

# Pemodelan Dan Prediksi Pola Musiman Menggunakan Holt-Winters

Thesya Atarezcha Pangruruk<sup>1\*</sup>, Nalto Batty Mangiri<sup>2</sup>, Esra Rombeallo<sup>3</sup>, Wiwit Pura Nurmayanti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Statistika, Universitas Mulawarman, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Negeri Manado, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Manajemen Pertanian Lahan Kering, Politeknik Pertanian Negeri Kupang, Indonesia

**Keywords:** Holt-Winters, MAPE, Multiplicative, Rainfall.

## Abstract:

Samarinda City, with its tropical climate, experiences significant variations in rainfall throughout the year. This instability has the potential to cause impacts such as flooding, disruptions in the agricultural sector, and damage to infrastructure. This study aims to analyze and forecast the seasonal rainfall patterns in Samarinda City by applying the Holt-Winters Exponential Smoothing method based on a multiplicative model. Monthly rainfall data were analyzed to identify stationarity properties in both mean and variance. The results indicate that the data are stationary in the mean but not in the variance, thus justifying the use of the Holt-Winters Multiplicative Exponential Smoothing model. Parameter estimation yielded alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), and gamma ( $\gamma$ ) values of 1 each, with a MAPE of 50%, indicating a moderate level of accuracy. Despite the relatively high error rate, the model remains effective in illustrating seasonal patterns, which can be useful for preliminary water resource management planning in the region.

## 1. Pendahuluan

Peramalan adalah teknik dalam statistika yang bertujuan memperkirakan nilai di masa depan dengan memanfaatkan data historis dan data terkini, kemudian mengekstrapolasi pola yang terbentuk untuk memproyeksikannya ke periode mendatang. Dengan peramalan dapat memungkinkan proses perencanaan dilajukan secara lebih optimal. Metode peramalan terbagi menjadi dua jenis, yakni metode kualitatif dan metode kuantitatif. Metode kuantitatif selanjutnya dibagi menjadi dua tipe, yaitu metode deret waktu (time series) dan metode regresi (Aswi & Sukarna, 2006). Analisis runtun waktu dapat digunakan pada data satu variabel (univariat) maupun data banyak variabel (multivariat). Selain itu, fungsi lainnya adalah juga dapat digunakan untuk meramalkan data pada periode mendatang.

Metode yang dapat digunakan untuk peramalan antara lain, metode Moving Average (MA), metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA), fungsi transfer, dan Exponential Smoothing (penghalusan eksponensial) (Aswi & Sukarna, 2006). Di antara berbagai metode yang telah berkembang, Holt Winters Exponential Smoothing menjadi salah satu model yang banyak digunakan ketika data menunjukkan adanya tren dan pola musiman. Ketika data deret waktu menunjukkan pola tren dan musiman, dapat menggunakan pendekatan Holt-Winters (Makridakis et al., 1983). Keunggulan dari metode ini terletak pada kemampuannya menganalisis tiga komponen utama data, yaitu memberikan bobot lebih besar pada data terkini (level), mengidentifikasi arah kecenderungan (tren), serta menangkap pola musiman secara eksplisit. Kombinasi ketiga elemen ini memungkinkan metode Holt-Winters menghasilkan peramalan dengan tingkat kesalahan yang relatif rendah. Dengan memberikan pembobotan eksponensial pada data historis, metode ini menghasilkan estimasi yang adaptif terhadap musiman dari waktu ke waktu. Model ini sangat efektif untuk data

\* Corresponding author.

E-mail address: tesyatareskaa@fmipa.unmul.ac.id



univariat dengan pola musiman yang relatif stabil, seperti data curah hujan bulanan yang cenderung memiliki siklus tahunan.

