

> 50%	Perkiraan tidak akurat
-------	------------------------

Dengan demikian ketepatan hasil perkiraan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Ketepatan Peramalan} = 100\% - \text{MAPE} \quad (2.31)$$

Meskipun MAPE paling sering digunakan dibandingkan ukuran ketepatan perkiraan yang lain karena nilai MAPE lebih mudah diinterpretasikan dibandingkan alat ukur yang lain, namun nilai MAPE sebesar 10% dapat diartikan bahwa selisih rata-rata nilai perkiraan dengan nilai sebenarnya $10\% = 0,1$. Semakin kecil nilai MAPE maka semakin akurat sebuah model dalam melakukan perkiraan. Hal ini berarti sebuah model yang memiliki nilai MAPE 5% merupakan model yang lebih baik dalam melakukan perkiraan dibandingkan model lain yang memiliki MAPE sebesar 10%. Namun MAPE memiliki kelemahan sehingga perlu kehati-hatian dalam menggunakannya. Kelemahan tersebut diantaranya sebagai berikut.

1. Rumus MAPE mengandung komponen

$$\left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right|$$

Dimana ketika salah satu nilai data aktual sama dengan 0 ($X_t = 0$), maka nilai komponen tersebut tidak akan terdefinisikan. Solusi untuk masalah ini adalah dengan menggunakan rumus MAPE tertimbang atau dengan menggunakan metode: Mean Absolute Scaled Error (MASE), *Symmetric Mean Absolute Percentage Error* (SMAPE), *Mean Directional Accuracy* (MDA), *Mean Arctangent Absolute Percentage Error* (MAAPE).

2. MAPE sebaiknya tidak digunakan untuk data yang nilainya kecil. Misalnya data yang nilai aktualnya adalah 1, sedangkan hasil perkiraannya adalah 2, maka persentase kesalahan absolutnya adalah $\left| \frac{1-2}{1} \right| = 50\%$ Walaupun sebenarnya ramalan tersebut tidak terlalu meleset, namun persentase kesalahan absolutnya kelihatan sangat besar sehingga bisa saja nilai MAPE nantinya lebih besar dari 100% akibat banyaknya nilai penyebut yang sangat kecil. (R-Stats, 2021)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif. Menurut (Duli, 2019) penelitian kuantitatif adalah kegiatan pengumpulan, pengolahan, analisis dan penyajian data berdasarkan jumlah atau banyaknya yang dilakukan secara objektif untuk memecahkan suatu persoalan atau menguji suatu hipotesis untuk mengembangkan prinsip-prinsip umum. Menurut (Rukajat, 2012) penelitian deskriptif adalah penelitian yang berusaha menggambarkan fenomena yang terjadi secara nyata, realistik, aktual, nyata dan pada saat ini, karena penelitian ini bertujuan untuk membuat deskripsi, gambaran atau lukisan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diselidiki. Jadi, pendekatan deskriptif kuantitatif dalam hal ini merupakan pendekatan yang bersifat numerik dengan mengintrepetasikan hasil dalam bentuk deskripsi, dimana pendekatan ini dilakukan dengan menganalisis dan menyusun data yang diperoleh sesuai dengan kebutuhan penelitian.

3.2 Jenis dan Sumber Data

3.2.1 Jenis Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder, yaitu data yang diperoleh secara tidak langsung melalui media perantara.

3.2.2 Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data yang bersumber dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Data diperoleh secara *online* dari situs <https://dataonline.bmkg.go.id> yang diakses pada tanggal 04 Agustus 2021.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan metode observasi, yang bertujuan untuk mendapatkan suatu data atau juga informasi yang dapat dibagikan kepada pihak lain dalam bentuk karya ilmiah. Jenis observasi pada penelitian ini adalah observasi non partisipan, dimana peneliti tidak ikut secara langsung dalam observasi yang dilakukan.

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengambil data sekunder, yaitu dengan mengakses situs BMKG Indonesia secara *online* untuk mencari data-data kelembapan udara di Makassar.

3.4 Teknik Analisis Data

Adapun rancangan analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu:

3.4.1 Menyiapkan data

- a. Mengumpulkan data kelembapan udara di kota Makassar yang diperoleh dari BMKG Indonesia.
- b. Membuat plot *time series* dari data yang diperoleh.

3.4.2 Membentuk *Fuzzy Time Series* Chen-Markov Chain

- a. Mendefinisikan himpunan semesta U , dimana U merupakan data historis.
- b. Membagi himpunan semesta U menjadi beberapa bagian interval n yang sama.
- c. Menentukan himpunan *fuzzy* untuk seluruh himpunan semesta U .
- d. Melakukan Fuzzifikasi terhadap data Historis
- e. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR).
- f. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG).
- g. Menentukan nilai tengah dan menghitung nilai perkiraan.
- h. Menghitung nilai perkiraan awal.
- i. Menghitung nilai penyesuaian perkiraan.
- j. Menghitung nilai perkiraan akhir.

3.4.3 Membentuk *Fuzzy Time Series* Cheng-Markov Chain

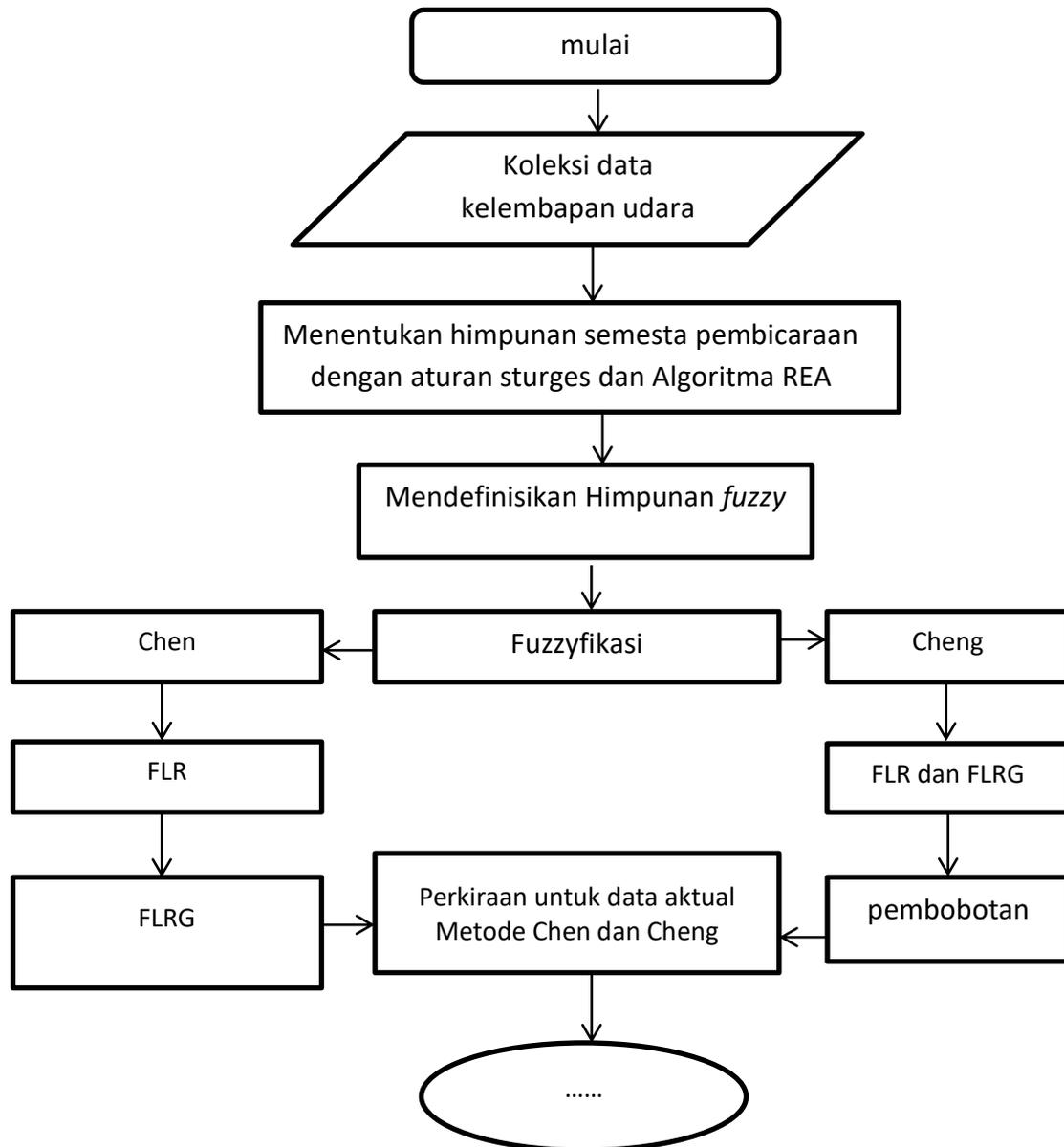
- a. Mendefinisikan himpunan semesta U , dimana U merupakan data historis.
- b. Membagi himpunan semesta U menjadi beberapa bagian interval n yang sama.
- c. Menentukan himpunan *fuzzy* untuk seluruh himpunan semesta U .
- d. Menentukan fuzzifikasi terhadap data historis.
- e. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR).

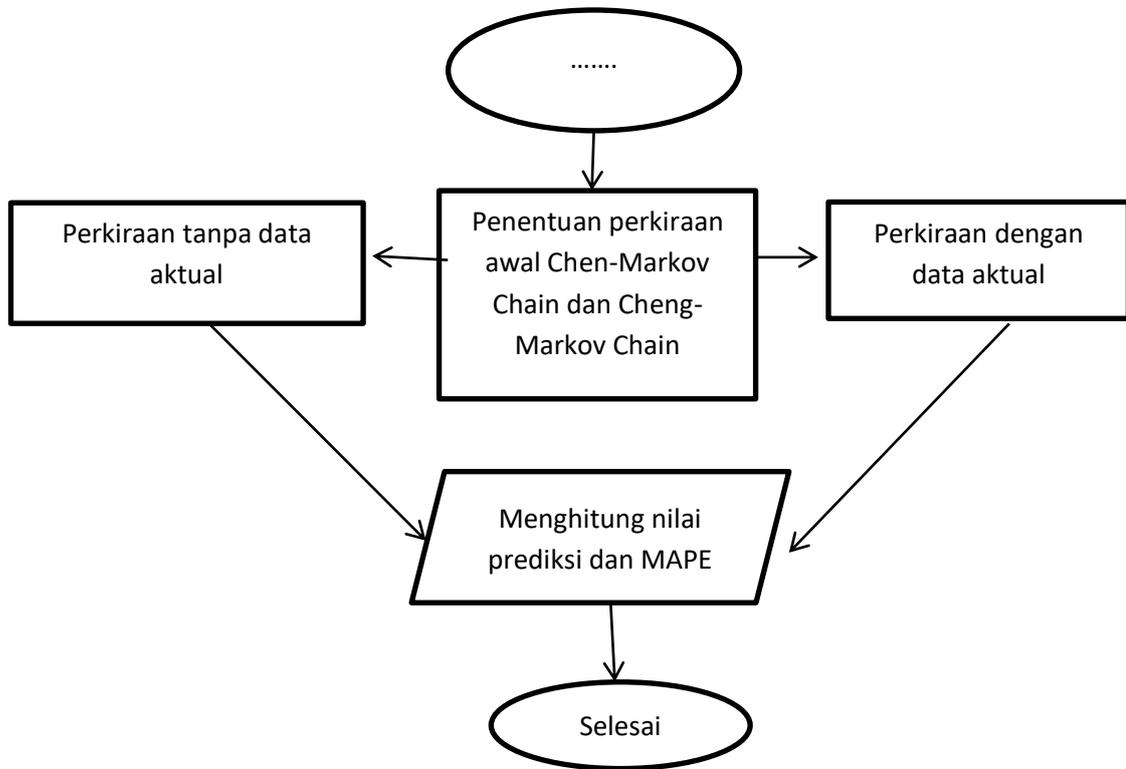
- f. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG).
- g. Menetapkan bobot pada FLRG.
- h. Pembentukan pembobotan dinormalisasi.
- i. Menghitung nilai perkiraan awal.
- j. Menghitung nilai penyesuaian perkiraan.
- k. Menghitung nilai perkiraan akhir.

3.4.4 Menghitung akurasi hasil perkiraan dengan nilai MAPE.

3.5 Alur Kerja

Adapun alur kerja pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:





Gambar 3.1 *Flowchart* algoritma FTS model Chen dan Cheng

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembahasan

4.1.1 Persiapan Data

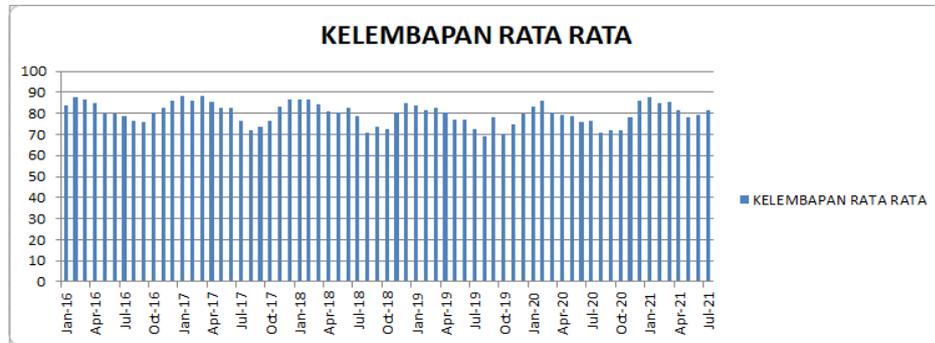
Data yang digunakan merupakan data tentang besar kelembapan udara rata-rata di kota Makassar berdasarkan data bulanan pada Januari 2016 sampai dengan Juli 2021 di stasiun Meteorologi Maritim Paotere yang akan digunakan sebagai data prediksi menggunakan Algoritma *Fuzzy Time Series* Model Chen-Markov Chain dan Cheng-Markov Chain. Gambaran data kelembapan udara disajikan pada Tabel 4.1. dan data lengkap disajikan pada lampiran 1.

Tabel 4.1 Data Kelembapan Udara di Kota Makassar Januari 2016 - Juli 2021

t	Bulan	Kelembapan Rata-Rata
1	Januari-16	83,84
2	Februari-16	87,6
3	Maret-16	86,48
4	April-16	84,86
5	Mai-16	79,7
6	Juni-16	79,73
7	Juli-16	78,8
8	Agustus-16	76,29
9	September-16	75,86
⋮	⋮	⋮
62	Februari-21	85,08
63	Maret-21	85,35
64	April-21	81,32
65	Mai-21	78,24
66	Juni-21	79,51
67	Juli-21	83,76

Sumber: Data sekunder, BMKG kota Makassar.

Pada Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa nilai data dari bulan Januari 2016 tercatat sebesar 83,84 hingga juli 2021 sebesar 83,76. Adapun grafik besar kelembapan udara di kota Makassar dari bulan Januari 2016 sampai dengan Juli 2021 dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.1. Plot Kelembapan Udara Kota Makassar Januari 2016 Sampai Juli 2021

Berdasarkan gambar 4.1 dapat diketahui bahwa pola plot pada nilai data kelembapan udara rata-rata mengalami perubahan tiap bulannya. Perubahan ini berupa kenaikan dan penurunan kelembapan udara rata-rata.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode *Fuzzy Time series* Chen-Markov Chain dan Cheng-Markov Chain dengan menggunakan algoritma REA dan aturan *Sturges* dalam menentukan jumlah kelas interval.

4.1.2 Prediksi FTS Chen-Markov Chain Dengan Algoritma REA

Perkiraan menggunakan Fuzzy Time Series Chen-Markov Chain dapat dilakukan dengan perkiraan nilai data aktual menggunakan metode FTS Chen dan perkiraan nilai data untuk periode berikutnya menggunakan FTS Chen-Markov Chain.

4.1.2.1 Perkiraan Metode Chen Untuk Data Aktual

Adapun langkah-langkah perkiraan dengan menggunakan metode *fuzzy time Series* Chen tanpa menggunakan aturan *Sturges* untuk perkiraan data aktual adalah sebagai berikut.

1. Menentukan himpunan semesta pembicaraan

Berdasarkan data aktual pada Tabel 4.1 diperoleh nilai kelembapan minimum (d_{min}) sebesar 69,25 dan nilai kelembapan maksimum (d_{max})

sebesar 89,21. Nilai d_b dan d_a dipilih berdasarkan bentuk nilai data aktual untuk mencegah nilai data berada pada batas himpunan atau berada pada dua himpunan sekaligus serta menjaga agar nilai data yang ada tidak keluar dari interval yang telah dibagi sebelumnya. Dengan mengambil nilai d_b dan d_a masing-masing kurang dari 1 yaitu sebesar 0,25 dan 0,79 sehingga berdasarkan persamaan (2.9) maka dapat diperoleh:

$$\begin{aligned} U_{kelembapan} &= [U_{min}; U_{max}] \\ &= [d_{min} - d_b; d_{max} + d_a] \\ &= [69,25 - 0,25; 89,21 + 0,79] \\ &= [69; 90] \end{aligned}$$

2. Pembentukan kelas interval menggunakan algoritma REA

Pembentukan kelas interval dilakukan dengan menentukan banyaknya kelas dan panjang kelas. Dengan menggunakan algoritma REA banyaknya kelas interval yang diperoleh adalah 10 kelas interval. Adapun lebar interval (i) dapat didefinisikan menggunakan persamaan (2.10) sebagai berikut:

$$\text{Lebar interval } (i) = \frac{U_{max} - U_{min}}{\text{jumlah interval}} = \frac{90 - 69}{10} = 2,1$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka dapat diperoleh Tabel pembagian himpunan semesta sebagai berikut:

Tabel 4.2 Pembagian Himpunan Semesta (U)

Interval	Banyaknya data
$U_1 = [69; 71,1]$	4
$U_2 = [71,1; 73,2]$	5
$U_3 = [73,2; 75,3]$	3
$U_4 = [75,3; 77,4]$	8
$U_5 = [77,4; 79,5]$	7
$U_6 = [79,5; 81,6]$	12
$U_7 = [81,6; 83,7]$	8
$U_8 = [83,7; 85,8]$	8
$U_9 = [85,8; 87,9]$	10

Interval	Banyaknya data
$U_{10} = [87,9 ; 90]$	2
jumlah	67

Sumber: Data diolah tahun 2021.

3. Menentukan himpunan *fuzzy* tiap data untuk seluruh himpunan semesta U .

Penentuan himpunan *fuzzy* berdasarkan persamaan (2.11) dengan aturan pada persamaan (2.12) dan diperoleh himpunan *fuzzy* seperti pada persamaan (2.15) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} \\
 A_2 &= \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} \\
 A_3 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0,5}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} \\
 A_4 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{1}{u_4} + \frac{0,5}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} \\
 A_5 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0,5}{u_4} + \frac{1}{u_5} + \frac{0,5}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} \\
 A_6 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0,5}{u_5} + \frac{1}{u_6} + \frac{0,5}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} \\
 A_7 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0,5}{u_6} + \frac{1}{u_7} + \frac{0,5}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} \\
 A_8 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0,5}{u_7} + \frac{1}{u_8} + \frac{0,5}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} \\
 A_9 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0,5}{u_8} + \frac{1}{u_9} + \frac{0,5}{u_{10}} \\
 A_{10} &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0,5}{u_9} + \frac{1}{u_{10}}
 \end{aligned}$$

4. Melakukan fuzzifikasi dan fuzzy logical relationship (FLR)

Melakukan fuzzifikasi pada tiap nilai data historis berdasarkan himpunan *fuzzy* yang telah dibangun serta proses relasi antara *current state* dan *next state*. Fuzzifikasi bertujuan untuk menemukan himpunan *fuzzy* yang sesuai untuk setiap nilai data. Berdasarkan nilai A_i yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya, dimana A_i adalah bulan ke n dan

A_j adalah bulan ke $i+1$ pada data *time series*. Misalkan pada Tabel 4.1 untuk nilai data kelembapan udara pada waktu $t = 1$ adalah 83,84. Nilai data kelembapan udara 83,84 berada pada $U_8 = [83,7; 85,8]$ dimana U_8 berderajat 1 pada himpunan *fuzzy* A_8 . Sehingga nilai data kelembapan udara saat $t = 1$ berada pada himpunan *fuzzy* A_8 . Seperti menentukan himpunan *fuzzy* untuk $t = 1$, penentuan himpunan *fuzzy* untuk waktu (t) yang lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Selanjutnya, Penentuan FLR berdasarkan pada definisi 2.7.3. Misalnya fuzzifikasi untuk $t = 1$ yaitu A_8 dan $t=2$ yaitu A_9 maka FLR antara *current state* dan *next state* adalah $A_8 \rightarrow A_9$. Seperti menentukan FLR untuk $t = 1$, penentuan FLR untuk waktu (t) yang lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Maka diperoleh gambaran fuzzifikasi dan FLR dari data historis yang disajikan pada Tabel 4.3 dan selengkapnya disajikan pada lampiran 2.

Tabel 4.3 Fuzzifikasi dan Fuzzy Logic Relationship (FLR) Data

t	Bulan	Kelembapan udara	Fuzzifikasi	Relasi
1	Januari-16	83,84	A_8	-
2	Februari-16	87,6	A_9	$A_8 \rightarrow A_9$
3	Maret-16	86,48	A_9	$A_9 \rightarrow A_9$
4	April-16	84,86	A_8	$A_9 \rightarrow A_8$
5	Mai-16	79,7	A_6	$A_8 \rightarrow A_6$
6	Juni-16	79,73	A_6	$A_6 \rightarrow A_6$
7	Juli-16	78,8	A_5	$A_6 \rightarrow A_5$
8	Agustus-16	76,29	A_4	$A_5 \rightarrow A_4$
9	September-16	75,86	A_4	$A_4 \rightarrow A_4$
10	Oktober-16	80,38	A_6	$A_4 \rightarrow A_6$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
61	Januari-21	87,44	A_9	$A_9 \rightarrow A_9$
62	Februari-21	85,08	A_8	$A_9 \rightarrow A_8$
63	Maret-21	85,35	A_8	$A_8 \rightarrow A_8$
64	April-21	81,32	A_6	$A_8 \rightarrow A_6$

t	Bulan	Kelembapan udara	Fuzzyfikasi	Relasi
65	Mai-21	78,24	A_5	$A_6 \rightarrow A_5$
66	Juni-21	79,51	A_6	$A_5 \rightarrow A_6$
67	Juli-21	83,76	A_8	$A_6 \rightarrow A_8$

Sumber: Data diolah tahun 2021.

