

# Peramalan Menggunakan *Fuzzy Time Series* Berbasis Algoritma Novel

ANNISA HAYATUNNUFUS<sup>1</sup>, IKA PURNEMASARI<sup>2</sup>, SURYA PRANGGA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Statistika, Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia; <sup>2</sup>Labotarium Stataistika Ekonomi dan Bisnis, Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia; <sup>3</sup>Labotarium Statistika Komputasi, Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia  
e-mail: <sup>1</sup>annisahayatunnufus07@gmail.com; <sup>2</sup>ika.purnemasari@fmipa.unmul.ac.id;  
<sup>3</sup>suryapranggae@fmipa.unmul.ac.id

## ABSTRAK

*Fuzzy Time Series* (FTS) adalah metode peramalan yang digunakan untuk mengolah data aktual yang dibentuk ke dalam nilai-nilai linguistik. Salah satu metode dalam FTS yaitu FTS berbasis Algoritma Novel. FTS berbasis Algoritma Novel merupakan perkembangan dari metode FTS sebelumnya dimana pada langkah peramalannya menggunakan kecenderungan peramalan untuk menentukan nilai peramalannya. Metode ini akan diaplikasikan pada data Indeks Harga Konsumen (IHK) Kota Samarinda periode Januari 2018 - Desember 2019 dengan penentuan panjang intervalnya menggunakan metode *average based length*. IHK adalah indikator ekonomi yang sangat penting dan memiliki pengaruh terhadap laju inflasi ekonomi. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh tingkat akurasi peramalan dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) serta memperoleh nilai peramalan IHK di Kota Samarinda pada bulan Januari 2020. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh tingkat akurasi peramalan dengan menggunakan MAPE untuk data IHK Kota Samarinda bulan Januari 2018 – Desember 2019 adalah sebesar 0,038%. Hasil peramalan untuk bulan Januari 2020 sebesar 140,00.

Kata Kunci: algoritma novel, FTS, IHK, MAPE

## ABSTRACT

*Fuzzy Time Series* (FTS) is a forecasting method to process actual data into thr linguistic value. One of FTS methods in FTS is using the Novel Algorithm. FTS using the Novel Algorithm was developed from FTS method and for the forecasting step using trend forecasting to obtain forecasting value. This method will be applied to Consumer Price Index (CPI) data from January 2018 – December 2019 with interval length determination using average based length. CPI is a very important economy indicator and have impact to the inflation rate economy. This paper proposed to obtain a level of forecasting accuracy using Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and to forecast value CPI in Samarinda City on January 2020. The result of this paper that obtained a level of forecast accuracy for data CPI Samarinda City from January 2018 – December 2019 is 0,038%. Of these results, the forecast value for January 2020 is 140,00.

Keywords: novel algorithm, FTS, CPI, MAPE

## 1. PENDAHULUAN

Analisis runtun waktu merupakan salah satu metode statistika yang digunakan untuk mengolah data runtun waktu (Aswi & Sukarna, 2006). Metode analisis runtun waktu yang paling banyak digunakan yaitu runtun waktu klasik, seperti ARIMA, SARIMA, *Moving Average*. Pada metode runtun waktu klasik mensyaratkan beberapa asumsi yang harus dipenuhi. Namun, pada kenyataannya tidak semua asumsi pada metode *time series* klasik dapat terpenuhi. Oleh karena itu, pada tahun 1993 Song dan Chissom memperkenalkan teori *fuzzy*

*time series*. *Fuzzy time series* merupakan metode yang tidak mementingkan asumsi apapun dan dapat menggambarkan data runtun waktu ke dalam bahasa linguistik.

Metode *fuzzy time series* terus berkembang dari waktu ke waktu. Pada tahun 2004, Chen dan Hsu memperkenalkan metode *fuzzy time series* baru untuk meramalkan pendaftaran di Universitas Alabama. Selanjutnya pada tahun 2005 Sah dan Degtiarev juga mengusulkan metode *fuzzy time series* yaitu *First Order Fuzzy Time Series* untuk meramalkan pendaftaran di Universitas Alabama. Pada tahun 2012, Jasim & Abdul memperkenalkan metode *fuzzy time series* berbasis Algoritma Novel. Pada metode *fuzzy time series* berbasis Algoritma Novel, langkah dasar *fuzzy time series* menggunakan dasar dari penelitian Sah dan Degtiarev (2005), namun ditambahkan metode *average based length* sebagai metode penentuan panjang intervalnya. Selanjutnya pada langkah peramalan, FLRG *one to one* berdasarkan pada penelitian Chen dan Hsu (2004) sedangkan pada FLRG *one to many* Jasim, dkk lebih memperhatikan jarak antara *current state* dan *next state* untuk menentukan kecenderungan peramalannya. kecenderungan peramalan pada *fuzzy time series* berbasis Algoritma Novel menggunakan nilai 0,25 poin, nilai tengah, dan 0,75 poin yang diperoleh dari pembagian interval himpunan *fuzzy* menjadi 4 bagian yang sama.

Berdasarkan performa yang dimiliki oleh *Fuzzy Time Series* berbasis Algoritma Novel, menjadi dasar peneliti lain untuk menggunakan metode ini diberbagai bidang. Sebagai contoh, pada tahun 2016 Riyadli membandingkan *fuzzy time series* berbasis Algoritma Novel dan *fuzzy time series* berbasis Algoritma Ruy Chyn Tsaur untuk memprediksi kurs rupiah terhadap dolar Amerika Serikat dengan hasil bahwa *fuzzy time series* berbasis Algoritma Novel lebih baik dengan nilai MAPE yang lebih kecil. Berdasarkan hal inilah, penulis tertarik untuk mengaplikasikan metode *fuzzy time series* berbasis algoritma Novel pada bidang ekonomi khususnya Indeks Harga Konsumen (IHK) di Kota Samarinda periode Januari 2018 sampai dengan Desember 2019.

