

Perbandingan Metode Fuzzy Time Series Model Chen Dan Model Markov Chain Untuk Memprediksi Curah Hujan Di Kota Padang

Saputri Julida¹, Dewi Murni²

¹²Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
e-mail: saputrijulidast@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode *fuzzy time series* untuk memprediksi curah hujan di Kota Padang dengan membandingkan dua metode yaitu *Fuzzy Time Series* model Chen dan Markov Chain. Penelitian ini merupakan penelitian terapan dengan menggunakan data sekunder, yaitu data bulanan jumlah curah hujan di Kota Padang periode Januari 2020 sampai Desember 2023. Tahapan yang dilakukan sebelum menggunakan metode Fuzzy Time Series yaitu mengumpulkan data dan membuat plot data. Tahap selanjutnya adalah penerapan metode Fuzzy Time Series, dengan mencari nilai semesta pembicaraan, menentukan fungsi linguistik, melakukan peramalan akhir, validasi model, dan mencari hasil ramalan periode selanjutnya. Hasil analisis data peramalan *Fuzzy Time Series* diperoleh bahwa model Markov Chain lebih baik daripada model Chen. Nilai MAPE dari model Markov Chain yaitu 36% sedangkan model Chen yaitu sebesar 57%. Hasil peramalan jumlah Curah Hujan untuk empat bulan kedepan memiliki kategori curah hujan tinggi (301-400 mm^3).

Kata kunci: *Fuzzy Time Series, Chen, Markov Chain, Curah Hujan*

Abstract

This research aims to implement the fuzzy time series method to predict rainfall in Padang City by comparing two methods, namely the Fuzzy Time Series Chen and Markov Chain models. This research is applied research using secondary data, namely monthly data on the amount of rainfall in Padang City for the period January 2020 to December 2023. The stages carried out before using the Fuzzy Time Series method are collecting data and making data plots. The next stage is the application of the Fuzzy Time Series method, by searching for detailed universe values, determining linguistic functions, carrying out final forecasts, validating the model, and looking for forecast results for the next period. The results of Fuzzy Time Series forecasting data analysis showed that the Markov Chain model was better than the Chen model. The

MAPE value of the Markov Chain model is 36% while the Chen model is 57%. The results of forecasting the amount of rainfall for the next four months are in the high rainfall category (301-400 mm^3).

Keywords : *Fuzzy Time Series, Chen, Markov Chain, Rainfall*

PENDAHULUAN

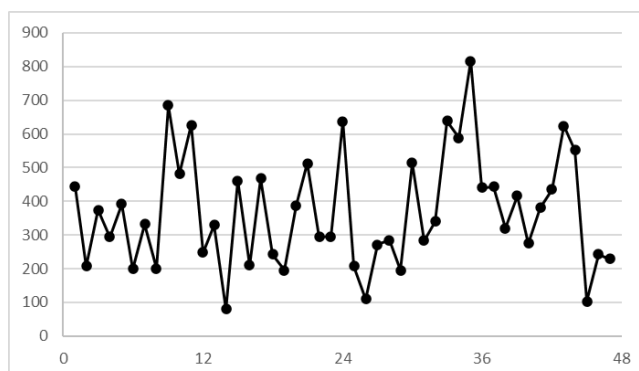
Curah hujan merupakan salah satu aspek penting dalam studi iklim dan meteorologi, serta memiliki implikasi yang signifikan dalam manajemen sumber daya air dan mitigasi bencana alam. Unsur-unsur hujan yang harus diperhatikan dalam mempelajari curah hujan ialah jumlah curah hujan dan intensitas atau kekuatan tetesan hujan [1]. Perkiraan yang akurat tentang jumlah curah hujan dapat membantu pihak berwenang dalam pengambilan langkah preventif, pemeliharaan sistem drainase, dan perencanaan tata ruang yang lebih baik. Kota Padang sebagai ibu kota Provinsi Sumatera Barat, merupakan kawasan yang rentan terhadap variasi curah hujan yang signifikan sepanjang tahun. Curah hujan bulanan dikategorikan menjadi 4 kategori, antara lain kategori curah hujan ringan (0-100 mm), curah hujan sedang (101-300 mm), curah hujan tinggi (301-400 mm), dan curah hujan sangat tinggi (diatas 401 mm) [2].

