
Forecasting the Composite Stock Price Index Using Fuzzy Time Series Type 2

ARSITA ANGGRAENI PRAMESTI¹, WINITA SULANDARI^{2*}, SRI SUBANTI³, YUDHO
YUDHANTO⁴

¹Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Central Java, Indonesia
arsitaanggraeni@student.uns.ac.id

²Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Central Java, Indonesia
[*winita@mipa.uns.ac.id](mailto:winita@mipa.uns.ac.id)

³Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Central Java, Indonesia
srisubanti@staff.uns.ac.id

⁴Sekolah Vokasi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Central Java, Indonesia
yuda@mipa.uns.ac.id

Abstract

The fluctuation of the Composite Stock Price Index (CSPI) is one of the references for investors in making investment decisions for buying, selling, or holding share ownership. Forecasting the value of the CSPI can assist investors in making this decision. This study implements the fuzzy time series (FTS) type 2 method to predict the CSPI. The data used in this work are the monthly CSPI from January 2017 to December 2021 with three variables, close price, high price, and low price. In FTS forecasting, the length of the interval affects the prediction results. This study uses a distribution and average-based method to determine the interval length for optimal forecasting results. Based on the experiment, the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) obtained from the FTS type 2 when the length of interval determined by distribution-based and average-based methods are 2.50% and 2.56%, respectively. It can be said that the FTS type 2 models with two different length of intervals provide good forecasting results.

Keywords: cpsi, fuzzy time series type 2, length of the interval, mape



Copyright © 2023 The Author(s)

This is an open-access article under the CC BY-SA license.

*corresponding author

Peramalan Indeks Harga Saham Gabungan dengan menggunakan *Fuzzy Time Series* Tipe 2

Abstrak

Fluktuasi Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) menjadi salah satu acuan bagi para investor dalam mengambil keputusan untuk berinvestasi baik itu membeli, menjual, maupun menahan kepemilikan saham. Peramalan terhadap nilai IHSG dapat membantu para investor dalam mengambil keputusan tersebut. Penelitian ini menerapkan metode *fuzzy time series* (FTS) tipe 2 untuk meramalkan IHSG. Data yang digunakan yaitu data IHSG bulanan tahun 2017-2021 dengan tiga variabel yaitu harga penutupan, harga tertinggi, dan harga terendah. Dalam peramalan FTS, panjang interval sangat mempengaruhi hasil prediksi. Penelitian ini menggunakan metode berbasis distribusi dan rata-rata untuk menentukan panjang interval agar hasil peramalan optimal. Berdasarkan percobaan, nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang diperoleh dari FTS tipe 2 ketika panjang interval ditentukan dengan metode berbasis distribusi dan rata-rata adalah 2,50% dan 2,56%. Dapat disimpulkan bahwa model FTS tipe 2 dengan dua panjang interval yang berbeda memberikan hasil peramalan yang baik.

Kata kunci: IHSG, *fuzzy time series* tipe 2, panjang interval, MAPE

PENDAHULUAN

Indeks Harga Saham Gabungan merupakan indeks rata-rata gabungan saham yang diperjualbelikan di Bursa Efek Indonesia (BEI) (Asrini, 2017). Fluktuasi IHSG menjadi salah satu acuan bagi investor dalam mengambil keputusan dalam berinvestasi baik itu membeli, menjual, maupun menahan kepemilikan saham. Peramalan terhadap nilai IHSG dapat membantu para investor dalam mengambil keputusan tersebut.

Fuzzy time series tipe 2 yang dibahas oleh Huarng dan Yu pada tahun 2005, adalah pengembangan dari *fuzzy time series* tipe 1 yang bertujuan untuk mengatasi beberapa kelemahan pada pendekatan tipe 1 (Huarng & Yu, 2005). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa peramalan dengan *fuzzy time series* tipe 2 dengan memanfaatkan variabel yang lebih banyak menghasilkan nilai *error* yang lebih kecil dibanding nilai *error* peramalan dengan metode *fuzzy time series* tipe 1.

Dalam penerapan metode *fuzzy time series*, panjang interval mempengaruhi hasil peramalan dalam *fuzzy time series* (Virgianti, 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Huarng (2001) menunjukkan bahwa panjang interval berbasis rata-rata dan distribusi dapat meningkatkan hasil peramalan dari penelitian sebelumnya yang menggunakan panjang interval empiris. Penelitian *fuzzy time series* tipe 2 dengan

menggunakan metode berbasis distribusi dan rata rata dalam penentuan interval diharapkan dapat menghasilkan peramalan yang optimal.

Dalam penelitian ini, peneliti menerapkan metode *fuzzy time series* tipe 2 untuk meramalkan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) dengan penentuan panjang interval dengan metode berbasis rata rata dan distribusi untuk memperoleh hasil peramalan yang optimal. Penelitian ini akan menggunakan 3 variabel yaitu harga penutupan, harga terendah, dan harga tertinggi. Untuk menghitung akurasi peramalan, peneliti akan menggunakan kriteria MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harga penutupan, harga terendah, dan harga tertinggi IHSG bulanan periode Januari 2017 hingga Desember 2021 yang diunduh secara langsung dari laman *yahoo finance*.