IHK merupakan indikator digunakan oleh pemerintah dan usahawan untuk mengetahui perkembangan harga barang atau jasa yang dibayar oleh konsumen yang nantinya menentukan kebijakan perekonomian dimasa yang akan datang. Indeks harga Konsumen (IHK) juga berguna sebagai informasi untuk mengetahui perubahan harga dari sekelompok tetap barang atau jasa yang umumnya dikonsumsi oleh masyarakat setempat dalam jangka waktu tertentu (Wanto & Windarto, 2017)

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Logika Fuzzy

Istilah *fuzzy* secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar-samar. Menurut Sutojo & Suhartono (2010) menyatakan bahwa konsep tentang logika *fuzzy* diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Astor Zadeh pada tahun 1962. Logika *fuzzy* adalah metodologi sistem kontrol pada pemecahan masalah yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem yang sederhana. Ilmu logika klasik yang banyak dikenal yaitu segala sesuatu memiliki sifat biner atau hanya memiliki dua kemungkinan seperti “Ya atau Tidak”, “Benar atau Salah”. Oleh karena itu, suatu nilai dalam logika klasik hanya memiliki nilai keanggotan 0 atau 1. Sedangkan, logika *fuzzy* memiliki nilai keanggotan yang berada di antara nilai 0 dan 1.

### Fuzzy Time Series Berbasis Algoritma Novel

Menurut Jasim & Abdul (2012) langkah-langkah metode *Fuzzy Time Series* berbasis Algoritma Novel yaitu:

1. Menentukan himpunan semesta pembicaraan  $U$  yang didefinisikan sebagai berikut.

$$U = [D_{\min} - a_1, D_{\max} + a_2] \quad (1)$$

2. Menentukan panjang interval ( $I$ ) menggunakan metode *average based length* dengan langkah sebagai berikut:

- a. Menghitung rata-rata selisih mutlak yang didefinisikan sebagai berikut.

$$av = \frac{\sum_{t=1}^{n-1} |D_t - D_{t-1}|}{n-1} \quad (2)$$

- b. Menghitung nilai tengah ( $B$ ) berdasarkan persamaan (3).

$$B = \frac{a_i u}{2} \tag{3}$$

c. Menentukan basis dari panjang interval berdasarkan Tabel 1.

**Tabel 1** Tabel Basis Interval

Range	Base
0,1-1	0,1
1,1-10	1
11-100	10
101-1000	100
1001-10000	1000

d. Membulatkan panjang interval sesuai dengan tabel basis interval.

3. Menentukan banyak himpunan *fuzzy* ( $m$ ) berdasarkan persamaan (4).

$$m = \frac{D_{max} + a_1 - D_{min} - a_2}{I} \tag{4}$$

4. Menentukan himpunan *fuzzy* sebagai berikut:  $A_i = (d_{i-1}, d_i, d_{i+1}, d_{i+2})$ . Diasumsikan semesta pembicaraan ( $U$ ) dibagi berdasarkan panjang interval ( $I$ ) menjadi  $u_1 = [d_1, d_2], u_2 = [d_2, d_3], \dots, u_m = [d_m, d_{m+1}]$ . Nilai  $u_i$  disederhanakan dengan menggunakan nilai antara 0, 0,5, dan 1. Matriks dari pendefinisian derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* terhadap  $A_i$  dapat dilihat pada persamaan (5).

$$A_i = \begin{cases} 1 & \text{jika } i = i \\ 0,5 & \text{jika } i = i - 1 \text{ atau } i = i + 1 \\ 0 & \text{yang lainnya} \end{cases} \tag{5}$$

Berdasarkan persamaan (5), himpunan *fuzzy* didefinisikan sebagai

$$\begin{aligned} A_1 &= \{1/u_1 + 0,5/u_2 + \dots + 0/u_m\} \\ A_2 &= \{0,5/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0/u_m\} \\ &\vdots \\ A_m &= \{0/u_1 + \dots + 0,5/u_{m-1} + 1/u_m\} \end{aligned} \tag{6}$$

Kemudian menggunakan *fuzzy* trapesium himpunan *fuzzy* didefinisikan menjadi  $A = (a, b, c, d)$ . Maka dapat didefinisikan  $A_1 = (d_0, d_1, d_2, d_3)$  dan berakhir pada  $A_m = (d_{m-1}, d_m, d_{m+2}, d_{m+2})$ , dimana  $d_0 = D_{min} - I$  dan  $d_{m+2} = d_{m+1} + I$  dan *fuzzifikasi* data historis menandakan nilai linguistik data diwakili oleh satu set himpunan *fuzzy* dan  $1 \leq i \leq m$ .

5. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dari  $A_i \rightarrow A_j$  dengan  $A_i$  sebagai *current state* dan  $A_j$  sebagai *next state*.

6. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) dari  $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jp}$  dengan  $A_i$  sebagai *current state* dan  $A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jp}$  sebagai *next state*.

7. Menentukan peramalan awal ( $F_t$ ) dan *defuzzifikasi* ( $F'_t$ ) dengan menggunakan ketentuan sebagai berikut:

a. Jika FLRG dari  $A_i$  adalah himpunan kosong yaitu  $A_i \rightarrow \emptyset$  maka ramalan awalnya ( $F_t$ ) terletak pada  $A_i$  dengan *defuzzifikasi* ( $F'_t$ ) adalah nilai tengah dari interval  $A_i$  dimana

$$A_i = (d_{j-1}, d_j, d_{j+1}, d_{j+2}) \tag{7}$$

$$F'_t = \frac{(d_j + d_{j+1})}{2} \tag{8}$$

b. Jika FLRG dari  $A_i$  adalah relasi *one to one* yaitu  $A_i \rightarrow A_j$ , dimana  $A_i$  menunjukkan tahun  $D_{t-1}$  (*current state*) dan  $A_j$  menunjukkan tahun  $D_t$  (*next state*). Maka ramalan awalnya ( $F_t$ ) terletak pada  $A_j$  dan proses *defuzzifikasi* ( $F'_t$ ) berdasarkan aturan pada metode Chen dan Hsu (2004) yang dilihat secara singkat dibawah ini:

1) Jika data  $D_{t-2}$  tidak diketahui, maka *defuzzifikasi* menggunakan aturan (i).