Prakiraan curah hujan merupakan bagian penting dari informasi cuaca. Kondisi cuaca yang selalu berubah-ubah dalam jangka waktu tertentu, membuat masyarakat sulit mengetahui pola curah hujan secara lengkap. Umumnya pola curah hujan dipengaruhi oleh kondisi geografis wilayah tersebut. Kota Padang mempunyai variabilitas curah hujan yang bervariasi dari tahun ke tahun. Variabilitas curah hujan ini dapat mempengaruhi kesejahteraan hidup dalam berbagai bidang. Pola curah hujan yang bervariasi di Kota Padang diakibatkan oleh peningkatan iklim ekstrim khususnya temperatur udara dan curah hujan di Indonesia termasuk kota Padang [3].

Kota Padang memiliki karakteristik iklim tropis dengan dua musim utama yaitu musim hujan dan musim kemarau. Perubahan dalam pola curah hujan di kota Padang memiliki dampak yang serius terhadap kehidupan masyarakat, seperti kegiatan pertanian, risiko banjir, risiko kerusakan infrastruktur, tanah longsor, dan lainnya. Kota Padang terletak antara 0°44' dan 01°08' Lintang Selatan serta antara 100°05' dan 100°34' Bujur Timur. Berdasarkan letak geografisnya, Kota Padang terletak di pantai barat Pulau Sumatera. Kota Padang memiliki luas wilayah daratan sebesar 694,96 Km^2 . Kecamatan dengan persentase luas wilayah terbesar yaitu Kecamatan Koto Tangah dengan luas mencapai 232,25 Km^2 atau 33,42 persen total wilayah Kota Padang. Sementara itu, Kecamatan yang memiliki luas wilayah paling kecil adalah Padang Barat dengan luas wilayah 7,00 Km^2 . Secara rata-rata Kota Padang memiliki normal curah hujan pada kategori menengah dengan curah hujan/harinya sebesar 100-300 mm^3 [4].

Banjir merupakan dampak yang sering terjadi akibat tingginya intensitas hujan. Banjir terjadi ketika air melebihi kapasitas tempat penampungan air dan menyebabkan

air melimpah dari tempat drainase [5]. Kota Padang adalah salah satu kota yang sering mengalami banjir, dan menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNBP) Kota Padang berada pada tingkat risiko tinggi terhadap banjir tersebut. Berdasarkan data dari BNBP, pada tahun 2021 terdapat sebanyak 24 kasus banjir dan pada tahun 2022 terdapat sebanyak 10 kejadian banjir. Kejadian banjir di Kota Padang terjadi setiap akhir tahun yaitu pada bulan Agustus hingga bulan Desember.



Gambar 1. Plot Data Bulanan Jumlah Curah Hujan di Kota Padang

Jumlah curah hujan di Kota Padang mengalami fluktuasi yang signifikan. Rata-rata curah hujan tertinggi terjadi pada tahun 2022 dan terendah terjadi pada tahun 2021. Perubahan yang tidak menentu pada jumlah curah hujan di Kota Padang mengakibatkan sering terjadinya banjir dan kemarau yang memerlukan suatu solusi penyelesaian berupa suatu metode peramalan yang bisa meramalkan jumlah curah hujan. Sehingga penting bagi pemerintah dan masyarakat untuk meningkatkan sistem pengendalian banjir ketika jumlah curah hujan tinggi sebagai langkah untuk mengurangi risiko banjir. Sehubungan dengan masalah tersebut, diperlukan suatu peramalan yang mampu memperkirakan curah hujan dimasa yang akan datang. Peramalan ini menjadi suatu kebutuhan untuk mengambil tindakan proaktif dan berencana secara efektif dalam menghadapi tantangan iklim selanjutnya.

