

PERBANDINGAN FUZZY TIME SERIES MARKOV CHAIN DAN FUZZY TIME SERIES CHENG

(Studi Kasus : Indeks Harga Saham Gabungan)

Indira Irma Atmawanti¹, Arief Rachman Hakim^{2*}, Tarno³

^{1,2,3} Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

*e-mail: arief.rachman@live.undip.ac.id

DOI: 10.14710/j.gauss.13.1.121-132

Article Info:

Received: 2023-05-23

Accepted: 2024-10-04

Available online: 2024-10-08

Keywords:

*Fuzzy time series; Markov Chain;
Cheng; sMAPE*

Abstract: Investing is a hot and fast-growing topic right now. Stock investing is one of the most popular investments by the public. The JCI is an index that measures the performance of all stocks listed on the IDX. The closing price of the stock is published daily and can be used by investors as an investment benchmark. The occurrence of stock price fluctuations entails a high risk of loss. Predicting stock prices is one way to avoid this risk. Fuzzy time series is a time series model that can be used to minimize the risk of future occurrences. Time parameter data is not stationary, so this research uses fuzzy time series with Markov chains and Cheng's method to determine the JCI completion dates from January 2018 to June 2022. Calculating the accuracy level of the two method approaches using symmetric Mean Absolute Percentage Error (sMAPE), the sMAPE value obtained in the Fuzzy Time Series Markov Chain method is 2.11% and the Fuzzy Time Series Cheng method is 2.98%. The conclusion is that of the two methods the Markov Chain has a smaller value and can be said to be a better method compared to the Cheng method.

1. PENDAHULUAN

Menurut Undang-Undang Pasar Modal No.8 tahun 1995 mendefinisikan bahwa pasar modal sebagai kegiatan yang bersangkutan dengan penawaran umum dan perdagangan efek, perusahaan publik yang berkaitan dengan efek yang diterbitkannya, serta lembaga dan profesi yang berkaitan dengan efek. Pasar modal mempunyai peran strategis sebagai salah satu sumber pembiayaan bagi dunia usaha termasuk usaha menengah dan kecil untuk pembangunan usahanya, sedangkan di sisi lain juga merupakan wahana investasi bagi masyarakat, termasuk pemodal kecil dan menengah (Fahrin *et al.*, 2022). Dengan peran tersebut pertumbuhan ekonomi suatu negara dapat dilihat dari bagaimana perkembangan pasar modal maupun investasi di negara tersebut. Jika tingkat ekonomi negara semakin baik, maka tingkat kemakmuran penduduknya juga semakin membaik. Investasi merupakan salah satu upaya yang dilakukan dalam mengatasi permasalahan ekonomi Indonesia serta sarana menghimpun dana yang panjang, maka dari itu investasi banyak dilirik oleh para investor. Dalam berinvestasi para investor mempunyai risiko yang tinggi karena tingkat pengembaliannya berbanding lurus dengan risiko yang dihadapi, artinya semakin tinggi tingkat pengembalian maka semakin tinggi pula tingkat risikonya dan begitu pula sebaliknya. Tingkat pengembalian yang dimaksud yaitu jika seorang investor berinvestasi dengan nilai yang besar, maka risiko yang ditanggung juga bernilai besar.

Pasar modal dengan menggunakan saham adalah salah satu instrumen investasi yang banyak dipilih para investor karena mampu memberikan tingkat keuntungan yang menarik (Nurhayati, 2013). Salah satu indikator yang menunjukkan pergerakan harga saham adalah

Indeks Harga Saham (IHSG). IHSG menggambarkan suatu rangkaian informasi historis mengenai pergerakan harga saham gabungan sampai tanggal tertentu. Rangkaian informasi historis yang dilakukan setiap hari setelah penutupan perdagangan dapat dikategorikan sebagai data runtun waktu. Dengan dikategorikan sebagai data runtun waktu maka dapat diprediksi atau diramalkan untuk beberapa periode kedepan dengan manfaat mengurangi risiko bagi seorang investor. Metode runtun waktu memiliki beberapa metode yang dapat digunakan dalam meramalkan data, seperti: ARIMA, SARIMA, *Smoothing* dan sebagainya. Salah satu metode yang berkembang untuk meramalkan tanpa mensyaratkan asumsi-asumsi tertentu ialah pendekatan dengan menggunakan sistem *fuzzy* dalam peramalan data runtun waktu dengan *fuzzy time series*.

