

Perbandingan Prediksi Curah Hujan Kota Palembang Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* Chen dan Lee

Kanda Januar Miraswan¹, Meylani Utari²

¹ Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

² Program Studi Komputerisasi Akuntansi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

e-mail : kandajm@ilkom.unsri.ac.id, meylani@ilkom.unsri.ac.id

Abstrak

Prediksi curah hujan dapat dilakukan untuk mengetahui kondisi cuaca dimasa yang akan datang. Curah hujan menjadi salah satu faktor yang sangat penting dalam mengelola sumber daya air, menghindari banjir dan mendukung kegiatan ekonomi dan sosial serta pengambilan keputusan. Kota Palembang, sebagai ibu kota Provinsi Sumatera Selatan, memiliki curah hujan yang relatif tinggi sepanjang tahun. Prediksi curah hujan yang dilakukan secara tradisional menggunakan model statistik dan fisik memiliki beberapa keterbatasan, seperti keterbatasan data dan keterbatasan model statistik yang cocok digunakan. Maka daripada itu, penelitian ini menerapkan metode Fuzzy Times Series (FTS) yang dikenal efektif dalam menangani deret waktu yang tidak pasti dan fluktuatif dalam memprediksi curah hujan di kota Palembang, dimana model yang akan digunakan adalah model Chen dan Lee. Data curah hujan Kota Palembang dari tahun 2015 s.d 2023 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) yang akan digunakan pada penelitian ini. Berdasarkan implementasi prediksi dengan Fuzzy Time Series Chen dan Lee diperoleh prediksi yang dapat mendekati data aktualnya, Hasil perhitungan nilai error dari RMSE dan SMAPE untuk model Chen sebesar 122.472 dan 56.41%, sedangkan perhitungan nilai error dari perhitungan RMSE dan SMAPE untuk model Lee sebesar 123.578 dan 57%, Nilai error ini menunjukkan bahwa perolehan prediksi curah hujan kota Palembang memiliki kinerja yang mendekati baik dengan menggunakan metode Fuzzy Time Series Chen dan Lee. Berdasarkan hasil perbandingan kedua model, dapat disimpulkan bahwa model Chen sedikit lebih baik dibandingkan dengan model Lee dalam memprediksi curah hujan di Kota Palembang.

Keywords : curah hujan, kota Palembang, prediksi, FTS Chen, FTS Lee, SMAPE, RMSE

1. PENDAHULUAN

Negara Indonesia merupakan negara yang terletak di garis khatulistiwa yang memiliki iklim tropis dengan suhu yang relatif tinggi sepanjang tahun dan disertai dengan tingkat kelembapan udara yang cukup tinggi [1]. Salah satu ciri iklim tropis di Indonesia adalah memiliki pola curah hujan yang dipengaruhi oleh angin muson yang menyebabkan Indonesia memiliki dua jenis musim yaitu musim kemarau dan musim hujan [2]. Kedua musim tersebut memiliki karakteristik masing-masing. Musim hujan yang biasanya ditandai dengan intensitas curah hujan yang bervariasi di setiap daerah dan relatif tinggi, yang mana biasanya berlangsung pada bulan November sampai dengan bulan Maret. Variasi intensitas curah hujan di setiap wilayah dipengaruhi oleh sejumlah faktor, terutama faktor-faktor geofisika seperti arah angin, elevasi wilayah, letak garis lintang, jarak terhadap sumber perairan, luas daratan, serta temperatur permukaan tanah [3]. Walaupun demikian, Indonesia khususnya ibu Kota Palembang memiliki pola musim yang relatif berubah-ubah, perubahan cuaca yang tidak terduga sering terjadi seperti curah hujan yang deras dan berlangsung untuk waktu yang cukup lama yang mengakibatkan banjir dan tiba-tiba berubah menjadi kemarau dan mengakibatkan kekeringan [4] [5].

Curah hujan merupakan akumulasi air hujan yang tertampung pada suatu alat penakar di permukaan datar yang tidak menyerap, tidak meresap, serta tidak memungkinkan aliran air. Air hujan tersebut kemudian diukur dalam satuan milimeter (mm). Satu milimeter curah hujan menunjukkan bahwa pada permukaan datar seluas satu meter persegi terdapat lapisan air setinggi satu milimeter, yang setara dengan satu liter air [6]. Curah hujan menjadi salah satu faktor yang sangat penting dalam memprediksi kondisi cuaca [7]. Kota Palembang, sebagai ibu kota Provinsi Sumatera Selatan, memiliki curah hujan yang relatif tinggi sepanjang tahun dinilai memerlukan sistem prediksi curah hujan yang akurat untuk mengurangi dampak negatif yang disebabkan oleh peningkatan intensitas curah hujan yang tinggi terus menerus [8]. Seiring dengan perkembangan teknologi dan berbagai macam teknik analisis data, berbagai metode prediksi telah dikembangkan seperti dengan metode statistik, numerik hingga sistem cerdas yang mempunyai tujuan yang sama yaitu meningkatkan nilai akurasi dalam memprediksi curah hujan [9].