Langkah Penelitian

Data IHSG bulanan dimodelkan menggunakan metode *fuzzy time series* tipe 2 dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Membagi observasi X_t ($t = 1, 2 \dots, n$), menjadi data *training* dan data *testing*.
2. Menentukan semesta pembicaraan (U)
3. Menentukan panjang interval dan banyaknya interval yang ditentukan dengan metode distribusi dan rata-rata.
 - a) Metode berbasis distribusi dihitung berdasarkan distribusi selisih pertama data. Metode berbasis distribusi memiliki algoritma sebagai berikut.
 - i. Menghitung nilai selisih mutlak antara X_{t+1} dan X_t ($t = 1, 2 \dots, n - 1$),
 - ii. Menentukan panjang interval dari rata-rata nilai selisih mutlak (r_1) dengan persamaan (1).

$$r_1 = \frac{\sum_1^n |X_{t+1} - X_t|}{n - 1} \quad (1)$$

- iii. Menentukan basis dari panjang interval berdasarkan nilai r_1 yang diperoleh dari langkah ii sesuai dengan tabulasi basis pada Tabel 1.

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

- iv. Menentukan jumlah interval (p) dengan persamaan (2).

$$p_1 = \frac{D_{max} + d_2 - D_{min} - d_1}{l_1} \quad (2)$$

dengan l_1 adalah basis panjang interval yang diperoleh dari tahap iii.

- b) Metode berbasis rata-rata (average-based) memiliki algoritma sebagai berikut
 - i. Menghitung nilai selisih mutlak antara X_{t+1} dan X_t ($t = 1, 2 \dots, n - 1$) sehingga diperoleh setengah rata-rata nilai selisih mutlak (r_2).
 - ii. Menentukan basis dari panjang interval berdasarkan panjang interval yang diperoleh dari langkah ketiga sesuai dengan tabulasi basis pada Tabel 1.
 - iii. Menentukan jumlah interval (p) dengan persamaan (3).

$$p_2 = \frac{D_{max} + d_2 - D_{min} - d_1}{l_2} \quad (3)$$

dengan l_2 adalah basis panjang interval yang diperoleh dari tahap 3b)ii.

- 4. Menentukan model peramalan dengan masing-masing panjang interval yang diperoleh dari 3
 - a) Mempartisi data menjadi p interval berdasarkan nilai p yang diperoleh dari langkah 3 pada data *training* menggunakan variabel harga penutupan.
 - b) Melakukan fuzzifikasi dengan mendefinisikan himpunan fuzzy pada data *training* menggunakan variabel harga penutupan.

Pendefinisian himpunan fuzzy A_1, A_2, \dots, A_p pada semesta pembicaraan U adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A_1 &= 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + \dots + 0/u_p \\
 A_2 &= 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + \dots + 0/u_p \\
 A_3 &= 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 + \dots + 0/u_p \\
 &\dots \\
 A_p &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + \dots + 0,5/u_{p-1} + 1/u_p
 \end{aligned}$$

u_i merupakan himpunan *fuzzy* ke- i dan bilangan yang diberi simbol “/” menyatakan derajat keanggotaan u_i terhadap A_i , dengan $i = 1, 2, 3, \dots, p$ dengan nilai 0,5; 1; atau 0. Selain itu, tanda (+) dalam pendefinisian derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* terhadap A_i di atas tidak melambangkan operasi penjumlahan, melainkan melambangkan keseluruhan unsur-unsur u_i (Fauziah, 2016)

- c) Menentukan FLR dan FLRG pada data *training* menggunakan variabel harga penutupan.

Ketika $F(t - 1) = A_i$ dan $F(t) = A_j$, hubungan antara $F(t - 1)$ dan $F(t)$ disebut *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dan dinotasikan dengan $A_i \rightarrow A_j$, dengan A_i disebut LHS (*Left-hand Side*) dan A_j disebut RHS (*Right-hand Side*) dari FLR. FLR dengan himpunan fuzzy yang sama pada ruas kiri dapat dikelompokkan lebih lanjut ke dalam *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) (Huarng & Yu, 2005). Misalkan terdapat

$$A_i \rightarrow A_{j1},$$

$$A_i \rightarrow A_{j2},$$

$$A_i \rightarrow A_{jm},$$

FLR tersebut dapat dikelompokkan ke dalam FLRG $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, A_{jm}$.

d) Melakukan fuzzifikasi pada data *testing*

Fuzzifikasi pada data *testing* dilakukahn pada 3 variabel yaitu harga penutupan, harga tertinggi, dan harga terendah.

e) Menghitung peramalan setelah dikenai operator \vee_m dan \wedge_m .

