



Prediksi Curah Hujan di Kabupaten Magelang Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Untuk Mendukung Pengambilan Keputusan

Ginanjari Prianggoro Kasih, Uky Yudatama, R Arri Widyanto*

Fakultas Teknis, Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Magelang, Magelang
Jl. Mayjen Bambang Soegeng, Glagak, Sumberrejo, Kec. Mertoyudan, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah, Indonesia

Email: ¹ganjarkasih@gmail.com, ²uky@ummgl.ac.id, ^{3,*}arri_w@ummgl.ac.id

Email Penulis Korespondensi: arri_w@ummgl.ac.id

Submitted: 14/12/2024; Accepted: 28/12/2024; Published: 01/01/2025

Abstrak—Prediksi curah hujan merupakan salah satu aspek penting dalam pengelolaan sumber daya air, pertanian, dan mitigasi bencana. Kabupaten Magelang, sebagai salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki variabilitas curah hujan tinggi, memerlukan metode prediksi yang akurat untuk mendukung perencanaan dan pengambilan keputusan. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Fuzzy Time Series yang dikenal efektif dalam menangani data deret waktu yang tidak pasti dan fluktuatif dalam memprediksi curah hujan di Kabupaten Magelang. Data curah hujan bulanan tahun 2022–2024 digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Fuzzy Time Series mampu memberikan prediksi curah hujan dengan tingkat akurasi yang baik. Hal ini ditunjukkan dengan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 16,19%, yang berada dalam kategori baik menurut standar prediksi. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa metode Fuzzy Time Series dapat menjadi alternatif yang efektif dalam memprediksi curah hujan, khususnya di wilayah yang memiliki pola curah hujan yang kompleks seperti Kabupaten Magelang.

Kata Kunci: Curah Hujan; Deret Waktu; Fuzzy Time Series; MAPE; Prediksi

Abstract—Rainfall prediction is an important aspect in water resource management, agriculture and disaster mitigation. Magelang Regency, as one of the regions in Indonesia that has high rainfall variability, requires accurate prediction methods to support planning and decision making. This research aims to apply the Fuzzy Time Series method which is known to be effective in handling uncertain and fluctuating time series data in predicting rainfall in Magelang Regency. Monthly rainfall data for 2022–2024 used in this research was obtained from the Public Works and Spatial Planning Department. The research results show that the Fuzzy Time Series method is able to provide rainfall predictions with a good level of accuracy. This is indicated by the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) value of 16.19%, which is in the good category according to prediction standards. This success shows that the Fuzzy Time Series method can be an effective alternative in predicting rainfall, especially in areas that have complex rainfall patterns such as Magelang Regency.

Keywords: Fuzzy Time Series; MAPE; Prediction; Rainfall; Time Series

1. PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara yang terletak di sepanjang garis khatulistiwa, memiliki iklim tropis yang sangat mempengaruhi pola cuaca di seluruh wilayahnya. Iklim tropis di Indonesia memiliki dua musim utama, yaitu musim kemarau dan musim hujan, yang masing-masing memiliki karakteristik tersendiri. Musim hujan, yang umumnya berlangsung antara bulan November hingga Maret, sering kali diwarnai oleh intensitas curah hujan yang bervariasi di setiap daerah. Hal ini dipengaruhi oleh berbagai faktor geofisik, seperti arah angin, ketinggian tempat, garis lintang, jarak dari sumber air, luas daratan, serta suhu tanah. Namun, meskipun Indonesia memiliki pola musim yang relatif tetap, perubahan cuaca yang tidak terduga sering terjadi, baik dalam bentuk hujan yang lebih deras dari biasanya maupun kekeringan yang berlangsung lebih lama dari yang diperkirakan [1]. Faktor-faktor tersebut menyebabkan pola curah hujan di Indonesia tidak selalu berjalan sesuai dengan siklus musim yang diharapkan. Kondisi ini menimbulkan tantangan besar dalam pengelolaan sumber daya alam, khususnya dalam sektor pertanian, pengelolaan air, serta perencanaan pembangunan infrastruktur yang tahan terhadap cuaca ekstrem. Curah hujan yang lebih tinggi dari biasanya, misalnya, dapat menyebabkan banjir dan tanah longsor, sementara kekeringan dapat mengancam ketahanan pangan dan ketersediaan air bersih.

Curah hujan adalah jumlah air hujan yang terkumpul di permukaan datar yang tidak mengalami penguapan, peresapan, atau aliran. Satuan untuk mengukur curah hujan biasanya dinyatakan dalam milimeter atau inci, namun di Indonesia satuan yang digunakan adalah milimeter (mm). Satu milimeter curah hujan berarti dalam area seluas satu meter persegi di permukaan datar terdapat air setinggi satu milimeter atau sejumlah satu liter air [2]. Pengelolaan dan prediksi curah hujan memiliki peran yang sangat signifikan dalam berbagai sektor, termasuk pertanian, pengelolaan sumber daya air, dan mitigasi bencana. Kabupaten Magelang, sebagai salah satu daerah yang rawan bencana banjir dan longsor, membutuhkan prediksi curah hujan yang akurat untuk mengurangi dampak negatif dari kejadian cuaca ekstrem. Prediksi adalah proses memperkirakan secara sistematis apa yang kemungkinan besar akan terjadi di masa depan, berdasarkan informasi yang dimiliki dari masa lalu dan masa kini untuk meminimalkan kesalahan (perbedaan antara apa yang sebenarnya terjadi dan hasil perkiraan). Prediksi memainkan peranan penting dalam banyak bidang, mulai dari ilmu meteorologi, ekonomi, teknik, hingga ilmu sosial. Teori prediksi menggabungkan berbagai konsep dari statistika, matematika, dan ilmu komputer untuk membangun model-model yang dapat digunakan untuk meramalkan hasil atau peristiwa yang belum terjadi. Prediksi tidak harus memberikan jawaban pasti tentang kejadian mendatang, melainkan berupaya untuk