Dalam menghadapi ketidakpastian iklim, melakukan prediksi curah hujan dengan akurat menjadi sangat penting untuk semua sektor diantaranya manajemen sumber daya air, mitigasi resiko bencana, dan mendukung kegiatan ekonomi dan sosial [10]. Prediksi curah hujan dapat dilakukan dengan berbagai macam cara, salah satunya dengan cara tradisional dengan menggunakan model statistik yang memiliki beberapa keterbatasan, seperti keterbatasan data dan keterbatasan model [11]. Sebagai alternatif, metode *Fuzzy Times Series* (FTS) mampu mengatasi permasalahan data yang bersifat fluktuatif, tidak pasti dan subjektif dibandingkan dengan pendekatan yang statistik [12]. Sistem prediksi pada metode FTS dilakukan dengan cara mengidentifikasi pola-pola pada data historis yang selanjutnya digunakan untuk meramalkan data di masa depan [3]. Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan, banyak para peneliti telah mengembangkan model FTS ini untuk mendapatkan hasil peramalan yang lebih baik. Beberapa diantaranya model Chen, Cheng dan Lee. Model Chen menggunakan sistem rata-rata untuk mendapatkan hasil prediksi sedangkan model Cheng menggunakan sistem pembobotan untuk mendapatkan hasil prediksi [12] [13]. Model Lee adalah model hasil perkembangan dari model Song dan Chissom [14]. Model Lee digunakan untuk melakukan prediksi jangka pendek pada data dengan pola stabil ataupun pola data yang berubah seiring waktu [15].

Model Chen merupakan model *Fuzzy Time Series* (FTS) yang cukup banyak digunakan dalam berbagai penelitian sebelumnya. Salah satu penelitian dilakukan oleh Arnita, dkk [16] yang membandingkan tiga model FTS, yaitu model Chen, Cheng, dan Markov Chain dalam memprediksi curah hujan di Kota Medan. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, model Chen menghasilkan nilai MAPE terkecil. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Kasih, dkk [3] yang menerapkan metode FTS dalam memprediksi curah hujan di Kabupaten Magelang dengan MAPE sebesar 16.19% yang menunjukkan bahwa model ini cukup akurat dalam melakukan prediksi. Sementara itu, Monica, dkk [17] melakukan analisis terhadap tiga model FTS, yaitu model Chen, Cheng, dan Singh pada data tren. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa model Cheng lebih baik dibandingkan dengan model Chen. Dengan demikian, dapat dilihat bahwa efektivitas masing-masing model FTS dapat bervariasi tergantung pada karakteristik data yang digunakan, meskipun secara umum model Chen dan Cheng menunjukkan performa yang kompetitif dalam berbagai studi.

Berdasarkan penelitian terkait sebelumnya, menunjukkan bahwa model Chen dan Lee termasuk dalam metode terbaik untuk melakukan prediksi data. Dalam penelitian ini, perbandingan nilai RMSE dan SMAPE terkecil menunjukkan tingkat prediksi yang lebih tinggi, sehingga metode tersebut dinilai lebih tepat untuk digunakan dalam prediksi curah hujan di Kota Palembang. Melalui perbandingan ini, diharapkan dapat diperoleh metode prediksi yang paling sesuai dengan karakteristik data curah hujan di Kota Palembang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Fuzzy Time Series (FTS)

Metode *Fuzzy Times Series* (FTS) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk melakukan proses prediksi [18] [19]. Berikut adalah tahapan dalam metode *Fuzzy Times Series* (FTS) [10] [12]:

- 1) Menentukan himpunan semester (U) (*Universe of Discourse*)

Rumus yang digunakan untuk menentukan nilai himpunan semesta yaitu :

$$U = [x_{min} - R_1 ; X_{max} + R_2] \quad (1)$$

dimana X_{min} merupakan data terkecil dan X_{max} merupakan data terbesar sedangkan nilai R_1 dan R_2 adalah konstanta positif yang ditentukan oleh peneliti sebagai input dalam model. Nilai kedua konstanta ini dapat bervariasi sesuai dengan pertimbangan peneliti.

- 2) Penentuan Ukuran Interval (l)

Dalam penelitian ini metode yang digunakan untuk membentuk interval adalah metode *average based* dengan tahapannya seperti berikut ini :

- a. Menghitung rata-rata selisih mutlak pada data :

$$mean = \frac{\sum_{t=1}^N [D_t - D_{t-1}]}{N - 1} \quad (2)$$

- b. Melakukan perhitungan setengah dari nilai rata-rata selisih mutlak untuk menentukan ukuran interval (l) :

$$l = \frac{mean}{2} \quad (3)$$

- c. Menentukan basis interval dari hasil panjang interval (l) menurut Tabel 1. sebagai berikut :

