jumlah total air hujan yang tercatat di wilayah Kabupaten Temanggung dalam satu bulan pengamatan.	Milimeter (mm)
2	Variabel Utama	Hari Hujan (<i>Rain Days</i>)	Jumlah hari dalam satu bulan di mana curah hujan tercatat $\geq 0,1$ mm.	Hari
3	Variabel Turunan	Prediksi Curah Hujan (<i>Forecast</i>)	Nilai hasil peramalan curah hujan yang dihasilkan oleh model SARIMA.	Milimeter (mm)
4	Variabel Turunan	Residual Model	Selisih antara nilai curah hujan aktual dan nilai hasil prediksi model.	Milimeter (mm)
5	Variabel Turunan	Error Model	Ukuran tingkat kesalahan prediksi model yang dihitung menggunakan MAE dan RMSE.	MAE, RMSE

Dalam pemodelan deret waktu menggunakan SARIMA, curah hujan bulanan dan jumlah hari hujan diperlakukan sebagai deret waktu endogen, yang dimodelkan berdasarkan ketergantungannya terhadap nilai masa lalu (lag) dan komponen musiman tahunan. Waktu direpresentasikan sebagai indeks waktu bulanan, bukan sebagai variabel independen, sesuai dengan karakteristik pemodelan deret waktu.

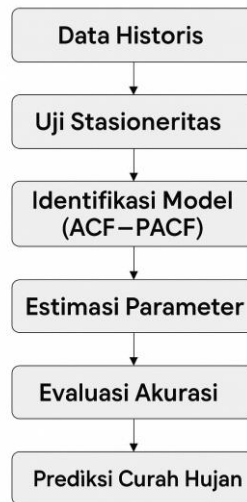
2.4. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui metode dokumentasi dari sumber resmi BMKG dan BPS. Validasi data dilakukan melalui pemeriksaan kelengkapan dan konsistensi, termasuk pemeriksaan rentang nilai berbasis aturan (misalnya jumlah hari hujan per bulan berada pada rentang 0–31 hari). Nilai yang tidak memenuhi kaidah tersebut diperlakukan sebagai anomali pencatatan dan ditangani sebagai data hilang sebelum dilakukan imputasi musiman. Selain itu, potensi outlier klimatologis juga dievaluasi melalui inspeksi visual (*boxplot* bulanan) dan pemeriksaan diagnostik residual pada model SARIMA.

2.5. Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan menggunakan metode SARIMA dengan prosedur Box-Jenkins. Tahapan analisis meliputi identifikasi pola deret waktu melalui visualisasi musiman [15], [16]; pengujian stasioneritas menggunakan *Augmented Dickey-Fuller*; identifikasi struktur model melalui analisis *Autocorrelation Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF); estimasi parameter dengan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE); diikuti dengan evaluasi diagnostik residual untuk memastikan kesesuaian model. Pemeriksaan diagnostik meliputi uji *Ljung-Box* untuk menguji independensi residual, analisis plot residual dan ACF residual sebagai indikasi karakteristik *white noise*, serta pemeriksaan normalitas residual melalui QQ-plot sebagai analisis pendukung. Pemeriksaan heteroskedastisitas residual juga dilakukan secara visual untuk memastikan kestabilan varians.

Evaluasi akurasi model dilakukan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE) dalam pemilihan model terbaik sebelum digunakan untuk peramalan curah hujan dan hari hujan tahun 2025. Alur analisis mengikuti tahapan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Analisis SARIMA.

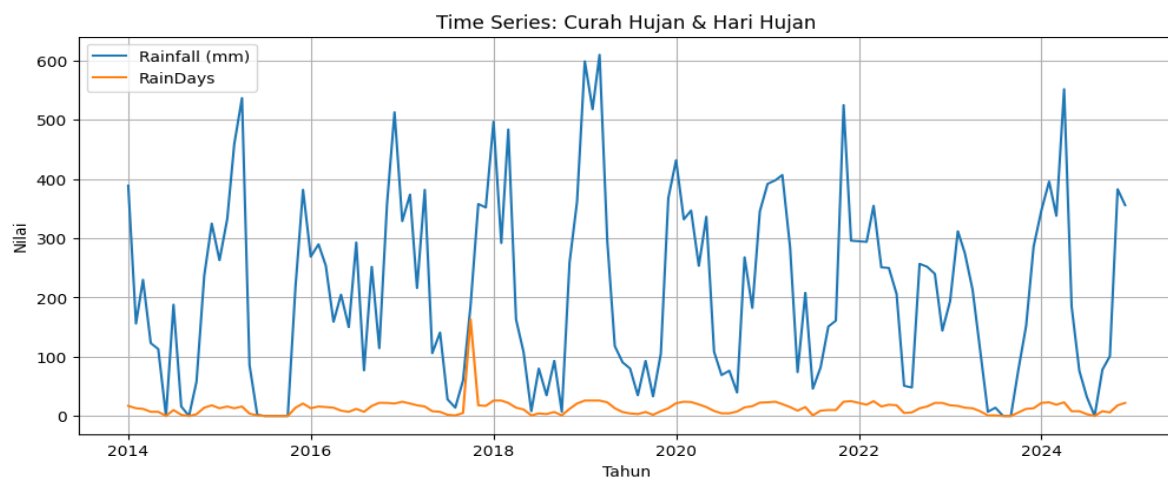
2.6. Perangkat Analisis

Seluruh proses pengolahan dan analisis data dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python pada platform Google Colab dengan pustaka pendukung seperti *statsmodels*, *pandas*, *numpy*, dan *matplotlib*. Penggunaan platform ini memudahkan replikasi analisis dan memastikan transparansi proses pemodelan deret waktu.