Peramalan adalah seni dan ilmu untuk memprediksi kejadian di masa depan dengan melibatkan pengambilan data historis dan memproyeksikannya ke masa mendatang dengan model pendekatan sistematis [6]. Tujuan dari peramalan adalah dapat memberikan informasi tentang cara pengambilan keputusan dalam memprediksi masa depan secara efisien dan tepat [7]. Peramalan curah hujan adalah salah satu contoh peramalan deret waktu (*time series*). Membangun model peramalan *time series* diawali dengan pembuatan plot data [8]. Tujuan pembuatan plot data adalah untuk menemukan pola yang tepat untuk memprediksi metode yang digunakan agar sesuai dengan data *time series*. Peramalan suatu data *time series* perlu memperhatikan tipe atau pola data. Secara umum terdapat empat macam pola data *time series*, yaitu horizontal, trend, musiman, dan siklis [9]. Terdapat beberapa teknik peramalan *time*

series yang sering digunakan, salah satunya adalah *fuzzy time series*. *Fuzzy Time Series* (FTS) adalah metode yang diperkenalkan oleh Song dan Chissom yang berfokus pada pemodelan data aktual dalam bentuk nilai-nilai linguistik [10]. Prosesnya tidak membutuhkan suatu sistem pembelajaran dari Sistem yang rumit, sehingga mudah untuk digunakan dan dikembangkan [11]. Himpunan *fuzzy* didefinisikan menggunakan fungsi keanggotaan (*membership function*) yang nilainya berada pada selang tertutup [0,1] [12]. *Fuzzy Time Series* (FTS) berdasarkan dua tahap, yaitu tahap *fuzzyfikasi* atau himpunan *fuzzy* dan pembentukan relasi *fuzzy* atau konsep variabel linguistik serta peramalannya [13]. Dalam perkembangannya, terdapat beberapa model dalam analisis FTS, diantaranya yaitu model Chen dan Markov Chain. FTS Model Chen adalah metode berbasis logika *fuzzy* yang dapat menangkap pola dan hubungan dalam data curah hujan yang mungkin tidak terdeteksi oleh metode konvensional. Sementara itu, Model Markov Chain mengambil pendekatan stokastik dalam memodelkan pola curah hujan sebagai suatu proses probabilistik.

Langkah awal dalam peramalan FTS ini yaitu dengan menentukan semesta pembicaraan karena himpunan *fuzzy* diambil berdasarkan anggota himpunan semesta U dapat ditentukan sebagai berikut:

$$U = [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2]$$

Himpunan U dibagi menjadi beberapa partisi sehingga perlu menentukan jumlah interval dan panjang interval. Jumlah interval dan panjang interval berpengaruh terhadap pembentukan *fuzzy logical relationship*. Berikut rumus yang digunakan :

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

Selanjutnya menentukan himpunan *fuzzy* untuk mengetahui derajat keanggotaan pada interval [0,1] dan memfuzzifikasi data historis menjadi bentuk linguistik. Kemudian menentukan *fuzzy logical relationship* dan *fuzzy logical relationship group*. Pada *fuzzy time series* Chen, setelah menentukan FLRG dapat dilakukan peramalan berdasarkan nilai tengah setiap *fuzzyfikasi*. Sedangkan pada model markov chain, dilakukan perhitungan nilai peramalan awal $F(t)$, matriks transisi probabilitas, berdimensi $n \times n$. Dan peramalan awal dapat ditentukan dengan beberapa aturan. Selanjutnya menentukan nilai penyesuaian pada peramalan yang bertujuan untuk mengurangi besarnya eror dan memiliki beberapa aturan. Kemudian dilanjutkan dengan peramalan akhir yang menjumlahkan nilai peramalan awal dengan nilai penyesuaian.