Fuzzy time series merupakan konsep yang diusulkan oleh Song dan Chissom (1993) dengan menggunakan teori himpunan *fuzzy* dan konsep linguistik. Sistem peramalan menggunakan pola data sebelumnya kemudian diproyeksikan untuk data yang akan datang. Berbagai metode *Fuzzy Time Series* yang dikembangkan, seperti *Fuzzy Time Series* Chen, Cheng, Markov Chain, S.R. Singh dan lainnya, Penelitian yang dilakukan oleh Syafrida (2021) tentang peramalan Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain serta penelitian yang dilakukan oleh Khalqi (2019) tentang peramalan IHSG menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Cheng dapat diketahui bahwa dalam pemaparan penelitian sebelumnya *fuzzy time series* markov chain dan cheng memiliki nilai akurasi yang sangat baik. Syarat asumsi-asumsi yang tidak terpenuhi seperti syarat stasioner pada data IHSG, maka akan dilakukan penelitian mengenai perbandingan metode *fuzzy time series* markov chain dan *fuzzy time series* cheng pada peramalan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Fuzzy Time Series adalah model non parametrik yang diperkenalkan oleh Song dan Chissom (1993). Metode ini mudah diimplementasikan dan sangat fleksibel, menyediakan cara untuk menangani data numerik dan non-numerik (Silva *et al.*, 2019). *Fuzzy time series* merupakan metode peramalan yang menggunakan prinsip-prinsip *fuzzy* seperti logika *fuzzy* dan himpunan *fuzzy*. Metode ini menangkap pola data dari masa lalu yang kemudian digunakan untuk meramalkan atau memprediksi data masa depan.

Logika *Fuzzy* merupakan ilmu yang mempelajari mengenai ketidakpastian serta mampu untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output dengan tepat. Dalam teoril sistem *fuzzy* dikenal suatu konsep sistem *fuzzy* yang digunakan dalam proses prediksi pada umumnya terdiri atas empat tahap, yaitu fuzzifikasi (proses perubahan bilangan tegas ke dalam bentuk bilangan *fuzzy*), pembentukan *rule* basis (basis aturan *fuzzy*), sistem inferensi atau penalaran *fuzzy*, defuzzifikasi (proses pembentukan bilangan *fuzzy* hasil dari sistem inferensi *fuzzy* ke dalam bilangan tegas) (Rahakbauw, 2015).

Selain itu, logika *fuzzy* dianggap metode yang lebih baik untuk menyortir dan menangani data serta terbukti menjadi pilihan yang baik untuk banyak aplikasi sistem kontrol (Singh & Mishra, 2015).

Penelitian Tsaur (2012) menyatukan metode *fuzzy time series* dengan markov chain yang bertujuan untuk memperoleh probabilitas terbesar menggunakan matriks probabilitas transisi (Jatipaningrum, 2016). Berikut adalah tahapan-tahapan peramalan metode *fuzzy time series* markov chain (Tsaur, 2012):

Langkah 1. Pembentukan semesta pembicaraan U Menentukan nilai maksimum dan minimum dari data aktual. Maka didefinisikan semesta pembicaraan U sebagai berikut:

$$U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2] \quad (1)$$

dengan,

D_{min} : nilai minimum

D_{max} : nilai maksimum

D_1 : bilangan positif secara acak ditentukan oleh peneliti

D_2 : bilangan positif secara acak ditentukan oleh peneliti

Pemberian nilai D_1 dan D_2 yaitu secara acak atau sembarangan, karena tujuan dari adanya penambahan nilai dari D_1 dan D_2 adalah untuk mempermudah pembagian interval, dimana nilainya ditentukan oleh peneliti (Yani *et al.*, 2012).

Langkah 2. Penentuan interval dengan membagi data aktual menjadi beberapa interval dengan lebar yang sama. Menggunakan rumus Struges dengan N adalah jumlah data sebagai berikut:

$$K = 1 + 3,322 \times \log N \quad (2)$$

panjang interval kelas didefinisikan yaitu:

$$l = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{K} \quad (3)$$

maka setiap interval yang sebagai berikut:

$$\begin{aligned} u_1 &= [D_{min} - D_1; D_{min} - D_1 + l] \\ u_2 &= [D_{min} - D_1 + l; D_{min} - D_1 + 2l] \\ &\vdots \end{aligned} \quad (4)$$

$$u_n = [D_{min} - D_1 + (n - 1)l; D_{min} - D_1 + nl]$$

Langkah 3. Menentukan himpunan *fuzzy* untuk semesta pembicaraan U . Setiap himpunan *fuzzy* $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$ dalam jumlah interval yang telah ditentukan, dimana A_1, A_2, \dots, A_n didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_1 &= \{1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0/u_n\} \\ A_2 &= \{0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + \dots + 0/u_n\} \\ &\vdots \end{aligned} \quad (5)$$

$$A_n = \{0/u_1 + \dots + 0,5/u_{n-1} + 1/u_n\}$$

di mana $u_i (i = 1, 2, \dots, n)$ yaitu elemen dari himpunan semesta pembicaraan U dan derajat keanggotaan $\mu_{A_i}(u_i)$ terhadap $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$ yang nilainya adalah 0; 0,5 dan 1.