3. Hasil dan Pembahasan

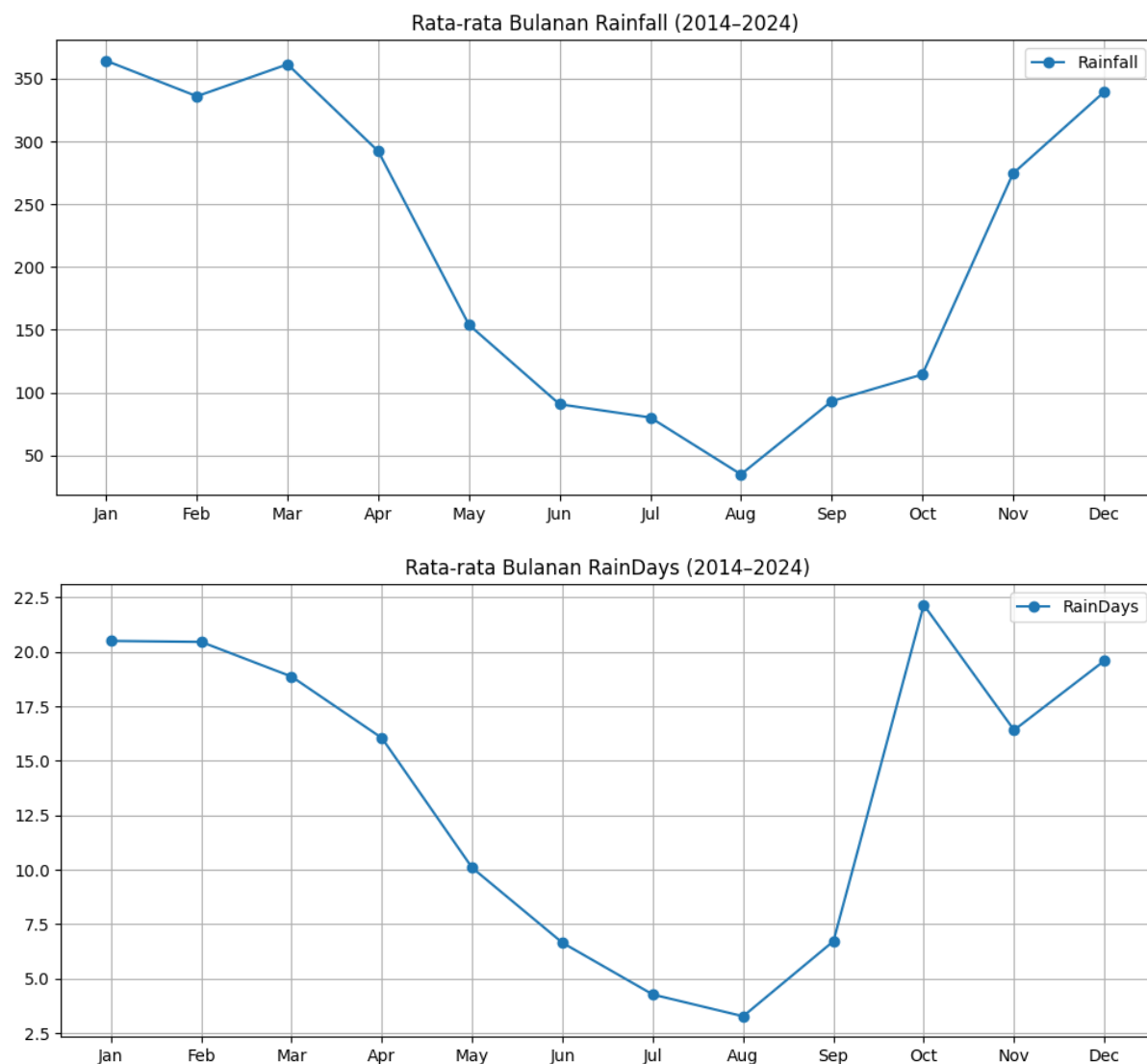
3.1. Pola Historis dan Musiman Curah Hujan

Deret waktu curah hujan dan hari hujan selama periode 2014–2024 menunjukkan pola musiman tahunan yang kuat, dengan fluktuasi yang berulang secara konsisten antar tahun. Secara deskriptif, nilai maksimum historis curah hujan bulanan umumnya terjadi pada periode Desember hingga Maret, dengan beberapa kejadian mencapai kisaran 300–600 mm per bulan, sedangkan nilai terendah tercatat pada periode Juni–Agustus. Pola hari hujan menunjukkan dinamika musiman yang serupa, meskipun variasi antarbulan relatif lebih stabil dibandingkan curah hujan. Kekuatan musiman ini juga didukung secara kuantitatif oleh nilai autokorelasi yang signifikan pada lag-12, yang mengindikasikan adanya periodisitas tahunan yang dominan pada deret waktu curah hujan. Pola tersebut mencerminkan karakter iklim monsun di Kabupaten Temanggung, yang didominasi oleh angin barat pada musim penghujan dan angin timur pada musim kemarau. Konsistensi pola musiman ini menunjukkan bahwa pendekatan pemodelan deret waktu musiman, seperti SARIMA, merupakan metode yang sesuai untuk merepresentasikan dinamika curah hujan di wilayah studi.



Gambar 2. Deret Waktu Curah Hujan dan Hari Hujan 2014–2024.

Untuk memperjelas karakteristik musiman tersebut, analisis dilanjutkan dengan perhitungan rata-rata bulanan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



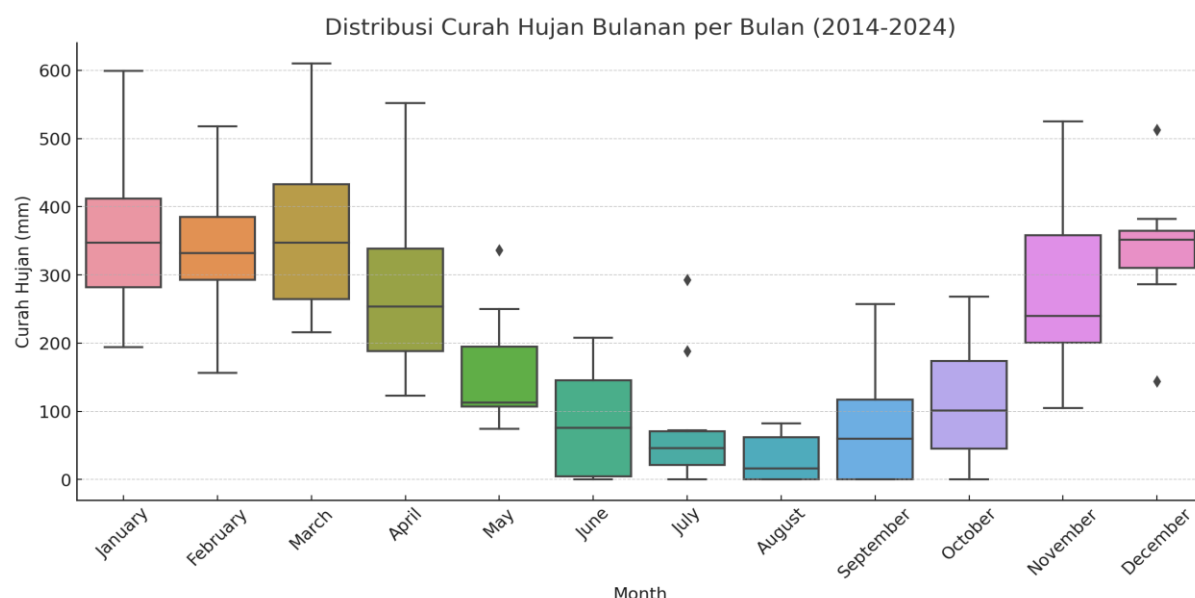
Gambar 3. Rata-rata bulanan (a) curah hujan dan (b) hari hujan periode 2014–2024.

Rata-rata bulanan memperlihatkan bahwa curah hujan dan hari hujan mencapai nilai tertinggi pada periode Januari–Maret, dengan rata-rata hari hujan berkisar 19–22 hari per bulan, sedangkan

periode Juli-Agustus merupakan fase minimum dengan rata-rata hanya 3–6 hari hujan per bulan. Berdasarkan pola tersebut, periode kritis ketersediaan air bagi pertanian tadah hujan di Kabupaten Temanggung berada pada fase peralihan menuju musim kemarau, khususnya Mei hingga September, ketika curah hujan dan frekuensi hari hujan menurun secara signifikan. Implikasi praktis dari kondisi ini adalah meningkatnya risiko defisit air pada fase pertumbuhan tanaman yang sensitif terhadap ketersediaan air, sehingga informasi prediksi curah hujan bulanan menjadi penting sebagai dasar penentuan waktu tanam, penjadwalan irigasi tambahan, dan strategi mitigasi kekeringan dalam penerapan irigasi presisi.