Operator digunakan untuk memasukkan atau menyaring hubungan fuzzy yang diperoleh dari observasi tipe 1 dan 2. Peramalan tipe 2 kemudian dihitung dari hubungan fuzzy ini (Huarng & Yu, 2005). Operasi union (\vee) dan intersection (\wedge) didefinisikan untuk menghitung hubungan antara dua FLRG yang ditunjukkan oleh persamaa 5 dan 6.

$$\vee (LHS_a, LHS_b) = RHS_a \cup RHS_b \tag{5}$$

$$\wedge (LHS_a, LHS_b) = RHS_a \cap RHS_b \tag{6}$$

dengan operator \cup adalah union dan \cap adalah intersection untuk teori himpunan; LHS_a dan RHS_a adalah LHS dan RHS dari masing masing $FLRG_a$

f) Mendefuzzifikasikan peramalan

Defuzzifikasi merupakan sebuah proses yang berkebalikan dengan proses fuzzifikasi. Hasil yang didapat dari \vee_m dan \wedge_m akan didefuzzifikasi lebih lanjut sebagai peramalan yang didefuzzifikasi menggunakan persamaan 7 dan 8 (Widayati, 2017).

$$\hat{X}_{t(\vee)} = \frac{\sum_{z=1}^j m_{qz}}{j} \tag{7}$$

$$\hat{X}_{t(\wedge)} = \frac{\sum_{z=1}^j m_{qz}}{j} \tag{8}$$

dengan $\hat{X}_{t(\vee)}$ dan $\hat{X}_{t(\wedge)}$ adalah defuzzifikasi peramalan dari observasi tipe 2, m_{qz} sebagai nilai tengah peramalan setelah dikenai operasi \vee_m dan \wedge_m , dan j sebagai total peramalan setelah dikenai operasi \vee_m dan \wedge_m

- g) Melakukan peramalan keseluruhan untuk *fuzzy time series* tipe 2.

Peramalan keseluruhan untuk *fuzzy time series* tipe 2 dihitung dengan mengambil rata-rata peramalan yang telah didefuzzifikasikan menggunakan persamaan 9.

$$\hat{X}_t = \frac{\hat{X}_{t(v)} + \hat{X}_{t(\wedge)}}{2} \tag{9}$$

- h) Menentukan nilai MAPE.

Nilai MAPE dapat dihitung dengan persamaan 10 (Nugroho & Purqon, 2015).

$$MAPE = \frac{1}{n_2} \sum_{t=1}^{n_2} \left| \frac{X_t - \hat{X}_t}{X_t} \right| \times 100\% \tag{10}$$

dengan X_t adalah data aktual, \hat{X}_t adalah hasil peramalan, dan n_2 adalah total pengamatan data *testing* pada waktu t . Kriteria nilai MAPE ditunjukkan pada Tabel 2 (Chang, Wang, & Liu, 2007).

Tabel 2. Kriteria MAPE

Nilai MAPE	Kriteria
<10%	Sangat Baik
10% - 20%	Baik
20% - 50%	Cukup
>50%	Buruk

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi data *training* dan data *testing*

Langkah awal yang dilakukan dalam observasi yaitu membagi observasi menjadi data *training* dan *testing*. Data *training* yang digunakan yaitu Januari 2017-Desember 2020, sedangkan data *testing* yang digunakan yaitu dari Januari 2021-Desember 2021. Jumlah data *training* yaitu $n_1 = 48$, sedangkan jumlah data *testing*, yaitu $n_2 = 12$.

Semesta pembicaraan

Pada data observasi IHSG yang digunakan, nilai D_{min} diperoleh sebesar 4538,9, dan nilai D_{max} diperoleh sebesar 6754,5. Nilai d_1 dan d_2 merupakan bilangan positif yang ditentukan oleh peneliti untuk menentukan suatu semesta pembicaraan. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan $d_1 = 38,9$ dan $d_2 = 1345,5$. Semesta pembicaraan didefinisikan sebagai

$$U = [D_{min} - d_1, D_{max} + d_2]$$

$$U = [4538,9 - 38,9; 6754,5 + 1345,5]$$

$$U = [4500, 8100]$$

Panjang Interval

Dalam penelitian ini, peramalan *fuzzy time series* tipe 2 dilakukan menggunakan 2 panjang interval yang berbeda, yaitu panjang interval berbasis distribusi dan rata-rata.

1. Panjang Interval berbasis distribusi

Langkah awal dalam menentukan panjang interval berbasis distribusi yaitu dengan menghitung nilai selisih mutlak.

$$r_1 = \frac{\sum_1^n |X_{t+1} - X_t|}{n - 1} = 183,214$$

Karena nilai r_1 diperoleh sebesar 183,214 maka, berdasarkan Tabel 1, diperoleh basis = 100. Panjang interval dipilih dari panjang terbesar yang lebih kecil dari setidaknya setengah selisih mutlak, sehingga 100 dipilih sebagai panjang interval berbasis distribusi (l_1). Dari panjang interval tersebut, maka diperoleh jumlah interval sebagai berikut :

$$p_1 = \frac{D_{max} + d_2 - D_{min} - d_1}{l_1} = \frac{8100 - 4500}{100} = 36$$

Dari hasil tersebut, maka $U=[4500,8100]$ dibagi menjadi 36 interval dengan panjang interval 100.