- 2) Jika data  $D_{t-2}$  diketahui, maka *defuzzifikasi* menggunakan aturan (ii) dan (iii) dengan cara menentukannya yaitu:
- Jika nilai  $Y > 0$ , maka *defuzzifikasi* menggunakan aturan (ii)
  - Jika nilai  $Y < 0$ , maka *defuzzifikasi* menggunakan aturan (iii)

Dimana

$$F_t' = \text{batas bawah } A_j + (Fn \times I) \tag{9}$$

dengan  $Fn$  bernilai 0,25 atau 0,75 dan  $I$  adalah panjang interval.

Aturan (i)

Aturan ini berlaku jika data  $D_{t-2}$  tidak diketahui, dimana  $z$  adalah

$$z = \frac{|D_t - D_{t-1}|}{2} \tag{10}$$

sehingga

- Jika  $z > \frac{I}{2}$ , maka kecenderungan peramalan pada interval ini naik dan  $Fn = 0,75$  dari  $A_j$ .
- Jika  $z = \frac{I}{2}$ , maka nilai ramalan adalah nilai tengah dari interval  $A_j$ .
- Jika  $z < \frac{I}{2}$ , maka kecenderungan peramalan pada interval ini menurun dan  $Fn = 0,25$  dari  $A_j$ .

Aturan (ii)

- Jika  $z \in A_j$ , maka kecenderungan prediksi pada interval ini naik dan  $Fn = 0,75$  dari  $A_j$ , dimana

$$z = 2|Y| + D_{t-1} \tag{11}$$

atau

$$z = D_{t-1} - 2|Y| \tag{12}$$

- Jika  $z \in A_j$ , maka kecenderungan prediksi pada interval ini naik dan  $Fn = 0,25$  dari  $A_j$ , dimana

$$z = |Y|/2 + D_{t-1} \tag{13}$$

atau

$$z = D_{t-1} - |Y|/2 \tag{14}$$

- Jika bukan kedua-duanya, maka hasil prediksi adalah nilai tengah dari interval  $A_j$

Aturan (iii)

- Jika  $z \in A_j$ , maka kecenderungan prediksi pada interval ini menurun dan  $Fn = 0,25$  dari  $A_j$ , dimana

$$z = |Y|/2 + D_{t-1} \tag{15}$$

atau

$$z = D_{t-1} - |Y|/2 \tag{16}$$

- Jika  $z \in A_j$ , maka kecenderungan prediksi pada interval ini naik dan  $Fn = 0,75$  dari  $A_j$ , dimana

$$z = 2|Y| + D_{t-1} \tag{17}$$

atau

$$z = D_{t-1} - 2|Y| \tag{18}$$

- Jika bukan kedua-duanya, maka hasil prediksi adalah nilai tengah dari interval  $A_j$

- c. Jika FLRG yang diperoleh lebih dari satu atau *one to many* maka dapat didefinisikan  $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jp}$ , sehingga ramalan awalnya ( $F_t$ ) terletak pada  $A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jp}$  dan proses defuzzifikasi ( $F_t'$ ) mengikuti aturan (a) dan (b) yaitu sebagai berikut

Aturan (a)

Jika selisih antara *current state* ( $A_i$ ) dengan semua *next state*  $A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jp}$  kurang dari atau sama dengan 2 maka ramalan awalnya ( $F_t$ ) adalah nilai tengah dari interval *next state*:

$$F_t' = \frac{A_{j1}A_{j2}\dots A_{jp}}{p} \quad (19)$$

$$= \frac{d_{j1-1} + d_{j2-1} + \dots + d_{jp-1}}{p}, \frac{d_{j1} + d_{j2} + \dots + d_{jp}}{p}, \frac{d_{j1+1} + d_{j2+1} + \dots + d_{jp+1}}{p}, \frac{d_{j1+2} + d_{j2+2} + \dots + d_{jp+2}}{p}$$

Aturan (b)

Jika selisih antara *current state* ( $A_i$ ) dengan salah satu *next state*  $A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jp}$  lebih dari 2 maka nilai peramalan dihitung dengan menggunakan ketentuan FLRG *one to one*.

8. Menentukan nilai ramalan akhir ( $D_t'$ ) berdasarkan pada periode data aktual sesuai dengan proses defuzzifikasi nya ( $F_t'$ ).

### Indeks Harga Konsumen (IHK)

Indeks Harga Konsumen (IHK) adalah indeks yang menghitung rata-rata perubahan harga dari suatu barang dan jasa yang dikonsumsi oleh rumah tangga dalam kurun waktu tertentu (BPS, 2020). Menurut Sumantri (2019), IHK merupakan indikator ekonomi yang sangat penting dan digunakan untuk mewakili perubahan tingkat harga rata-rata eceran ditingkat konsumen pada sejumlah jenis barang dan jasa tertentu.

## 3. METODE PENELITIAN

### Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari website BPS Kalimantan Timur. Data tersebut merupakan data Indeks Harga Konsumen (IHK) Kota Samarinda periode Januari 2018 sampai Desember 2019.

