

---

---

## PERAMALAN MENGGUNAKAN *FUZZY TIME SERIES* CHEN (STUDI KASUS: CURAH HUJAN KOTA SAMARINDA)

<sup>1</sup>Normalita Fauziah, <sup>2</sup>Sri Wahyuningsih, <sup>3</sup>Yuki Novia Nasution<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman Samarinda

<sup>3</sup>Laboratorium Statistika Terapan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman Samarinda

Email : normalitafauziah@gmail.com

### ABSTRAK

Peramalan merupakan metode yang digunakan untuk memprediksi ketidakpastian masa depan sebagai upaya untuk mengambil keputusan yang lebih baik. *Fuzzy time series* merupakan konsep baru yang dikenal dengan istilah kecerdasan buatan yang digunakan untuk meramalkan masalah dimana data historis tersebut dibentuk dalam nilai-nilai linguistik dan menghasilkan peramalan yang lebih akurat. Pada penelitian ini membahas mengenai metode *fuzzy time series* yang dikembangkan oleh Chen (1996) untuk meramalkan curah hujan Kota Samarinda bulan Juni 2016. Dalam *fuzzy time series*, panjang interval telah ditentukan di awal proses. Dalam proses ini panjang interval sangat berpengaruh untuk hasil prediksi. Metode untuk penentuan panjang interval yang efektif adalah dengan metode berbasis rata-rata atau *average based*. Berdasarkan metode *fuzzy time series* Chen dengan penentuan interval berbasis rata-rata, peramalan curah hujan Kota Samarinda berdasarkan data bulan Januari 2011-Mei 2016 diperoleh hasil peramalan untuk bulan Juni 2016 adalah 268 mm. Peramalan curah hujan Kota Samarinda berdasarkan data bulan Januari 2013-Mei 2016 diperoleh hasil peramalan untuk bulan Juni 2016 adalah 287,5 mm. Untuk peramalan curah hujan Kota Samarinda berdasarkan data bulan Januari 2014-Mei 2016 diperoleh hasil peramalan untuk bulan Juni 2016 adalah 300 mm. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh jumlah sampel yang terbaik untuk digunakan pada kasus curah hujan Kota Samarinda adalah sebanyak 29 data yaitu periode Januari 2014-Mei 2016.

**Kata Kunci :** *Average based*, curah hujan, *fuzzy time series*, metode Chen, peramalan

### PENDAHULUAN

Analisis data runtun waktu digunakan untuk melakukan analisis data yang mempertimbangkan pengaruh waktu. Analisis data runtun waktu dapat dilakukan peramalan data beberapa periode ke depan yang sangat membantu dalam menyusun perencanaan ke depan. Metode peramalan kuantitatif dibagi menjadi dua jenis peramalan utama yaitu metode kausal (regresi) dan metode *time series*. Metode *time series* yang telah

berkembang antara lain: *ARIMA*, *Moving Average*, *Exponential Smoothing*, dan *Time Series Regression*. Metode *time series* ini disebut sebagai metode *time series* klasik [4].

Konsep *artificially intelligence* atau kecerdasan buatan adalah alat baru untuk peramalan. Konsep ini terbagi menjadi beberapa metode yakni: *Fuzzy Time Series*, *Neural Network*, dan *Genetic Algorithm*. *Fuzzy Time Series* adalah metode yang diperkenalkan oleh [6] yang merupakan konsep baru untuk peramalan

dengan menggunakan logika *fuzzy* dalam masalah peramalan *time series* yang mampu memberikan penjelasan pada data yang samar dan disajikan dalam nilai-nilai linguistik.

Curah hujan merupakan hujan yang sampai ke permukaan tanah yang diukur berdasarkan volume air hujan per satuan luas. Peramalan banyaknya curah hujan dapat menunjang kegiatan sosial ekonomi di Indonesia yang kemudian hasilnya dapat dijadikan informasi yang berguna bagi berbagai macam aktifitas kehidupan seperti: keselamatan masyarakat, produksi pertanian, perkebunan, perikanan, penerbangan, dan sebagainya [7].

Dalam penelitian ini akan dilakukan peramalan curah hujan Kota Samarinda (dalam mm) menggunakan *fuzzy time series* yang dikembangkan oleh Chen dengan penentuan intervalnya berbasis dengan rata-rata.

Analisis runtun waktu adalah salah satu prosedur statistika yang diterapkan untuk meramalkan struktur probabilistik keadaan yang akan terjadi di masa yang akan datang dalam rangka pengambilan keputusan. Data runtun waktu merupakan serangkaian data pengamatan yang terjadi berdasarkan indeks waktu secara berurutan dengan interval waktu tetap [1].

Peramalan merupakan teknik untuk memperkirakan suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data masa lalu maupun data masa ini [1]. peramalan merupakan alat bantu yang penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien [4].