Dalam konteks klimatologi, peramalan curah hujan menjadi sangat penting karena berkaitan langsung dengan sektor pertanian, pengelolaan sumber daya air, serta mitigasi risiko bencana hidrometeorologi. Kota Samarinda sebagai wilayah beriklim tropis memiliki pola curah hujan yang cenderung tidak stabil sepanjang tahun. Fluktuasi curah hujan yang tidak terduga dapat menimbulkan berbagai dampak, seperti banjir, terganggunya aktivitas pertanian, serta kerusakan infrastruktur. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan (Rossi et al., 2020) menyatakan bahwa model Holt-Winters dengan pendekatan musiman multiplikatif cocok dalam memprediksi curah hujan Kota Ambon setiap bulannya, karena diperoleh nilai SSE/RMSE yang rendah. Penelitian yang dilakukan oleh (Amalia et al., 2024) juga menyimpulkan bahwa penerapan metode Holt Winters baik model multiplikatif untuk PDB nominal maupun model aditif untuk PDB riil menghasilkan prediksi dengan tingkat akurasi tinggi ditandai dengan MAPE kurang dari 10%. Berdasarkan latar belakang ini, penelitian ini bertujuan untuk memprediksi curah hujan di Kota Samarinda dengan menggunakan metode Holt-Winters Exponential Smoothing. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh model yang mampu menggambarkan dinamika curah hujan secara tepat, sehingga hasil peramalan dapat dimanfaatkan dalam mendukung pengambilan kebijakan dan perencanaan wilayah berbasis iklim.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Peramalan (Forecasting)

Peramalan deret waktu merupakan metode analisis statistik yang bertujuan memprediksi nilai suatu variabel menggunakan data masa lalu yang tersusun secara kronologis. Proses ini dilakukan karena terdapat selang waktu (time lag) antara munculnya kebutuhan atau kesadaran akan suatu peristiwa di masa depan dengan terjadinya peristiwa tersebut. Beberapa metode umum dalam peramalan deret waktu antara lain, metode ARIMA, regresi deret waktu, dan exponential smoothing (Pathan et al., 2020).

### 2.2. Exponential Smoothing

Exponential Smoothing, atau penghalusan eksponensial, adalah teknik yang umum digunakan dalam peramalan deret waktu (Pratama et al., 2021). Teknik ini bekerja dengan menyesuaikan hasil prediksi agar semakin mendekati data aktual. Apabila terjadi error positif, yaitu nilai aktual permintaan lebih besar dibandingkan hasil peramalan ( $A - F > 0$ ), maka model akan menaikkan estimasi pada periode berikutnya. Sebaliknya, jika nilai aktual lebih kecil daripada hasil peramalan ( $A - F < 0$ ), model akan menurunkan prediksi agar mencerminkan kondisi yang lebih sesuai dengan data aslinya (Saputro & Purwanggono, 2016).

Metode Exponential Smoothing terbagi menjadi tiga jenis. Pertama, untuk menghaluskan data yang bersifat stasioner tanpa tren atau pola musiman, dapat menggunakan Single Exponential Smoothing dengan satu parameter, yaitu  $\alpha$ . Kedua, untuk menghaluskan data yang memiliki tren tetapi tidak menunjukkan variasi musiman, dapat menggunakan Double Exponential Smoothing diterapkan dengan dua parameter, yaitu  $\alpha$  dan  $\beta$ . Ketiga, untuk menghaluskan data yang memiliki tren dan variasi musiman, dapat menggunakan Triple Exponential Smoothing dengan tiga parameter, yaitu  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$ . Kelebihan metode Exponential Smoothing adalah dapat mengurangi kebutuhan terkait penyimpanan data sehingga tidak perlu menyimpan Sebagian atau semua data historis, sehingga hanya observasi terbaru, prediksi terbaru, dan nilai konstan yang perlu disimpan. Dalam menghitung nilai ramalan ( $F_t$ ) dari periode  $t$  dilakukan ketika data berpola horizontal atau dengan fluktuasi yang stabil. Secara umum, rumus yang digunakan dalam menghitung peramalan dengan metode smoothing eksponensial adalah sebagai berikut:

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_t \quad (1)$$

### 2.3. Holt Winters Exponential Smoothing

Salah satu metode dari Exponential Smoothing adalah Holt Winters Exponential Smoothing, yang banyak diaplikasikan ketika data memiliki kecenderungan tren sekaligus pola musiman atau dikenal pula sebagai Triple Exponential Smoothing, adalah metode dalam deret waktu yang didasarkan pada tiga persamaan, yaitu stasioner, tren, dan musiman

menggunakan tiga parameter, yaitu alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), dan gamma ( $\gamma$ ), masing-masing berada di antara 0 – 1 (Nurvianti et al., 2019). Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung nilai peramalan. Metode ini merupakan pengembangan dari metode Exponential Smoothing sederhana dan ditujukan untuk menangani data deret waktu yang menunjukkan pola musiman secara periodik dan tren yang terus berkembang (Dewi & Listiowarni, 2020).