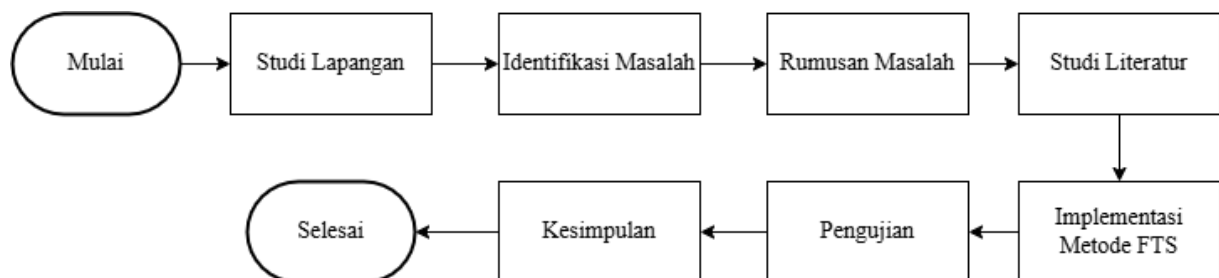
menemukan jawaban yang paling mendekati kenyataan [3]. Oleh karena itu, prediksi curah hujan yang akurat menjadi krusial untuk mengurangi risiko bencana dan mengoptimalkan pengelolaan sumber daya air. Prediksi curah hujan tersebut dapat dilakukan dengan berbagai macam cara. Metode peramalan (forecasting) terbagi menjadi dua jenis, yaitu metode kuantitatif dan kualitatif. Metode time series merupakan salah satu teknik yang termasuk dalam kategori kuantitatif. Time series merupakan sekumpulan data yang terobservasi secara berurutan dalam periode waktu tertentu [4], pendekatan Fuzzy Time Series (FTS) merupakan salah satu dari beberapa strategi peramalan time series yang dapat diterapkan. Teknik yang dikenal dengan nama FTS pertama kali diperkenalkan oleh Song dan Chissom, fokusnya adalah pada pemodelan data aktual dengan mengubahnya menjadi nilai-nilai linguistik. Sistem prediksi ini berfungsi dengan mengidentifikasi pola dari data historis dan selanjutnya memanfaatkannya untuk meramalkan data di masa depan [5]. Proses ini tidak memerlukan sistem pembelajaran yang kompleks, sehingga membuatnya mudah untuk diterapkan dan dikembangkan [6]. Himpunan fuzzy dideskripsikan melalui fungsi keanggotaan dengan nilai yang tertuang dalam rentang 0,1. FTS terdiri dari 2 (dua) tahap utama: pertama, tahap fuzzifikasi atau pembentukan himpunan fuzzy, dan kedua, tahap dalam membentuk relasi fuzzy atau konsep variabel linguistik dan proses prediksinya [7].

Para peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian yang berkaitan dengan prediksi curah hujan. Pendekatan Fuzzy Time Series Average Based dan High Order digunakan oleh Rachmawati dan Anifah [8] untuk memprediksi curah hujan di Bandar Udara Juanda. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa tingkat akurasi metode ini mencapai 96,06% [9]. Adhi & Wulan [10] memprediksi curah hujan menggunakan Fuzzy Time Series menghasilkan nilai AFER sebesar 714,85 % [11]. Curah hujan di Kota Bandung diprediksi oleh Dinda & Yurika [12] menggunakan Model Logika FTS yang dapat memprediksi curah hujan sebesar 225 mm [13]. Curah hujan di PPKS Sentang diprediksi oleh Rachmawati dkk. [14] dengan metode Fuzzy Time Series Ruyey Chyn Tsaur dengan akurasi pendekatannya mencapai 99,63% [15]. Huda et al. [16] menerapkan Model FTS untuk memprediksi curah hujan di Kabupaten Bandung, dengan hasil nilai RMSE sebesar 2,9829, MAE sebesar 0,0010, dan nilai error MAPE sebesar 0,1917% [17].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian adalah serangkaian langkah yang disusun untuk memudahkan penyelesaian masalah yang sedang dibahas. Gambar 1 menunjukkan tahapan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian pada Gambar 1 adalah sebagai berikut :

1. Studi Lapangan : Tahap ini melibatkan pengumpulan data dan informasi langsung dari lokasi penelitian, yaitu Kabupaten Magelang. Observasi dan pengumpulan data curah hujan bulanan dari instansi terkait, Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang.
2. Identifikasi Masalah : Pada tahap ini, dilakukan identifikasi masalah utama yang akan dipecahkan melalui penelitian. Masalah dalam konteks ini, adalah ketidakpastian dan fluktuasi dalam data curah hujan di Kabupaten Magelang.
3. Rumusan Masalah : Merumuskan masalah dalam bentuk pertanyaan penelitian yang jelas dan terfokus.
4. Studi Literatur : Melakukan kajian pustaka terhadap penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik, metode dan hasil yang telah dicapai. Berbagai metode prediksi dipelajari, khususnya Fuzzy Time Series, dan bagaimana metode tersebut telah diterapkan di berbagai bidang.
5. Mengimplementasikan Metode FTS: Tahap ini melibatkan penerapan metode FTS pada data curah hujan yang telah dikumpulkan. Proses ini meliputi langkah-langkah seperti pra-pemrosesan data, pembentukan fuzzy set, fuzzifikasi data, pembentukan aturan fuzzy, prediksi, dan defuzzifikasi
6. Pengujian : Menguji hasil prediksi dengan membandingkannya terhadap data aktual. Evaluasi dilakukan dengan menghitung nilai MAPE untuk mengukur akurasi prediksi.
7. Kesimpulan dan Saran : Tahap akhir dari penelitian di mana peneliti menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis dan evaluasi yang telah dilakukan. Kesimpulan mencakup temuan utama penelitian, seperti kinerja metode FTS dalam memprediksi curah hujan di Kabupaten Magelang. Saran diberikan untuk penelitian lebih lanjut atau aplikasi praktis.