Konsep logika *fuzzy* atau disebut dengan logika samar pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh dari University of California, Barkeley pada tahun 1965, yang merupakan alternatif dari logika tegas (*crisp logic*). Dalam kamus Oxford, istilah *fuzzy* didefinisikan sebagai *blurred* (kabur atau remang-remang), *imprecisely defined*

(didefinisikan secara tidak presisi), *vague* (tidak jelas). Dalam teori logika *fuzzy*, sistem *fuzzy* tidak dimaksudkan untuk mengacu pada sistem yang tidak jelas atau kabur. Sebaliknya, yang dimaksud dengan sistem *fuzzy* adalah sebuah sistem yang dibangun dengan definisi, cara kerja, dan deskripsi yang jelas berdasar pada teori logika *fuzzy*. Sistem logika *fuzzy* adalah sebuah metodologi “berhitung” dengan variabel kata-kata (*linguistic variable*), sebagai pengganti berhitung dengan bilangan [5].

*Fuzzy time series* adalah sebuah konsep baru yang diusulkan oleh Song dan Chissom berdasarkan teori himpunan *fuzzy* (*fuzzy set*) dan konsep variabel linguistik. *fuzzy time series* merupakan konsep yang dapat digunakan untuk meramalkan masalah di mana data historis tersebut dibentuk dalam nilai-nilai linguistik, dengan kata lain data-data terdahulu dalam *fuzzy time series* adalah data linguistik, sedangkan data terkini sebagai hasilnya berupa angka-angka riil.

Secara kasar himpunan *fuzzy* dapat diartikan sebagai suatu kelas bilangan dengan batasan samar. Jika  $U$  adalah himpunan semesta,  $U = [u_1, u_2, \dots, u_p]$ , maka suatu himpunan *fuzzy*  $A_i$  dari  $U$  dengan fungsi keanggotaan umumnya dinyatakan sebagai berikut:

$$A_i = \mu_{A_i}(u_1)/u_1 + \dots + \mu_{A_i}(u_p)/u_p \quad (1)$$

di mana  $\mu_{A_i}$  adalah fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy*  $A_i$  dan  $\mu_{A_i}(u_i)$  adalah derajat keanggotaan dari  $u_i$  ke  $A_i$ , dimana  $\mu_{A_i}(u_i) \in [0,1]$  dan  $1 \leq i \leq p$ . Nilai derajat keanggotaan dari  $\mu_{A_i}(u_i)$  ditentukan berdasarkan aturan seperti di bawah ini:

Aturan 1 : Jika data historis  $X_t$  termasuk dalam  $u_i$ , maka nilai derajat keanggotaan untuk  $u_i$  adalah 1, dan  $u_{i+1}$  adalah 0,5 dan jika bukan  $u_i$  dan  $u_{i+1}$ , berarti dinyatakan nol.

Aturan 2 : Jika data historis  $X_t$  termasuk dalam  $u_i$ ,  $1 \leq i \leq p$  maka nilai derajat keanggotaan untuk  $u_i$  adalah 1, untuk  $u_{i-1}$  dan  $u_{i+1}$  adalah 0,5 dan jika bukan  $u_i$ ,  $u_{i-1}$  dan  $u_{i+1}$  berarti dinyatakan nol.

Aturan 3 : Jika data historis  $X_t$  termasuk dalam  $u_p$ , maka nilai derajat keanggotaan untuk  $u_p$  adalah 1, untuk  $u_{p-1}$  adalah 0,5 dan jika bukan  $u_p$  dan  $u_{p-1}$ , berarti dinyatakan nol [2].

Langkah-langkah peramalan menggunakan *time series* Chen, adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *universe of discourse* (semesta pembicaraan) data distoris, yaitu:

$$U = [X_{\min} - D_1, X_{\max} + D_2] \quad (2)$$

di mana:

$X_{\min}$  : Data minimum

$X_{\max}$  : Data maksimum

$D_1$  dan  $D_2$  adalah bilangan positif sembarang yang ditentukan oleh peneliti untuk menentukan himpunan semesta dari himpunan data historis.

2. Mendefinisikan himpunan *fuzzy*  $A_i$  dan melakukan fuzzifikasi pada data historis yang diamati. Misal  $A_1, A_2, \dots, A_k$  adalah himpunan *fuzzy* yang mempunyai nilai linguistik dari suatu variabel linguistik, pendefinisian himpunan *fuzzy*  $A_1, A_2, \dots, A_k$  pada semesta pembicaraan  $U$  adalah sebagai berikut:

$$A_1 = 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0/u_p$$

$$A_2 = 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0/u_p$$

$$A_3 = 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0/u_p$$

⋮

$$A_p = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0,5/u_{p-1} + 1/u_p \quad (3)$$

di mana  $u_i$  ( $i=1, 2, \dots, p$ ) adalah elemen dari himpunan semesta ( $U$ ) dan bilangan yang diberi simbol “/” menyatakan derajat keanggotaan  $\mu_{A_i}(u_i)$  terhadap  $A_i$  ( $i=1, 2, \dots, p$ ) yang di mana nilainya ialah 0, 0,5 atau 1.