Pemodelan data yang memiliki pola musiman dan tren, metode Holt Winters Exponential Smoothing adalah salah satu metode peramalan deret waktu yang paling umum digunakan. Metode ini terbagi menjadi dua jenis (Sinay et al., 2017): model aditif  $X_t = \beta_1 + \beta_2 t + S_t + \varepsilon_t$  digunakan ketika data memiliki tren dan pola musiman dengan pola yang relatif tetap, sehingga mengindikasikan bahwa data tidak stasioner dalam rata-rata namun cenderung stasioner dalam varian. Sedangkan model multiplikatif  $X_t = (\beta_1 + \beta_2 t)S_t + \varepsilon_t$  digunakan pada data yang memiliki tren serta pola musiman yang berubah-ubah, yang mengindikasikan bahwa data tidak stasioner baik dalam rata-rata maupun dalam varian. Keunggulan metode ini terletak pada kemampuannya beradaptasi terhadap perubahan data secara bertahap melalui pembobotan eksponensial terhadap level, tren, dan musiman. Dalam penelitian terbaru, Holt-Winters digunakan secara efektif untuk memodelkan harga listrik secara probabilistik dan memberikan hasil yang kompetitif dibandingkan model statistik lainnya (Rossi et al., 2020). Penerapan metode ini juga mencakup berbagai bidang, termasuk peramalan pasar energi dan kasus kesehatan masyarakat. Penelitian (Pathan et al., 2020) membuktikan efektivitasnya dalam memproyeksikan penyebaran COVID-19 di India, menjadikan metode ini sebagai salah satu pendekatan yang layak dalam peramalan jangka pendek. Ketersediaan fungsi siap pakai di perangkat lunak statistik populer menjadikan Holt-Winters sebagai metode yang dapat diakses luas oleh peneliti dan praktisi data.

Level Smoothing:

$$S_0 = S_L = \left( \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_{12}}{12} \right) \quad (2)$$

Tren Smoothing:

$$b_L = \frac{1}{12} \left( \frac{X_{12+1} - X_1}{12} + \frac{X_{12+2} - X_2}{12} + \dots + \frac{X_{12+12} - X_{12}}{12} \right) \quad (3)$$

Seasonal Smoothing:

$$I_{t-L} = \left( \frac{X_t}{S_L} \right) \quad (4)$$

Forecasting:

$$F_{t+m} = S_t + b_t m + I_{t-L+m} \quad (5)$$

#### 2.4. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Model yang akan digunakan untuk melakukan peramalan sangat berpengaruh pada akurasi peramalan. Peramalan untuk periode mendatang akan akurat jika model yang digunakan sesuai. Untuk penelitian ini, Average Absolute Percentage Error (MAPE) digunakan. Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk menghitung MAPE:

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum \frac{|A_t - F_t|}{A_t} \quad (6)$$

Berikut adalah tabel kriteria hasil peramalan berdasarkan nilai MAPE (Suci Lestari et al., 2024).