2.2 Prediksi

Prediksi adalah proses untuk memperkirakan atau meramalkan nilai suatu variabel di masa depan. Prediksi ini dibagi menjadi tiga jenis: Prediksi Jangka Pendek, Prediksi Jangka Menengah, dan Prediksi Jangka Panjang. Prediksi Jangka Pendek dilakukan dengan menganalisis pola data yang ada dan membutuhkan waktu yang relatif singkat untuk melihat perubahan yang dipengaruhi oleh faktor-faktor yang membentuk pola tersebut. Sementara itu, Prediksi Jangka Menengah dan Jangka Panjang digunakan untuk tujuan perencanaan[18], [19]. Selain itu, metode prediktif menawarkan pendekatan kerja yang terstruktur dan terpandu, sehingga memungkinkan penerapan alat analisis yang lebih canggih. Metode ini diperkirakan akan meningkatkan tingkat keyakinan dan kepercayaan terhadap hasilnya[20], [21].

2.3 Logika Fuzzy

Prof Lofti Astor Zadeh pertama kali memaparkan logika fuzzy pada tahun 1965. Pendekatan ini menggantikan nilai numerik dalam komputasi dengan variabel kata, atau variabel linguistik. Sistem fuzzy yang dirancang untuk memodelkan peramalan memiliki metode pengoperasian dan deskripsi yang jelas berdasarkan teori logika fuzzy, meskipun istilah “fuzzy” mengandung arti kabur atau tidak jelas[22].

2.4 Fuzzy Time Series

FTS adalah metode yang menggunakan konsep linguistik untuk meramalkan data aktual. Metode ini adalah bagian dari kecerdasan buatan yang menyediakan peramalan dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi. Untuk memprediksi data masa depan, FTS mengidentifikasi pola data masa lalu. Teknik ini mengandalkan prinsip-prinsip fuzzy, yang secara sederhana bisa diartikan sebagai kelas bilangan dengan batasan yang samar[23]. Sebuah himpunan fuzzy A di definisikan dalam himpunan semesta $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ dinyatakan sebagai berikut:

$$A = \frac{f_A(u_1)}{u_1} + \frac{f_A(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_A(u_n)}{u_n} \tag{1}$$

f_A adalah fungsi keanggotaan fuzzy untuk himpunan A.

$f_A(u_i)$ adalah derajat keanggotaan elemen u_i dalam himpunan fuzzy A.

$f_A(u_i)$ memiliki nilai dalam rentang $[0,1]$, dengan $1 \leq i \leq n$.

Berikut adalah beberapa definisi mengenai FTS berdasarkan metode yang diajukan oleh Song dan Chissom[24] :

Definisi 1: Asumsikan $Y(t)$ ($t = \dots, 0, 1, 2, \dots$) adalah himpunan semesta yang dimiliki oleh R. Asumsikan bahwa $f_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots$) didefinisikan dari $Y(t)$ dan $F(t)$ adalah kumpulan dari $f_i(t)$, maka $F(t)$ dapat dianggap sebagai FTS pada $Y(t)$.

Definisi 2: Asumsikan bahwa $F(t)$ adalah deret waktu fuzzy dan $F(t) = F(t-1) \times R(t, t-1)$, dengan \times adalah operator dan $R(t, t-1)$ adalah relasi fuzzy. Oleh karena itu, $F(t-1)$ dianggap mempunyai pengaruh terhadap $F(t)$. $F(t-1) \rightarrow F(t)$ adalah cara untuk menyatakan hubungan antara $F(t)$ dan $F(t-1)$. $F(t) = F(t-1) \times R(t, t-1)$ disebut sebagai model deret waktu fuzzy orde pertama dalam konteks ini.

Definisi 3: Dengan asumsi bahwa $F(t)$ adalah deret waktu fuzzy, $F(t)$ disebut sebagai deret waktu fuzzy invarian waktu jika, untuk setiap t , $F(t) = F(t-1)$ dan $F(t)$ saja mengandung sejumlah elemen terbatas. Sebaliknya, $F(t)$ disebut sebagai deret waktu fuzzy varian waktu jika persyaratan ini tidak dipenuhi.

Definisi 4: Hubungan fuzzy yang diwakili oleh $F(t-1), F(t-2), \dots, F(t-n) \rightarrow F(t)$ disebut sebagai model deret waktu fuzzy orde ke-n jika $F(t)$ dipengaruhi oleh $F(t-1), F(t-2), \dots, F(t-n)$.

Definisi 5: Jika $F(t-1) = A_{i1}, F(t-2) = A_{i2}, \dots, F(t-n) = A_{in}$ dan $F(t) = A_j$, maka hubungan antara $n + 1$ data berturut-turut dapat dituliskan sebagai $A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{in} \rightarrow A_j$, di mana $A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{in}$ merupakan sisi kiri (LHS) dan A_j merupakan sisi kanan (RHS). Apabila terdapat beberapa hubungan fuzzy dengan LHS yang sama, seperti:

$$A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{in} \rightarrow A_{j1}$$

$$A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{in} \rightarrow A_{j2}$$

maka hubungan fuzzy tersebut dapat digabungkan dalam satu kelompok hubungan fuzzy, yaitu $A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{in} \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots$

Tahapan-tahapan prediksi dengan menggunakan metode FTS menurut Cheng sebagai berikut[25], [26].