5. FLRG (*Fuzzy logic relationship group*)

Setelah mendapatkan *Fuzzy logic relationship* langkah selanjutnya adalah menggabungkan (*Group*) dari relasi *fuzzy* tersebut, dengan cara yaitu jika $A_i \rightarrow A_j$ dan $A_{i1} \rightarrow A_{j1}$ memiliki *current state* sama, maka yang diambil adalah salah satunya dan jika $A_i \rightarrow A_j, A_i \rightarrow A_{j1}$ maka *Fuzzy logic relationship* digabungkan (*Group*) menjadi $A_i \rightarrow A_j, A_{j1}$. Misalkan jika terdapat FLR yang diperoleh dari *state* A_2 , maka terdapat transisi ke *state* yang lain $A_i, i = 1, 2, \dots, n$, seperti $A_2 \rightarrow A_3, A_2 \rightarrow A_2, A_2 \rightarrow A_1$. Oleh karena itu, FLR dikelompokkan menjadi *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) seperti berikut:

$$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3.$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat proses FRLG pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Fuzzy Logic Relationship Group

Group	State
1	$A_1 \rightarrow A_2, 2A_1 \rightarrow A_3, A_1 \rightarrow A_5$
2	$A_2 \rightarrow A_1, A_2 \rightarrow A_2, A_2 \rightarrow A_3, A_2 \rightarrow A_5, A_5 \rightarrow A_6$
3	$A_3 \rightarrow A_2, A_3 \rightarrow A_4, A_3 \rightarrow A_6$
4	$A_4 \rightarrow A_1, 2A_4 \rightarrow A_2, 3A_4 \rightarrow A_4, A_4 \rightarrow A_6, A_4 \rightarrow A_7$
5	$2A_5 \rightarrow A_1, 2A_5 \rightarrow A_4, A_5 \rightarrow A_5, A_5 \rightarrow A_6, A_5 \rightarrow A_9$
6	$A_6 \rightarrow A_4, 3A_6 \rightarrow A_5, 2A_6 \rightarrow A_6, 4A_6 \rightarrow A_7, 2A_6 \rightarrow A_8$
7	$A_7 \rightarrow A_4, A_7 \rightarrow A_5, 2A_7 \rightarrow A_6, A_7 \rightarrow A_7, 3A_7 \rightarrow A_9$
8	$3A_8 \rightarrow A_6, 2A_8 \rightarrow A_7, A_8 \rightarrow A_8, A_8 \rightarrow A_9$
9	$A_9 \rightarrow A_6, 3A_9 \rightarrow A_8, 4A_9 \rightarrow A_9, 2A_9 \rightarrow A_{10}$
10	$A_{10} \rightarrow A_8, A_{10} \rightarrow A_9$

Sumber: Data diolah tahun 2021.

6. Defuzifikasi nilai perkiraan

Setelah proses *Fuzzy logic relationship group* diperoleh, langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai tengah dari masing-masing kelas yang telah dibagi pada Tabel 4.2. Nilai tengah dapat dihitung berdasarkan persamaan (2.14). Adapun nilai tengah dari masing-masing kelas tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 4.5 Nilai Tengah (m)

Interval		Nilai tengah	
A_1	$U_1 = [69; 71,1]$	m_1	70,05
A_2	$U_2 = [71,1; 73,2]$	m_2	72,15
A_3	$U_3 = [73,2; 75,3]$	m_3	74,25
A_4	$U_4 = [75,3; 77,4]$	m_4	76,35
A_5	$U_5 = [77,4; 79,5]$	m_5	78,45
A_6	$U_6 = [79,5; 81,6]$	m_6	80,55
A_7	$U_7 = [81,6; 83,7]$	m_7	82,65
A_8	$U_8 = [83,7; 85,8]$	m_8	84,75
A_9	$U_9 = [85,8; 87,9]$	m_9	86,85
A_{10}	$U_{10} = [87,9; 90]$	m_{10}	88,95

Sumber: Data diolah tahun 2021.

Selanjutnya yaitu menghitung nilai perkiraan dengan cara menjumlahkan semua nilai tengah berdasarkan nilai *next state*-nya kemudian dibagi dengan banyaknya *state* yang ada berdasarkan persamaan (2.13).

$$\text{nilai perkiraan } \hat{y}(t) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{p}$$

$$\text{nilai perkiraan } \hat{y}(t) = \frac{m_1+m_2+m_3+m_4+m_5+m_6+m_7+m_8+m_9+m_{10}}{p}$$

Dengan p adalah banyaknya *state*. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Menghitung Nilai Perkiraan

<i>Current State</i>	<i>Next State</i>	Perhitungan $\hat{y}(t)$	Nilai perkiraan
A ₁	A ₂ , A ₃ , A ₅	$= \frac{m_2 + m_3 + m_5}{3}$ $= \frac{72,15 + 74,25 + 78,45}{3}$	74,95
A ₂	A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₅ , A ₆	$= \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_5 + m_6}{5}$ $= \frac{70,05 + 72,15 + 74,25 + 78,45 + 80,55}{5}$	75,09
A ₃	A ₂ , A ₄ , A ₆	$= \frac{m_2 + m_4 + m_6}{3}$ $= \frac{72,15 + 76,35 + 80,55}{3}$	76,35
A ₄	A ₁ , A ₂ , A ₄ , A ₆ , A ₇	$= \frac{m_1 + m_2 + m_4 + m_6 + m_7}{5}$ $= \frac{70,05 + 72,15 + 76,35 + 80,55 + 82,65}{5}$	76,35
A ₅	A ₁ , A ₄ , A ₅ , A ₆ , A ₉	$= \frac{m_1 + m_4 + m_5 + m_6 + m_9}{5}$ $= \frac{70,05 + 76,35 + 78,45 + 80,55 + 88,85}{5}$	78,45
A ₆	A ₄ , A ₅ , A ₆ , A ₇ , A ₈	$= \frac{m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8}{5}$ $= \frac{76,35 + 78,45 + 80,55 + 82,65 + 84,75}{5}$	80,55
A ₇	A ₄ , A ₅ , A ₆ , A ₇ , A ₉	$= \frac{m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_9}{5}$ $= \frac{76,35 + 78,45 + 80,55 + 82,65 + 86,85}{5}$	80,97
A ₈	A ₆ , A ₇ , A ₈ , A ₉	$= \frac{m_6 + m_7 + m_8 + m_9}{4}$ $= \frac{80,55 + 82,65 + 84,75 + 86,85}{4}$	83,7
A ₉	A ₆ , A ₈ , A ₉ , A ₁₀	$= \frac{m_6 + m_8 + m_9 + m_{10}}{4}$ $= \frac{80,55 + 84,75 + 86,85 + 88,95}{4}$	85,275
A ₁₀	A ₈ , A ₉	$= \frac{m_8 + m_9}{2}$ $= \frac{84,75 + 86,85}{2}$	85,8

Sumber: Data diolah tahun 2021.

Setelah nilai defuzifikasi diperoleh, selanjutnya nilai tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai perkiraan untuk data aktual pada Tabel 4.1 dan disesuaikan berdasarkan proses fuzzifikasinya pada Tabel 4.3. Misalkan pada Tabel 4.3 untuk $t=1$ fuzzifikasinya adalah A_8 , sehingga nilai prediksinya adalah 83,7. Dengan cara yang sama, dapat pula ditentukan nilai prediksi untuk $t=2$ sampai dengan $t=67$. Sedangkan, untuk nilai MAPE dari data aktualnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.30) dengan gambaran nilai prediksi disajikan pada Tabel 4.7 dan selengkapnya disajikan pada lampiran 3.

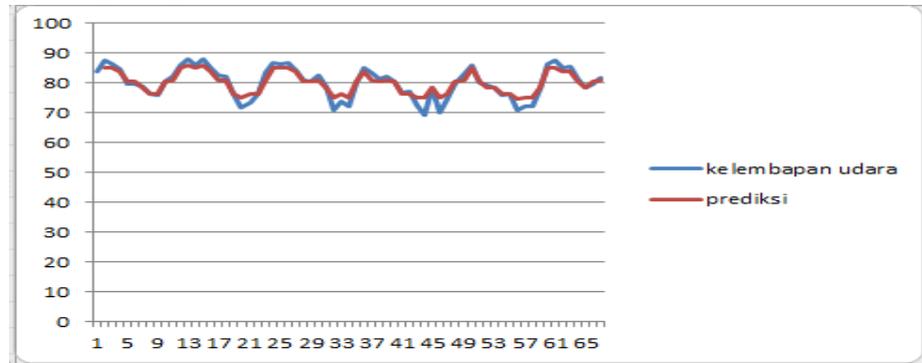
Tabel 4.7 Nilai Prediksi Dari Data Aktual Dengan Metode Chen Menggunakan Algoritma REA dan nilai MAPE-nya

t	Bulan	Kelembapan Udara (X_t)	Prediksi (F_t)	$\left \frac{X_t - F_t}{X_t} \right $
1	Januari-16	83,84	83,7	0,00166985
2	Februari-16	87,6	85,275	0,026541
3	Maret-16	86,48	85,275	0,013934
4	April-16	84,86	83,7	0,01367
5	Mai-16	79,7	80,55	0,010665
6	Juni-16	79,73	80,55	0,010285
7	Juli-16	78,8	78,45	0,004442
8	Agustus-16	76,29	76,35	0,000786
9	September-16	75,86	76,35	0,006459
10	Oktober-16	80,38	80,55	0,002115
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
61	Januari-21	87,44	85,275	0,02476
62	Februari-21	85,08	83,7	0,01622
63	Maret-21	85,35	83,7	0,019332
64	April-21	81,32	80,55	0,009469
65	Mai-21	78,24	78,45	0,002684
66	Juni-21	79,51	80,55	0,01308
67	Juli-21	83,76	83,97	0,009662

MAPE	1,83%
------	-------

Sumber: Data diolah tahun 2021.

Adapun grafik kelembapan udara rata-rata dan prediksinya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.2. Grafik perbandingan data kelembapan udara dengan nilai prediksinya menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Chen menggunakan algoritma REA

4.1.2.2 Perkiraan Metode Chen-Markov Chain Untuk Periode Berikutnya

Adapun langkah-langkah dalam menentukan nilai perkiraan untuk periode berikutnya menggunakan metode FTS Chen-Markov Chain adalah sebagai berikut.

1. Penentuan perkiraan awal

Penentuan perkiraan awal dilakukan dengan menggunakan data sebelumnya dan matriks peluang transisi. Matriks peluang transisi dibuat berdasarkan FLRG pada Tabel 4.4. Matriks peluang transisi yang terbentuk akan berorde $n \times n$, dengan n adalah banyaknya interval data. Matriks dibentuk berdasarkan dengan aturan pada persamaan (2.20) dan persamaan (2.21). Matriks peluang transisi data kelembapan udara rata-rata disajikan pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.8 Matriks Peluang Transisi Data Kelembapan Udara

P_{ij}		j									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
i	1	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{4}$	0	0	0	0	0

P_{ij}	j									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	0	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	0	0	0	0
3	0	$\frac{1}{3}$	0	$\frac{1}{3}$	0	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0
4	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	0	$\frac{3}{8}$	0	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	0	0	0
5	$\frac{2}{7}$	0	0	$\frac{2}{7}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	0	0	$\frac{1}{7}$	0
6	0	0	0	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{12}$	0	0
7	0	0	0	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	0	$\frac{3}{8}$	0
8	0	0	0	0	0	$\frac{3}{7}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	0
9	0	0	0	0	0	$\frac{1}{10}$	0	$\frac{3}{10}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{5}$
10	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0

Sumber : Data diolah tahun 2021

Setelah memperoleh matriks peluang transisi akan dilakukan perhitungan perkiraan awal, dalam penelitian ini perkiraan awal dilakukan dengan melihat dan tanpa melihat data aktualnya.

- a. Perkiraan awal dengan menggunakan data aktual

Tabel 4.10 berikut menyajikan data historis dan FLR dari data yang akan diperkirakan.

Tabel 4.9 Data Historis dan FLR

t	Kelembapan udara	Fuzzifikasi	FLR
67	Juli 2021	83,76	A_8
68	Agustus 2021	78,68	A_5
69	September 2021	79,25	A_5

70	Oktober 2021	81,92	A_7	$A_5 \rightarrow A_7$
71	November 2021	81,79	A_7	$A_7 \rightarrow A_7$

Sumber : Data diolah tahun 2021.

Perhitungan nilai perkiraan awal ini menggunakan aturan pada persamaan (2.22) sampai dengan persamaan (2.24). Berdasarkan sifat markov perhitungan perkiraan data saat ini dilakukan dengan berdasar pada data sebelumnya. Sebagai contoh untuk menghitung nilai perkiraan pada saat $t = 68$ perlu diketahui data pada saat $t = 67$ dimana pada saat $t = 67$ nilai data historis adalah 83,76 dan $t = 68$ nilai data historis adalah 78,68 dengan FLR $A_8 \rightarrow A_5$, yang artinya data bertransisi dari A_8 ke A_5 . Sehingga perhitungan perkiraan awalnya dapat dihitung dengan aturan 3 pada persamaan (2.24) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F(t) &= m_1P_{51} + m_2P_{52} + m_3P_{53} + m_4P_{54} + Y(t)P_{55} + m_6P_{56} \\
 &\quad + F(t) \quad m_7P_{57} + m_8P_{58} + m_9P_{59} + m_{10}P_{510} \\
 F(t) &= 70,05 \left(\frac{2}{7}\right) + 72,15(0) + 74,25(0) + 76,35 \left(\frac{2}{7}\right) + \\
 &\quad 78,68 \left(\frac{1}{7}\right) + 80,55 \left(\frac{1}{7}\right) + 82,65(0) + 84,75(0) + 86,85 \left(\frac{1}{7}\right) + \\
 &\quad 88,95(0) \\
 F(t) &= 76,98
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama diperoleh perkiraan awal untuk data yang lain, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.10 Perkiraan Awal Dengan Data Aktual Menggunakan Metode Chen-Markov Chain

t		Kelembapan udara	Perkiraan awal
67	Juli 2021	83,76	-
68	Agustus 2021	78,68	76,98
69	September 2021	79,25	77,06
70	Oktober 2021	81,92	82,3
71	November 2021	81,79	82,28

Sumber : Data diolah tahun 2021.

b. Perkiraan awal tanpa menggunakan data aktual

Perkiraan tanpa data aktual dilakukan dengan memperkirakan transisi *state* selanjutnya. Berdasarkan matriks peluang transisi ditentukan kecenderungan transisi *state*, sehingga diperoleh FLR. Contoh akan dilakukan perkiraan untuk $t = 68$, data kelembapan udara saat $t = 67$ adalah 83,79 berada pada himpunan *fuzzy* A_8 . Perhatikan potongan Tabel 4.9 dibawah ini.

i=8	0	0	0	0	0	$\frac{3}{7}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	0
-----	---	---	---	---	---	---------------	---------------	---------------	---------------	---

Berdasarkan Tabel diatas interval naik memiliki peluang terbesar yaitu $\frac{3}{7}$ berada pada $j = 6$, sehingga transisi *state* saat $t = 68$ diperkirakan berada pada himpunan *fuzzy* A_6 . Perkiraan transisi *state* selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama dan diperoleh kecenderungan transisi *state* serta FLR, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.12 sebagai berikut.

Tabel 4.11 Kecenderungan Transisi dan FLR

t	Kecenderungan Transisi	FLR
68	A_6	$A_8 \rightarrow A_6$
69	A_7	$A_6 \rightarrow A_7$
70	A_9	$A_7 \rightarrow A_9$
71	A_9	$A_9 \rightarrow A_9$

Sumber : Data diolah tahun 2021.

Berdasarkan Tabel 4.12 perhitungan nilai perkiraan awal ini menggunakan aturan pada persamaan (2.22) sampai dengan persamaan (2.24). Berdasarkan sifat markov perhitungan perkiraan data saat ini dilakukan dengan berdasar pada data sebelumnya. Sebagai contoh untuk menghitung nilai perkiraan pada saat $t = 68$ perlu diketahui data pada saat $t = 67$. Dimana pada saat $t = 67$ nilai data historis adalah 83,76 dengan FLR $A_8 \rightarrow A_6$, yang artinya data bertransisi dari A_8 ke A_6 . Sehingga

perhitungan perkiraan awalnya dapat dihitung dengan aturan 3 pada persamaan (2.24) sebagai berikut :

$$F(t) = m_1P_{61} + m_2P_{62} + m_3P_{63} + m_4P_{64} + m_5P_{65} + Y(t)P_{66} \\ + m_7P_{67} + m_8P_{68} + m_9P_{69} + m_{10}P_{610}$$

$$F(t) = 70,05(0) + 72,15(0) + 74,25(0) + 76,35\left(\frac{1}{12}\right) + 78,45\left(\frac{1}{4}\right) \\ + 83,79\left(\frac{1}{6}\right) + 82,65\left(\frac{1}{3}\right) + 84,75\left(\frac{1}{12}\right) + 86,85(0) + 88,95(0)$$

$$F(t) = 81,61$$

Perhitungan nilai perkiraan awal dapat dilakukan dengan cara yang sama untuk t=69 dan seterusnya dan diperoleh perkiraan awal sebagaimana disajikan pada Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.12 Perkiraan Awal Tanpa Data Aktual

<i>t</i>	Perkiraan Awal
68	81,61
69	82,25
70	84,17
71	84,17

Sumber : Data diolah tahun 2021.

- Menghitung nilai penyesuaian perkiraan awal berdasarkan persamaan (2.25) sampai dengan persamaan (2.28). Misalkan data kelembapan udara pada saat $t = 68$ pada Tabel 4.10, diketahui *state* berpindah dari *state* saat ini A_8 ke *state* selanjutnya A_5 . Karena perpindahan ini memenuhi aturan (2) pada persamaan (2.26) dan aturan (4) pada persamaan (2.28) serta panjang kelas yang sebesar $l = 2,1$ maka diperoleh :

$$D_{t1} = -\left(\frac{l}{2}\right) = -\frac{2,1}{2} = -1,05$$

$$D_{t2} = -\left(\frac{l}{2}\right)s = -\left(\frac{2,1}{2}\right)3 = -3,15$$

dengan cara yang sama diperoleh nilai penyesuaian pada Tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.13 Penyesuaian Perkiraan Dtn

t	Perkiraan Awal (Data Aktual)	D_{t1}	D_{t2}	Perkiraan Awal (Tanpa Data Aktual)	D_{t1}	D_{t2}
68	76,98	-1,05	-3,15	81,61	-1,05	-2,1
69	77,06	0	0	82,25	1,05	1,05
70	82,29	1,05	1,05	84,17	1,05	2,1
71	82,28	0	0	84,17	1,05	1,05

Sumber : Data diolah tahun 2021.

3. Menentukan hasil perkiraan akhir.

Untuk menyelesaikan hasil perkiraan akhir digunakan persamaan (2.29) dengan mensubstitusikan nilai pada Tabel 4.14. Berikut contoh perhitungan perkiraan akhir pada $t = 68$ tanpa data aktual.

$$F'(t) = F(t) \pm D_{t1} \pm D_{t2} = 81,61 - 1,05 - 2,1 = 78,46$$

Sehingga diperoleh hasil perkiraan akhir untuk $t = 68$ tanpa data aktual adalah 78,46, dengan cara yang sama diperoleh hasil perkiraan akhir pada Tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.14 Perkiraan Akhir *Fuzzy Time Series* Chen-Markov Chain

t	Perkiraan Awal (Data Aktual)	Perkiraan Akhir	Perkiraan Awal (Tanpa Data Aktual)	Perkiraan Akhir
68	76,98	72,78	81,61	78,46
69	77,06	77,06	82,25	84,35
70	82,29	82,29	84,17	87,32
71	82,28	82,28	84,17	84,17

Sumber : Data diolah tahun 2021.

4.1.3 Prediksi FTS Cheng-Markov Chain Dengan Algoritma REA

Perkiraan menggunakan Fuzzy Time Series Cheng-Markov Chain dapat dilakukan dengan perkiraan nilai data aktual menggunakan metode FTS Cheng dan perkiraan nilai data untuk periode berikutnya menggunakan FTS Cheng-Markov Chain.

4.1.3.1 Perkiraan Metode Cheng Untuk Data Aktual

Adapun langkah-langkah perkiraan dengan menggunakan metode *fuzzy time Series* Cheng tanpa menggunakan aturan *Sturges* untuk perkiraan pada data aktual adalah sebagai berikut.

1. Menentukan himpunan semesta pembicaraan

Berdasarkan data aktual pada Tabel 4.1 diperoleh nilai kelembapan minimum (d_{min}) sebesar 69,25 dan nilai kelembapan maksimum (d_{max}) sebesar 89,21. Nilai d_b dan d_a dipilih berdasarkan bentuk nilai data aktual untuk mencegah nilai data berada pada batas himpunan atau berada pada dua himpunan sekaligus serta menjaga agar nilai data yang ada tidak keluar dari interval yang telah dibagi sebelumnya. Dengan mengambil nilai d_b dan d_a masing-masing kurang dari 1 yaitu sebesar 0,25 dan 0,79 sehingga berdasarkan persamaan (2.9) maka dapat diperoleh:

$$\begin{aligned}
 U_{kelembapan} &= [U_{min}; U_{max}] \\
 &= [d_{min} - d_b; d_{max} + d_a] \\
 &= [69,25 - 0,25; 89,21 + 0,79] \\
 &= [69; 90]
 \end{aligned}$$

2. Pembentukan kelas interval menggunakan algoritma REA

Pembentukan kelas interval dilakukan dengan menentukan banyaknya kelas dan panjang kelas. Dengan menggunakan algoritma REA, banyaknya kelas interval yang diperoleh adalah 10 kelas interval. Adapun, Panjang interval (i) dapat didefinisikan menggunakan persamaan (2.10) sebagai berikut:

$$\text{Lebar interval } (i) = \frac{U_{max} - U_{min}}{\text{jumlah interval}} = \frac{90 - 69}{10} = 2,1$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka dapat diperoleh Tabel pembagian himpunan semesta (U) sebagai berikut:

Tabel 4.15 Pembagian Himpunan Semesta (U)

Interval	Banyaknya data
$U_1 = [69; 71,1]$	4

Interval	Banyaknya data
$U_2 = [71,1; 73,2]$	5
$U_3 = [73,2; 75,3]$	3
$U_4 = [75,3; 77,4]$	8
$U_5 = [77,4; 79,5]$	7
$U_6 = [79,5; 81,6]$	12
$U_7 = [81,6; 83,7]$	8
$U_8 = [83,7; 85,8]$	8
$U_9 = [85,8; 87,9]$	10
$U_{10} = [87,9; 90]$	2
jumlah	67

Sumber: Data diolah tahun 2021.

3. Setelah interval kelas diperoleh, selanjutnya dihitung nilai rata-rata frekuensi untuk masing-masing interval dengan cara membagi banyaknya (total) frekuensi dengan banyaknya jumlah interval yang ada sebagai berikut.

$$\text{rata - rata frekuensi} = \frac{\text{Total Frekuensi}}{\text{jumlah interval}} = \frac{67}{10} = 6,7 = 7.$$

Diperoleh rata-rata frekuensi adalah 7. Berdasarkan langkah ke-tiga pada metode Cheng, interval yang memiliki nilai frekuensi diatas 7 harus dibagi menjadi 2 interval dengan panjang yang sama, sehingga Tabel 4.16 dapat ditulis dalam Tabel 4.17 berikut.

Tabel 4.16 Jumlah Kelas Interval Setelah Proses Pembagian Pertama

No	Interval		Frekuensi	Dividing Condition
	Batas bawah	Batas atas		
1	69	71,1	4	1
2	71,1	73,2	5	1
3	73,2	75,3	3	1
4	75,3	76,35	5	2
5	76,35	77,4	3	2

No	Interval		Frekuensi	Dividing Condition
	Batas bawah	Batas atas		
6	77,4	79,5	7	1
7	79,5	80,55	9	2
8	80,55	81,6	3	2
9	81,6	82,65	3	2
10	82,65	83,7	5	2
11	83,7	84,75	3	2
12	84,75	85,8	5	2
13	85,8	86,85	8	2
14	86,85	87,9	2	2
15	87,9	90	2	1
jumlah			67	

Sumber: Data diolah tahun 2021

Pada Tabel 4.17 diatas dapat dilihat bahwa terdapat interval yang masih memiliki frekuensi diatas 7 yaitu pada interval ke-7 dan interval ke-13 dimana nilai frekuensinya lebih besar dari rata-rata frekuensi, sehingga berdasarkan aturan pada langkah ketiga metode Cheng, interval ke-7 dan interval ke-13 harus dibagi menjadi 2 kelas dengan panjang kelas yang sama. Selanjutnya dapat dihitung nilai tengah dengan menggunakan rumus (2.14). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.18 Berikut ini.

