
KAJIAN METODE *FUZZY TIME SERIES-CHEN* DAN *FUZZY TIME SERIES-MARKOV CHAIN* DAN TERAPAN PADA PERAMALAN CURAH HUJAN

Rahmadani*

Universitas Sumatera Utara, Medan, Sumatera Utara, Indonesia, 20155

Mardiningsih

Universitas Sumatera Utara, Medan, Sumatera Utara, Indonesia, 20155

Elly Rosmaini

Universitas Sumatera Utara, Medan, Sumatera Utara, Indonesia, 20155

Putri Khairiah Nasution

Universitas Sumatera Utara, Medan, Sumatera Utara, Indonesia, 20155

Abstrak. Penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Time Series-Chen* dan *Fuzzy Time Series-Markov Chain* untuk mengkaji dan menerapkan kedua metode pada peramalan curah hujan di Kota Medan sehingga didapat keakuratan dari masing-masing metode. *Fuzzy Time Series* merupakan metode peramalan yang berdasarkan prinsip *fuzzy*. Peramalan pada metode ini yaitu dengan menggunakan pola data sebelumnya, kemudian pola tersebut dapat meramalkan data dimasa mendatang. Metode *Fuzzy Time Series (FTS)* merupakan pendekatan baru yang menggabungkan variabel linguistik dengan proses analisis sehingga diperoleh hasil kajian dan penerapannya untuk memprediksi curah hujan di Kota Medan pada Januari 2018- Oktober 2022 dilihat dari ketetapan nilai MAPE sangat akurat. Nilai MAPE dari hasil peramalan curah hujan di Kota Medan dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series-Chen* adalah sebesar 1,20 % dan untuk peramalan satu bulan kedepan sebesar 264 mm di bulan November 2022 sedangkan pada *Fuzzy Time Series Markov-Chain* sebesar 1,01% dan dilakukan prediksi selama 12 bulan kedepan sehingga didapatkan pola ramalan paling mirip dengan pola data di bulan Januari 2021-Desember 2021. Perbandingan gambar *Fuzzy Time Series-Chen* memiliki (MAPE) dengan pola kesalahan pada tabelnya lebih besar dibandingkan *Fuzzy Time Series-Markov Chain*. Namun, berdasarkan kriteria MAPE, kedua metode tersebut memenuhi akurasi peramalan akurat, karena tingkat MAPE-nya kurang dari 10%.

Kata Kunci: *Fuzzy Time Series, Fuzzy Time Series-Chen and Fuzzy Time Series Markov-Chain, Keakuratan MAPE.*

Abstract. This research uses the *Fuzzy Time Series-Chen* and *Fuzzy Time Series-Markov Chain* methods to study and apply both methods to forecasting rainfall in Medan City so that the accuracy of each method is obtained. *Fuzzy Time Series* is a forecasting method based on fuzzy principles. Forecasting in this method is by using previous data patterns, then these patterns can predict future data. The *Fuzzy Time Series (FTS)* method is a new approach that combines linguistic variables with an analysis process so that the results of the study and its application are obtained to predict rainfall in Medan City in January 2018-October 2022 seen from the very accurate MAPE value determination. The MAPE value from the results of rainfall forecasting in the city of Medan using the *Fuzzy Time Series-Chen* method is 1,20% and for forecasting one month ahead it is 264 mm in November 2022 while in the *Fuzzy Time Series Markov-Chain* it is 1,01% and predictions are made for the next 12 months so that the forecast pattern is most similar to the data pattern in January 2021-December 2021. The comparison of the *Fuzzy Time Series-Chen* image has (MAPE) and the error pattern in the table is greater than the *Fuzzy Time Series-Markov Chain*. However, based on the MAPE criteria, both methods meet accurate forecasting accuracy, because the MAPE level is less than 10%.

Keywords: *Fuzzy Time Series, Fuzzy Time Series-Chen and Fuzzy Time Series Markov-Chain, MAPE Consistency.*

Sitasi: Rahmadani, Mardiningsih, Rosmaini, E., Nasution, P.K. 2024. Kajian Metode *Fuzzy Time Series-Chen* Dan *Fuzzy Time Series-Markov Chain* Dan Terapan Pada Peramalan Curah Hujan. *MES (Journal of Mathematics Education and Science)*, 10(1): 22-33.