Langkah 4. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* dan *Fuzzy Logical Relationship Group*. Tahap *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) adalah menentukan relasi logika *fuzzy* yaitu $A_i \rightarrow A_j$. A_i merupakan *current state* $Y_{(t-1)}$ dan A_j adalah *next state* pada waktu ke- t . kemudian pada tahap *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) yaitu mengelompokkan FLR ke dalam beberapa kelompok.

Langkah 5. Menentukan matriks probabilitas transisi Markov dengan melihat FLRG yang sudah didapat untuk menghasilkan probabilitas *state* selanjutnya. Berikut matriks transisi Markov dengan dimensi $n \times n$ yaitu:

$$P_{ij} = \frac{M_{ij}}{M_i}; i, j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

dengan:

P_{ij} : probabilitas transisi dari *state* A_i ke A_j satu langkah

M_{ij} : jumlah transisi dari *state* A_i ke A_j satu langkah

M_i : jumlah data yang termasuk dalam *state* A_i

Matriks probabilitas transisi *state* \mathbf{P} dapat ditulis :

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Langkah 6. Defuzzifikasi nilai peramalan yaitu dengan mengubah nilai yang berupa himpunan *fuzzy* ke dalam bilangan riil. Berdasarkan matriks probabilitas, maka peramalan dapat dihitung dengan aturan sebagai berikut:

a) Jika FLRG $A_i \rightarrow \emptyset$, nilai peramalan yaitu nilai tengah dari u_i dengan persamaan:

$$F_{(t)} = m_i \quad (8)$$

b) Jika FLRG A_i adalah relasi satu ke satu ($A_i \rightarrow A_k$ dengan $P_{ij} = 0$ dan $P_{ik} = 1, j \neq k$) maka persamaannya:

$$F_{(t)} = m_k P_{ik} = m_k \quad (9)$$

c) Jika FLRG A_i adalah relasi satu ke banyak ($A_i \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_n, i = 1, 2, \dots, n$), jika kumpulan $Y_{(t-1)}$ yang berada pada *state* A_i . Maka peramalan:

$$F_{(t)} = m_1 P_{i1} + \dots + m_{i-1} P_{i(i-1)} + Y_{(t-1)} P_{ii} + m_{i+1} P_{i(j+1)} + \dots + m_n P_{in} \quad (10)$$

Langkah 7. Menghitung nilai penyesuaian untuk meninjau kembali kesalahan peramalan. Aturan penyesuaian sebagai berikut:

a) Jika *state* A_i berkomunikasi dengan A_i , dimulai dari *state* A_i saat $t - 1$ dimana $F_{(t-1)} = A_i$ lalu mengalami peningkatan transisi ke *state* A_j pada saat t , ($i > j$). Nilai penyesuaian sebagai berikut:

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

dengan:

l : panjang interval

b) Jika *state* A_i berkomunikasi dengan A_i , dimulai dari *state* A_i saat $t - 1$ sebagaimana $F_{(t-1)} = A_i$ dan mengalami penurunan transisi ke *state* A_j pada saat t ($i > j$). Maka nilai penyesuaian sebagai berikut:

$$D_{t1} = -\left(\frac{l}{2}\right) \quad (12)$$

c) 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 penyesuaian sebagai berikut:

$$D_{t2} = \left(\frac{l}{2}\right) s \quad (1 \leq s \leq n - 1) \quad (13)$$

dengan:

s : banyaknya perpindahan transisi maju

d) Jika *state* A_i pada saat $t - 1$ sebagaimana $F_{(t-1)} = A_i$ dan terjadi perpindahan transisi mundur ke *state* A_{i+v} pada saat t ($1 \leq v \leq i$). Maka nilai penyesuaiannya sebagai berikut:

$$D_{t2} = -\left(\frac{l}{2}\right) v \quad (1 \leq v \leq i) \quad (14)$$

dengan:

v : banyaknya perpindahan transisi mundur

Langkah 8. Menghitung hasil peramalan yang sudah disesuaikan. Secara umum perhitungan peramalan dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$F'_t = F_t \pm D_{t1} \pm D_{t2} = F_t \pm \left(\frac{l}{2}\right) \pm \left(\frac{l}{2}\right) v \quad (15)$$

