

## **PERBANDINGAN AKURASI PENGGUNAAN METODE FUZZY TIME SERIES MARKOV-CHAIN DAN CHENG PADA PERAMALAN JUMLAH KECELAKAAN LALULINTAS DI KOTA KENDARI**

Milka Biringallo\*, Bahridin Abapihi, Baharuddin, Mukhsar, Agusrawati, Ruslan  
Program studi S1Statistika FMIPA Univeritas Halu Oleo

<sup>1</sup>Email: [milkab662@gmail.com](mailto:milkab662@gmail.com)

### **ABSTRACT**

*The purpose of this study is to compare the method of FTS Markov chain and FTS Cheng based on the mean of absolute percentage error value on forecasting the number of traffic accidents in Kendari City of August-December 2020. The study shows that value of MAPE FTS Markov chain is smaller than the FTS Cheng, which 16,38%. However, when doing forecasting the number of accident on August-December 2020, result of the MAPE method FTS Cheng slightly better than FTS Markov chain is 41,3%. The forecasting number of accidents in Kendari city for the period of August-December 2020 using FTS Cheng in a row is 10, 21, 10,22 and 22 cases and results obtained by using Markov chain FTS method is 10, 19, 10, 28, and 18 cases.*

**Keywords:** *Traffic accident, Forecasting, Automatic Clustering, Fuzzy Time Series-Markov chain, Fuzzy Time Series-Cheng*

### **ABSTRAK**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan metode FTS Markov chain dan FTS Cheng berdasarkan nilai Mean Absolute Percentage Error dalam meramalkan jumlah kecelakaan lalu lintas di Kota Kendari periode Agustus-Desember 2020. Hasil penelitian menunjukkan nilai MAPE FTS Markov chain lebih kecil dibandingkan FTS Cheng, hasil MAPE metode FTS Markov chain yaitu 16,38%. Namun, ketika melakukan peramalan jumlah kecelakaan periode Agustus-Desember 2020 hasil MAPE metode FTS Cheng sedikit lebih baik dari pada FTS Markov chain yaitu sebesar 41,3%. Hasil peramalan jumlah kecelakaan di Kota Kendari untuk periode Agustus-Desember 2020 dengan menggunakan FTS Cheng secara berturut-turut ialah 10, 21, 10, 22 dan 22 kasus dan hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode FTS Markov chain ialah 10, 19, 10, 28 dan 18 kasus.

**Kata Kunci:** *Kecelakaan lalu lintas, Peramalan, Automatic Clustering, Fuzzy Time Series-Markov chain, Fuzzy Time Series-Cheng*

### **PENDAHULUAN**

Kecelakaan lalu lintas merupakan masalah yang membutuhkan penanganan serius karena besarnya kerugian yang diakibatkan. Rata-rata jumlah kecelakaan lalu lintas dari tahun 2016 hingga tahun 2020 di Kota Kendari sebanyak 20 kasus setiap bulannya. Hal ini perlu mendapat perhatian serta penanganan yang serius, sehingga Kepolisian Republik Indonesia (Polri) harus mengambil suatu kebijakan dalam menjalankan tugas, fungsi dan peranan Polri dalam memberikan pelayanan kepada masyarakat sebagai representasi atau perpanjangan tangan dari pemerintah. Upaya Polri untuk mengatasi hal tersebut diperlukan peramalan untuk memprediksi jumlah kecelakaan lalu lintas yang akan datang.

Salah satu prosedur statistika yang dapat diterapkan untuk meramalkan struktur probabilistik keadaan yang terjadi di masa yang akan datang ialah analisis runtun waktu (*time series*). Beberapa metode time series yang telah berkembang antara lain: *ARIMA, moving average, exponential smoothing, dan time series regression*. Metode-metode tersebut memiliki kelemahan yaitu membutuhkan banyak data historis dan mensyaratkan asumsi-asumsi tertentu harus dipenuhi seperti datanya harus stasioner, sisaan berdistribusi normal dan sisaan bersifat white noise. Metode yang berkembang

untuk mengatasi kelemahan-kelemahan pada metode peramalan sebelumnya ialah metode *fuzzy time series*.

*Fuzzy Times Series* (FTS) merupakan metode peramalan yang didasarkan pada konsep kecerdasan buatan atau *artificially intelligence* untuk mengolah data aktual yang dibentuk ke dalam nilai-nilai linguistik yang dikenal dengan himpunan *fuzzy*. Metode *fuzzy time series* (FTS) memiliki beberapa metode yang telah dikembangkan, diantaranya ialah metode *fuzzy time series* model Markov chain dan model Cheng. FTS model Markov chain dan model Cheng mempunyai kelebihan mempertimbangkan adanya pengulangan dan pembobotan.

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 *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk mengukur ketepatan model peramalan tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode FTS model Markov chain dan model Cheng berdasarkan nilai *Mean Absoute Percentage Error* (MAPE) dari hasil ramalan data kecelakaan lalu lintas di Kota Kendari periode Agustus sampai Desember 2020.

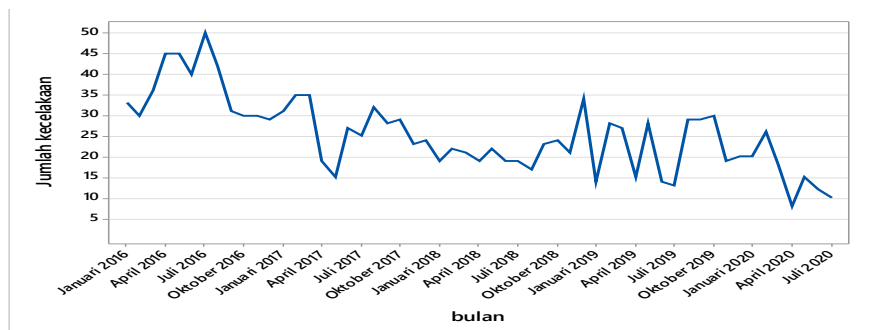
## METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang bersumber dari Polres Kota Kendari. Data yang digunakan yaitu data jumlah kecelakaan lalu lintas Kota Kendari pada bulan Januari 2016 hingga Desember 2020. Data kemudian dibagi menjadi dua, pertama data pada bulan Januari 2016 sampai Juli 2020 digunakan untuk inialisasi dan data pada bulan Agustus sampai Desember 2020 digunakan sebagai data validasi hasil ramalan.