Submit: 04 Juni 2024	Revise: 17 Juni 2024	Accepted: 20 Juli 2024	Publish: 10 Oktober 2024
--------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	------------------------------------

PENDAHULUAN

Prediksi, juga dikenal sebagai peramalan, adalah proses yang melibatkan tentang beberapa kemungkinan hasil yang mungkin terjadi di masa depan. Peramalan atau prediksi dapat memanfaatkan data lampau, yang akan diproyeksikan secara matematis untuk masa mendatang. Analisis deret waktu mampu menganalisis data dengan meminimalkan varian waktu. Analisis di atas dapat digunakan untuk menganalisis data dalam beberapa periode waktu, yang akan membantu peramal mengantisipasi kemungkinan terjadinya hujan selama periode prediksi. Dua metode yang termasuk dalam metode peramalan adalah metode kuantitatif dan kualitatif. Metode kuantitatif merupakan pendekatan yang mirip dengan metode deret waktu atau dikenal juga dengan metode *time series*. Metode kuantitatif diklasifikasikan menjadi dua kategori: teknik regresi dan deret waktu. (Rachmawati and Anifah, 2021). Ada banyak metode *FTS* yang digunakan, salah satunya metode *FTS Chen* (Widiyani, Setyawan and Jatipaningrum, 2022).

Penelitian lain yang menggunakan *FTS-Chen* dan *FTS-Markov* yakni (Maria *et al.*, 2019) mengenai prediksi curah hujan di Nusa Tenggara Timur. Selain itu, oleh (Widiyani, Setyawan and Jatipaningrum, 2022) juga pernah melakukan penelitian tentang indeks harga saham didapat tingkat akurasi berada dibawah 10% menggunakan *Fuzzy Time Series-Chen* dan *weighted Fuzzy Integrated Time*. Selanjutnya (Agan and Teti Sofia Yanti, 2022) juga melakukan penelitian tentang Perbandingan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Chen Average Based* untuk Peramalan Volume Impor Migas. Dan juga (Kurniawati Safitri, Dadan Kusnandar, 2023) dengan metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain* untuk peramalan curah hujan.

Salah satu peramalan untuk menganalisis curah hujan di Kota Medan dengan metode *Fuzzy Time Series-Chen* dan *Fuzzy Time Series-Markov Chain* akan dilakukan pada penelitian ini. Terlebih dahulu pada penelitian dilakukan kajian tentang kedua metode, yang bertujuan untuk membantu perkiraan hujan yang akan terjadi untuk beberapa waktu kedepan. Dan melihat hasil terapannya pada peramalan curah hujan sehingga didapat metode mana yang mempunyai keakuratan terkecil dalam peramalan yang dilakukan dari masing-masing metode.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif kuantitatif. Data yang digunakan merupakan data historis yang tersusun berdasarkan deret waktu. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang di ambil dari BPS Provinsi Sumatera Utara di Kota Medan yang diperoleh secara online dari bulan Januari 2018- Oktober 2022 yang disajikan dalam bentuk bulanan. Data yang di ambil sebanyak 58 data.

Subjek dari penelitian yaitu BPS Provinsi Sumatera Utara di Kota Medan. Sedangkan, objeknya penelitiannya mencakup kondisi data curah hujan di Kota Medan. Pengumpulan data sekunder kuantitatif yang didapat dari Badan Pusat Statistik Sumatera Utara. Pada penelitian ini digunakan metode analisis *FTS-Chen* dan *FTS-Markov Chain* untuk peramalan tingkat curah hujan di Kota Medan. Penelitian ini menggunakan software seperti Rstudio dan Ms. Excel 2013 untuk memudahkan penyelesaian.

Pada penelitian Bahan data yang dipakai untuk laporan penelitian ini ialah data sekunder kuantitatif yang didapat dari Badan Pusat Statistik Sumatera Utara. Data dikumpulkan kemudian diolah dengan tahapan dari masing-masing kedua metode.

Fuzzy Time Series

Pada tahun 1960-an, Lotfi A. Zadeh, seorang profesor menemukan teori yang disebut logika *fuzzy*. Kemudian pada tahun 1993, Song dan Chissom mengembangkan logika *fuzzy* sebagai metode yang digunakan untuk prediksi. Metode *Fuzzy Time Series (FTS)* merupakan pendekatan baru yang menggabungkan variabel linguistik dengan proses analisis penerapan logika *fuzzy* ke dalam data deret waktu untuk mengatasi ketidakjelasan data. Chen menemukan kembali metode *Fuzzy Time Series (FTS)* pada tahun 1996, menggunakan contoh operasi aritmatika untuk peramalan di Universitas Alabama.

