

**Peramalan Menggunakan *Time Invariant Fuzzy Time Series*  
(Studi Kasus: Indeks Harga Konsumen Provinsi Kalimantan Timur)**

***Forecasting using Time Invariant Fuzzy Time Series  
(Case Study: Consumer Price Index of East Kalimantan Province)***

**Siti Rahmah Binaiya<sup>1</sup>, Memi Nor Hayati<sup>2</sup>, dan Ika Purnamasari<sup>3</sup>**

<sup>1,3</sup>Laboratorium Statistika Ekonomi Bisnis FMIPA Universitas Mulawarman

<sup>2</sup>Laboratorium Statistika Terapan FMIPA Universitas Mulawarman

E-mail: [sitirahmah.1901@gmail.com](mailto:sitirahmah.1901@gmail.com)

**Abstract**

*Forecasting is a technique for estimating a value in the future by looking at past and current data. Fuzzy Time Series is a forecasting method that uses fuzzy principles as the basis, where the forecasting process uses the concept of fuzzy set. This study discusses the Time Invariant Fuzzy Time Series method developed by Sah and Degtiarev to forecast the East Kalimantan Province Consumer Price Index (CPI) in May 2018. In the Time Invariant Fuzzy Time Series method using a frequency distribution to determine the length of the interval, 13 fuzzy sets are used in the forecasting process. Based on this study, using CPI data of East Kalimantan Province from September 2016 to April 2018, the forecasting results for May 2018 were obtained 135.977 and obtained the results of forecasting error values using Mean Absolute Percentage Error (MAPE) is under 10% of 0.0949%.*

*Keywords: Fuzzy time series, time invariant fuzzy time series method, distribution frequency, CPI, forecasting*

**Pendahuluan**

Peramalan merupakan suatu teknik untuk memperkirakan suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data masa lalu maupun data saat ini. *Fuzzy time series* adalah sebuah konsep yang diusulkan oleh Song dan Chissom (1993) yang pada saat itu digunakan untuk meramalkan jumlah pendaftar di suatu universitas. Hal yang membedakan antara *fuzzy time series* dengan *time series* klasik adalah nilai-nilai dalam peramalannya menggunakan himpunan *fuzzy* dari bilangan-bilangan riil atas himpunan semesta yang ditentukan (Arga, 1985).

Salah satu metode peramalan *Fuzzy Time Series* adalah *Time Invariant*. *Time Invariant Fuzzy Time Series* merupakan suatu metode peramalan yang relasinya tidak bergantung pada waktu  $t$ , dengan memanfaatkan himpunan *fuzzy* sebagai data historisnya (Sah dan Degtiarev, 2007).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan Nurmalitasari (2015) mengenai Peramalan Jumlah Pendaftar Calon Mahasiswa STMIK Duta Bangsa Menggunakan Metode *Time Invariant Fuzzy Time Series* dengan menggunakan 15 himpunan *fuzzy* dan diperoleh nilai *error* peramalan sebesar 0,18. Nilai *error* peramalan yang cukup kecil ini menunjukkan bahwa metode ini dapat bekerja dengan baik untuk melakukan suatu peramalan.

Perubahan nilai IHK dari waktu ke waktu dapat menggambarkan tingkat kenaikan (inflasi) atau tingkat penurunan (deflasi) dari barang/jasa kebutuhan rumah tangga sehari-hari (Badan Pusat Statistik, 2015). Peramalan IHK dengan segala bentuk analisis dan informasi yang dihasilkan

besar dampaknya guna membantu dan menunjang kegiatan perekonomian di Indonesia, khususnya di daerah-daerah. Meskipun hasil dari peramalan tidak selalu tepat, tetapi terbukti bahwa peramalan telah banyak digunakan dan membantu dengan baik dalam berbagai bidang sebagai dasar-dasar perencanaan, pengawasan, dan pengambilan keputusan (kebijakan) (Rosy, 2013).

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk menerapkan metode *Time Invariant Fuzzy Time Series* dalam meramalkan nilai IHK Provinsi Kalimantan Timur. Pada penelitian ini penulis ingin meramalkan nilai IHK Provinsi Kalimantan Timur pada bulan Mei 2018 dengan menggunakan data IHK pada bulan September 2016 sampai dengan April 2018.

**Logika Fuzzy**

Secara umum logika *fuzzy* adalah sebuah metodologi “berhitung” dengan variabel kata-kata (*linguistic variable*), sebagai pengganti berhitung dengan bilangan. Kata-kata yang digunakan dalam logika *fuzzy* memang tidak seteliti bilangan, namun kata-kata jauh lebih dekat dengan intuisi manusia. Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

- a. Variabel *Fuzzy*  
Variabel *fuzzy* merupakan suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu sistem *fuzzy*.
- b. Himpunan *Fuzzy*  
Himpunan *fuzzy* merupakan suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.
- c. Himpunan Semesta

Himpunan semesta adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*.

d. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam himpunan semesta dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.