Dari data tersebut akan dilakukan proses peramalan menggunakan metode *fuzzy time series* model Markov chain dan model Cheng. Dari kedua metode tersebut akan dibandingkan nilai MAPE, untuk mengukur tingkat keakurasiannya.

Prosedur penelitian model Markov chain dan Cheng adalah sama hingga tahap pembentukan *fuzzy logical relationship grup* (FLRG) hanya berbeda pada pembentukan matriks pembobot dan perhitungan nilai peramalannya. Adapun langkah-langkah Langkah-langkah penyelesaian masalah pada penelitian ini dibentuk dalam diagram alir seperti berikut (Diagram 1)

Data jumlah kasus kecelakaan lalu lintas Kota Kendari periode Januari 2016 sampai Juli 2020 disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Plot jumlah kecelakaan lalu lintas Kota Kendari menurut bulan (kasus), tahun 2016-2020

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1 menunjukkan bahwa data kecelakaan lalu lintas kota Kendari menunjukkan pola data trend menurun. Kasus kecelakaan terbanyak terjadi pada bulan Juli 2016

sebanyak 50 kasus dan paling sedikit terjadi pada bulan April 2020 sebanyak 8 kasus.

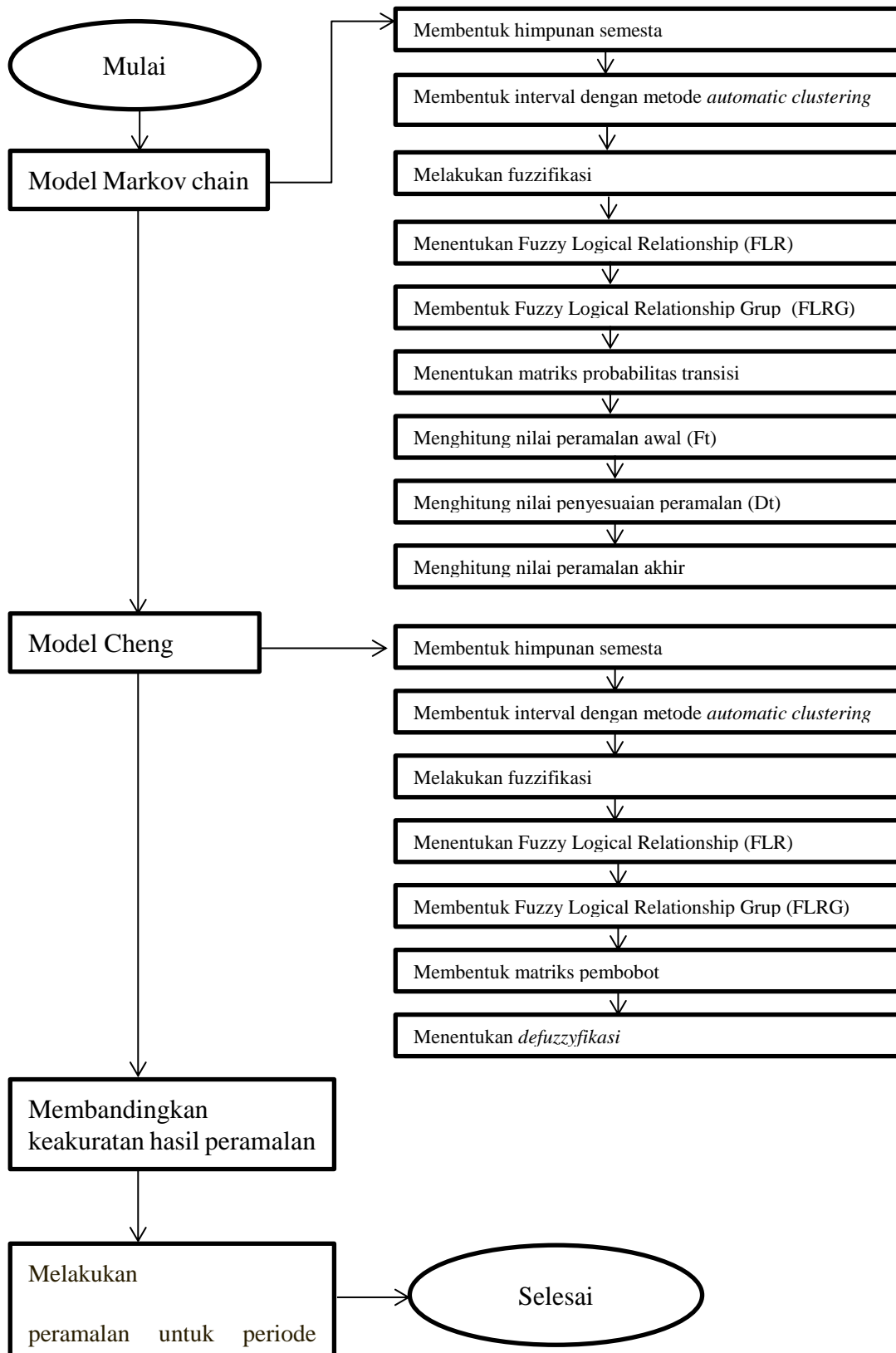
### Analisis Data

#### Analisis Fuzzy Time Series Markov Chain

Peramalan menggunakan metode *fuzzy times series* Markov chain terdiri dari beberapa tahap, diantaranya adalah sebagai berikut.

**Langkah pertama** mendefinisikan semesta pembicaraan U dari data jumlah kecelakaan lalu lintas, dengan menggunakan rumus  $U = [x_{\min}, x_{\max}]$  sehingga diperoleh  $U = [8, 50]$ .

Diagram 1 (Diagram alir penelitian)



**Langkah kedua** membagi semesta pembicaraan  $U$  menjadi beberapa interval menggunakan metode *automatic clustering* :