Tabel 4.17 Jumlah Interval Setelah Proses Pembagian Kedua

No	Interval		Nilai Tengah	Frekuensi	Dividing Condition
	Batas bawah	Batas atas			
1	69	71,1	$m_1 = 70,05$	4	1
2	71,1	73,2	$m_2 = 72,15$	5	1
3	73,2	75,3	$m_3 = 74,25$	3	1
4	75,3	76,35	$m_4 = 75,825$	5	2
5	76,35	77,4	$m_5 = 76,875$	3	2

No	Interval		Nilai Tengah	Frekuensi	Dividing Condition
	Batas bawah	Batas atas			
6	77,4	79,5	$m_6 = 78,45$	7	1
7	79,5	80,025	$m_7 = 79,7625$	4	3
8	80,025	80,55	$m_8 = 80,2875$	5	3
9	80,55	81,6	$m_9 = 81,075$	3	2
10	81,6	82,65	$m_{10} = 82,125$	4	2
11	82,65	83,7	$m_{11} = 83,175$	5	2
12	83,7	84,75	$m_{12} = 84,225$	2	2
13	84,75	85,8	$m_{13} = 85,275$	5	2
14	85,8	86,325	$m_{14} = 86,0625$	4	3
15	86,325	86,85	$m_{15} = 86,5875$	4	3
16	86,85	87,9	$m_{16} = 87,375$	2	2
17	87,9	90	$m_{17} = 88,95$	2	1
jumlah				67	

Sumber: Data diolah tahun 2021.

4. Menentukan himpunan *fuzzy* tiap data untuk seluruh himpunan semesta U . Penentuan himpunan *fuzzy* berdasarkan persamaan (2.11) dengan aturan pada persamaan (2.12) dan diperoleh himpunan *fuzzy* seperti pada persamaan (2.15) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} + \frac{0}{u_{11}} + \frac{0}{u_{12}} \\
 &\quad + \frac{0}{u_{13}} + \frac{0}{u_{14}} + \frac{0}{u_{15}} + \frac{0}{u_{16}} + \frac{0}{u_{17}} \\
 A_2 &= \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} + \frac{0}{u_{11}} + \frac{0}{u_{12}} \\
 &\quad + \frac{0}{u_{13}} + \frac{0}{u_{14}} + \frac{0}{u_{15}} + \frac{0}{u_{16}} + \frac{0}{u_{17}} \\
 A_3 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0,5}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} + \frac{0}{u_{11}} + \frac{0}{u_{12}} \\
 &\quad + \frac{0}{u_{13}} + \frac{0}{u_{14}} + \frac{0}{u_{15}} + \frac{0}{u_{16}} + \frac{0}{u_{17}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{13} &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} + \frac{0}{u_{11}} + \frac{0,5}{u_{12}} \\
 &\quad + \frac{1}{u_{13}} + \frac{0,5}{u_{14}} + \frac{0}{u_{15}} + \frac{0}{u_{16}} + \frac{0}{u_{17}} \\
 A_{14} &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{1}{u_{10}} + \frac{0}{u_{11}} + \frac{0}{u_{12}} \\
 &\quad + \frac{0,5}{u_{13}} + \frac{1}{u_{14}} + \frac{0,5}{u_{15}} + \frac{0}{u_{16}} + \frac{0}{u_{17}} \\
 A_{15} &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} + \frac{0}{u_{11}} + \frac{0}{u_{12}} \\
 &\quad + \frac{0}{u_{13}} + \frac{0,5}{u_{14}} + \frac{1}{u_{15}} + \frac{0,5}{u_{16}} + \frac{0}{u_{17}} \\
 A_{16} &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} + \frac{0}{u_{11}} + \frac{0}{u_{12}} \\
 &\quad + \frac{0}{u_{13}} + \frac{0}{u_{14}} + \frac{0,5}{u_{15}} + \frac{1}{u_{16}} + \frac{0,5}{u_{17}} \\
 A_{17} &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0,5}{u_9} + \frac{1}{u_{10}} + \frac{0,5}{u_{11}} + \frac{0}{u_{12}} \\
 &\quad + \frac{0}{u_{13}} + \frac{0}{u_{14}} + \frac{0}{u_{15}} + \frac{0,5}{u_{16}} + \frac{1}{u_{17}}
 \end{aligned}$$

5. Fuzzifikasi, *fuzzy logic relationship* (FLR) dan *fuzzy logic relationship group* (FLRG)

Proses fuzzifikasi pada metode Cheng hampir sama dengan proses fuzzifikasi pada metode Chen. Melakukan fuzzifikasi pada tiap nilai data historis berdasarkan himpunan *fuzzy* yang telah dibangun serta proses relasi antara *current state* dan *next state*. Fuzzifikasi bertujuan untuk menemukan himpunan *fuzzy* yang sesuai untuk setiap nilai data. Berdasarkan nilai A_i yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya, dimana A_i adalah bulan ke n dan A_j adalah bulan ke $i+1$ pada data *time series*. Misalkan pada Tabel 4.1 untuk nilai data kelembapan udara pada waktu $t = 1$ adalah 83,84. Nilai data kelembapan udara 83,84 berada pada $U_{12} = [83,7; 84,75]$ dimana U_{12} berderajat 1 pada himpunan *fuzzy* A_{12} . Sehingga nilai data kelembapan udara saat $t = 1$ berada pada himpunan *fuzzy* A_{12} . Seperti menentukan himpunan *fuzzy* untuk $t =$

1 penentuan himpunan *fuzzy* untuk waktu (*t*) yang lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Selanjutnya, Penentuan FLR berdasarkan pada definisi 2.7.3. Misalnya fuzzifikasi untuk $t = 1$ yaitu A_{12} dan $t=2$ yaitu A_{16} maka FLR antara *current state* dan *next state* adalah $A_{12} \rightarrow A_{16}$. Seperti penentuan FLR untuk $t=1$, penentuan FLR untuk waktu (*t*) yang lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Diperoleh fuzzifikasi dan FLR dari data historis dengan gambaran disajikan pada Tabel 4.19 dan selengkapnya disajikan pada lampiran 4.

Tabel 4.18 Fuzzyfikasi dan Fuzzy Logic Relationship (FLR) Metode Cheng

t	Bulan	Kelembapan udara	Fuzzyfikasi	Relasi
1	Januari-16	83,84	A_{12}	-
2	Februari-16	87,6	A_{16}	$A_{12} \rightarrow A_{16}$
3	Maret-16	86,48	A_{15}	$A_{16} \rightarrow A_{15}$
4	April-16	84,86	A_{13}	$A_{15} \rightarrow A_{13}$
5	Mai-16	79,7	A_7	$A_{13} \rightarrow A_7$
6	Juni-16	79,73	A_7	$A_7 \rightarrow A_7$
7	Juli-16	78,8	A_6	$A_7 \rightarrow A_6$
8	Agustus-16	76,29	A_4	$A_6 \rightarrow A_4$
9	September-16	75,86	A_4	$A_4 \rightarrow A_4$
10	Oktober-16	80,38	A_8	$A_4 \rightarrow A_8$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
62	Februari-21	85,08	A_{13}	$A_{16} \rightarrow A_{13}$
63	Maret-21	85,35	A_{13}	$A_{13} \rightarrow A_{13}$
64	April-21	81,32	A_9	$A_{13} \rightarrow A_9$
65	Mai-21	78,24	A_6	$A_9 \rightarrow A_6$
66	Juni-21	79,51	A_7	$A_6 \rightarrow A_7$
67	Juli-21	83,76	A_{12}	$A_7 \rightarrow A_{12}$

Sumber: Data diolah tahun 2021.

Untuk proses FRLG pada metode Cheng sama seperti metode Chen. Setelah mendapatkan *Fuzzy logic relationship* langkah selanjutnya adalah

menggabungkan (*Group*) dari relasi *fuzzy* tersebut, dengan cara yaitu jika $A_i \rightarrow A_j$ dan $A_{i1} \rightarrow A_{j1}$ memiliki *current state* yang sama, maka yang diambil adalah salah satunya dan jika $A_i \rightarrow A_j, A_i \rightarrow A_{j1}$ maka *Fuzzy logic relationship* digabungkan (*Group*) menjadi $A_i \rightarrow A_j, A_{j1}$. Misalkan jika terdapat FLR yang diperoleh dari *state* A_2 , maka terdapat transisi ke *state* yang lain $A_i, i = 1, 2, \dots, n$, seperti $A_2 \rightarrow A_3, A_2 \rightarrow A_2, A_2 \rightarrow A_1$. Oleh karena itu, FLR dikelompokkan menjadi *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) seperti berikut:

$$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3.$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.20 berikut ini.

Tabel 4.19 Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG) Metode Cheng

Group	Relasi <i>fuzzy</i>
1	$A_1 \rightarrow A_2, 2A_1 \rightarrow A_3, A_1 \rightarrow A_6$
2	$A_2 \rightarrow A_1, A_2 \rightarrow A_2, A_2 \rightarrow A_3, A_2 \rightarrow A_6, A_2 \rightarrow A_8$
3	$A_3 \rightarrow A_2, A_3 \rightarrow A_4, A_3 \rightarrow A_7$
4	$A_4 \rightarrow A_1, 2A_4 \rightarrow A_4, A_4 \rightarrow A_8, A_4 \rightarrow A_{11}$
5	$2A_5 \rightarrow A_2, A_5 \rightarrow A_5$
6	$2A_6 \rightarrow A_1, 2A_6 \rightarrow A_4, A_6 \rightarrow A_6, A_6 \rightarrow A_7, A_6 \rightarrow A_{14}$
7	$A_7 \rightarrow A_6, A_7 \rightarrow A_7, A_7 \rightarrow A_{11}, A_7 \rightarrow A_{12}$
8	$A_8 \rightarrow A_5, A_8 \rightarrow A_6, A_8 \rightarrow A_{10}, A_8 \rightarrow A_{11}, A_8 \rightarrow A_{13}$
9	$A_9 \rightarrow A_6, A_9 \rightarrow A_8, A_9 \rightarrow A_{10}$
10	$A_{10} \rightarrow A_5, A_{10} \rightarrow A_8, A_{10} \rightarrow A_{14}$
11	$A_{11} \rightarrow A_6, A_{11} \rightarrow A_9, A_{11} \rightarrow A_{10}, A_{11} \rightarrow A_{14}, A_{11} \rightarrow A_{15}$
12	$A_{12} \rightarrow A_9, A_{12} \rightarrow A_{16}$
13	$A_{13} \rightarrow A_7, A_{13} \rightarrow A_9, 2A_{13} \rightarrow A_{11}, A_{13} \rightarrow A_{13}$
14	$A_{14} \rightarrow A_8, A_{14} \rightarrow A_{16}, 2A_{14} \rightarrow A_{17}$
15	$A_{15} \rightarrow A_{12}, A_{15} \rightarrow A_{13}, 2A_{15} \rightarrow A_{15}$
16	$A_{16} \rightarrow A_{13}, A_{16} \rightarrow A_{15}$
17	$A_{17} \rightarrow A_{13}, A_{12} \rightarrow A_{14}$

Sumber: Data diolah tahun 2021.

6. Proses pembobotan

Pembobotan dilakukan berdasarkan proses relasi *fuzzy* pada keseluruhan data didalam proses fuzzyfikasi, sehingga akan diketahui pembobotannya kemudian dimasukkan kedalam matriks yang kemudian akan di normalisasikan.

Menentukan bobot relasi FLR menjadi *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) dengan memasukkan semua hubungan (*all relationship*) dan memberikan bobot berdasarkan pada urutan dan perulangan yang sama. FLR yang memiliki *current state* (A_i) yang sama digabungkan menjadi satu grup ke dalam bentuk matriks pembobotan. Misal terdapat suatu urutan FLR yang sama.

($t = 1$) $A_1 \rightarrow A_1$, diberikan bobot 1

($t = 2$) $A_2 \rightarrow A_1$, diberikan bobot 1

($t = 3$) $A_1 \rightarrow A_1$, diberikan bobot 2

($t = 4$) $A_1 \rightarrow A_1$, diberikan bobot 3

dimana t menyatakan waktu.

Kemudian bobot yang didapat pada relasi FLR dimasukkan ke dalam bentuk matriks pembobot (W) yang ditulis berdasarkan persamaan (2.16). Proses pembobotan dapat dilihat pada Tabel 4.21 berikut.

Tabel 4.20 Proses Pembobotan

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{16}	A_{17}
A_1	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_2	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_3	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_4	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A_5	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_6	2	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
A_7	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
A_8	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
A_9	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A_{10}	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇
A ₁₁	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
A ₁₂	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
A ₁₃	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0
A ₁₄	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2
A ₁₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0
A ₁₆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
A ₁₇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0

Sumber: Data diolah tahun 2021.

- Mentransfer bobot FLRG tersebut ke dalam bentuk matriks pembobot terstandarisasi (W^*) berdasarkan persamaan (2.17) sebagai berikut.

Tabel 4.21. Bobot Ternormalisasi

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇
A ₁	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{4}$	0	0	$\frac{1}{4}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A ₂	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	0	0	$\frac{1}{5}$	0	$\frac{1}{5}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A ₃	0	$\frac{1}{3}$	0	$\frac{1}{3}$	0	0	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A ₄	$\frac{1}{5}$	0	0	$\frac{2}{5}$	0	0	0	$\frac{1}{5}$	0	0	$\frac{1}{5}$	0	0	0	0	0	0
A ₅	0	$\frac{2}{3}$	0	0	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A ₆	$\frac{2}{7}$	0	0	$\frac{2}{7}$	0	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{7}$	0	0	0
A ₇	0	0	0	0	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	0	0	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	0	0	0	0	0
A ₈	0	0	0	0	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	0	0	0	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	0	$\frac{1}{5}$	0	0	0	0
A ₉	0	0	0	0	0	$\frac{1}{3}$	0	$\frac{1}{3}$	0	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0	0	0	0
A ₁₀	0	0	0	0	$\frac{1}{3}$	0	0	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0	0	$\frac{1}{3}$	0	0	0
A ₁₁	0	0	0	0	0	$\frac{1}{3}$	0	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	0	0	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	0	0

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇
A ₁₂	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{2}$	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{2}$	0
A ₁₃	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{5}$	0	$\frac{1}{5}$	0	$\frac{2}{5}$	0	$\frac{1}{5}$	0	0	0	0
A ₁₄	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{4}$	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{4}$
A ₁₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	0	$\frac{2}{4}$	0	0
A ₁₆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	0	0
A ₁₇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	0

Sumber: Data diolah tahun 2021.

8. Menentukan defuzzifikasi nilai perkiraan dari data aktual.

Untuk menghasilkan nilai perkiraan, matriks pembobot terstandarisasi (W^*) dikalikan dengan nilai tengah (m_i). Mencari nilai tengah (m_i) pada interval himpunan *fuzzy* dapat menggunakan Persamaan (2.14). Selanjutnya, menghitung nilai perkiraan dari data aktual dapat menggunakan persamaan (2.18), untuk lebih jelasnya perhitungan nilai perkiraan dapat dilihat pada Tabel 4.23 sebagai berikut.

Tabel 4.22 Perhitungan Nilai Perkiraan Metode Cheng Untuk Data Aktual

F_i	Perhitungan perkiraan (F_i)	Nilai prediksi
F_1	$= [m_2, m_3, m_6]. [A_2, A_3, A_6]$ $= [72,15; 74,25; 78,45]. \left[\frac{1}{4}, \frac{2}{4}, \frac{1}{4}\right]$	74,775
F_2	$= [m_1, m_2, m_3, m_6, m_8]. [A_1, A_2, A_3, A_6, A_8]$ $= [70,05; 72,15; 74,15; 78,45; 80,2875]. \left[\frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5}\right]$	75,0375
F_3	$= [m_2, m_4, m_7]. [A_2, A_4, A_7]$ $= [72,15; 75,825; 79,7625]. \left[\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}\right]$	75,9125
F_4	$= [m_1, m_4, m_8, m_{11}]. [A_1, A_4, A_8, A_{11}]$	77,0325

F_i	Perhitungan perkiraan (F_i)	Nilai prediksi
	$= [70,05; 75,825; 80,2875; 83,175]. \left[\frac{1}{5}, \frac{2}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5} \right]$	
F_5	$= [m_2, m_5]. [A_2, A_5]$ $= [72,15; 76,875]. \left[\frac{2}{3}, \frac{1}{3} \right]$	73,725
F_6	$= [m_1, m_4, m_6, m_7, m_{14}]. [A_1, A_4, A_6, A_7, A_{14}]$ $= [70,05; 75,825; 78,45; 79,7625; 86,0625]. \left[\frac{2}{7}, \frac{2}{7}, \frac{1}{7}, \frac{1}{7}, \frac{1}{7} \right]$	76,575
F_7	$= [m_6, m_7, m_{11}, m_{12}]. [A_6, A_7, A_{11}, A_{12}]$ $= [78,45; 79,7625; 83,175; 84,225]. \left[\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4} \right]$	81,40312
F_8	$= [m_5, m_6, m_{10}, m_{11}, m_{13}]. [A_5, A_6, A_{10}, A_{11}, A_{13}]$ $= [76,875; 78,45; 82,125; 83,175; 85,275]. \left[\frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5} \right]$	81,1764
F_9	$= [m_6, m_8, m_{10}]. [A_6, A_8, A_{10}]$ $= [78,45; 80,2875; 82,125]. \left[\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3} \right]$	80,2875
F_{10}	$= [m_5, m_8, m_{14}]. [A_5, A_8, A_{14}]$ $= [76,875; 80,2875; 86,0625]. \left[\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3} \right]$	81,075
F_{11}	$= [m_6, m_9, m_{10}, m_{14}, m_{15}]. [A_6, A_9, A_{10}, A_{14}, A_{15}]$ $= [78,45; 81,075; 82,125; 86,0625; 86,5875]. \left[\frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5} \right]$	82,86
F_{12}	$= [m_9, m_{16}]. [A_9, A_{16}]$ $= [81,075; 87,375]. \left[\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right]$	84,225
F_{13}	$= [m_7, m_9, m_{11}, m_{13}]. [A_7, A_9, A_{11}, A_{13}]$ $= [79,7625; 81,075; 83,175; 85,275]. \left[\frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{2}{5}, \frac{1}{5} \right]$	82,4925
F_{14}	$= [m_8, m_{16}, m_{17}]. [A_8, A_{16}, A_{17}]$ $= [80,2875; 87,375; 88,95]. \left[\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{2}{4} \right]$	86,3906 25
F_{15}	$= [m_{12}, m_{13}, m_{15}]. [A_{12}, A_{13}, A_{15}]$ $= [84,225; 85,275; 86,5875]. \left[\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{2}{4} \right]$	85,6687 5

F_i	Perhitungan perkiraan (F_i)	Nilai prediksi
F_{16}	$= [m_{13}, m_{15}] \cdot [A_{13}, A_{15}]$ $= [85,275; 86,5875] \cdot \left[\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right]$	85,93125
F_{17}	$= [m_{13}, m_{14}] \cdot [A_{13}, A_{14}]$ $= [85,275; 86,0625] \cdot \left[\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right]$	85,66875

Sumber: Data diolah tahun 2021.

Setelah nilai perkiraan diperoleh, selanjutnya nilai tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai perkiraan untuk data aktual pada Tabel 4.1 dan disesuaikan berdasarkan proses fuzzifikasinya pada Tabel 4.19. Misalkan pada Tabel 4.19 untuk $t=1$ fuzzifikasinya adalah A_{12} , sehingga nilai prediksinya adalah F_{12} sebesar 83,7. Dengan cara yang sama, dapat pula ditentukan nilai prediksi untuk $t=2$ sampai dengan $t=67$. Selanjutnya menghitung Nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dari nilai perkiraan data aktual menggunakan metode Cheng. Tabel dibawah ini merupakan gambaran perbandingan nilai perkiraan dengan data aktual pada nilai kelembapan udara serta hasil perhitungan nilai kesalahan / *error*. Adapun gambaran perbandingan nilai data aktual dan nilai prediksinya disajikan pada tabel 4.24 dan selengkapnya disajikan pada lampiran 5.

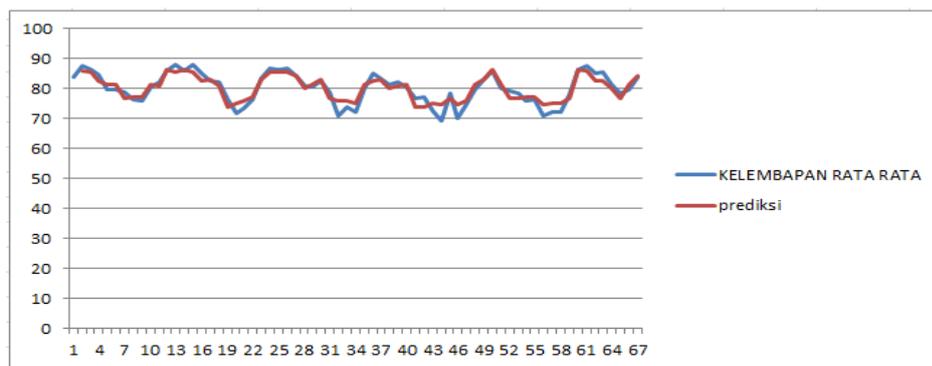
Tabel 4.23 Perbandingan Kelembapan Udara dan nilai Prediksinya Pada metode FTS Cheng dengan menggunakan Algoritma REA Beserta Nilai MAPE

No	Bulan	Kelembapan Udara	Prediksi	$\left \frac{X_t - F_t}{X_t} \right $
1	Januari-16	83,84	84,225	0,004592
2	Februari-16	87,6	85,93125	0,01905
3	Maret-16	86,48	85,66875	0,009381
4	April-16	84,86	82,4925	0,027899
5	Mai-16	79,7	81,40313	0,021369
6	Juni-16	79,73	81,40313	0,020985

No	Bulan	Kelembapan Udara	Prediksi	$\left \frac{X_t - F_t}{X_t} \right $
7	Juli-16	78,8	76,575	0,028236
8	Agustus-16	76,29	77,0325	0,009733
9	September-16	75,86	77,0325	0,015456
10	Oktober-16	80,38	81,1764	0,009908
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
61	Januari-21	87,44	85,93125	0,017255
62	Februari-21	85,08	82,4925	0,030413
63	Maret-21	85,35	82,4925	0,03348
64	April-21	81,32	80,2875	0,012697
65	Mai-21	78,24	76,575	0,021281
66	Juni-21	79,51	81,40313	0,02381
67	Juli-21	83,76	84,225	0,005552
<i>MAPE * 100%</i>				2,0736%

Sumber: Data diolah tahun 2021.

Adapun grafik kelembapan udara rata-rata dan prediksinya menggunakan metode Cheng dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.3. Grafik perbandingan kelembapan udara dengan nilai prediksinya menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Cheng menggunakan Algoritma REA

4.1.3.2 Perkiraan Metode Cheng-Markov Chain Untuk Periode Berikutnya

Adapun langkah-langkah dalam menentukan nilai perkiraan untuk periode berikutnya menggunakan metode FTS Cheng-Markov Chain adalah sebagai berikut.