2. Panjang Interval berbasis rata-rata

Panjang interval berbasis distribusi didapatkan dengan menghitung nilai setengah rata-rata selisih mutlak. Nilai $r_2 = 91,607$. Berdasarkan hasil tabulasi, maka diperoleh basis = 10, sehingga diperoleh panjang interval berbasis rata-rata $l_2 = 90$. Dari panjang interval tersebut, maka diperoleh jumlah intrval sebagai berikut :

$$p_2 = \frac{D_{max} + d_2 - D_{min} - d_1}{l_2} = \frac{8100 - 4500}{90} = 40$$

Berdasarkan hasil tersebut, maka $U=[4500,8100]$ dibagi menjadi 40 interval.

Peramalan dengan *fuzzy time series* tipe 2

1. Panjang Interval berbasis distribusi

Dari langkah sebelumnya, diperoleh panjang interval 100 dan jumlah interval 36. Langkah selanjutnya yaitu mempartisi data menjadi 36 interval pada data *training* menggunakan variabel harga penutupan. Hasil partisi interval disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3 Hasil partisi interval panjang interval berbasis distribusi

interval	Batas bawah	Batas atas	Nilai tengah
u_1	4500	4600	4550
u_2	4600	4700	4650
u_3	4700	4800	4750

interval	Batas bawah	Batas atas	Nilai tengah
...
u_{36}	8000	8100	8050

Setiap A_i didefinisikan oleh $u_1, u_2, u_3, \dots, u_{36}$:

$$A_1 = 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + \dots + 0/u_{36}$$

$$A_2 = 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + \dots + 0/u_{36}$$

$$A_3 = 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 + \dots + 0/u_{36}$$

...

$$A_{36} = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + \dots + 0,5/u_{35} + 1/u_{36}$$

Fuzzifikasi diperoleh dari hasil pendefinisian A_i . Misalnya untuk pendefinisian A_1 . Dari hasil pendefinisian, diperoleh derajat keanggotaan u_1 adalah 1, derajat keanggotaan u_2 adalah 0,5 dan derajat keanggotaan u_3 sampai dengan u_{36} adalah 0. Derajat keanggotaan maksimum terletak pada u_1 sebesar 1 dan interval u_1 [4500, 4600]. Berdasarkan derajat keanggotaan maksimum tersebut, maka hasil fuzzifikasi dari suatu nilai yang berada pada interval [4500, 4600] adalah A_1 . Fuzzifikasi pada pendefinisian derajat keanggotaan u_i terhadap A_i lainnya mengikuti langkah-langkah sebelumnya. Dari pendefinisian tersebut, hasil fuzzifikasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil fuzzifikasi interval berbasis distribusi

Periode	t	Close	F(t)
01/2017	1	5294,103027	A_8
02/2017	2	5386,691895	A_9
03/2017	3	5568,105957	A_{11}
...
12/2020	48	5979,073242	A_{15}

Langkah selanjutnya yaitu membentuk FLR. Hasil pembentukan FLR dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. FLR interval berbasis distribusi

t	FLR
1	$A_8 \rightarrow A_9$
2	$A_9 \rightarrow A_{11}$
3	$A_{11} \rightarrow A_{12}$
...	...
48	$A_{12} \rightarrow A_{15}$

FLR yang telah diperoleh tersebut kemudian dibentuk menjadi FLRG. Misalkan terdapat FLR

$$A_3 \rightarrow A_3,$$

$$A_3 \rightarrow A_5,$$

FLR tersebut dapat dikelompokkan ke dalam FLRG $A_3 \rightarrow A_3, A_5$. Hasil pembentukan FLRG dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. FLRG interval berbasis distribusi

Grup	FLRG	Grup	FLRG
1	$A_1 \rightarrow A_3$	11	$A_{13} \rightarrow A_{14}, A_{15}$
2	$A_3 \rightarrow A_3, A_5$	12	$A_{14} \rightarrow A_{14}, A_{15}, A_{16}$
3	$A_4 \rightarrow A_7$	13	$A_{15} \rightarrow A_{10}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{19}$
4	$A_5 \rightarrow A_7$	14	$A_{16} \rightarrow A_{15}, A_{17}, A_{18}$
5	$A_7 \rightarrow A_8, A_{12}$	15	$A_{17} \rightarrow A_{15}, A_{18}, A_{21}$
6	$A_8 \rightarrow A_4, A_9$	16	$A_{18} \rightarrow A_{15}, A_{16}, A_{19}$
7	$A_9 \rightarrow A_{11}$	17	$A_{19} \rightarrow A_{17}, A_{19}, A_{22}$
8	$A_{10} \rightarrow A_1$	18	$A_{20} \rightarrow A_{18}, A_{20}$
9	$A_{11} \rightarrow A_{12}$	19	$A_{21} \rightarrow A_{17}, A_{20}$
10	$A_{12} \rightarrow A_{13}, A_{15}$	20	$A_{22} \rightarrow A_{21}$