Fuzzy Time Series-Chen

Dikutip dari (Rachim. F, Tarno and Sugito, 2020) Menurut Poulsen (2009), berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan dengan metode *Fuzzy Time Series-Chen*:

1. Menentukan himpunan semesta U

Setelah menganalisis data historis, diperoleh nilai maksimal dan minimal. Selanjutnya himpunan semesta U didapatkan dengan menggunakan rumus berikut:

$$U = [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] \quad (1)$$

2. Menentukan panjang interval

- a. Menentukan jarak interval

$$n = 1 + 3,3 \log N \quad (2)$$

- b. Menentukan rentang (*Range*)

$$R = (D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1) \quad (3)$$

- c. Menentukan panjang interval

$$l = \frac{\text{range } (R)}{\text{banyak interval kelas } (n)} \quad (4)$$

- d. Mencari nilai tengah

$$m_i = \frac{\text{batas atas} + \text{batas bawah}}{2} \quad (5)$$

3. Mendefinisikan *fuzzifikasi*

Himpunan semesta $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, untuk himpunan *fuzzy* A_i dengan derajat keanggotaan didefinisikan bahwa:

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{\mu_{A_i}(u_2)}{u_2} + \frac{\mu_{A_i}(u_3)}{u_3} + \dots + \frac{\mu_{A_i}(u_n)}{u_n} \quad (6)$$

Untuk $\mu_{A_i}(u_j)$ merupakan derajat keanggotaan antara u_j dan A_i dengan $\mu_{A_i}(u_j) \in [0,1]$ dan $1 \leq j \leq n$ didefinisikan dengan:

$$\mu_{A_i}(u_j) = \begin{cases} 1 & i = j \\ 0,5, & \text{jika } i = j - 1 \text{ atau } j + 1 \\ 0 & \text{yang lainnya} \end{cases} \quad (7)$$

4. Proses *Fuzzy Logical Relationship (FLR)*

Setelah hubungan logika *fuzzy* didapatkan berdasarkan data sebelumnya dan menghitung *fuzzy* A_i untuk bulan selanjutnya, hasilnya disajikan pada tabel (*FLR*).

5. Membentuk *Fuzzy Logical Relationship Group (FLGR)*

Berdasarkan langkah keempat, hubungan logika *fuzzy* diklasifikasikan menjadi bagian-bagian berdasarkan kelompok yang sejenis dan hubungan yang serasi, tanpa ada penyimpangan dari kelompok yang sama.

6. Menghitung peramalan

Ada beberapa hal dalam *Fuzzy Time Series-Chen* yang perlu dipertimbangkan yakni dengan:

Aturan 1: Jika data masuk dalam A_i namun tidak ada relasi ke logika *fuzzy*, seperti $A_i \rightarrow \emptyset$, maka F_t adalah $m_j(t-1)$, dengan $m_j(t-1)$ sebagai tingkat interval uji dari data $(t-1)$ untuk menentukan rata-ratanya.

Aturan 2: Apabila ada satu rangkaian dalam relasi logika *fuzzy*, misalnya $A_i \rightarrow A_j$ dan jika pada data t ($t-1$) dimasukkan ke A_i , maka untuk F_t adalah $m_j(t-1)$, dimana $m_j(t-1)$ adalah nilai rata-rata interval pada logika *fuzzy* yang terbentuk pada data yang dimulai dari $(t-1)$.

Aturan 3: Jika relasi relasi logika *fuzzy* $A_i \rightarrow A_i, A_j, \dots, A_n$ ada, F_t adalah nilai peramalan dari A_i, A_j, \dots, A_n . Menurut rumus berikut:

$$F_t = \frac{m_{1(t-1)} + m_{2(t-1)} + \dots + m_{n(t-1)}}{n} \quad (8)$$

Fuzzy Time Series-Markov Chain

Tsaur pertama kali mengemukakan metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain*. *Fuzzy Time Series-Markov Chain* adalah teknik *fuzzy* deret waktu dan rantai Markov. Tahapan sebagai berikut:

1. Penentuan Himpunan semesta U dengan rumus berikut:

$$U = [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] \quad (9)$$

2. Penentuan Interval

- a. Menghitung beberapa interval kelas

$$n = 1 + 3,3 \log N$$

- b. Penentuan panjang interval kelas.