Tabel 1. Basis Interval

Range	Base
0,1 – 1,0	0,1
1,1 – 10	1
11 - 100	10
101 - 1000	100

- d. Menentukan jumlah interval (n) yang diperoleh dengan rumus :

$$n = \frac{D_{max} + D_1 - D_{min} - D_2}{l} \quad (4)$$

Kemudian U dibagi kedalam n interval dengan panjang interval yang sama (l), dengan panjang interval diperoleh dengan rumus :

$$\begin{aligned} u_1 &= [D_{min} - D_1; D_{min} - D_1 + l] \\ u_2 &= [D_{min} - D_1 + l; D_{min} - D_1 + 2l] \\ &\vdots \\ u_n &= [D_{min} - D_1 + (n-1)l; D_{min} - D_1 + nl] \end{aligned} \quad (5)$$

e. Melakukan perhitungan nilai tengah (m_i) himpunan fuzzy dengan rumus :

$$m_i = \frac{(\text{batas bawah } u_i + \text{batas atas } u_i)}{2} \quad (6)$$

- 3) Tentukan himpunan fuzzy dan melakukan fuzzifikasi data
- 4) Tentukan *Fuzzy Logic Relationship* (FLR) dan *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG)

Penentuan FLR dilakukan melihat relasi dengan data aktual D_{t-1} terhadap D_t menjadi bentuk $A_i \rightarrow A_j$. Kemudian, dilakukan penentuan FLRG dengan mengelompokkan fuzzifikasi yang memiliki keadaan yang sama pada ruas kiri menjadi $A_1 \rightarrow A_2, A_2, A_3$ [20].

- 5) Tentukan hasil defuzzifikasi

Defuzzifikasi mentransformasi representasi linguistik menjadi bentuk numerik sehingga menghasilkan peramalan yang bersifat kuantitatif.

Pada model Chen, proses defuzzifikasi menggunakan persamaan berikut :

$$F(t) = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n} \quad (7)$$

Sedangkan pada model Lee, proses defuzzifikasi menggunakan persamaan berikut:

$$F(t) = \frac{2}{p} m_m + \frac{2}{p} m_n + \dots + \frac{1}{p} m_i \quad (8)$$

dengan m adalah nilai tengah dan p adalah jumlah FLR pada setiap FLRG [21].

2.2. Root Mean Square Error (RMSE)

Terdapat beberapa metode untuk tingkat akurasi model prediksi antara lain *Mean Square Error* (MSE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) [22], *Root Mean Square Error* (RMSE) [23], *Symmetric Mean Absolute Percentage Error* (SMAPE) dll. RMSE adalah ukuran statistik yang sering digunakan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan antara nilai yang diprediksi oleh suatu model dengan nilai aktualnya. RMSE pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui besarnya penyimpangan yang terjadi antara nilai prediksi curah hujan yang sekarang dibandingkan dengan nilai curah hujan aktualnya (observasi) yang terjadi selama satu tahun [24]. Semakin kecil nilai RMSE maka semakin baik model dalam melakukan prediksi. RMSE dihitung dengan persamaan berikut [25]:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2}{n}} \quad (9)$$

Dimana :

n = jumlah data yang diamati
 x_i = nilai data yang diamati
 $\hat{x}_i$ = nilai prediksi

2.3. Symmetric Mean Absolute Percentage Error (SMAPE).

Symmetric Mean Absolute Percentage Error (SMAPE) adalah matrik evaluasi yang digunakan untuk mengukur hasil prediksi terutama untuk kasus peramalan deret waktu (*time series forecasting*). SMAPE dihitung dengan rumus berikut [26]:

$$\text{SMAPE} = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|F_t - A_t|}{([A_t] + [F_t])/2} \quad (10)$$

Dimana :

F_t = nilai prediksi
 A_t = nilai aktual
 n = jumlah observasi

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan *Fuzzy Time Series* (FTS) model Chen dan Lee untuk melakukan prediksi curah hujan kota Palembang. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder berupa data curah hujan kota Palembang yang diperoleh dari *website* Badan Pusat Statistik (BPS) yang mencakup dari periode Januari 2015 sampai dengan Desember 2023, grafik data curah hujan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Data Aktual Curah Hujan Kota Palembang
 Sumber : <https://sumsel.bps.go.id/indikator/151/220/1/curah-hujan.html>

Pada Gambar 1, dapat dilihat bahwa tren grafik menunjukkan pola yang tidak teratur atau tidak menunjukkan suatu kecenderungan pola tertentu.

Tabel 2. Statistik Deskriptif

<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Mean</i>	<i>n</i>
0.2	587.5	217.475	108

Pada Tabel 2, dapat dilihat terdapat total 108 data curah hujan kota Palembang yang akan diprediksi, dimana curah hujan terendah terdapat pada bulan Oktober tahun 2015 sejumlah 0.2 milimeter dan data curah hujan tertinggi terdapat pada bulan Desember tahun 2021 sejumlah 587.5 milimeter, dengan rata – rata curah hujan sejumlah 217.475 milimeter.