Selanjutnya dilakukan fuzzifikasi pada data testing. Fuzzifikasi data *testing* dilakukan dengan 3 variabel yaitu harga penutupan (X), harga terendah (Y), dan harga tertinggi (Z) dari bulan Januari 2021- Desember 2021. Hasil fuzzifikasi terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7. Fuzzifikasi data *testing* interval berbasis distribusi

t	X_t	Fuzzifikasi	Y_t	Fuzzifikasi	Z_t	Fuzzifikasi
48	5979,073	A_{15}	6195,154	A_{17}	5594,278	A_{11}
49	5862,352	A_{14}	6504,992	A_{21}	5825,292	A_{14}
50	6241,796	A_{18}	6314,555	A_{19}	5735,469	A_{13}
...
60	6581,482	A_{21}	6688,379	A_{22}	6484,578	A_{20}

Selanjutnya dilakukan peramalan dengan operator \wedge_m dan \vee_m . Perhitungan peramalan dengan operator \wedge_m dan \vee_m dilakukan menggunakan hasil fuzzifikasi pada periode sebelumnya. Misalnya peramalan dengan operator \wedge_m dan \vee_m pada $t = 49$ perhitungan nilai peramalan menggunakan hasil fuzzifikasi saat $t = 48$.

$$X_{48} : A_{15} \rightarrow A_{10}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{19}$$

$$Y_{48} : A_{17} \rightarrow A_{15}, A_{18}, A_{21}$$

$$Z_{48} : A_{11} \rightarrow A_{12}$$

a) Peramalan \wedge_m untuk $t = 49$

$$\wedge_m (LHS_a, LHS_b, LHS_c, \dots) = (RHS_a \cap RHS_b \cap RHS_c \cap \dots)$$

$$\wedge_m (A_{15}, A_{17}, A_{11}) = \{A_{10}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{19}\} \cap \{A_{15}, A_{18}, A_{21}\} \cap \{A_{11} \rightarrow A_{12}\} = \{\emptyset\}$$

Karena $\Lambda_m (A_{15}, A_{17}, A_{11}) = \emptyset$ maka $\Lambda_m (A_{15}, A_{17}, A_{11}) = LHS_x$ menjadi $\Lambda_m (A_{15}, A_{17}, A_{11}) = \{A_{10}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{19}\} \cap \{A_{15}, A_{18}, A_{21}\} \cap \{A_{11} \rightarrow A_{12}\} = \{A_{15}\}$

b) Peramalan V_m untuk $t = 49$

$$V_m (LHS_a, LHS_b, LHS_c, \dots) = (RHS_a \cup RHS_b \cup RHS_c \cup \dots)$$

$$V_m (A_{15}, A_{17}, A_{11}) = \{A_{10}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{19}\} \cup \{A_{15}, A_{18}, A_{21}\} \cup \{A_{11} \rightarrow A_{12}\} = \{A_{10}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{18}, A_{19}, A_{21}\}$$

Hasil peramalan setelah dikenai operator Λ_m dan V_m ditunjukkan oleh Tabel 8.

Tabel 8. Peramalan setelah dikenai operator Λ_m dan V_m dengan interval berbasis distribusi

t	Variabel		Λ_m	V_m
49	X	$A_{15} \rightarrow A_{10}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{19}$	A_{15}	$A_{10}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{18}, A_{19}, A_{21}$
	Y	$A_{17} \rightarrow A_{15}, A_{18}, A_{21}$		
	Z	$A_{11} \rightarrow A_{12}$		
50	X	$A_{14} \rightarrow A_{14}, A_{15}, A_{16}$	A_{14}	$A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{20}$
	Y	$A_{21} \rightarrow A_{17}, A_{20}$		
	Z	$A_{14} \rightarrow A_{14}, A_{15}, A_{16}$		
...
60	X	$A_{21} \rightarrow A_{17}, A_{20}$	A_{21}	A_{17}, A_{18}, A_{20}
	Y	$A_{23} \rightarrow \emptyset$		
	Z	$A_{20} \rightarrow A_{18}, A_{20}$		