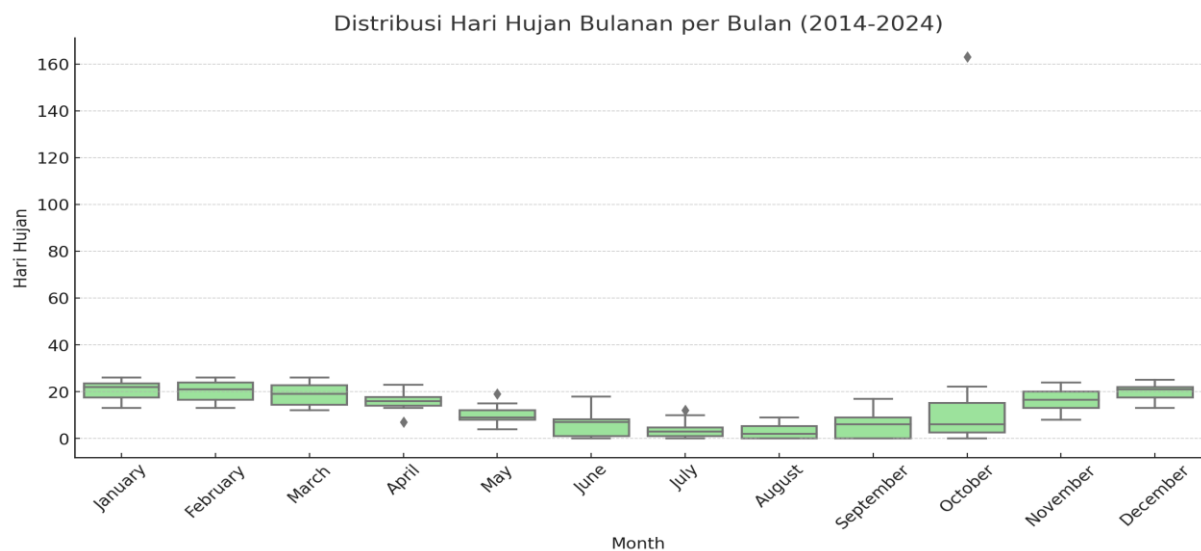
3.2. Distribusi dan Variabilitas Curah Hujan dan Hari Hujan

Distribusi curah hujan bulanan menunjukkan variabilitas yang relatif tinggi pada periode Januari-Maret serta November-Desember, sebagaimana terlihat dari sebaran data yang lebih lebar pada *boxplot* di Gambar 4. Pada periode tersebut juga teridentifikasi beberapa nilai ekstrem (*outlier*) berdasarkan inspeksi visual *boxplot*, yang mencerminkan adanya kejadian hujan dengan intensitas tinggi pada tahun-tahun tertentu. Sebaliknya, periode musim kemarau memperlihatkan variasi yang lebih kecil dengan nilai curah hujan yang relatif mendekati nol, sehingga menunjukkan kestabilan pola kering. Variabilitas yang lebih besar pada awal dan akhir tahun ini mengindikasikan tingkat fluktuasi antar tahun yang lebih tinggi, yang secara konseptual dapat meningkatkan tantangan dalam pemodelan deret waktu dan interpretasi hasil peramalan. Oleh karena itu, bulan-bulan dengan variabilitas tinggi memerlukan kehati-hatian dalam pemanfaatan hasil prediksi, khususnya dalam konteks perencanaan irigasi presisi.



Gambar 4. *Boxplot* Distribusi Curah Hujan Bulanan.

Berdasarkan Gambar 5, hari hujan menunjukkan distribusi yang relatif lebih sempit dan stabil dibandingkan curah hujan, yang mengindikasikan bahwa jumlah hari hujan cenderung lebih konsisten antar tahun. Meskipun demikian, beberapa nilai ekstrem (*outlier*) tetap teridentifikasi pada bulan-bulan tertentu berdasarkan visualisasi *boxplot*, yang mencerminkan adanya variasi kejadian hujan pada tahun-tahun tertentu. Pola ini terutama terlihat pada periode transisi musim, khususnya Oktober dan November, di mana sebaran hari hujan menunjukkan variabilitas yang lebih besar dibandingkan periode musim penghujan yang telah berkembang penuh. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun hari hujan secara umum bersifat lebih stabil, fase peralihan musim tetap menjadi periode dengan dinamika yang lebih tidak menentu dan perlu diperhatikan dalam interpretasi pola hujan serta perencanaan irigasi.

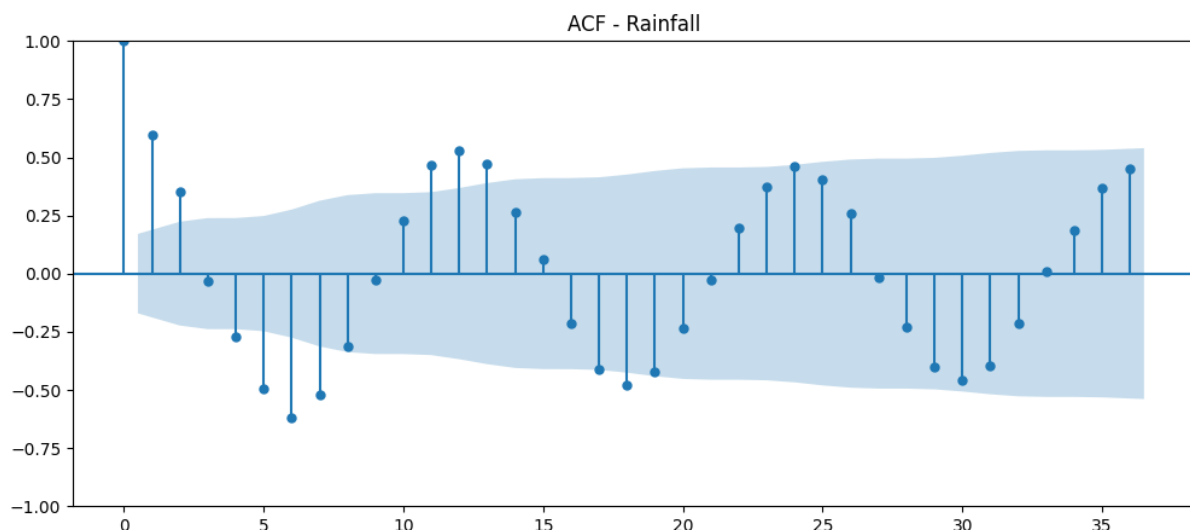


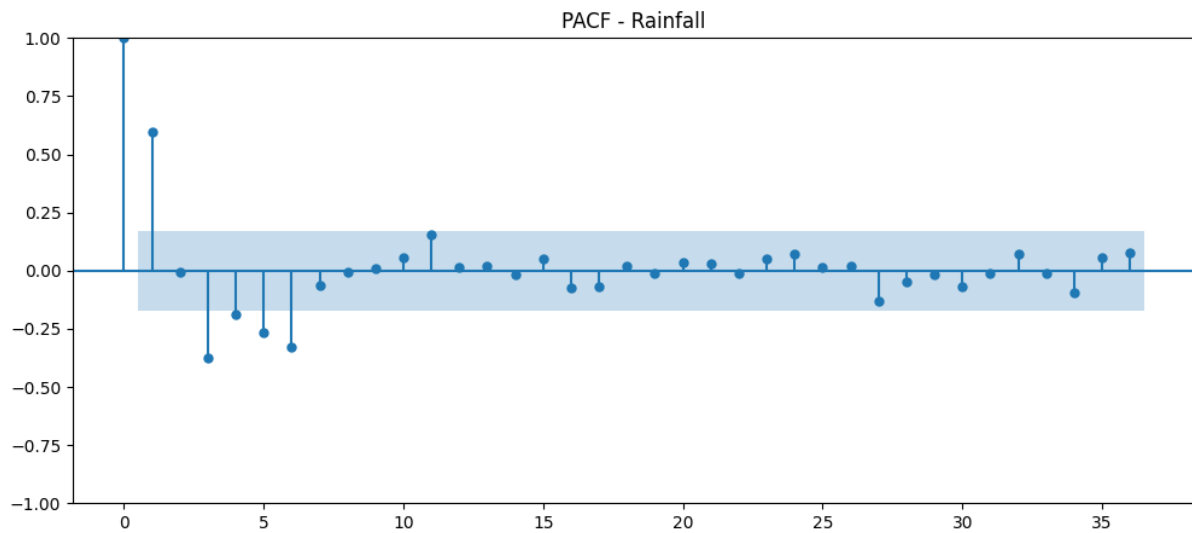
Gambar 5. Boxplot Distribusi Hari Hujan Bulanan.