3. Melakukan dan membuat tabel *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) berdasarkan data historis.

4. Mengklasifikasikan FLR yang telah diperoleh dari tahap ke-3 ke dalam grup-grup sehingga terbentuk *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) dan mengkombinasikan hubungan yang sama.

5. Defuzzifikasi nilai peramalan historis  $X_t$  termasuk dalam Pada metode *fuzzy time series* Chen terdapat beberapa aturan peramalan yang harus diperhatikan, antara lain:

#### Aturan 1

Jika hasil fuzzifikasi pada tahun ke  $t$  adalah  $A_j$  dan terdapat himpunan *fuzzy* yang tidak mempunyai relasi logika *fuzzy*, misal jika  $A_i \rightarrow \emptyset$ , di mana nilai maksimum fungsi keanggotannya dari  $A_i$  berada pada interval  $u_i$  dan nilai tengah  $u_i$  adalah  $m_i$ , maka hasil peramalan  $F_{t+1}$  adalah  $m_i$ .

#### Aturan 2

Jika hasil fuzzifikasi tahun ke  $t$  adalah  $A_i$  dan hanya terdapat satu FLR pada FLRG, misalnya jika  $A_i \rightarrow A_j$  di mana  $A_i$  dan  $A_j$  adalah himpunan *fuzzy* dan nilai maksimum fungsi keanggotaan dari  $A_j$  berada pada interval  $u_j$  dan nilai tengah dari  $u_j$  adalah  $m_j$ , maka hasil peramalan  $F_{t+1}$  adalah  $m_j$ .

#### Aturan 3

Jika hasil fuzzifikasi pada tahun ke  $t$  adalah  $A_j$  dan  $A_j$  memiliki beberapa FLR pada FLRG, misalnya  $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk}$  di mana  $A_i, A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk}$  adalah himpunan *fuzzy* dan nilai maksimum fungsi keanggotaan dari  $A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jp}$  berada pada interval  $u_{j1}, u_{j2}, \dots, u_{jk}$  dan  $m_{j1}, m_{j2}, \dots, m_{jk}$ , maka hasil peramalan  $F_{t+1}$  adalah sebagai berikut:

$$F_{t+1} = \frac{m_{j1} + m_{j2} + \dots + m_{jk}}{k} \quad (4)$$

di mana  $k$  adalah banyaknya jumlah nilai tengah (*midpoint*) dan untuk mencari nilai tengah ( $m_i$ ) pada interval himpunan *fuzzy* dapat digunakan persamaan (5) berikut:

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

Salah satu metode untuk penentuan panjang interval yang efektif adalah dengan metode berbasis rata-rata (*average based*), yang memiliki algoritma sebagai berikut [8]:

1. Menghitung semua nilai absolut selisih antara  $X_{t+1}$  dan  $X_t$  ( $t=1, \dots, n-1$ ) sehingga diperoleh rata-rata nilai selisih absolut seperti berikut:

$$Mean = \frac{\sum_{i=1}^n |X_{t+1} - X_t|}{n} \quad (6)$$

di mana:

$Mean$  : nilai rata-rata

$n$  : jumlah observasi

$X_t$  : data pada waktu ke- $t$

2. Menentukan setengah dari rata-rata yang diperoleh dari langkah pertama untuk kemudian dijadikan sebagai panjang interval dengan persamaan berikut:

$$\ell = \frac{Mean}{2} \quad (7)$$

di mana  $\ell$  adalah panjang interval

3. Berdasarkan panjang interval yang diperoleh dari langkah kedua, ditentukan basis dari panjang interval sesuai dengan tabulasi basis. Tabel 1 menjelaskan tentang panjang jangkauan dan basisnya, lebih jelasnya ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

**Tabel 1.** Tabel Berbasis Interval

Jangkauan	Basis
0,1-1,0	0,1
1,1-10	1
11-100	10
101-1000	100

4. Panjang interval kemudian dibulatkan sesuai dengan tabel basis interval.
5. Kemudian menentukan jumlah interval (bilangan *fuzzy*), dihitung dengan persamaan berikut:

$$p = \frac{(X_{max} + D_2 - X_{min} - D_1)}{\ell} \quad (8)$$

di mana  $p$  adalah jumlah kelas

Suatu model deret waktu dikatakan baik apabila telah sesuai dengan kenyataan. Dengan kata lain, apabila kesalahan (*error*) model semakin kecil maka model bisa dikatakan baik. Ketepatan model peramalan dapat dihitung dengan menggunakan *Root*

*Mean of Squared Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE) untuk mengukur ketepatan model peramalan tersebut [4].