**Tabel 1. Kriteria Nilai MAPE**

| Nilai MAPE | Kriteria    |
|------------|-------------|
| <10%       | Sangat Baik |
| 10%-20%    | Baik        |
| 21%-50%    | Cukup       |
| >50%       | Kurang      |

#### 2.5. Curah Hujan

Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa memiliki dua musim utama, yakni musim hujan dan musim kemarau. Kedua musim tersebut berdampak besar terhadap lingkungan, mencakup aspek ekologi maupun kehidupan sosial. Hujan berfungsi sebagai sumber utama air tawar, namun intensitas yang berlebihan dapat menimbulkan dampak negatif seperti

banjir, tanah longsor, dan erosi. Secara hidrologis, hujan merupakan bagian dari siklus air, yang dimulai dengan proses evaporasi dari laut dan daratan. Uap air yang terbentuk kemudian mengalami kondensasi di atmosfer dan jatuh kembali ke permukaan bumi sebagai presipitasi (Hutapea & Siahaan, 2023). Air hujan yang turun dapat diserap oleh vegetasi, meresap ke dalam tanah, mengalir melalui sungai, atau kembali ke laut, sehingga menjaga keberlanjutan siklus hidrologi di bumi (Liu et al., 2024).

Peristiwa hujan didefinisikan dengan intensitas air yang jatuh lebih dari 0,1 mm/jam berdasarkan pengukuran disdrometer dan berlangsung selama minimal lima menit (Windari & Sudarti, 2024). Tren harian maksimum hujan telah meningkat dalam beberapa tahun terakhir, meningkatkan kemungkinan bencana hidrometeorologi seperti banjir dan tanah longsor. Salah satu contohnya adalah kejadian banjir besar yang melanda beberapa wilayah di Samarinda pada awal tahun 2021, yang disebabkan oleh tingginya curah hujan dalam waktu singkat.

### 3. Metode Penelitian

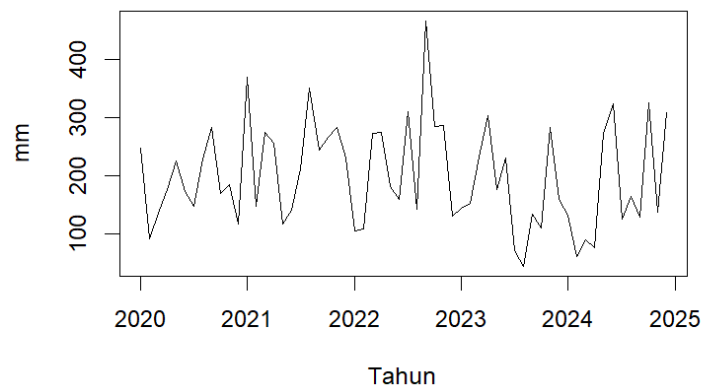
Penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistika (BPS), yaitu data curah hujan di Kota Samarinda. Data yang digunakan adalah data jumlah curah hujan bulanan dari Januari 2020 hingga Desember 2024. Data yang telah dikumpulkan selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak Rstudio. Proses analisis data dilakukan melalui beberapa langkah berikut.

1. Tahap awal adalah mengidentifikasi struktur pola data deret waktu, apakah terdapat tren naik/turun, pola musiman.
2. Selanjutnya, data tersebut diubah menjadi format time series sebelum menerapkan metode Holt Winters Exponential Smoothing.
3. Model peramalan dibangun menggunakan fungsi Holt-Winters Exponential Smoothing, dengan memilih parameter musiman sesuai pola data (*additive* atau *multiplicative*). Estimasi dilakukan secara otomatis terhadap parameter smoothing ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), dan gamma ( $\gamma$ ). Pemodelan ini bertujuan untuk menghasilkan nilai peramalan berdasarkan tiga komponen utama data deret waktu.
4. Setelah model terbentuk, dilakukan peramalan untuk 12 bulan ke depan. Hasil ramalan kemudian dievaluasi tingkat akurasi menggunakan indikator seperti MAPE, MAE, dan RMSE. Nilai MAPE digunakan sebagai tolak ukur utama dalam menilai performa model peramalan.
5. Langkah terakhir adalah menganalisis hasil peramalan dan mengevaluasi model.

### 4. Hasil dan Pembahasan

#### 4.1. Statistika Deskriptif Curah Hujan di Kota Samarinda

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa total curah hujan bulanan di Kota Samarinda dalam rentang waktu lima tahun, mulai Januari 2020 samapi dengan Desember 2024. Data tersebut direpresentasikan dalam satuan milimeter (mm) dan menggambarkan akumulasi total curah hujan yang tercatat setiap bulan. Visualisasi data disajikan dalam bentuk grafik deret waktu untuk memudahkan dalam mengamati pola, tren, dan fluktuasi musiman yang terjadi sepanjang periode pengamatan berikut.