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

- c. Menentukan nilai tengah yaitu dengan:

$$m_k = \frac{(\text{batas bawah} + \text{batas atas})}{2}$$

3. Nilai Luangistik dan himpunan *fuzzy*.

Variabel linguistic data penelitian terdiri dari himpunan *fuzzy* A_i dengan definisi $1 \leq i \leq k$ yaitu:

$$A_i = \left\{ \frac{f_{A_i}(u_1)}{u_1}, \frac{f_{A_i}(u_2)}{u_2}, \frac{f_{A_i}(u_3)}{u_3}, \dots, \frac{f_{A_i}(u_k)}{u_k} \right\} \quad (10)$$

yang artinya $f_{A_i}: U \rightarrow [0,1]$. Apabila U_j tidak sama dengan A_j , untuk $f_{A_i}(u_j)$ berlaku aturan berikut:

Aturan 1: Jika X_t ada di u_i , maka derajat keanggotaannya 1, u_{i+1} adalah 0,5 dan jika tidak berada diantara keduanya, maka nilainya dikatakan sebagai 0.

Aturan 2: Jika X_t terdapat pada u_i , maka $1 \leq i \leq k$ menunjukkan bahwa nilainya yaitu 1, 0,5 jika u_{i-1} dan u_{i+1} . Apabila data terdapat pada ketiga elemen tersebut maka didapatkan 0.

Aturan 3: Ketika X_t terdapat pada u_i nilainya 1, 0,5 untuk u_{i-1} . Jika data tidak diantaranya keduanya nilainya 0.

4. Hubungan *Fuzzy Logical Relationship (FLR)*, yakni mengetahui relasi logika *fuzzy* antara A_i dan A_j . Kita mempunyai data historis $Y(t-1)$ kemudian dengan A_i kita memiliki kejadian selanjutnya di t .
5. Penerapan *Fuzzy Logical Relationship (FLRG)*. Langkah khusus ini terdiri dari pengklasifikasian *FLRG* ke dalam kategori/kelompok yang berbeda.

6. Menentukan matriks peluang transisi Markov. Akibatnya terjadi perubahan transisi fase Markov antara $k \times k$.

Peluang transisi keadaan yang akan dituju:

$$P_{ij} = \frac{M_{ij}}{M_i}; i, j = 1, 2, \dots, k \quad (11)$$

Matriks keadaan transisi state R dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$R = \begin{bmatrix} P_{11} & \dots & P_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{k1} & \dots & P_{kk} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Dimana $\sum_{j=1}^k P_{ij} = 1; i = 1, 2, \dots, k$

7. Tentukan awal peramalan dengan ketentuan berikut:

- a. Apabila *FLRG* A_i yakni hubungan antara suatu himpunan dengan himpunan lainnya $R: A_i \rightarrow A_k$ dengan $P_{ij} = 0$ dan $P_{ik} = 1, j \neq k$, maka pendugaan tersebut dari m_k cara mengukur u_k dengan rumus sebagai berikut:

$$F(t) = m_k P_{ij} = m_k$$

- b. Apabila *FLRG* A_j dengan data dianalisis $Y(t-1)$ terhadap $t-1$ merupakan relasi $R: A_j \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_k$, maka terletak pada state A_j , memberikan hasil yakni:

$$F(t) = m_1 P_{j1} + m_2 P_{j2} + \dots + m_{j-1} P_{j(j-1)} + Y(t-1) P_{ij} + m_{j+1} P_{j(j+1)} + \dots + m_k p_k$$

8. Tentukan nilai penyesuaian pada peramalan. Aturan berikut berlaku untuk penyesuaian:

- a. Bila keadaan A_i adalah relasi $A_j (R: A_i \rightarrow A_j), (i < j)$, rumus berikut dapat digunakan untuk menentukan nilai penyesuaiannya:

$$D_{t1} = \frac{l}{2}$$

- b. Jika keadaan A_i adalah relasi $A_j (R: A_i \rightarrow A_j), (i > j)$, maka derajat kesesuaiannya didapat persamaan berikut:

$$D_{t1} = -\frac{l}{2}$$

- c. Ketika state $Y(t-1) = A_i$ berubah dari $t, (1 \leq s \leq n-i)$, menjadi A_{i+s} transisinya adalah:

$$D_{t2} = \left(\frac{l}{2}\right) s, (1 \leq s \leq n-i)$$

- d. Jika state $Y(t-1) = A_i$ berubah menjadi A_{i-v} pada $t, (1 \leq s \leq n-i)$, maka perubahannya dapat dilihat pada persamaan:

$$D_{t2} = -\left(\frac{l}{2}\right) v, (1 \leq v \leq n-i)$$

9. Menghitung nilai akhir peramalan. Berikut hasil akhir dengan menggunakan rumus:

$$F'_t = F_t \pm D_{t1} \pm D_{t2} = F_t \pm \left(\frac{l}{2}\right) \pm \left(\frac{l}{2}\right)$$

Perhitungan Ketepatan Model

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y(t) - F'(t)}{Y(t)} \times 100\% \right|$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa dari Januari 2018-Oktober 2022 data curah hujan yang tertinggi terjadi pada Oktober 2021 sebesar 446,3 mm dan curah hujan terendah terjadi pada Maret 2019 sebesar 17 mm.