(Naba, 2009)

**Distribusi Frekuensi**

Menurut Iqbal (2002), distribusi frekuensi adalah penyusunan data ke dalam kelas-kelas tertentu. Tahap-tahap penyusunan distribusi frekuensi:

1. Mengurutkan data dari yang terkecil sampai yang terbesar.
2. Menentukan rentang (*range*). *Range* adalah selisih antara data dengan nilai yang terbesar dengan data nilai yang terkecil.

$$Range = x_{max} - x_{min} \tag{1}$$

Dengan  $x_{max}$  dan  $x_{min}$  merupakan nilai terbesar dan nilai terkecil.

3. Menentukan banyaknya interval kelas dengan menggunakan Persamaan Sturges, sebagai berikut:

$$K = 1 + 3,322 \times \log n \tag{2}$$

di mana  $K$  adalah banyaknya interval kelas dan  $n$  merupakan banyaknya data.

4. Menentukan lebar interval. Adapun rumus untuk menentukan lebar interval adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{Range}{\text{Banyaknya interval kelas (K)}} \tag{3}$$

di mana  $I$  adalah lebar interval.

5. Menentukan batas bawah kelas pertama.
6. Menentukan frekuensi data dalam kelas-kelas sesuai dengan banyaknya data.
7. Mencari nilai tengah dengan rumus sebagai berikut:

$$a_i = \frac{(\text{batas bawah} + \text{batas atas})}{2} \tag{4}$$

di mana:

$i$  = banyaknya himpunan *fuzzy*

**Fuzzy Time Series**

*Fuzzy time series* adalah metode peramalan yang menggunakan prinsip-prinsip *fuzzy* sebagai dasarnya. Sistem peramalan *fuzzy time series* menangkap pola dari data yang telah terjadi sebelumnya kemudian digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang (Arga, 1985). Jika *universe of discourse* ( $U$ ) merupakan himpunan semesta,  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_p\}$  maka suatu himpunan *fuzzy*  $A_i$  dari  $U$  dengan derajat

keanggotaan umumnya dinyatakan sebagai berikut:

$$A_i = \sum_{i=1}^p \mu_{A_i}(u_i) / u_i = \mu_{A_1}(u_1) / u_1 + \mu_{A_2}(u_2) / u_2 + \dots + \mu_{A_p}(u_p) / u_p \tag{5}$$

di mana  $\mu_{A_i}(u_i)$  adalah derajat keanggotaan dari  $u_i$  dalam himpunan *fuzzy*  $A_i$  di mana  $1 \leq i \leq p$ , sedemikian hingga  $\mu_{A_i}(u_i) \in [0,1]$ . Jika  $u_i$  adalah nilai keanggotaan dari  $A_i$  maka  $\mu_{A_i}(u_i)$  adalah derajat keanggotaan  $u_i$  terhadap  $A_i$ , yang didefinisikan oleh:

$$\mu_{A_i}(u_i) = \begin{cases} 1 & \text{jika } i = j \\ 0,5 & \text{jika } i = j - 1 \text{ atau } j + 1 \\ 0 & \text{yang lainnya} \end{cases} \tag{6}$$

**Relasi Fuzzy**

Relasi *fuzzy*  $R$  adalah suatu pemetaan ruang *cartesian* pada  $[0,1]$ , dengan hasil pemetaannya dinyatakan dengan  $\mu_R(x, y)$ .

**a. Fuzzy Cartesian Product dan Komposisi**

Anggap  $A$  suatu himpunan *fuzzy* pada semesta  $X$  dan  $B$  merupakan himpunan *fuzzy* pada semesta  $Y$  maka *cartesian product* antara himpunan  $A$  dan  $B$  adalah relasi *fuzzy*  $R$  yang berada dalam ruang *cartesian product*, yaitu :

$$A \times B = R \subset X \times Y$$

dengan fungsi keanggotaan dari relasi  $R$ , yaitu :

$$\mu_R(x, y) = \mu_{A \times B}(x, y) = \min(\mu_A(x), \mu_B(y))$$

*Cartesian Product*  $A \times B$  dapat dinyatakan dengan bentuk yang sama seperti perkalian 2 vektor, sehingga setiap himpunan *fuzzy* dapat dinyatakan sebagai suatu vektor yang terdiri dari nilai keanggotaan yang merupakan elemen dari himpunan tersebut. Anggap  $R$  adalah relasi *fuzzy* pada ruang *cartesian*  $X \times Y$ ,  $S$  adalah relasi *fuzzy* pada  $Y \times Z$ , dan  $T$  adalah relasi *fuzzy* pada  $X \times Z$  maka komposisi *max-min fuzzy* nya dinyatakan sebagai berikut :

$$T = R \circ S$$

dengan fungsi keanggotaannya dinyatakan sebagai berikut :

$$\mu_T(x, z) = \max(\min(\mu_R(x, y), \mu_S(y, z)))$$

**b. Operasi pada Relasi Fuzzy**

Anggap suatu relasi *fuzzy*  $R$  dan  $S$  pada ruang *cartesian*  $X \times Y$ , maka operasi berikut berlaku untuk nilai keanggotaan pada operasi himpunan yang berbeda :