Metode lainnya yang dikembangkan oleh Song dan Chissom (1993) yaitu *fuzzy time series* metode cheng dengan menggunakan pembobotan berdasarkan urutan dan perulangan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) yang sama. Berikut ini tahapan-tahapan peramalan pada metode cheng (Fahmi *et al.*, 2013):

Langkah 1. Menentukan semesta pembicaraan U . Menggunakan nilai terbesar dan terkecil pada data aktual, maka didefinisikan sebagai berikut:

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

Langkah 2. Menentukan panjang interval dengan menggunakan rumus struges untuk menghitung banyaknya kelas:

$$K = 1 + 3,322 \times \log N$$

maka panjang interval yaitu:

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

Setiap interval diperoleh sebagai persamaan berikut:

$$u_1 = [D_{min} - D_1; D_{min} - D_1 + l]$$

$$u_2 = [D_{min} - D_1 + l; D_{min} - D_1 + 2l]$$

⋮

$$u_n = [D_{min} - D_1 + (n - 1)l; D_{min} - D_1 + nl]$$

Langkah 3. Himpunan *fuzzy* pada semesta pembicaraan U didefinisikan sebagai berikut:

$$A_1 = \{1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0/u_n\}$$

$$A_2 = \{0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + \dots + 0/u_n\}$$

⋮

$$A_n = \{0/u_1 + \dots + 0,5/u_{n-1} + 1/u_n\}$$

Langkah 4. Menetapkan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) berdasarkan data historis. FLR dapat dinyatakan sebagai $A_i \rightarrow A_j$.

Langkah 5. Menetapkan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG). Jika $A_i \rightarrow A_j$ dan $A_i \rightarrow A_k$ sama dengan t yang berbeda maka diambil satu saja. Jika $A_i \rightarrow A_j, A_i \rightarrow A_k$ maka relasi *fuzzy* digabungkan menjadi $A_i \rightarrow A_j, A_k$.

Langkah 6. Menetapkan bobot pada FLRG.

Misal terdapat suatu urutan FLR yang sama,

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

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

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

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

Dengan t adalah menyatakan waktu. Kemudian bobot yang didapat dimasukan ke dalam matriks pembobot (W) ditulis sebagai berikut:

$$W = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2n} \\ \vdots & \vdots & W_{ij} & \vdots \\ W_{n1} & W_{n2} & \dots & W_{nn} \end{bmatrix} \quad (16)$$

dengan W_i adalah bobot matriks pada baris ke- i dan kolom ke- j dengan $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n$.

Langkah 7. Mentransfer bobot FLRG ke dalam bentuk matriks pembobot

ternormalisasi (W^*) yang persamaanya ditulis sebagai berikut:

$$W^* = \begin{bmatrix} W_{11}^* & W_{12}^* & \dots & W_{1n}^* \\ W_{21}^* & W_{22}^* & \dots & W_{2n}^* \\ \vdots & \vdots & W_{ij}^* & \vdots \\ W_{n1}^* & W_{n2}^* & \dots & W_{nn}^* \end{bmatrix} \quad (17)$$

dengan W^* matriks pembobot ternormalisasi dengan persamaan:

$$W_{ij}^* = \frac{W_{ij}}{\sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (18)$$

Langkah 8. Menghitung nilai peramalan dengan mengalikan matriks pembobot ternormalisasi (W^*) dan nilai tengah (m_i) pada himpunan fuzzy tersebut. Sehingga persamaan peramalannya menjadi sebagai berikut:

$$F_i = W_{i1}^*(m_1) + W_{i2}^*(m_2) + \dots + W_{in}^*(m_n) \quad (19)$$

Jika hasil fuzzifikasi pada periode ke- i adalah A_i dan tidak memiliki FLR pada FLRG dapat ditulis dengan kondisi $A_i \rightarrow \emptyset$, maka nilai peramalannya adalah nilai tengah (m_i).

Dua metode fuzzy time series di atas menghasilkan data peramalan yang berbeda. Salah satu cara untuk membandingkan nilai akurasi dikemukakan oleh Makridakis dan Hibon (2000) bahwa ukuran yang digunakan untuk mengukur ketepatan peramalan adalah sMAPE (*symmetric Mean Absolute Percentage Error*). Tahapan ini bertujuan untuk menghindari besarnya error yang terjadi pada data aktual dengan nilai peramalan yang didapat. sMAPE menghitung ukuran presentase kesalahan dengan rumus:

$$sMAPE = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N \left| \frac{F_t^I - F_t}{|F_t^I| + |F_t|} \right| \times 100\% \quad (20)$$

dengan:

N : banyak data

F_t : data aktual

F_t^I : data hasil peramalan

Semakin kecil nilai sMAPE yang diperoleh maka menunjukkan bahwa persentase kesalahan yang dihasilkan oleh metode tersebut juga semakin kecil.