### Tahapan Penelitian

Beberapa tahapan analisis yaitu sebagai berikut:

1. Statistika deskriptif pada penelitian ini digunakan untuk melihat gambaran pada data IHK Kota Samarinda dengan menggunakan pemusatan data (rata-rata, nilai minimum, dan nilai maksimum) serta *plot time series* dari data IHK Kota Samarinda.
2. Menentukan himpunan semesta pembicaraan  $U$ .
3. Menentukan panjang interval ( $I$ ) menggunakan metode *average based length*.
4. Melakukan *fuzzyfikasi* untuk seluruh semesta pembicaraan  $U$ .
5. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR).
6. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG).
7. Menentukan peramalan awal ( $F_t$ ) dan defuzzifikasi ( $F_t'$ ).
8. Menentukan nilai ramalan akhir ( $D_t'$ ).
9. Menghitung tingkat akurasi menggunakan MAPE berdasarkan persamaan (2.21).
10. Menghitung nilai peramalan satu priode kedepan.

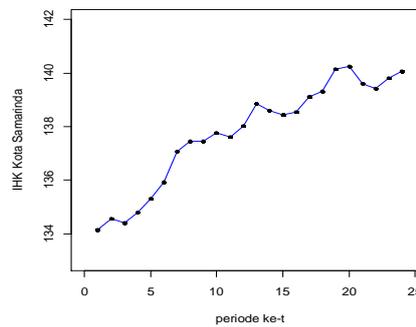
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Statistika Deskriptif

**Tabel 2** Deskripsi Data

Min	Max	Mean
134,15	140,25	137,78

Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui bahwa IHK terendah terjadi pada bulan Januari 2018 yaitu sebesar 134,15, sedangkan IHK tertinggi terjadi pada bulan Agustus 2019 yaitu sebesar 140,25. Rata-rata IHK Kota Samarinda pada tahun 2018 sampai tahun 2019 yaitu sebesar 137,78.



**Gambar 1** Time series plot data IHK Kota Samarinda

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa data IHK di Kota Samarinda berpola *trend* naik. Hal ini terlihat dari kecenderungan data dari titik awal sampai titik akhir yang memperlihatkan adanya pola kenaikan data.

##### Menentukan Himpunan Semesta Pembicaraan

Berdasarkan Tabel 2, diketahui bahwa data minimum sebesar 134,15 dan maksimum sebesar 140,25. Berdasarkan persamaan (1), nilai  $a_1$  dan  $a_2$  adalah sebarang bilangan positif. Peneliti menentukan nilai  $a_1$  dan  $a_2$  masing-masing sebesar 0,05. Himpunan semesta pembicaraan  $U$  dihitung menggunakan persamaan (1), sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 U &= [D_{min} - a_1, D_{max} + a_2] \\
 &= [134,15 - 0,05, 140,24 + 0,05] \\
 &= [134,10, 140,30]
 \end{aligned}$$

##### Menentukan Panjang Interval Menggunakan Average Based Length

Langkah-langkah pada metode *average based length* adalah sebagai berikut

1. Menghitung rata-rata selisih mutlak data aktual ( $av$ )

Rata-rata selisih mutlak setiap data diperoleh dengan menggunakan persamaan (2). Selisih mutlak data aktual dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3** Selisih Mutlak Data Aktual

t	Tahun	Bulan	IHK	Selisih Mutlak
1	2018	Januari	134,15	-
2	2018	Februari	134,57	0,42
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
24	2019	Desember	140,07	0,27
Jumlah				9,14

Tabel 3 menunjukkan hasil jumlah selisih mutlak data aktual yang diperoleh sebesar 9,14. Nilai jumlah selisih mutlak digunakan untuk menghitung rata-rata selisih mutlak data aktual ( $av$ ). Berikut perhitungan nilai rata-rata selisih mutlak data aktual menggunakan persamaan (2).

$$av = \frac{9,14}{24 - 1} = 0,939$$

2. Menghitung nilai tengah ( $B$ )

Nilai tengah ( $B$ ) dihitung dengan cara membagi hasil dari rata-rata selisih mutlak ( $av$ ) dengan 2. Berikut perhitungan nilai tengah ( $B$ ) dengan menggunakan persamaan (3).

$$B = \frac{0,939}{2} = 0,197$$

3. Menentukan basis interval *fuzzy*

Basis interval diperoleh berdasarkan nilai tengah ( $B$ ) pada Tabel 1 yaitu tabel basis interval. Nilai  $B$  yang sebelumnya diperoleh sebesar 0,197, berdasarkan Tabel basis interval, masuk pada *range* 0,1-1. Hal ini menandakan bahwa basis yang digunakan sebesar 0,1.

4. Menentukan panjang interval ( $I$ )

Setelah diperoleh basis intervalnya yaitu sebesar 0,1, selanjutnya membulatkan nilai tengah ( $B$ ) berdasarkan basis interval yang diperoleh. Berdasarkan hasil pembulatan, diperoleh nilai panjang interval ( $I$ ) sebesar 0,2.

#### Menentukan Banyak Kelas Interval

Setelah diperoleh panjang interval ( $I$ ), kemudian menghitung banyaknya kelas interval ( $m$ ) dengan menggunakan persamaan (4).

$$m = \frac{(140,25 + 0,05) - (134,15 - 0,05)}{0,2} = 31 \text{ kelas}$$

#### Mendefinisikan Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy*  $u_1, u_2, \dots, u_{31}$  dapat didefinisikan dengan cara mempartisi semesta pembicaraan  $U$  menjadi 31 kelas interval. Berdasarkan definisi  $u_1, u_2, \dots, u_{31}$ , maka 31 kelas interval yang telah terbentuk dengan panjang interval ( $I$ ) masing-masing kelas sebesar 0,2 adalah sebagai berikut:

$$u_1 = [134,10, 134,30)$$

$$u_2 = [134,30, 134,50)$$

$$\vdots$$

$$u_{31} = [140,10, 140,30)$$

Berdasarkan pendefinisian derajat keanggotaan segitiga, selanjutnya menggunakan aturan *fuzzy* trapesium, sehingga himpunan *fuzzy* dapat di definisikan sebagai berikut:

$$A_1 = [133,9, 134,1, 134,3, 134,5)$$

$$A_2 = [134,1, 134,3, 134,5, 134,7)$$

$$\vdots$$

$$A_{31} [139,9, 140,1, 140,3, 140,5)$$

#### Fuzzifikasi

*Fuzzifikasi* dilakukan dengan cara melihat data IHK Kota Samarinda. Misal, pada bulan Januari 2018 nilai IHK sebesar 134,15 termasuk dalam himpunan *fuzzy* ke-1 ( $u_1$ ) dengan interval [134,10, 134,30], sehingga pada bulan Januari 2018 memiliki *fuzzyfikasi*  $A_1$ . *Fuzzyfikasi* bulan selanjutnya memiliki langkah yang sama seperti *fuzzyfikasi* bulan Januari 2018. Hasil *fuzzyfikasi* secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4** Hasil Fuzzifikasi

t	IHK	Fuzzifikasi
Jan-18	134,15	$A_1$
Feb-18	134,57	$A_3$
⋮	⋮	⋮
Nov-19	139,8	$A_{29}$
Dec-19	140,07	$A_{30}$

*Fuzzy Logical Relationship (FLR)*

FLR diperoleh dengan menghubungkan relasi antara variabel linguistik yang ditentukan berdasarkan *fuzzifikasi* data ke-*i* (*current state*) dengan *fuzzifikasi* data ke-*j* (*next state*). Berdasarkan hasil *fuzzifikasi* pada Tabel 4 dapat ditentukan FLR yang hasilnya secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** FLR Data IHK Kota Samarinda

No	Periode	FLR
1	Jan-18 → Feb-18	$A_1 \rightarrow A_3$
2	Feb-18 → Mar-18	$A_3 \rightarrow A_2$
⋮	⋮	⋮
23	Nov-19 → Dec-19	$A_{29} \rightarrow A_{30}$

Berdasarkan Tabel 4.5, pada bulan Januari 2018 merupakan *current state* dengan nilai *fuzzifikasi* adalah  $A_1$ . Pada bulan Februari 2018 merupakan *next state* dengan nilai *fuzzifikasi* adalah  $A_3$ . Hasil FLR yang terbentuk antara bulan Januari 2018 dengan bulan Februari 2018 adalah  $A_1 \rightarrow A_3$ . FLR pada bulan-bulan lainnya memiliki langkah yang sama seperti FLR pada bulan Januari 2018 dengan Februari 2018.

*Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)*

FLRG dilakukan dengan cara mengelompokkan FLR berdasarkan Tabel 5 yang memiliki *current state* yang sama lalu dikelompokkan menjadi satu grup. FLRG terdiri dari beberapa jenis, yaitu FLRG  $A_i \rightarrow \emptyset$ , FLRG *one to one*, dan FLRG *one to many*. Hasil FLRG secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** FLRG Berdasarkan Grup

Grup	FLRG	Keterangan
1	$A_1 \rightarrow A_3$	<i>One to one</i>
2	$A_2 \rightarrow A_4$	<i>One to one</i>
⋮	⋮	⋮
30	$A_{30} \rightarrow \emptyset$	$A_i \rightarrow \emptyset$
31	$A_{31} \rightarrow A_{28}, A_{31}$	<i>One to many</i>

Tabel 6 menunjukkan hasil FLRG sebanyak 31 grup. Misal, FLRG grup ke-1 merupakan FLRG *one to one* yaitu  $A_1 \rightarrow A_3$ . Hal ini dikarenakan pada Tabel 5 yaitu tabel hasil FLR, tidak terdapat *current state* yang sama pada bulan yang lainnya yaitu  $A_1$ . FLRG yang terbentuk pada grup ke-31 adalah FLRG *one to many* yaitu  $A_{31} \rightarrow A_{28}, A_{31}$ . Hal ini diperoleh dari hasil pengelompokkan 2 FLR yaitu  $A_{31} \rightarrow A_{28}$  dan  $A_{31} \rightarrow A_{28}$ . Kemudian pada Grup 30, diketahui bahwa pada data aktual tidak ada yang termasuk pada *fuzzifikasi*  $A_{30}$ , sehingga grup 30 dapat dituliskan sebagai

$A_{30} \rightarrow \emptyset$ . Langkah FLRG pada grup yang lain memiliki langkah yang sama dengan grup 1, 30 dan 31.

**Menentukan Peramalan Awal**

Peramalan awal ( $F_t$ ) dilakukan berdasarkan FLRG yang telah diperoleh sebelumnya dengan menggunakan aturan pada *fuzzy time series* berbasis algoritma novel. Sebagai contoh, pada FLRG grup ke-1 yaitu  $A_1 \rightarrow A_3$  yang merupakan FLRG *one to one* ( $A_1 \rightarrow A_1$ ). Sehingga nilai peramalan awalnya terletak pada *next state* itu sendiri ( $A_3$ ). Pada FLRG grup ke-30 yang terbentuk adalah  $A_{30} \rightarrow \emptyset$ , maka nilai ramalan awalnya *current state* itu sendiri ( $A_3$ ). Pada FLRG grup ke-17 yang terbentuk adalah  $A_{17} \rightarrow A_{17}, A_{19}$  (FLRG *one to many*). Maka pada peramalan awalnya terlebih dahulu dihitung selisih antara *current state* ( $A_{17}$ ) dengan semua *next state* ( $A_{17}$  dan  $A_{19}$ ). Selisih antara  $A_{17}$  dengan  $A_{17}$  dan  $A_{17}$  dengan  $A_{19}$  masing-masing kurang dari atau sama dengan 2, maka nilai ramalannya menggunakan ketentuan 3 aturan (a) pada *fuzzy time series* berbasis algoritma novel. Pada ketentuan 3 aturan (a) nilai ramalannya adalah nilai tengah dari *next state* ( $A_{17}, A_{19}$ ). Pada FLRG grup ke-23 ( $A_{23} \rightarrow A_{22}, A_{26}$ ), untuk menghitung nilai ramalan awalnya terlebih dahulu menghitung selisih antara *current state* ( $A_{23}$ ) dengan semua *next state* ( $A_{22}$  dan  $A_{26}$ ). Pada FLRG tersebut selisih antara  $A_{23}$  dengan  $A_{22}$  dan  $A_{23}$  dengan  $A_{26}$  salah satunya lebih dari 2 yaitu  $A_{23}$  dengan  $A_{26}$ . Dengan demikian, nilai ramalan awalnya mengikuti ketentuan 3 pada aturan (b) pada *fuzzy time series* berbasis algoritma novel dimana peramalan awalnya merupakan masing-masing dari *next state* ( $A_{22}$  dan  $A_{26}$ ). Proses peramalan pada grup lainnya memiliki langkah yang sama pada grup 1,5,17 dan 23. Peramalan awal dapat dilihat secara lengkap pada Tabel 7.