Tahapan prediksi memakai *Fuzzy Time Series* ialah sebagai berikut :

- 1) Menentukan himpunan semesta (*U*) (*Universe of Discourse*)

Menentukan data historis curah hujan kota Palembang diketahui bahwa data terkecil adalah 0.2 mm dan data terbesar adalah 587.5 mm. Nilai R_1 , R_2 adalah konstanta positif sebagai penentu jangkauan data yang dapat ditentukan sendiri nilainya. Peneliti menentukan $R_1 = 0.2$ dan $R_2 = 12.5$. Himpunan semesta (*U*) dapat ditentukan dari Persamaan (2) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 U &= [x_{min} - R_1 ; X_{max} + R_2] \\
 &= [0.2 - 0.2 ; 587.5 + 12.5] \\
 &= [0 ; 600]
 \end{aligned}$$

- 2) Menentukan panjang interval menggunakan *average based length*

Langkah-langkah :

- a. Menghitung selisih mutlak data aktual dan rata-ratanya (*mean*), ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Selisih Mutlak Data Aktual

No.	Bulan	Curah Hujan	Selisih Mutlak
1.	Januari 2015	221.6	
2.	Februari 2015	132.2	89.4
3.	Maret 2015	390.5	258.3
4.	April 2015	375.6	14.9
5.	Mei 2015	177.9	197.7
.....			
.....			
106.	Oktober 2023	14.7	12.2
107.	November 2023	325.5	310.8
108.	Desember 2023	293.1	32.4
Jumlah			10688.1

Pada Tabel 3 didapatkan jumlah selisih mutlak data aktual sebesar 10668.1, kemudian nilai tersebut digunakan dalam menentukan nilai rata-rata selisih mutlak (mean) dari data aktual dengan menggunakan persamaan (2) :

$$mean = \frac{10688.1}{108 - 1} = 99.888$$

- b. Tentukan jangkauan interval (l)

$$l = \frac{99.88878505}{2} = 49.944$$

- c. Tentukan basis interval *fuzzy*

Didapatkan jangkauan interval adalah 49.944 yang dibulatkan menjadi 50. Berdasarkan Tabel 1, maka basis intervalnya adalah 10.

- d. Tentukan jumlah interval

Hitung banyaknya interval (n) dengan menggunakan Persamaan (4), sebagai berikut:

$$n = \frac{(D_{max} + D_1) - (D_{min} - D_2)}{l}$$

$$n = \frac{(587.5 + 12.5) - (0.2 - 0.2)}{50}$$

$$n = \frac{600 - 0}{50}$$

$$n = \frac{600}{50} = 12$$

Setelah didapatkan jumlah intervalnya adalah 12 pada semesta U , selanjutnya untuk setiap himpunan semesta $u_1, u_2, \dots, u_{12}$ dilakukan penentuan batas bawah dan batas atas dengan menggunakan Persamaan (5). Hasil penentuan interval dapat dilihat pada Tabel 4 :

Tabel 4. Interval dari Himpunan Semesta U

Interval		
$u_1 = [0; 50]$	$u_2 = [50; 100]$	$u_3 = [100; 150]$
$u_4 = [150; 200]$	$u_5 = [200; 250]$	$u_6 = [250; 300]$
$u_7 = [300; 350]$	$u_8 = [350; 400]$	$u_9 = [400; 450]$
$u_{10} = [450; 500]$	$u_{11} = [500; 550]$	$u_{12} = [550; 600]$

- e. Tentukan nilai tengah himpunan *fuzzy* berdasarkan batas bawah dan batas atas yang telah diperoleh pada Tabel 4, dilakukan perhitungan dengan menggunakan Persamaan (6), hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Tengah Setiap Semesta Pembicara U

Nilai Tengah		
$m_1 = 25$	$m_2 = 75$	$m_3 = 125$
$m_4 = 175$	$m_5 = 225$	$m_6 = 275$
$m_7 = 325$	$m_8 = 375$	$m_9 = 425$
$m_{10} = 475$	$m_{11} = 525$	$m_{12} = 575$

- f. Menentukan himpunan *fuzzy* dan fuzzifikasi data
- Setelah himpunan *fuzzy* terbentuk, langkah berikutnya adalah proses fuzzifikasi. Fuzzifikasi merupakan tahapan di mana nilai linguistik ditentukan berdasarkan interval yang telah dibentuk sebelumnya, kemudian dilakukan perbandingan terhadap derajat keanggotaan yang relevan. Hasil fuzzifikasi dari data curah hujan dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini:

Tabel 6. Fuzzifikasi

No.	Bulan	Curah Hujan	Fuzzifikasi
1.	Januari 2015	221.6	A5
2.	Februari 2015	132.2	A3
3.	Maret 2015	390.5	A8
4.	April 2015	375.6	A8
5.	Mei 2015	177.9	A4
.....			
.....			
106.	Oktober 2023	14.7	A1
107.	November 2023	325.5	A7
108.	Desember 2023	293.1	A6

- 3) Menentukan *Fuzzy Logic Relationship* (FLR) dan *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG). FLR dari data curah hujan kota Palembang dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini :

Tabel 7. Hasil FLR

No	Bulan	Curah Hujan	Fuzzifikasi	FLR
1.	Januari 2015	221.6	A5	A5 → A3
2.	Februari 2015	132.2	A3	A3 → A8
3.	Maret 2015	390.5	A8	A8 → A8
4.	April 2015	375.6	A8	A8 → A4
5.	Mei 2015	177.9	A4	A4 → A4
.....				
.....				
106.	Oktober 2023	14.7	A1	A1 → A7
107.	November 2023	325.5	A7	A7 → A6
108.	Desember 2023	293.1	A6	