1. Menentukan himpunan semesta

$$U = [d_{min}, d_{max}] \tag{2}$$

2. Menentukan lebar interval menggunakan distribusi frekuensi

a. Menentukan Range

$$R = d_{max} - d_{min} \tag{3}$$

b. Menggunakan persamaan Sturges untuk mendapatkan jumlah interval kelas

$$K = 1 + 3,322 \times \log N \tag{4}$$

- c. Menentukan lebar interval

$$I = \frac{\text{Range}(R)}{K} \tag{5}$$

- d. Mencari nilai tengah

$$mi = \frac{\text{Batas Atas} + \text{Batas Bawah}}{2} \tag{6}$$

- Jumlah frekuensi yang berbeda diperhitungkan saat membuat himpunan fuzzy, dan frekuensi tertinggi dipisahkan menjadi h interval yang sama. Selanjutnya, interval sama h-1 dibuat dari frekuensi tertinggi kedua, dan interval sama h-2 dibuat dari frekuensi tertinggi ketiga, hingga mencapai interval yang frekuensinya tidak dapat dibagi lagi, proses ini terus berlanjut.
- Definisikan himpunan fuzzy A1, terapkan fuzzyfikasi pada data observasi. Misalnya, jika A1, A2, ..., dan Ai adalah himpunan fuzzy yang memiliki makna linguistik, maka di dalam semesta pembicara U, himpunan fuzzy didefinisikan sebagai:

$$\begin{aligned} A_1 &= \{u_1|1\} + \{u_2|0,5\} + \{u_3|0\} + \{u_4|0\} + \dots + \{u_p|0\} \\ A_2 &= \{u_1|0,5\} + \{u_2|1\} + \{u_3|0,5\} + \{u_4|0\} + \dots + \{u_p|0\} \\ A_3 &= \{u_1|0\} + \{u_2|0,5\} + \{u_3|1\} + \{u_4|0\} + \dots + \{u_p|0\} \\ A_p &= \{u_1|0\} + \{u_2|0\} + \{u_3|0\} + \dots + \{u_{p-1}|0,5\} + \{u_p|1\} \end{aligned} \tag{7}$$

- Membuat tabel Fuzzy Logical Relationship (FLR) berdasarkan data yang sebenarnya. FLR dapat dituliskan sebagai $A_i \rightarrow A_j$, di mana A_i disebut sebagai current state (keadaan saat ini) dan A_j disebut sebagai next state (keadaan berikutnya).
- Menetapkan Kelompok Relasi Logika Fuzzy (Fuzzy Logical Relationship Group/FLRG) merupakan proses untuk mengelompokkan relasi-relasi fuzzy yang terbentuk antara keadaan saat ini dan keadaan yang akan datang dalam model Fuzzy Time Series.
- Mencari tahu defuzzifikasi untuk perkiraan nilai. Nilai peramalan dihitung dengan mengalikan (m_i) dengan matriks pembobotan standar (W^*). Persamaan (6) dapat digunakan untuk melakukan komputasi pada interval himpunan fuzzy. Oleh karena itu, nilai peramalan dihitung sebagai berikut:

$$F_i = w_{i1} * (m_1) + w_{i2} * (m_2) + \dots + w_{ip} * (m_p) \tag{8}$$

Dimana F_i adalah hasil peramalan dengan $w_i = \frac{w_{ij}}{\sum_{j=1}^p w_{ij}}$

Nilai peramalan (F_i) merupakan nilai tengah dari u_i yang didefinisikan sebagai m_i , jika hasil fuzzyfikasi pada periode i adalah A_i dan A_i tidak mempunyai FLR pada FLRG dengan batasan $A_i \rightarrow \emptyset$, dimana ditempatkan derajat keanggotaan tertinggi di u_i [27].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini, diperoleh hasil dari perhitungan dan seluruh proses yang telah dilakukan, di mana perhitungan dilakukan menggunakan metode FTS. Dengan menerapkan metode FTS untuk memprediksi data curah hujan di Kabupaten Magelang diharapkan dapat menghasilkan prediksi yang lebih akurat.

3.1 Implementasi Metode Fuzzy Time Series

Metode FTS adalah pendekatan inovatif dalam kecerdasan buatan yang diterapkan untuk memprediksi permasalahan dengan mengubah data historis menjadi nilai-nilai linguistik, yang pada gilirannya menghasilkan peramalan yang lebih tepat. Data sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel data curah hujan yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Magelang. Adapun data curah hujan di Kabupaten Magelang pada Tahun 2022-2024 dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Data Curah Hujan di Kabupaten Magelang Tahun 2022 – 2024

Tahun	Bulan	Curah Hujan
2022	Januari	453
	Februari	287
	Maret	418
	April	302
	Mei	312
	Juni	260
	Juli	249
	Agustus	259
	September	245



Tahun	Bulan	Curah Hujan
2023	Oktober	529
	November	476
	Desember	470
	Januari	444
	Februari	309
	Maret	386
	April	229
	Mei	332
	Juni	320
	Juli	286
	Agustus	292
	September	271
2024	Oktober	487
	November	387
	Desember	458
	Januari	482
	Februari	304
	Maret	394
	April	347
	Mei	329
	Juni	267
	Juli	278
	Agustus	321
	September	298
Oktober	281	
November	409	
Desember	420	

Selanjutnya data aktual pada Tabel 1 dibuatkan dalam data deskriptif pada Tabel 2

Tabel 2. Data Deskriptif Curah Hujan di Kabupaten Magelang Tahun 2022 – 2024

Tabel Deskriptif	Data aktual
Jumlah data	36
Nilai maksimum	529
Nilai minimum	229
Rata-rata	349,75

Berikut adalah tahapan-tahapan perhitungan menggunakan metode Fuzzy Time Series Cheng:

- Menentukan himpunan semesta berasal dari data aktual
Berikut data aktual himpunan semesta yang diperoleh dengan menggunakan rumus pada persamaan (2):
 $U = [d_{min}, d_{max}] = [229, 529]$
- Panjang interval dapat ditentukan dengan menggunakan distribusi frekuensi dengan cara yang dijelaskan di bawah ini:
 - Menghitung Range (R)
 $R = d_{max} - d_{min}$
 $= 529 - 229$
 $= 300$
 - Menghitung nilai interval kelas
 $K = 1 + 3,322 \times \log N$
 $= 1 + 3,322 \times \log 36$
 $= 1 + 5,17$
 $= 6,17 \sim 6$
 - Menghitung interval
 $I = \frac{Range (R)}{K}$
 $= \frac{300}{6}$
 $= 50$
 - Jumlah frekuensi yang berbeda dihitung, dan median frekuensi tersebut kemudian dihitung untuk membuat himpunan fuzzy. Adapun interval fuzzy dapat dilihat pada Tabel 3.

$$\begin{aligned}
 mi &= \frac{279 + 229}{2} \\
 &= \frac{508}{2} \\
 &= 254
 \end{aligned}$$

Tabel 3. Interval Fuzzy menggunakan kepadatan frekuensi

Ui	Batas Bawah	Batas Atas	Nilai Tengah (mi)
U ₁	229	279	254
U ₂	279	329	304
U ₃	329	379	354
U ₄	379	429	404
U ₅	429	479	454
U ₆	479	529	504

3. Menentukan himpunan fuzzy dan nilai linguistik, berikut ini adalah himpunan fuzzy yang telah terdefinisi. Himpunan Fuzzy dan Nilai Linguistik dapat dilihat pada Tabel 4.

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \{u_1|1\} + \{u_2|0,5\} + \{u_3|0\} + \{u_1|0\} + \{u_1|0\} + \{u_1|0\} \\
 A_2 &= \{u_1|0,5\} + \{u_2|1\} + \{u_3|0,5\} + \{u_1|0\} + \{u_1|0\} + \{u_1|0\} \\
 A_3 &= \{u_1|0\} + \{u_2|0,5\} + \{u_3|1\} + \{u_1|0,5\} + \{u_1|0\} + \{u_1|0\} \\
 A_4 &= \{u_1|0\} + \{u_2|0\} + \{u_3|0,5\} + \{u_1|1\} + \{u_1|0,5\} + \{u_1|0\} \\
 A_5 &= \{u_1|0\} + \{u_2|0,5\} + \{u_3|0\} + \{u_1|0,5\} + \{u_1|1\} + \{u_1|0,5\} \\
 A_6 &= \{u_1|0\} + \{u_2|0,5\} + \{u_3|0\} + \{u_1|0\} + \{u_1|0,5\} + \{u_1|1\}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. Himpunan Fuzzy dan Nilai Linguistik

Fuzzyfikasi	Nilailinguistik
A ₁	Cukup rendah
A ₂	Rendah
A ₃	Sedang
A ₄	Cukup Tinggi
A ₅	Tinggi
A ₆	Sangat Tinggi

4. Menentukan Fuzzyfikasi dan Fuzzy Logical Relationship (FLR)
 Jumlah interval yang dibuat menentukan bagaimana tahap fuzzyfikasi dijalankan. Angka linguistik tersebut kemudian digunakan untuk merepresentasikan hasil fuzzyfikasi data curah hujan di Kabupaten Magelang. Hasil Fuzzyfikasi dan FLR dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Fuzzyfikasi dan FLR

Tahun	Bulan	Curah Hujan	Fuzzyfikasi	FLR
2022	Januari	453	A5	5 → 2
	Februari	287	A2	2 → 4
	Maret	418	A4	4 → 2
	April	302	A2	2 → 2
	Mei	312	A2	2 → 2
	Juni	260	A1	2 → 1
	Juli	249	A1	1 → 1
	Agustus	259	A1	1 → 1
	September	245	A1	1 → 6
	Oktober	529	A6	6 → 5
	November	476	A5	5 → 5
	Desember	470	A5	5 → 5
2023	Januari	444	A5	5 → 2
	Februari	309	A2	2 → 4
	Maret	386	A4	4 → 1
	April	229	A1	1 → 3
	Mei	332	A3	3 → 2
	Juni	320	A2	2 → 2
	Juli	286	A2	2 → 2
	Agustus	292	A2	2 → 1
	September	271	A1	1 → 6
	Oktober	487	A6	6 → 4

Tahun	Bulan	Curah Hujan	Fuzzyfikasi	FLR
2024	November	387	A4	4 → 5
	Desember	458	A5	5 → 6
	Januari	482	A6	6 → 2
	Februari	304	A2	2 → 4
	Maret	394	A4	4 → 3
	April	347	A3	3 → 2
	Mei	329	A2	2 → 1
	Juni	267	A1	1 → 1
	Juli	278	A1	1 → 2
	Agustus	321	A2	2 → 2
	September	298	A2	2 → 2
	Oktober	281	A2	2 → 4
November	409	A4	4 → 4	
Desember	420	A4	∅	

5. Menentukan Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)

Himpunan fuzzy dengan current state yang sama dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. FLRG

Group	Relasi	Prediksi
A1	A1, A2, A3, A6	354
A2	A1, A2, A4	320,67
A3	A2	304
A4	A1, A2, A3, A4, A5	354
A5	A2, A5, A6	420,67
A6	A2, A4, A5	387,33