**Tabel 7** Peramalan Awal

Grup	$F_t$
1	$A_3$
2	$A_4$
⋮	⋮
17	$A_{17}, A_{19}$
⋮	⋮
30	$A_{30}$
31	$A_{28}$ dan $A_{31}$

Setelah diperoleh peramalan awal, maka dapat dilakukan proses *defuzzifikasi* ( $F_t'$ ). Proses *defuzzifikasi* ( $F_t'$ ) dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Grup ke-1

Pada Grup ke-1 ramalan awalnya adalah  $A_3$ . Pada Tabel 4, diperoleh bahwa  $A_3$  memiliki nilai data aktual sebesar 134,57 ( $D_t$ ),  $A_1$  sebesar 134,15 ( $D_{t-1}$ ) serta  $A_3$  tidak memiliki 2 data aktual sebelumnya ( $D_{t-2}$ ) yaitu data periode Desember 2017. Dengan demikian, *defuzzifikasi* nya menggunakan aturan (i) dengan menghitung nilai  $z$  terlebih dahulu, yaitu:

$$z = \frac{|134,57 - 134,15|}{2} = 0,21$$

Setelah diperoleh nilai  $z$  sebesar 0,21, kemudian menghitung  $\frac{1}{2}$ . Panjang interval yaitu sebesar 0,2, maka setengah panjang interval adalah 0,1. Dari perhitungan tersebut diperoleh  $z > \frac{1}{2}$ , maka berdasarkan aturan (i) ke-1 kecenderungan peramalannya ( $F_n$ ) adalah 0,75 poin dari interval  $A_3$  dengan  $u_3 = [134,50, 134,70]$ . Selanjutnya perhitungan *defuzzifikasi* nya adalah:

$$F_t' = 134,50 + (0,75 \times 0,2) = 134,65$$

Sehingga diperoleh nilai *defuzzifikasi* Grup ke-1 adalah 134,65. Dengan demikian, FLRG yang peramalan awalnya terletak pada  $A_3$  akan memiliki nilai peramalan 134,65.

## 2. Grup ke-2

Pada Grup ke-2 diperoleh nilai ramalannya adalah  $A_4$ . Pada Tabel 4 hasil *fuzzyfikasi* diperoleh bahwa  $A_4$  memiliki data aktual sebesar 134,81 ( $D_7$ ),  $A_2$  sebesar 134,41 ( $D_{t-1}$ ) dan  $A_3$  sebesar 134,57 ( $D_{t-2}$ ). Pada Grup ke-2, data  $D_{t-2}$  diketahui, sehingga untuk menentukan aturan yang digunakan yaitu dengan menghitung nilai  $Y$  terlebih dahulu yaitu:

$$Y = (D_4 - D_3) - (D_3 - D_2)$$

$$Y = (134,81 - 134,41) - (134,41 - 134,57) = 0,56$$

Setelah diperoleh nilai  $Y$ , selanjutnya diketahui bahwa  $j > i$  dan  $Y > 0$ , sehingga aturan yang digunakan adalah aturan (ii) dengan  $u_4 = [134,70, 134,90]$ . Hasil perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut:

- 1) Karena  $z = 2|0,56| + 134,41 = 135,53 \in A_4$  atau  $z = 134,41 - 2|0,56| = 133,29 \in A_4$ , maka kecenderungan prediksi pada interval bukan  $F_n = 0,75$  dari  $A_4$
- 2) Karena  $z = |0,56|/2 + 134,41 = 134,69 \in A_4$  atau  $z = 134,41 - |0,56|/2 = 134,13 \in A_4$  maka kecenderungan prediksi pada interval ini bukan  $F_n = 0,25$  dari  $A_4$

Berdasarkan perhitungan, diperoleh bahwa syarat 1 dan 2 tidak terpenuhi, maka hasil ramalannya berdasarkan aturan (ii) ke-3 yaitu nilai tengah dari interval  $A_4$ . Sehingga nilai *defuzzyfikasi* nya adalah 134,80.

## 3. Grup ke-5

Pada Pada Grup ke-5 diperoleh nilai ramalannya adalah  $A_5$ . Maka, *defuzzyfikasi* nya menggunakan persamaan (7) dan (8). hasil perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut:

$$A_5 = (d_4, d_5, d_6, d_7)$$

$$F'_t = \frac{d_5 + d_6}{2}$$

$$= \frac{134,90 + 135,10}{2} = 135,00$$

Sehingga diperoleh nilai *defuzzyfikasi* Grup ke-5 adalah 135,00.

## 4. Grup ke-17

Pada Grup ke-17 diperoleh nilai ramalannya adalah  $A_{17}, A_{19}$ . Maka, *defuzzyfikasi* nya menggunakan persamaan (19). Hasil perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut:

$$F'_t = \left[ \frac{d_{16} + d_{18}}{2}, \frac{d_{17} + d_{19}}{2}, \frac{d_{18} + d_{20}}{2}, \frac{d_{19} + d_{21}}{2} \right]$$

$$= \left[ \frac{137,1 + 137,5}{2}, \frac{137,3 + 137,7}{2}, \frac{137,5 + 137,9}{2}, \frac{137,7 + 138,1}{2} \right]$$

$$= [137,30, 137,50, 137,70, 137,90]$$

$$= \frac{137,50 + 137,70}{2} = 137,60$$

Sehingga diperoleh nilai *defuzzyfikasi* Grup ke-17 adalah sebesar 137,60.

