

Perbandingan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Chen Average Based* untuk Peramalan Volume Impor Migas

Agan*, Teti Sofia Yanti

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

* agan7101@gmail.com, tetisofiyanti@gmail.com

Abstract. Forecasting is the process of estimate about something happening in the future based on empirical data, while a time series is an analysis that considers the influence of time in order. This research discusses forecasting using two Time Series methods, namely *Fuzzy Time Series Markov Chain* and *Fuzzy Time Series Chen Average Based*. These two methods are developments of the *Fuzzy Time Series* using the basic fuzzy principle first introduced by Prof. Lotfi A Zadeh, then developed by Song and Chissom. These two methods are developments of the *Fuzzy Time Series* using the basic fuzzy principle first introduced by Prof. Lotfi A Zadeh, then developed by Song and Chissom. Forecasting using the *Fuzzy Time Series* is a technique that captures data patterns from the past and then used to project or predict the future by looking at fuzzy relationships or relationships formed by determining logical relationships from data involving fuzzy relationships from each partition of the universal set. In this research, we will compare the FTS Markov Chain and FTS Chen Average Based methods by looking at the results of the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) calculation to measure which method has the best accuracy in the volume of oil and gas imports. The results of mape calculations obtained the *Fuzzy Time Series Markov Chain* method more accurately in translating the volume of oil and gas imports in Indonesia for 2022.

Keywords: *Fuzzy Time Series method comparison, Forecasting, Fuzzy Time Series Chen Average, Fuzzy Time Series Markov Chain.*

Abstrak. Peramalan adalah proses perkiraan tentang sesuatu yang terjadi pada waktu yang akan datang berdasarkan data empiris, sedangkan times series adalah analisis yang mempertimbangkan pengaruh waktu secara berurutan. Penelitian ini membahas mengenai peramalan dengan menggunakan dua metode Time Series yaitu *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Chen Average Based*. Dua metode tersebut merupakan hasil pengembangan dari *Fuzzy Time Series* menggunakan prinsip fuzzy dasar yang pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A Zadeh, kemudian dikembangkan oleh Song dan Chissom. Peramalan menggunakan *Fuzzy Time Series* merupakan teknik yang menangkap pola data dari masa lalu kemudian digunakan untuk memproyeksikan atau meramal masa depan dengan melihat dari relasi atau hubungan fuzzy yang dibentuk dengan menentukan hubungan logika dari data yang melibatkan hubungan fuzzy dari tiap partisi himpunan universal. Pada penelitian ini akan membandingkan anatara metode FTS Markov Chain dan FTS Chen Average Based dengan melihat hasil perhitungan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) untuk mengukur metode mana yang memiliki akurasi terbaik dalam volume impor migas. Hasil dari perhitungan MAPE diperoleh metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* lebih akurat dalam meramalkan nilai volume impor minyak dan gas tahun 2022.

Kata Kunci: *Perbandingan metode Fuzzy Time Series, Peramalan, Fuzzy Time Series chen average, Fuzzy Time Series Markov Chain.*

A. Pendahuluan

Peramalan adalah proses perkiraan mengenai kejadian yang akan terjadi di masa depan berdasarkan data empiris (Jatipaningrum, 2016), peramalan tersebut dilakukan ketika terjadi kesenjangan waktu pada data aktual dengan data yang akan diprediksi untuk memperkirakan ketidakpastian tentang sesuatu kejadian yang mungkin terjadi pada masa mendatang dalam upaya membantu pemerintah atau perusahaan dalam mengambil suatu keputusan (Ujiyanto dan Irawan, 2015).

Penelitian menggunakan metode peramalan data runtun sangat banyak digunakan seperti dengan metode konvensional misalnya model ARIMA, *Moving Average*, *Smoothing* dan sebagainya. Tetapi dalam penggunaannya beberapa metode peramalan data yang digunakan harus memenuhi persyaratan asumsi tertentu yang harus terpenuhi, sehingga banyak peneliti yang mengembangkan metode peramalan baru yang tidak ada syarat asumsi-asumsi khusus terhadap datanya yaitu *Fuzzy Time Series* (Sudarno, et al., 2015).