1. Penentuan perkiraan awal

Penentuan perkiraan awal dilakukan dengan menggunakan data sebelumnya dan matriks peluang transisi. Matriks peluang transisi dibuat berdasarkan FLRG pada Tabel 4.20. Matriks peluang transisi yang terbentuk akan berorde $n \times n$, dengan n adalah banyaknya interval data. Matriks dibentuk berdasarkan dengan aturan pada persamaan (2.20) dan persamaan (2.21). Matriks peluang transisi data kelembapan udara rata-rata disajikan pada Tabel 4.26 berikut.

Tabel 4.24 Matriks Peluang Transisi Data Kelembapan Udara

P_{ij}		j																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
i	1	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{4}$	0	0	$\frac{1}{4}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	0	0	$\frac{1}{5}$	0	$\frac{1}{5}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	$\frac{1}{3}$	0	$\frac{1}{3}$	0	0	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	$\frac{1}{5}$	0	0	$\frac{2}{5}$	0	0	0	$\frac{1}{5}$	0	0	$\frac{1}{5}$	0	0	0	0	0	0
	5	0	$\frac{2}{3}$	0	0	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	$\frac{2}{7}$	0	0	$\frac{2}{7}$	0	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{7}$	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	0	0	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	0	0	0	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	0	$\frac{1}{5}$	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	$\frac{1}{3}$	0	$\frac{1}{3}$	0	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	$\frac{1}{3}$	0	0	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0	0	$\frac{1}{3}$	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	$\frac{1}{3}$	0	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	0	0	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{2}$	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{2}$

P_{ij}	j																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
13	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{5}$	0	$\frac{1}{5}$	0	$\frac{2}{5}$	0	$\frac{1}{5}$	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{4}$	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{4}$
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	0	$\frac{2}{4}$	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	0

Sumber : Data diolah tahun 2021.

Setelah memperoleh matriks peluang transisi akan dilakukan perhitungan perkiraan awal, dalam penelitian ini perkiraan awal dilakukan dengan melihat dan tanpa melihat data aktualnya.

- a. Perkiraan awal dengan menggunakan data aktual

Tabel 4.27 berikut menyajikan data historis dan FLR dari data yang akan prediksi.

Tabel 4.25 Data Historis Dan FLR

t	Kelembapan udara	Fuzzifikasi	FLR
67	Juli 2021	83,76	A_{12}
68	Agustus 2021	78,68	A_6
69	September 2021	79,25	A_6
70	Oktober 2021	81,92	A_{10}
71	November 2021	81,79	A_{10}

Sumber : Data diolah tahun 2021.

Perhitungan nilai perkiraan awal ini menggunakan aturan pada persamaan (2.22) sampai dengan persamaan (2.24). Berdasarkan sifat markov perhitungan perkiraan data saat ini dilakukan dengan berdasar pada data sebelumnya. Sebagai contoh untuk menghitung nilai perkiraan pada saat $t = 68$ perlu diketahui data pada saat $t = 67$. Dimana pada saat $t = 67$ nilai data historis adalah 83,76 dan $t = 68$ nilai data historis adalah 78,68 dengan FLR $A_{12} \rightarrow A_6$, yang artinya data bertransisi dari A_{12} ke A_6 .

Sehingga perhitungan perkiraan awalnya dapat dihitung dengan aturan 3 pada persamaan (2.24) sebagai berikut :

$$F(t) = m_1P_{6,1} + m_2P_{6,2} + m_3P_{6,3} + m_4P_{6,4} + m_5P_{6,5} + Y(t)P_{6,6} \\ + m_7P_{6,7} + m_8P_{6,8} + m_9P_{6,9} + m_{10}P_{6,10} + m_{11}P_{6,11} \\ + m_{12}P_{6,12} + m_{13}P_{6,13} + m_{14}P_{6,14} + m_{15}P_{6,15} + m_{16}P_{6,16} \\ + m_{17}P_{6,17}$$

$$F(t) = 70,05 \left(\frac{2}{7}\right) + 72,15(0) + 74,25(0) + 75,825 \left(\frac{2}{7}\right) \\ + 76,875(0) + 83,76 \left(\frac{1}{7}\right) + 79,7625 \left(\frac{1}{7}\right) + 80,2875(0) \\ + 81,075(0) + 82,125(0) + 83,175(0) + 84,225(0) \\ + 85,275(0) + 86,0625 \left(\frac{1}{7}\right) + 86,5875(0) + 83,76(0) \\ + 88,95$$

$$F(t) = 76,607$$

Dengan cara yang sama diperoleh perkiraan awal untuk data yang lain, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.28 berikut.

Tabel 4.26 Perkiraan Awal Dengan Data Aktual Menggunakan Cheng-Markov Chain

t		Kelembapan udara	Perkiraan
67	Juli 2021	83,76	-
68	Agustus 2021	78,68	76,607
69	September 2021	79,25	76,689
70	Oktober 2021	81,92	81,075
71	November 2021	81,79	81,075

Sumber : Data diolah tahun 2021.

b. Perkiraan awal tanpa menggunakan data aktual

Perkiraan tanpa data aktual dilakukan dengan memperkirakan transisi *state* selanjutnya. Berdasarkan matriks peluang transisi ditentukan kecenderungan transisi *state*, sehingga diperoleh FLR. Contoh akan dilakukan perkiraan untuk $t = 68$, data kelembapan udara saat $t = 67$ adalah

83,76 berada pada himpunan fuzzy A_{12} . Perhatikan potongan Tabel 4.25 untuk $i = 12$ dibawah ini.

12	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{2}$	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{2}$	0
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------	---	---	---	---	---	---	---------------	---

Berdasarkan potongan Tabel diatas interval naik sebesar 0,5 yang berada pada $j = 9$ dan $j = 16$ sehingga transisi state saat $t = 68$ diperkirakan berada pada himpunan fuzzy A_9 dan A_{16} . Perkiraan transisi state selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama dan diperoleh kecenderungan transisi state serta FLR yang terpanjang berada pada transisi state A_9 , sebagaimana disajikan pada Tabel 4.29 sebagai berikut.

Tabel 4.27 Kecenderungan Transisi dan FLR

t	Kecenderungan Transisi	FLR
68	A_9	$A_{12} \rightarrow A_9$
69	A_{10}	$A_9 \rightarrow A_{10}$
70	A_{13}	$A_{10} \rightarrow A_{13}$
71	A_{11}	$A_{13} \rightarrow A_{11}$

Sumber : Data diolah tahun 2021.

Berdasarkan Tabel 4.29 maka perhitungan perkiraan awal dapat dihitung menggunakan aturan pada persamaan (2.22) sampai dengan persamaan (2.24). Berdasarkan sifat markov perhitungan perkiraan data saat ini dilakukan dengan berdasar pada data sebelumnya. Sebagai contoh untuk menghitung nilai perkiraan pada saat $t = 68$ perlu diketahui data pada saat $t = 67$. Dimana pada saat $t = 67$ nilai data historis adalah 83,76 dan $t = 68$ nilai data historis adalah 78,68 dengan FLR $A_{12} \rightarrow A_9$, yang artinya data bertransisi dari A_{12} ke A_9 . Sehingga perhitungan perkiraan awalnya dapat dihitung dengan aturan 3 pada persamaan (2.24) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F(t) = & m_1P_{9,1} + m_2P_{9,2} + m_3P_{9,3} + m_4P_{9,4} + m_5P_{9,5} + m_6P_{9,6} \\
 & + m_7P_{9,7} + m_8P_{9,8} + Y(t - 1)P_{9,9} + m_{10}P_{9,10} + m_{11}P_{9,11} \\
 & + m_{12}P_{9,12} + m_{13}P_{9,13} + m_{14}P_{9,14} + m_{15}P_{9,15} + m_{16}P_{9,16} \\
 & + m_{17}P_{9,17}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F(t) &= 70,05(0) + 72,15(0) + 74,25(0) + 75,825(0) + 76,875(0) \\
 &\quad + 78,45\left(\frac{1}{3}\right) + 79,7625(0) + 80,2875\left(\frac{1}{3}\right) + 83,76(0) \\
 &\quad + 82,125\left(\frac{1}{3}\right) + 83,175(0) + 84,225(0) + 85,275(0) \\
 &\quad + 86,0625(0) + 86,5875(0) + 83,76(0) + 88,95 \\
 F(t) &= 80,2875
 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai perkiraan awal dapat dilakukan dengan cara yang sama untuk $t=69$ dan seterusnya. Adapun perkiraan awal sebagaimana disajikan pada Tabel 4.30 berikut.

Tabel 4.28 Perkiraan Awal

t	Kecenderungan Transisi	Perkiraan awal
68	A_9	80,287
69	A_{10}	81,075
70	A_{13}	82,282
71	A_{11}	82,702

Sumber : Data diolah tahun 2021.

- Menghitung nilai penyesuaian perkiraan awal berdasarkan persamaan (2.25) sampai dengan persamaan (2.28). Misalkan data kelembapan udara saat $t = 68$ pada Tabel 4.29, diketahui *state* berpindah dari *state* saat ini A_{12} ke *state* selanjutnya A_9 . Karena perpindahan ini memenuhi aturan (2) pada persamaan (2.26) dan aturan (4) pada persamaan (2.28) dan i diperoleh dengan jumlah interval yang diambil adalah 10 yang diperoleh berdasarkan pembagian interval pada Tabel 4.18 sehingga nilai i adalah sebagai berikut.

$$i = \frac{U_{max} - U_{min}}{\text{jumlah interval}} = \frac{90 - 69}{17} = 1,235$$

sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned}
 D_{t1} &= -\left(\frac{l}{2}\right) = -\frac{1,235}{2} = -0,617 \\
 D_{t2} &= -\left(\frac{l}{2}\right)s = -\left(\frac{2,1}{2}\right)3 = -1,825
 \end{aligned}$$

dengan cara yang sama diperoleh nilai penyesuaian pada Tabel 4.31 berikut:

Tabel 4.29 Penyesuaian Perkiraan Dtn

t	Perkiraan Awal (Data Aktual)	D_{t1}	D_{t2}	Perkiraan Awal (Tanpa Data Aktual)	D_{t1}	D_{t2}
68	76,607	-1,05	-3,15	80,287	-0,617	-1,825
69	76,689	0	0	81,075	-1,05	-1,05
70	81,075	1,05	1,05	82,282	-1,05	-1,05
71	81,075	0	0	82,702	-1,05	-1,05

Sumber : Data diolah tahun 2021.

3. Menentukan hasil perkiraan akhir.

Untuk menyelesaikan hasil perkiraan akhir digunakan persamaan (2.29) dengan mensubstitusikan nilai pada Tabel 4.31. Berikut contoh perhitungan perkiraan akhir pada $t = 68$ untuk perkiraan awal tanpa data aktual.

$$F'(t) = F(t) \pm D_{t1} \pm D_{t2} = 85,93125 - 0,617 - 1,825 = 77,8275$$

Sehingga diperoleh hasil perkiraan akhir untuk $t = 68$ adalah 77,8275, dengan cara yang sama diperoleh hasil perkiraan akhir pada Tabel 4.32.

Tabel 4.30 Perkiraan Akhir Fuzzy Time Series Cheng-Markov Chain

t	Perkiraan Awal (Data Aktual)	Perkiraan Akhir	Perkiraan Awal (Tanpa Data Aktual)	Perkiraan Akhir
68	76,607	72,282	80,287	77,827
69	76,689	76,689	81,075	82,309
70	81,075	84,160	82,282	84,282
71	81,075	81,075	82,702	80,852

Sumber : Data diolah tahun 2021.

4.1.4 Prediksi FTS Chen-Markov Chain Dengan Aturan Sturges

Metode Chen dengan menggunakan aturan *sturges* hampir sama dengan metode Chen menggunakan algoritma REA, hanya saja pada metode ini perlu penggunaan aturan *Sturges* dalam menentukan jumlah kelas interval himpunan semesta untuk objek pengamatan. Perkiraan

menggunakan Fuzzy Time Series Chen-Markov Chain menggunakan aturan *sturges* dapat dilakukan dengan perkiraan nilai data aktual menggunakan metode FTS Chen dan perkiraan nilai data untuk periode berikutnya menggunakan FTS Chen-Markov Chain.

4.1.4.1 Perkiraan Metode Chen Untuk Data Aktual

Adapun langkah-langkah perkiraan dengan menggunakan metode *fuzzy time Series* Chen menggunakan aturan *Sturges* adalah sebagai berikut.

1. Penentuan Himpunan Semesta pembicaraan

Berdasarkan data aktual pada Tabel 4.1 diperoleh nilai kelembapan minimum (d_{min}) sebesar 69,25 dan nilai kelembapan maksimum (d_{max}) sebesar 89,21. Nilai d_b dan d_a dipilih berdasarkan bentuk nilai data aktual untuk mencegah nilai data berada pada batas himpunan atau berada pada dua himpunan sekaligus serta menjaga agar nilai data yang ada tidak keluar dari interval yang telah dibagi sebelumnya. Dengan mengambil nilai d_b dan d_a masing-masing kurang dari 1, yaitu sebesar 0,25 dan 0,79 sehingga berdasarkan persamaan (2.9) maka dapat diperoleh:

$$\begin{aligned} U_{kelembapan} &= [U_{min}; U_{max}] \\ &= [d_{min} - d_b; d_{max} + d_a] \\ &= [69,25 - 0,25; 89,21 + 0,79] \\ &= [69; 90] \end{aligned}$$

2. Pembentukan kelas interval menggunakan Aturan *sturges*

Pembentukan kelas interval dilakukan dengan menentukan banyaknya kelas dan panjang kelas. Banyaknya kelas ditentukan dengan cara membagi (partisi) himpunan semesta U dengan menggunakan aturan *sturges* pada persamaan (2.6) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah interval} &= 1 + 3,3 \log 67 \\ &= 7,02 \\ &= 7 \end{aligned}$$

Lebar interval (i) dapat didefinisikan menggunakan persamaan (2.10) sebagai berikut:

$$\text{Lebar interval } (i) = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{\text{jumlah interval}} = \frac{90 - 69}{7} = 3$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka dapat diperoleh Tabel pembagian himpunan semesta sebagai berikut:

Tabel 4.31 Pembagian Himpunan Semesta (U)

Interval
$U_1 = [69, 72]$
$U_2 = [72, 75]$
$U_3 = [75, 78]$
$U_4 = [78, 81]$
$U_5 = [81, 84]$
$U_6 = [84, 87]$
$U_7 = [87, 90]$

Sumber : Data diolah tahun 2021.

- Menentukan himpunan *fuzzy* tiap data untuk seluruh himpunan semesta U . Penentuan himpunan *fuzzy* berdasarkan persamaan (2.11) dengan aturan pada persamaan (2.12) dan diperoleh himpunan *fuzzy* seperti pada persamaan (2.15) sebagai berikut.

$$A_1 = \frac{1}{U_1} + \frac{0,5}{U_2} + \frac{0}{U_3} + \frac{0}{U_4} + \frac{0}{U_5} + \frac{0}{U_6} + \frac{0}{U_7}$$

$$A_5 = \frac{0}{U_1} + \frac{0}{U_2} + \frac{0}{U_3} + \frac{0,5}{U_4} + \frac{1}{U_5} + \frac{0,5}{U_6} + \frac{0}{U_7}$$

$$A_2 = \frac{0,5}{U_1} + \frac{1}{U_2} + \frac{0,5}{U_3} + \frac{0}{U_4} + \frac{0}{U_5} + \frac{0}{U_6} + \frac{0}{U_7}$$

$$A_6 = \frac{0}{U_1} + \frac{0}{U_2} + \frac{0}{U_3} + \frac{0}{U_4} + \frac{0,5}{U_5} + \frac{1}{U_6} + \frac{0,5}{U_7}$$

$$A_3 = \frac{0}{U_1} + \frac{0,5}{U_2} + \frac{1}{U_3} + \frac{0,5}{U_4} + \frac{0}{U_5} + \frac{0}{U_6} + \frac{0}{U_7}$$

$$A_7 = \frac{0}{U_1} + \frac{0}{U_2} + \frac{0}{U_3} + \frac{0}{U_4} + \frac{0}{U_5} + \frac{0,5}{U_6} + \frac{1}{U_7}$$

$$A_4 = \frac{0}{U_1} + \frac{0}{U_2} + \frac{0,5}{U_3} + \frac{1}{U_4} + \frac{0,5}{U_5} + \frac{0}{U_6} + \frac{0}{U_7}$$

- Fuzzifikasi dan Fuzzy logical relationship (FLR)

Melakukan fuzzifikasi pada tiap nilai data historis berdasarkan himpunan *fuzzy* yang telah dibangun serta proses relasi antara *current state* dan *next state*. Fuzzifikasi bertujuan untuk menemukan

himpunan *fuzzy* yang sesuai untuk setiap nilai data. Berdasarkan nilai A_i yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya, dimana A_i adalah bulan ke n dan A_j adalah bulan ke $i+1$ pada data time series. Misalkan pada Tabel 4.1 untuk nilai data kelembapan udara pada waktu $t = 1$ adalah 83,84. Nilai data kelembapan udara 83,84 berada pada $U_5 = [81; 84]$ dimana U_8 berderajat 1 pada himpunan *fuzzy* A_8 . Sehingga nilai data kelembapan udara saat $t = 1$ berada pada himpunan *fuzzy* A_8 . Seperti menentukan himpunan *fuzzy* untuk $t = 1$ penentuan himpunan *fuzzy* untuk waktu (t) yang lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Selanjutnya, Penentuan FLR berdasarkan pada definisi 2.7.3. Misalnya fuzzifikasi untuk $t = 1$ yaitu A_5 dan $t=2$ yaitu A_7 maka FLR antara *current state* dan *next state* adalah $A_5 \rightarrow A_7$. Seperti menentukan FLR untuk $t = 1$, penentuan FLR untuk waktu (t) yang lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Maka diperoleh gambaran fuzzifikasi dan FLR dari data historis yang disajikan pada Tabel 4.34 dan selengkapnya disajikan pada lampiran 6.

Tabel 4.32 Fuzzyfikasi dan Fuzzy Logic Relationship (FLR)

t	Bulan	Kelembapan	Fuzzyfikas i	Relasi
1	Januari-16	83,84	A_5	-
2	Februari-16	87,6	A_7	$A_5 \rightarrow A_7$
3	Maret-16	86,48	A_6	$A_7 \rightarrow A_6$
4	April-16	84,86	A_6	$A_6 \rightarrow A_6$
5	Mai-16	79,7	A_4	$A_6 \rightarrow A_4$
6	Juni-16	79,73	A_4	$A_4 \rightarrow A_4$
7	Juli-16	78,8	A_4	$A_4 \rightarrow A_4$
8	Agustus-16	76,29	A_3	$A_4 \rightarrow A_3$
9	September-16	75,86	A_3	$A_3 \rightarrow A_3$
10	Oktober-16	80,38	A_4	$A_3 \rightarrow A_4$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
62	Februari-21	85,08	A_6	$A_7 \rightarrow A_6$
63	Maret-21	85,35	A_6	$A_6 \rightarrow A_6$

t	Bulan	Kelembapan	Fuzzyfikasi	Relasi
64	April-21	81,32	A ₅	A ₆ → A ₅
65	Mai-21	78,24	A ₄	A ₅ → A ₄
66	Juni-21	79,51	A ₄	A ₄ → A ₅
67	Juli-21	83,76	A ₅	A ₄ → A ₅

Sumber : Data diolah tahun 2021.

5. *FLRG (Fuzzy logic relationship group)*

Setelah mendapatkan *Fuzzy logic relationship* langkah selanjutnya adalah menggabungkan (*Group*) dari relasi *fuzzy* tersebut, dengan cara yaitu jika $A_i \rightarrow A_j$ dan $A_{i1} \rightarrow A_{j1}$ memiliki *current state* dan *next state* yang sama, maka yang diambil adalah salah satunya dan jika $A_i \rightarrow A_j$, $A_i \rightarrow A_{j1}$ maka *Fuzzy logic relationship* digabungkan (*Group*) menjadi $A_i \rightarrow A_j, A_{j1}$. Misalkan jika terdapat FLR yang diperoleh dari *state* A₂, maka terdapat transisi ke *state* yang lain $A_i, i = 1, 2, \dots, n$, seperti $A_2 \rightarrow A_3, A_2 \rightarrow A_2, A_2 \rightarrow A_1$. Oleh karena itu, FLR dikelompokkan menjadi *Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)* seperti berikut:

$$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3.$$

Untuk lebih jelasnya perhatikan proses FRLG pada Tabel 4.35 berikut.

Tabel 4.33 Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG)

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

Sumber : Data diolah tahun 2021.

6. Defuzifikasi nilai perkiraan

Setelah proses *Fuzzy logic relationship group* diperoleh, langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai tengah dari masing-masing kelas yang telah dibagi pada Tabel 4.33 dengan menggunakan persamaan (2.9). Adapun nilai tengah dari masing-masing kelas tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 4.34 Nilai Tengah (m)

Interval		Nilai tengah	
A_1	$U_1 = [69, 72]$	m_1	70,5
A_2	$U_2 = [72, 75]$	m_2	73,5
A_3	$U_3 = [75, 78]$	m_3	76,5
A_4	$U_4 = [78, 81]$	m_4	79,5
A_5	$U_5 = [81, 84]$	m_5	82,5
A_6	$U_6 = [84, 87]$	m_6	85,5
A_7	$U_7 = [87, 90]$	m_7	88,5

Sumber : Data diolah tahun 2021.

Selanjutnya yaitu menghitung nilai perkiraan dengan cara menjumlahkan semua nilai tengah berdasarkan *current state* dan dibagi dengan banyaknya *state* berdasarkan persamaan (2.13) dan dapat ditulis sebagai berikut.

$$\text{nilai perkiraan } \hat{y}(t) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{p}$$

$$\text{nilai peramalan } \hat{y}(t) = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7}{p}$$

dengan (p) adalah banyaknya *state*. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 4.37 berikut ini.

Tabel 4.35 Menghitung Nilai Perkiraan

Current state	Next state	Perhitungan $\hat{y}(t)$	Nilai prediksi
A_1	A_2, A_4	$= \frac{m_2 + m_4}{2}$ $= \frac{73,5 + 79,5}{2}$	76,5

Current state	Next state	Perhitungan $\hat{y}(t)$	Nilai prediksi
A ₂	A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₄	$= \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}{4}$ $= \frac{70,5 + 73,5 + 76,5 + 79,5}{4}$	75
A ₃	A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₄ , A ₅ , A ₇	$= \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6}{6}$ $= \frac{70,5 + 73,5 + 76,5 + 79,5 + 82,5 + 85,5}{6}$	78
A ₄	A ₁ , A ₃ , A ₄ , A ₅ , A ₆	$= \frac{m_1 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6}{5}$ $= \frac{70,5 + 76,5 + 79,5 + 82,5 + 85,5}{5}$	78,9
A ₅	A ₃ , A ₄ , A ₅ , A ₆ , A ₇	$= \frac{m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7}{5}$ $= \frac{76,5 + 79,5 + 82,5 + 85,5 + 88,5}{5}$	82,5
A ₆	A ₄ , A ₅ , A ₆ , A ₇	$= \frac{m_4 + m_5 + m_6 + m_7}{4}$ $= \frac{79,5 + 82,5 + 85,5 + 88,5}{4}$	84
A ₇	A ₆	m_6	85,5

Sumber : Data diolah tahun 2021.