Analisis distribusi ini penting dalam proses pemodelan karena memberikan informasi mengenai volatilitas data, yang mempengaruhi kestabilan prediksi dan pemilihan parameter model SARIMA.

3.3. Identifikasi Model SARIMA

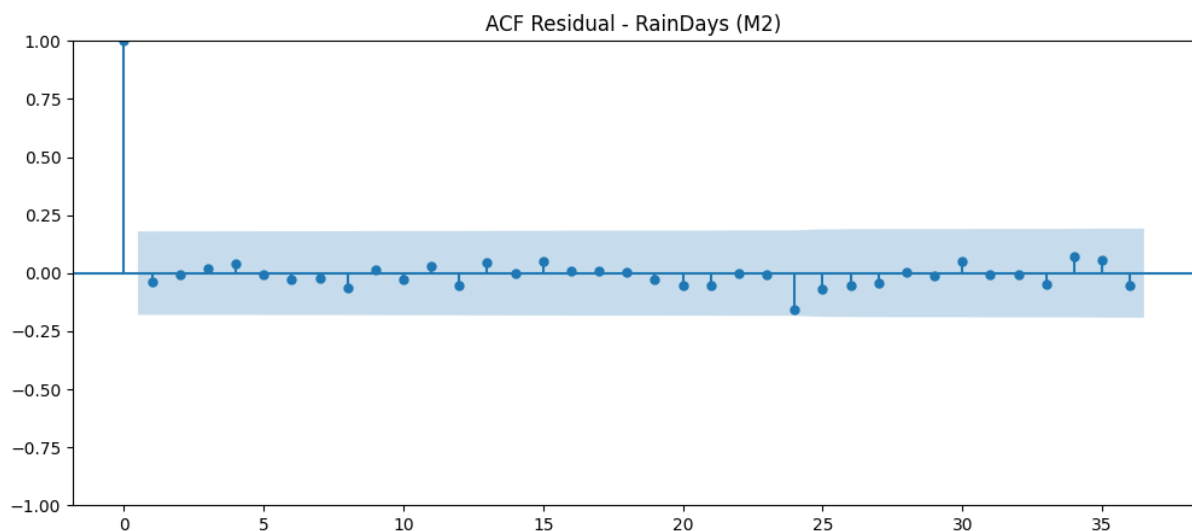
Identifikasi parameter awal model dilakukan melalui analisis *Autocorrelation Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF). Berdasarkan Gambar 6, ACF curah hujan menunjukkan puncak autokorelasi yang jelas dan berulang pada lag 12, 24, dan 36, menandakan keberulangan pola musiman tahunan yang kuat. Pola ini menegaskan bahwa komponen musiman dengan periode 12 bulan relevan untuk dimasukkan dalam model. Sementara itu, PACF pada Gambar 6 memperlihatkan autokorelasi signifikan pada lag rendah, yang kemudian menurun dan berada dalam batas kepercayaan pada lag berikutnya, sehingga mengindikasikan adanya komponen *autoregressive* pada struktur non-musiman. Kombinasi pola ACF dan PACF tersebut menunjukkan bahwa penggunaan model SARIMA dengan periode musiman 12 bulan merupakan konfigurasi yang sesuai untuk merepresentasikan dinamika deret waktu curah hujan pada wilayah studi.

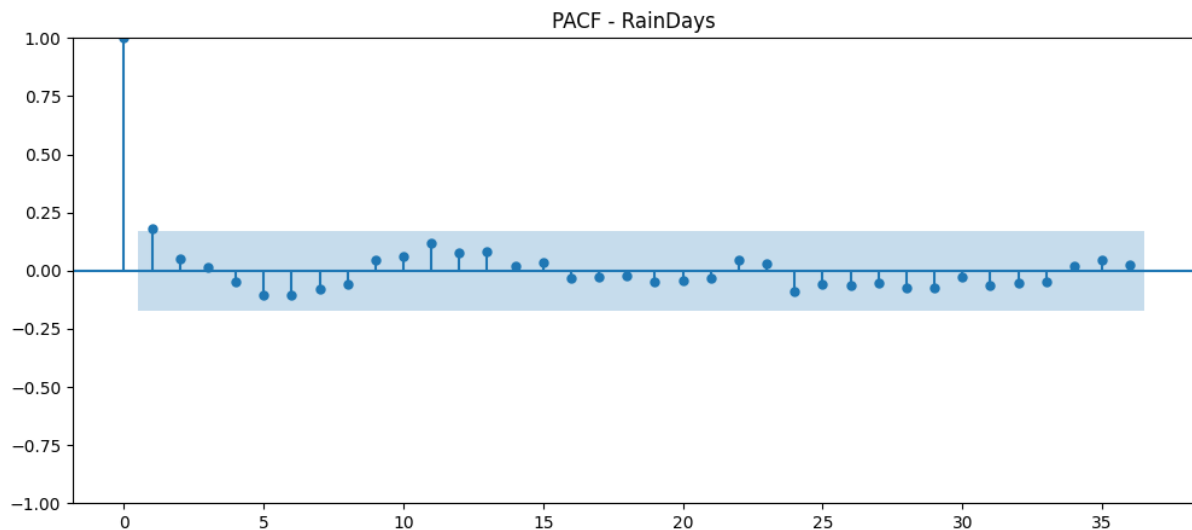




Gambar 6. ACF dan PACF Curah Hujan.

Berdasarkan Gambar 7, pola ACF dan PACF hari hujan menunjukkan tingkat autokorelasi yang relatif lebih lemah dan cepat mengalami peluruhan (*decay*) dibandingkan dengan curah hujan. Hal ini mengindikasikan bahwa ketergantungan temporal pada deret waktu hari hujan bersifat lebih terbatas, sehingga informasi masa lalu memberikan kontribusi yang lebih kecil dalam menjelaskan variasi nilai saat ini. Kondisi tersebut dapat mempengaruhi kinerja model peramalan, terutama dalam menangkap dinamika frekuensi kejadian hujan bulanan. Secara konseptual, karakteristik hari hujan yang bersifat diskrit serta dipengaruhi oleh proses stokastik yang berbeda dibandingkan intensitas hujan dapat menyebabkan deret ini lebih sensitif terhadap variasi antar periode, meskipun secara *agregat* tetap dapat dimodelkan menggunakan pendekatan deret waktu. Temuan ini menjelaskan mengapa hasil peramalan hari hujan cenderung menunjukkan ketidakpastian yang lebih tinggi dibandingkan curah hujan, tanpa meniadakan potensi prediksinya.