1. *Union* (gabungan)

$$\mu_{R \cup S}(x, y) = \max(\mu_R(x, y), \mu_S(x, y))$$

2. *Intersection* (irisan)

$$\mu_{R \cap S}(x, y) = \min(\mu_R(x, y), \mu_S(x, y))$$

3. Complement (komplemen)

$$\mu_{R^c}(x, y) = 1 - \mu_R(x, y)$$

(Ross, 2010)

**Time Invariant Fuzzy Time Series**

Sah dan Degtiarev (2007) memperkenalkan metode *time invariant fuzzy time series* di mana metode yang digunakan oleh Sah dan Degtiarev memiliki 2 aspek penting, yaitu:

- a. Menggunakan selisih dari data historis atau data sebenarnya.
- b. Menggunakan relasi  $R$  yang digunakan untuk menentukan nilai peramalan.

Langkah-langkah yang digunakan dalam *time invariant fuzzy time series* dengan menggunakan distribusi frekuensi adalah sebagai berikut:

1. Menentukan himpunan semesta  $U$ , yang ditentukan berdasarkan nilai selisih data historis. Sehingga himpunan semesta  $U$  dapat ditentukan sebagai berikut:

$$U = [r_{\min} - D_1, r_{\max} + D_2] \tag{7}$$

di mana  $D_1$  dan  $D_2$  adalah bilangan positif yang tepat.

2. Menentukan *range* dengan Persamaan (1) banyaknya interval kelas dengan menggunakan Persamaan (2) dan menentukan lebar interval menggunakan Persamaan (3).
3. Himpunan *fuzzy* dibentuk dengan melihat jumlah frekuensi yang berbeda, misalkan terdapat  $h$  frekuensi yang berbeda, maka pada frekuensi terbanyak pertama dibagi menjadi  $h$  interval yang sama. Berikutnya, frekuensi terbanyak kedua dibagi atas  $h - 1$  interval yang sama, interval pada frekuensi terbanyak ketiga dibagi menjadi  $h - 2$  interval yang sama. Hal ini dilakukan sampai pada interval dengan frekuensi yang tidak dapat dibagi lagi.
4. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* berdasarkan jumlah interval yang didapat, di mana himpunan *fuzzy*  $A_i$  menunjukkan nilai linguistik dari data yang dipresentasikan oleh himpunan *fuzzy* dan  $1 \leq i \leq p$ .
5. Menentukan himpunan *fuzzy*  $A_i$  di mana  $i = 1, 2, \dots, p$  menggunakan Persamaan (2.5), sehingga diperoleh himpunan *fuzzy* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_1 &= \left( \frac{1}{u_1} + 0,5 \frac{1}{u_2} + 0 \frac{1}{u_3} + 0 \frac{1}{u_4} + \dots + 0 \frac{1}{u_p} \right) \\ A_2 &= \left( 0,5 \frac{1}{u_1} + \frac{1}{u_2} + 0,5 \frac{1}{u_3} + 0 \frac{1}{u_4} \dots + 0 \frac{1}{u_p} \right) \\ &\vdots \\ A_p &= \left( 0 \frac{1}{u_1} + 0 \frac{1}{u_2} + 0 \frac{1}{u_3} + 0 \frac{1}{u_4} \dots + 0,5 \frac{1}{u_{p-1}} + \frac{1}{u_p} \right) \end{aligned} \tag{8}$$

dengan  $u_i (i = 1, 2, \dots, p)$  merupakan elemen dari himpunan semesta ( $U$ ) dan bilangan yang

diberi simbol "/" menyatakan derajat keanggotaan  $\mu_{A_i}(u_i)$  terhadap  $A_i$  yang di mana nilainya adalah 0, 0,5 atau 1.