1. Menyortir data jumlah kasus kecelakaan lalu lintas Kota Kendari periode Januari 2016 sampai Juli 2020, dari data yang paling kecil ke paling besar kemudian dicari rata-rata selisihnya (*average\_diff*) dan diperoleh nilai *average\_diff* nya adalah 1,4.
2. Mengubah data ke dalam bentuk *cluster* (kelompok) berdasarkan prinsip yang ada pada metode *automatic clustering*, diperoleh hasil sebagai berikut:  
 (8) (10) (12 13,14,15) (17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34,35, 36) (40) (42) (45) (50).
3. Menyempurnakan isi *cluster* (kelompok), diperoleh hasil sebagai berikut :  
 (8; 9,4) (8,6;11,4) (12; 15) (17; 36) (38,6; 41,4) (40,6; 43,4) (43,6; 46,4) (48,6; 50).
4. Berdasarkan hasil pada tahapan ketiga selanjutnya adalah mengubah *cluster* menjadi interval dan disajikan pada Tabel 1.
5. Membagi setiap interval menjadi  $p$  sub-interval. Semakin besar nilai  $p$  maka semakin akurat hasil peramalannya. Dalam penelitian ini diambil nilai  $p = 2$ , sehingga diperoleh interval baru sekaligus *mid point* dan disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 1.** Interval awal

| Kelompok | Interval      |
|----------|---------------|
| 1        | [8 ; 9,4]     |
| 2        | [9,4 ; 11,4]  |
| 3        | [11,4; 12     |
| 4        | [12 ; 15]     |
| 5        | [15 ; 17]     |
| 6        | [17 ; 36]     |
| 7        | [36 ; 38,6]   |
| 8        | [38,6 ; 41,4] |
| 9        | [41,4 ; 43,4] |
| 10       | [43,4 ; 43,6] |
| 11       | [43,6 ; 46,4] |
| 12       | [46,4 ; 48,6] |
| 13       | [48,6 ; 50]   |

**Tabel 2.** Interval himpunan semesta

| KLP | Interval      | Nilai Tengah (m) | KLP | Interval      | Nilai Tengah (m) |
|-----|---------------|------------------|-----|---------------|------------------|
| 1   | [8 ; 8,7]     | 8,35             | 14  | [37,3 ; 38,6] | 37,95            |
| 2   | [8,7 ; 9,4]   | 9,05             | 15  | [38,6 ; 40]   | 39,3             |
| 3   | [9,4 ; 10,4]  | 9,9              | 16  | [40 ; 41,4]   | 40,7             |
| 4   | [10,4 ; 11,4] | 10,9             | 17  | [41,4 ; 42,4] | 41,9             |
| 5   | [11,4 ; 11,7] | 11,55            | 18  | [42,4 ; 43,4] | 42,9             |
| 6   | [11,7 ; 12]   | 11,85            | 19  | [43,4 ; 43,5] | 43,45            |
| 7   | [12 ; 13,5]   | 12,75            | 20  | [43,5 ; 43,6] | 43,55            |
| 8   | [13,5 ; 15]   | 14,25            | 21  | [43,6 ; 45]   | 44,3             |
| 9   | [15; 16]      | 15,5             | 22  | [45 ; 46,4]   | 45,7             |
| 10  | [16; 17]      | 16,5             | 23  | [46,4 ; 47,5] | 46,95            |
| 11  | [17 ; 26,5]   | 21,75            | 24  | [47,5 ; 48,6] | 48,05            |
| 12  | [26,5 ; 36]   | 31,25            | 25  | [48,6 ; 49,3] | 48,95            |
| 13  | [36 ; 37,3]   | 36,65            | 26  | [49,3 ; 50]   | 49,65            |

**Langkah ketiga** Mengasumsikan bahwa terdapat  $n$  interval  $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$  kemudian mendefinisikan setiap himpunan *fuzzy*  $A_i$  dimana  $1 \leq i \leq n$ . Dalam proses *fuzzyfikasi*

terdapat 26 interval  $u_1, u_2, u_3, \dots, u_{26}$  kemudian mendefinisikan setiap himpunan fuzzy  $A_i$  dimana  $1 \leq i \leq 26$ , seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \left\{ \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \dots + \frac{0}{u_{24}} + \frac{0}{u_{25}} + \frac{0}{u_{26}} \right\} \\
 A_2 &= \left\{ \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \dots + \frac{0}{u_{24}} + \frac{0}{u_{25}} + \frac{0}{u_{26}} \right\} \\
 A_3 &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0,5}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \dots + \frac{0}{u_{24}} + \frac{0}{u_{25}} + \frac{0}{u_{26}} \right\} \\
 &\vdots \\
 A_{26} &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \dots + \frac{0}{u_{24}} + \frac{0,5}{u_{25}} + \frac{1}{u_{26}} \right\}
 \end{aligned}$$

**Langkah keempat** *fuzzyfikasi* setiap data dalam data historis menjadi himpunan fuzzy. Data historis jumlah kecelakaan lalu lintas Kota Kendari *difuzzyfikasi* dan dapat dilihat hasilnya dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** *Fuzzyfikasi* data laka lant

| No | Tahun | Bulan     | Data laka lant | Fuzzifikasi |
|----|-------|-----------|----------------|-------------|
| 1  | 2016  | Januari   | 33             | A12         |
| 2  |       | Februari  | 30             | A12         |
| 3  |       | Maret     | 36             | A13         |
| 4  |       | April     | 45             | A22         |
| 5  |       | Mei       | 45             | A22         |
| 6  |       | Juni      | 40             | A16         |
| 7  |       | Juli      | 50             | A26         |
| 8  |       | Agustus   | 42             | A17         |
| 9  |       | September | 31             | A12         |
| 10 |       | Oktober   | 30             | A12         |
| 11 |       | November  | 30             | A12         |
| 12 |       | Desember  | 29             | A12         |
| 13 | 2017  | Januari   | 31             | A12         |
| 14 |       | Februari  | 35             | A12         |
| 15 |       | Maret     | 35             | A12         |
| 16 |       | April     | 19             | A11         |
| 17 |       | Mei       | 15             | A9          |
| 18 |       | Juni      | 27             | A12         |
| 19 |       | Juli      | 25             | A11         |
| 20 |       | Agustus   | 32             | A12         |
| 21 |       | September | 28             | A12         |
| 22 |       | Oktober   | 29             | A12         |
| 23 |       | November  | 23             | A11         |
| 24 |       | Desember  | 24             | A11         |
| 25 | 2018  | Januari   | 19             | A11         |
| 26 |       | Februari  | 22             | A11         |
| 27 |       | Maret     | 21             | A11         |
| 28 |       | April     | 19             | A11         |
| 29 |       | Mei       | 22             | A11         |
| 30 |       | Juni      | 19             | A11         |
| 31 |       | Juli      | 19             | A11         |
| 32 |       | Agustus   | 17             | A11         |
| 33 |       | September | 23             | A11         |
| 34 |       | Oktober   | 24             | A11         |
| 35 |       | November  | 21             | A11         |
| 36 |       | Desember  | 34             | A12         |
| 37 | 2019  | Januari   | 14             | A8          |
| 38 |       | Februari  | 28             | A12         |
| 39 |       | Maret     | 27             | A12         |
| 40 |       | April     | 15             | A9          |
| 41 |       | Mei       | 28             | A12         |
| 42 |       | Juni      | 14             | A8          |

| No | Tahun | Bulan     | Data laka lintas | Fuzzifikasi |
|----|-------|-----------|------------------|-------------|
| 43 |       | Juli      | 13               | A7          |
| 44 |       | Agustus   | 29               | A12         |
| 45 |       | September | 29               | A12         |
| 46 |       | Oktober   | 30               | A12         |
| 47 |       | November  | 19               | A11         |
| 48 |       | Desember  | 20               | A11         |
| 49 | 2020  | Januari   | 20               | A11         |
| 50 |       | Februari  | 26               | A11         |
| 51 |       | Maret     | 18               | A11         |
| 52 |       | April     | 8                | A1          |
| 53 |       | Mei       | 15               | A9          |
| 54 |       | Juni      | 12               | A7          |
| 55 |       | Juli      | 10               | A3          |