**Gambar 1.** Grafik Curah Hujan Bulanan di Kota Samarinda Periode Januari 2020 – Desember 2024

Berdasarkan grafik 4.1, dilihat bahwa plot dari curah hujan di Kota Samarinda menunjukkan flutuasi yang cukup signifikan dari bulan ke bulan. Nilai curah hujan bervariasi antara kurang dari 100 mm hingga lebih dari 450 mm. Kondisi ini menunjukkan bahwa intensitas hujan di wilayah tersebut sangat dipengaruhi oleh faktor musiman dan kemungkinan juga oleh fenomena cuaca ekstrem. Dalam grafik terlihat bahwa terdapat beberapa puncak curah hujan yang tinggi, hal itu mengindikasikan terjadinya musim hujan dengan intensitas tinggi.

Jika diperhatikan lebih lanjut, puncak curah hujan tertinggi terjadi sekitar akhir tahun 2022 hingga awal tahun 2023, yang mencapai lebih dari 450 mm dalam satu bulan. Hal ini menunjukkan adanya anomali atau kejadian hujan ekstrem pada periode tersebut. Puncak-puncak curah hujan lainnya juga muncul secara berkala setiap tahun, meskipun tidak selalu dengan intensitas yang sama. Sementara itu, terdapat pula periode-periode dengan curah hujan yang sangat rendah, khususnya pada pertengahan hingga akhir tahun 2024, yang menunjukkan kemungkinan masuknya musim kemarau.

**Tabel 2.** Statistik Deskriptif data Curah Hujan di Kota Samarinda (mm)

| Rata-rata | Standar Deviasi | Min | Maks  |
|-----------|-----------------|-----|-------|
| 199,65    | 87,8            | 45  | 465,9 |

Hasil analisis deskriptif menunjukkan bahwa rata-rata curah hujan bulanan selama periode pengamatan adalah sebesar 199,65 mm, dengan standar deviasi sebesar 87,8 mm. Nilai ini mengindikasikan adanya variasi yang cukup tinggi dalam data, di mana besaran curah hujan bulanan dapat berbeda secara signifikan dari bulan ke bulan. Curah hujan terendah tercatat sebesar 45 mm, sedangkan curah hujan tertinggi mencapai 465,9 mm. Rentang nilai yang cukup lebar ini memperkuat indikasi bahwa Kota Samarinda mengalami periode kering dan periode hujan lebat yang ekstrem.

#### 4.2. Penentuan Nilai Awal

Penentuan nilai awal pada metode Holt-Winters meliputi inisialisasi  $S_0, b_0, I_0$  yang dihitung dari data awal. Nilai ini menjadi dasar pembentukan model dan berpengaruh terhadap akurasi peramalan.

##### a. Perhitungan Nilai Awal Smoothing Level ( $S_0$ )

Nilai awal smoothing level dihitung menggunakan persamaan (2.2) sehingga diperoleh hasil berikut

$$\begin{aligned}
 S_0 &= \left( \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_{12}}{12} \right) \\
 &= \left( \frac{247 + 91,8 + \dots + 117,9}{12} \right) \\
 &= 181,708 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Nilai Awal Smoothing Trend ( $b_0$ )

Nilai awal smoothing trend dihitung menggunakan persamaan (2.3) sehingga diperoleh hasil berikut

$$\begin{aligned}
 S_0 &= \frac{1}{12} \left( \frac{X_{12+1} - X_1}{12} + \frac{X_{12+2} - X_2}{12} + \dots + \frac{X_{12+12} - X_{12}}{12} \right) \\
 &= \frac{1}{12} \left( \frac{218,4 - 247}{12} + \frac{178,5 - 91,8}{12} + \dots + \frac{228,1 - 117,9}{12} \right) \\
 &= \frac{1}{12} (-19,325) \\
 &= -1,6104 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan Nilai Awal Smoothing Season ( $I_0$ )