Peramalan menggunakan *Fuzzy Time Series* merupakan teknik yang menggunakan data-data dari masa lalu yang digunakan untuk memproyeksi atau meramal masa depan dengan melihat dari relasi atau hubungan *fuzzy* yang terbentuk dengan melihat hasil dari setiap hubungan logika setiap data yang melibatkan hubungan *fuzzy* dari tiap partisi himpunan universal.

Menurut Tsaur (2012) metode *Fuzzy Time Series* banyak sekali menarik perhatian sehingga banyak para peneliti untuk memodifikasi model, seperti Chen memfokuskan pada operasi sederhana aritmatika untuk meningkatkan operasi pada perhitungan rata-rata. Tsaur mengusulkan peramalan *Fuzzy Time Series* dengan menghubungkan proses rantai markov.

Permasalahan yang muncul akibat kenaikan harga BBM dan Gas di Indonesia tidak terlepas dari harga minyak dunia yang berfluktuasi atau mengalami kenaikan secara Internasional. Kurangnya produksi dan tingginya kebutuhan BBM dan gas di Indonesia menyebabkan terjadinya penambahan impor setiap tahunnya. Semakin naiknya angka jumlah penduduk yang akan menjadi faktor utama naiknya kebutuhan migas dari tahun ke tahun (Haryadi dan Hodijah, 2015). Maka perlu adanya sebuah monitoring terhadap impor migas untuk menjaga kestabilan ekonomi dalam negeri dan peramalan untuk mendapatkan gambaran untuk waktu yang akan datang.

Berdasarkan uraian diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.:

1. Bagaimana pemodelan *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Average Based Fuzzy Time Series* Chen pada data volume impor migas?
2. Bagaimana hasil akurasi ketepatan model dari *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Average Based Fuzzy Time Series* Chen pada data volume impor migas?
3. Bagaimana hasil peramalan untuk periode selanjutnya dengan menggunakan model *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Average Based Fuzzy Time Series* Chen pada data volume impor migas?

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data volume impor migas dan menggunakan metode penelitian deskriptif kuantitatif. Dalam penelitian ini menggunakan data sekunder yaitu berupa data yang didapat secara tidak langsung atau melalui media lain atau pihak lain. Data yang digunakan diambil dari Badan Pusat Statistika yaitu volume impor migas dari tahun 1996 sampai tahun 2021 atau sebanyak 26 data.

Fuzzy Time Series

Fuzzy Time Series merupakan suatu konsep keilmuan baru yang pertama kali diusulkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993, dengan berdasarkan pada sebuah teori fuzzy set. *Fuzzy Time Series* digunakan dalam menyelesaikan masalah peramalan dalam bentuk data historis berupa nilai-nilai linguistik. Konsep mengenai model FTS ialah jika U merupakan himpunan semesta, dimana $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$, maka himpunan *fuzzy* A_i ($i = 1, 2, 3, 4, \dots, n$) dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$A_i = \frac{f_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{f_{A_i}(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_{A_i}(u_n)}{u_n} \quad (1)$$

Fuzzy Time Series Markov Chain

Menurut Tsaur langkah-langkah dalam analisis *Fuzzy Time Series Markov Chain* sebagai berikut:

1. Menentukan himpunan semesta U

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

dengan Dmin data minimum dan Dmaks data terbesar, untuk D1 dan D2 yaitu bilangan positif yang diambil sembarang oleh peneliti.