Setelah dilakukan peramalan dengan operasi Λ_m dan V_m , hasil peramalan tersebut kemudian didefuzifikasikan. Misalkan hasil peramalan adalah $A_{q1}, A_{q2}, A_{q3}, \dots, A_{qj}$. Maka peramalan defuzifikasi adalah rata-rata dari $m_{q1}, m_{q2}, m_{q3}, \dots, m_{qj}$, yang merupakan nilai tengah dari $u_{q1}, u_{q2}, u_{q3}, \dots, u_{qj}$. Pada $t = 49$, proses defuzifikasi dilakukan sebagai berikut:

a) Peramalan dengan operasi Λ_m

$$\Lambda_m (A_{15}, A_{17}, A_{11}) = \{A_{15}\}$$

$$\hat{X}_{t(\Lambda)} = \frac{\sum_{z=1}^j m_{qz}}{j}$$

$$\hat{X}_{49(\Lambda)} = \frac{m_{q1}}{1}$$

$$\hat{X}_{49(\Lambda)} = \frac{m_{15}}{1}$$

$$\hat{X}_{49(\Lambda)} = \frac{5950}{1} = 5950$$

b) Peramalan dengan operasi V_m

$$V_m (A_{15}, A_{17}, A_{11}) = \{A_{10}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{18}, A_{19}, A_{21}\}$$

$$\hat{X}_{t(v)} = \frac{\sum_{z=1}^j m_{qz}}{j}$$

$$\hat{X}_{49(v)} = \frac{m_{q1} + m_{q2} + m_{q3} + m_{q4} + m_{q5} + m_{q6} + m_{q7} + m_{q8} + m_{q9}}{9}$$

$$\hat{X}_{49(v)} = \frac{m_{10} + m_{12} + m_{13} + m_{14} + m_{15} + m_{16} + m_{18} + m_{19} + m_{21}}{9}$$

$$\hat{X}_{49(v)} = \frac{5450 + 5650 + 5750 + 5850 + 5950 + 6050 + 6250 + 6350 + 6550}{n}$$

$$\hat{X}_{49(v)} = 5983.33$$

Dari hasil $\hat{X}_{49(\wedge)}$ dan $\hat{X}_{49(v)}$, maka \hat{X}_{49} diperoleh

$$\hat{X}_t = \frac{\hat{X}_{t(\wedge)} + \hat{X}_{t(v)}}{2}$$

$$\hat{X}_{49} = \frac{5950 + 5983.33}{5966,667}$$

Hasil defuzzifikasi $\hat{X}_{t(\wedge)}$ dan $\hat{X}_{t(v)}$, serta \hat{X}_{49} ditunjukkan oleh Tabel 9.

Tabel 9. Defuzzifikasi dan hasil peramalan dengan interval berbasis distribusi

t	Λ_m	defuzzifikasi	$\hat{X}_{t(\wedge)}$	V_m	defuzzifikasi	$\hat{X}_{t(v)}$	\hat{X}_t
49	A_{15}	5950	5950	A_{10}	5450	5983.33	5966,667
				A_{12}	5650		
				A_{13}	5750		
				A_{14}	5850		
				A_{15}	5950		
				A_{16}	6050		
				A_{18}	6250		
				A_{19}	6350		
				A_{21}	6550		
50	A_{15}	5950	5950	A_{14}	5850	6090	6020
				A_{15}	5950		
				A_{16}	6050		
				A_{17}	6150		
				A_{20}	6450		
...
60	A_{21}	6550	6550	A_{17}	6150	6283,333	6416,667
				A_{18}	6250		
				A_{20}	6450		

Dari hasil perhitungan, nilai MAPE diperoleh sebesar 2,50%, berdasarkan kriteria MAPE pada Tabel 2, maka nilai MAPE tersebut termasuk dalam kategori sangat baik.

2. Panjang Interval berbasis rata-rata.

Dari langkah sebelumnya, diperoleh panjang interval 90 dan jumlah interval 36. Langkah selanjutnya yaitu mempartisi data menjadi 40 interval pada data *training* menggunakan variabel harga penutupan. Hasil partisi interval disajikan dalam Tabel 10.

Tabel 10. Hasil partisi interval panjang interval berbasis rata-rata

interval	Batas bawah	Batas atas	Nilai tengah
u_1	4500	4590	4545
u_2	4590	4680	4635
u_3	4680	4770	4725
...
u_{40}	8010	8100	8055

Setiap A_i didefinisikan oleh $u_1, u_2, u_3, \dots, u_{40}$:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + \dots + 0/u_{40} \\
 A_2 &= 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + \dots + 0/u_{40} \\
 A_3 &= 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 + \dots + 0/u_{40} \\
 &\dots \\
 A_{40} &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + \dots + 0,5/u_{39} + 1/u_{40}
 \end{aligned}$$

Dari pendefinisian tersebut, hasil fuzzifikasi dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil fuzzifikasi

Periode	t	Close	$F(t)$
01/2017	1	5294,103	A_9
02/2017	2	5386,691	A_{10}
03/2017	3	5568,105	A_{12}
...
12/2020	48	5979,073	A_{17}

Langkah selanjutnya yaitu membentuk FLR. Hasil pembentukan FLR dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. FLR interval berbasis rata-rata

t	FLR
1	$A_9 \rightarrow A_{10}$
2	$A_{10} \rightarrow A_{12}$
3	$A_{12} \rightarrow A_{14}$
...	...
39	$A_{13} \rightarrow A_{17}$