Nilai awal smoothing season dihitung menggunakan persamaan (2.4) sehingga diperoleh hasil berikut

$$\begin{aligned}
 I_{t-L} &= \frac{X_t}{S_L} \\
 I_{1-12} = I_{-11} &= \frac{X_1}{S_L} = \frac{247}{181,708} = 1,35 \\
 I_{2-12} = I_{-10} &= \frac{X_2}{S_L} = \frac{91,8}{181,708} = 0,5 \\
 I_{3-12} = I_{-9} &= \frac{X_3}{S_L} = \frac{135,5}{181,708} = 0,74 \\
 I_{4-12} = I_{-8} &= \frac{X_4}{S_L} = \frac{176,5}{181,708} = 0,97 \\
 I_{5-12} = I_{-7} &= \frac{X_5}{S_L} = \frac{224,7}{181,708} = 1,23 \\
 I_{6-12} = I_{-6} &= \frac{X_6}{S_L} = \frac{172,6}{181,708} = 0,94 \\
 I_{7-12} = I_{-5} &= \frac{X_7}{S_L} = \frac{148}{181,708} = 0,81 \\
 I_{8-12} = I_{-4} &= \frac{X_8}{S_L} = \frac{228,7}{181,708} = 1,25 \\
 I_{9-12} = I_{-3} &= \frac{X_9}{S_L} = \frac{282,5}{181,708} = 1,55 \\
 I_{10-12} = I_{-2} &= \frac{X_{10}}{S_L} = \frac{170}{181,708} = 0,93 \\
 I_{11-12} = I_{-1} &= \frac{X_{11}}{S_L} = \frac{185,3}{181,708} = 1,01 \\
 I_{12-12} = I_{-0} &= \frac{X_{12}}{S_L} = \frac{117,9}{181,708} = 0,64
 \end{aligned}$$

## 4.3. Analisis Smoothing Exponential Menggunakan Metode Holt-Winters

Peramalan Holt-Winters memiliki dua model yang bersesuaian, yaitu secara aditif dan multiplikatif sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya. Pemeriksaan sifat stasioner pada data, baik dalam rata-rata maupun varian dilakukan melalui

uji stasioneritas [15]. Hasil uji stasioneritas untuk nilai varian dilakukan menggunakan transformasi Box-Cox, nilai estimasi nilai lambda ( $\lambda$ ) diperoleh sebesar -0,164 yang mana nilai tersebut tidak sama dengan satu sehingga data curah hujan di Kota Samarinda dapat disimpulkan tidak stasioner dalam varian. Sedangkan untuk nilai rata-rata dilakukan menggunakan uji Augmented Dickey-Fuller, diperoleh nilai p-value 0,01 sama dengan nilai alfa 0,01 sehingga data curah hujan di Kota Samarinda dapat disimpulkan stasioner dalam rata-rata. Dari hasil uji stasioner yang telah dilakukan dapat bahwa data akan diramalkan menggunakan model Holt-Winters Exponential Smoothing Multiplikatif. Setelah dilakukan analisis diperoleh hasil untuk masing-masing parameter  $\alpha, \beta$  dan  $\gamma$  adalah 1. Berdasarkan ketiga nilai parameter tersebut, Model Holt-Winters Exponential Smoothing Multiplikatif untuk data curah hujan Kota Samarinda diperoleh sebagai berikut.