1. *Root Mean of Squared Error* (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (9)$$

di mana:

$e_t = X_t - F_t$  = kesalahan pada periode ke- $t$

$X_t$  = nilai data historis pada periode ke- $t$

$F_t$  = nilai ramalan pada periode ke- $t$

$n$  = banyaknya pengamatan

2. *Mean Absolute Error* (MAE)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (10)$$

di mana:

$e_t = X_t - F_t$  = kesalahan pada periode ke- $t$

$X_t$  = nilai data historis pada periode ke- $t$

$F_t$  = nilai ramalan pada periode ke- $t$

$n$  = banyaknya pengamatan

## METODE PENELITIAN

### Sumber Data dan Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, data yang digunakan data sekunder yang diperoleh dari dari rekapitulasi data di Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Bandara Temindung, Kota Samarinda. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh data curah hujan Kota Samarinda (mm), sedangkan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan Kota Samarinda (dalam mm) dari bulan Januari 2011 sampai dengan Mei 2016. Di mana sebagai variasi sampel maka dilakukan pemisahan atau pembagian sampel menjadi tiga sampel yang di mana sampel pertama yaitu data curah hujan Kota Samarinda dari bulan Januari 2011 sampai dengan Mei 2016 sebanyak 65 data, sampel kedua yaitu data curah hujan

Kota Samarinda dari bulan Januari 2014 sampai dengan Mei 2016 sebanyak 41 data, dan sampel ketiga yaitu data curah hujan Kota Samarinda dari bulan Januari 2014 sampai dengan Mei 2016 sebanyak 29 data.

**Metode Analisis**

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan *fuzzy time series* Chen dengan penentuan interval berbasis rata-rata, adapun langkah-langkah dalam analisis data sebagai berikut:

1. Analisis Statistika Deskriptif  
 Analisis statistika deskriptif adalah statistik yang berfungsi untuk mendeskripsikan atau memberi gambaran terhadap objek yang diteliti melalui data sampel atau populasi sebagaimana adanya, tanpa melakukan analisis dan membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum.
2. Metode *Fuzzy Time Series* Chen dengan Penentuan Interval Berbasis Rata-rata  
 Adapun langkah-langkah peramalan menggunakan *time series* Chen dengan penentuan interval berbasis rata-rata adalah sebagai berikut:
  - a. Menentukan semesta pembicaraan  $U$  (*Universe of Discourse*).
  - b. Menentukan panjang interval yang efektif menggunakan metode berbasis rata-rata (*average based*) dan bagi ke dalam beberapa interval yang memiliki interval yang sama.
  - c. Menentukan nilai linguistik yang difuzzifikasi dan mendefinisikan himpunan *fuzzy* pada  $U$ .
  - d. Melakukan fuzzifikasi pada data curah hujan Kota Samarinda.
  - e. Mengklasifikasikan FLR yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya ke dalam kelompok-kelompok sehingga terbentuk *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG).

- f. Melakukan proses defuzzifikasi dan melakukan perhitungan peramalan curah hujan Kota Samarinda bulan Juni 2016 berdasarkan aturan-aturan peramalan.
- g. Menghitung nilai *error* menggunakan RMSE dan MAE untuk pengukuran ketepatan hasil ramalan.

**HASIL PENELITIAN**

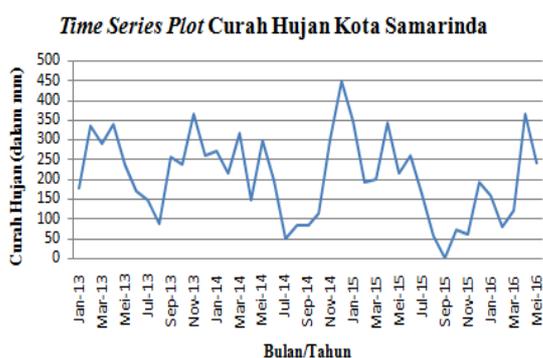
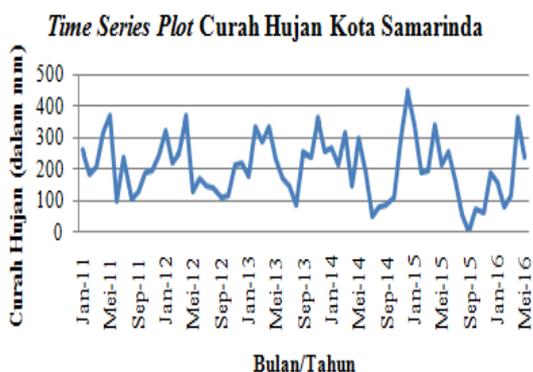
**Analisis Statistika Deskriptif**