3. METODE PENELITIAN

Jenis data yang digunakan pada adalah data sekunder, yaitu data harga penutupan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) bulanan periode bulan Januari 2018 hingga Juni 2022 dengan jumlah 54 data yang diunduh dari situs resmi yang menampilkan data historis yaitu <http://finance.yahoo.com>.

Penelitian Tugas Akhir ini data dianalisis menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain dan Cheng. Langkah-langkah analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis deskriptif pada data.
2. Melakukan perhitungan dengan menggunakan metode *fuzzy time series* markov chain, langkah-langkahnya yaitu:
 - a. Menentukan semesta pembicaraan U dari data aktual.
 - b. Pembentukan interval dan nilai tengah pada setiap interval yang terbentuk.
 - c. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* untuk semesta pembicaraan U .
 - d. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) menggunakan relasi logika *fuzzy*. Serta menetapkan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) dengan menggunakan FLR ke dalam beberapa kelompok.
 - e. Menentukan matriks probabilitas transisi markov menggunakan FLRG.

- f. Defuzzifikasi nilai peramalan dengan mengubah himpunan *fuzzy* ke bentuk bilangan riil.
 - g. Menghitung nilai penyesuaian pada hasil peramalan dengan 4 aturan penyesuaian.
 - h. Melakukan perhitungan nilai peramalan akhir yang telah disesuaikan.
3. Perhitungan menggunakan metode *fuzzy time series* cheng, langkah-langkahnya sebagai berikut:
 - a. Menentukan semesta pembicaraan U dari data aktual.
 - b. Pembentukan interval dan nilai tengah pada setiap interval yang terbentuk.
 - c. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* untuk semesta pembicaraan U .
 - d. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) menggunakan relasi logika *fuzzy*. Serta menetapkan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) dengan menggunakan FLR ke dalam beberapa kelompok.
 - e. Menetapkan pembobotan lalu normalisasi matriks pembobot yang terbentuk.
 - i. Defuzzifikasi nilai peramalan dengan mengubah himpunan *fuzzy* ke bentuk bilangan riil.
 4. Menghitung nilai ketepatan peramalan menggunakan SMAPE pada masing-masing metode.
 5. Membandingkan dan mencari nilai akurasi data peramalan periode ke depan dengan data aktualnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian menggunakan harga penutupan saham bulanan IHSG dengan periode waktu bulan Januari 2018 hingga Juni 2022. Gambar plot runtun waktu data IHSG seperti berikut:



Gambar 1. Plot Harga Penutupan IHSG Periode Januari 2018-Juni 2022

Berdasarkan gambar 1 terlihat IHSG mengalami penurunan yang cukup tajam pada periode tahun 2020. Harga penutupan yang minimum terdapat pada bulan Maret 2020 sebesar Rp. 4.538,93, sedangkan nilai maksimal terdapat pada bulan April 2022 sebesar Rp. 7.228,914. Pola *trend* naik terlihat pada gambar 1 karena memiliki suatu kecenderungan naik dalam waktu tertentu yang dapat disebabkan oleh faktor-faktor eksternal maupun internal serta data tersebut tidak stasioner. Pada data ini faktor yang mempengaruhi yaitu adanya pandemi Covid-19 yang terjadi diawal tahun 2020.

Fuzzy time series markov chain menggunakan matriks probabilitas transisi bertujuan untuk memperoleh probabilitas terbesar.

Langkah 1. Menentukan Semesta Pembicaraan U . Data aktual penutupan harga IHSG periode bulan Januari 2018 hingga Juni 2022 memiliki data terkecil atau minimal (D_{min}) sebesar 4538,93 dan data terbesar atau maksimal sebesar 7228,914. Nilai D_1 dan D_2 yang merupakan nilai positif sembarang dipilih oleh peneliti yaitu 0,2 dan 0,1. Nilai U adalah :

$$\begin{aligned}
 U &= [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2] \\
 &= [4538,93 - 0,2 ; 7228,914 + 0,1]
 \end{aligned}$$

$$= 4538,73 ; 7229,014$$

Langkah 2. Menentukan interval dan nilai tengah dengan menggunakan rumus struges untuk mencari banyaknya jumlah interval dengan n adalah banyaknya data yaitu 54, maka persamaanya:

$$\begin{aligned} K &= 1 + 3,322 \times \log N \\ &= 1 + 3,322 \times \log(54) \\ &= 6,75501207 \\ &\approx 7 \end{aligned}$$

banyaknya kelas dari 54 data didapatkan sebesar 6,75501207 dan dibulatkan menjadi 7. Maka panjang tiap intervanya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} l &= \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{K} \\ &= \frac{[(7228,914 + 0,1) - (4538,930 - 0,2)]}{7} \\ &= 384,326 \end{aligned}$$

kemudian menentukan nilai tengah setiap himpunan semesta U menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} m_i &= \frac{(\text{batas bawah} + \text{batas atas})}{2} \\ m_1 &= \frac{(4538,730 + 4923,056)}{2} = 4730,893 \end{aligned}$$

Tabel 1. Interval dan Nilai Tengah

u_i	Batas Bawah	Batas Atas	Nilai Tengah (m_i)
1	4538,730	4923,056	4730,893
2	4923,056	5307,383	5115,220
3	5307,383	5691,709	5499,546
4	5691,709	6076,035	5883,872
5	6076,035	6460,362	6268,198
6	6460,362	6844,688	6652,525
7	6844,688	7229,014	7036,851

Langkah 3. Menentukan himpunan *fuzzy* pada semesta pembicaraan U . Berikut himpunan *fuzzy* yang terbentuk.

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

Sebagai contoh bulan Januari 2018 ($t = 1$) sebesar 6605,631 yang masuk ke dalam interval u_6 [6460.362; 6844.688]. Dengan masuknya pada interval u_6 , maka data diubah menjadi nilai linguistik A_6 , begitu seterusnya hingga data ke 54.

Langkah 4. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG).Data bulan Januari 2018 ($t = 1$) mempunyai nilai linguistik

atau fuzzifikasi A_6 dan data bulan Februari 2018 ($t = 2$) fuzzifikasi A_6 sehingga terbentuk FLR ($A_6 \rightarrow A_6$) dan seterusnya.

Tabel 2. *Fuzzy Logical Relationship (FLR)*

t	Bulan	IHSG	FLR
1	Jan-18	6605,631	-
2	Feb-18	6597,218	$A_6 \rightarrow A_6$
3	Mar-18	6188,987	$A_6 \rightarrow A_5$
⋮	⋮	⋮	⋮
52	Apr-22	7228,914	$A_7 \rightarrow A_7$
53	Mei-22	7148,970	$A_7 \rightarrow A_7$
54	Jun-22	7042,937	$A_7 \rightarrow A_7$

Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG) dapat ditentukan dengan melihat FLR yang sudah dihasilkan. Berikut ini merupakan hasil lengkap untuk FLRG.

Tabel 3. *Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)*

Current State	Next State
A_1	$\rightarrow 3(A_1), 2(A_2)$
A_2	$\rightarrow A_1, A_2, A_3$
A_3	$\rightarrow A_1, A_4$
A_4	$\rightarrow A_3, 12(A_4), 4(A_5)$
A_5	$\rightarrow 4(A_4), 7(A_5), 3(A_6)$
A_6	$\rightarrow 3(A_5), 4(A_6), A_7$
A_7	$\rightarrow 4(A_7)$

Langkah 5. Menentukan matriks probabilitas transisi markov Matriks probabilitas transisi yang terbentuk dari FLRG berorde 7×7 berdasarkan dengan banyaknya interval. Matriks transisi probabilitas dengan elemennya dapat disajikan sebagai berikut:

$$P = \begin{bmatrix} 3/5 & 2/5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1/3 & 1/3 & 1/3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1/2 & 0 & 0 & 1/2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/17 & 12/17 & 4/17 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4/14 & 7/14 & 3/14 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3/8 & 4/8 & 1/8 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Langkah 6. Defuzzifikasi nilai peramalan dengan mengubah himpunan *fuzzy* ke dalam bentuk bilangan riil. Peramalan awal pada masing-masing data dapat dicari dengan menggunakan aturan pada persamaan (8), (9), (10). Perhitungan ini menggunakan data aktual $t - 1$ yang dimulai dari $t = 2$ adalah bulan Februari 2018. FLR yang terbentuk yaitu $A_6 \rightarrow A_6$, sehingga peramalan awal sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_{(3)} &= m_5 P_{65} + Y_2 P_{66} + m_7 P_{67} \\ &= 6268,198(3/8) + 6597,218(4/8) + 7036,851(1/8) \\ &= 6528,79 \end{aligned}$$

seterusnya hingga $t = 54$ atau bulan Juni 2022.