$$X_{t+t'} = (192 + 60t')S_{t+t'-c}$$

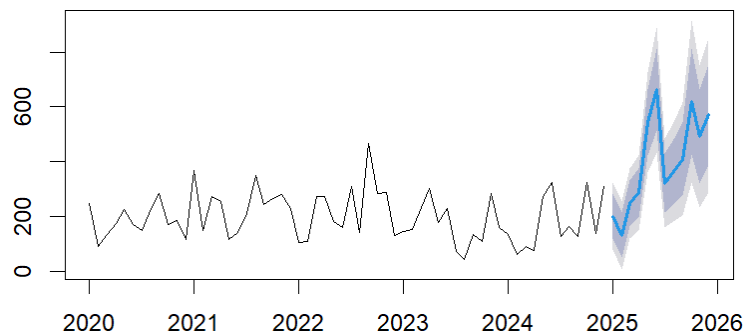
Dalam hal ini,  $t$  merepresentasikan bulan Desember 2024, sedangkan  $t' = 12$  merupakan periode yang akan diprediksi, dan  $c = 12$  menunjukkan periode musiman. Dengan demikian, komponen musiman yang digunakan untuk prediksi 12 bulan mendatang diambil dari nilai komponen bulan Januari 2024 hingga Desember 2024. Rincian nilainya disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 3. Komponen Musiman Tahun 2020 Holt-Winters Exponential Smoothing Multiplikatif**

| Bulan     | $S_{t+t'-c}$ |
|-----------|--------------|
| Januari   | 0,933        |
| Februari  | 0,564        |
| Maret     | 1,042        |
| April     | 1,116        |
| Mei       | 0,966        |
| Juni      | 1,115        |
| Juli      | 0,861        |
| Agustus   | 0,906        |
| September | 1,332        |
| Oktober   | 0,997        |
| November  | 1,355        |
| Desember  | 0,807        |

#### 4.4. Peramalan

Analisis peramalan curah hujan dilakukan menggunakan metode Holt-Winters Exponential Smoothing Multiplikatif untuk memprediksi curah hujan di Kota Samarinda selama 12 bulan ke depan. Tingkat akurasi model diukur menggunakan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) diperoleh sebesar 50%, yang menunjukkan bahwa hasil peramalan memiliki tingkat galat relatif moderat atau cukup. Hasil peramalan ini dapat memberikan gambaran tren dan fluktuasi curah hujan, meskipun ketidakpastian masih cukup tinggi.



**Gambar 2.** Grafik Peramalan Curah Hujan 12 Bulan ke Depan di Kota Samarinda

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan bahwa pada awal tahun 2025 diperkirakan terjadi tren curah hujan yang cukup signifikan dibandingkan periode sebelumnya, diikuti dengan fluktuasi yang relatif tinggi hingga akhir periode peramalan.

**Tabel 4. Hasil Peramalan Curah Hujan 12 Bulan ke Depan di Kota Samarinda**

| Periode        | Peramalan |
|----------------|-----------|
| Januari 2025   | 202,07    |
| Februari 2025  | 132,45    |
| Maret 2025     | 248,29    |
| April 2025     | 287       |
| Mei 2025       | 544       |
| Juni 2025      | 663,08    |
| Juli 2025      | 322,23    |
| Agustus 2025   | 363,45    |
| September 2025 | 410,16    |
| Oktober 2025   | 620,79    |
| November 2025  | 491,88    |
| Desember 2025  | 570,85    |

Tabel 4 menampilkan hasil prediksi curah hujan bulanan di Kota Samarinda pada tahun 2025 dengan menerapkan metode Holt-Winters Multiplikatif. Berdasarkan hasil peramalan, puncak curah hujan diperkirakan terjadi pada Juni 2025 sebesar 663,08 mm, diikuti oleh Oktober 2025 sebesar 620,79 mm dan Mei 2025 sebesar 544,00 mm. Sebaliknya, curah hujan terendah diperkirakan terjadi pada Februari 2025 sebesar 132,45 mm, diikuti oleh Januari 2025 sebesar 202,07 mm. Pola ini konsisten dengan kecenderungan historis di wilayah tersebut, di mana musim hujan cenderung memuncak pada pertengahan hingga akhir tahun, sementara musim kemarau berada pada awal tahun.

## 5. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Data bulanan curah hujan Kota Samarinda dari Januari 2020 hingga Desember 2024 bersifat stasioner dalam rata-rata namun tidak stasioner dalam varian, sehingga model yang sesuai digunakan adalah Holt-Winters Exponential Smoothing Multiplikatif.
2. Hasil peramalan 12 bulan mendatang menggunakan metode Holt-Winters Exponential Smoothing Multiplikatif menunjukkan pola yang mengikuti tren dan nusiman data historis. Tingginya nilai MAPE menandakan bahwa model ini belum sepenuhnya optimal, sehingga pada tahap selanjutnya dapat dipertimbangkan penggunaan metode peramalan lain atau penyesuaian parameter untuk meningkatkan akurasi prediksi.