Hasil *Fuzzy Time Series-Chen*

1. Menentukan himpunan semesta U
 $U = [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] = [17 - 1; 446,3 + 3,7]; U = [16; 450]$
2. Menentukan panjang interval
 - a. Menghitung interval kelas
 $n = 1 + 3,3 \log N = 1 + 3,3 \log 58; n = 6,8 \approx 7$
 - b. Menentukan nilai rentang atau *range*
 $R = (D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1) = 450 - 16 = 434$
 - c. Menentukan lebar interval
 $l = \frac{range(R)}{banyak\ interval\ kelas\ (n)} \quad l = \frac{434}{7} = l = 62$
 - d. Mencari nilai tengah

Dari hasil tersebut, selanjutnya membagi himpunan semesta U dengan panjang interval (l) menggunakan persamaan rumus (2.8) diperoleh:

$$\begin{aligned} u_1 &= (16; 78) \\ u_2 &= (78; 140) \\ u_3 &= (140; 202) \\ &\vdots \\ u_7 &= (388; 450) \end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai u_1 dan u_7 yang merupakan interval-interval dari himpunan semesta U . Kemudian dapat diperoleh nilai tengah yang dihasilkan dari nilai batas atas dan batas bawah dan jumlah kelasnya pada tabel dibawah.

Tabel 1. Nilai Tengah Data

Jumlah Kelas	Batas Bawah	Batas Atas	Nilai Tengah (m)
u_1	16	78	47
u_2	78	140	109
u_3	140	202	171
u_4	202	264	233
u_5	264	326	295
u_6	326	388	357
u_7	388	450	419

3. Nilai linguistik dan himpunan fuzzy
 Pada tabel diatas menunjukkan banyaknya kelas interval yaitu 7. Didasarkandari jumlah anggotanya 0, 0,5, 1 dan variabel linguisticnya tidak lebih besar dari 1. dan melakukan *fuzzifikasi* terhadap data observasi sebelumnya.

$$\begin{aligned} A_1 &= \left\{ \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} \right\} \\ A_2 &= \left\{ \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} \right\} \\ A_3 &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0,5}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} \right\} \end{aligned}$$

$$A_4 = \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{1}{u_4} + \frac{0,5}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} \right\}$$

$$A_5 = \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0,5}{u_4} + \frac{1}{u_5} + \frac{0,5}{u_6} + \frac{0}{u_7} \right\}$$

$$A_6 = \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0,5}{u_5} + \frac{1}{u_6} + \frac{0,5}{u_7} \right\}$$

$$A_7 = \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0,5}{u_6} + \frac{1}{u_7} \right\}$$

4. Proses *Fuzzy Logical Relationship (FLR)*

FLR merepresentasikan hubungan antara data awal dan data selanjutnya dalam struktur *fuzzy*. Misalkan, data curah bulan pertama pada Januari 2018 adalah A_3 sedangkan data kedua di Februari 2018 adalah A_1 , maka pengaruh fungsi *FLR* adalah $A_3 \rightarrow A_1$.

Urutan Data	FLR
1-2	$A_3 \rightarrow A_1$
2-3	$A_1 \rightarrow A_1$
3-4	$A_1 \rightarrow A_2$
4-5	$A_2 \rightarrow A_3$
⋮	⋮
56-57	$A_3 \rightarrow A_4$
57-58	$A_4 \rightarrow A_4$

5. Membentuk *Fuzzy Logical Relationship Group (FLGR)*

Langkah selanjutnya mengelompokkan setiap data *Fuzzy Logical Relationship (FLR)* ke dalam beberapa kelompok dengan tidak ada perulangan yang sama, sehingga di dapat hasil

Current state	Next state	Peramalan
A_1	$\rightarrow A_1, A_2, A_3$	$\frac{m_1 + m_2 + m_3}{3} = 109$
A_2	$\rightarrow A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$	$\frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6}{6} = 202$
A_3	$\rightarrow A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$	$\frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7}{7} = 233$
A_4	$\rightarrow A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_7$	$\frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_7}{6} = 212,3$
A_5	$\rightarrow A_3, A_4, A_6, A_7$	$\frac{m_3 + m_4 + m_6 + m_7}{4} = 295$
A_6	$\rightarrow A_1, A_2, A_5$	$\frac{m_1 + m_2 + m_5}{3} = 150,3$
A_7	$\rightarrow A_4, A_5$	$\frac{m_4 + m_5}{2} = 264$