Setelah proses FLR dari Tabel 7 didapatkan, kemudian dibentuk FLRG yang merupakan pengelompokkan pada tiap perpindahan *state*, dari *current stage* ke *next stage*, ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil FLRG

Group	Current State dan Next State
1.	A1 → [A1,A1,A1,A1,A1,A1,A2,A2,A3,A4,A7]
2.	A2 → [A1,A1,A2,A2,A2,A2,A3,A4,A5,A5,A5,A6]
3.	A3 → [A2,A2,A2,A2,A3,A3,A3,A4,A4,A5,A6,A6,A7,A8,A9]
4.	A4 → [A1,A1,A2,A3,A4,A4,A6,A6,A7,A12]
5.	A5 → [A3,A3,A3,A3,A3,A4,A4,A5,A6,A6,A7,A7,A7,A7,A9]
6.	A6 → [A1,A3,A3,A5,A5,A5,A6,A7,A7,A7,A8,A8,A10]
7.	A7 → [A3,A3,A4,A4,A5,A5,A5,A5,A5,A6,A6,A6,A7,A9,A10,A10]
8.	A8 → [A4,A6,A7,A8,A8]
9.	A9 → [A5,A7,A12]
10.	A10 → [A7,A7,A7,A10]
11.	A12 → [A6,A6]

Dari hasil pengelompokkan FLRG didapatkan 11 grup dengan hanya ada satu fuzzifikasi yang tidak memiliki kelompok yaitu A11.

4) Menentukan defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi model Chen dimulai dengan memeriksa setiap FLRG yang FLR nya ada duplikasi, maka hanya diambil satu FLR saja, setelah itu dilakukan perhitungan berdasarkan Persamaan (5) dengan mencari nilai tengah yang sesuai dengan hasil fuzzifikasi. Hasil defuzzifikasi model Chen dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil defuzzifikasi model Chen

Group	Previous State	FLRG	Hasil Defuzzifikasi
1.	A1	A1,A2,A3,A4,A7	145
2.	A2	A1,A2,A3,A4,A5,A6	150
3.	A3	A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9	250
4.	A4	A1,A2,A3,A4,A6,A7,A12	225
5.	A5	A3,A4,A5,A6,A7,A9	258.333
6.	A6	A1,A3,A5,A6,A7,A8,A10	260.714
7.	A7	A3,A4,A5,A6,A7,A9,A10	289.285
8.	A8	A4,A6,A7,A8	287.5
9.	A9	A5,A7,A12	375
10.	A10	A7,A10	400
11.	A12	A6	275

Proses defuzzifikasi model Lee dilakukan dengan perhitungan berdasarkan Persamaan (6) dengan mencari nilai tengah yang sesuai dengan hasil fuzzifikasi dan menghitung kemunculan setiap fuzzifikasi. Hasil defuzzifikasi model Lee dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil defuzzifikasi model Lee

Group	Previous State	FLRG	Hasil Defuzzifikasi
1.	A1	A1,A1,A1,A1,A1,A1,A2,A2,A3,A4,A7	84.090
2.	A2	A1,A1,A2,A2,A2,A2,A3,A4,A5,A5,A5,A6	133.333
3.	A3	A2,A2,A2,A2,A3,A3,A3,A4,A4,A5,A6,A6,A7,A8,A9	195
4.	A4	A1,A1,A2,A3,A4,A4,A6,A6,A7,A12	205
5.	A5	A3,A3,A3,A3,A3,A4,A4,A5,A6,A6,A7,A7,A7,A7,A9	231.666
6.	A6	A1,A3,A3,A5,A5,A5,A6,A7,A7,A7,A8,A8,A10	263.461
7.	A7	A3,A3,A4,A4,A5,A5,A5,A5,A5,A6,A6,A6,A7,A9,A10,A10	265.625
8.	A8	A4,A6,A7,A8,A8	305
9.	A9	A5,A7,A12	375
10.	A10	A7,A7,A7,A10	362.5
11.	A12	A6,A6	275