**Langkah kelima** membuat relasi *fuzzy* dan kelompok relasi *fuzzy*.

Membuat relasi *fuzzy*, misalnya relasi *fuzzy* bulan Januari dan Februari dikonstruksikan menjadi  $A12 \rightarrow A12$  dan seterusnya dimana hasil lengkap dapat dilihat dalam Tabel 4.

**Tabel 4.** *Fuzzy logical relationship*

| Periode   | 2016                  | 2017                  | 2018                  | 2019                  | 2020                  |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Januari   |                       | $A12 \rightarrow A12$ | $A11 \rightarrow A11$ | $A12 \rightarrow A8$  | $A11 \rightarrow A11$ |
| Februari  | $A12 \rightarrow A12$ | $A12 \rightarrow A12$ | $A11 \rightarrow A11$ | $A8 \rightarrow A12$  | $A11 \rightarrow A11$ |
| Maret     | $A12 \rightarrow A13$ | $A12 \rightarrow A12$ | $A11 \rightarrow A11$ | $A12 \rightarrow A12$ | $A11 \rightarrow A11$ |
| April     | $A13 \rightarrow A22$ | $A12 \rightarrow A11$ | $A11 \rightarrow A11$ | $A12 \rightarrow A9$  | $A11 \rightarrow A1$  |
| Mei       | $A22 \rightarrow A22$ | $A11 \rightarrow A9$  | $A11 \rightarrow A11$ | $A9 \rightarrow A12$  | $A1 \rightarrow A9$   |
| Juni      | $A22 \rightarrow A16$ | $A9 \rightarrow A12$  | $A11 \rightarrow A11$ | $A12 \rightarrow A8$  | $A9 \rightarrow A7$   |
| Juli      | $A16 \rightarrow A26$ | $A12 \rightarrow A11$ | $A11 \rightarrow A11$ | $A8 \rightarrow A7$   | $A7 \rightarrow A3$   |
| Agustus   | $A26 \rightarrow A17$ | $A12 \rightarrow A12$ | $A11 \rightarrow A11$ | $A7 \rightarrow A12$  |                       |
| September | $A17 \rightarrow A12$ | $A12 \rightarrow A12$ | $A11 \rightarrow A11$ | $A12 \rightarrow A12$ |                       |
| Oktober   | $A12 \rightarrow A12$ | $A12 \rightarrow A12$ | $A11 \rightarrow A11$ | $A12 \rightarrow A12$ |                       |
| November  | $A12 \rightarrow A12$ | $A12 \rightarrow A11$ | $A11 \rightarrow A11$ | $A12 \rightarrow A11$ |                       |
| Desember  | $A12 \rightarrow A12$ | $A11 \rightarrow A11$ | $A11 \rightarrow A12$ | $A11 \rightarrow A11$ |                       |

**Langkah keenam** membentuk *Fuzzy Logical Relationship Grup (FLRG)*

Relasi *fuzzy* tersebut kemudian dikelompokkan, dimana relasi *fuzzy* yang sama dimasukkan kedalam kelompok relasi *fuzzy* yang sama, disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** *Fuzzy logical relationship grup*

| Current state | Next state                  | FLRG  |
|---------------|-----------------------------|---|
| A1            | A9                          | $A1 \rightarrow A9$                               |
| A2            | $\emptyset$                 | $A2 \rightarrow \emptyset$                        |
| A3            | $\emptyset$                 | $A3 \rightarrow \emptyset$                        |
| A4            | $\emptyset$                 | $A4 \rightarrow \emptyset$                        |
| A5            | $\emptyset$                 | $A5 \rightarrow \emptyset$                        |
| A6            | $\emptyset$                 | $A6 \rightarrow \emptyset$                        |
| A7            | 2(A3),A12                   | $A7 \rightarrow A3, A12$                          |
| A8            | A7,A11,A12                  | $A8 \rightarrow A7, A11, A12$                     |
| A9            | A7,2(A12)                   | $A9 \rightarrow A7, 2(A12)$                       |
| A10           | $\emptyset$                 | $A10 \rightarrow \emptyset$                       |
| A11           | A1,A9,16(A11),2(A12)        | $A11 \rightarrow A1, A9, 16(A11), 2(A12)$         |
| A12           | 2(A8),A9,4(A11),12(A12),A13 | $A12 \rightarrow 2(A8), A9, 4(A11), 12(A12), A13$ |
| A13           | A22                         | $A13 \rightarrow A22$                             |
| A14           | $\emptyset$                 | $A14 \rightarrow \emptyset$                       |
| A15           | $\emptyset$                 | $A15 \rightarrow \emptyset$                       |
| A16           | A26                         | $A16 \rightarrow A26$                             |
| A17           | A12                         | $A17 \rightarrow A12$                             |