6. Menghitung nilai peramalan

Kemudian kita menghitung data peramalan yang diperoleh dari data *Fuzzy Logical Relations Group (FLGR)* yang sudah kita peroleh sebelumnya. Sehingga di dapat hasilnya di dalam tabel:

Tabel 2. Hasil Peramalan Menggunakan *Fuzzy Logical Relations Group*

Bulan	Curah Hujan	Fuzzyfikasi	Ramalan
Januari 2018	151	A_3	-
Februari 2018	47	A_1	109
Maret 2018	41	A_1	109
April 2018	126	A_2	202
Mei 2018	169	A_3	233
Juni 2018	170	A_3	233
⋮	⋮	⋮	⋮
September 2022	247,2	A_4	212,3
Oktober 2022	245,2	A_4	212,3
November 2022	-	A_7	264

HASIL FUZZY TIME SERIES-MARKOV CHAIN

- Penentuan himpunan semesta U
 $U = [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] = [17 - 1; 446,3 + 3,7]; U = [16; 450]$
- Penentuan Interval
 - Menghitung banyaknya interval kelas
 $n = 1 + 3,3 \log 58; n = 6,8 \approx 7$
 - Penentuan panjang interval kelas.

$$l = \frac{[(D_{max}+D_2)-(D_{min}-D_1)]}{k} = \frac{[(446,3+3,7)-(17-1)]}{7} = \frac{434}{7} = l = 62$$
 - Menentukan nilai tengah
 Kemudian menghitung nilai median dari setiap interval, misalnya untuk u_1 dengan nilai $[16,78]$ maka nilai pada u_1 dijumlah lalu dibagi 2 sehingga didapat nilai tengahnya.
- Menentukan himpunan fuzzy.
 Mendefinisikan himpunan fuzzy A_i menjadi suatu himpunan-himpunan fuzzy yang variabel linguistiknya ditentukan sesuai himpunan semesta yang berpengaruh pada pembentukan interval.
- Penentuan *Fuzzy Logical Relationship (FLR)*
 Untuk penentuan FLG dilihat dari data bulan Januari 2018 ($t = 1$) sebesar 151 masuk dan termasuk ke dalam interval $u_3 = [140,202]$, Selanjutnya berdasarkan himpunan Fuzzy yang sudah didapat, u_3 mempunyai derajat keanggotaan 1 ketika berada pada himpunan A_3 , Akibatnya, untuk data bulan Januari 2018 dan seterusnya, himpunan Fuzzy terdapat di A_3 .
- Pembentukan *Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)*.

<i>Current state</i>	<i>Next state</i>
A_1	$\rightarrow 4(A_1), 4(A_2), 2(A_3)$
A_2	$\rightarrow 2(A_1), 2(A_2), A_3, 2(A_4), A_5, 2(A_6)$
A_3	$\rightarrow 2(A_1), A_2, 4(A_3), 2(A_4), A_5, A_6, A_7$
A_4	$\rightarrow A_1, A_2, 3(A_3), A_4, A_5, A_7$
A_5	$\rightarrow A_3, 3(A_4), 3(A_6), A_7$
A_6	$\rightarrow A_1, 2(A_2), 3(A_5)$
A_7	$\rightarrow A_4, 2(A_5)$
- Menentukan matriks peluang transisi. Akibatnya terjadi perubahan transisi fase markov antara $k \times k$.

Tabel 3. Matriks Peluang Transisi

P_{ij}	J						
	1	2	3	4	5	6	7
1	$\frac{4}{10}$	$\frac{4}{10}$	$\frac{2}{10}$	0	0	0	0
2	$\frac{2}{10}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{2}{10}$	0
3	$\frac{2}{12}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{4}{12}$	$\frac{2}{12}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{12}$
i	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	0	$\frac{1}{8}$
5	0	0	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$	0	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{8}$
6	$\frac{1}{6}$	$\frac{2}{6}$	0	0	$\frac{3}{6}$	0	0
7	0	0	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0

7. Menentukan nilai peramalan awal

Misalnya pada bulan Februari 2018 ($t = 2$) data bernilai 47 dan saat Januari 2018 ($t = 1$) data bernilai 41. dimana keadaannya bertransisi dari A_3 ke A_1 sehingga untuk perhitungan sebagai berikut:

$$F(t) = m_1P_{31} + m_2P_{32} + Y_1P_{33} + m_4P_{44} + m_5P_{55} + m_6P_{36} + m_7P_{37}$$

$$F(2) = 47\left(\frac{2}{12}\right) + 109\left(\frac{1}{12}\right) + 151\left(\frac{4}{12}\right) + 233\left(\frac{2}{12}\right) + 295\left(\frac{1}{12}\right) + 357\left(\frac{1}{12}\right) + 419\left(\frac{1}{12}\right) = 195,3$$

Dengan perhitungan awal untuk seluruh data dapatdi hitung dengan cara yang sama, hasil awal untuk seluruh data tersedia. Sehingga di dapat data peramalan untuk bulan selanjutnya pada bulan November 2022 yaitu 203,7.