6. Melakukan *fuzzyfikasi* yaitu menentukan setiap  $r_t$  berada pada himpunan *fuzzy*  $A_i$ , dengan melihat  $r_t$  terletak pada domain  $A_i$ .
7. Menentukan *Fuzzy Logic Relationship* (FLR) yang dilambangkan oleh  $A_i \rightarrow A_j$ , di mana  $A_i$  disebut sisi kiri *Left Hand Side* (LHS) atau *current state* dan  $A_j$  disebut sisi kanan *Right Hand Side* (RHS) atau *next state*. Misal  $A_1$  adalah *fuzzyfikasi* dari  $r_1$  dan  $A_2$  adalah *fuzzyfikasi* dari  $r_2$ , maka dapat ditulis  $A_1 \rightarrow A_2$ .
8. Menentukan *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG) dan menentukan  $R_i$  (gabungan relasi *fuzzy* pada FLRG) untuk setiap grup ke- $i$ . Contoh: Asumsikan terdapat dua buah relasi logika *fuzzy* dengan  $A_2 \rightarrow A_1$  dan  $A_2 \rightarrow A_3$  maka FLRG yang terbentuk adalah  $A_2 \rightarrow A_1, A_3$ , maka  $R_2 = A_2^T \times A_1 \cup A_2^T \times A_3$ , dengan " $\cup$ " merupakan gabungan pada operasi himpunan *fuzzy*.
9. Menentukan *output* peramalan, di mana *output* peramalan untuk periode ke  $t$  menggunakan *fuzzyfikasi* pada periode  $t-1$ , dengan menggunakan operator komposisi max-min sebagai berikut:

$$A_i \circ R_i \tag{9}$$

Setelah itu menentukan nilai *output* peramalan dengan proses *defuzzyfikasi* sebagai berikut :

- a. Jika nilai derajat keanggotaan dari *output* adalah 0, maka nilai *output* peramalan adalah  $Y = 0$
- b. Jika nilai derajat keanggotaan dari *output* hanya memiliki 1 nilai *maximum*, maka nilai tengah interval di mana nilai ini dicapai merupakan nilai *output* peramalannya.
- c. Jika nilai keanggotaan dari *output* hanya memiliki 2 atau lebih dari 2 nilai *maximum* yang berurutan, maka nilai tengah interval di mana nilai ini dicapai merupakan nilai *output* peramalannya.
- d. Jika nilai *output* selain dari hal di atas maka nilai *output* peramalannya dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$Y = \frac{\sum \mu_{A_i}(u_i) \cdot a_i}{\sum \mu_{A_i}(u_i)} \tag{10}$$

10. Setelah memperoleh nilai *output* peramalan, maka nilai *output* peramalan tersebut dapat digunakan untuk memperoleh nilai peramalan, dengan menggunakan rumus berikut :

$$F_t = x_{t-1} + Y \tag{11}$$

**Pengukuran Ketepatan Hasil Peramalan**

Ketepatan hasil peramalan dapat dihitung dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), yang secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{x_t - F_t}{x_t} \right|}{n} \times 100\% \quad (12)$$

di mana  $x_t$  = nilai aktual pada periode ke- $t$ ,  $F_t$  = nilai hasil peramalan pada periode ke- $t$  dan  $n$  = banyaknya data pengamatan. Suatu model mempunyai kinerja sangat bagus jika nilai MAPE berada di bawah 10% dan mempunyai kinerja bagus jika nilai MAPE berada di antara 10% dan 20% (Jumingan, 2009).

**Indeks Harga Konsumen**

IHK merupakan salah satu indikator ekonomi penting yang dapat memberikan informasi mengenai perkembangan harga barang dan jasa yang dibayar oleh konsumen atau masyarakat. Penghitungan IHK ditujukan untuk mengetahui perubahan harga dari sekelompok tetap barang dan jasa yang pada umumnya dikonsumsi masyarakat (Badan Pusat Statistik, 2015).

**Hasil Penelitian dan Pembahasan Analisis Statistika Deskriptif**

Analisis deskriptif data dengan menggunakan *software R*, sehingga diperoleh nilai-nilai statistika deskriptif data IHK sebagai berikut :

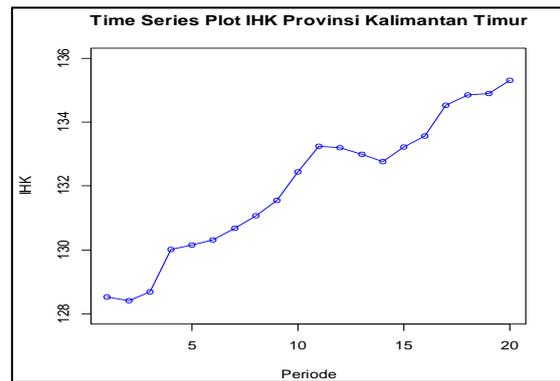
**Tabel 1.** Statistika Deskriptif Data IHK

Statistika Deskriptif	IHK
Jumlah Data	20
Rata-rata	132,023
Standar Deviasi	2,199
Nilai Minimum	128,410
Nilai Maksimum	135,310

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat nilai rata-rata IHK Provinsi Kalimantan Timur pada bulan September 2016 sampai dengan April 2018 sebesar 132,023 dan nilai standar deviasi sebesar 2,199 dengan nilai minimum dan nilai maksimum masing-masing sebesar 128,410 dan 135,310. Kemudian digambarkan pola dari 20 data IHK Provinsi Kalimantan Timur dari bulan September 2016 sampai dengan April 2018 melalui *time series plot*.