| No | Tahun | Bulan     | Data laka lintas | Hasil peramalan |
|----|-------|-----------|------------------|-----------------|
| 14 |       | Februari  | 35               | 27              |
| 15 |       | Maret     | 35               | 29              |
| 16 |       | April     | 19               | 29              |
| 17 |       | Mei       | 15               | 20              |
| 18 |       | Juni      | 27               | 25              |
| 19 |       | Juli      | 25               | 25              |
| 20 |       | Agustus   | 32               | 24              |
| 21 |       | September | 28               | 28              |
| 22 |       | Oktober   | 29               | 25              |
| 23 |       | November  | 23               | 26              |
| 24 |       | Desember  | 24               | 23              |
| 25 | 2018  | Januari   | 19               | 24              |
| 26 |       | Februari  | 22               | 20              |
| 27 |       | Maret     | 21               | 22              |
| 28 |       | April     | 19               | 21              |
| 29 |       | Mei       | 22               | 20              |
| 30 |       | Juni      | 19               | 22              |
| 31 |       | Juli      | 19               | 20              |
| 32 |       | Agustus   | 17               | 20              |
| 33 |       | September | 23               | 18              |
| 34 |       | Oktober   | 24               | 23              |
| 35 |       | November  | 21               | 24              |
| 36 |       | Desember  | 34               | 21              |
| 37 | 2019  | Januari   | 14               | 29              |
| 38 |       | Februari  | 28               | 22              |
| 39 |       | Maret     | 27               | 25              |
| 40 |       | April     | 15               | 25              |
| 41 |       | Mei       | 28               | 25              |
| 42 |       | Juni      | 14               | 25              |
| 43 |       | Juli      | 13               | 22              |
| 44 |       | Agustus   | 29               | 21              |
| 45 |       | September | 29               | 26              |
| 46 |       | Oktober   | 30               | 26              |
| 47 |       | November  | 19               | 26              |
| 48 |       | Desember  | 20               | 20              |
| 49 | 2020  | Januari   | 20               | 20              |
| 50 |       | Februari  | 26               | 20              |
| 51 |       | Maret     | 18               | 25              |
| 52 |       | April     | 8                | 19              |
| 53 |       | Mei       | 15               | 16              |
| 54 |       | Juni      | 12               | 25              |
| 55 |       | Juli      | 10               | 21              |

Tabel 6 menunjukkan bahwa hasil peramalan awal dengan menggunakan model Markov chain diperoleh hasil yang hampir sama data asli, meskipun ada beberapa data yang menyimpang jauh dari data aslinya. Hasil peramalan model Markov chain dengan melibatkan data periode sebelumnya memberi pengaruh yang cukup baik dalam peramalan jumlah kecelakaan lalu lintas Kota Kendari.

#### **Langkah kedelapan** menyesuaikan kecenderungan nilai peramalan

Pada perhitungan penyesuaian peramalan dilakukan berdasarkan pada langkah pembentukan interval. Misalnya dalam menentukan nilai penyesuaian pada bulan Februari 2016 karena *state* bertransisi dari A12→A12 maka nilai penyesuaiannya adalah 0. Pada bulan Maret *state* bertransisi A12→A13, maka hasil penyesuaiannya yaitu  $l = (9,5+1,3)/2=5,4$ . Nilai Panjang interval (l) diperoleh dengan cara menjumlahkan nilai rata-rata selang interval dua *state* yang bertransisi kemudian dibagi dengan banyaknya jumlah *state* yang bertransisi, selanjutnya untuk perhitungan nilai penyesuaiannya adalah sebagai berikut:



$$D_{t(maret)} = \left(\frac{l}{2}\right) + \left(\frac{l}{2} \cdot s\right) = \left(\frac{5,4}{2}\right) + \left(\frac{5,4}{2} \cdot 1\right) = 5,4$$

Adapun hasil peramalan secara keseluruhan sebagaimana Tabel 7.

**Tabel 7.** Nilai penyesuaian

| No | FLR     | Nilai penyesuaian peramalan |
|----|---------|-----------------------------|
| 1  |         |                             |
| 2  | A12→A12 | 0                           |
| 3  | A12→A13 | 5,4                         |
| 4  | A13→A22 | 0                           |
| 5  | A22→A22 | 0                           |
| 6  | A22→A16 | -3,18                       |
| 7  | A16→A26 | 0                           |
| 8  | A26→A17 | 0                           |
| 9  | A17→A12 | 0                           |
| 10 | A12→A12 | 0                           |
| 11 | A12→A12 | 0                           |
| 12 | A12→A12 | 0                           |
| 13 | A12→A12 | 0                           |
| 14 | A12→A12 | 0                           |
| 15 | A12→A12 | 0                           |
| 16 | A12→A11 | -9,5                        |
| 17 | A11→A9  | -5,74                       |
| 18 | A9→A12  | 10,5                        |
| 19 | A12→A11 | -9,5                        |
| 20 | A11→A12 | 9,5                         |
| 21 | A12→A12 | 0                           |
| 22 | A12→A12 | 0                           |
| 23 | A12→A11 | -9,5                        |
| 24 | A11→A11 | 0                           |
| 25 | A11→A11 | 0                           |
| 26 | A11→A11 | 0                           |
| 27 | A11→A11 | 0                           |
| 28 | A11→A11 | 0                           |
| 29 | A11→A11 | 0                           |
| 30 | A11→A11 | 0                           |
| 31 | A11→A11 | 0                           |
| 32 | A11→A11 | 0                           |
| 33 | A11→A11 | 0                           |
| 34 | A11→A11 | 0                           |
| 35 | A11→A11 | 0                           |
| 36 | A11→A12 | 9,5                         |
| 37 | A12→A8  | -11,25                      |
| 38 | A8→A12  | 11,25                       |
| 39 | A12→A12 | 0                           |
| 40 | A12→A9  | -10,5                       |
| 41 | A9→A12  | 10,5                        |
| 42 | A12→A8  | -11,25                      |
| 43 | A8→A7   | -1,5                        |
| 44 | A7→A12  | 12                          |
| 45 | A12→A12 | 0                           |
| 46 | A12→A12 | 0                           |
| 47 | A12→A11 | -9,5                        |
| 48 | A11→A11 | 0                           |
| 49 | A11→A11 | 0                           |
| 50 | A11→A11 | 0                           |
| 51 | A11→A11 | 0                           |
| 52 | A11→A1  | -9,24                       |
| 53 | A1→A9   | 0                           |
| 54 | A9→A7   | -1,99                       |

| No | FLR   | Nilai penyesuaian peramalan |
|----|-------|-----------------------------|
| 55 | A7→A3 | -2,05                       |

**Langkah kesembilan** Menentukan Hasil peramalan.

Hasil peramalan akhir misalkan pada bulan Februari tahun 2016 dihitung dari penjumlahan nilai peramalan dijumlahkan dengan nilai penyesuaiannya sehingga diperoleh hasil 28. Hasil perhitungan untuk tahun-tahun ajaran lainnya dapat dilihat dalam Tabel 8.