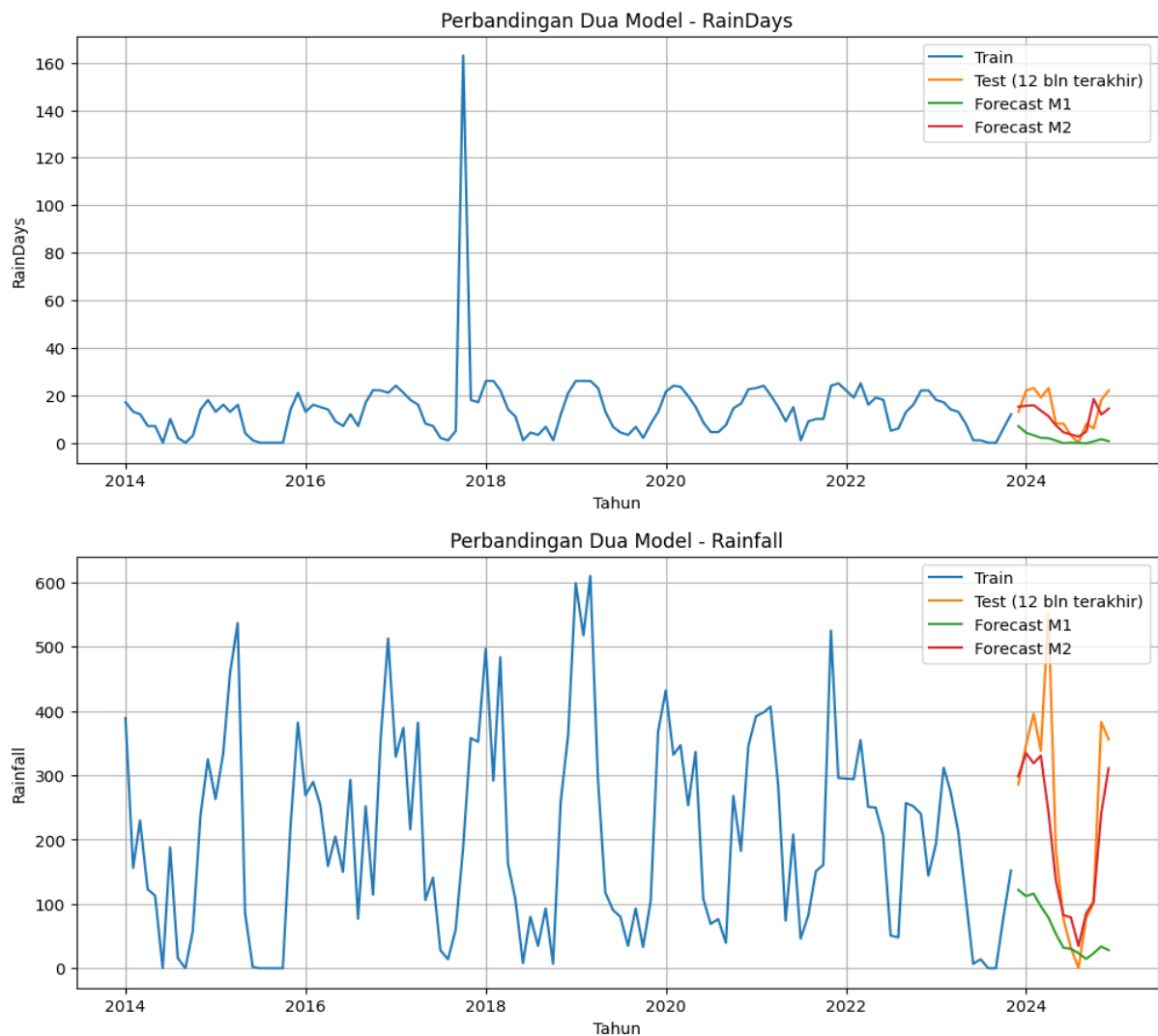




Gambar 7. ACF dan PACF Hari Hujan.

Dua konfigurasi model SARIMA, yaitu Model 1 (M1) dan Model 2 (M2), diuji berdasarkan kombinasi parameter non-musiman dan musiman yang berbeda. M1 dikonfigurasi sebagai SARIMA (1,0,0)(0,0,1,12) dan digunakan sebagai model pembanding (*baseline*), sedangkan M2 dikonfigurasi sebagai SARIMA (0,0,1)(1,0,1,12). Pemilihan periode musiman 12 bulan didasarkan pada hasil analisis ACF dan PACF yang menunjukkan pola musiman tahunan yang kuat. Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan *Akaike Information Criterion* (AIC) serta metrik kesalahan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE) pada data uji tahun 2024. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa M2 memiliki nilai AIC yang lebih rendah serta error prediksi yang lebih kecil dibandingkan M1, sehingga dipilih sebagai model terbaik, terutama dalam merepresentasikan fluktuasi data pada periode dengan variabilitas tinggi.

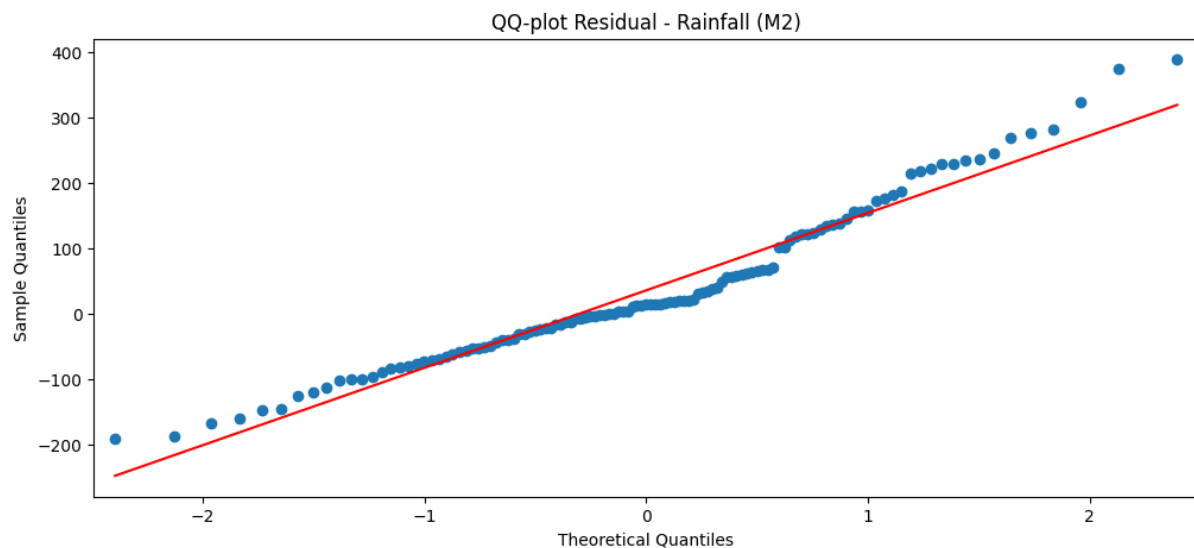
Perbandingan visual antara hasil peramalan Model 1 (M1) dan Model 2 (M2) terhadap data uji 12 bulan terakhir ditunjukkan pada Gambar 8. Pada variabel curah hujan, hasil peramalan M2 menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam mengikuti pola fluktuasi musiman dan mendekati nilai observasi dibandingkan M1, khususnya pada periode dengan perubahan intensitas hujan yang tajam. Sementara itu, pada variabel hari hujan, kedua model cenderung menghasilkan pola peramalan yang lebih halus, namun M2 tetap memberikan pendekatan yang lebih konsisten terhadap data aktual. Temuan ini memperkuat hasil evaluasi kuantitatif menggunakan RMSE dan MAE, yang menunjukkan bahwa M2 memiliki kinerja peramalan yang lebih baik dibandingkan M1.