Setelah nilai perkiraan diperoleh, selanjutnya nilai tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai perkiraan untuk data aktual pada Tabel 4.1 dan disesuaikan berdasarkan proses fuzzifikasinya pada Tabel 4.34. Misalkan pada Tabel 4.34 untuk t=1 fuzzifikasinya adalah A₅, sehingga nilai prediksinya adalah 82,5. Dengan cara yang sama, dapat pula ditentukan nilai prediksi untuk t=2 sampai dengan t=67. Sedangkan, untuk nilai MAPE dari data aktualnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.30) dengan gambaran nilai prediksi disajikan pada Tabel 4.7 dan selengkapnya disajikan pada lampiran 7.

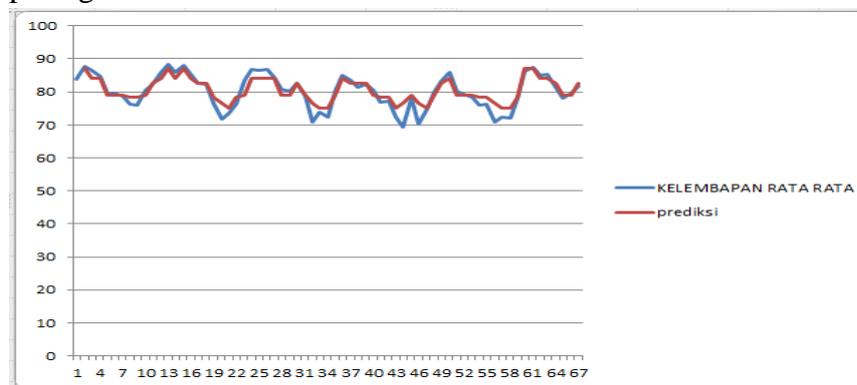
Tabel 4.36 Nilai Prediksi Dari Data Aktual Pada Metode Chen Dengan Menggunakan Aturan *Sturges* Beserta Nilai MAPE-Nya

t	Bulan	Kelembapan Udara (X _t)	Prediksi (F _t)	$\left \frac{X_t - F_t}{X_t} \right $
1	Januari-16	83,84	82,5	0,015983
2	Februari-16	87,6	85,5	0,023973

t	Bulan	Kelembapan Udara (X_t)	Prediksi (F_t)	$\left \frac{X_t - F_t}{X_t} \right $
3	Maret-16	86,48	84	0,028677
4	April-16	84,86	84	0,010134
5	Mai-16	79,7	78,9	0,010038
6	Juni-16	79,73	78,9	0,01041
7	Juli-16	78,8	78,9	0,001269
8	Agustus-16	76,29	78	0,022414
9	September-16	75,86	78	0,02821
10	Oktober-16	80,38	78,9	0,018413
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
61	Januari-21	87,44	85,5	0,022187
62	Februari-21	85,08	84	0,012694
63	Maret-21	85,35	84	0,015817
64	April-21	81,32	82,5	0,014511
65	Mai-21	78,24	78,9	0,008436
66	Juni-21	79,51	78,9	0,007672
67	Juli-21	83,76	82,5	0,015043
MAPE				2,221%

Sumber : Data diolah tahun 2021.

Adapun grafik kelembapan udara rata-rata dan prediksinya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.4. Grafik perbandingan kelembapan udara dengan nilai prediksinya menggunakan metode *Fuzzy Time Series Chen* menggunakan aturan *Sturges*

4.1.4.2 Perkiraan Metode Chen-Markov Chain Untuk Periode Berikutnya

Adapun langkah-langkah dalam menentukan nilai perkiraan untuk periode berikutnya menggunakan metode FTS Chen-Markov Chain adalah sebagai berikut

1. Penentuan perkiraan awal

Penentuan perkiraan awal dilakukan dengan menggunakan data sebelumnya dan matriks peluang transisi. Matriks peluang transisi dibuat berdasarkan FLRG pada Tabel 4.35. Matriks peluang transisi yang terbentuk akan berorde $n \times n$, dengan n adalah banyaknya interval data. Matriks dibentuk berdasarkan dengan aturan pada persamaan (2.20) dan persamaan (2.21). Matriks peluang transisi data kelembapan udara rata-rata disajikan pada Tabel 4.39 berikut.

Tabel 4.37 Matriks Peluang Transisi Data Kelembapan Udara Menggunakan Metode Chen Dengan Aturan *Sturges*

P_{ij}	j								
	1	2	3	4	5	6	7		
i	1	0	$\frac{4}{5}$	0	$\frac{1}{5}$	0	0	0	
	2	$\frac{1}{7}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{7}$	0	0	0	
	3	$\frac{2}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{3}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	0	
	4	$\frac{2}{16}$	0	$\frac{3}{16}$	$\frac{6}{16}$	$\frac{4}{16}$	$\frac{1}{16}$	0	
	5	0	0	$\frac{1}{11}$	$\frac{4}{11}$	$\frac{3}{11}$	$\frac{2}{11}$	$\frac{1}{11}$	
	6	0	0	0	$\frac{3}{14}$	$\frac{3}{14}$	$\frac{5}{14}$	$\frac{3}{14}$	
	7	0	0	0	0	0	1	0	

Sumber : Data diolah tahun 2021.

Setelah memperoleh matriks peluang transisi akan dilakukan perhitungan perkiraan awal, dalam penelitian ini perkiraan awal dilakukan dengan melihat dan tanpa melihat data aktualnya.

a. Perkiraan dengan menggunakan data aktual.

Tabel 4.41 berikut menyajikan data historis dan FLR dari data yang akan diperkirakan.

Tabel 4.38 Data Historis dan FLR

t		Kelembapan udara	fuzzifikasi	FLR
67	Juli 2021	83,76	A_5	–
68	Agustus 2021	78,68	A_4	$A_5 \rightarrow A_4$
69	September 2021	79,25	A_4	$A_4 \rightarrow A_4$
70	Oktober 2021	81,92	A_5	$A_4 \rightarrow A_5$
71	November 2021	81,79	A_5	$A_5 \rightarrow A_5$

Sumber : Data diolah tahun 2021.

Perhitungan nilai perkiraan awal ini menggunakan aturan pada persamaan (2.22) sampai dengan persamaan (2.24). Berdasarkan sifat markov perhitungan perkiraan data saat ini dilakukan dengan berdasar pada data sebelumnya. Sebagai contoh untuk menghitung nilai perkiraan pada saat $t = 68$ perlu diketahui data pada saat $t = 67$. Dimana pada saat $t = 67$ nilai data historis adalah 83,76 dan $t = 68$ nilai data historis adalah 78,68 dengan FLR $A_5 \rightarrow A_4$, yang artinya data bertransisi dari A_5 ke A_4 . Sehingga perhitungan perkiraan awalnya dapat dihitung dengan aturan 3 pada persamaan (2.24) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F(t) &= m_1P_{41} + m_2P_{42} + m_3P_{43} + Y(t)P_{44} + m_4P_{45} + m_6P_{46} \\
 &\quad + m_7P_{47} \\
 F(t) &= 70,5\left(\frac{2}{16}\right) + 73,5(0) + 76,5\left(\frac{3}{16}\right) + 79,5\left(\frac{6}{16}\right) + 82,5\left(\frac{4}{16}\right) \\
 &\quad + 85,5\left(\frac{1}{16}\right) + 88,5(0) \\
 F(t) &= 78,63
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama diperoleh perkiraan untuk data yang lain, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.42 berikut.

Tabel 4.39 Perkiraan Dengan Data Aktual Menggunakan Markov Chain

t		Kelembapan udara	Perkiraan Awal
67	Juli 2021	83,76	-
68	Agustus 2021	78,68	78,63

t		Kelembapan udara	Perkiraan Awal
69	September 2021	79,25	78,8437
70	Oktober 2021	81,92	81,7963
71	November 2021	81,79	81,7609

Sumber : Data diolah tahun 2021.

b. Perkiraan tanpa menggunakan data aktual

Perkiraan tanpa data aktual dilakukan dengan memperkirakan transisi *state* selanjutnya. Berdasarkan matriks peluang transisi ditentukan kecenderungan transisi *state*, sehingga diperoleh FLR. Contoh akan dilakukan perkiraan untuk $t = 68$, data kelembapan udara saat $t = 67$ adalah 83,79 berada pada himpunan *fuzzy* A_5 . Perhatikan potongan Tabel 4.39 dibawah ini,

5	0	0	$\frac{1}{11}$	$\frac{4}{11}$	$\frac{3}{11}$	$\frac{2}{11}$	$\frac{1}{11}$
---	---	---	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

Berdasarkan Tabel diatas interval naik memiliki peluang terbesar yaitu $\frac{4}{11}$ berada pada $j=4$ sehingga transisi *state* saat $t = 68$ diperkirakan berada pada himpunan *fuzzy* A_4 . Perkiraan transisi *state* selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama dan diperoleh kecenderungan taransisi *state* serta FLR yang berulang-ulang di himpunan *fuzzy* A_4 sehingga rantai markov-nya terputus, dengan demikian perkiraan pada metode ini hanya dapat memperkirakan untuk bulan Agustus dan September saja sebagaimana disajikan pada pada Tabel 4.43 sebagai berikut.

Tabel 4.40 Kecenderungan Transisi dan FLR

t	Kecenderungan Transisi	FLR
68	A_4	$A_5 \rightarrow A_4$
69	A_4	$A_4 \rightarrow A_4$

Perhitungan nilai perkiraan awal ini menggunakan aturan pada persamaan (2.22) sampai dengan persamaan (2.24). Berdasarkan sifat markov perhitungan perkiraan data saat ini dilakukan dengan berdasar

pada data sebelumnya. Sebagai contoh untuk menghitung nilai perkiraan pada saat $t = 68$ perlu diketahui data pada saat $t = 67$. Dimana pada saat $t = 67$ nilai data historis adalah 83,76 dengan FLR $A_5 \rightarrow A_4$, yang artinya data bertransisi dari A_5 ke A_4 . Sehingga perhitungan perkiraan awalnya dapat dihitung dengan aturan 3 pada persamaan (2.24) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F(t) &= m_1P_{41} + m_2P_{42} + m_3P_{43} + Y(t-1)P_{44} + m_5P_{45} + m_6P_{46} \\
 &\quad + m_7P_{47} \\
 F(t) &= 70,5\left(\frac{2}{16}\right) + 73,5(0) + 76,5\left(\frac{3}{16}\right) + 83,76\left(\frac{6}{16}\right) + 82,5\left(\frac{4}{16}\right) \\
 &\quad + 85,5\left(\frac{1}{16}\right) + 88,5(0) \\
 F(t) &= 80,535
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 4.43 maka perhitungan perkiraan awal dapat dihitung menggunakan aturan pada persamaan (2.22) sampai dengan persamaan (2.24), dan diperoleh perkiraan awal sebagaimana disajikan pada Tabel 4.44 berikut.

Tabel 4.41 Perkiraan Awal Tanpa Data Aktual

t	Perkiraan Awal
68	80,535
69	79,314375

Sumber : Data diolah tahun 2021.

- Menghitung nilai penyesuaian perkiraan awal berdasarkan persamaan (2.25) sampai dengan persamaan (2.28). Misalkan data kelembapan udara pada saat $t = 68$ pada Tabel 12, diketahui *state* berpindah dari *state* saat ini A_8 ke *state* selanjutnya A_6 . Karena perpindahan ini memenuhi aturan (2) pada persamaan (2.26) dan aturan (4) pada persamaan (2.28) serta panjang kelas $l = 3$, maka diperoleh :

$$D_{t1} = -\left(\frac{l}{2}\right) = -\frac{3}{2} = -1,5$$

$$D_{t2} = -\left(\frac{l}{2}\right)s = -\left(\frac{3}{2}\right)1 = -1,5$$

Tabel 4.42 Penyesuaian Perkiraan Dtn

t	Perkiraan Awal (Data Aktual)	D_{t1}	D_{t2}	Perkiraan Awal (Tanpa Data Aktual)	D_{t1}	D_{t2}
68	78,63	-1,5	-1,5	80,535	-1,5	-1,5
69	78,84375	0	0	79,314375	0	0
70	81,79636	1,5	1,5	-	-	-
71	81,76091	0	0	-	-	-

Sumber : Data diolah tahun 2021.

3. Menentukan hasil perkiraan akhir.

Untuk menyelesaikan hasil perkiraan akhir digunakan persamaan (2.29) dengan mensubstitusikan nilai pada Tabel 4.45. Berikut contoh perhitungan perkiraan akhir pada $t = 68$.

$$F'(t) = F(t) \pm D_{t1} \pm D_{t2} = 80,535 - 1,5 - 1,5 = 77,535$$

Sehingga diperoleh hasil perkiraan akhir untuk $t = 68$ adalah 77,535 yang disajikan pada Tabel 4.46

Tabel 4.43 Perkiraan Akhir Fuzzy Time Series Chen-Markov Chain

t	Perkiraan Awal (Data Aktual)	Perkiraan Akhir	Perkiraan Awal (Tanpa Data Aktual)	Perkiraan Akhir
68	78,63	76,53	80,535	77,535
69	78,84375	78,84375	79,314375	79,314375
70	81,79636	83,89636	-	-
71	81,76091	81,76091	-	-

Sumber : Data diolah tahun 2021.

4.1.5 Prediksi FTS Cheng-Markov Chain Dengan Aturan Sturges

Metode Cheng dengan menggunakan aturan *sturges* hampir sama dengan metode Cheng menggunakan algoritma REA, hanya saja pada metode ini perlu penggunaan aturan *Sturges* dalam menentukan jumlah interval pada himpunan semesta. Perkiraan menggunakan Fuzzy Time Series Cheng-Markov Chain dapat dilakukan dengan perkiraan nilai data

aktual menggunakan metode FTS Chen dan perkiraan nilai data untuk periode berikutnya menggunakan FTS Chen- Markov Chain.

4.1.5.1 Perkiraan Metode Cheng Untuk Data Aktual

Adapun langkah-langkah perkiraan dengan menggunakan metode *fuzzy time Series* Cheng tanpa menggunakan aturan *Sturges* adalah sebagai berikut.

1. Menentukan himpunan semesta pembicaraan

Berdasarkan data aktual pada Tabel 4.1 diperoleh nilai kelembapan minimum (d_{min}) sebesar 69,25 dan nilai kelembapan maksimum (d_{max}) sebesar 89,21. Nilai d_b dan d_a dipilih berdasarkan bentuk nilai data aktual untuk mencegah nilai data berada pada batas himpunan atau berada pada dua himpunan sekaligus serta menjaga agar nilai data yang ada tidak keluar dari interval yang telah dibagi sebelumnya. Dengan mengambil nilai d_b dan d_a masing-masing kurang dari 1 yaitu sebesar 0,25 dan 0,79 sehingga berdasarkan persamaan (2.9) maka dapat diperoleh:

$$\begin{aligned} U_{kelembapan} &= [U_{min}; U_{max}] \\ &= [d_{min} - d_b; d_{max} + d_a] \\ &= [69,25 - 0,25; 89,21 + 0,79] \\ &= [69; 90] \end{aligned}$$

2. Pembentukan kelas interval menggunakan aturan *sturges*

Pembentukan kelas interval dilakukan dengan menentukan banyaknya kelas dan panjang kelas. Banyaknya kelas ditentukan dengan cara membagi (partisi) himpunan semesta U dengan menggunakan aturan *sturges* pada persamaan (2.6) sebagai berikut.

$$Jumlah\ interval = 1 + 3,3 \log 67 = 7,02 = 7$$

Adapun, Panjang interval (i) dapat didefinisikan menggunakan persamaan (2.10) sebagai berikut:

$$Lebar\ interval\ (i) = \frac{U_{max} - U_{min}}{jumlah\ interval} = \frac{90 - 69}{7} = 3$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka dapat diperoleh Tabel pembagian himpunan semesta sebagai berikut:

Tabel 4.44 Pembagian Himpunan Semesta (U)

Interval	Frekuensi
$U_1 = [69, 72]$	5
$U_2 = [72, 75]$	7
$U_3 = [75, 78]$	9
$U_4 = [78, 81]$	16
$U_5 = [81, 84]$	12
$U_6 = [84, 87]$	14
$U_7 = [87, 90]$	4
jumlah	67

Sumber : Data diolah tahun 2021.

3. Setelah interval kelas diperoleh selanjutnya dihitung nilai Rata-rata frekuensi untuk masing-masing interval dengan cara membagi banyaknya (total) frekuensi dengan banyaknya jumlah interval.

$$\text{rata - rata frekuensi} = \frac{\text{Total Frekuensi}}{\text{jumlah interval}} = \frac{67}{7} = 9,57 = 10.$$

Diperoleh rata-rata frekuensi adalah 10. Berdasarkan langkah ke-tiga pada metode Cheng, interval yang memiliki nilai frekuensi diatas 10 harus dibagi menjadi 2 interval dengan panjang yang sama. Selanjutnya dapat dihitung nilai tengah dengan menggunakan rumus (2.14) yang disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 4.45 Jumlah Interval Setelah Proses Pembagian

No	Interval		Nilai tengah	Frekuensi	Dividing condition
	Batas bawah	Batas atas			
1	69	72	$m_1=70,5$	5	1
2	72	75	$m_2=73,5$	7	1
3	75	78	$m_3=76,5$	9	1
4	78	79,5	$m_4=78,75$	6	2
5	79,5	81	$m_5=80,25$	10	2
6	81	82,5	$m_6=81,75$	5	2
7	82,5	84	$m_7=83,25$	7	2

No	Interval		Nilai tengah	Frekuensi	Dividing condition
	Batas bawah	Batas atas			
8	84	85,5	$m_8=84,75$	6	2
9	85,5	87	$m_9=86,25$	8	2
10	87	90	$m_{10}=87,75$	4	1
jumlah				67	

Sumber : Data diolah tahun 2021.

4. Menentukan himpunan *fuzzy* tiap data untuk seluruh himpunan semesta U .
 Penentuan himpunan *fuzzy* berdasarkan persamaan (2.11) dengan aturan pada persamaan (2.12) dan diperoleh himpunan *fuzzy* seperti pada persamaan (2.15) sebagai berikut.

$$A_1 = \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}}$$

$$A_2 = \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}}$$

$$A_3 = \frac{0}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0,5}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}}$$

$$A_4 = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{1}{u_4} + \frac{0,5}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}}$$

$$A_5 = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0,5}{u_4} + \frac{1}{u_5} + \frac{0,5}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}}$$

$$A_6 = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0,5}{u_5} + \frac{1}{u_6} + \frac{0,5}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}}$$

$$A_7 = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0,5}{u_6} + \frac{1}{u_7} + \frac{0,5}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}}$$

$$A_8 = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0,5}{u_7} + \frac{1}{u_8} + \frac{0,5}{u_9} + \frac{0}{u_{10}}$$

$$A_9 = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0,5}{u_8} + \frac{1}{u_9} + \frac{0,5}{u_{10}}$$

$$A_{10} = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0,5}{u_9} + \frac{1}{u_{10}}$$

5. Fuzzyfikasi, *fuzzy logic relationship* (FLR) dan *fuzzy logic relationship group* (FLRG)

Proses fuzzifikasi pada metode Cheng hampir sama dengan proses fuzzifikasi pada metode Chen. Melakukan fuzzifikasi pada tiap nilai data historis berdasarkan himpunan *fuzzy* yang telah dibangun serta proses relasi antara *current state* dan *next state*. Fuzzyfikasi bertujuan untuk menemukan himpunan *fuzzy* yang sesuai untuk setiap nilai data. Berdasarkan nilai A_i yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya, dimana A_i adalah bulan ke n dan A_j adalah bulan ke $i+1$ pada data time series. Misalkan pada Tabel 4.1 untuk nilai data kelembapan udara pada waktu $t = 1$ adalah 83,84. Nilai data kelembapan udara 83,84 berada pada $U_7 = [82,5; 84]$ dimana U_7 berderajat 1 pada himpunan *fuzzy* A_7 . Sehingga nilai data kelembapan udara saat $t = 1$ berada pada himpunan *fuzzy* A_7 . Seperti menentukan himpunan *fuzzy* untuk $t = 1$ penentuan himpunan *fuzzy* untuk waktu (t) yang lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Selanjutnya, Penentuan FLR berdasarkan pada definisi 2.7.3. Misalnya fuzzifikasi untuk $t = 1$ yaitu A_7 dan $t=2$ yaitu A_{10} maka FLR antara *current state* dan *next state* adalah $A_7 \rightarrow A_{10}$. Seperti penentuan FLR untuk $t=1$, penentuan FLR untuk waktu (t) yang lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Diperoleh fuzzifikasi dan FLR dari data historis dengan gambaran disajikan pada Tabel 4.49 dan selengkapnya disajikan pada lampiran 8.

Tabel 4.46 Fuzzyfikasi dan Fuzzy Logic Relationship (FLR)

t	Bulan	Kelembapan udara	Fuzzyfikasi	Relasi
1	Januari-16	83,84	A_7	-
2	Februari-16	87,6	A_{10}	$A_7 \rightarrow A_{10}$
3	Maret-16	86,48	A_9	$A_{10} \rightarrow A_9$
4	April-16	84,86	A_8	$A_9 \rightarrow A_8$
5	Mai-16	79,7	A_5	$A_8 \rightarrow A_5$
6	Juni-16	79,73	A_5	$A_5 \rightarrow A_5$

t	Bulan	Kelembapan udara	Fuzzyfikasi	Relasi
7	Juli-16	78,8	A_4	$A_5 \rightarrow A_4$
8	Agustus-16	76,29	A_3	$A_4 \rightarrow A_3$
9	September-16	75,86	A_3	$A_3 \rightarrow A_3$
10	Oktober-16	80,38	A_5	$A_3 \rightarrow A_5$
:	:	:	:	:
62	Februari-21	85,08	A_8	$A_{10} \rightarrow A_8$
63	Maret-21	85,35	A_8	$A_8 \rightarrow A_8$
64	April-21	81,32	A_6	$A_8 \rightarrow A_6$
65	Mai-21	78,24	A_4	$A_6 \rightarrow A_4$
66	Juni-21	79,51	A_5	$A_4 \rightarrow A_5$
67	Juli-21	83,76	A_7	$A_5 \rightarrow A_7$

Sumber : Data diolah tahun 2021.

Untuk proses FRLG pada metode Cheng sama seperti metode Chen. Setelah mendapatkan *Fuzzy logic relationship* langkah selanjutnya adalah menggabungkan (*Group*) dari relasi *fuzzy* tersebut, dengan cara yaitu jika $A_i \rightarrow A_j$ dan $A_{i1} \rightarrow A_{j1}$ memiliki *current state* dan *next state* yang sama, maka yang diambil adalah salah satunya dan jika $A_i \rightarrow A_j, A_i \rightarrow A_{j1}$ maka *Fuzzy logic relationship* digabungkan (*Group*) menjadi $A_i \rightarrow A_j, A_{j1}$. Misalkan jika terdapat FLR yang diperoleh dari *state* A_2 , maka terdapat transisi ke *state* yang lain $A_i, i = 1, 2, \dots, n$, seperti $A_2 \rightarrow A_3, A_2 \rightarrow A_2, A_2 \rightarrow A_1$. Oleh karena itu, FLR dikelompokkan menjadi *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) seperti berikut:

$$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3.$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.50 berikut ini.