2. Menentukan partisi himpunan semesta.

Semesta U akan dipartisi ke dalam beberapa bagian partisis himpunan, langkah tersebut dilakukan sebagai berikut:

Menentukan jumlah kelas interval

$$K = 1 + 3,333 \times \log(n) \quad (3)$$

Menentukan panjang kelas interval

$$l = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{K} \quad (4)$$

Membagi smemsta kedalam panjang kedalam kelas yang didapat

$$u_i = [D_{min} - D_1 ; D_{min} - D_1 + l] \quad (5)$$

3. Mendefinisikan himpunan fuzzy

Tentukan tiap himpunan *fuzzy* sesuai banyaknya dari partisi himpunan semisal A_1, A_2, \dots, A_n didefinisikan sebagai berikut:

$$A_1 = \left\{ \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \dots + \frac{0}{u_n} \right\} \quad (7)$$

$$A_n = \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \dots + \frac{0,5}{u_{n-1}} + \frac{1}{u_n} \right\}$$

4. Fuzzifikasi untuk merubah nilai numerik menjadi linguistik dimana hasil tersebut dilihat dari derajat keanggotaan pada himpunan fuzzy. Untuk hasil FLR semisal $A_2 \rightarrow A_2, A_2 \rightarrow A_3, A_2 \rightarrow A_4$ maka untuk FLRG akan berbentuk $A_2 \rightarrow A_2, A_3, A_4$.

5. Menghitung defuzzifikasi ramalan dengan aturan sebagai berikut:

Menentukan matriks probabilitas transisi berdasarkan kelompok pada FLRG yang telah ditentukan sebelumnya, untuk matrik probabilitas dapat ditulis sebagai berikut:

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Probabilitas transisi untuk tiap state dapat ditulis sebagai berikut:

$$P_{ij} = \frac{M_{ij}}{M_i}$$

dengan:

P_{ij} = probabilitas transisi pada state A_i ke A_j

M_{ij} = jumlah transisi dari state A_i ke A_j

M_i = jumlah data yang termasuk dalam state A_i

Setelah didapat matrik probabilitas transisi maka dihitung peramalan awal dengan aturan-aturan sebagai berikut:

Aturan 1: jika FLRG A_i adalah kosong maka hasil peramalan adalah m_i yaitu nilai tenggan dari u_i

Aturan 2: jika FLRG A_i adalah relasi satu ke satu ($A_i \rightarrow A_j$ dengan $P_{ij} = 1$), maka hasil peramalan adalah nilai tengah m_j

Aturan 3: Jika FLRG dari A_j adalah relasi ke banyak ($A_j \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_n$) dan jika berada pada state $Y(t-1)$ adalah A_j maka hasil peramalan

$$\widehat{F}(t) = m_1 P_{j1} + m_2 P_{j2} + \dots + m_{j-1} P_{j-1} + Y_{t-1} P_j + m_{j+1} P_{j(j+1)} + \dots + m_n P_{jn} \quad (9)$$

Nilai penyesuaian dengan aturan:

Aturan 1: Jika A_i berkomunikasi dengan A_i dan dari A_i terjadi transisi naik satu state ke A_j ($i < j$) maka nilai penyesuaiannya sebagai berikut:

$$D_{t1} = \frac{l}{2} \quad (10)$$

dengan l adalah panjang interval

Aturan 2: Jika State A_i berkomunikasi dengan A_i dan dari A_i terjadi transisi mundur satu ke A_j ($i > j$) maka nilai penyesuaiannya sebagai berikut:

$$D_{t1} = -\frac{l}{2} \quad (11)$$

Aturan 3: jika state A_i pada saat $(t-1)$ sebagaimana $F_{t-1} = A_i$ dan terjadi perpindahan transisi maju ke state A_{i+s} pada saat t , $1 \leq s \leq n - 1$ maka nilai penyesuaiannya sebagai berikut:

$$D_{t2} = \frac{l}{2^s} \quad (12)$$

dengan s banyaknya transisi maju

Aturan 4: jika state A_i pada saat $(t-1)$ sebagaimana $F_{t-1} = A_i$ dan terjadi perpindahan transisi mmundur ke state A_{i+v} pada saat t , $1 \leq v \leq n - 1$ maka nilai penyesuaiannya sebagai berikut:

$$D_{t2} = -\frac{l}{2^v} \quad (13)$$

dimana v banyaknya transisi mundur

Perhitungan peramalan akhir dengan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\hat{F}' = \hat{F} \pm D_{t1} \pm D_{t2} = \hat{F} \pm \frac{l}{2} \pm \frac{l}{2^s/v} \quad (14)$$