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa *time series plot* terbentuk pola *trend* positif atau *trend* naik. Pola ini menunjukkan bahwa nilai IHK Provinsi Kalimantan Timur tersebut mengalami peningkatan pada beberapa periode seperti pada bulan Oktober 2016 sampai dengan bulan Juli 2017, adapun nilai IHK terendah yaitu 128,410 yang terjadi pada bulan Oktober 2016, yang berarti pada bulan tersebut terdapat beberapa penurunan harga dari suatu kelompok barang/jasa yang umumnya dikonsumsi masyarakat. Nilai IHK tertinggi adalah 135,310 yang terjadi pada bulan April 2018, yang berarti terdapat beberapa

kenaikan harga dari suatu kelompok barang/jasa yang pada umumnya dikonsumsi masyarakat.



Gambar 1. *Time series plot* data IHK

**Metode Time Invariant Fuzzy Time Series**

Metode *time invariant fuzzy time series* melalui tahap-tahap sebagai berikut :

**1. Menentukan Universe of Discourse (U)**

Tahap pertama dalam metode *time invariant fuzzy time series* adalah mencari selisih nilai data historis ( $r_t$ ) dengan cara menghitung selisih nilai dari  $x_t$  dengan  $x_{t-1}$ , di mana nilai ini dihitung mulai dari periode 2. Hasil selisih nilai data historis ( $r_t$ ) dari bulan September 2016 sampai dengan April 2018 disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Selisih Nilai Data Historis

Tahun /Bulan	IHK( $x_t$ )	$r_t$
2016/September	128,520	-
2016/Oktober	128,410	-0,110
2016/November	128,680	0,270
2016/Desember	130,020	1,340
⋮	⋮	⋮
2017/Januari	130,140	0,120
2017/Februari	130,310	0,170

Setelah memperoleh nilai ( $r_t$ ), kemudian mengurutkan nilai ( $r_t$ ) dari yang terkecil sampai terbesar, sehingga diperoleh nilai  $r_{\min} = -0,220$  dan  $r_{\max} = 1,340$ . Berdasarkan nilai  $r_{\min}$  dan  $r_{\max}$  maka dapat ditentukan himpunan semesta dengan menggunakan Persamaan (7), di mana  $D_1$  dan  $D_2$  merupakan bilangan positif yang tepat, dan penulis menggunakan  $D_1 = 0$  dan  $D_2 = 0$  sehingga diperoleh himpunan semesta sebagai berikut:

$$U = [-0,220 - 0, 1,340 - 0] = [-0,220, 1,340]$$

Selanjutnya dicari nilai *range*, menggunakan Persamaan (1) dengan hasil sebagai berikut:

$$Range = 1,340 - (-0,220) = 1,560$$

setelah itu, ditentukan banyaknya kelas interval dengan menggunakan Persamaan (2), sehingga :

$$K = 1 + 3,322 \times \log n = 1 + 3,322 \times \log(19) = 5,2480 \text{ dibulatkan menjadi } 5$$

kemudian ditentukan lebar interval menggunakan Persamaan (3), sebagai berikut :

$$I = \frac{Range}{K} = \frac{1,560}{5} = 0,3120$$

Setelah itu, ditentukan tabel frekuensi kepadatan data IHK sebagai berikut :

**Tabel 3.** Frekuensi Kepadatan Data IHK

$u_i$	Batas Bawah	Batas Atas	Jum. Data	Jum. Sub-Int	Lebar Sub-Int
$u_1$	-0,2200	0,0920	5	4	0,0780
$u_2$	0,0920	0,4040	8	5	0,0624
$u_3$	0,4040	0,7160	2	2	0,1560
$u_4$	0,7160	1,0280	3	3	0,1040
$u_5$	1,0280	1,3400	1	1	0,3120
Jumlah			19	15	-

Pada tabel 3 dapat dilihat bahwa terdapat 15 jumlah sub-interval yang terbentuk, sehingga akan terdapat 15 himpunan fuzzy yang akan digunakan dalam proses peramalan.

**2. Tahap Fuzzyfikasi**

Pada tahap fuzzyfikasi, dicari nilai batas bawah dan batas atas dari 15 himpunan fuzzy dengan menggunakan lebar sub-interval pada Tabel 3, kemudian dicari nilai tengah untuk setiap himpunan fuzzy dengan menggunakan Persamaan (4), sehingga diperoleh hasil perhitungan seperti pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Interval Fuzzy Menggunakan Kepadatan Frekuensi