**Tabel 8.** Hasil peramalan akhir model Markov chain

| No | Tahun | Bulan     | Data | Peramalan awal | Nilai penyesuaian | Peramalan akhir |
|----|-------|-----------|------|----------------|-------------------|-----------------|
| 1  | 2016  | Januari   | 33   |                |                   |                 |
| 2  |       | Februari  | 30   | 28             | 0                 | 28              |
| 3  |       | Maret     | 36   | 26             | 5,4               | 31              |
| 4  |       | April     | 45   | 46             | 0                 | 46              |
| 5  |       | Mei       | 45   | 43             | 0                 | 43              |
| 6  |       | Juni      | 40   | 43             | -3,18             | 40              |
| 7  |       | Juli      | 50   | 51             | 0                 | 51              |
| 8  |       | Agustus   | 42   | 42             | 0                 | 42              |
| 9  |       | September | 31   | 31             | 0                 | 31              |
| 10 |       | Oktober   | 30   | 27             | 0                 | 27              |
| 11 |       | November  | 30   | 26             | 0                 | 26              |
| 12 |       | Desember  | 29   | 26             | 0                 | 26              |
| 13 | 2017  | Januari   | 31   | 26             | 0                 | 26              |
| 14 |       | Februari  | 35   | 27             | 0                 | 27              |
| 15 |       | Maret     | 35   | 29             | 0                 | 29              |
| 16 |       | April     | 19   | 29             | -9,5              | 20              |
| 17 |       | Mei       | 15   | 20             | -5,74             | 14              |
| 18 |       | Juni      | 27   | 25             | 10,5              | 36              |
| 19 |       | Juli      | 25   | 25             | -9,5              | 16              |
| 20 |       | Agustus   | 32   | 24             | 9,5               | 34              |
| 21 |       | September | 28   | 28             | 0                 | 28              |
| 22 |       | Oktober   | 29   | 25             | 0                 | 25              |
| 23 |       | November  | 23   | 26             | -9,5              | 16              |
| 24 |       | Desember  | 24   | 23             | 0                 | 23              |
| 25 | 2018  | Januari   | 19   | 24             | 0                 | 24              |
| 26 |       | Februari  | 22   | 20             | 0                 | 20              |
| 27 |       | Maret     | 21   | 22             | 0                 | 22              |
| 28 |       | April     | 19   | 21             | 0                 | 21              |
| 29 |       | Mei       | 22   | 20             | 0                 | 20              |
| 30 |       | Juni      | 19   | 22             | 0                 | 22              |
| 31 |       | Juli      | 19   | 20             | 0                 | 20              |
| 32 |       | Agustus   | 17   | 20             | 0                 | 20              |
| 33 |       | September | 23   | 18             | 0                 | 18              |
| 34 |       | Oktober   | 24   | 23             | 0                 | 23              |
| 35 |       | November  | 21   | 24             | 0                 | 24              |
| 36 |       | Desember  | 34   | 21             | 9,5               | 30              |
| 37 | 2019  | Januari   | 14   | 29             | -11,25            | 18              |
| 38 |       | Februari  | 28   | 22             | 11,25             | 33              |
| 39 |       | Maret     | 27   | 25             | 0                 | 25              |
| 40 |       | April     | 15   | 25             | -10,5             | 14              |
| 41 |       | Mei       | 28   | 25             | 10,5              | 36              |
| 42 |       | Juni      | 14   | 25             | -11,25            | 14              |
| 43 |       | Juli      | 13   | 22             | -1,5              | 21              |
| 44 |       | Agustus   | 29   | 21             | 12                | 33              |
| 45 |       | September | 29   | 26             | 0                 | 26              |
| 46 |       | Oktober   | 30   | 26             | 0                 | 26              |
| 47 |       | November  | 19   | 26             | -9,5              | 16              |
| 48 |       | Desember  | 20   | 20             | 0                 | 20              |
| 49 | 2020  | Januari   | 20   | 20             | 0                 | 20              |

| No | Tahun | Bulan    | Data | Peramalan awal | Nilai penyesuaian | Peramalan akhir |
|----|-------|----------|------|----------------|-------------------|-----------------|
| 50 |       | Februari | 26   | 20             | 0                 | 20              |
| 51 |       | Maret    | 18   | 25             | 0                 | 25              |
| 52 |       | April    | 8    | 19             | -9,24             | 10              |
| 53 |       | Mei      | 15   | 16             | 0                 | 16              |
| 54 |       | Juni     | 12   | 25             | -1,99             | 23              |
| 55 |       | Juli     | 10   | 21             | -2,05             | 19              |

Tabel 8 menunjukkan bahwa nilai hasil peramalan akhir setelah penyesuaian diperoleh nilai yang hampir sama dengan data aslinya, terlihat bahwa hasil peramalan awal mengalami perubahan data setelah disesuaikan, sehingga diperoleh hasil peramalan akhir yang lebih baik dari pada hasil peramalan awal.

### Analisis fuzzy time series Cheng

Langkah peramalan dengan menggunakan metode *fuzzy time series* model Cheng mempunyai langkah yang sama dengan model Markov chain hingga langkah ke 6, adapun perbedaan perhitungan peramalan kedua metode ini terletak pada perhitungan *defuzzifikasi*-nya. Langkah *defuzzifikasi* menggunakan metode Cheng adalah sebagai berikut:

### Langkah ketujuh pembentukan matriks pembobot

$$W = \begin{matrix} A1 \\ A2 \\ A3 \\ A4 \\ A5 \\ A6 \\ A7 \\ \vdots \\ A22 \\ A23 \\ A24 \\ A25 \\ A26 \end{matrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

### Langkah kedelapan perhitungan defuzzifikasi

Proses perhitungan *defuzzifikasi* dilakukan berdasarkan pada *fuzzy logical relationship grup* (FLRG), kemudian dihitung dengan cara menjumlahkan hasil matriks pembobot (w) dikalikan nilai tengah (m). contoh perhitungan *defuzzifikasi* untuk periode April 2016 adalah sebagai berikut:

F4

$$= \left[ \frac{w_{128}}{\sum_{j=1}^{26} w_{12j}} \right] (m_8) + \left[ \frac{w_{129}}{\sum_{j=1}^{26} w_{12j}} \right] (m_9) + \left[ \frac{w_{1211}}{\sum_{j=1}^{26} w_{12j}} \right] (m_{11}) + \left[ \frac{w_{1212}}{\sum_{j=1}^{26} w_{12j}} \right] (m_{12}) + \left[ \frac{w_{1213}}{\sum_{j=1}^{26} w_{12j}} \right] (m_{13})$$

$$= \frac{2}{20}(14,25) + \frac{1}{20}(15,5) + \frac{4}{20}(21,75) + \frac{12}{20}(31,25) + \frac{1}{20}(36,65) = 27$$

Adapun hasil *defuzzifikasi* peramalan data secara keseluruhan disajikan dalam Tabel 9.