Fuzzy Time Series Chen Average Based

Menurut Chen langkah-langkah dalam analisis *Fuzzy Time Series Chen Average Based* sebagai berikut:

1. Menentukan semesta U seperti pada persamaan (2).
2. Menentukan partisi himunan semesta dengan menghitung terlebih dahulu nilai mutlak selisih antara X_{t+1} dan X_t ($t=1,2,\dots,n-1$) sehingga diperoleh untuk perhitungan rata-rata selisih mutlak sebagai berikut:

$$\text{rata - rata} = \frac{\sum_{i=1}^n |X_{t+1} - X_t|}{n-1} \quad (15)$$

Kemudian hasil rata-rata akan dibagi dua untuk menentukan panjang dari interval dengan persamaan:

$$l = \frac{\text{rata-rata}}{2} \quad (16)$$

Menentukan panjang inerval dengan persamaan:

$$K = \frac{(D_{maks} + D_2) - (D_{min} + D_1)}{l} \quad (17)$$

3. Mendefinisikan himpunan fuzzy seperti pada peramaan (3).
4. Fuzzifikasi untuk merubah nilai numerik menjadi linguistik dimana hasil tersebut dilihat dari derajat keanggotaan pada himpunan fuzzy.
5. Melakukan defuzzifikasi peramalan

Pada tahapan ini peramalan untuk metode fuzzy Chen memiliki perbedaan dengan fuzzy markov chain, untuk aturan *Fuzzy Time Series chen average* sebagai berikut:

Aturan 1 dan aturan 2 memliki aturan yang sama seperti pada markov chain.

Aturan 3: Jika hasil dari fuzzifikasi pada bulan ke t adalah A_i dan A_i memiliki perbedaan FLR pada FLRG, misalnya $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk}$ dimana $A_i, A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk}$ adalah himpunan fuzzy dan nilai maksimum fungsi keanggotaan dari $A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk}$ berada pada interval $u_{j1}, u_{j2}, \dots, u_{jk}$ dan $m_{j1}, m_{j2}, \dots, m_{jk}$, maka hasil peramalan sebagai berikut

$$\hat{F}_{t+1} = \frac{m_{j1} + m_{j2} + \dots + m_{jk}}{k} \quad (18)$$

Perhitungan Ketepatan Model

Menurut Jumingan (2009) *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dihitung dengan menggunakan nilai kesalahan absolute, perhitungan ketepatan model bertujuan untuk mengukur

keakuratan dari metode yang digunakan. Rumus untuk MAPE sebagai berikut:

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{F}_t}{Y_t} \right|}{n} \times 100\% \quad (19)$$

dengan:

Y_t = data aktual

F_t = nilai peramalan

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*.

Pada metode Tsaur untuk perhitungan yang telah dibahas sebelumnya, diperoleh hasil sebagai berikut:

1. $U = [D_{\min} - D_1 ; D_{\max} - D_2] = [19.484,9 - 0,9 ; 50.370,1 + 0,9]$

$$U = [19.484; 50.371]$$

2. Panjang kelas interval

$$K = 1 + 3,333 \times \log(n) = 1 + (3,333 \times 1,415) K = 5,701 \approx 6$$

Menentukan panjang interval kelas

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

$$l = \frac{[(50.370,1 + 0,9) - (19.484,9 - 0,9)]}{6} = 5.147,83$$

Setelah mendapat panjang kelas interval, selanjutnya membagi semesta ke dalam 6 kelas interval dan panjang interval yang didapat. $u_1 = [19.484; 24.631,83]$, $u_2 = [24.631,83 ; 29.779,66]$, $u_3 = [29.779,66 ; 34.927,49]$, $u_4 = [34.927,49 ; 40.075,32]$, $u_5 = [40.075,32 ; 45.223,16]$, $u_6 = [45.223,16 ; 50.371]$. Setelah didapat partisi himpunan U, maka tentukan nilai tengah dari masing-masing partisi u_i yaitu m_1, m_2, \dots, m_6 sebagai berikut: $m_1 = 22.057,92$, $m_2 = 27.205,75$, $m_3 = 32.353,58$, $m_4 = 37.501,41$, $m_5 = 42.649,24$, $m_6 = 47.797,08$. Untuk nilai m_1, m_2, \dots, m_6 akan menjadi fuzzy set atau nilai linguistik dari A_1, A_2, \dots, A_6 .