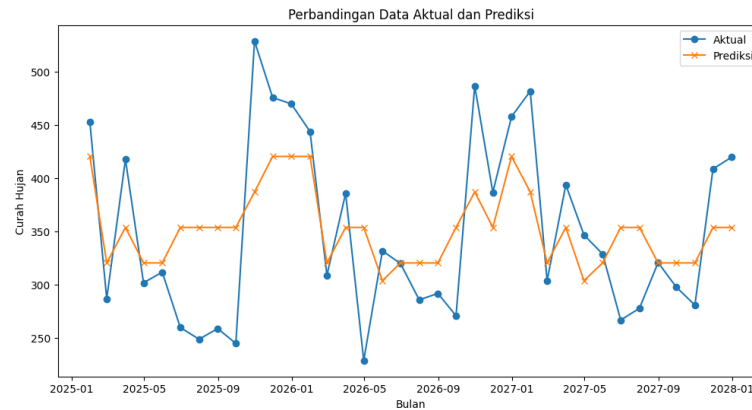
6. Defuzzyfikasi Nilai Prediksi

Tabel 7. Nilai Peramalan Pada Setiap Interval

Tahun	Bulan	Curah Hujan	Fuzzyfikasi	FLR	Prediksi
2025	Januari	453	A5	5 → 2	420,67
	Februari	287	A2	2 → 4	320,67
	Maret	418	A4	4 → 2	354
	April	302	A2	2 → 2	320,67
	Mei	312	A2	2 → 2	320,67
	Juni	260	A1	2 → 1	354
	Juli	249	A1	1 → 1	354
	Agustus	259	A1	1 → 1	354
	September	245	A1	1 → 6	354
	Oktober	529	A6	6 → 5	387,33
	November	476	A5	5 → 5	420,67
	Desember	470	A5	5 → 5	420,67
2026	Januari	444	A5	5 → 2	420,67
	Februari	309	A2	2 → 4	320,67
	Maret	386	A4	4 → 1	354
	April	229	A1	1 → 3	354
	Mei	332	A3	3 → 2	304
	Juni	320	A2	2 → 2	320,67
	Juli	286	A2	2 → 2	320,67
	Agustus	292	A2	2 → 1	320,67
	September	271	A1	1 → 6	354
	Oktober	487	A6	6 → 4	387,33
	November	387	A4	4 → 5	354
	Desember	458	A5	5 → 6	420,67
2027	Januari	482	A6	6 → 2	387,33
	Februari	304	A2	2 → 4	320,67
	Maret	394	A4	4 → 3	354
	April	347	A3	3 → 2	304
	Mei	329	A2	2 → 1	320,67
	Juni	267	A1	1 → 1	354

Tahun	Bulan	Curah Hujan	Fuzzyfikasi	FLR	Prediksi
	Juli	278	A1	1 → 2	354
	Agustus	321	A2	2 → 2	320,67
	September	298	A2	2 → 2	320,67
	Oktober	281	A2	2 → 4	320,67
	November	409	A4	4 → 4	354
	Desember	420	A4	∅	354

Proses defuzzifikasi terdiri dari dua langkah, langkah pertama adalah menentukan median untuk setiap interval menggunakan persamaan (6), yang dapat dilihat pada Tabel 3. Langkah kedua adalah menghitung nilai prediksi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7. Dalam metode Fuzzy Time Series Cheng, fuzzyfikasi data sebelumnya juga diperhatikan. Oleh karena itu, peramalan data curah hujan di Kabupaten Magelang dapat dilihat pada Tabel 7. Hasil prediksi yang terdapat pada Tabel 7 dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik yang membandingkannya dengan data aktual. Gambar 2 menunjukkan grafik perbandingan antara statistik curah hujan aktual dan perkiraan curah hujan di Kabupaten Magelang.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Data Aktual dan Prediksi

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa prediksi curah hujan tahun 2025 hingga 2027 memiliki pola yang sama dengan data curah hujan aktual tahun 2022 hingga 2024. Hal ini menunjukkan bahwa prediksi tersebut tetap berada dalam interval yang cukup dekat dengan data aktual.

3.2 Pengukuran Ketepatan Hasil Prediksi

Tujuan pengukuran MAPE adalah untuk menilai sejauh mana akurasi hasil prediksi atau peramalan dibandingkan dengan nilai aktual atau angka sebenarnya. MAPE digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan prediksi dalam bentuk persentase[28]. Perhitungan error dengan MAPE dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Ketepatan Hasil Peramalan Data Curah Hujan

Tahun	Bulan	Curah Hujan	Prediksi	$ X_t - F_t $	$(X_t - F_t) / X_t$
2025	Januari	453	420,67	32,33	0,071368653
	Februari	287	320,67	33,67	0,117317073
	Maret	418	354	64	0,153110048
	April	302	320,67	18,67	0,061821192
	Mei	312	320,67	8,67	0,027788462
	Juni	260	354	94	0,361538462
	Juli	249	354	105	0,421686747
	Agustus	259	354	95	0,366795367
	September	245	354	109	0,444897959
	Oktober	529	387,33	141,67	0,267807183
	November	476	420,67	55,33	0,116239496
	Desember	470	420,67	49,33	0,104957447
2026	Januari	444	420,67	23,33	0,052545045
	Februari	309	320,67	11,67	0,03776699
	Maret	386	354	32	0,082901554
	April	229	354	125	0,545851528
	Mei	332	304	28	0,084337349
	Juni	320	320,67	0,67	0,00209375
	Juli	286	320,67	34,67	0,121223776



Tahun	Bulan	Curah Hujan	Prediksi	Xt - Ft	(Xt - Ft) / Xt
2027	Agustus	292	320,67	28,67	0,098184932
	September	271	354	83	0,306273063
	Oktober	487	387,33	99,67	0,204661191
	November	387	354	33	0,085271318
	Desember	458	420,67	37,33	0,08150655
	Januari	482	387,33	94,67	0,196410788
	Februari	304	320,67	16,67	0,054835526
	Maret	394	354	40	0,101522843
	April	347	304	43	0,123919308
	Mei	329	320,67	8,33	0,025319149
	Juni	267	354	87	0,325842697
	Juli	278	354	76	0,273381295
	Agustus	321	320,67	0,33	0,001028037
	September	298	320,67	22,67	0,076073826
	Oktober	281	320,67	39,67	0,141174377
	November	409	354	55	0,134474328
Desember	420	354	66	0,157142857	
	Jumlah				5,83