$A_i$	Batas Bawah	Batas Atas	Lebar Sub-Int	Nilai Tengah ( $a_i$ )
$A_1$	-0,2200	-0,1420	0,0780	-0,1810
$A_2$	-0,1420	-0,0640	0,0780	-0,1030
$A_3$	-0,0640	0,0140	0,0780	-0,0250
$A_4$	0,0140	0,0920	0,0780	0,0530
$A_5$	0,0920	0,1544	0,0624	0,1232
$A_6$	0,1544	0,2168	0,0624	0,1856
$A_7$	0,2168	0,2792	0,0624	0,2480
$A_8$	0,2792	0,3416	0,0624	0,3104
$A_9$	0,3416	0,4040	0,0624	0,3728
$A_{10}$	0,4040	0,5600	0,1560	0,4820
$A_{11}$	0,5600	0,7160	0,1560	0,6380
$A_{12}$	0,7160	0,8200	0,1040	0,7680
$A_{13}$	0,8200	0,9240	0,1040	0,8720
$A_{14}$	0,9240	1,0280	0,1040	0,9760
$A_{15}$	1,0280	1,3400	0,3120	1,1840

**3. Menentukan Nilai Linguistik dan Himpunan Fuzzy**

Nilai linguistik untuk  $A_1, A_2, \dots, A_{15}$  dapat dilihat pada Tabel 5. Kemudian mendefinisikan himpunan fuzzy untuk 15 interval dengan menggunakan Persamaan (8), sebagai berikut :

$$A_1 = \left( \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_{15}} \right)$$

$$A_2 = \left( \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{0}{u_4} \dots + \frac{0}{u_{15}} \right)$$

⋮

$$A_{15} = \left( \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} \dots + \frac{0,5}{u_{14}} + \frac{1}{u_{15}} \right)$$

**Tabel 5.** Nilai Linguistik dan Fuzzyfikasi

$A_i$	Nilai Linguistik
$A_1$	Turun drastic
$A_2$	Sangat-sangat turun sekali
$A_3$	Sangat turun sekali
$A_4$	Turun sekali
$A_5$	Cukup turun
$A_6$	Turun
$A_7$	Sedikit turun
$A_8$	Moderat
$A_9$	Sedikit naik
$A_{10}$	Naik
$A_{11}$	Cukup naik
$A_{12}$	Naik sekali
$A_{13}$	Sangat naik sekali
$A_{14}$	Sangat-sangat naik sekali
$A_{15}$	Naik drastic

**4. Fuzzyfikasi dan FLR**

Penentuan fuzzyfikasi dan FLR disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Penentuan Fuzzyfikasi dan FLR

Tahun/Bulan	IHK ( $x_t$ )	$r_t$	Fuzzyfikasi	FLR
2016/Sep	128,520	-	-	-
2016/Okt	128,410	-0,110	$A_2$	-
2016/Nov	128,680	0,270	$A_7$	$A_2 \rightarrow A_7$
2016/Des	130,020	1,340	$A_{15}$	$A_7 \rightarrow A_{15}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2018/Mar	134,910	0,060	$A_4$	$A_8 \rightarrow A_4$
2018/Apr	135,310	0,400	$A_9$	$A_4 \rightarrow A_9$

**5. Menentukan FLRG dan Relasi Fuzzy**

Setelah penentuan fuzzyfikasi dan FLR maka selanjutnya menentukan FLR menjadi FLRG, di mana semua FLR yang memiliki current state ( $A_i$ ) yang sama digabungkan menjadi satu grup. Hasil FLRG dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Penentuan FLRG

No	Current State	Next State	FLRG
1	$A_1$	$A_1, A_{10}$	$A_1 \rightarrow A_1, A_{10}$
2	$A_2$	$A_7$	$A_2 \rightarrow A_7$
3	$A_3$	$A_1$	$A_3 \rightarrow A_1$
4	$A_4$	$A_9$	$A_4 \rightarrow A_9$
⋮	⋮	⋮	⋮
13	$A_{14}$	$A_8$	$A_{14} \rightarrow A_8$
14	$A_{15}$	$A_5$	$A_{15} \rightarrow A_5$

Kemudian, menentukan relasi fuzzy berdasarkan FLRG yang terbentuk. Untuk nilai  $R_1$  diperoleh dengan melihat FLRG yang terbentuk dengan current state  $A_1$ , yaitu  $A_1 \rightarrow A_1, A_{10}$  sehingga diperoleh  $R_1 = A_1^T \times A_1 \cup A_1^T \times A_{10}$ , dengan hasil perhitungan untuk  $R_1$  sebagai berikut :

$$R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Kemudian, dicari juga nilai untuk  $R_2, R_3, \dots, R_{15}$ .