**Tabel 9.** Hasil peramalan model Cheng

| No | Grup | FLRG | Defuzzifikasi Grup | Nilai peramalan |
|----|------|------|--------------------|-----------------|
| 1  | A1   | A9   | m <sub>9</sub>     | 15,5            |
| 2  | A2   | ∅    | m <sub>2</sub>     | 9,05            |
| 3  | A3   | ∅    | m <sub>3</sub>     | 9,9             |

| No | Grup | FLRG                            | Defuzzifikasi Grup  | Nilai peramalan |
|----|------|---------------------------------|---|-----------------|
| 4  | A4   | ∅                               | $m_4$   | 10,9            |
| 5  | A5   | ∅                               | $m_5$   | 11,55           |
| 6  | A6   | ∅                               | $m_6$   | 11,85           |
| 7  | A7   | A3,A12                          | $\frac{1}{2}(m_3) + \frac{1}{2}(m_{12})$  | 21              |
| 8  | A8   | A7,A11,A12                      | $\frac{1}{3}(m_7) + \frac{1}{3}(m_{11}) + \frac{1}{3}(m_{12})$  | 22              |
| 9  | A9   | A7,2(A12)                       | $\frac{1}{3}(m_7) + \frac{2}{3}(m_{12})$  | 25              |
| 10 | A10  | ∅                               | $m_{10}$  | 16,5            |
| 11 | A11  | A1,A9,16(A11),2(A12)            | $\frac{1}{20}(m_1) + \frac{1}{20}(m_9) + \frac{16}{20}(m_{11}) + \frac{2}{20}(m_{12})$                        | 22              |
| 12 | A12  | 2(A8),A9,4(A11),12(A12),<br>A13 | $\frac{2}{20}(m_8) + \frac{1}{20}(m_9) + \frac{4}{20}(m_{11}) + \frac{12}{20}(m_{12}) + \frac{1}{20}(m_{13})$ | 27              |
| 13 | A13  | A22                             | $m_{22}$  | 45,7            |
| 14 | A14  | ∅                               | $m_{14}$  | 37,95           |
| 15 | A15  | ∅                               | $m_{15}$  | 39,3            |
| 16 | A16  | A26                             | $m_{26}$  | 49,65           |
| 17 | A17  | A12                             | $m_{12}$  | 31,25           |
| 18 | A18  | ∅                               | $m_{18}$  | 42,9            |
| 19 | A19  | ∅                               | $m_{19}$  | 43,45           |
| 20 | A20  | ∅                               | $m_{20}$  | 43,55           |
| 21 | A21  | ∅                               | $m_{21}$  | 44,3            |
| 22 | A22  | A16,A22                         | $\frac{1}{2}(m_{16}) + \frac{1}{2}(m_{22})$   | 43,2            |
| 23 | A23  | ∅                               | $m_{23}$  | 46,95           |
| 24 | A24  | ∅                               | $m_{24}$  | 48,05           |
| 25 | A25  | ∅                               | $m_{25}$  | 49,3            |
| 26 | A26  | A17                             | $m_{17}$  | 41,9            |

Setelah diperoleh hasil *defuzzifikasi* tiap grup, maka langkah selanjutnya adalah menjumlahkan hasil peramalan yang disajikan pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Hasil peramalan model Cheng

| No | Tahun | Bulan     | Data laka lintas | Hasil peramalan |
|----|-------|-----------|------------------|-----------------|
| 1  | 2016  | Januari   | 33               |                 |
| 2  |       | Februari  | 30               | 27              |
| 3  |       | Maret     | 36               | 27              |
| 4  |       | April     | 45               | 46              |
| 5  |       | Mei       | 45               | 43              |
| 6  |       | Juni      | 40               | 43              |
| 7  |       | Juli      | 50               | 51              |
| 8  |       | Agustus   | 42               | 42              |
| 9  |       | September | 31               | 21              |
| 10 |       | Oktober   | 30               | 27              |
| 11 |       | November  | 30               | 27              |
| 12 |       | Desember  | 29               | 27              |
| 13 | 2017  | Januari   | 31               | 27              |
| 14 |       | Februari  | 35               | 27              |
| 15 |       | Maret     | 35               | 27              |
| 16 |       | April     | 19               | 27              |
| 17 |       | Mei       | 15               | 22              |
| 18 |       | Juni      | 27               | 25              |
| 19 |       | Juli      | 25               | 27              |
| 20 |       | Agustus   | 32               | 22              |
| 21 |       | September | 28               | 27              |
| 22 |       | Oktober   | 29               | 27              |
| 23 |       | November  | 23               | 27              |
| 24 |       | Desember  | 24               | 22              |
| 25 | 2018  | Januari   | 19               | 22              |

| No | Tahun | Bulan     | Data laka lintas | Hasil peramalan |
|----|-------|-----------|------------------|-----------------|
| 26 |       | Februari  | 22               | 22              |
| 27 |       | Maret     | 21               | 22              |
| 28 |       | April     | 19               | 22              |
| 29 |       | Mei       | 22               | 22              |
| 30 |       | Juni      | 19               | 22              |
| 31 |       | Juli      | 19               | 22              |
| 32 |       | Agustus   | 17               | 22              |
| 33 |       | September | 23               | 22              |
| 34 |       | Oktober   | 24               | 22              |
| 35 |       | November  | 21               | 22              |
| 36 |       | Desember  | 34               | 22              |
| 37 | 2019  | Januari   | 14               | 27              |
| 38 |       | Februari  | 28               | 22              |
| 39 |       | Maret     | 27               | 27              |
| 40 |       | April     | 15               | 27              |
| 41 |       | Mei       | 28               | 25              |
| 42 |       | Juni      | 14               | 27              |
| 43 |       | Juli      | 13               | 22              |
| 44 |       | Agustus   | 29               | 21              |
| 45 |       | September | 29               | 27              |
| 46 |       | Oktober   | 30               | 27              |
| 47 |       | November  | 19               | 27              |
| 48 |       | Desember  | 20               | 22              |
| 49 | 2020  | Januari   | 20               | 22              |
| 50 |       | Februari  | 26               | 22              |
| 51 |       | Maret     | 18               | 22              |
| 52 |       | April     | 8                | 22              |
| 53 |       | Mei       | 15               | 16              |
| 54 |       | Juni      | 12               | 25              |
| 55 |       | Juli      | 10               | 21              |

Tabel 10. menunjukkan bahwa nilai peramalan dengan menggunakan model Cheng, diperoleh hasil yang juga berbeda dari data asli, terlihat bahwa banyak data ramalan yang berjarak jauh dari data aslinya, hal ini karena pada perhitungan peramalan pada metode ini hanya berdasarkan pada tahap *fuzzy logical relationship grup* saja dan tanpa penyesuaian kembali sehingga nilai yang diperoleh jauh berbeda.