FLR tersebut kemudian dibentuk menjadi FLRG. Hasil pembentukan FLRG dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. FLRG interval berbasis rata-rata

Grup	FLRG	Grup	FLRG
1	$A_1 \rightarrow A_3$	11	$A_{15} \rightarrow A_{15}, A_{16}, A_{18}$
2	$A_3 \rightarrow A_3, A_5$	12	$A_{16} \rightarrow A_{15}, A_{17}, A_{18}$
3	$A_5 \rightarrow A_7, A_8$	13	$A_{17} \rightarrow A_{15}, A_{18}, A_{21}$
4	$A_7 \rightarrow A_{13}$	14	$A_{18} \rightarrow A_{15}, A_{16}, A_{19}$
5	$A_8 \rightarrow A_9$	15	$A_{19} \rightarrow A_{17}, A_{20}, A_{21}, A_{23}$
6	$A_9 \rightarrow A_5, A_{10}$	16	$A_{20} \rightarrow A_{17}$
7	$A_{10} \rightarrow A_{12}$	17	$A_{21} \rightarrow A_{19}, A_{22}, A_{24}$
8	$A_{11} \rightarrow A_1$	18	$A_{22} \rightarrow A_{19}, A_{21}, A_{22}$
9	$A_{12} \rightarrow A_{14}$	19	$A_{22} \rightarrow A_{19}, A_{21}, A_{22}$
10	$A_{13} \rightarrow A_{17}$	20	$A_{23} \rightarrow A_{22}$
11	$A_{14} \rightarrow A_{14}, A_{15}$		

Selanjutnya dilakukan fuzzifikasi pada data *testing*. Fuzzifikasi data *testing* dilakukan dengan 3 variabel yaitu harga penutupan (*X*), harga terendah (*Y*), dan harga tertinggi (*Z*) dari bulan Januari 2021- Desember 2021. Hasil fuzzifikasi terdapat pada Tabel 14.

Tabel 14. Fuzzifikasi data *testing* dengan interval berbasis rata-rata

<i>t</i>	X_t	Fuzzifikasi	Y_t	Fuzzifikasi	Z_t	Fuzzifikasi
48	5979,073	A_{15}	6195,154	A_{17}	5594,278	A_{11}
49	5862,352	A_{14}	6504,992	A_{21}	5825,292	A_{14}
50	6241,796	A_{18}	6314,555	A_{19}	5735,469	A_{13}
...
60	6581,482	A_{21}	6688,379	A_{22}	6484,578	A_{20}

Selanjutnya dilakukan peramalan dengan operator Λ_m dan V_m . Perhitungan peramalan dengan operator Λ_m dan V_m dilakukan menggunakan hasil fuzzifikasi pada periode sebelumnya. Hasil peramalan setelah dikenai operator Λ_m dan V_m ditunjukkan oleh Tabel 15.

Tabel 15. Peramalan setelah dikenai operator Λ_m dan V_m dengan interval berbasis rata-rata

<i>t</i>	Variabel		Λ_m	V_m
49	<i>X</i>	$A_{15} \rightarrow A_{10}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{19}$	A_{15}	$A_{10}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{18}, A_{19}, A_{21}$
	<i>Y</i>	$A_{17} \rightarrow A_{15}, A_{18}, A_{21}$		
	<i>Z</i>	$A_{11} \rightarrow A_{12}$		
50	<i>X</i>	$A_{14} \rightarrow A_{14}, A_{15}, A_{16}$	A_{14}	$A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{20}$
	<i>Y</i>	$A_{21} \rightarrow A_{17}, A_{20}$		
	<i>Z</i>	$A_{14} \rightarrow A_{14}, A_{15}, A_{16}$		
...

t	Variabel	Λ_m	V_m
60	X	$A_{21} \rightarrow A_{17}, A_{20}$	A_{17}, A_{18}, A_{20}
	Y	$A_{23} \rightarrow \emptyset$	
	Z	$A_{20} \rightarrow A_{18}, A_{20}$	

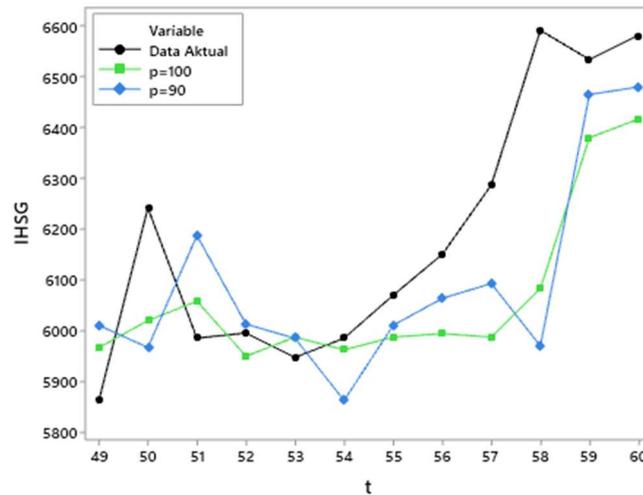
Setelah dilakukan peramalan dengan operasi Λ_m dan V_m , hasil peramalan tersebut kemudian didefuzifikasikan. Nilai peramalan dengan *fuzzy time series* tipe 2 diperoleh dari rata-rata dari hasil defuzzifikasi. Hasil defuzzifikasi ($X_{t(v)}$ dan $X_{t(\wedge)}$) dan hasil peramalan (\hat{X}_t) ditunjukkan oleh Tabel 16.