8. Menentukan nilai penyesuaian pada peramalan. mencari nilai penyesuaian:

Menyelesaikan kecenderungan nilai peramalan. Tujuan dari tahap penyesuaian nilai peramalan adalah untuk mengurangi penyimpangan hasil prakiraan. Sebagai contoh, untuk bulan Februari 2018, pada Tabel 5 menunjukkan bahwa adalah A_3 adalah kondisi saat ini dan keadaan berikutnya A_1 sehingga mencari nilai penyesuaian:

$$D_{t1} = -\left(\frac{l}{2}\right)$$

$$D_{t1} = -\left(\frac{62}{2}\right) = -31$$

Untuk hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut.

<i>Current State</i>	<i>Next State</i>	<i>Nilai Penyesuaian</i>
A_3	A_1	-31
A_1	A_1	0
A_1	A_2	31
A_2	A_3	31
\vdots	\vdots	\vdots
A_3	A_4	-31
A_4	A_4	0

9. Menghitung nilai peramalan akhir.

Untuk menghitung nilai akhir dari peramalan didapatkan dari data perkiraan awal dikurangi ataupun ditambahkan dengan nilai penyesuaian, rumus diperoleh dari persamaan sebagai berikut:

$$F'(2) = F(2) \pm D_{t1}$$

$$F'(2) = 195,3 \pm (-31) = 164,3$$

Tabel 4. Hasil Perhitungan Peramalan Akhir

Bulan	$F(t)$	D_{t1}	F'_t
Januari 2018	0	0	0
Februari 2018	195,3	-31	164,3
Maret 2018	96,6	0	96,6
April 2018	94,2	31	125,2
Mei 2018	199,2	0	199,2
Juni 2018	201,3	-31	170,3
⋮	⋮	⋮	⋮
September 2022	207,6	31	176,6
Oktober 2022	203,7	0	203,7
November 2022	203,7	0	203,7

Ketetapan MAPE

Fuzzy Time Series-Chen

Untuk nilai MAPE yang di dapat dari Metode *Fuzzy Time Series-Chen* didapatkan:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y(t) - F'(t)}{Y(t)} \times 100\% \right|$$

$$MAPE = \frac{2,27 + 2,85 + 1,03 + 0,65 + 0,63 + 0,31 + 1,30 + \dots + 0,24 + 0,33}{58} \%$$

$$MAPE = \frac{69,81}{58} \% = 1,2 \%$$

Jadi, nilai MAPE dari curah hujan di Kota Medan dengan metode *Fuzzy Time Series – Chen* sebesar 1,2% sehingga merupakan peramalan yang sangat akurat.

Fuzzy Time Series-Markov Chain

Sehingga untuk ketetapan MAPE di dapatkan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y(t) - F'(t)}{Y(t)} \times 100\% \right|$$

$$MAPE = \frac{4,30 + 2,33 + 0,01 + 0,62 + 0,31 + 0,18 + \dots + 0,27 + 0,06}{58} \%$$

$$MAPE = \frac{58,59}{58} \% = 1,01\%$$

Dengan demikian, untuk memprediksi tingkat curah hujan di Kota Medan dari perhitungan MAPE dengan metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain* adalah sebesar 1,01% sehingga merupakan peramalan yang sangat baik.

KESIMPULAN

Penerapan Metode *Fuzzy Time Series-Chen* dan *Fuzzy Time Series-Markov Chain* pada peramalan curah hujan di Kota Medan pada Januari 2018- Oktober 2022 dilihat dari ketetapan nilai MAPE Sangat akurat. Nilai MAPE dari hasil peramalan curah hujan di Kota Medan

dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series-Chen* adalah sebesar 1,20 % dan hasil peramalan pada bulan November 2022 dengan hasil ramalan 264 mm sedangkan *Fuzzy Time Series-Markov Chain* sebesar 1,01 % dan diperoleh bahwa pada 12 bulan kedepan didapatkan pola ramalan paling mirip dengan pola data aktualnya pada bulan Januari 2021-Desember 2021. Perbandingan gambar *Fuzzy Time Series-Chen* memiliki (MAPE) lebih besar dengan pola kesalahan pada tabel lebih besar dibandingkan *Fuzzy Time Series-Markov Chain*. Berdasarkan kriteria keakuratan MAPE kedua metode tersebut, memenuhi kriteria yang akurat karena tingkat MAPE-nya kurang dari 10%.