Analisis ini dilakukan dengan melihat ukuran pemusatan, ukuran penyebaran, serta melihat secara visual dalam bentuk *plot* deret waktu. Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa curah hujan terendah Kota Samarinda dari ketiga data adalah sebesar 0 mm sedangkan curah hujan tertinggi untuk ketiga periode data tersebut adalah sebesar 447,8 mm. Rata-rata data curah hujan Kota Samarinda bulan Januari 2011-Mei 2016 adalah sebesar 207,1 mm dengan deviasi standar sebesar 97,4 mm. Rata-rata data curah hujan bulan Januari 2014-Mei 2016 adalah sebesar 206,8 mm dengan deviasi standar sebesar 106,6 mm. Sedangkan rata-rata data curah hujan bulan Januari 2014-Mei 2016 adalah sebesar 192,5 mm dengan deviasi standar sebesar 112,6 mm

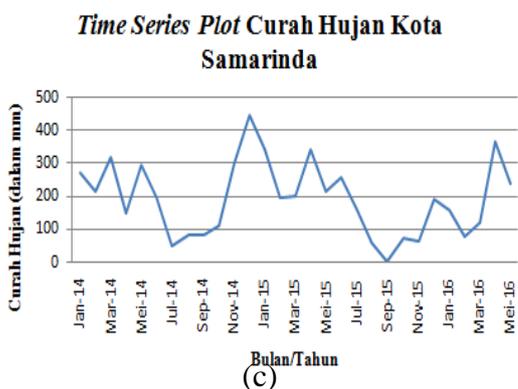
**Tabel 2.** Deskripsi Data Curah Hujan Kota Samarinda (dalam mm)

Data	Min	Max	Mean	Std. Deviaton
Januari 2011-Mei 2016	0	447,8	207,1	97,4
Januari 2013-Mei 2016	0	447,8	206,8	106,6
Januari 2014-Mei 2016	0	447,8	192,5	112,6

(a)



(b)



(c)

**Gambar 1.** plot deret waktu curah hujan Kota Samarinda (a) bulan Januari 2011-Juni 2016 ; (b) bulan Januari 2013-Juni 2016 ; (c) bulan Januari 2014-Juni 2016.

Plot time series pada Gambar 1 menunjukkan bahwa gerakan yang tidak tertentu atau pada data curah hujan tersebut tidak menunjukkan pola tertentu. Hal ini dapat disebabkan faktor-faktor yang tidak terduga seperti halnya, arah angin, kelembapan, tekanan udara, dan sebagainya. Dari Gambar 1 dapat dilihat pula bahwa curah hujan Kota Samarinda paling rendah terjadi pada bulan September 2015 yaitu sebesar 0 mm.

Sebaliknya curah hujan Kota Samarinda paling tinggi terjadi pada bulan Desember 2014 yaitu sebesar 447,8 mm.

**Fuzzy Time Series Chen dengan Penentuan Interval Berbasis Rata-rata Curah Hujan Kota Samarinda Bulan Januari 2011-Mei 2016**

1. Semesta Pembicaraan  $U$  (Universe of Discourse)

Setelah mengurutkan data historis curah hujan maka didapat nilai minimum dan maksimum dari data tersebut yakni  $X_{min}=0$  mm dan  $X_{max}=447,8$  mm. Berdasarkan persamaan (2) di mana  $D_1$  dan  $D_2$  merupakan bilangan positif sembarang, maka penulis menentukan nilai  $D_1=0$  dan  $D_2=72,2$ , maka:

$$U = [0 - 0, 447,8 + 72,2] = [0, 520]$$

maka, semesta pembicaraan  $U = [0,520]$

2. Panjang Interval Berbasis Rata-rata (Average Based)

**Tabel 3.** Selisih Data Historis

No.	Bulan	Curah Hujan ( $X_t$ )	Selisih (lag) $ X_{t+1}-X_t $
1	Januari 2011	261,9	77
2	Februari 2011	184,9	26
3	Maret 2011	210,9	108,3
4	April 2011	319,2	55,9
5	Mei 2011	375,1	277,7
6	Juni 2011	97,4	143,2
⋮	⋮	⋮	⋮
64	April 2016	366,6	127,3
65	Mei 2016	239,3	
Jumlah			5.463

Berdasarkan panjang interval berbasis rata-rata pada data curah hujan Kota Samarinda, diperoleh 40 sebagai panjang interval efektif. Dengan himpunan semesta yang diperoleh yaitu  $U=[0,520]$ . Himpunan semesta  $U$  akan dibagi menjadi beberapa interval dengan panjang interval sama dengan 40, sehingga diperoleh jumlah interval sebanyak 13.