METODE

Penelitian ini adalah penelitian terapan dengan jenis data merupakan data sekunder dari website Badan Pusat Statistik (BPS). Data yang digunakan adalah data bulanan jumlah curah hujan di Kota Padang periode Januari 2020-Desember 2023. Adapun langkah-langkah dari tahap dalam analisis *Fuzzy Time Series* yaitu [14] :

Fuzzy Time Series Chen

- a. Menyiapkan data yang akan digunakan
- b. Menentukan semesta pembicara U (*Universe of Discourse*)
- c. Menentukan panjang interval dan jumlah interval
- d. Mendefinisikan himpunan fuzzy
- e. Fuzzifikasi
- f. Membentuk Fuzzy Logical Relationship (FLR) dan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG).
- g. Melakukan proses peramalan

Fuzzy Time Series Markov Chain

Langkah-langkah peramalan *menggunakan* model Markov Chain sama dengan metode *Fuzzy Time Series* dari langkah 1 sampai langkah 6. Langkah-langkah tersebut yaitu [15]:

- a. Menyiapkan data yang akan digunakan
- b. Menentukan semesta pembicara U (Universe of Discourse)
- c. Menentukan panjang interval dan jumlah interval
- d. Mendefinisikan himpunan fuzzy
- e. Fuzzifikasi
- f. Membentuk Fuzzy Logical Relationship (FLR) dan Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG).

Berikut adalah tahap selanjutnya dalam peramalan menggunakan FTS model Markov Chain

- g. Menentukan matriks peluang transisi Markov
- h. Menghitung hasil peramalan awal
- i. Menghitung nilai penyesuaian dari model fuzzy time series Markov chain.
- j. Menghitung nilai peramalan akhir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang dianalisis dalam penelitian ini merupakan data jumlah curah hujan di Kota Padang periode Januari 2020 – Desember 2023.. Jumlah curah hujan di Kota Padang periode Januari 2020 – Desember 2023 mengalami peningkatan dan penurunan yang signifikan setiap bulannya, namun terjadi peningkatan nilai rata-rata pada bulan tertentu. jumlah curah hujan tertinggi terjadi pada bulan November 2022 sedangkan terendah pada bulan Februari 2021. Hal ini menunjukkan bahwa pola data bersifat musiman akan tetapi fluktuasi tersebut cenderung disebabkan oleh faktor iklim setiap tahunnya. Sehingga data yang akan dianalisis hanya menggunakan nilai data pada data periode sebelumnya untuk menentukan nilai periode saat ini.

Tabel 1. Data Jumlah Curah Hujan Kota Padang Tahun 2020-2023

Bulan	Jumlah Curah Hujan (mm^3)
Januari 2020	443
Februari 2020	208
Maret 2020	374
April 2020	294
⋮	⋮
November 2023	243
Desember 2023	229

Fuzzy Time Series Chen

Langkah pertama dalam peramalan adalah menyiapkan data jumlah curah hujan Kota Padang dengan data yang digunakan adalah 47 periode. Analisis peramalan pada penelitian ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

3.1 Menentukan semesta pembicara U (*Universe of Discourse*)

Berdasarkan data jumlah curah hujan didapatkan nilai minimum (D_{min}) sebesar 80 pada bulan Februari 2021 dan nilai maksimum (D_{max}) sebesar 816 pada bulan November 2022 dengan nilai $D_1 = 0$ dan $D_2 = 0$. Sehingga $U = [80; 816]$.

3.2 Menentukan panjang interval dan jumlah interval

Perhitungan jumlah interval dapat dilakukan dengan rumus berikut:

$$n = 1 + 3,322 \log_{10} (N) \\ = 1 + 3,322 \log_{10} (47) \approx 7$$

Sehingga diperoleh panjang interval (l) sebagai berikut :

$$l = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{n} \\ = \frac{[(816 + 0) - (80 - 0)]}{7} \\ = 105,14$$

Berdasarkan perhitungan panjang interval tersebut, berikut nilai u_1 sampai u_7 yang merupakan interval dari himpunan semesta:

Tabel 2. Interval Curah Hujan Fuzzy Time Series

Interval	Batas Bawah	Batas Atas	Nilai Tengah (m)
u_1	80	185,14	$m_1 = 132,57$
u_2	185,14	290,28	$m_2 = 237,71$
u_3	290,28	395,42	$m_3 = 342,85$
u_4	395,42	500,57	$m_4 = 448$
u_5	500,57	605,71	$m_5 = 553,14$
u_6	605,71	710,85	$m_6 = 658,28$
u_7	710,85	816	$m_7 = 763,42$

3.3 Menentukan Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* didefinisikan menggunakan nilai pendekatan keanggotaan himpunan *fuzzy* (A_i), yaitu 0; 0,5; 1, dimana $1 = i = n$. Himpunan semesta *fuzzy* A_1, A_2, \dots, A_n ditentukan berdasarkan jumlah interval yang telah diperoleh.

$$\begin{aligned} A_1 &= \{1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7\} \\ A_2 &= \{0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7\} \\ A_3 &= \{0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + 0.5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7\} \\ A_4 &= \{0/u_1 + 0/u_2 + 0.5/u_3 + 1/u_4 + 0.5/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7\} \\ A_5 &= \{0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0.5/u_4 + 1/u_5 + 0.5/u_6 + 0/u_7\} \\ A_6 &= \{0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0.5/u_5 + 1/u_6 + 0.5/u_7\} \\ A_7 &= \{0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0.5/u_6 + 1/u_7\} \end{aligned}$$

3.4 Fuzzyfikasi

Langkah ini dilakukan dengan membentuk data kedalam bahasa linguistik A_i .

Tabel 3. Fuzzyfikasi Jumlah Curah Hujan

Bulan	Jumlah Curah Hujan (mm^3)	Fuzzyfikasi
Januari 2020	443	A_4
Februari 2020	208	A_2
Maret 2020	374	A_3
April 2020	294	A_3
⋮	⋮	⋮
November 2023	243	A_2
Desember 2023	229	A_2

Pada data jumlah curah hujan di Kota Padang pada bulan Januari 2020 didapatkan *fuzzyfikasi* A_4 karena data jumlah curah hujan sebesar 443 berada pada interval $u_4 = [395,42 ; 500,57]$.

3.5 Menentukan Fuzzy Logical Relationship (FLR) dan Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)

FLR ditentukan dengan mensubstitusikan data historis dengan periode $F(t - 1) \rightarrow F(t)$. FLR dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Fuzzy Logical Relationship

Bulan	Jumlah Curah Hujan (mm^3)	Fuzzyfikasi	FLR (<i>Current State</i> → <i>Next State</i>)
Januari 2020	443	A4	-
Februari 2020	208	A2	$A_4 \rightarrow A_2$
Maret 2020	374	A3	$A_2 \rightarrow A_3$
April 2020	294	A3	$A_3 \rightarrow A_3$
⋮	⋮	⋮	⋮
November 2023	243	A2	$A_1 \rightarrow A_2$
Desember 2023	229	A2	$A_2 \rightarrow A_2$

Selanjutnya yaitu menentukan *Fuzzy Logical Relation Grup (FLRG)*. Nilai dari FLRG ditentukan dengan cara mengelompokkan hasil FLR yang telah ditentukan sebelumnya. Hasil FLR dikelompokkan dengan data yang memiliki nilai sisi kanan atau ($t-1$) yang sama, kemudian dikelompokkan menjadi satu grup kelompok $F(t - 1)$.

Tabel 5. Hasil FLRG Model Chen Jumlah Curah Hujan

Grup	FLRG
1	$A_1 \rightarrow A_2, A_4$
2	$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$
3	$A_3 \rightarrow A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$
4	$A_4 \rightarrow A_2, A_3, A_4, A_6$
5	$A_5 \rightarrow A_1, A_2, A_3, A_7$
6	$A_6 \rightarrow A_2, A_4, A_5$
7	$A_7 \rightarrow A_4$