3. Fuzzifikasi data

Fuzzifikasi adalah proses untuk mengubah variabel non fuzzy (variabel numerik) menjadi variabel fuzzy (variabel linguistik). Perhatikan untuk data tahun 1996 ($t = 1$) yaitu 19484,9. Nilai tersebut masuk ke dalam interval $u_1 = [19.484 + 24.631,83]$. Untuk u_1 bersesuaian dengan nilai A_i .

Tabel 1. Fuzzifikasi

t	Tahun	Data Aktual	fuzzifikasi	t	Tahun	Data Aktual	fuzzifikasi
1	1996	19.484,9	A_1	14	2009	36.006,5	A_4
2	1997	20.560,0	A_1	15	2010	40.727,8	A_5
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
12	2007	34.739,3	A_3	25	2020	37.654,1	A_4
13	2008	35.476,5	A_4	26	2021	43.189,3	A_5

4. Menentukan FLR dan FLRG dari hasil Fuzzifikasi

FLR yaitu merupakan tahapan untuk melihat relasi tiap perpindahan periode. Sebagai contoh untuk data ke 1 adalah A_1 dan data ke 2 adalah A_1 , maka FLR yang terbentuk $A_1 \rightarrow A_1$.

Tabel 2. FLR

$t_i - t_{i+1}$	FLR	$t_i - t_{i+1}$	FLR
1 - 2	$A_1 \rightarrow A_1$	13 - 14	$A_4 \rightarrow A_4$
2 - 3	$A_1 \rightarrow A_1$	14 - 15	$A_4 \rightarrow A_5$
⋮	⋮	⋮	⋮
11 - 12	$A_3 \rightarrow A_3$	24 - 25	$A_5 \rightarrow A_4$
12- 13	$A_3 \rightarrow A_4$	25 - 26	$A_4 \rightarrow A_5$

Perhatikan semua relasi A_4 dengan A_i lainnya pada Tabel 4.3. Sebanyak satu relasi $A_4 \rightarrow A_3$, sebanyak satu buah relasi $A_4 \rightarrow A_4$, sebanyak dua buah $A_4 \rightarrow A_5$. Untuk relasi yang lain dengan memperhatikan tabel 2 diperoleh FLRG pada Tabel 3

Tabel 3. FLRG

<i>Fuzzy</i>	<i>Relation</i>	<i>Fuzzy</i>	<i>Relation</i>
A_1	$3(A_1), A_2$	A_4	$A_3, A_4, 2(A_5)$
A_2	A_2, A_3	A_5	$2(A_5), A_6$
A_3	$3(A_3), 2(A_4)$	A_6	$A_5, 5(A_6)$

5. Defuzzifikasi peramalan

Hasil dari FLRG pada tabel 3 akan membentuk matriks probabilitas transisi markov.

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

Setelah diperoleh matriks probabilitas, langkah selanjutnya adalah menentukan *defuzzifikasi* nilai peramalan, yaitu mengubah nilai linguistik menjadi nilai numerik. Untuk menghitung nilai *defuzzifikasi* harus mengikuti aturan pada persamaan sebelumnya.

Tabel 4. Defuzzifikasi peramalan

t	Tahun	(Y_t)	\hat{F}_t	Penyesuain	\hat{F}'
3	1998	21.500,3	22.221,44	0	22.221,44
4	1999	23.773,1	22.926,66	0	22.926,66
5	2000	25.455,6	24.486,72	2.573,92	27.060,64

⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
25	2020	37.654,1	43.216,63	-2.573,92	40.642,71
26	2021	43.189,3	38.826,54	2.573,92	41.400,46