**6. Menentukan Output Peramalan**

Selanjutnya ditentukan *output* peramalan dengan menggunakan operator komposisi max-min, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_1 \circ R_1 &= [1 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \\ A_2 \circ R_2 &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \\ A_3 \circ R_3 &= [1 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \\ A_4 \circ R_4 &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \\ A_5 \circ R_5 &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \\ A_6 \circ R_6 &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \\ A_7 \circ R_7 &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 1] \\ A_8 \circ R_8 &= [0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \\ A_9 \circ R_9 &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 1 \ 0,5 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5] \\ A_{10} \circ R_{10} &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0] \\ A_{12} \circ R_{12} &= [0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \\ A_{13} \circ R_{13} &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0 \ 0] \\ A_{14} \circ R_{14} &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \\ A_{15} \circ R_{15} &= [0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \end{aligned}$$

**7. Proses Defuzzyfikasi dan Hasil Peramalan**

Setelah diperoleh *output* peramalan, maka dapat diketahui bahwa terdapat 14 *output* yang akan digunakan untuk meramalkan nilai IHK. Adapun *output* peramalan untuk setiap periode ditentukan dengan melihat *fuzzyfikasi* pada Tabel 6 di mana *output* peramalan untuk periode ke  $t$  ditentukan dengan melihat *fuzzyfikasi* pada periode sebelumnya ( $t-1$ ). Adapun *output* peramalan untuk setiap periode dapat dilihat pada Tabel 8. Selanjutnya, dilakukan proses *defuzzyfikasi* untuk memperoleh nilai *output* peramalan ( $Y$ ). Hasil *defuzzyfikasi* selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 8.** Output Peramalan setiap Periode

No	Bulan/Tahun	Output Peramalan
1	November/2016	$A_2 \circ R_2$
2	Desember/2016	$A_7 \circ R_7$
3	Januari/2017	$A_{15} \circ R_{15}$
4	Februari/2017	$A_5 \circ R_5$
⋮	⋮	⋮
13	April/2018	$A_4 \circ R_4$
14	Mei/2018	$A_9 \circ R_9$

**Tabel 9.** Hasil Nilai Output Peramalan

No	Output Peramalan	Y
1	$A_1 \circ R_1$	0,2157
2	$A_2 \circ R_2$	0,2480
3	$A_3 \circ R_3$	-0,1810
4	$A_4 \circ R_4$	0,3728
5	$A_5 \circ R_5$	0,1856
6	$A_6 \circ R_6$	0,3728
7	$A_7 \circ R_7$	1,1840
8	$A_8 \circ R_8$	0,0530
9	$A_9 \circ R_9$	0,6666
10	$A_{10} \circ R_{10}$	0,6280
11	$A_{12} \circ R_{12}$	-0,0250
12	$A_{13} \circ R_{13}$	0,7680
13	$A_{14} \circ R_{14}$	0,3104
14	$A_{15} \circ R_{15}$	0,1232

Setelah diperoleh nilai *output* peramalan, maka nilai *output* peramalan tersebut dapat digunakan untuk memperoleh hasil peramalan nilai IHK dengan menggunakan Persamaan (11). Hasil Peramalan nilai IHK secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 10.

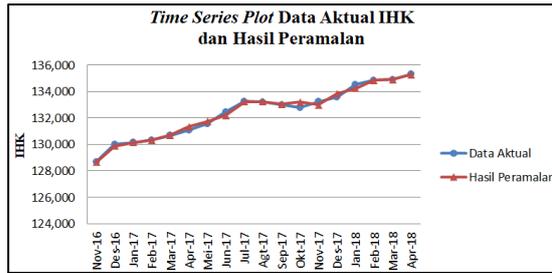
**Tabel 10.** Hasil Peramalan IHK

Tahun/Bulan	$x_t$	Fuzzyfikasi	Output	$F_t$
2016/September	128,520	-	-	-
2016/Oktober	128,410	$A_2$	-	-
2016/November	128,680	$A_7$	$A_2 \circ R_2$	128,658
2016/Desember	130,020	$A_{15}$	$A_7 \circ R_7$	129,864
2017/Januari	130,140	$A_5$	$A_{15} \circ R_{15}$	130,143
2017/Februari	130,310	$A_6$	$A_5 \circ R_5$	130,326
2017/Maret	130,680	$A_9$	$A_6 \circ R_6$	130,683
2017/April	131,060	$A_9$	$A_9 \circ R_9$	131,346
2017/Mei	131,560	$A_{10}$	$A_9 \circ R_9$	131,726
2017/Juni	132,450	$A_{13}$	$A_{10} \circ R_{10}$	132,188
2017/Juli	133,250	$A_{12}$	$A_{13} \circ R_{13}$	133,218
2017/Agustus	133,210	$A_3$	$A_{12} \circ R_{12}$	133,225
2017/September	132,990	$A_1$	$A_3 \circ R_3$	133,029
2017/Oktober	132,770	$A_1$	$A_1 \circ R_1$	133,206
2017/November	133,220	$A_{10}$	$A_1 \circ R_1$	132,986
2017/Desember	133,580	$A_9$	$A_{10} \circ R_{10}$	133,848
2018/Januari	134,540	$A_{14}$	$A_9 \circ R_9$	134,246
2018/Februari	134,850	$A_8$	$A_{14} \circ R_{14}$	134,850
2018/Maret	134,910	$A_4$	$A_8 \circ R_8$	134,903
2018/April	135,310	$A_9$	$A_4 \circ R_4$	135,283
2018/Mei	-	-	$A_9 \circ R_9$	135,977

Berdasarkan Tabel 10 peramalan untuk bulan Mei 2018 masuk ke dalam *fuzzyfikasi*  $A_9$  dengan nilai linguistiknya adalah sedikit naik dan nilai hasil peramalannya adalah 135,977.