Tabel 16. Defuzifikasi dan hasil peramalan dengan interval berbasis rata-rata

t	Λ_m	defuzifikasi	$\hat{X}_{t(\wedge)}$	V_m	defuzifikasi	$\hat{X}_{t(v)}$	\hat{X}_t
49	A_{17}	5985	5985	A_{11}	5445	6036,429	6010,714
				A_{15}	5805		
				A_{16}	5895		
				A_{17}	5985		
				A_{20}	6255		
				A_{21}	6345		
				A_{23}	6525		
50	A_{16}	5895	5895	A_{15}	5805	6039	5967
				A_{16}	5895		
				A_{17}	5985		
				A_{18}	6075		
				A_{22}	6435		
...
60	A_{23}	6525	6525	A_{22}	6435	6435	6480

Dari hasil perhitungan, nilai MAPE diperoleh sebesar 2,56%, berdasarkan kriteria MAPE pada Tabel 2, maka nilai MAPE tersebut termasuk dalam kategori sangat baik.

Plot data aktual dan hasil peramalan IHSG dengan metode *fuzzy time series* tipe 2 disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Plot data aktual dan hasil peramalan

Garis berwarna hitam pada Gambar 1 menunjukkan data aktual, garis berwarna biru dan hijau menunjukkan hasil peramalan dengan *fuzzy time series* tipe 2 dengan interval berbasis distribusi dan rata-rata, dengan masing-masing panjang interval 100 dan 90. Plot perbandingan data aktual dan hasil peramalan menunjukkan bahwa perbedaan antara data aktual dan hasil peramalan dengan metode *fuzzy time series* tipe 2 tidak begitu signifikan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, peramalan menggunakan panjang interval berbasis distribusi dan rata-rata memiliki nilai MAPE sebesar 2,50% dan 2,56%. Nilai MAPE tersebut menunjukkan hasil peramalan dengan *fuzzy time series* tipe 2 dari kedua metode pengambilan panjang interval tersebut sangat baik. Hasil penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa panjang interval mempengaruhi hasil peramalan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Sebelas Maret atas dukungannya melalui Penugasan Pelaksanaan Penelitian Skema Mandiri Tahun 2023 dengan Nomor: 1165.2/UNS27.22/PT.01.03/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Asrini, L. J. (2017). Penentuan model Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) menggunakan analisis fungsi transfer. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan*, 1(1), 18-28.
- Chang, P. C., Wang, Y. W., & Liu, C. H. (2007). The development of a weighted evolving fuzzy neural network for PCB sales forecasting. *Expert Systems with Applications*, 32(1), 86-96.
- Elfajar, A. B., Setiawan, B. D., & Dewi, C. (2017). Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Kota Batu Menggunakan Metode Time Invariant Fuzzy Time Series. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1(2), 85-94.
- Fauziah, D., Irzani, I., & Ripai, R. (2016, November). Aplikasi Adaptive Neuran Fuzzy Inference System (ANFIS) Sebagai Model Diagnosis Konsentrasi Jurusan pada Siswa SMA/MA. In *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika*.
- Huarng, K. (2001). Effective lengths of intervals to improve forecasting in fuzzy time series. *Fuzzy sets and systems*, 123(3), 387-394.
- Huarng, K., & Yu, H. K. (2005). A type 2 fuzzy time series model for stock index forecasting. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 353, 445-462.
- Muhammad, M., Wahyuningsih, S., & Siringoringo, M. (2021). Peramalan nilai tukar petani subsektor peternakan menggunakan fuzzy time series lee. *Jambura Journal of Mathematics*, 3(1), 1-15.
- Nugroho, N. A., & Purqon, A. (2015). Analisis 9 Saham Sektor Industri di Indonesia Menggunakan Metode SVR. In *Prosiding SKF. Seminar Kontribusi Fisika*, Bandung,(2015, Dec. 16-17) (pp. 295-300).
- Virgianti, V., & Imro'ah, N. Penerapan Fuzzy Time Series Chen Average Based pada Peramalan Curah Hujan. *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, 10(4).
- Widayati, C. S. W. (2009). Komparasi beberapa metode estimasi kesalahan pengukuran. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan*, 13(2).