3. Nilai Linguistik dan Himpunan Fuzzy

**Tabel 4.** Nilai Linguistik dan Fuzzifikasi

Fuzzifikasi	Nilai Linguistik
A <sub>1</sub>	Terendah
A <sub>2</sub>	Sangat-sangat rendah
A <sub>3</sub>	Sangat rendah
A <sub>4</sub>	Cukup rendah
A <sub>5</sub>	Sedikit rendah
A <sub>6</sub>	Rendah
A <sub>7</sub>	Menengah
A <sub>8</sub>	Tinggi
A <sub>9</sub>	Sedikit Tinggi
A <sub>10</sub>	Cukup tinggi
A <sub>11</sub>	Sangat tinggi
A <sub>12</sub>	Sangat-sangat tinggi
A <sub>13</sub>	Tertinggi

Himpunan *fuzzy* yang terdefinisi berdasarkan persamaan (3):

$$A_1 = 1/u_1 + 0,5/u_2 + \dots + 0/u_{12} + 0/u_{13}$$

$$A_2 = 0,5/u_1 + 1/u_2 + \dots + 0/u_{12} + 0/u_{13}$$

$$A_3 = 0/u_1 + 0,5/u_2 + \dots + 0/u_{12} + 0/u_{13}$$

$$A_4 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + \dots + 0/u_{12} + 0/u_{13}$$

⋮

$$A_{12} = 0/u_1 + \dots + 0,5/u_{11} + 1/u_{12} + 0,5/u_{13}$$

$$A_{13} = 0/u_1 + \dots + 0/u_{11} + 0,5/u_{12} + 1/u_{13}$$

#### 4. Fuzifikasi

Tahap fuzzifikasi berdasarkan interval efektif yang diperoleh dapat ditentukan nilai linguistik sesuai dengan banyaknya interval yang terbentuk. Hasil fuzzifikasi data curah hujan Kota Samarinda yang dinotasikan ke dalam bilangan linguistik dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Fuzzifikasi

No.	Bulan	Curah Hujan	Fuzzifikasi
1	Januari 2011	261,9	A <sub>7</sub>
2	Februari 2011	184,9	A <sub>5</sub>
3	Maret 2011	210,9	A <sub>6</sub>
4	April 2011	319,2	A <sub>8</sub>
5	Mei 2011	375,1	A <sub>10</sub>
6	Juni 2011	97,4	A <sub>3</sub>
7	Juli 2011	240,6	A <sub>7</sub>
8	Agustus 2011	106,1	A <sub>3</sub>
9	September 2011	131,6	A <sub>4</sub>
10	Oktober 2011	190,5	A <sub>5</sub>
⋮	⋮	⋮	⋮
64	April 2016	366,6	A <sub>10</sub>
65	Mei 2016	239,3	A <sub>6</sub>

#### 5. Proses *Fuzzy Logical Relationship* (FLR)

FLR yang terbentuk memperhatikan hubungan *fuzzy* A<sub>i</sub> dari bulan ke bulan untuk 1 ≤ i ≤ 13.

**Tabel 6.** FLR

Deret Waktu	FLR
Januari 2011 → Februari 2011	A <sub>7</sub> → A <sub>5</sub>
Februari 2011 → Maret 2011	A <sub>5</sub> → A <sub>6</sub>
Maret 2011 → April 2011	A <sub>6</sub> → A <sub>8</sub>
April 2011 → Mei 2011	A <sub>8</sub> → A <sub>10</sub>
Mei 2011 → Juni 2011	A <sub>10</sub> → A <sub>3</sub>
Juni 2011 → Juli 2011	A <sub>3</sub> → A <sub>7</sub>
Juli 2011 → Agustus 2011	A <sub>7</sub> → A <sub>3</sub>
Agustus 2011 → September 2011	A <sub>3</sub> → A <sub>4</sub>
September 2011 → Oktober 2011	A <sub>4</sub> → A <sub>5</sub>
Oktober 2011 → November 2011	A <sub>5</sub> → A <sub>5</sub>
November 2011 → Desember 2011	A <sub>5</sub> → A <sub>7</sub>
Desember 2011 → Januari 2012	A <sub>7</sub> → A <sub>9</sub>
Januari 2012 → Februari 2011	A <sub>9</sub> → A <sub>6</sub>
⋮	⋮
Februari 2016 → Maret 2016	A <sub>2</sub> → A <sub>3</sub>
Maret 2016 → April 2016	A <sub>3</sub> → A <sub>10</sub>
April 2016 → Mei 2016	A <sub>10</sub> → A <sub>6</sub>

#### 6. Membentuk *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG)

FLRG dilakukan dengan cara mengelompokkan himpunan *fuzzy* yang memiliki *current state* sama lalu dikelompokkan menjadi satu grup pada *next state* berdasarkan Tabel 6.