## 5. Grup ke-23

Pada Grup ke-23 diperoleh nilai ramalannya adalah  $A_{22}$  dan  $A_{26}$ . Maka, *defuzzyfikasi* nya menggunakan ketentuan FLRG *one to many* aturan (b). Pada aturan (b) merujuk kembali pada ketentuan 2 dengan menggunakan masing-masing FLR. Pada Tabel 5 Hasil FLR diperoleh FLR dengan *current state*  $A_{23}$  adalah  $A_{23} \rightarrow A_{22}$  dan  $A_{23} \rightarrow A_{26}$ . Sehingga pada Grup ke-23 memiliki 2 nilai *defuzzyfikasi* sesuai dengan FLR nya. Perhitungan hasil *defuzzyfikasi* dengan FLR  $A_{23} \rightarrow A_{22}$  yaitu sebagai berikut

Berdasarkan ketentuan FLRG *one to one*, FLR  $A_{23} \rightarrow A_{22}$  nilai ramalan awalnya terletak pada *next state* ( $A_{22}$ ). Pada hasil *fuzzyfikasi*, diperoleh informasi bahwa  $A_{22}$  memiliki data aktual sebesar 138,45 ( $D_7$ ),  $A_{23}$  sebesar 138,60 ( $D_{t-1}$ ) dan  $A_{24}$  sebesar 138,85 ( $D_{t-2}$ ). Maka, untuk menentukan aturan yang digunakan yaitu dengan menghitung nilai  $Y$  terlebih dahulu yaitu:

$$Y = (D_{23} - D_{22}) - (D_{22} - D_{21})$$

$$Y = (138,45 - 138,60) - (138,60 - 138,85) = 0,1$$

Setelah diperoleh nilai  $Y$ , selanjutnya diketahui bahwa  $j < i$  dan  $Y > 0$ , sehingga aturan yang digunakan adalah aturan (ii) dengan  $u_{22} = [138,30, 138,50]$ . Hasil perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut:

- 1) Karena  $z = 2|0,1| + 138,60 = 138,8 \in A_{22}$  atau  $z = 138,60 - 2|0,1| = 138,4 \in A_{22}$ , maka kecenderungan prediksi pada interval adalah  $F_n = 0,75$  dari  $A_{22}$

Berdasarkan perhitungan, diperoleh bahwa syarat 1 terpenuhi, maka kecenderungan peramalannya berdasarkan aturan (ii) ke-1 yaitu 0,75 poin dari interval  $A_{22}$ . Sehingga perhitungan *defuzzifikasi* adalah sebagai berikut:

$$F'_t = 138,30 = (0,75 \times 0,2) = 138,45$$

Sehingga diperoleh nilai *defuzzifikasi* Grup ke-23 dengan FLR  $A_{23} \rightarrow A_{22}$  adalah 138,45. Kemudian perhitungan hasil *defuzzifikasi* dengan FLR  $A_{23} \rightarrow A_{26}$  memiliki langkah yang sama dengan FLR  $A_{23} \rightarrow A_{22}$  dan diperoleh bahwa syarat 1 dan 2 tidak terpenuhi, maka kecenderungan peramalannya berdasarkan aturan (ii) ke-3 yaitu nilai tengah dari interval  $A_{26}$ . Sehingga nilai *defuzzifikasi* nya adalah 139,20.

Hasil *defuzzifikasi* ( $F'_t$ ) secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8** Defuzzifikasi

Grup	$F'_t$
1	134,65
2	134,80
3	134,40
⋮	⋮
31	140,20 dan 139,6

Setelah dilakukan proses *defuzzifikasi*, selanjutnya dapat dihitung nilai peramalan akhir berdasarkan periode data IHK Kota Samarinda tahun 2018 sampai 2019. Sebagai contoh, pada bulan Februari 2018 memiliki nilai aktual sebesar 134,57 dan *fuzzyfikasi* bulan Februari 2018 adalah  $A_2$ . Berdasarkan hasil *fuzzyfikasi* tersebut membentuk FLR  $A_1 \rightarrow A_3$ . Selanjutnya, FLR tersebut masuk pada FLRG Grup ke-1 dan ramalan awalnya terletak pada  $A_3$ . Sehingga, berdasarkan hasil *defuzzifikasi*, nilai ramalan akhirnya adalah sebesar 134,65.

Pada bulan Maret 2019 dan Mei 2019 memiliki nilai aktual masing-masing sebesar 138,45 dan 139,12. *Fuzzyfikasi* bulan Maret 2019 adalah  $A_{22}$  dan bulan Mei 2019 adalah  $A_{26}$ . Berdasarkan hasil *fuzzyfikasi* membentuk FLR  $A_{23} \rightarrow A_{22}$  dan  $A_{23} \rightarrow A_{26}$ . Selanjutnya FLR tersebut masuk pada FLRG Grup ke-23 yaitu  $A_{23} \rightarrow A_{22}, A_{26}$  dan ramalan awalnya terletak pada  $A_{22}$  dan  $A_{26}$ . Sehingga, berdasarkan hasil *defuzzifikasi*, nilai ramalan akhirnya ( $D'_t$ ) untuk bulan Maret 2019 adalah sebesar 138,45 dan bulan Mei 2019 adalah sebesar 139,20. Hasil ramalan akhir berdasarkan periode data IHK Kota Samarinda dapat dilihat secara lengkap pada Tabel 9.