Berdasarkan Tabel 8, At menggambarkan curah hujan aktual, sementara Ft adalah prediksi, sehingga nilai |At-Ft| menunjukkan selisih antara curah hujan aktual dan prediksi. Penggunaan tanda mutlak pada At-Ft memastikan bahwa hasil pengurangan tersebut selalu bernilai positif, meskipun hasil pengurangannya negatif. Kemudian, nilai |At-Ft|/At dihitung dengan membagi nilai selisih tersebut dengan curah hujan aktual. Tabel 8 tersebut, dapat diperoleh nilai error sebagai berikut:

$$MAPE = 5,83 \times 100 / 36$$

$$MAPE = 16,19$$

Sehingga diperoleh:

$$\text{Ketepatan peramalan} = 100\% - MAPE$$

$$= 100\% - 16,19$$

$$= 83,81\%$$

Berdasarkan Tabel 8, diperoleh nilai kesalahan absolut sebesar 5,83. Berdasarkan perhitungan tersebut, nilai error yang dihitung adalah 16,19, yang berarti ketepatan hasil peramalan mencapai 83,81%.

4. KESIMPULAN

Implementasi metode Fuzzy Time Series Cheng dalam melakukan prediksi curah hujan di Kabupaten Magelang telah menunjukkan kinerja yang cukup baik. Hal ini dibuktikan dengan hasil perhitungan nilai MAPE yang berada di kisaran 10% hingga 20%, dengan nilai tepatnya adalah 16,19%. Nilai MAPE ini menggambarkan bahwa prediksi yang dihasilkan oleh model tersebut cukup akurat dan dapat diandalkan untuk memberikan gambaran mengenai pola curah hujan di masa depan di Kabupaten Magelang. Secara keseluruhan, penerapan metode Fuzzy Time Series Cheng dalam prediksi curah hujan memberikan kontribusi penting dalam memahami pola cuaca dan membuat keputusan yang lebih baik terkait pengelolaan air dan mitigasi bencana terkait cuaca. Dengan akurasi yang cukup tinggi, metode ini dapat membantu pemerintah dan masyarakat setempat untuk mempersiapkan diri terhadap perubahan pola curah hujan dan potensi risiko yang mungkin terjadi di masa depan.

REFERENCES

- [1] M. Rizki, S. Basuki, and Y. Azhar, "Implementasi Deep Learning Menggunakan Arsitektur Long Short Term Memory(LSTM) Untuk Prediksi Curah Hujan Kota Malang," *Jurnal Repositor*, vol. 2, no. 3, pp. 331-338, 2020, doi: 10.22219/repositor.v2i3.470.
- [2] Putra Alex Arbendi Hutahaean, "Rancang Bangun Alat Pengukur Curah Hujan Dan," *Konferensi Nasional Social dan Engineering Politeknik Negeri Medan Tahun 2023*, pp. 7-15, 2023.
- [3] M. Soleh, D. Sartika, and U. Dehasen, "PENERAPAN LOGIKA FUZZY DALAM PREDIKSI JUMLAH PRODUKSI DI PT . INOCYCLE TECHNOLOGY TBK," vol. 4307, no. 4, pp. 1440-1445, 2024.
- [4] T. A. Faisal Muhammad and M. I. Irawan, "Implementasi Long Short-Term Memory (LSTM) untuk Prediksi Intensitas Curah Hujan (Studi Kasus: Kabupaten Malang)," *Jurnal Sains dan Seni ITS*, vol. 12, no. 1, 2023, doi: 10.12962/j23373520.v12i1.106892.
- [5] S. Julida and D. Murni, "Perbandingan Metode Fuzzy Time Series Model Chen Dan Model Markov Chain Untuk Memprediksi Curah Hujan Di Kota Padang," *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 8, no. 1, pp. 15809-15821, 2024.
- [6] I. Admirani, "Model Ruey Chyn Tsaur Fuzzy Time Series Untuk Prediksi Pendaftaran Mahasiswa Baru," *56 Jurnal JUPITER*, vol. 12, no. 2, pp. 56-64, 2020.
- [7] F. WAHYU, G. W. Nurcahyo, and S. Arlis, "Penerapan Metode Fuzzy Time Series untuk Memprediksi Hasil Panen Kopi pada Dinas Pertanian," *Jurnal KomtekInfo*, vol. 11, pp. 139-148, 2024, doi: 10.35134/komtekinfo.v11i3.543.