**Tabel 7.** FLRG

Grup	Relasi Logika <i>Fuzzy</i>
1	A <sub>1</sub> → A <sub>2</sub>
2	A <sub>2</sub> → A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> , A <sub>5</sub>
3	A <sub>3</sub> → A <sub>3</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>10</sub>
4	A <sub>4</sub> → A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>8</sub>
5	A <sub>5</sub> → A <sub>2</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>9</sub>
6	A <sub>6</sub> → A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>10</sub>
7	A <sub>7</sub> → A <sub>3</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>10</sub>
8	A <sub>8</sub> → A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>12</sub>
9	A <sub>9</sub> → A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>8</sub>
10	A <sub>10</sub> → A <sub>3</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub>
11	A <sub>11</sub> → ∅
12	A <sub>12</sub> → A <sub>9</sub>
13	A <sub>13</sub> → ∅

#### 7. Proses Defuzzifikasi Nilai Peramalan

Ada dua tahap dalam proses defuzzifikasi yaitu pertama, mencari nilai tengah setiap interval berdasarkan persamaan (5) dan kedua, menghitung nilai peramalan berdasarkan 3 aturan defuzzifikasi. Maka, diperoleh hasil defuzzifikasi dari FLRG pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Hasil Defuzzifikasi FLRG

Peramalan Curah Hujan (mm)		
A <sub>1</sub>	→	60
A <sub>2</sub>	→	90
A <sub>3</sub>	→	233,3
A <sub>4</sub>	→	156
A <sub>5</sub>	→	200
A <sub>6</sub>	→	268
A <sub>7</sub>	→	246,7
A <sub>8</sub>	→	300
A <sub>9</sub>	→	233,3
A <sub>10</sub>	→	180
A <sub>11</sub>	→	420
A <sub>12</sub>	→	340
A <sub>13</sub>	→	500

Hasil peramalan curah hujan Kota Samarinda dari bulan Februari 2011 sampai dengan Juni 2016 dapat dilihat pada Tabel 9 seperti berikut:

**Tabel 9.** Data Curah Hujan dan Peramalan

Bulan	Data	Fuzzifikasi	Peramalan (mm)
Januari 2011	261,9	A <sub>7</sub>	246,7
Februari 2011	184,9	A <sub>5</sub>	200
Maret 2011	210,9	A <sub>6</sub>	268
April 2011	319,2	A <sub>8</sub>	300
Mei 2011	375,1	A <sub>10</sub>	180
Juni 2011	97,4	A <sub>3</sub>	180
Juli 2011	240,6	A <sub>7</sub>	233,3
⋮	⋮	⋮	⋮
Mei 2016	239,3	A <sub>6</sub>	180
Juni 2016	-	-	268

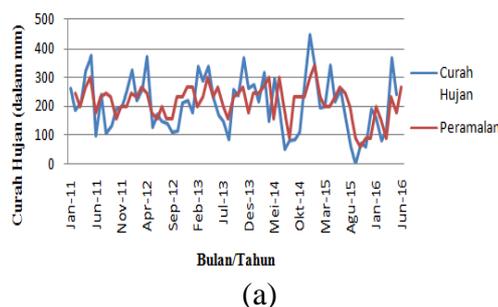
Karena proses peramalan untuk bulan Juni 2016 menggunakan tiga jumlah sampel yang berbeda maka perbandingan dari ketiga sampel tersebut ditampilkan pada Tabel 10 seperti berikut:

**Tabel 10.** Perbandingan Hasil Peramalan

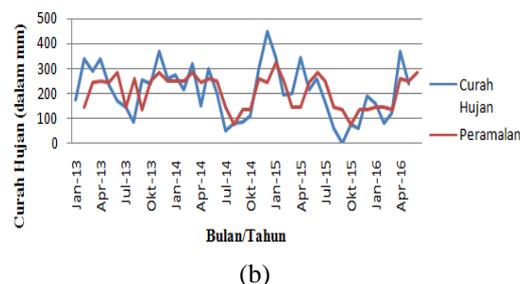
Data atau Jumlah Data	Peramalan (mm)
Januari 2011-Mei 2016 (65 data)	268
Januari 2013-Mei 2016 (41 data)	287,5
Januari 2014-Mei 2016 (29 data)	300

*Plot* data historis dan data hasil peramalan curah hujan Kota Samarinda menggunakan *Microsoft Excel*.

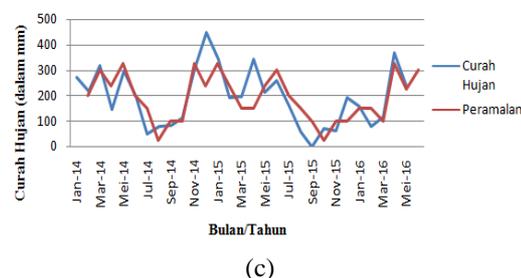
**Time Series Plot Curah Hujan dan Peramalan Kota Samarinda**



**Time Series Plot Curah Hujan dan Peramalan Kota Samarinda**



**Time Series Plot Curah Hujan dan Peramalan Kota Samarinda**



**Gambar 2.** *Plot* data historis dan hasil peramalan curah hujan Kota Samarinda (a) bulan Januari 2011-Juni 2016 ; (b) bulan Januari 2013-Juni 2016 ; (c) bulan Januari 2014-Juni 2016.