**8. Perbandingan Pola Data Aktual IHK dan Hasil Peramalan Time Invariant Fuzzy Time Series**

Dari hasil peramalan IHK yang diperoleh, maka dapat dilihat perbandingan pola *time series plot* data aktual dan hasil peramalan, adapun perbandingan pola data tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Time series plot perbandingan data aktual IHK dan hasil peramalan dengan metode *time invariant fuzzy time series*

Berdasarkan Gambar 2. dapat dilihat bahwa bentuk *plot* data aktual dengan data hasil peramalan IHK tiap periode berdasarkan metode *time invariant fuzzy time series* tidak jauh berbeda, yang menandakan bahwa pola hasil peramalan menggunakan *time invariant fuzzy time series* mengikuti pola data aktual.

**9. Pengukuran Ketepatan Hasil Peramalan**

Setelah dilakukan peramalan menggunakan *time invariant fuzzy time series*, maka selanjutnya dapat dihitung besarnya kesalahan atau *error* dari peramalan data IHK setiap bulan. Untuk menghitung kesalahan hasil peramalan pada penelitian ini digunakan MAPE seperti pada Persamaan (12) dengan hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Ukuran Ketepatan Hasil Peramalan IHK

No	Tahun/Bulan	$E_t$
1	2016/September	-
2	2016/Oktober	-
3	2016/November	0,00017
4	2016/Desember	0,00120
5	2017/Januari	0,00002
6	2017/Februari	0,00012
7	2017/Maret	0,00002
8	2017/April	0,00218
9	2017/Mei	0,00126
10	2017/Juni	0,00198
11	2017/Juli	0,00024
12	2017/Agustus	0,00011
13	2017/September	0,00029
14	2017/Oktober	0,00328
15	2017/November	0,00176
16	2017/Desember	0,00201
17	2018/Januari	0,00219
18	2018/Februari	0,00000
19	2018/Maret	0,00005
20	2018/April	0,00020
Jumlah		0,01709

$$\begin{aligned}
 \text{MAPE} &= \frac{\sum_{t=1}^{18} \left| \frac{x_t - F_t}{x_t} \right|}{18} \times 100\% \\
 &= \frac{0,01709}{18} \times 100\% = 0,0949\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 11 dan perhitungan MAPE data IHK pada bulan November 2016 sampai dengan April 2018 memiliki nilai MAPE sebesar

0,0949% yang menandakan bahwa tingkat kesalahan peramalan dengan menggunakan metode *time invariant fuzzy time series* dalam meramalkan nilai IHK yaitu sebesar 0,0949%.

**Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan, maka diperoleh hasil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil peramalan IHK dengan menggunakan metode *time invariant fuzzy time series* diperoleh hasil peramalan untuk bulan Mei 2018 yaitu 135,977.
2. Hasil perhitungan akurasi peramalan dengan MAPE di bawah 10% yaitu sebesar 0,0949% yang berarti kinerja metode *time invariant fuzzy time series* dalam melakukan peramalan adalah sangat bagus.

**Daftar Pustaka**

Arga, W. (1985). *Analisa Runtun Waktu Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta : BPFE

Badan Pusat Statistik. (2015). Katalog BPS: Indeks Harga Konsumen dan Inflasi Kalimantan Timur 2015. Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur.

Iqbal, M. (2002). *Pokok-pokok Materi Statistika Edisi 2*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.

Jumingan. (2009). *Studi Kelayakan Bisnis Teori dan Pembuatan Proposal Kelayakan*. Jakarta: Bumi Aksara.

Naba, A. (2009). *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan MATLAB*. Yogyakarta: ANDI OFFSET.

Nurmalitasari. (2015). Peramalan Jumlah Pendaftar Calon Mahasiswa STMIK Duta Bangsa Menggunakan Metode Time Invariant Fuzzy Time Series. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 8(1), 1-6.

Ross, T.J. (2010). *Fuzzy Logic With Engineering Applications Third Edition*. Chichester: John Wiley & Sons Inc.

Rosy, M. (2013). Peramalan Indeks Harga Konsumen (IHK) Kota Malang Bulan Januari sampai Bulan Juni Tahun 2013 Menggunakan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). *Jurnal Matematika*, 1(2), 75-82.

Sah, M. dan Degtiarev, K.Y. (2007). Forecasting Enrollment Model Based on First Order Fuzzy Time Series. *International Journal of Computer and Information Engineering*, 1(1), 221-224.