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

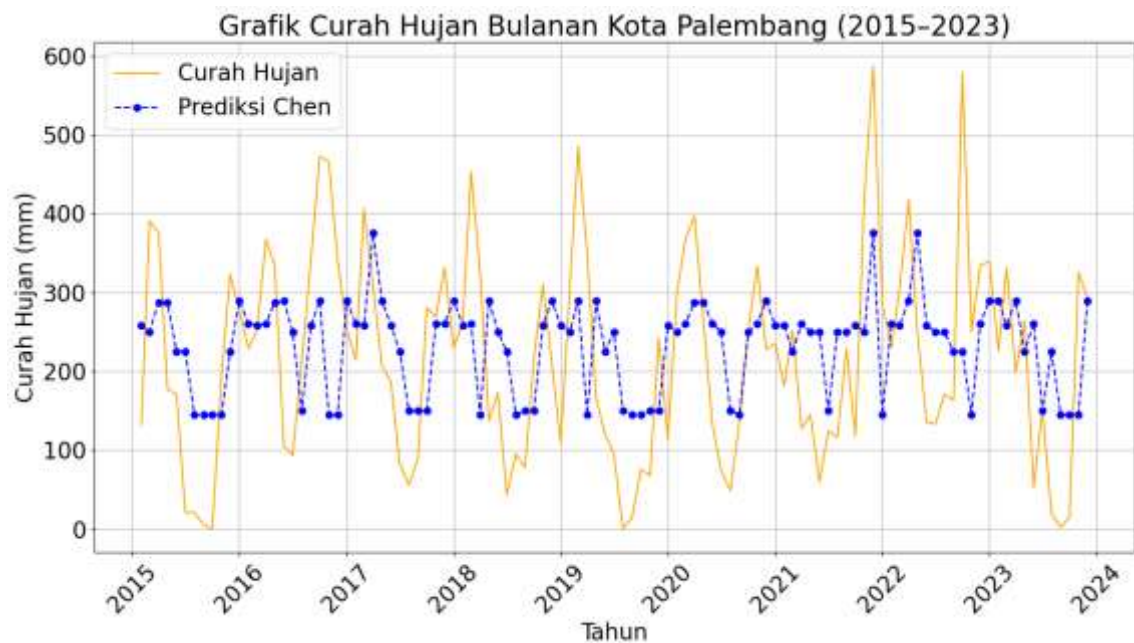
4.1 Hasil Prediksi *Fuzzy Time Series* Chen dan Lee

Nilai prediksi curah hujan pada Januari 2024 dapat dihitung dengan menggunakan FLRG yang telah dibuat berdasarkan hasil fuzzifikasi pada bulan sebelumnya. Pada bulan Desember 2023 berdasarkan Tabel 6 nilai fuzzifikasi yaitu A6. Proses defuzzifikasi model Chen berdasarkan Tabel 9 meliputi *group* 6 dengan FLRG A6 → A1,A3,A5,A6,A7,A8,A10 sehingga diperoleh prediksi curah hujan bulan Januari 2024 yaitu 260.714 mm. Proses defuzzifikasi model Lee berdasarkan Tabel 10 meliputi *group* 6 dengan FLRG A6 → A1,A3,A3,A5,A5,A5,A6,A7,A7,A7,A8,A8,A10 sehingga diperoleh prediksi curah hujan bulan Januari 2024 yaitu 263.461 mm. Hasil prediksi curah hujan dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Prediksi Curah Hujan

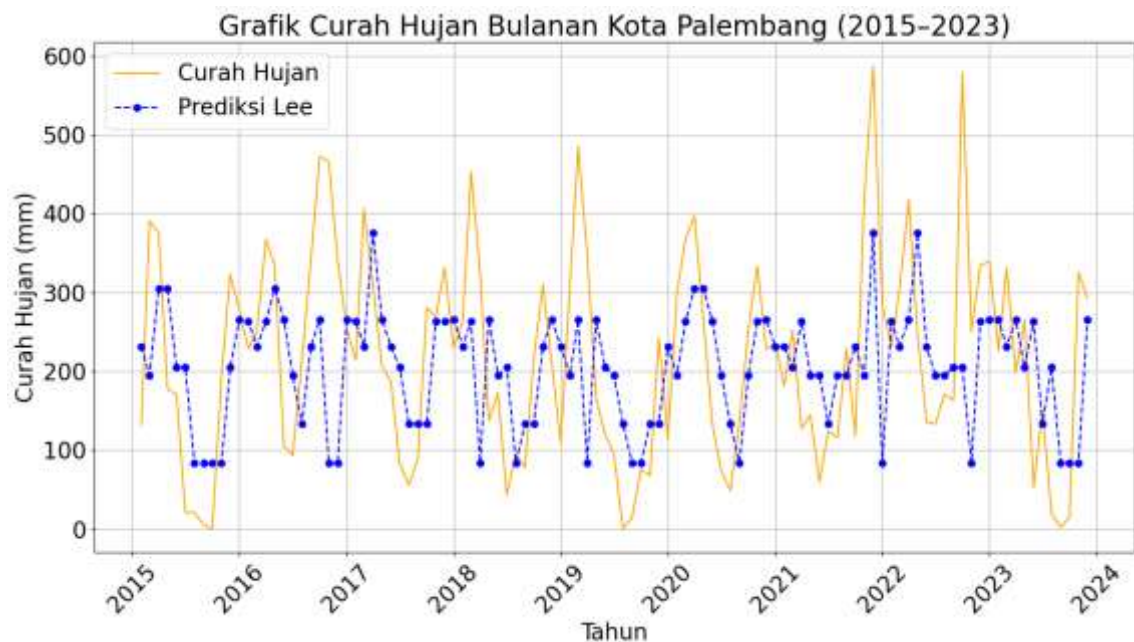
No.	Bulan	Data Aktual Curah Hujan	Previous State	Prediksi	
				Chen	Lee
1.	Januari 2015	221.6			
2.	Februari 2015	132.2	A5	258.333	231.666
3.	Maret 2015	390.5	A3	250	195
4.	April 2015	375.6	A8	287.5	305
5.	Mei 2015	177.9	A8	287.5	305
6.	Juni 2015	170.2	A4	225	205
...					
103.	Juli 2023	151.4	A2	150	133.333
104.	Agustus 2023	18.9	A4	225	205
105.	September 2023	2.5	A1	145	84.09
106.	Oktober 2023	14.7	A1	145	84.09
107.	November 2023	325.5	A1	145	84.09
108.	Desember 2023	293.1	A7	289.285	265.625
109.	Januari 2024		A6	260.714	263.461