Tabel 4.47 Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG) Metode Cheng

Group	Relasi fuzzy
1	$4A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_4$
2	$A_2 \rightarrow A_1, 2A_2 \rightarrow A_2, 2A_2 \rightarrow A_3, 2A_2 \rightarrow A_5$
3	$3A_3 \rightarrow A_1, A_3 \rightarrow A_2, 3A_3 \rightarrow A_3, A_3 \rightarrow A_5, A_3 \rightarrow A_7, A_3 \rightarrow A_9$
4	$2A_4 \rightarrow A_1, 2A_4 \rightarrow A_3, A_4 \rightarrow A_4, A_4 \rightarrow A_5$

Group	Relasi <i>fuzzy</i>
5	$A_5 \rightarrow A_3, 2A_5 \rightarrow A_4, 2A_5 \rightarrow A_5, A_5 \rightarrow A_6, 3A_5 \rightarrow A_7, A_5 \rightarrow A_8$
6	$A_6 \rightarrow A_3, A_6 \rightarrow A_4, A_6 \rightarrow A_5, A_6 \rightarrow A_6, A_6 \rightarrow A_9$
7	$A_7 \rightarrow A_4, 2A_7 \rightarrow A_6, 2A_7 \rightarrow A_9, A_7 \rightarrow A_{10}$
8	$2A_8 \rightarrow A_5, A_8 \rightarrow A_6, 2A_8 \rightarrow A_7, A_8 \rightarrow A_8$
9	$A_9 \rightarrow A_5, 2A_9 \rightarrow A_8, 2A_9 \rightarrow A_9, 3A_9 \rightarrow A_{10}$
10	$2A_{10} \rightarrow A_8, 2A_{10} \rightarrow A_9$

Sumber : Data diolah tahun 2021.

6. Proses pembobotan

Pembobotan dilakukan berdasarkan proses relasi *fuzzy* pada keseluruhan data didalam proses Fuzzyfikasi, sehingga akan diketahui pembobotannya kemudian dimasukkan kedalam matriks yang kemudian akan dinormalisasikan. Menentukan bobot relasi FLR menjadi *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) dengan memasukkan semua hubungan (*all relationship*) dan memberikan bobot berdasarkan pada urutan dan perulangan yang sama. FLR yang memiliki *current state* (A_i) yang sama digabungkan menjadi satu grup ke dalam bentuk matriks pembobotan. Misal terdapat suatu urutan FLR yang sama.

($t = 1$) $A_1 \rightarrow A_1$, diberikan bobot 1

($t = 2$) $A_2 \rightarrow A_1$, diberikan bobot 1

($t = 3$) $A_1 \rightarrow A_1$, diberikan bobot 2

($t = 4$) $A_1 \rightarrow A_1$, diberikan bobot 3

dimana t menyatakan waktu.

Kemudian bobot yang didapat pada relasi FLR dimasukkan ke dalam bentuk matriks pembobot (W) yang ditulis berdasarkan persamaan (2.16). Proses pembobotan dapat dilihat pada Tabel 4.51 berikut.

Tabel 4.48 Proses Pembobotan

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}
A_1	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0
A_2	1	2	2	0	2	0	0	0	0	0
A_3	2	1	3	0	1	0	1	0	1	0
A_4	2	0	2	1	1	0	0	0	0	0

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀
A ₅	0	0	1	2	2	1	3	1	0	0
A ₆	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0
A ₇	0	0	0	1	0	2	0	0	2	1
A ₈	0	0	0	0	2	1	2	1	0	0
A ₉	0	0	0	0	1	0	0	2	2	3
A ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0

Sumber : Data diolah tahun 2021.

- Mentransfer bobot FLRG tersebut ke dalam bentuk matriks pembobot terstandarisasi (W^*) berdasarkan persamaan (2.17) sebagai berikut.

Tabel 4.49 Bobot Ternormalisasi

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀
A ₁	0	$\frac{4}{5}$	0	$\frac{1}{5}$	0	0	0	0	0	0
A ₂	$\frac{1}{7}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{7}$	0	$\frac{2}{7}$	0	0	0	0	0
A ₃	$\frac{2}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{3}{9}$	0	$\frac{1}{9}$	0	$\frac{1}{9}$	0	$\frac{1}{9}$	0
A ₄	$\frac{2}{6}$	0	$\frac{2}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	0	0	0	0	0
A ₅	0	0	$\frac{1}{10}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{1}{10}$	0	0
A ₆	0	0	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	0	0	$\frac{1}{5}$	0
A ₇	0	0	0	$\frac{1}{6}$	0	$\frac{2}{6}$	0	0	$\frac{2}{6}$	$\frac{1}{6}$
A ₈	0	0	0	0	$\frac{2}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{1}{6}$	0	0
A ₉	0	0	0	0	$\frac{1}{8}$	0	0	$\frac{2}{8}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{3}{8}$
A ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{2}{4}$	$\frac{2}{4}$	0

Sumber : Data diolah tahun 2021.

- Menentukan defuzzifikasi nilai perkiraan. Untuk menghasilkan nilai perkiraan, matriks pembobot terstandarisasi (W^*) dikalikan dengan m_i . Mencari nilai tengah (m_i) pada interval himpunan fuzzy dapat menggunakan Persamaan (2.14). menghitung nilai perkiraan dapat menggunakan persamaan (2.18). untuk lebih jelasnya perhitungan nilai perkiraan dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 4.50 Defuzifikasi Nilai Perkiraan

F_i	Perhitungan Perkiraan (F_i)	Nilai perkiraan
F_1	$= [m_2, m_4]. [A_2, A_4]$ $= [70.5, 78.75]. \left[\frac{4}{5}, \frac{1}{5} \right]$	74,55
F_2	$= [m_1, m_2, m_3, m_5]. [A_1, A_2, A_3, A_5]$ $= [70.5, 73.5, 76.5, 80.25]. \left[\frac{1}{7}, \frac{2}{7}, \frac{2}{7}, \frac{2}{7} \right]$	75,85
F_3	$= [m_1, m_2, m_3, m_5, m_7, m_9]. [A_1, A_2, A_3, A_5, A_7, A_9]$ $= [70.5, 73.5, 76.5, 80.25, 83.25, 86.25]. \left[\frac{2}{9}, \frac{1}{9}, \frac{3}{9}, \frac{1}{9}, \frac{1}{9}, \frac{1}{9} \right]$	77,083
F_4	$= [m_1, m_3, m_4, m_5]. [A_1, A_3, A_4, A_5]$ $= [70.5, 76.5, 78.75, 80.25]. \left[\frac{2}{6}, \frac{2}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{6} \right]$	75,5
F_5	$= [m_3, m_4, m_5, m_6, m_7, m_8]. [A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8]$ $= [76.5, 78.75, 80.25, 81.75, 83.25, 84.74]. \left[\frac{1}{10}, \frac{2}{10}, \frac{2}{10}, \frac{1}{10}, \frac{3}{10}, \frac{1}{10} \right]$	81,075
F_6	$= [m_3, m_4, m_5, m_6, m_9]. [A_3, A_4, A_5, A_6, A_9]$ $= [76.5, 78.75, 80.25, 81.75, 86.25]. \left[\frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5} \right]$	80,7
F_7	$= [m_4, m_6, m_9, m_{10}]. [A_4, A_6, A_9, A_{10}]$ $= [78.75, 81.75, 86.25, 88.5]. \left[\frac{1}{6}, \frac{2}{6}, \frac{2}{6}, \frac{1}{6} \right]$	83,875
F_8	$= [m_5, m_6, m_7, m_8]. [A_5, A_6, A_7, A_8]$ $= [80.25, 81.75, 83.25, 84.75]. \left[\frac{2}{6}, \frac{1}{6}, \frac{2}{6}, \frac{1}{6} \right]$	82,25
F_9	$= [m_5, m_8, m_9, m_{10}]. [A_5, A_8, A_9, A_{10}]$ $= [80.25, 84.75, 86.25, 88.5]. \left[\frac{1}{8}, \frac{2}{8}, \frac{2}{8}, \frac{3}{8} \right]$	85,96875
F_{10}	$= [m_8, m_9]. [A_8, A_9]$ $= [84.75, 86.25]. \left[\frac{2}{4}, \frac{2}{4} \right]$	85,5

Sumber : Data diolah tahun 2021.

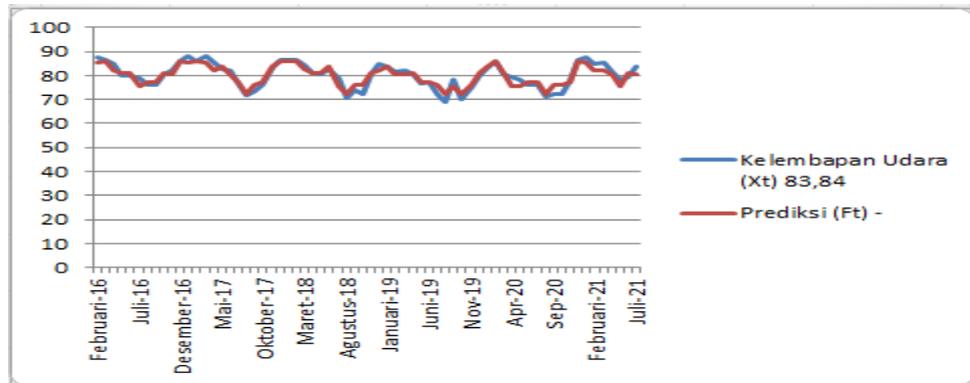
Setelah nilai defuzifikasi diperoleh, selanjutnya nilai tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai perkiraan untuk data aktual pada Tabel 4.1 dan disesuaikan berdasarkan proses fuzzifikasinya pada Tabel 4.49. Misalkan pada Tabel 4.49 untuk $t=1$ fuzzifikasinya adalah A_7 , sehingga nilai prediksinya adalah F_7 sebesar 83,875. Dengan cara yang sama, dapat pula ditentukan nilai prediksi untuk $t=2$ sampai dengan $t=67$. Sedangkan, untuk nilai MAPE dari data aktualnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.30) dengan gambaran nilai prediksi disajikan pada Tabel 4.54 dan selengkapnya disajikan pada lampiran 9.

Tabel 4.51 Perbandingan Kelembapan Udara dan nilai Prediksinya Menggunakan FTS Cheng Beserta Nilai MAPE

t	Bulan	Kelembapan	prediksi	$\left \frac{X_t - F_t}{X_t} \right $
1	Januari-16	83,84	83,875	0,00041746
2	Februari-16	87,6	85,5	0,023973
3	Maret-16	86,48	85,96875	0,005912
4	April-16	84,86	82,25	0,030757
5	Mai-16	79,7	81,075	0,017252
6	Juni-16	79,73	81,075	0,016869
7	Juli-16	78,8	75,5	0,041878
8	Agustus-16	76,29	77,083	0,010395
9	September-16	75,86	77,083	0,016122
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
62	Februari-21	85,08	82,25	0,033263
63	Maret-21	85,35	82,25	0,036321
64	April-21	81,32	80,7	0,007624
65	Mai-21	78,24	75,5	0,03502
66	Juni-21	79,51	81,075	0,019683
67	Juli-21	81,76	80,7	0,012965
MAPE				1,95587%

Sumber : Data diolah tahun 2021.

Adapun grafik kelembapan udara rata-rata dan prediksinya menggunakan metode Cheng dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.5. Grafik perbandingan kelembapan udara dengan nilai prediksinya menggunakan metode *Fuzzy Time Series Cheng* dengan aturan *Sturges*

4.1.5.2 Perkiraan Metode Cheng-Markov Chain Untuk Periode Berikutnya

Adapun langkah-langkah dalam menentukan nilai perkiraan untuk periode berikutnya menggunakan metode FTS Cheng-Markov Chain adalah sebagai berikut.

1. Penentuan perkiraan awal

Penentuan perkiraan awal dilakukan dengan menggunakan data sebelumnya dan matriks peluang transisi. Matriks peluang transisi dibuat berdasarkan FLRG pada Tabel 4.50. Matriks peluang transisi yang terbentuk akan berorde $n \times n$, dengan n adalah banyaknya interval data. Matriks dibentuk berdasarkan dengan aturan pada persamaan (2.20) dan persamaan (2.21). Matriks peluang transisi data kelembapan udara disajikan pada Tabel 4.55 berikut.

Tabel 4.52 Matriks Peluang Transisi Data Kelembapan Udara

P_{ij}		j									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
i	1	0	$\frac{4}{5}$	0	$\frac{1}{5}$	0	0	0	0	0	0

P_{ij}	j									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	$\frac{1}{7}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{7}$	0	$\frac{2}{7}$	0	0	0	0	0
3	$\frac{2}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{3}{9}$	0	$\frac{1}{9}$	0	$\frac{1}{9}$	0	$\frac{1}{9}$	0
4	$\frac{2}{6}$	0	$\frac{2}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	0	0	0	0	0
5	0	0	$\frac{1}{10}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{1}{10}$	0	0
6	0	0	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	0	0	$\frac{1}{5}$	0
7	0	0	0	$\frac{1}{6}$	0	$\frac{2}{6}$	0	0	$\frac{2}{6}$	$\frac{1}{6}$
8	0	0	0	0	$\frac{2}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{1}{6}$	0	0
9	0	0	0	0	$\frac{1}{8}$	0	0	$\frac{2}{8}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{3}{8}$
10	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{2}{4}$	$\frac{2}{4}$	0

Sumber : Data diolah tahun 2021.

Setelah memperoleh matriks peluang transisi akan dilakukan perhitungan perkiraan awal, dalam penelitian ini perkiraan awal dilakukan dengan melihat dan tanpa melihat data aktualnya.

- a. Perkiraan dengan menggunakan data aktual

Tabel 4.57 berikut menyajikan data historis dan FLR dari data yang akan diperkirakan.

Tabel 4.53 Data Historis dan FLR

	t	Kelembapan udara	fuzzifikasi	FLR
67	Juli 2021	83,76	A_{12}	—
68	Agustus 2021	78,68	A_4	$A_7 \rightarrow A_4$
69	September 2021	79,25	A_4	$A_4 \rightarrow A_4$
70	Oktober 2021	81,92	A_6	$A_4 \rightarrow A_6$
71	November 2021	81,79	A_6	$A_6 \rightarrow A_6$

Sumber : Data diolah tahun 2021.

Perhitungan nilai perkiraan awal ini menggunakan aturan pada persamaan (2.22) sampai dengan persamaan (2.24). Berdasarkan sifat markov perhitungan perkiraan data saat ini dilakukan dengan berdasar pada data sebelumnya. Sebagai contoh untuk menghitung nilai perkiraan pada saat $t = 68$ perlu diketahui data pada saat $t = 67$. Dimana pada saat $t = 67$ nilai data historis adalah 83,76 dan $t = 68$ nilai data historis adalah 78,68 dengan FLR $A_7 \rightarrow A_4$, yang artinya data bertransisi dari A_7 ke A_4 . Sehingga perhitungan perkiraan awalnya dapat dihitung dengan aturan 3 pada persamaan (2.24) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F(t) &= m_1P_{4,1} + m_2P_{4,2} + m_3P_{4,3} + Y(t)P_{4,4} + m_5P_{4,5} + m_6P_{4,6} \\
 &\quad + m_7P_{4,7} + m_8P_{4,8} + m_9P_{4,9} + m_{10}P_{4,10} \\
 F(t) &= 70,5\left(\frac{2}{6}\right) + 73,5(0) + 76,5\left(\frac{2}{6}\right) + 78,68\left(\frac{1}{6}\right) + 80,25\left(\frac{1}{6}\right) \\
 &\quad + 83,76(0) + 83,25(0) + 84,75(0) + 86,25(0) + 87,75(0) \\
 F(t) &= 75,488
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama diperoleh perkiraan untuk data yang lain, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.58 berikut.

Tabel 4.54 Perkiraan Dengan Data Aktual Menggunakan Markov Chain

t		Kelembapan udara	Perkiraan Awal
67	Juli 2021	83,76	-
68	Agustus 2021	78,68	75,48833
69	September 2021	79,25	75,58333
70	Oktober 2021	81,92	80,734
71	November 2021	81,79	80,708

Sumber : Data diolah tahun 2021.

b. Perkiraan tanpa menggunakan data aktual

Perkiraan tanpa data aktual dilakukan dengan memperkirakan transisi *state* selanjutnya. Berdasarkan matriks peluang transisi ditentukan kecenderungan transisi *state*, sehingga diperoleh FLR. Contoh akan dilakukan perkiraan untuk $t = 68$, data kelembapan udara saat $t = 67$ adalah

83,79 berada pada himpunan fuzzy A_7 . Perhatikan potongan Tabel 4.55 dengan $i=7$ dibawah ini.

7	0	0	0	$\frac{1}{6}$	0	$\frac{2}{6}$	0	0	$\frac{2}{6}$	$\frac{1}{6}$
---	---	---	---	---------------	---	---------------	---	---	---------------	---------------

Berdasarkan Tabel diatas, interval naik memiliki peluang terbesar yaitu $\frac{2}{6}$ berada pada $j = 6$ dan $j=9$ sehingga transisi *state* saat $t = 68$ diperkirakan berada pada himpunan fuzzy A_6 dan A_9 . Perkiraan transisi *state* selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama dan diperoleh kecenderungan transisi *state* serta FLR, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.59 sebagai berikut.

Tabel 4.55 Kecenderungan Transisi dan FLR

t	Kecenderungan Transisi	FLR
68	A_6	$A_7 \rightarrow A_6$
69	A_9	$A_6 \rightarrow A_9$
70	A_{10}	$A_9 \rightarrow A_{10}$
71	A_8	$A_{10} \rightarrow A_8$

Sumber : Data diolah tahun 2021.

Berdasarkan Tabel 4.59 maka perhitungan perkiraan awal dapat dihitung menggunakan aturan pada persamaan (2.22) sampai dengan persamaan (2.24). Berdasarkan sifat markov perhitungan perkiraan data saat ini dilakukan dengan berdasar pada data sebelumnya. Sebagai contoh untuk menghitung nilai perkiraan pada saat $t = 68$ perlu diketahui data pada saat $t = 67$. Dimana pada saat $t = 67$ nilai data historis adalah 83,76 dan $t = 68$ nilai data historis adalah 78,68 dengan FLR $A_7 \rightarrow A_6$, yang artinya data bertransisi dari A_7 ke A_6 . Sehingga perhitungan perkiraan awalnya dapat dihitung dengan aturan 3 pada persamaan (2.24) sebagai berikut :

$$F(t) = m_1P_{61} + m_2P_{62} + m_3P_{63} + m_4P_{64} + m_5P_{65} + Y(t)P_{66} + m_7P_{67} + m_8P_{68} + m_9P_{69} + m_{10}P_{610}$$

$$F(t) = 70,5(0) + 73,5(0) + 76,5\left(\frac{1}{5}\right) + 78,75\left(\frac{1}{5}\right) + 80,25\left(\frac{1}{5}\right)$$

$$+83,76\left(\frac{1}{5}\right) + 83,25(0) + 84,75(0) + 86,25\left(\frac{1}{5}\right) + 87,75(0)$$

$$F(t) = 81,1$$

Perhitungan nilai perkiraan awal dapat dilakukan dengan cara yang sama untuk $t=69$ dan seterusnya. Adapun perkiraan awal sebagaimana disajikan pada Tabel 4.60 berikut.

Tabel 4.56 Perkiraan Awal

t	Kecenderungan Transisi	Perkiraan awal
68	A_6	81,1
69	A_9	85,065
70	A_{10}	85,5
71	A_8	82,375

Sumber : Data diolah tahun 2021.

- Menghitung nilai penyesuaian perkiraan awal berdasarkan persamaan (2.25) sampai dengan persamaan (2.28). Misalkan data kelembapan udara saat $t = 68$ pada Tabel 59, diketahui *state* berpindah dari *state* saat ini A_7 ke *state* selanjutnya A_6 . Karena perpindahan ini memenuhi aturan (2) pada persamaan (2.26) dan aturan (4) pada persamaan (2.28) dan i diperoleh dengan memasukkan jumlah interval berdasarkan Tabel 4.48 yaitu sebanyak 10 interval, sehingga diperoleh i sebagai berikut.

$$i = \frac{U_{max} - U_{min}}{\text{jumlah interval}} = \frac{90 - 69}{10} = 2,1$$

sehingga diperoleh :

$$D_{t1} = -\left(\frac{l}{2}\right) = -\frac{2,1}{2} = -1,05$$

$$D_{t2} = -\left(\frac{l}{2}\right)s = -\left(\frac{2,1}{2}\right)1 = -1,05$$

dengan cara yang sama diperoleh nilai penyesuaian pada Tabel 4.61 berikut:

Tabel 4.57 Penyesuaian Perkiraan Dtn

t	Perkiraan Awal (Data Aktual)	D_{t1}	D_{t2}	Perkiraan Awal (Tanpa Data Aktual)	D_{t1}	D_{t2}
68	75,48833	-1,05	-3,15	81,1	-1,05	-1,05
69	75,58333	0	0	85,065	1,05	3,15
70	80,734	1,05	2,1	85,5	1,05	1,05
71	80,708	0	0	82,375	-1,05	-2,1

Sumber : Data diolah tahun 2021.

3. Menentukan hasil perkiraan akhir.

Untuk menyelesaikan hasil perkiraan akhir digunakan persamaan (2.29) dengan mensubstitusikan nilai pada Tabel 4.62. Berikut contoh perhitungan perkiraan akhir pada $t = 68$ untuk tanpa data aktual.

$$F'(t) = F(t) \pm D_{t1} \pm D_{t2} = 81,1 - 1,05 - 1,05 = 78$$

Sehingga diperoleh hasil perkiraan akhir untuk $t = 68$ adalah 78, dengan cara yang sama diperoleh hasil perkiraan akhir pada Tabel 4.62.

Tabel 4.58 Perkiraan Akhir *Fuzzy Time Series* Cheng-Markov Chain

t	Perkiraan Awal (Data Aktual)	Perkiraan Akhir	Perkiraan Awal (Tanpa Data Aktual)	Perkiraan Akhir
68	75,488	71,288	81,1	78
69	75,583	75,583	85,065	89,265
70	80,734	83,884	85,5	87,6
71	80,708	80,708	82,375	79,175

Sumber : Data diolah tahun 2021

4.2 Hasil Penelitian

Berdasarkan perhitungan nilai perkiraan di atas diperoleh nilai prediksi untuk meramalkan data aktual dan data pada periode berikutnya dengan metode *Fuzzy Time Series* Chen-Markov Chain menggunakan algoritma REA, *Fuzzy Time Series* Cheng-Markov Chain menggunakan algoritma REA, *Fuzzy Time Series* Chen-Markov Chain dengan menggunakan aturan *sturges* dan *Fuzzy Time Series* Cheng-Markov Chain dengan menggunakan

aturan *sturges*. Langkah terakhir adalah menghitung nilai ketepatan perkiraan. Pada dasarnya, pengukuran ketepatan data hasil prediksi dilakukan dengan membandingkan data hasil prediksi dengan data aktualnya untuk melihat tingkat kesalahan (*error*) yang terjadi. Semakin rendah tingkat kesalahan (*error*) pada data prediksi, maka akan semakin layak data prediksi tersebut digunakan. Ketepatan hasil perkiraan dapat dihitung dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan menggunakan persamaan (2.30) dengan kriteria perkiraan pada Tabel 2.1. sedangkan ketepatan perkiraan dihitung menggunakan persamaan (2.31).

4.2.1 Nilai MAPE Perkiraan Untuk Data Aktual

Tabel 4.59 Perbandingan nilai ketepatan prediksi untuk data aktual

	Algoritma REA		Aturan <i>Sturges</i>	
	Chen	Cheng	Chen	Cheng
MAPE	1,83%	2,203%	2,109%	2,25%
ketepatan	98.17%	97,797%	97,890%	97,75%

Sumber: Data diolah tahun 2021.

Berdasarkan Tabel 4.59 di atas diperoleh tingkat akurasi nilai MAPE untuk data aktual metode Chen Algoritma REA sebesar 1,83% dan Metode Chen dengan aturan *sturges* sebesar 2,109%, sedangkan untuk metode Cheng menggunakan *sturges* 2,25% dan menggunakan Algoritma REA sebesar 2,203%.