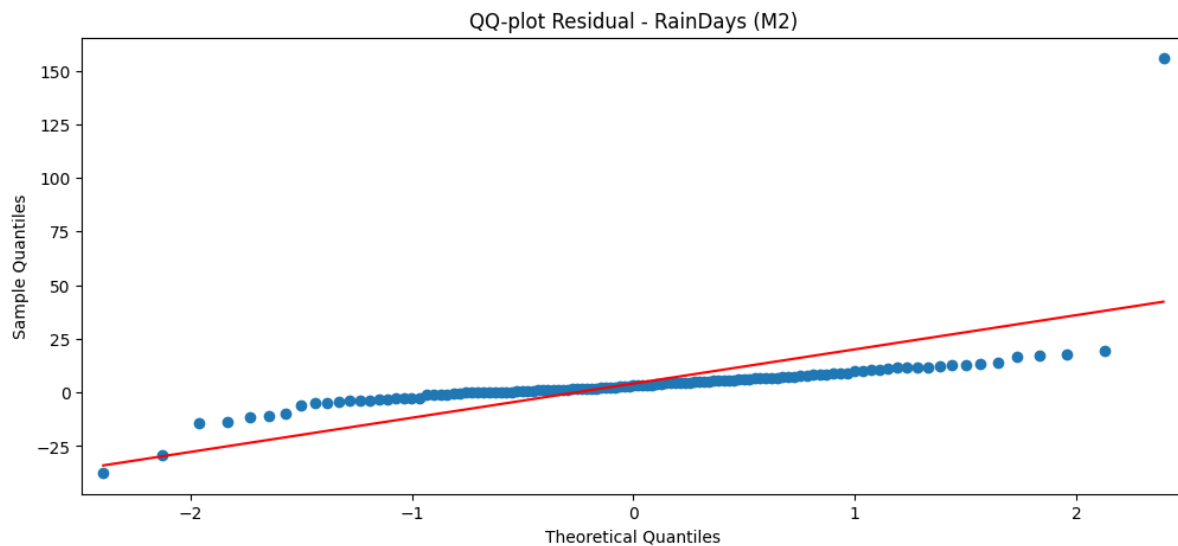
Gambar 8. Perbandingan Dua Model SARIMA.

3.4. Evaluasi Diagnostik dan Akurasi Model

Evaluasi diagnostik dilakukan untuk memastikan residual dari model bersifat acak dan tidak memiliki pola struktural yang tersisa. Visualisasi *residual plot* menunjukkan tidak adanya pola berulang yang sistematis, meskipun terdapat satu kejadian ekstrem pada data hari hujan. Analisis *Autocorrelation Function* (ACF) residual memperlihatkan bahwa seluruh nilai autokorelasi berada dalam batas kepercayaan, yang menandakan tidak adanya autokorelasi residual yang signifikan. Hasil uji Ljung-Box pada lag 12 menunjukkan nilai *p-value* sebesar 0,080 untuk variabel curah hujan dan 0,999 untuk variabel hari hujan, yang keduanya lebih besar dari tingkat signifikansi 0,05, sehingga residual dapat dianggap sebagai *white noise*. Histogram residual memperlihatkan distribusi yang mendekati normal, meskipun beberapa *outlier* masih muncul, terutama pada variabel hari hujan. Secara keseluruhan, hasil diagnostik ini menunjukkan bahwa model SARIMA telah memenuhi asumsi dasar pemodelan dan layak digunakan untuk peramalan.



Gambar 9. Residual Model Curah Hujan.



Gambar 10. Residual Model Hari Hujan.

QQ-plot residual pada Gambar 10 menunjukkan bahwa residual curah hujan mengikuti garis linier secara relatif baik, yang mengindikasikan kedekatan dengan distribusi normal. Residual hari hujan menunjukkan penyimpangan pada kuantil ekstrem, yang berkaitan dengan keberadaan beberapa nilai ekstrem pada data historis. Meskipun demikian, secara keseluruhan residual tidak menunjukkan pola sistematis dan telah memenuhi asumsi dasar pemodelan SARIMA.

Evaluasi akurasi model disajikan pada Tabel 2 menggunakan metrik RMSE, MAE, dan sMAPE. Untuk variabel curah hujan, nilai RMSE sebesar 99,92 mm, MAE 57,84 mm, dan sMAPE 38,71% menunjukkan tingkat kesalahan yang masih dapat diterima untuk data klimatologis dengan variabilitas musiman dan fluktuasi antar tahun yang tinggi. Pada variabel hari hujan, nilai RMSE 6,51 hari, MAE 5,49 hari, dan sMAPE 54,63% mencerminkan tingkat kesalahan yang relatif lebih besar, yang sejalan dengan karakteristik data hari hujan yang bersifat diskrit dan lebih sensitif terhadap variasi kejadian ekstrem. Oleh karena itu, hasil evaluasi ini menunjukkan bahwa model SARIMA mampu merepresentasikan pola musiman dan dinamika deret waktu secara memadai, dengan performa yang lebih stabil pada variabel curah hujan dibandingkan hari hujan.

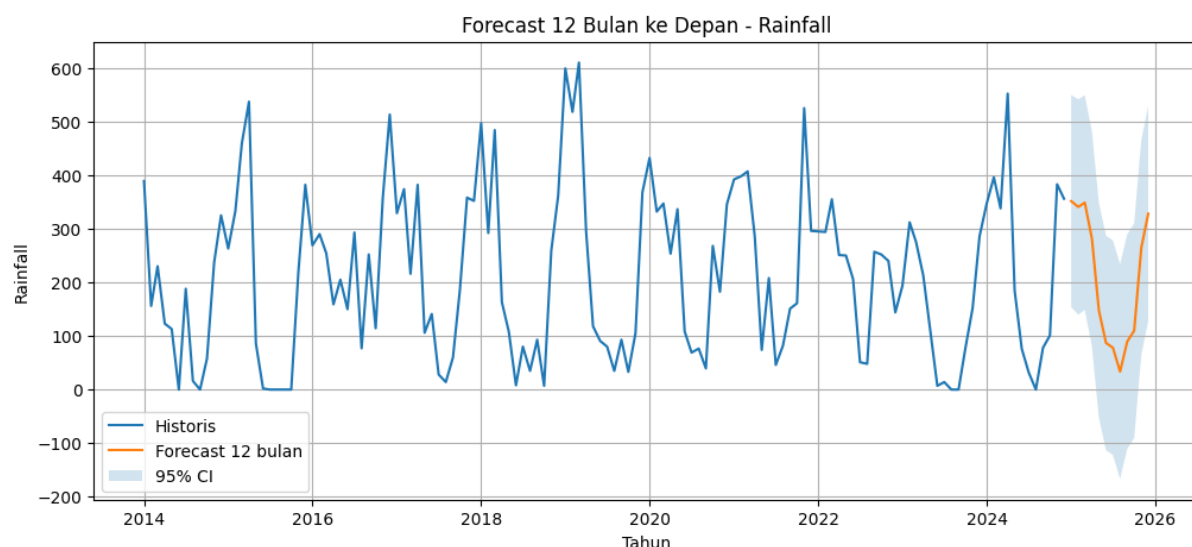
Tabel 2. Evaluasi Akurasi Model SARIMA (*Rainfall* dan *RainDays*).