## References

- Amalia, I. R., Widiyarih, T., & Tarno, T. (2024). Holt Winters Exponential Smoothing Untuk Meramalkan Produk Domestik Bruto Di Indonesia. *Jurnal Gaussian*, 13(1), 219–229. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.13.1.219-229>
- Aswi, & Sukarna. (2006). *Analisis Deret Waktu: Teori dan Aplikasi*. Andira Publisher.
- Dewi, N. P., & Listiowarni, I. (2020). Implementasi Holt-Winters Exponential Smoothing untuk Peramalan Harga Bahan Pangan di Kabupaten Pamekasan. *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 11(2), 219–231. <https://doi.org/10.31849/digitalzone.v11i2.4797>
- Hutapea, T. A., & Siahaan, A. Y. (2023). Peramalan Curah Hujan Menggunakan Metode Holt-Winters Exponential Smoothing Di Kabupaten Padang Lawas Utara. *Journal of Student Research*, 1(2), 378–393. <https://doi.org/10.55606/jsr.v1i2.1046>

- Liu, W., Bai, R., Sun, X., Yang, F., Zhai, W., & Su, X. (2024). Rainfall- and Irrigation-Induced Landslide Mechanisms in Loess Slopes: An Experimental Investigation in Lanzhou, China. *Atmosphere*, 15(2), 1–14. <https://doi.org/10.3390/atmos15020162>
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & McGee, V. E. (1983). *Forecasting Methods and Application* (2nd Editio). John Wiley & Sons.
- Nurvianti, I., Setiawan, B. D., & Bachtiar, F. A. (2019). Perbandingan Peramalan Jumlah Penumpang Keberangkatan Kereta Api di DKI Jakarta Menggunakan Metode DOuble Exponential Smoothing dan Triple Exponential Smoothing. *Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(6), 5257–5263. <http://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/5458%0Ahttp://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/download/5458/2567>
- Pathan, R. K., Biswas, M., & Khandaker, M. U. (2020). Time series prediction of COVID-19 by mutation rate analysis using recurrent neural network-based LSTM model. *Chaos, Solitons and Fractals*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110018>
- Pratama, E. C., Furqon, M. T., & Adinugroho, S. (2021). Exponential Smoothing untuk Peramalan Jumlah Penjualan Hijab Vie Hijab Store. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 5(12), 5264–5271. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Rossi, M., Migliavacca, G., Viganò, G., Siface, D., Madina, C., Gomez, I., Kockar, I., & Morch, A. (2020). TSO-DSO coordination to acquire services from distribution grids: Simulations, cost-benefit analysis and regulatory conclusions from the SmartNet project. *Electric Power Systems Research*, 189, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2020.106700>
- Saputro, A., & Purwanggono, B. (2016). Peramalan Perencanaan Produksi Semen dengan Metode Exponential Smoothing pada PT. Semen Indonesia. *Industrial Engineering Online Jurnal*, 5(4), 1–7.
- Sinay, L. J., Pentury, T., & Anakotta, D. (2017). Peramalan Curah Hujan Di Kota Ambon Menggunakan Metode Holt-Winters Exponential Smoothing. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 11(2), 101–108. <https://doi.org/10.30598/barekengvol11iss2pp101-108>
- Suci Lestari, Anna Islamiyati, & Georgina Maria Tinungki. (2024). Forecasting with Triple Exponential Smoothing on Data of the Number of Passengers Departing Domestic Flights at Sultan Hasanuddin International Airport. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 23(2), 1–18. <https://doi.org/10.56801/jmasm.v23.i2.2>
- Windari, G. A., & Sudarti, S. (2024). Mekanisme Terjadinya Hujan Dan Pengaruhnya Terhadap Lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, 8(2), 11–20. <https://doi.org/10.30872/jtlunmul.v8i2.15466>