- [8] M. D. Rachmawati and L. Anifah, “Prediksi Curah Hujan Menggunakan Metode Average Based dan High Order Fuzzy Time Series di Bandar Udara Juanda,” *JIEET (Journal of Information Engineering and Educational Technology)*, vol. 3, no. 1, 2019.
- [9] M. D. Rachmawati and L. Anifah, “Prediksi Curah Hujan Menggunakan Metode Average Based dan High Order Fuzzy Time Series di Bandar Udara Juanda,” *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 11–15, 2021, doi: 10.26740/jieet.v3n1.p11-15.
- [10] A. Susano and W. Anggraeni, “Rainfall Prediction Using Fuzzy Time Series,” *NUCLEUS*, vol. 2, no. 2, pp. 78–84, Nov. 2021, doi: 10.37010/nuc.v2i2.619.
- [11] A. Susano and W. Anggraeni, “Rainfall Prediction Using Fuzzy Time Series,” *Nucleus*, vol. 2, no. 2, pp. 78–84, 2021, doi: 10.37010/nuc.v2i2.619.
- [12] D. S. N. Aliana, Y. Permanasari, and Respitawulan, “Prediksi Curah Hujan di Kota Bandung Menggunakan Model Logika Fuzzy Time Series,” *Jurnal Riset Matematika*, vol. 1, no. 1, pp. 65–72, Oct. 2021, doi: 10.29313/jrm.v1i1.220.
- [13] D. S. N. Aliana, Y. Permanasari, and Respitawulan, “Prediksi Curah Hujan di Kota Bandung Menggunakan Model Logika Fuzzy Time Series,” *Jurnal Riset Matematika*, vol. 1, no. 1, pp. 65–72, 2021, doi: 10.29313/jrm.v1i1.220.
- [14] R. Rahmawati, D. E. Sari, A. N. Rahma, and M. Soleh, “Prediksi Curah Hujan di PPKS Bukit Sentang Dengan Menggunakan Fuzzy Time Series Ruey Chyn Tsaur,” *Jurnal Matematika Integratif*, vol. 17, no. 1, p. 51, Aug. 2021, doi: 10.24198/jmi.v17.n1.32820.51-61.
- [15] R. Rahmawati, D. E. Sari, A. N. Rahma, and M. Soleh, “Prediksi Curah Hujan di PPKS Bukit Sentang Dengan Menggunakan Fuzzy Time Series Ruey Chyn Tsaur,” *Jurnal Matematika Integratif*, vol. 17, no. 1, p. 51, 2021, doi: 10.24198/jmi.v17.n1.32820.51-61.
- [16] H. R. Prasetyo, I. Palupi, and B. A. Wahyudi, “Prediksi Menggunakan Model Fuzzy Time Series Studi Kasus Curah Hujan di Kabupaten Bandung,” *LOGIC: Jurnal Penelitian Informatika*, vol. 1, no. 1, p. 8, Sep. 2023, doi: 10.25124/logic.v1i1.6405.
- [17] H. R. Prasetyo, I. Palupi, and B. A. Wahyudi, “Prediksi Menggunakan Model Fuzzy Time Series Studi Kasus Curah Hujan di Kabupaten Bandung,” *LOGIC: Jurnal Penelitian Informatika*, vol. 1, no. 1, p. 8, 2023, doi: 10.25124/logic.v1i1.6405.
- [18] R. D. Laksmana, E. Santoso, and B. Rahayudi, “Prediksi Penjualan Roti Menggunakan Metode Exponential Smoothing (Studi Kasus : Harum Bakery),” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 5, pp. 4933–4941, 2019.
- [19] B. W. Yudianto and B. Hartanto, “Implementasi Metode Single Exponential Smoothing dalam Melakukan Perkiraan Stok Barang di Toko Makanan Ringan Berbasis Sistem Informasi,” *Journal of Economic, Management, Accounting and Technology*, vol. 5, no. 2, pp. 188–199, 2022, doi: 10.32500/jematech.v5i2.2563.
- [20] A. Baradja and T. I. Tjendrowasono, “Penerapan Machine Learning untuk Meningkatkan Prediksi Mata Uang Forex dengan Indikator Teknikal,” vol. 2, no. 1, pp. 38–41, 2023.
- [21] N. Kamal and Y. Ramdhani, “Optimasi Algoritma Neural Network Berbasis Fitur Seleksi Menggunakan Algoritma Genetika untuk Prediksi Curah Hujan,” *E-Prosiding Teknik Informatika*, vol. 4, no. 2, pp. 269–282, 2023.
- [22] Rahmawati, E. P. Cynthia, and K. Susilowati, “Metode Fuzzy Time Series Metode Fuzzy Time Series Cheng dalam Memprediksi Jumlah Wisatawan di Provinsi Sumatera Barat,” *Jurnal of Education Informatic Technology and Science (JeITS)*, vol. 1, no. 1, pp. 11–23, 2019.
- [23] M. R. Ramadhan, T. Tursina, and H. Novriando, “Implementasi Fuzzy Time Series pada Prediksi Jumlah Penjualan Rumah,” *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (Justin)*, vol. 8, no. 4, p. 418, 2020, doi: 10.26418/justin.v8i4.40186.
- [24] D. Arvie, “Peramalan Import Migas dan Non-migas Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Model Cheng,” *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, vol. 9, no. 4, pp. 3519–3528, 2022, doi: 10.35957/jatisi.v9i4.2885.
- [25] R. I. Perwira, D. Yudhiantoro, and E. Wahyurini, “Fuzzy Time Series Model Cheng Untuk Meramalkan Volume Hasil Panen Pada Tanaman Garut,” *Telematika*, vol. 17, no. 1, p. 11, 2020, doi: 10.31315/telematika.v17i1.3400.
- [26] S. W. Gultom, “Prediksi Jumlah Pendapatan Daerah Pada Kantor BPKPAD Dengan Metode Fuzzy Time Series,” *TIN: Terapan Informatika Nusantara*, vol. 3, no. 5, pp. 205–213, 2022, doi: 10.47065/tin.v3i5.4114.
- [27] S. Sulpaiyah, S. Bahri, and L. Harsyiah, “Peramalan Harga Beras dengan Metode Double Exponential Smoothing dan Fuzzy Time Series (Study Kasus : Harga Beras di Kota Mataram),” *Eigen Mathematics Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 58–69, 2022, doi: 10.29303/emj.v5i2.123.
- [28] E. G. Wahyuni, “Membandingkan Tingkat Efisiensi Metode Tsukamoto dan Sugeno untuk kasus Pneumonia,” *Jurnal CoreIT: Jurnal Hasil Penelitian Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, vol. 7, no. 2, p. 94, 2022, doi: 10.24014/coreit.v7i2.15085.