4.2.2 Nilai MAPE perkiraan Pada Periode Berikutnya Dengan Data Aktual

Tabel 4.60 Perbandingan Nilai ketepatan hasil prediksi menggunakan data aktual

t	Data aktual	Chen-Markov Chain dengan Algoritma REA	Cheng-Markov Chain dengan Algoritma REA	Chen-Markov Chain dengan aturan <i>sturges</i>	Cheng-Markov Chain dengan aturan <i>sturges</i>
68	78,68	72,78	72,282	76,53	71,288
69	79,25	77,06	76,689	78,8437	75,583
70	81,92	82,29	84,160	83,8963	83,884
71	81,79	82,28	81,075	81,7609	80,708

MAPE	3,7891%	3,7406%	1,4233%	4,43541%
Ketepatan	96,21%	96,259%	98,576%	95,5645%

Sumber: Data diolah tahun 2021.

Berdasarkan tabel 4.62. diperoleh hasil perkiraan dalam jangka waktu 4 bulan, dari bulan Agustus 2021 s/d November 2021. Tingkat akurasi nilai MAPE metode Chen-markov Chain dengan Algoritma REA sebesar 3,7891%, Cheng-markov Chain dengan Algoritma REA, 3,7406%, Chen-markov Chain aturan *sturges* 1,423%, dan Cheng-markov Chain aturan *sturges* 4,435%.

4.2.3 Nilai MAPE perkiraan Pada Periode Berikutnya Tanpa Data Aktual

Tabel 4.61 Perbandingan Nilai ketepatan hasil prediksi tanpa menggunakan data aktual

t	Data Aktual	Algoritma REA		Aturan Sturges	
		Chen-Markov Chain	Cheng-Markov Chain	Chen-Markov Chain	Cheng-Markov Chain
68	78,68	77,61	77,8275	77,535	78
69	79,25	84,25	82,309	79,314	89,265
70	81,92	86,23	84,2825	-	87,6
71	81,79	84,17	80,8525	-	79,175
MAPE		3,960%	2,243%	1,219%	5,908%
Ketepatan		96,039%	97,756%	98,78%	94,091%

Sumber: Data diolah tahun 2021.

Berdasarkan tabel 4.63. diperoleh hasil perkiraan dalam jangka waktu 2 sampai 4 bulan, dari bulan Agustus 2021 s/d November 2021. Tingkat akurasi nilai MAPE metode Chen-markov Chain dengan Algoritma REA sebesar 3,960%, Cheng-markov Chain dengan Algoritma REA 2,243%, Chen-markov Chain aturan *sturges* 1,219%, dan Cheng-markov Chain aturan *sturges* 5,908%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian yang telah dibahas pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Prediksi data aktual dengan Algoritma REA untuk metode *Fuzzy Time Series* Chen-Markov Chain dan Cheng-Markov Chain lebih baik dengan presentase nilai MAPE lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan aturan *sturges*. Sedangkan untuk prediksi data selanjutnya baik menggunakan data aktual dan tanpa data aktual diperoleh bahwa metode *Fuzzy Time Series* Chen-Markov Chain dan Cheng-Markov Chain dengan aturan *sturges* lebih baik dengan presentase nilai MAPE lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan Algoritma REA. Pada metode Cheng, semakin banyak jumlah partisi kelas maka semakin baik nilai perkiraannya, hal ini dikarenakan nilai perkiraan memiliki nilai variansi yang kecil, sehingga nilai perkiraan mendekati data aktual.
2. Perkiraan dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Chen-Markov Chain dan Cheng-Markov Chain dengan menggunakan Algoritma REA dan aturan *sturges* menghasilkan akurasi perkiraan MAPE masing-masing untuk perkiraan data aktual dengan Algoritma REA, metode Chen sebesar 1,83% dan Cheng sebesar 2,203%, untuk menggunakan aturan *sturges*, metode Chen sebesar 2,109% dan Cheng sebesar 2,25%. Untuk perkiraan pada periode berikutnya untuk menggunakan data aktual, diperoleh MAPE Chen-Markov Chain dengan Algoritma REA sebesar 3,789%, Cheng-Markov Chain dengan Algoritma REA sebesar 3,74%, Chen-Markov Chain aturan *sturges* sebesar 1,423%, Cheng-Markov Chain aturan *sturges* 4,43%. Sedangkan Perkiraan untuk periode berikutnya tanpa data aktual diperoleh MAPE Chen-Markov Chain dengan Algoritma REA sebesar 3,960%, Cheng-Markov Chain dengan Algoritma REA *sturges* sebesar 2,243%, Chen-Markov Chain aturan *sturges* sebesar 1,219%, Cheng-Markov Chain aturan *sturges* 5,908%. Nilai MAPE pada penelitian ini kurang dari 10% artinya Metode *Fuzzy Time Series* Chen-Markov Chain dan Cheng-Markov Chain dengan Algoritma REA dan aturan *sturges* memiliki kinerja yang sangat baik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan data Kelembapan udara dengan periode harian dan dapat menggunakan selain aturan *sturges* misalnya metode *scott* dalam menentukan jumlah kelas interval.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, S. N. (2009). *Introduction to Fuzzy Logic Using Matlab*. Jakarta: Erlangga.
- Aliek, B. R.-M.-B.-9. (n.d.).
- Duli, N. (2019). *Metodologi Penelitian Kuantitatif: Beberapa Konsep Dasar untuk Penulisan Skripsi & Analisis Data dengan SPSS*. Yogyakarta: Deepublish.
- Fadillah, A., Bettiza, M., & Ritha, N. (2018). Perbandingan model Chen dan model Cheng pada Algoritma Fuzzy time series untuk meprediksi harga bahan pokok. *Fuzzy time series*.
- Fauziah, N., wahyuningsih, S., & yuki, N. (2016). perkiraan menggunakan Fuzzy Time series Chen (Studi kasus: Curah Hujan Kota Samarinda).
- Hakim, I. (2021, Januari). *insan pelajar*. Retrieved Agustus 30, 2021, from Kelembapan Udara: Pengertian, Jenis, dan Faktornya: <https://insanpelajar.com/kelembapan-udara/>
- Haris, M. S. (2010). Implementasi Metode Fuzzy Time Series dengan Penentuan Interval Berbasis Rata-rata untuk Perkiraan Data Penjualan Bulanan. Skripsi. FMIPA, Matematika, Universitas Brawijaya, Malang.
- Kusumadewi, S., & Hari, P. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Marlina, W. A. (2018). Forecasting Technique Using Time Sequence: Model Penentuan Volume Produksi Sanjai di UMK Rina Payakumbuh. *Jurnal Manajemen*, 9(2), 2018: 187-196.
- Munir, R. (2016). *Matematika diskrit (revisi keenam)*. bandung: Informatika Bandung.
- Naba, A. (2009). *Tutorial Cepat & Mudah Fuzzy Logic dengan Matlab*. Andipublisher.
- Neiburger. (1995). *Memahami Lingkungan Sekitar Kita*. Bandung : Penerbit ITB.
- panteleeva, O. V. (2005). *Dasar-dasar Probabilistik Dab Statistik*.
- Rahmawati, E. P. (2019). Retrieved from Metode Fuzzy Time Series Cheng dalam Memprediksi Jumlah Wisatawan di Provinsi Sumatera Barat. *Journal of Education Informatic Technology and Science (JeITS)*, 1(1), 2019: 11-23. .

R-Stats, p. (2021). *rumusstatistik*. Retrieved 03 14, 2022, from rumus statistik:
<https://www.rumusstatistik.com/2021/05/cara-menghitung-mape-mean-absolute.html>

Rukajat, a. (2012). Pendekatan Penelitian Kuantitatif. Yogyakarta : Deepublish.

sumartini, Nemi, N. H., & wahyuningsih, S. (2017). Sumartini, Memi N. H. dan Sri W.Perkiraan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Cheng. Jurnal Eksponensial, 8(1), 2017.

Tjasyono, B. (2004). 1992Klimatologi Terapan. Bandung : Pionir Jaya. .
Klimatologi. Bandung : Penerbit ITB.

<https://dataonline.bmkg.go.id/> (diakses tanggal 26 Agustus 2021)

LAMPIRAN

Lampiran 1. Besar kelembapan udara rata-rata di kota Makassar dari Januari 2016 sampai Juli 2021



ID WMO : 97182
 Nama :
 Stasiun : Stasiun Meteorologi Maritim Paotere
 Lintang : -5.11375
 Bujur : 119.41983
 Elevasi : 5

t	Bulan	Kelembapan	t	Bulan	Kelembapan
1	Januari-16	83,84	35	November-18	80,3
2	Februari-16	87,6	36	Desember-18	84,96
3	Maret-16	86,48	37	Januari-19	83,64
4	April-16	84,86	38	Februari-19	81,42
5	Mai-16	79,7	39	Maret-19	82,36
6	Juni-16	79,73	40	April-19	80,4
7	Juli-16	78,8	41	Mai-19	76,83
8	Agustus-16	76,29	42	Juni-19	77,06
9	September-16	75,86	43	Juli-19	72,48
10	Oktober-16	80,38	44	Agustus-19	69,25
11	November-16	82,37	45	September-19	78,24
12	Desember-16	85,96	46	Oktober-19	70,2
13	Januari-17	89,21	47	November-19	74,84
14	Februari-17	85,89	48	Desember-19	79,84
15	Maret-17	88,16	49	Januari-20	83,17
16	April-17	85,28	50	Februari-20	86
17	Mai-17	82,67	51	Maret-20	80,25
18	Juni-17	82,37	52	April-20	79,43
19	Juli-17	76,5	53	Mai-20	78,42
20	Agustus-17	71,7	54	Juni-20	75,92
21	September-17	73,54	55	Juli-20	76,3
22	Oktober-17	76,27	56	Agustus-20	71
23	November-17	83,38	57	September-20	72,3
24	Desember-17	86,68	58	Oktober-20	72,14
25	Januari-18	86,48	59	November-20	77,96
26	Februari-18	86,69	60	Desember-20	86,23
27	Maret-18	84,35	61	Januari-21	87,44
28	April-18	80,83	62	Februari-21	85,08
29	Mai-18	80,35	63	Maret-21	85,35
30	Juni-18	82,76	64	April-21	81,32
31	Juli-18	78,67	65	Mai-21	78,24
32	Agustus-18	70,87	66	Juni-21	79,51
33	September-18	73,83	67	Juli-21	83,76
34	Oktober-18	72,22			

Sumber: Data sekunder, BMKG kota Makassar.

Lampiran 2. Fuzzyfikasi dan *Fuzzy Logic Relationship* (FLR) metode Chen menggunakan Algoritma REA

t	Bulan	Kelembapan Udara	Fuzzyfikasi	Relasi
1	Januari-16	83,84	A ₈	-
2	Februari-16	87,6	A ₉	A ₈ → A ₉
3	Maret-16	86,48	A ₉	A ₉ → A ₉
4	April-16	84,86	A ₈	A ₉ → A ₈
5	Mai-16	79,7	A ₆	A ₈ → A ₆
6	Juni-16	79,73	A ₆	A ₆ → A ₆
7	Juli-16	78,8	A ₅	A ₆ → A ₅
8	Agustus-16	76,29	A ₄	A ₅ → A ₄
9	September-16	75,86	A ₄	A ₄ → A ₄
10	Oktober-16	80,38	A ₆	A ₄ → A ₆
11	November-16	82,37	A ₇	A ₆ → A ₇
12	Desember-16	85,96	A ₉	A ₇ → A ₉
13	Januari-17	89,21	A ₁₀	A ₉ → A ₁₀
14	Februari-17	85,89	A ₉	A ₁₀ → A ₉
15	Maret-17	88,16	A ₁₀	A ₉ → A ₁₀
16	April-17	85,28	A ₈	A ₁₀ → A ₈
17	Mai-17	82,67	A ₇	A ₈ → A ₇
18	Juni-17	82,37	A ₇	A ₇ → A ₇
19	Juli-17	76,5	A ₄	A ₇ → A ₄
20	Agustus-17	71,7	A ₂	A ₄ → A ₂
21	September-17	73,54	A ₃	A ₂ → A ₃
22	Oktober-17	76,27	A ₄	A ₃ → A ₄
23	November-17	83,38	A ₇	A ₄ → A ₇
24	Desember-17	86,68	A ₉	A ₇ → A ₉
25	Januari-18	86,48	A ₉	A ₉ → A ₉
26	Februari-18	86,69	A ₉	A ₉ → A ₉
27	Maret-18	84,35	A ₈	A ₉ → A ₈
28	April-18	80,83	A ₆	A ₈ → A ₆
29	Mai-18	80,35	A ₆	A ₆ → A ₆
30	Juni-18	82,76	A ₇	A ₆ → A ₇

t	Bulan	Kelembapan Udara	Fuzzyfikasi	Relasi
31	Juli-18	78,67	A ₅	A ₇ → A ₅
32	Agustus-18	70,87	A ₁	A ₅ → A ₁
33	September-18	73,83	A ₃	A ₁ → A ₃
34	Oktober-18	72,22	A ₂	A ₃ → A ₂
35	November-18	80,3	A ₆	A ₂ → A ₆
36	Desember-18	84,96	A ₈	A ₆ → A ₈
37	Januari-19	83,64	A ₇	A ₈ → A ₇
38	Februari-19	81,42	A ₆	A ₇ → A ₆
39	Maret-19	82,36	A ₇	A ₆ → A ₇
40	April-19	80,4	A ₆	A ₇ → A ₆
41	Mai-19	76,83	A ₄	A ₆ → A ₄
42	Juni-19	77,06	A ₄	A ₄ → A ₄
43	Juli-19	72,48	A ₂	A ₄ → A ₂
44	Agustus-19	69,25	A ₁	A ₂ → A ₁
45	September-19	78,24	A ₅	A ₁ → A ₅
46	Oktober-19	70,2	A ₁	A ₅ → A ₁
47	November-19	74,84	A ₃	A ₁ → A ₃
48	Desember-19	79,84	A ₆	A ₃ → A ₆
49	Januari-20	83,17	A ₇	A ₆ → A ₇
50	Februari-20	86	A ₉	A ₇ → A ₉
51	Maret-20	80,25	A ₆	A ₉ → A ₆
52	April-20	79,43	A ₅	A ₆ → A ₅
53	Mai-20	78,42	A ₅	A ₅ → A ₅
54	Juni-20	75,92	A ₄	A ₅ → A ₄
55	Juli-20	76,3	A ₄	A ₄ → A ₄
56	Agustus-20	71	A ₁	A ₄ → A ₁
57	September-20	72,3	A ₂	A ₁ → A ₂
58	Oktober-20	72,14	A ₂	A ₂ → A ₂
59	November-20	77,96	A ₅	A ₂ → A ₅
60	Desember-20	86,23	A ₉	A ₅ → A ₉
61	Januari-21	87,44	A ₉	A ₉ → A ₉
62	Februari-21	85,08	A ₈	A ₉ → A ₈
63	Maret-21	85,35	A ₈	A ₈ → A ₈

t	Bulan	Kelembapan Udara	Fuzzyfikasi	Relasi
64	April-21	81,32	A_6	$A_8 \rightarrow A_6$
65	Mai-21	78,24	A_5	$A_6 \rightarrow A_5$
66	Juni-21	79,51	A_6	$A_5 \rightarrow A_6$
67	Juli-21	83,76	A_8	$A_6 \rightarrow A_8$

Sumber: Data diolah tahun 2021.

Lampiran 3. Nilai prediksi dari data aktual dengan metode Chen menggunakan Algoritma REA dan MAPE-nya

t	Bulan	Kelembapan Udara (X_t)	Prediksi (F_t)	$\left \frac{X_t - F_t}{X_t} \right $
1	Januari-16	83,84	83,7	0,00166985
2	Februari-16	87,6	85,275	0,026541
3	Maret-16	86,48	85,275	0,013934
4	April-16	84,86	83,7	0,01367
5	Mai-16	79,7	80,55	0,010665
6	Juni-16	79,73	80,55	0,010285
7	Juli-16	78,8	78,45	0,004442
8	Agustus-16	76,29	76,35	0,000786
9	September-16	75,86	76,35	0,006459
10	Oktober-16	80,38	80,55	0,002115
11	November-16	82,37	80,97	0,016996
12	Desember-16	85,96	85,275	0,007969
13	Januari-17	89,21	85,8	0,027321
14	Februari-17	85,89	85,275	0,00716
15	Maret-17	88,16	85,8	0,02677
16	April-17	85,28	83,7	0,018527
17	Mai-17	82,67	80,97	0,020564
18	Juni-17	82,37	80,97	0,016996
19	Juli-17	76,5	76,35	0,001961
20	Agustus-17	71,7	75,09	0,04728
21	September-17	73,54	76,35	0,03821
22	Oktober-17	76,27	76,35	0,001049
23	November-17	83,38	80,97	0,028904
24	Desember-17	86,68	85,275	0,016209
25	Januari-18	86,48	85,275	0,013934
26	Februari-18	86,69	85,275	0,016323
27	Maret-18	84,35	83,7	0,007706

t	Bulan	Kelembapan Udara (X_t)	Prediksi (F_t)	$\left \frac{X_t - F_t}{X_t} \right $
28	April-18	80,83	80,55	0,003464
29	Mai-18	80,35	80,55	0,002489
30	Juni-18	82,76	80,97	0,021629
31	Juli-18	78,67	78,45	0,002796
32	Agustus-18	70,87	74,95	0,05757
33	September-18	73,83	76,35	0,034132
34	Oktober-18	72,22	75,09	0,03974
35	November-18	80,3	80,55	0,003113
36	Desember-18	84,96	83,7	0,014831
37	Januari-19	83,64	80,97	0,031923
38	Februari-19	81,42	80,55	0,010685
39	Maret-19	82,36	80,97	0,016877
40	April-19	80,4	80,55	0,001866
41	Mai-19	76,83	76,35	0,006248
42	Juni-19	77,06	76,35	0,009214
43	Juli-19	72,48	75,09	0,03601
44	Agustus-19	69,25	74,95	0,08231
45	September-19	78,24	78,45	0,002684
46	Oktober-19	70,2	74,95	0,067664
47	November-19	74,84	76,35	0,020176
48	Desember-19	79,84	80,55	0,008893
49	Januari-20	83,17	80,97	0,026452
50	Februari-20	86	85,275	0,00843
51	Maret-20	80,25	80,55	0,003738
52	April-20	79,43	78,45	0,012338
53	Mai-20	78,42	78,45	0,000383
54	Juni-20	75,92	76,35	0,005664
55	Juli-20	76,3	76,35	0,000655
56	Agustus-20	71	74,75	0,052817

t	Bulan	Kelembapan Udara (X_t)	Prediksi (F_t)	$\left \frac{X_t - F_t}{X_t} \right $
57	September-20	72,3	75,09	0,042917
58	Oktober-20	72,14	75,09	0,040893
59	November-20	77,96	78,45	0,006285
60	Desember-20	86,23	85,275	0,011075
61	Januari-21	87,44	85,275	0,02476
62	Februari-21	85,08	83,7	0,01622
63	Maret-21	85,35	83,7	0,019332
64	April-21	81,32	80,55	0,009469
65	Mai-21	78,24	78,45	0,002684
66	Juni-21	79,51	80,55	0,01308
67	Juli-21	83,76	83,97	0,009662
MAPE				1,83%

Sumber: Data diolah tahun 2021.

Lampiran 4. Fuzzifikasi dan FLR metode Cheng tanpa menggunakan Algoritma REA

t	Bulan	Kelembapan	Fuzzyfikasi	Relasi
1	Januari-16	83,84	A_{12}	-
2	Februari-16	87,6	A_{16}	$A_{12} \rightarrow A_{16}$
3	Maret-16	86,48	A_{15}	$A_{16} \rightarrow A_{15}$
4	April-16	84,86	A_{13}	$A_{15} \rightarrow A_{13}$
5	Mai-16	79,7	A_7	$A_{13} \rightarrow A_7$
6	Juni-16	79,73	A_7	$A_7 \rightarrow A_7$
7	Juli-16	78,8	A_6	$A_7 \rightarrow A_6$
8	Agustus-16	76,29	A_4	$A_6 \rightarrow A_4$
9	September-16	75,86	A_4	$A_4 \rightarrow A_4$
10	Oktober-16	80,38	A_8	$A_4 \rightarrow A_8$
11	November-16	82,37	A_{10}	$A_8 \rightarrow A_{10}$
12	Desember-16	85,96	A_{14}	$A_{10} \rightarrow A_{14}$
13	Januari-17	89,21	A_{17}	$A_{14} \rightarrow A_{17}$
14	Februari-17	85,89	A_{14}	$A_{17} \rightarrow A_{14}$
15	Maret-17	88,16	A_{17}	$A_{14} \rightarrow A_{17}$
16	April-17	85,28	A_{13}	$A_{17} \rightarrow A_{13}$
17	Mai-17	82,67	A_{11}	$A_{13} \rightarrow A_{11}$
18	Juni-17	82,37	A_{10}	$A_{11} \rightarrow A_{10}$
19	Juli-17	76,5	A_5	$A_{10} \rightarrow A_5$
20	Agustus-17	71,7	A_2	$A_5 \rightarrow A_2$
21	September-17	73,54	A_3	$A_2 \rightarrow A_3$
22	Oktober-17	76,27	A_4	$A_3 \rightarrow A_4$
23	November-17	83,38	A_{11}	$A_4 \rightarrow A_{11}$
24	Desember-17	86,68	A_{15}	$A_{11} \rightarrow A_{15}$
25	Januari-18	86,48	A_{15}	$A_{15} \rightarrow A_{15}$
26	Februari-18	86,69	A_{15}	$A_{15} \rightarrow A_{15}$
27	Maret-18	84,35	A_{12}	$A_{15} \rightarrow A_{12}$
28	April-18	80,83	A_9	$A_{12} \rightarrow A_9$

t	Bulan	Kelembapan	Fuzzyfikasi	Relasi
29	Mai-18	80,35	A_8	$A_9 \rightarrow A_8$
30	Juni-18	82,76	A_{11}	$A_8 \rightarrow A_{11}$
31	Juli-18	78,67	A_6	$A_{11} \rightarrow A_6$
32	Agustus-18	70,87	A_1	$A_6 \rightarrow A_1$
33	September-18	73,83	A_3	$A_1 \rightarrow A_3$
34	Oktober-18	72,22	A_2	$A_3 \rightarrow A_2$
35	November-18	80,3	A_8	$A_2 \rightarrow A_8$
36	Desember-18	84,96	A_{13}	$A_8 \rightarrow A_{13}$
37	Januari-19	83,64	A_{11}	$A_{13} \rightarrow A_{11}$
38	Februari-19	81,42	A_9	$A_{11} \rightarrow A_9$
39	Maret-19	82,36	A_{10}	$A_9 \rightarrow A_{10}$
40	April-19	80,4	A_8	$A_{10} \rightarrow A_8$
41	Mai-19	76,83	A_5	$A_8 \rightarrow A_5$
42	Juni-19	77,06	A_5	$A_5 \rightarrow A_5$
43	Juli-19	72,48	A_2	$A_5 \rightarrow A_2$
44	Agustus-19	69,25	A_1	$A_2 \rightarrow A_1$
45	September-19	78,24	A_6	$A_1 \rightarrow A_6$
46	Oktober-19	70,2	A_1	$A_6 \rightarrow A_1$
47	November-19	74,84	A_3	$A_1 \rightarrow A_3$
48	Desember-19	79,84	A_7	$A_3 \rightarrow A_7$
49	Januari-20	83,17	A_{11}	$A_7 \rightarrow A_{11}$
50	Februari-20	86	A_{14}	$A_{11} \rightarrow A_{14}$
51	Maret-20	80,25	A_8	$A_{14} \rightarrow A_8$
52	April-20	79,43	A_6	$A_8 \rightarrow A_6$
53	Mai-20	78,42	A_6	$A_6 \rightarrow A_6$
54	Juni-20	75,92	A_4	$A_6 \rightarrow A_4$
55	Juli-20	76,3	A_4	$A_4 \rightarrow A_4$
56	Agustus-20	71	A_1	$A_4 \rightarrow A_1$
57	September-20	72,3	A_2	$A_1 \rightarrow A_2$
58	Oktober-20	72,14	A_2	$A_2 \rightarrow A_2$

t	Bulan	Kelembapan	Fuzzyfikasi	Relasi
59	November-20	77,96	A_6	$A_2 \rightarrow A_6$
60	Desember-20	86,23	A_{14}	$A_6 \rightarrow A_{14}$
61	Januari-21	87,44	A_{16}	$A_{14} \rightarrow A_{16}$
62	Februari-21	85,08	A_{13}	$A_{16} \rightarrow A_{13}$
63	Maret-21	85,35	A_{13}	$A_{13} \rightarrow A_{13}$
64	April-21	81,32	A_9	$A_{13} \rightarrow A_9$
65	Mai-21	78,24	A_6	$A_9 \rightarrow A_6$
66	Juni-21	79,51	A_7	$A_6 \rightarrow A_7$
67	Juli-21	83,76	A_{12}	$A_7 \rightarrow A_{12}$

Sumber: Data diolah tahun 2021.