Berikut grafik hasil prediksi metode Chen dibandingkan dengan data aktual curah hujan, dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Grafik perbandingan data aktual dengan hasil prediksi model Chen

Grafik hasil prediksi metode Lee dibandingkan dengan data aktual curah hujan, dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Grafik perbandingan data aktual dengan hasil prediksi model Lee

Berdasarkan grafik diatas, grafik data aktual berwarna jingga sedangkan hasil prediksi berwarna biru. Hasil prediksi yang diperoleh menggunakan *Fuzzy Time Series*

Chen dan Lee, dapat dilihat bahwa bentuk grafik hasil prediksi mendekati data aktual curah hujan, walaupun untuk beberapa data aktual dengan simpangan ekstrim tidak mendekati hasil prediksi metode *Fuzzy Time Series*.

4.2. Perhitungan Error Prediksi Curah Hujan

Berikut merupakan hasil perhitungan RMSE dan SMAPE untuk hasil prediksi curah hujan kota Palembang dengan menggunakan model Chen dan Lee dengan menggunakan Persamaan (7) dan (8), ditunjukkan pada Tabel 12 :

Tabel 12. Hasil Prediksi Curah Hujan

	<i>Fuzzy Time Series Chen</i>	<i>Fuzzy Time Series Lee</i>
RMSE	122.472	123.678
SMAPE	56.41 %	57 %

Diperoleh perhitungan nilai *error* dari perhitungan RMSE dan SMAPE untuk model Chen sebesar 122.472 dan 56.41%, sedangkan perhitungan nilai *error* dari perhitungan RMSE dan SMAPE untuk model Lee sebesar 123.578 dan 57%, Nilai *error* ini menunjukkan bahwa perolehan prediksi curah hujan kota Palembang memiliki kinerja yang mendekati baik dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Chen dan Lee. Berdasarkan hasil perbandingan kedua model, nilai *error* model Chen sedikit lebih kecil dibandingkan dengan nilai *error* model Lee, sehingga dapat disimpulkan bahwa model Chen sedikit lebih baik dibandingkan dengan model Lee dalam memprediksi curah hujan di Kota Palembang.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengimplementasian *Fuzzy Time Series* Chen dan Lee dalam prediksi curah hujan kota Palembang, berdasarkan grafik memberikan pola data prediksi yang mendekati data aktual.
2. Hasil perhitungan *error* dalam memprediksi curah hujan kota Palembang memiliki kinerja yang mendekati baik menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Chen dengan nilai RMSE dan SMAPE bernilai 122.472 dan 56.41%, sedangkan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Lee dengan nilai RMSE dan SMAPE bernilai 123.578 dan 57%.
3. Berdasarkan perbandingan nilai *error*, model Chen sedikit lebih baik dibandingkan dengan model Lee dalam memprediksi curah hujan di Kota Palembang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BMKG, "Laporan Cuaca dan Iklim Indonesia," Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, Jakarta, 2023.
- [2] E. Aldrian and R. D. Susanto, "Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature," *International Journal of Climatology*, vol. 23, no. 12, pp. 1435-1452, 2003.
- [3] G. P. Kasih, U. Yudatama and R. A. Widyanto, "Prediksi Curah Hujan di Kabupaten Magelang Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Untuk Mendukung Pengambilan Keputusan," *Journal of Information System Research (JOSH)*, vol. 6, no. 2, pp. 923-932, 2025.
- [4] M. Ariska, H. A. M. Muslim, M. Romadoni and F. S. Putriyani, "Prediksi Perubahan Iklim Ekstrem di Kota Palembang dan Kaitannya dengan Fenomena El Nino Southern Oscillation (ENSO) Berbasis Machine Learning," *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah)*, vol. 6, no. 2, pp. 79-86, 2022.
- [5] M. Irfan, F. Virgo, M. Y. N. Khakim, M. Ariani, A. Sulaiman and I. Iskandar, "The dynamics of rainfall and temperature on peatland in South Sumatra during the 2019 extreme dry season," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1940, 2021.
- [6] P. A. A. Hutahaean, N. A. P. Angin, A. L. Hutagaol and B. V. Sundawa, "Rancang Bangun Alat Pengukur Curah Hujan dan Level Ketinggian Air Berbasis Thingier," *Konferensi Nasional Social dan Engineering Politeknik Negeri Medan*, p. 7–15, 2023.
- [7] WMO, Guide to Hydrological Practices, Switzerland: World Meteorological Organization, 2008.
- [8] BMKG, "Data Curah Hujan Kota Palembang," Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, Palembang, 2020.
- [9] A. Setiawan, L. B. Prasetyo and A. Haryanto, "Application of Artificial Intelligence for Rainfall Prediction in Indonesia," *Journal of Climate Research*, vol. 10, no. 2, pp. 45-20, 2022.
- [10] H. J. Fowler, C. G. Kilsby and J. Stunell, "Modelling the impacts of projected future climate change on water resources in north-west England," *Hydrology and Earth System Science*, vol. 11, no. 3, p. 1115–1126, 2007.
- [11] D. R. Legates and G. J. McCabe, "Evaluating the use of 'goodness-of-fit' measures in hydrologic and hydroclimatic model validation," *Water Resources Research*, vol. 35, no. 1, pp. 233-241, 1999.
- [12] D. K. Sari and A. Sa'adah, "Perbandingan Fuzzy Time Series Chen dan Cheng untuk Peramalan Harga Beras di Kabupaten Banyumas," *Euler : Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*, vol. 12, no. 2, pp. 170-174, 2024.
- [13] F. Andika, Nurviana¹ and R. P. Sari, "Peramalan menggunakan Fuzzy Time Series Chen (Studi Kasus Curah Hujan Kota Langsa)," *Amalgamasi : Journal of Mathematics and Applications*, vol. 1, no. 2, pp. 2830-3695, 2022.
- [14] D. E. Putri, N. N. Debataraja and N. Imro'ah, "Prediksi Harga Emas Menggunakan Fuzzy Time Series Lee," *BIMASTER : Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, vol. 12, no. 2, pp. 151-160, 2023.