Langkah 7. Menghitung nilai penyesuaian pada peramalan awal. Pada bulan Maret 2018 FLR yang terbentuk $A_6 \rightarrow A_5$. Berikut perhitungan untuk nilai penyesuaiannya:

$$D_{t_1} - D_{t_2} = -l/2 - l/2(v) = -384,326/2 - 384,326/2(1) = -384,326$$

Hasi peramalan Maret 2018 mengalami penurunan transisi serta memiliki nilai $v = 1$ disebabkan perpindahan mundur 1 langkah. Nilai penyesuaian hasil peramalan bernilai 0 jika tidak ada perpindahan transisi pada FLR.

Langkah 8. Perhitungan nilai akhir peramalan. Peramalan akhir untuk bulan Maret 2018 adalah:

$$F'_{(3)} = F_{(3)} \pm D_{t_1} \pm D_{t_2} = 6528,79 - (384,326/2) - (384,326/2)(1) = 6144,463$$

Berdasarkan nilai peramalan akhir bulan Maret 2018 sebesar Rp 61.44,463. Selesaiannya perhitungan metode *fuzzy time series* markov chain, selanjutnya dilakukan perhitungan *fuzzy time series* cheng.

Fuzzy time series cheng memiliki beberapa langkah yang sama dengan *fuzzy time series* markov chain. Kedua metode memiliki perbedaan yaitu untuk *fuzzy time series* cheng menggunakan pembobotan. Untuk langkah kesatu sampai kelima sama seperti langkah *fuzzy time series* markov chain. Lalu perbedaan dimulai pada terbentuknya matriks pembobot untuk *fuzzy time series* cheng.

Langkah 6. Menetapkan matriks pembobot. Hasil pembobotan data data aktual kemudian dinormalisasi, dengan menggunakan persamaan (16). FLRG pertama $A_1 \rightarrow A_1$ ada sebanyak 3 yang muncul maka diberikan bobot 3. Maka pembobot ternormalisasinya adalah:

$$W_{11}^* = \frac{W_{11}}{\sum_{j=1}^7 W_{1j}} = \frac{3}{5}$$

Maka diperoleh matriks pembobot ternormalisasi sebagai berikut:

$$W^* = \begin{bmatrix} 3/5 & 2/5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1/3 & 1/3 & 1/3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1/2 & 0 & 0 & 1/2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/17 & 12/17 & 4/17 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4/14 & 7/14 & 3/14 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3/8 & 4/8 & 1/8 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Langkah 7. Defuzzifikasi nilai peramalan dengan mengubah himpunan *fuzzy* ke dalam bilangan riil. Tahap defuzzifikasi ini matriks pembobot ternormalisasi dikalikan dengan nilai tengah. Dengan nilai $i = 1$ dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

$$F_1 = W_{11}^*(m_1) + W_{12}^*(m_2) = \left(\frac{3}{5} \times 4730,983\right) + \left(\frac{2}{5} \times 5115,220\right) = 4884,62$$

maka hasil defuzzifikasi disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4. Defuzzifikasi pada *Fuzzy Time Series* Cheng

Grup	Relasi	Prediksi (F_i)
A_1	A_1, A_2	4884,624
A_2	A_1, A_2, A_3	5115,220
A_3	A_1, A_4	5307,383
A_4	A_3, A_4, A_5	5951,694
A_5	A_4, A_5, A_6	6240,747

A_6	A_5, A_6, A_7	6556,443
A_7	A_7	7036,851

Berdasarkan hasil nilai peramalan yang sudah dihitung menggunakan *fuzzy time series* metode markov chain dan *fuzzy time series* metode cheng, maka selanjutnya dilakukan uji ketetapan dengan menggunakan sMAPE. Hasil perhitungan pada IHSG dengan menggunakan *fuzzy time series* metode markov chain mendapat nilai sebesar 2,11% dengan tingkat akurasi mencapai 97,89% dari data aktual, sedangkan menggunakan metode *fuzzy time series* metode cheng nilainya sebesar 2,98% dengan tingkat akurasi 97,02% dari data aktual. Dari hasil nilai sMAPE dapat dikatakan kedua metode memenuhi kriteria hasil peramalan yang sangat baik karena nilai sMAPE < 10%. Jika dibandingkan kedua metode tersebut *fuzzy time series* metode markov chain lebih baik dibandingkan *fuzzy time series* metode cheng karena memiliki nilai tingkat akurasi yang lebih besar.