Model	RMSE	MAE	sMAPE	Interpretasi
Curah Hujan	99.92 mm	57.84 mm	38.71 %	Akurasi baik
Hari Hujan	6.51 hari	5.49 hari	54.63 %	Akurasi sedang

Hasil ini menunjukkan bahwa model SARIMA mampu menangkap pola musiman dan fluktuasi deret waktu dengan cukup baik dan dapat digunakan sebagai alat pendukung pengambilan keputusan (*decision-support*) dalam perencanaan irigasi presisi, dengan mempertimbangkan ketidakpastian prediksi yang ditunjukkan melalui interval prediksi 95%, khususnya pada periode dengan variabilitas dan kejadian ekstrem yang tinggi.

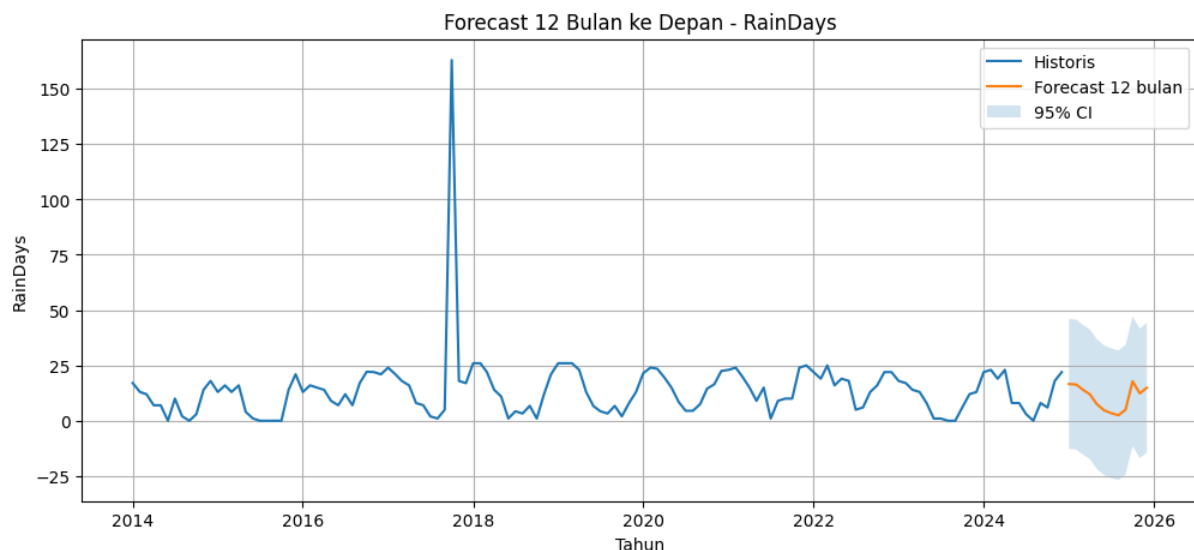
3.5. Prediksi Curah Hujan dan Hari Hujan Tahun 2025

Model SARIMA digunakan untuk menghasilkan prediksi 12 bulan ke depan. Grafik pada Gambar 11 menunjukkan bahwa curah hujan diprediksi mencapai nilai tertinggi pada Januari–Maret dengan kisaran 328–351 mm. Nilai tersebut kemudian menurun drastis pada Mei–Agustus, yang menandai periode kritis bagi ketersediaan air pada lahan pertanian. Selain nilai prediksi titik, hasil peramalan pada Gambar 11 juga menampilkan interval prediksi 95% yang merepresentasikan rentang ketidakpastian prediksi. Lebar interval prediksi cenderung meningkat pada periode dengan variabilitas historis yang tinggi, khususnya pada puncak musim hujan dan periode transisi musim. Informasi ini penting dalam konteks irigasi presisi, karena memungkinkan perencana mempertimbangkan risiko kelebihan atau kekurangan air dalam pengambilan keputusan berbasis prediksi.



Gambar 11. Prediksi Curah Hujan Tahun 2025.

Prediksi hari hujan untuk tahun 2025 menunjukkan pola serupa dengan rentang 4–16 hari per bulan. Musim kemarau diprediksi memiliki jumlah hari hujan paling sedikit, sehingga dapat menimbulkan risiko defisit air yang signifikan bagi komoditas tanaman utama di Temanggung.



Gambar 12. Prediksi Hari Hujan Tahun 2025.

Hasil prediksi hari hujan tahun 2025 pada Gambar 12 memberikan dasar penting sebagai pendukung pengambilan keputusan dalam strategi irigasi presisi. Prediksi jumlah hari hujan yang relatif minimal pada pertengahan tahun mengindikasikan meningkatnya risiko defisit air, sehingga perlu diantisipasi melalui penjadwalan irigasi yang lebih ketat dan peningkatan efisiensi penggunaan air. Sebaliknya, prediksi jumlah hari hujan yang lebih tinggi pada awal tahun perlu dikelola untuk menghindari kejenuhan tanah dan meningkatnya risiko penyakit tanaman. Informasi prediktif ini, yang disertai interval prediksi 95% sebagai representasi ketidakpastian, perlu diinterpretasikan secara adaptif dan dapat dimanfaatkan dalam penentuan jadwal tanam, irigasi tambahan, serta strategi mitigasi risiko kekeringan pada tingkat petani dan pengelola irigasi.

Secara konseptual, kinerja model SARIMA dalam penelitian ini dapat dipahami relatif terhadap pendekatan *baseline* sederhana seperti *seasonal naïve*, yang hanya mereplikasi nilai pada periode musiman sebelumnya tanpa memodelkan dinamika deret waktu. Dibandingkan pendekatan tersebut, SARIMA memiliki keunggulan dalam menangkap struktur musiman tahunan sekaligus fluktuasi antarbulan melalui komponen autoregresif dan *moving average*, sehingga lebih adaptif terhadap variasi data historis. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa tingkat kesalahan relatif lebih besar umumnya muncul pada bulan-bulan transisi musim, yang juga ditandai oleh keberadaan *outlier* dan pelebaran interval prediksi, mencerminkan meningkatnya ketidakpastian akibat kejadian ekstrem dan perubahan pola hujan yang *abrupt*. Selain itu, penggunaan data bulanan dalam penelitian ini membatasi kemampuan model untuk merepresentasikan ekstrem harian secara rinci, sehingga hasil prediksi lebih tepat dimaknai sebagai indikasi tren musiman dan risiko relatif. Untuk mendukung irigasi presisi yang lebih detail dan responsif terhadap kejadian ekstrem, penggunaan data harian atau sub-harian menjadi arah pengembangan yang lebih ideal pada penelitian selanjutnya.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan model prediktif curah hujan dan hari hujan bulanan di Kabupaten Temanggung menggunakan pendekatan *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) dengan memanfaatkan data klimatologis periode 2014–2024. Hasil eksplorasi dan analisis menunjukkan bahwa pola hujan di wilayah ini didominasi oleh siklus musiman tahunan yang kuat, yang ditunjukkan oleh konsistensi fluktuasi musiman dan dominasi komponen musiman tahunan (lag-12), ditandai oleh puncak curah hujan pada Desember–Maret dan penurunan signifikan pada Juni–Agustus. Model SARIMA yang dipilih telah melalui proses identifikasi, evaluasi diagnostik, serta uji akurasi, dan menunjukkan kemampuan menangkap pola musiman tersebut dengan baik. Nilai RMSE, MAE, dan sMAPE yang diperoleh menunjukkan performa prediksi yang memadai untuk