DAFTAR PUSTAKA

- Agan and Teti Sofia Yanti (2022) 'Perbandingan Metode Fuzzy Time Series Markov Chain dan Fuzzy Time Series Chen Average Based untuk Peramalan Volume Impor Migas.', *Bandung Conference Series: Statistics*, 2(2), pp. 207–216. Available at: <https://doi.org/10.29313/bcss.v2i2.3853>.
- Ajr, E.Q. and Dwirani, F. (2019) 'Menentukan Stasiun Hujan dan Curah Hujan dengan Metode Polygon Thiessen Daerah Kabupaten Lebak', *Agustus*, 2(2), pp. 139–146.
- Alfajriani, A., Wati, M. and Puspitasari, N. (2020) 'Penerapan Metode Fuzzy Time Series Chen dan Hsu dalam Memprediksi Kunjungan Wisatawan di Museum Mulawarman', *Jurnal Rekayasa Teknologi Informasi (JURTI)*, 4(2), p. 144. Available at: <https://doi.org/10.30872/jurti.v4i2.5802>.
- Arnita, Afnisah, N. and Marpaung, F. (2020) 'A Comparison of the Fuzzy Time Series Methods of Chen, Cheng and Markov Chain in Predicting Rainfall in Medan', *Journal of Physics: Conference Series*, 1462(1). Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1462/1/012044>.
- Kurniawati Safitri, Dadan Kusnandar, N.N.D. (2023) 'Peramalan Curah Hujan Dengan Metode Fuzzy Time Series Markov Chain', *Buletin Ilmiah Math, Stat, dan Terapannya (BIMASTER)*, 12(1), pp. 35–42.
- Laily, Y.H., Rakhmawati, F. and Husein, I. (2023) 'Penerapan Metode Fuzzy Time Series-Markov Chain Dalam Peramalan Curah Hujan Sebagai Jadwal Tanaman Padi', *Jurnal Lebesgue : Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*, 4(1), pp. 162–174. Available at: <https://doi.org/10.46306/lb.v4i1.235>.
- Maria, L. et al. (2019) 'respectively in Belu Regency at 261.4 mm; 339 mm; 258,167 mm, TTU Regency 123.5 mm; 77.35 mm; 57.57 mm, TTS Regency 379.5 mm; 381.95 mm; 380.07 mm, Kupang Regency 56.91 mm; 82.11 mm; 101.83 mm and Kota Kupang at 309.7 mm', *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*, 4(2), pp. 1–9.
- Nurhasan, U., Dyah Fatmawati, A. and Hariyanto, B. (2021) 'Implementasi Metode Fuzzy Time Series Markov Chain untuk Prediksi Harga Telur Puyuh', *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 16(2), p. 80. Available at: <https://doi.org/10.30872/jim.v16i2.5251>.
- Pambudi, R.A., Setiawan, B.D. and Wijoyo, S.H. (2018) 'Implementasi Fuzzy Time Series untuk Memprediksi Jumlah Kemunculan Titik Api', *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (J-PTIHK) Universitas Brawijaya*, 2(11), pp. 4767–4776.
- Rachim, F, Tarno and Sugito (2020) 'Perbandingan Fuzzy Time Series dengan Metode Chen dan Metode S. R. Singh', *Jurnal Gaussian*, Vol.9, pp. 306–315.
- Rachmawati, M.D. and Anifah, L. (2021) 'Prediksi Curah Hujan Menggunakan Metode Average Based dan High Order Fuzzy Time Series di Bandar Udara Juanda', *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, 3(1), pp. 11–15. Available at: <https://doi.org/10.26740/jieet.v3n1.p11-15>.

- Sofhya, H.N. (2022) 'Comparison of Fuzzy Time Series Chen and Cheng to Forecast Indonesia Rice Productivity', *Eduma : Mathematics Education Learning and Teaching*, 11(1), p. 119. Available at: <https://doi.org/10.24235/eduma.v11i1.10936>.
- Widiyani, W., Setyawan, Y. and Jatipaningrum, M.T. (2022) 'Perbandingan Metode Fuzzy Time Series-Chen Dan Weighted Fuzzy Integrated Time Series Untuk Memprediksi Data Indeks Harga Saham Gabungan', *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*, 7(1), pp. 81–87.