Hasil peramalan untuk tahun 2022 ($t = 27$) sebesar **44.725,23** (ribu ton), nilai tersebut didapat dari hasil peramalan akhir periode 26 ($t = 26$) sebesar 41.400,46 (ribu ton), karena nilai tersebut berdasar pada u_5 dan dilihat data bulan sebelumnya yaitu oktober 2021 ($t = 26$) terfuzzifikasi menjadi A_5 , maka FLR yang didapatkan adalah A_5 ke A_5 dan FLRG yang terbentuk $2(A_5)$, A_6

Fuzzy Time Series Chen Average Based

Pada metode Chen untuk perhitungan yang telah dibahas sebelumnya, diperoleh hasil sebagai berikut:

1. $U = [19.484; 50.371]$
2. Menentukan partisis himpunan U

$$\text{rata - rata} = \frac{2320,76}{26} = 2.320,76$$

Setelah didapat rata-rata akan dibagi dua dengan persamaan

$$l = \frac{2.320,76}{2} = 1.160,38 \approx 1.160$$

Menentukan jumlah kelas interval dengan persamaan

$$K = \frac{(50371 - 19484)}{1.160} = 26,63 \approx 27$$

Tabel 5. Partisi himpunan U

u_i	Interval	m_i	Nilai tengah	u_i	Interval	m_i	Nilai tengah
u_1	19.484 – 20.644	m_1	20.064	u_{15}	35.724 – 36.884	m_{15}	36.304
u_2	20.644 – 21.804	m_2	21.224	u_{16}	36.884 – 38.044	m_{16}	37.464
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
u_{13}	33.404 – 34.564	m_{13}	33.984	u_{26}	48.484 – 49.644	m_{26}	49.064
u_{14}	34.564 – 35.724	m_{14}	35.144	u_{27}	49.644 – 50.804	m_{27}	50.224

3. Fuzzifikasi data

Perhatikan untuk data tahun 1996 ($t = 1$) yaitu 19.484,9. Nilai tersebut masuk ke dalam interval $u_1 = [19.484 - 20.644]$. Untuk u_1 bersesuaian dengan nilai A_i .

Tabel 6. Fuzzifikasi

t	Tahun	Data Aktual	fuzzifikasi	t	Tahun	Data Aktual	fuzzifikasi
1	1996	19.484,9	A_1	14	2009	36.006,5	A_{15}
2	1997	20.560,0	A_1	15	2010	40.727,8	A_{19}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
12	2007	34.739,3	A_{14}	25	2020	37.654,1	A_{16}

13	2008	35.476,5	A_{14}	26	2021	43.189,3	A_{21}
----	------	----------	----------	----	------	----------	----------

4. FLR dan FLRG

Menentukan Fuzzy Logical Relationship (FLR). FLR yaitu merupakan tahapan untuk melihat relasi tiap perpindahan periode. Sebagai contoh untuk data ke 1 adalah A_1 dan data ke 2 adalah A_1 , maka FLR yang terbentuk $A_1 \rightarrow A_1$. Berdasarkan langkah tersebut hasil FLR disajikan dalam tabel 7.

Tabel 7. FLR

$t_i - t_{i+1}$	FLR	$t_i - t_{i+1}$	FLR
1 - 2	$A_1 \rightarrow A_1$	13 - 14	$A_{14} \rightarrow A_{15}$
2 - 3	$A_1 \rightarrow A_2$	14 - 15	$A_{15} \rightarrow A_{19}$
⋮	⋮	⋮	⋮
11 - 12	$A_{12} \rightarrow A_{14}$	24 - 25	$A_{19} \rightarrow A_{16}$
13- 13	$A_{14} \rightarrow A_{14}$	25 - 26	$A_{16} \rightarrow A_{21}$

Setelah mendapatkan hasil FLR maka dilanjut dengan pengelompokan sesuai dengan transisi yang diperoleh

Tabel 8. FLRG

<i>Fuzzy</i>	<i>Relasi</i>	<i>Fuzzy</i>	<i>Relasi</i>
A_1	A_1, A_2	A_{14}	A_{14}, A_{15}
A_2	A_4	A_{15}	A_{12}, A_{19}
⋮	⋮	⋮	⋮
A_{13}	A_{13}	A_{13}	\neq
A_{13}	\neq	A_{27}	A_{26}

5. Defuzzifikasi peramalan

Proses selanjutnya adalah defuzzifikasi peramalan, yaitu merupakan langkah terakhir untuk mengkonversi setiap hasil dari bentuk fuzzy set menjadi bilangan real.