Lampiran 5. Perbandingan kelembapan udara rata-rata dan nilai prediksinya menggunakan FTS Cheng beserta nilai MAPE

t	Bulan	Kelembapan Udara (X_t)	Prediksi (F_t)	$\left \frac{X_t - F_t}{X_t} \right $
1	Januari-16	83,84	84,225	0,004592
2	Februari-16	87,6	85,93125	0,01905
3	Maret-16	86,48	85,66875	0,009381
4	April-16	84,86	82,4925	0,027899
5	Mai-16	79,7	81,40313	0,021369
6	Juni-16	79,73	81,40313	0,020985
7	Juli-16	78,8	76,575	0,028236
8	Agustus-16	76,29	77,0325	0,009733
9	September-16	75,86	77,0325	0,015456
10	Oktober-16	80,38	81,1764	0,009908
11	November-16	82,37	81,075	0,015722
12	Desember-16	85,96	86,39063	0,00501
13	Januari-17	89,21	85,66875	0,028809
14	Februari-17	85,89	86,39063	0,005829
15	Maret-17	88,16	85,66875	0,028258
16	April-17	85,28	82,4925	0,032686
17	Mai-17	82,67	82,86	0,002298
18	Juni-17	82,37	81,075	0,015722
19	Juli-17	76,5	73,725	0,036275
20	Agustus-17	71,7	75,0375	0,046548
21	September-17	73,54	75,9125	0,032261
22	Oktober-17	76,27	77,0325	0,009997
23	November-17	83,38	82,86	0,006237
24	Desember-17	86,68	85,66875	0,011666
25	Januari-18	86,48	85,66875	0,009381
26	Februari-18	86,69	85,66875	0,01178
27	Maret-18	84,35	84,225	0,001482

t	Bulan	Kelembapan Udara (X_t)	Prediksi (F_t)	$\left \frac{X_t - F_t}{X_t} \right $
28	April-18	80,83	80,2875	0,006712
29	Mai-18	80,35	81,1764	0,010285
30	Juni-18	82,76	82,86	0,001208
31	Juli-18	78,67	76,575	0,02663
32	Agustus-18	70,87	75,775	0,069211
33	September-18	73,83	75,9125	0,028207
34	Oktober-18	72,22	75,0375	0,039013
35	November-18	80,3	81,1764	0,010914
36	Desember-18	84,96	82,4925	0,029043
37	Januari-19	83,64	82,86	0,009326
38	Februari-19	81,42	80,2875	0,013909
39	Maret-19	82,36	81,075	0,015602
40	April-19	80,4	81,1764	0,009657
41	Mai-19	76,83	73,725	0,040414
42	Juni-19	77,06	73,725	0,043278
43	Juli-19	72,48	75,0375	0,035286
44	Agustus-19	69,25	74,775	0,079783
45	September-19	78,24	76,575	0,021281
46	Oktober-19	70,2	74,775	0,065171
47	November-19	74,84	75,9125	0,014331
48	Desember-19	79,84	81,40313	0,019578
49	Januari-20	83,17	82,86	0,003727
50	Februari-20	86	86,39063	0,004542
51	Maret-20	80,25	81,1764	0,011544
52	April-20	79,43	76,575	0,035944
53	Mai-20	78,42	76,575	0,023527
54	Juni-20	75,92	77,0325	0,014654
55	Juli-20	76,3	77,0325	0,0096
56	Agustus-20	71	74,775	0,053169

t	Bulan	Kelembapan Udara (X_t)	Prediksi (F_t)	$\left \frac{X_t - F_t}{X_t} \right $
57	September-20	72,3	75,0375	0,042187
58	Oktober-20	72,14	75,0375	0,040165
59	November-20	77,96	76,575	0,017766
60	Desember-20	86,23	86,39063	0,001863
61	Januari-21	87,44	85,93125	0,017255
62	Februari-21	85,08	82,4925	0,030413
63	Maret-21	85,35	82,4925	0,03348
64	April-21	81,32	80,2875	0,012697
65	Mai-21	78,24	76,575	0,021281
66	Juni-21	79,51	81,40313	0,02381
67	Juli-21	83,76	84,225	0,005552
MAPE				2,105014%

Sumber: Data diolah tahun 2021.

Lampiran 6. Fuzzyfikasi dan *Fuzzy Logic Relationship* (FLR)

t	Bulan	Kelembapan rata-rata	Fuzzyfikasi	relasi
1	Januari-16	83,84	A ₅	-
2	Februari-16	87,6	A ₇	A ₅ → A ₇
3	Maret-16	86,48	A ₆	A ₇ → A ₆
4	April-16	84,86	A ₆	A ₆ → A ₆
5	Mai-16	79,7	A ₄	A ₆ → A ₄
6	Juni-16	79,73	A ₄	A ₄ → A ₄
7	Juli-16	78,8	A ₄	A ₄ → A ₄
8	Agustus-16	76,29	A ₃	A ₄ → A ₃
9	September-16	75,86	A ₃	A ₃ → A ₃
10	Oktober-16	80,38	A ₄	A ₃ → A ₄
11	November-16	82,37	A ₅	A ₄ → A ₅
12	Desember-16	85,96	A ₆	A ₅ → A ₆
13	Januari-17	89,21	A ₇	A ₆ → A ₇
14	Februari-17	85,89	A ₆	A ₇ → A ₆
15	Maret-17	88,16	A ₇	A ₆ → A ₇
16	April-17	85,28	A ₆	A ₇ → A ₆
17	Mai-17	82,67	A ₅	A ₆ → A ₅
18	Juni-17	82,37	A ₅	A ₅ → A ₅
19	Juli-17	76,5	A ₃	A ₅ → A ₃
20	Agustus-17	71,7	A ₁	A ₃ → A ₁
21	September-17	73,54	A ₂	A ₁ → A ₂
22	Oktober-17	76,27	A ₃	A ₂ → A ₃
23	November-17	83,38	A ₅	A ₃ → A ₅
24	Desember-17	86,68	A ₆	A ₅ → A ₆
25	Januari-18	86,48	A ₆	A ₆ → A ₆
26	Februari-18	86,69	A ₆	A ₆ → A ₆
27	Maret-18	84,35	A ₆	A ₆ → A ₆
28	April-18	80,83	A ₄	A ₆ → A ₄
29	Mai-18	80,35	A ₄	A ₄ → A ₄
30	Juni-18	82,76	A ₅	A ₄ → A ₅
31	Juli-18	78,67	A ₄	A ₅ → A ₄
32	Agustus-18	70,87	A ₁	A ₄ → A ₁

t	Bulan	Kelembapan rata-rata	Fuzzyfikasi	relasi
33	September-18	73,83	A_2	$A_1 \rightarrow A_2$
34	Oktober-18	72,22	A_2	$A_2 \rightarrow A_2$
35	November-18	80,3	A_4	$A_2 \rightarrow A_4$
36	Desember-18	84,96	A_6	$A_4 \rightarrow A_6$
37	Januari-19	83,64	A_5	$A_6 \rightarrow A_5$
38	Februari-19	81,42	A_5	$A_5 \rightarrow A_5$
39	Maret-19	82,36	A_5	$A_5 \rightarrow A_5$
40	April-19	80,4	A_4	$A_5 \rightarrow A_4$
41	Mai-19	76,83	A_3	$A_4 \rightarrow A_3$
42	Juni-19	77,06	A_3	$A_3 \rightarrow A_3$
43	Juli-19	72,48	A_2	$A_3 \rightarrow A_2$
44	Agustus-19	69,25	A_1	$A_2 \rightarrow A_1$
45	September-19	78,24	A_4	$A_1 \rightarrow A_4$
46	Oktober-19	70,2	A_1	$A_4 \rightarrow A_1$
47	November-19	74,84	A_2	$A_1 \rightarrow A_2$
48	Desember-19	79,84	A_4	$A_2 \rightarrow A_4$
49	Januari-20	83,17	A_5	$A_4 \rightarrow A_5$
50	Februari-20	86	A_6	$A_5 \rightarrow A_6$
51	Maret-20	80,25	A_4	$A_6 \rightarrow A_4$
52	April-20	79,43	A_4	$A_4 \rightarrow A_4$
53	Mai-20	78,42	A_4	$A_4 \rightarrow A_4$
54	Juni-20	75,92	A_3	$A_4 \rightarrow A_3$
55	Juli-20	76,3	A_3	$A_3 \rightarrow A_3$
56	Agustus-20	71	A_1	$A_3 \rightarrow A_1$
57	September-20	72,3	A_2	$A_1 \rightarrow A_2$
58	Oktober-20	72,14	A_2	$A_2 \rightarrow A_2$
59	November-20	77,96	A_3	$A_2 \rightarrow A_3$
60	Desember-20	86,23	A_6	$A_3 \rightarrow A_6$
61	Januari-21	87,44	A_7	$A_6 \rightarrow A_7$
62	Februari-21	85,08	A_6	$A_7 \rightarrow A_6$
63	Maret-21	85,35	A_6	$A_6 \rightarrow A_6$
64	April-21	81,32	A_5	$A_6 \rightarrow A_5$
65	Mai-21	78,24	A_4	$A_5 \rightarrow A_4$

t	Bulan	Kelembapan rata-rata	Fuzzyfikasi	relasi
66	Juni-21	79,51	A_4	$A_4 \rightarrow A_4$
67	Juli-21	83,76	A_5	$A_4 \rightarrow A_5$

Sumber : Data diolah tahun 2021.

Lampiran 7. Nilai prediksi dari data aktual pada metode Chen dengan menggunakan Algoritma REA beserta nilai MAPE-nya

t	Bulan	Kelembapan Udara (X_t)	Prediksi (F_t)	$\left \frac{X_t - F_t}{X_t} \right $
1	Januari-16	83,84	-	-
2	Februari-16	87,6	85,5	0,023973
3	Maret-16	86,48	84	0,028677
4	April-16	84,86	84	0,010134
5	Mai-16	79,7	78,9	0,010038
6	Juni-16	79,73	78,9	0,01041
7	Juli-16	78,8	78,9	0,001269
8	Agustus-16	76,29	78	0,022414
9	September-16	75,86	78	0,02821
10	Oktober-16	80,38	78,9	0,018413
11	November-16	82,37	82,5	0,001578
12	Desember-16	85,96	84	0,022801
13	Januari-17	89,21	85,5	0,030722
14	Februari-17	85,89	84	0,022005
15	Maret-17	88,16	85,5	0,030172
16	April-17	85,28	84	0,015009
17	Mai-17	82,67	82,5	0,002056
18	Juni-17	82,37	82,5	0,001578
19	Juli-17	76,5	78	0,019608
20	Agustus-17	71,7	76,5	0,066946
21	September-17	73,54	75	0,019853
22	Oktober-17	76,27	78	0,022683
23	November-17	83,38	78,9	0,05373
24	Desember-17	86,68	84	0,030918
25	Januari-18	86,48	84	0,028677
26	Februari-18	86,69	84	0,03103
27	Maret-18	84,35	84	0,004149

28	April-18	80,83	78,9	0,023877
29	Mai-18	80,35	78,9	0,018046
30	Juni-18	82,76	82,5	0,003142
31	Juli-18	78,67	78,9	0,002924
32	Agustus-18	70,87	76,5	0,079441
33	September-18	73,83	75	0,015847
34	Oktober-18	72,22	75	0,038493
35	November-18	80,3	78,9	0,017435
36	Desember-18	84,96	84	0,011299
37	Januari-19	83,64	82,5	0,01363
38	Februari-19	81,42	82,5	0,013265
39	Maret-19	82,36	82,5	0,0017
40	April-19	80,4	78,9	0,018657
41	Mai-19	76,83	78	0,015228
42	Juni-19	77,06	78	0,012198
43	Juli-19	72,48	75	0,034768
44	Agustus-19	69,25	76,5	0,104693
45	September-19	78,24	78,9	0,008436
46	Oktober-19	70,2	76,5	0,089744
47	November-19	74,84	75	0,002138
48	Desember-19	79,84	78,9	0,011774
49	Januari-20	83,17	82,5	0,008056
50	Februari-20	86	84	0,023256
51	Maret-20	80,25	78,9	0,016822
52	April-20	79,43	78,9	0,006673
53	Mai-20	78,42	78,9	0,006121
54	Juni-20	75,92	78	0,027397
55	Juli-20	76,3	78	0,02228
56	Agustus-20	71	76,5	0,077465
57	September-20	72,3	75	0,037344
58	Oktober-20	72,14	75	0,039645

59	November-20	77,96	78	0,000513
60	Desember-20	86,23	85,5	0,008466
61	Januari-21	87,44	85,5	0,022187
62	Februari-21	85,08	84	0,012694
63	Maret-21	85,35	84	0,015817
64	April-21	81,32	82,5	0,014511
65	Mai-21	78,24	78,9	0,008436
66	Juni-21	79,51	78,9	0,007672
67	Juli-21	83,76	82,5	0,015043
MAPE				2,109%

Sumber : Data diolah tahun 2021.

Lampiran 8. Fuzzyfikasi dan *Fuzzy Logic Relationship* (FLR)

t	Bulan	Kelembapan rata-rata	Fuzzyfikasi	Relasi
1	Januari-16	83,84	A ₇	-
2	Februari-16	87,6	A ₁₀	A ₇ → A ₁₀
3	Maret-16	86,48	A ₉	A ₁₀ → A ₉
4	April-16	84,86	A ₈	A ₉ → A ₈
5	Mai-16	79,7	A ₅	A ₈ → A ₅
6	Juni-16	79,73	A ₅	A ₅ → A ₅
7	Juli-16	78,8	A ₄	A ₅ → A ₄
8	Agustus-16	76,29	A ₃	A ₄ → A ₃
9	September-16	75,86	A ₃	A ₃ → A ₃
10	Oktober-16	80,38	A ₅	A ₃ → A ₅
11	November-16	82,37	A ₆	A ₅ → A ₆
12	Desember-16	85,96	A ₉	A ₆ → A ₉
13	Januari-17	89,21	A ₁₀	A ₉ → A ₁₀
14	Februari-17	85,89	A ₉	A ₁₀ → A ₉
15	Maret-17	88,16	A ₁₀	A ₉ → A ₁₀
16	April-17	85,28	A ₈	A ₁₀ → A ₈
17	Mai-17	82,67	A ₇	A ₈ → A ₇
18	Juni-17	82,37	A ₆	A ₇ → A ₆
19	Juli-17	76,5	A ₃	A ₆ → A ₃
20	Agustus-17	71,7	A ₁	A ₃ → A ₁
21	September-17	73,54	A ₂	A ₁ → A ₂
22	Oktober-17	76,27	A ₃	A ₂ → A ₃
23	November-17	83,38	A ₇	A ₃ → A ₇
24	Desember-17	86,68	A ₉	A ₇ → A ₉
25	Januari-18	86,48	A ₉	A ₉ → A ₉
26	Februari-18	86,69	A ₉	A ₉ → A ₉
27	Maret-18	84,35	A ₈	A ₉ → A ₈
28	April-18	80,83	A ₅	A ₈ → A ₅
29	Mai-18	80,35	A ₅	A ₅ → A ₅
30	Juni-18	82,76	A ₇	A ₅ → A ₇
31	Juli-18	78,67	A ₄	A ₇ → A ₄
32	Agustus-18	70,87	A ₁	A ₄ → A ₁

t	Bulan	Kelembapan rata-rata	Fuzzyfikasi	Relasi
33	September-18	73,83	A_2	$A_1 \rightarrow A_2$
34	Oktober-18	72,22	A_2	$A_2 \rightarrow A_2$
35	November-18	80,3	A_5	$A_2 \rightarrow A_5$
36	Desember-18	84,96	A_8	$A_5 \rightarrow A_8$
37	Januari-19	83,64	A_7	$A_8 \rightarrow A_7$
38	Februari-19	81,42	A_6	$A_7 \rightarrow A_6$
39	Maret-19	82,36	A_6	$A_6 \rightarrow A_6$
40	April-19	80,4	A_5	$A_6 \rightarrow A_5$
41	Mai-19	76,83	A_3	$A_5 \rightarrow A_3$
42	Juni-19	77,06	A_3	$A_3 \rightarrow A_3$
43	Juli-19	72,48	A_2	$A_3 \rightarrow A_2$
44	Agustus-19	69,25	A_1	$A_2 \rightarrow A_1$
45	September-19	78,24	A_4	$A_1 \rightarrow A_4$
46	Oktober-19	70,2	A_1	$A_4 \rightarrow A_1$
47	November-19	74,84	A_2	$A_1 \rightarrow A_2$
48	Desember-19	79,84	A_5	$A_2 \rightarrow A_5$
49	Januari-20	83,17	A_7	$A_5 \rightarrow A_7$
50	Februari-20	86	A_9	$A_7 \rightarrow A_9$
51	Maret-20	80,25	A_5	$A_9 \rightarrow A_5$
52	April-20	79,43	A_4	$A_5 \rightarrow A_4$
53	Mai-20	78,42	A_4	$A_4 \rightarrow A_4$
54	Juni-20	75,92	A_3	$A_4 \rightarrow A_3$
55	Juli-20	76,3	A_3	$A_3 \rightarrow A_3$
56	Agustus-20	71	A_1	$A_3 \rightarrow A_1$
57	September-20	72,3	A_2	$A_1 \rightarrow A_2$
58	Oktober-20	72,14	A_2	$A_2 \rightarrow A_2$
59	November-20	77,96	A_3	$A_2 \rightarrow A_3$
60	Desember-20	86,23	A_9	$A_3 \rightarrow A_9$
61	Januari-21	87,44	A_{10}	$A_9 \rightarrow A_{10}$
62	Februari-21	85,08	A_8	$A_{10} \rightarrow A_8$
63	Maret-21	85,35	A_8	$A_8 \rightarrow A_8$
64	April-21	81,32	A_6	$A_8 \rightarrow A_6$
65	Mai-21	78,24	A_4	$A_6 \rightarrow A_4$

t	Bulan	Kelembapan rata-rata	Fuzzyfikasi	Relasi
66	Juni-21	79,51	A_5	$A_4 \rightarrow A_5$
67	Juli-21	83,76	A_7	$A_5 \rightarrow A_7$

Sumber : Data diolah tahun 2021.

Lampiran 9. Perbandingan kelembapan udara rata-rata dan prediksi menggunakan FTS Cheng beserta nilai MAPE

t	Bulan	Kelembapan Udara (X_t)	Prediksi (F_t)	$\left \frac{X_t - F_t}{X_t} \right $
1	Januari-16	83,84	83,875	0,00041746
2	Februari-16	87,6	85,5	0,023973
3	Maret-16	86,48	85,96875	0,005912
4	April-16	84,86	82,25	0,030757
5	Mai-16	79,7	81,075	0,017252
6	Juni-16	79,73	81,075	0,016869
7	Juli-16	78,8	75,5	0,041878
8	Agustus-16	76,29	77,083	0,010395
9	September-16	75,86	77,083	0,016122
10	Oktober-16	80,38	81,075	0,008646
11	November-16	82,37	80,7	0,020274
12	Desember-16	85,96	85,96875	0,000102
13	Januari-17	89,21	85,5	0,030722
14	Februari-17	85,89	85,96875	0,000917
15	Maret-17	88,16	85,5	0,030172
16	April-17	85,28	82,25	0,03553
17	Mai-17	82,67	83,875	0,014576
18	Juni-17	82,37	80,75	0,019667
19	Juli-17	76,5	77,083	0,007621
20	Agustus-17	71,7	74,55	0,006276
21	September-17	73,54	75,85	0,031411
22	Oktober-17	76,27	77,083	0,010659
23	November-17	83,38	83,875	0,005937
24	Desember-17	86,68	85,96875	0,008205
25	Januari-18	86,48	85,96875	0,005912
26	Februari-18	86,69	85,96875	0,00832
27	Maret-18	84,35	82,5	0,021932

28	April-18	80,83	81,075	0,003031
29	Mai-18	80,35	81,075	0,009023
30	Juni-18	82,76	83,875	0,013473
31	Juli-18	78,67	75,5	0,040295
32	Agustus-18	70,87	74,55	0,018061
33	September-18	73,83	75,85	0,02736
34	Oktober-18	72,22	75,85	0,050263
35	November-18	80,3	81,075	0,009651
36	Desember-18	84,96	82,25	0,031897
37	Januari-19	83,64	83,875	0,00281
38	Februari-19	81,42	80,7	0,008843
39	Maret-19	82,36	80,7	0,020155
40	April-19	80,4	81,075	0,008396
41	Mai-19	76,83	77,083	0,003293
42	Juni-19	77,06	77,083	0,000298
43	Juli-19	72,48	75,85	0,046496
44	Agustus-19	69,25	74,55	0,041877
45	September-19	78,24	75,5	0,03502
46	Oktober-19	70,2	74,55	0,027778
47	November-19	74,84	75,85	0,013495
48	Desember-19	79,84	81,075	0,015468
49	Januari-20	83,17	83,875	0,008477
50	Februari-20	86	85,96875	0,000363
51	Maret-20	80,25	81,075	0,01028
52	April-20	79,43	75,5	0,049478
53	Mai-20	78,42	75,5	0,037235
54	Juni-20	75,92	77,083	0,015319
55	Juli-20	76,3	77,083	0,010262
56	Agustus-20	71	74,55	0,016197
57	September-20	72,3	75,85	0,053472
58	Oktober-20	72,14	75,85	0,051428

59	November-20	77,96	77,083	0,011249
60	Desember-20	86,23	85,96875	0,00303
61	Januari-21	87,44	85,5	0,022187
62	Februari-21	85,08	82,25	0,033263
63	Maret-21	85,35	82,25	0,036321
64	April-21	81,32	80,7	0,007624
65	Mai-21	78,24	75,5	0,03502
66	Juni-21	79,51	81,075	0,019683
67	Juli-21	83,76	80,7	0,012965
MAPE				2,25%

Sumber : Data diolah tahun 2021.