**Tabel 9** Nilai Peramalan Akhir

Periode	Nilai Peramalan Akhir ( $D'_t$ )
Jan-18	-
Feb-18	134,65
Mar-18	134,4
⋮	⋮
Dec-19	140,05

**MAPE**

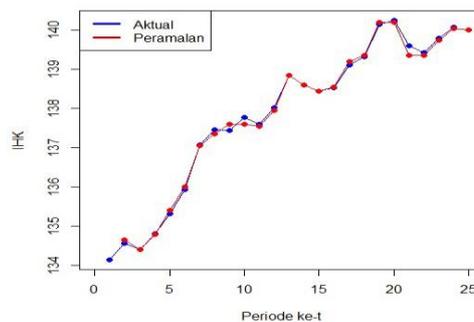
Berdasarkan perhitungan nilai MAPE sebesar 0,038 %. Hal ini menandakan peramalan dengan menggunakan metode *fuzzy time series* berbasis algoritma Novel mempunyai kinerja yang sangat bagus, karena mempunyai nilai MAPE di bawah 10%.

**Meramalkan Satu Periode Kedepan**

Selanjutnya yaitu menghitung nilai peramalan satu periode kedepan yaitu bulan Januari 2020. Langkah pertama yaitu melihat *current state* (Desember 2019) dan *next state* (Januari 2020). Diketahui bahwa *fuzzyfikasi* Desember 2019 (*current state*) adalah  $A_{30}$ . Kemudian diketahui bahwa FLRG dari  $A_{30}$  adalah himpunan kosong ( $A_{30} \rightarrow \emptyset$ ). Maka untuk memramalkan bulan Januari 2020 menggunakan ketentuan FLRG ( $A_i \rightarrow \emptyset$ ), dimana peramalannya terletak pada  $A_{30}$  dengan menghitung nilai tengah interval dari  $A_{30}$ . Berdasarkan himpunan *fuzzy* trapesium, interval  $A_{30}$  dapat didefinisikan sebagai  $A_{30} = (139,7, 139,9, 140,1, 140,3)$ . Perhitungan hasil ramalan IHK Kota Samarinda bulan Januari 2020 adalah

$$D'_{25} = \frac{139,9 + 140,1}{2} = 140,0$$

Berdasarkan perhitungan, maka diperoleh bahwa nilai ramalan IHK Kota Samarinda bulan Januari 2020 adalah sebesar 140,0. Berikut adalah perbandingan antara data aktual IHK Kota Samarinda dengan data hasil nilai ramalan dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2** Perbandingan data aktual dan hasil peramalan

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa hasil peramalan dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* berbasis algoritma Novel mendekati data aktual. Hal ini menandakan bahwa metode *Fuzzy Time Series* berbasis algoritma Novel cocok untuk meramalkan data IHK Kota Samarinda.

**5. SIMPULAN DAN SARAN**

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

1. Nilai MAPE dari hasil peramalan data IHK Kota Samarinda dengan menggunakan metode *fuzzy time series* berbasis algoritma novel adalah sebesar 0,038%. Nilai MAPE tersebut menunjukkan bahwa hasil peramalan data IHK di Kota Samarinda dengan menggunakan metode *fuzzy time series* berbasis algoritma novel tergolong sangat baik.
2. Hasil peramalan data IHK Kota Samarinda pada bulan Januari 2020 dengan menggunakan metode *fuzzy time series* berbasis algoritma novel adalah sebesar 140,00.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aswi, & Sukarna. (2006). *Analisis Deret Waktu Aplikasi dan Teori*. Makassar: Andira Publisher.
- Chen, S. M., & Hsu, C. C. (2004). A New Method to Forecast Enrollments Using Fuzzy Time Series. *International Journal of Applied Science and Engineering*, 3(2), 234–244.
- 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.
- Jasim, H. T., Salim, A. G. J., & Ibraheem, K. I. (2012). A Novel Algorithm to Forecast Enrollment Based on Fuzzy Time Series. *World Journal of Modelling and Simulation*, 7(1), 13.
- Jumingan. (2009). *Teori dan Pembuatan Proposal Kelayakan*. Jakarta: PT. BUMI AKSARA.
- Riyadli, Hafiz. (2016). Analisis Perbandingan Logika Fuzzy Time Series Sebagai Metode Peramalan. *Journal Speed*, 8(1), 22-28.
- Sah, M., & Degtiarev, K. Y. (2005). Forecasting Enrollment Model Based on First Order Fuzzy Time Series. *PWASET*, 1, 375–378.
- Song, Q., & Chissom, B., (1993). Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series Part 1. *Fuzzy Sets and System*, (54), 1-9.
- Sumantri, F., & Latifah, U. (2019). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Indeks Harga Konsumen. *Widya Cipta Jurnal Sekretari dan Manajemen*. 3(1), 25-34.
- Sutojo, T., Mulyanto, E., & Suhartono, V. (2010). *Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.
- Tsaur, R. C. (2012). A Fuzzy Time Series Markov Chain Model With an Application To Forecast The Exchange Rate Between Taiwan and US Dollar, *ICIC International*, 8(7), 4931-4942.
- Wang, Y., Lei, Y., Fan, X., & Wang, Y. (2015). Intuitionistic Fuzzy Time Series Forecasting Model Based on Intuitionistic Fuzzy Reasoning. *Mathematical Problems in Engineering*, 2016, 1–12.
- Wanto, A., & Windarto, A. P. (2017). Analisis Prediksi Indeks Harga Konsumen Berdasarkan Kelompok Kesehatan Dengan Menggunakan Metode Backpropagation. *Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika*, 2(7).
- Xihao, S., & Yimin, L. (2008). Average-based Fuzzy Time series Model For Forecasting Shanghai Compound Index. *World Journal of Modelling and Simulation*, 4(2), 104–111.
- Zainun & Majid. (2003). Low Cost House Demand Predictor. *Jurnal Universitas Teknologi Malaysia*, 61