3.6 Peramalan Deffuzzyfikasi

Nilai peramalan didapat dengan mengkalkulasikan hasil FLRG. Dimana m_1 hingga m_n merupakan nilai tengah dari interval u_1 hingga u_n . Pada Tabel 7 grup 1 terdapat relasi FLRG ke A_2 dan A_4 , sehingga dapat dihitung rata-rata sebagai berikut:

$$F_1 = \frac{m_2 + m_4}{n}$$

$$= \frac{237,71 + 448}{2} = 342,85$$

Tabel 6. Peramalan Setiap Variabel Linguistik

Grup	FLRG	Nilai Peramalan
1	$A_1 \rightarrow A_2, A_4$	342
2	$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$	395
3	$A_3 \rightarrow A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$	395
4	$A_4 \rightarrow A_2, A_3, A_4, A_6$	421
5	$A_5 \rightarrow A_1, A_2, A_3, A_7$	369
6	$A_6 \rightarrow A_2, A_4, A_5$	412
7	$A_7 \rightarrow A_4$	448

Seluruh hasil peramalan akhir ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 7. Hasil Peramalan Jumlah Curah Hujan Model Chen

Bulan	Jumlah Curah Hujan (mm^3)	Nilai Linguistik	Hasil Peramalan
Januari 2020	443	A4	-
Februari 2020	208	A2	421
Maret 2020	374	A3	395
April 2020	294	A3	395
⋮	⋮	⋮	⋮
November 2023	243	A2	342
Desember 2023	229	A2	395

3.7 Validasi Model

Validasi model yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) untuk mengukur tingkat keakuratan model pada data. nilai MAPE dapat dihitung sebagai berikut:

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

$$= \frac{(1,027 + 0,057 + \dots + 0,726)}{46} \times 100 = 57\%$$

Fuzzy Time Series Markov Chain

Langkah-langkah peramalan menggunakan model Markov Chain sama dengan metode *Fuzzy Time Series* dari langkah 3.1 sampai langkah 3.5. Tahapan selanjutnya yaitu menentukan FLRG pada FTS Markov chain.

Hasil FLR dikelompokkan berdasarkan data yang memiliki nilai sisi kanan atau $(t-1)$ yang sama, kemudian dikelompokkan menjadi satu grup kelompok $F(t-1)$.

Tabel 8. Hasil FLRG Model Markov Chain

Current State	Next State
A_1	$A_2(2), A_4$
A_2	$A_1, A_2(4), A_3(6), A_4, A_5, A_6$
A_3	$A_1, A_2(2), A_3(3), A_4(2), A_5, A_6(2)$
A_4	$A_2(4), A_3, A_4, A_6(2)$
A_5	A_1, A_2, A_3, A_7
A_6	$A_2(2), A_4, A_5(2)$
A_7	A_4

3.8 Matriks Peluang Transisi Markov

Matriks yang dibentuk adalah matriks berorde 7 x 7 berdasarkan FLRG yang telah dibentuk sebelumnya. Maka matriks peluang transisinya yaitu:

$$P = \begin{pmatrix} 0 & \frac{2}{3} & 0 & \frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{14} & \frac{4}{14} & \frac{6}{14} & \frac{1}{14} & \frac{1}{14} & \frac{1}{14} & 0 \\ \frac{1}{11} & \frac{2}{11} & \frac{3}{11} & \frac{2}{11} & \frac{1}{11} & \frac{2}{11} & 0 \\ 0 & \frac{4}{8} & \frac{1}{8} & \frac{1}{8} & 0 & \frac{2}{8} & 0 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{4} \\ 0 & \frac{2}{5} & 0 & \frac{1}{5} & \frac{2}{5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

3.9 Nilai Peramalan Awal

Nilai peramalan awal dapat dihitung berdasarkan nilai peluang atau probabilitas transisi Markov. Misalnya untuk bulan Februari 2020 ($t = 2$) data yang dilihat adalah data ($t-1$) atau data bulan sebelumnya pada bulan Januari 2020 dimana *state* bertransisi A_4 ke A_2 , maka hasil perhitungan peramalannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} F_2 &= m_2P_{42} + m_3P_{43} + Y_1P_{44} + m_6P_{46} \\ &= (237,71)\left(\frac{4}{8}\right) + (342,85)\left(\frac{1}{8}\right) + (443)\left(\frac{1}{8}\right) + (658,28)\left(\frac{2}{8}\right) \\ &\approx 381 \end{aligned}$$