Berdasarkan pada Gambar 2 dapat dibandingkan data historis dengan data hasil peramalan curah hujan Kota Samarinda. Bentuk *plot* hasil peramalan tiap periode untuk Gambar 2(b) memiliki nilai yang jauh berbeda dengan data historisnya sedangkan pada Gambar 2(a) dan Gambar 2(c) bentuk *plot* hasil peramalan tiap periode memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dengan data historisnya.

### Pengukuran Ketepatan Hasil Peramalan

Perhitungan nilai *error* menggunakan *Root Mean of Squared Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE) menggunakan persamaan 9 dan persamaan 10 yang disajikan dalam Tabel 11.

**Tabel 11.** Nilai Ketepatan Peramalan

Data atau Jumlah Data	RMSE	MAE
Januari 2011-Mei 2016 (65 data)	79,96	64,7
Januari 2013-Mei 2016 (41 data)	84,91	64,4
Januari 2014-Mei 2016 (29 data)	73,68	53,9

Berdasarkan Tabel 11 dapat disimpulkan bahwa untuk peramalan curah hujan Kota Samarinda pada kasus ini lebih baik menggunakan data dari bulan Januari 2014 sampai dengan Mei 2016 yakni sebanyak 29 data dikarenakan menghasilkan nilai RMSE dan MAE yang paling kecil apabila dibandingkan dengan menggunakan data dari bulan Januari 2011 sampai dengan Mei 2016 dan dari bulan Januari 2013 sampai dengan Mei.

### KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Peramalan curah hujan Kota Samarinda menggunakan *fuzzy time series* Chen dengan penentuan interval berbasis rata-rata berdasarkan data curah hujan Kota Samarinda bulan Januari 2011-Mei 2016 diperoleh hasil peramalan untuk bulan Juni 2016 adalah sebesar 268 mm.
2. Peramalan curah hujan Kota Samarinda menggunakan *fuzzy time series* Chen dengan penentuan interval berbasis rata-rata berdasarkan data curah hujan Kota Samarinda bulan Januari 2013-Mei 2016 diperoleh hasil peramalan untuk bulan Juni 2016 adalah sebesar 287,5 mm.
3. Peramalan curah hujan Kota Samarinda menggunakan *fuzzy time*

*series* Chen dengan penentuan interval berbasis rata-rata berdasarkan data curah hujan Kota Samarinda bulan Januari 2014-Mei 2016 diperoleh hasil peramalan untuk bulan Juni 2016 adalah sebesar 300 mm.

4. Berdasarkan penelitian pada kasus ini maka, jumlah sampel yang paling tepat digunakan untuk menghasilkan peramalan curah hujan Kota Samarinda terbaik adalah sebanyak 29 data yaitu data curah hujan Kota Samarinda bulan Januari 2014-Mei 2016 karena menghasilkan nilai *error* atau kesalahan paling kecil dibandingkan menggunakan data dengan jumlah sampel yang lebih banyak.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diucapkan kepada para pembimbing dan pihak-pihak terkait yang telah membantu penulis dalam penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aswi dan Sukarna. 2006. *Analisis Deret Waktu: Teori dan Aplikasi*. Makassar: Andira Publisher.
- [2] Boaisha, S. M., dan S. M. Amatik. 2010. Forecasting Based on Fuzzy Time Series Approach. *Proceeding ACIT*. University of Garyounis.
- [3] Chen, S. M. 1996. Forecasting Enrollments Based on Fuzzy Time Series. *International Journal of Fuzzy Sets and Systems*. Vol. 81: 311-319.
- [4] Makridakis, S., S. C. Wheelwright., dan V. E. McGee. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Jilid 1 Edisi Revisi (terjemahan), Alih Bahasa:

- Hari Suminto. Jakarta: Binarupa Aksara.
- [5] Naba, A. 2009. *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: ANDI.
- [6] Song, Q., dan B. S. Chissom. 1993. Fuzzy Time Series and Its Models. *International Journal of Fuzzy Sets and Systems*. Vol. 54: 269-277.
- [7] Wirjohamidjojo, S., dan Y. S. Swirinoto. 2007. *Praktek Meteorologi Pertanian*. Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika.
- [8] Xihao, S., dan L. Yimin. 2008. Average-Based Fuzzy Time Series Models for Forecasting Shanghai Compound Index. *World Journal of Modelling and Simulation*. Vol. 4: 104-111.