#### Membandingkan keakuratan hasil peramalan

Hasil akurasi ramalan menggunakan model Markov Chain dan Cheng diukur menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dapat dilihat pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Perbandingan tingkat akurasi *Fuzzy Time Series* (FTS)

|      | FTS Markov chain | FTS Cheng |
|------|------------------|-----------|
| MAPE | 16,38058         | 25,96134  |

Tabel 11. menunjukkan bahwa model Markov chain memperoleh nilai MAPE sebesar 16,38%. Sedangkan model Cheng memperoleh nilai MAPE sebesar 25,96. Dilihat dari perbandingan kedua model tersebut diketahui bahwa model Markov chain masuk dalam kriteria baik untuk digunakan dalam peramalan karena memiliki nilai MAPE dibawah 20%.

#### Melakukan peramalan periode Agustus sampai Desember 2020

Penentuan nilai peramalan untuk periode Agustus-Desember 2020 menggunakan metode FTS Markov chain, yaitu dengan cara melihat *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) pada periode sebelumnya yaitu pada bulan Juli. Hasil peramalan untuk periode Agustus-Desember 2020 dapat dilihat pada Tabel 12 dan Tabel 13.

**Tabel 12.** Peramalan jumlah laka lantas periode Agustus-Desember 2020 menggunakan metode FTS Markov chain

| No | Tahun | Bulan     | Jumlah kecelakaan | FLR       | Hasil Ramalan |
|----|-------|-----------|-------------------|-----------|---------------|
| 1  | 2020  | Juli      | 10                |           |               |
| 2  |       | Agustus   | 13                | A3 → A7   | 10            |
| 3  |       | September | 10                | A7 → A3   | 19            |
| 4  |       | Oktober   | 14                | A3 → A8   | 10            |
| 5  |       | November  | 17                | A8 → A11  | 28            |
| 6  |       | Desember  | 19                | A11 → A11 | 18            |

**Tabel 13.** Peramalan data laka lantas periode Agustus-Desember 2020 menggunakan metode FTS Cheng

| No | Tahun | Bulan     | Jumlah kecelakaan | FLR       | Hasil Ramalan |
|----|-------|-----------|-------------------|-----------|---------------|
| 1  | 2020  | Juli      | 10                |           |               |
| 2  |       | Agustus   | 13                | A3 → A7   | 10            |
| 3  |       | September | 10                | A7 → A3   | 21            |
| 4  |       | Oktober   | 14                | A3 → A8   | 10            |
| 5  |       | November  | 17                | A8 → A11  | 22            |
| 6  |       | Desember  | 19                | A11 → A11 | 22            |

Berdasarkan Tabel 12 dan Tabel 13 hasil peramalan untuk periode Agustus sampai Desember 2020 diketahui bahwa hasil ramalan model Cheng sedikit lebih baik dari pada hasil ramalan model Markov chain terlihat dari hasil ramalan model Markov chain ada yang melenceng jauh dari data asli, sehingga mempengaruhi hasil MAPE-nya, hasil MAPE ramalan model Markov chain sebesar 42,3% dan Mape model Cheng sebesar 41,3%, meskipun begitu, hasil yang diperoleh dari kedua model masih masuk dalam rentang 20-50% yang berarti bahwa hasil ramalan tersebut masuk dalam kategori layak.

## KESIMPULAN

Metode *Fuzzy Time Series* (FTS) model Markov chain lebih baik dari pada model Cheng dalam peramalan jumlah kecelakaan lalu lintas di Kota Kendari periode Januari 2016-Juli 2020. Hal ini ditunjukkan dengan nilai MAPE yang diperoleh dengan menggunakan model Markov chain lebih kecil dari pada model Cheng. Namun, hasil peramalan jumlah kecelakaan lalu lintas Kota Kendari periode Agustus sampai Desember 2020 diperoleh hasil MAPE model Cheng sedikit lebih baik dari pada MAPE model Markov chain. Tetapi, hasil MAPE keduanya masih berada dalam rentang 20-50% yang berarti kemampuan hasil peramalan metode ini masuk dalam kategori layak. Hasil peramalan periode bulan Agustus sampai Desember 2020 berdasarkan pada periode bulan Januari 2016 sampai Juli 2020 dengan model Cheng secara berturut-turut ialah 10, 21, 10, 22 dan 22 kasus dan hasil yang diperoleh dengan menggunakan model Markov chain ialah 10, 19, 10, 28 dan 18 kasus.

## DAFTAR PUSTAKA

- Canseria, Y. I., Kusnandar, D., Imro'ah, N. 2019. Verifikasi Model ARIMA Pada Peramalan Jumlah Kecelakaan Lalu Lintas Kota Pontianak Menggunakan Statistical Process Control. Volume 08, No. 3 (2019), hal 421 – 428.
- Chen, S. M., Wang, N. Y., & Pan, J. S. 2009. Forecasting Enrollments Using Automatic Clustering Thechniques and Fuffy Logical Relationship. *Expert System with Applications* 36: 11070-11076.
- Cheng, C.H., Chen, S.M., Teoth, H.J., and Chiang, C.H. 2008. Fuzzy Time Series Based Adaptive Expectation Model For TAIEX Forecasting. *Of Expert System Application*. 37:1126-1132.

- Fitri. 2009. Analisa Kecelakaan Lalu Lintas di Riau. Tugas Akhir Mahasiswa Universitas Tabrani, Pekanbaru.
- Jadmiko, P. 2018. Peramalan Harga Saham pada Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) Menggunakan Fuzzy Time Series Markov Chain. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.
- Kepolisian Negara Republik Indonesia Daerah Sulawesi Tenggara. Jumlah Laka Lantas. (Kendari, 2020).
- Kusumadewi, S., & Hartati, S. 2010. Integrasi sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf (edisi ke-2). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Makridakis, S., Wheelwright, S., & McGee, V. E. 1999. Metode dan Aplikasi Peramalan edisi ke 2. Jakarta : Erlangga.
- Tsaur, R. C. 2012. A Fuzzy Time Series-Markov Chain Model With an Application To Forecast The Exchange Rate Between The Taiwan and US Dollar. ICIC International. Vol. 8, No. 7(B): 4931-4942.