Tabel 9. Defuzzifikasi Peramalan

t	Tahun	Data Aktual	\hat{F}_t
1	1996	19.484,9	0
2	1997	20.560,0	20.644
⋮	⋮	⋮	⋮
25	2020	37.654,1	37.464

26	2021	43.189,3	43.264
----	------	----------	--------

Hasil peramalan untuk tahun 2022 ($t = 27$) sebesar 44.424 (ribu ton), nilai tersebut didapat dari FLR pada tahun 2021 dan didapat nilai *fuzzy* A_{16} ke A_{21} , sehingga nilai yang didapat yaitu hasil dari nilai defuzzifikasi A_{21} yaitu sebesar 44.424 (ribu ton).

Perhitungan Keakuratan Metode

Setelah dilakukan analisis peramalan pada data volume impor migas menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series chen average* akan dilakukan uji keakuratan metode peramalan. Pengujian tingkat akurasi pada metode penelitian menggunakan kriteria perhitungan MAPE, tujuannya untuk melihat tingkat kesalahan pada setiap metode yang digunakan.

Tabel 10. Nilai MAPE

Metode	MAPE
<i>Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	7,76%
<i>Fuzzy Time Series chen average</i>	7,95%

Hasil pada Tabel 4.15 menunjukkan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* memperoleh nilai MAPE 7,76% dan *Fuzzy Time Series chen average* 7,95%. *Fuzzy Time Series Markov Chain* memiliki tingkat akurasi paling baik atau nilai *error* paling kecil dibandingkan *Fuzzy Time Series chen average*.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya, kesimpulan yang dapat diperoleh pada penelitian ini adalah:

1. Hasil dari peramalan volume impor migas di Indonesia pada tahun 2022 dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* adalah 44.725,23(ribu ton).
2. Hasil dari peramalan volume impor migas di Indonesia pada tahun 2022 dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series chen average* adalah 44.424 (ribu ton).
3. Nilai MAPE dari hasil peramalan volume impor migas dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* sebesar 7.76% dan untuk metode *Fuzzy Time Series chen average* sebesar 7.95%. dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* memiliki tingkat keakuratan lebih baik dibandingkan metode *Fuzzy Time Series chen average*.

Acknowledge

Penulis ucapkan terima kasih khususnya kepada Prodi Statistika Universitas Islam Bandung sebagai wadah penulis untuk menimba ilmu pengetahuan.

Daftar Pustaka

- [1] hen, S. M. (1996). Forecasting enrollments based on *Fuzzy Time Series*. *Fuzzy Sets and Systems*, 81, 311-319.
- [2] Jatipaningrum, M. T. (2016). PERAMALAN DATA PRODUK DOMESTIK BRUTO DENGAN *FUZZY TIME SERIES MARKOV CHAIN*. *Jurnal Teknologi*, 9 (1).
- [3] Song, Q., & Chissom, B. (1993). *Fuzzy Time Series* and its models. *Fuzzy Sets and Systems*, 54, 269-277.
- [4] Tsaur, R. (2012, July). A *Fuzzy Time Series Markov Chain* Model With an Application to Forecast The Exchange Rate Between The Taiwan and US Dollar. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 8(7(B)), 4931-4942.
- [5] Ujianto, Y., & Irawan, I. (2015). Perbandingan Performansi Metode Peramalan *Fuzzy*

Time Series yang Dimodifikasi dan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation (Studi Kasus Penutupan Harga IHSG). *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 2(2).

- [6] Susilawati, Ria, Sunendiari, Siti. (2022). *Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Menggunakan Metode Arima dan Grey System Theory*, *Jurnal Riset Statistika*, 2(1), 1-13.