Sehingga hasil peramalan awal analisis model markov Chain adalah sebagai **berikut**:

Tabel 9. Nilai Peramalan Awal FTS Markov Chain

Bulan	Tahun	Jumlah Curah Hujan	Peramalan Awal
Januari	2020	443	-
Februari	2020	208	381
Maret	2020	374	334
April	2020	294	408
⋮	⋮	⋮	⋮
November	2023	243	307
Desember	2023	229	344

3.10 Menghitung Nilai Penyesuaian Peramalan (Adjusted Value)

Perhitungan nilai penyesuaian merupakan metode untuk mengurangi besarnya penyimpangan hasil peramalan. Perhitungan nilai penyesuaian dilakukan untuk setiap perpindahan *state* dari FLR. Misalnya untuk perhitungan bulan Februari 2020 diketahui bahwa FLR-nya adalah $A_4 \rightarrow A_2$ yang merupakan transisi mundur dengan dua perpindahan transisi, maka diperoleh nilai penyesuaiannya yaitu :

$$D_t (\text{Februari 2020}) = -\left(\frac{l}{2}\right)v = \left(\frac{105}{2}\right)2 = -105$$

Sehingga nilai penyesuaian peramalan analisis model markov Chain adalah sebagai berikut:

Tabel 10. Nilai Penyesuaian Kecenderungan Hasil Peramalan

State	Nilai penyesuaian
$A_4 \rightarrow A_2$	-105
$A_2 \rightarrow A_3$	105
$A_3 \rightarrow A_3$	0
$A_3 \rightarrow A_3$	0
⋮	⋮
$A_1 \rightarrow A_2$	52,5
$A_2 \rightarrow A_2$	0

3.11 Menghitung Nilai Peramalan Akhir

Hasil dari peramalan akhir didapat dengan menjumlahkan nilai peramalan awal dengan nilai penyesuaian. Sebagai contoh perhitungan prediksi nilai akhir yang telah disesuaikan dengan *adjusted value* adalah sebagai berikut.

$$F'(2) = F(2) + D_t (\text{Februari 2020})$$

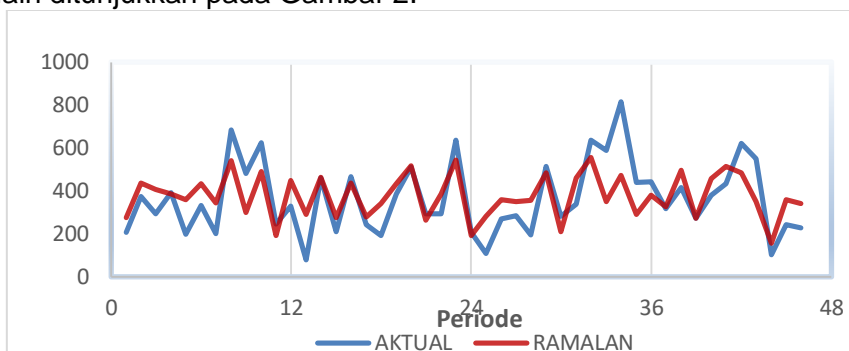
$$= 381 + (-105)$$

$$= 276$$

Tabel 11. Nilai Peramalan Akhir FTS Markov Chain

Bulan	Tahun	Current State	Next State	Nilai Penyesuaian (Adjusted Value)
Februari	2020	A4	A2	-105
Maret	2020	A2	A3	105
April	2020	A3	A3	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
November	2023	A1	A2	52,5
Desember	2023	A2	A2	0

Plot perbandingan data aktual dan peramalan curah hujan dengan Markov Chain ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Plot Data Perbandingan Data Aktual dan Ramalan Markov Chain