Meramalkan satu periode ke depan menggunakan *fuzzy time series* markov chain untuk bulan Juni 2022 ($t = 55$). Hasil peramalan bulan Juni 2022 ($t = 54$) Rp. 7.148,97, maka dimisalkan data aktual dari bulan Juli 2022 ($t = 55$) adalah Rp. 7.148,97 yang mana berada pada interval u_7 [6844,688; 7229.014]. Fuzzifikasi yang didapat yaitu A_7 dengan FLR yang terbentuk $A_7 \rightarrow A_7$, sehingga hasil peramalannya :

$$\begin{aligned} F_{55} &= m_7 \times P_{77} \\ &= m_7 \times 1 \\ &= 7036,851 \end{aligned}$$

Data aktual yang sudah diterbitkan pada website untuk bulan Juli 2022 sebesar Rp. 6.911,12 dan nilai peramalan yang dihitung menggunakan *fuzzy time series* markov chain sebesar Rp. 7.036,85 memiliki nilai ketetapan model sebesar 1,23%.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisis yang diperoleh dengan menggunakan data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) periode bulan Januari 2018 hingga Juni 2022. *Fuzzy time series* metode markov chain menghasilkan nilai sMAPE sebesar 2,11% dengan tingkat akurasi 97,89%. Sedangkan untuk *fuzzy time series* metode cheng menghasilkan nilai sMAPE sebesar 2,98% dengan tingkat akurasi 97,02%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini *fuzzy time series* metode markov chain memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan *fuzzy time series* metode cheng. Perbandingan data aktual dibulan Juni 2022 dengan hasil peramalan memakai *fuzzy time series* markov chain sebesar 1,23%.

DAFTAR PUSTAKA

- Fahmi, T., Sudarno., & Wilandari, Y. (2013). Perbandingan Metode Eksponensial Tunggal dan Fuzzy Time Series untuk Memprediksi Indeks Harga Saham Gabungan. *Jurnal Gaussian*, Vol. 2, 137-146
- Fahrin, S.M., Novianti, A., & Arifah, A. (2022). Pengenalan Manajemen Investasi dan Pasar Modal Bagi Mahasiswa/I Universitas Muhammadiyah Riau. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, Vol 6, No. 1, Hal : 2165-2171.
- Jatipaningrum, M. T. (2016). Peramalan Data Produk Domestik Bruto Dengan Fuzzy Time Series Markov Chain. *Jurnal Teknologi*, Vol. 9, No. 1, Hal 31-38.
- Khalqi, M. A., Hadijati, M. & Fitruyani, N. (2019). Peramalan Indeks harga Saham Gabungan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Cheng. *Memperkaya Literasi Matematika dan Pedagogi Guru Melalui Refleksi, Inovasi, dan Teknologi*, Vol 2, No. 1, Hal 84-95.

- Makridakis, S., & Hibbon, M. (2000). The M3-Competition: Result, Conclusion and Implications. *International Journal of Forecasting*. Vol.16, Hal:451-476.
- Nurhayati, M. (2013). Profitabilitas, likuiditas dan ukuran perusahaan pengaruhnya terhadap kebijakan dividen dan nilai perusahaan sektor non jasa. *Jurnal Keuangan dan Bisnis*, Vol. 5, No. 2, Hal 144-153.
- Rahakbauw, D. L. (2015). Penerapan Logika Fuzzy Metode Sugeno untuk Menentukan Jumlah Produksi Roti Berdasarkan Data Persediaan dan Jumlah Permintaan (Studi Kasus: Pabrik Roti Sarinda Ambon). *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, Vol. 9, No. 2, 121-134.
- Silva, P. C. L., Sadaei, H. J., & Guimaraes, F. G. (2019). Probabilistic Forecasting With Fuzzy Time series. *IEEE Transactions on Fuzzy System*, 1-1.
- Singh, B., & Mishra, A. K. (2015). Fuzzy Logic Control System and its Applications. *International Research Journal of Engineering and Technology*, Vol. 2, No. 8, Hal 742-746.
- Son, Q., & Chissom, B. S. (1993). Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series part I. *Fuzzy Sets and System* 54: 1-9.
- Syafrida, I. M., Nur, I. M., & Arum, P. R. (2021). Peramalan Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) dengan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Markov Chain. *Repository Universitas Muhammadiyah Semarang*.
- 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. *54 International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, Vol. 8, No. 7(B), pp 4931–4942.
- Yani, R. F., Wardhani, L. K., & Yanto, F. (2012). Analisis Metode First Order And Time Invariant Model untuk Peramalan Harga Saham. Pekanbaru: UIN Sultan Syarif Kasim.