- [15] D. A. Sari, W. P. Nurmawati and Kertanah, "Perbandingan Metode Fuzzy Time Series Model Chen, Lee, dan Singh pada Produksi Tomat di Nusa Tenggara Barat," *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Statistika*, vol. 3, no. 1, pp. 231-253, 2023.
- [16] Armita, N. Afnisah and F. Marpaung, "A Comparison of the Fuzzy Time Series Methods of Chen, Cheng and Markov Chain in Predicting Rainfall in Medan," *Journal of Physics: Conference Series, Institute of Physics Publishing*, vol. 1462, 202.
- [17] D. Monica and D. Suhaedi, "Analisis Model Fuzzy Times Series Chen, Cheng dan Singh pada Data Trend," *Jurnal Riset Matematika (JRM)*, vol. 4, no. 1, pp. 81-92, 2024.
- [18] S. M. Chen and C. C. Hsu, "A New Method to Forecast Enrollments Using Fuzzy Time Series," *International Journal of Applied Science and Engineering*, vol. 2, no. 3, p. 234–244, 2004.
- [19] C. Cheng, G. Cheng and J. Wang, "Multi-Attribute Fuzzy Time Series Method based on Fuzzy Clustering," *Expert Systems with Applications: An International Journal*, vol. 34, no. 2, p. 1235–1242, 2008.
- [20] Ipan, Syaripuddin and D. A. Nohe, "Perbandingan Model Chen dan Model Lee pada Metode Fuzzy Time Series untuk Peramalan Produksi Kelapa Sawit Provinsi Kalimantan Timur," *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Statistika, dan Aplikasinya*, vol. 2, pp. 81-95, 2022.
- [21] N. Vivianti, M. Pratiwi and F. Sari, "Penerapan Metode Fuzzy Time Series Lee dalam Peramalan Penjualan Berbasis Web (Studi Kasus: Isan Ponsel Dumai)," *Jurnal Teknologi Komputer dan Informasi (JUTEKINF)*, vol. 12, no. 2, pp. 114-132, 2024.
- [22] A. A. Maulana and H. Rosalina, "Implementasi Metode SARIMAX Untuk Prediksi Curah Hujan Jangka Pendek Di Pagerageung Tasikmalaya," *Jurnal Sumber Daya Air*, vol. 20, no. 1, pp. 39-50, 2024.
- [23] R. F. Firdaus and I. V. Paputungan, "Prediksi Curah Hujan di Kota Bandung Menggunakan Metode Long Short Term Memory," *Jurnal Penelitian Inovatif (JUPIN)*, vol. 2, no. 3, pp. 453-460, 2022.
- [24] E. D. S. Mulyani, I. Septianingrum, N. Nurjanah, R. Rahmawati, S. Nurhasani and K. M. R. K., "Prediksi Curah Hujan di Kabupaten Majalengka dengan Menggunakan Algoritma Regresi," *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*, vol. 8, no. 1, pp. 67-77, 2019.
- [25] G. Fibarkah, M. A. Tondang, N. W. Yulistyaningrum and M. Afrad, "Prediksi Curah Hujan di Kabupaten Rembang dengan Model Random Forest," *proceedings of the National Conference on Electrical Engineering, Informatics, Industrial Technology, and Creative Media*, vol. 4, no. 1, pp. 863-871, 2024.
- [26] C. C. Lovell, V. Acquaviva, P. A. Thomas, K. G. Iyer, E. Gawiser and S. M. Wilkins, "Learning the relationship between galaxies spectra and their star formation histories using convolutional neural networks and cosmological simulations," *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 490, no. 4, p. 5503–5520, 2019.