3.12 Validasi Model

Nilai MAPE peramalan FTS Markov Chain adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y(t) - F_t(t)|}{Y(t)} \times 100$$

$$= \frac{(0,3269 + 0,1737 + \dots + 0,5021)}{46} \times 100$$

$$= 36 \%$$

SIMPULAN

Simpulan yang diperoleh dalam penelitian ini ialah Nilai peramalan *Fuzzy Time Series* (FTS) model Markov Chain lebih baik dimana nilai peramalan *Fuzzy Time Series* model Markov Chain mempunyai nilai MAPE sebesar 36% dan model Chen mempunyai nilai MAPE 57%. Hasil ramalan jumlah curah hujan di Kota Padang

periode selanjutnya menggunakan FTS model Markov Chain diperoleh bahwa nilai jumlah curah hujan dikategorikan dengan curah hujan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arifin, MS. (2010). Modul klimatologi. Jawa Timur : Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
- [2] BMKG NTT (Stasiun Klimatologi Lasiana Kupang). (2011). "Pengertian dalam buletin analisis hujan". Staklimsiana.blogspot.com
- [3] A.M.G. Klein Tank, T.C. Peterson, D.A. Quadir, S. Dorji, X. Zhou, H. Tang, K. Santhosh, U.R. Joshi, A.K. Jaswal, R.K. Kolli, A.B. Sikder, N. R. Deshpande, J.V. Revadekar, K. Yeleuova, S. Vandesheva, M. Faleyeva, P. Gomboluudev, K.P. Budhathoki, A. Hussain, M. Afzaal, L. Chandrapala, H. Anvar, D. Amanmurad, V.S. Asanova, P.D. Jones, M.G. New, and T. Spektorman. (2006). *Changes in Daily Temperature and Precipitation Extremes in Central and South Asia. Journal of Geophysical Research.*111: D16105. doi: 10.1029/2005JD006316.
- [4] Badan Pusat Statistik Kota Padang. (2024). *Kota Padang Dalam Angka*.
- [5] BNPB. (2011). *Indeks Rawan Bencana Indonesia*. Retrieved January 24, 2013, from <http://118.97.53.73/website/file/pubnew/111.pdf>
- [6] Heizer, Jay dan Render, Barry. (2015). *Manajemen Operasi : Manajemen Keberlangsungan dan Rantai Pasokan*, Edisi 11, Salemba Empat, Jakarta.
- [7] Montgomery, D. C., Jennings, C. L., dan Kulahci, M. (2015). *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. Second Edition. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.
- [8] Song, Q. dan Chissom, B. S. *Forecasting enrollments with fuzzy time series-Part II*. *Fuzzy Sets and Systems*, 62: 1-8. 1994.
- [9] Hanke, J., & Wichers, D. (2005). *Business Forecasting* Eighth Edition. New Jersey: Pearson Prentice hall.
- [10] Michael L. Griffiths and Raymond S. Bradley. (2007). *Variations of Twentieth-Century Temperature and Precipitation Extreme Indicators in The Northeast United States. Journal of Climate*. 20: 5401-5417. doi: 10.1175/2007JCLI1594.1
- [11] Brata, A. S. (2016). *Penerapan Time Series Dalam Peramalan Data Seasonal*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- [12] Robandi, I. (2006). *Desain Sistem Tenaga Modern Optimasi Logika Fuzzy Algoritma Genetika*. Yogyakarta: Andi.
- [13] H-K. Yu. (2005). Weighted fuzzy time series models for Taiex forecasting, *Physica A*, 349, 609-624. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2004.11.006>
- [14] Chen, S.M. (1996). *Forecasting Enrollments Based on Fuzzy Time Series*. *Journal of Sets and System*, 81 (3): 311-319.
- [15] Tsaur, R. (2012). A Fuzzy Time Series-Markov Chain Model With an Application to Forecast The Exchange Rate Between The Taiwan and US Dollar. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, (Online), 8 (7): 4931-4942.