data klimatologis dengan variabilitas tinggi, dengan performa yang relatif lebih stabil pada variabel curah hujan dibandingkan hari hujan. Prediksi dengan horizon 12 bulan ke depan (tahun 2025) menunjukkan bahwa curah hujan tertinggi diperkirakan terjadi pada awal tahun, sedangkan periode kemarau diprediksi mengalami penurunan curah hujan yang drastis dengan jumlah hari hujan yang minimal. Informasi prediktif ini, **yang** disertai interval prediksi 95% sebagai representasi ketidakpastian, penting untuk mendukung praktik irigasi presisi, khususnya sebagai dasar penyusunan kalender risiko ketersediaan air dan penyesuaian jadwal irigasi dalam mitigasi risiko kekeringan pada sektor pertanian. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan landasan kuantitatif yang dapat digunakan dalam pengelolaan sumber daya air dan mendukung upaya peningkatan ketahanan pangan daerah. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, yaitu penggunaan data curah hujan dan hari hujan bulanan yang menyamarkan kejadian ekstrem harian serta performa prediksi yang relatif lebih rendah pada variabel hari hujan akibat karakteristik datanya yang lebih volatil dan diskrit. Untuk penelitian selanjutnya, penggunaan model non-linear seperti LSTM atau *hybrid* SARIMA–*Machine Learning* berpotensi meningkatkan akurasi prediksi, terutama pada variabel hari hujan yang memiliki volatilitas lebih tinggi. Selain itu, integrasi hasil prediksi ke dalam sistem irigasi berbasis IoT akan memberikan manfaat praktis yang lebih besar bagi petani dan pengambil keputusan di Kabupaten Temanggung.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Tidar atas dukungan, fasilitasi, dan kesempatan yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini. Penghargaan juga ditujukan kepada BMKG dan instansi terkait yang menyediakan data klimatologis yang menjadi dasar analisis dalam penelitian ini. Penulis berterima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan masukan, dukungan teknis, serta kontribusi ilmiah sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] W. Widiyatmoko, S. Sudibyakto, and E. Nurjani, "Analisis Kerentanan Tanaman Terhadap Ancaman Kekeringan Pertanian Menggunakan Pendekatan Multi-Temporal Di Das Progo Hulu," *Geomedia Maj. Ilm. dan Inf. Kegeografian*, vol. 15, no. 2, 2017, doi: 10.21831/gm.v15i2.19553.
- [2] Kementerian PPN/Bappenas, "RPJPN 2025-2045 dan RPJMN 2025-2029 Lingkup Pangan dan Pertanian," Yogyakarta, 2024.
- [3] L. M. Harahap, R. Nur, R. Sitorus, and A. N. Sitompul, "Analisis Dampak Penerapan Sistem Irigasi Presisi Pada Peningkatan Produksi Padi Dan Efisiensi Sumber Daya Air Di Lahan Sawah Irigasi Teknis (Studi Kasus : Kabupaten Deli Serdang , Sumatra Utara) Analysis of the Impact of the Application of Precision Irr," *JIIIC J. INTELEK Insa. CENDIKIA*, vol. 2, no. 3, pp. 5803–5817, 2025, [Online]. Available: <https://jicnusantara.com/index.php/jiic>
- [4] R. Putri, "Pemanfaatan Teknologi Pertanian Presisi untuk Meningkatkan Produktivitas Padi dan Efisiensi Penggunaan Air di Lahan Irigasi Kabupaten Dompu," *ARMADA J. Penelit. Multidisiplin*, vol. 2, no. 6, pp. 389–394, 2024, doi: <https://doi.org/10.55681/armada.v2i6.1665>.
- [5] L. Qi, "Agricultural Water-Saving Precision Irrigation Control Strategy based on Internet of Things and Rainy Season Prediction," *2022 6th International Conference on Trends in Electronics and Informatics, ICOEI 2022 - Proceedings*, pp. 527–530, 2022. doi: 10.1109/ICOEI53556.2022.9777192.
- [6] C. Saravanan, S. Sarathi, and P. Sriram, "Intelligent Water Management System Utilizing AI for Precision Agriculture," in *International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN)*, IEEE, 2024, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICSCAN62807.2024.10894485.
- [7] L. Frias-tesca, N. N. Atehortua-sanchez, and J. S. Blandon, "Forecasting seasonal rainfall in Uruguay : A comprehensive analysis using ARIMA and SARIMA models," *2024 IEEE URUCON*, pp. 1–5, 2024, doi: 10.1109/URUCON63440.2024.10850020.
- [8] U. Ashwini, K. Kalaivani, K. Ulagapriya, and A. Saritha, "Time Series Analysis based Tamilnadu Monsoon Rainfall Prediction using Seasonal ARIMA," pp. 1293–1297, 2021, doi: 10.1109/ICICT50816.2021.9358615.
- [9] O. Wardhani, R. Mayvandra, A. Akbar, and Y. A. Natawijaya, "A Review on Trends and Effectiveness of Rainfall Prediction Models for Smart Irrigation : Toward Future Development," *Intellect Indones. J. Learn. Technol. Innov.*, vol. 04, no. 01, pp. 30–41, 2025.
- [10] N. Kunhare, "AI-Based Daily , Weekly and Monthly Rain Forecasting by using Different Time Series Models," *2024 2nd World Conf. Commun. & Comput.*, pp. 1–6, 2024, doi:

- 10.1109/WCONF61366.2024.10692235.
- [11] S. J. Basha, T. Ammannamma, K. Vivek, and V. S. Veeram, "Comparative Analysis of Time Series Forecasting Models to Predict Amount of Rainfall in Telangana," 2022 8th Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Syst., vol. 1, pp. 1918–1922, 2022, doi: 10.1109/ICACCS54159.2022.9785216.
 - [12] S. Byju, "Rainfall Prediction using SARIMA and OpenAI," 2024 Int. Conf. Cogn. Robot. Intell. Syst. (ICC - ROBINS), pp. 519–523, 2024, doi: 10.1109/ICC-ROBINS60238.2024.10533971.
 - [13] R. Farooq, M. A. Imteaz, K. Hlavčová, and S. Kohnová, "Assessing Random Forest and SARIMA Models for Wet Period Rainfall Prediction in Northern Territory, Australia," in IEEE Conference on Engineering Informatics (ICEI), 2024. doi: 10.1109/ICEI64305.2024.10912194.
 - [14] Direktorat Analisis dan Pengembangan Statistik, Indikator Tujuan Pembangunan Berkelanjutan Indonesia, 8th ed. Badan Pusat Statistik, 2024.
 - [15] D. Aborass, H. A. Hassan, I. Sahalash, and H. Al-Rimmawi, "Application of ARIMA Models in Forecasting Average Monthly Rainfall in Birzeit, Palestine," Int. J. Water Resour. Arid Environ., vol. 11, no. 1, pp. 62–80, 2022.
 - [16] A. D. Huruta, "Predicting the unemployment rate using autoregressive integrated moving average," Cogent Bus. Manag., vol. 11, no. 1, p., 2024, doi: 10.1080/23311975.2023.2293305.
 - [17] Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional / Bappenas, "Lampiran Rancangan Undang-Undang tentang RPJPN 2025–2045," 2023.
 - [18] Badan Pusat Statistik Indonesia, "Hasil Pencacahan Lengkap Sensus Pertanian 2023," Sensus Pertan., p. 28, 2023.