

PERBANDINGAN METODE RUNTUN WAKTU *FUZZY-CHEN* DAN *FUZZY-MARKOV CHAIN* UNTUK MERAMALKAN DATA INFLASI DI INDONESIA

Lintang Afdianti Nurkhasanah¹, Suparti², Sudarno³

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

^{2,3}Staff Pengajar Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

lintangafdiandi@gmail.com, supartisudargo@yahoo.co.id, dsghani@gmail.com

ABSTRACT

Inflation data are financial time series data which often violate assumption if it is modeled with ARIMA Box-Jenkins classic method. Therefore, to forecast inflation data are used forecast method which has not requirement classic assumptions, like as fuzzy time series method. Fuzzy time series is a method of predicting data that use principles of fuzzy as basis. Many researches has been developed about this method, such as fuzzy time series developed by Chen (1996) and fuzzy time series-Markov chain developed by Tsaur (2012). In this case, both methods are used to predict inflation data in Indonesia. Result of predicting from both methods are compared with MSE value to in sample data. Method of fuzzy time series-Chen get MSE value 0,656, whereas method of fuzzy time series-Markov chain get MSE value 0,216. Because of this reason, method of fuzzy time series-Markov chain get smallest MSE value. So, this method as the best method. Furthermore, to evaluate the best of predicting model used MAPE value to out sample data. The MAPE value in method of fuzzy time series-Markov chain is 6,610%. As conclusion, model of fuzzy time series Markov chain have best performance.

Keywords : fuzzy time series, Markov chain , MSE, MAPE.

1. PENDAHULUAN

Inflasi merupakan salah satu masalah utama makroekonomi yang menjadi indikator perekonomian yang sangat penting. Inflasi memiliki dampak positif dan dampak negatif. Inflasi yang menguntungkan atau dengan kata lain memiliki dampak positif adalah inflasi yang rendah dan stabil. Tingkat inflasi yang rendah dan stabil akan berfungsi sebagai stimulator bagi pertumbuhan ekonomi. Laju inflasi yang terkendali akan menambah keuntungan pengusaha sehingga akan meningkatkan investasi di masa datang, dan pada akhirnya akan mempercepat terciptanya pertumbuhan ekonomi yang diharapkan. Selain itu inflasi yang rendah dan stabil akan berdampak baik untuk perluasan lapangan kerja, serta tercukupinya ketersediaan barang dan jasa untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Sebaliknya, inflasi yang tinggi akan berdampak negatif pada perekonomian. Menurut Sukirno (2000), akibat buruk yang paling nyata dari inflasi adalah kemerosotan pendapatan riil yang diterima masyarakat. Selain itu dapat menimbulkan ketidakstabilan, pertumbuhan yang lambat, dan pengangguran yang semakin meningkat, serta mengurangi daya beli masyarakat. Karena inflasi mempunyai pengaruh yang cukup besar dalam perekonomian suatu negara, maka pengendalian inflasi sangat penting untuk dilakukan.

Data inflasi merupakan data keuangan runtun waktu. Penelitian menggunakan metode peramalan data runtun waktu telah banyak digunakan seperti dengan metode ARIMA Box Jenkins, *smoothing*, fungsi transfer, dan sebagainya. Beberapa metode peramalan mensyaratkan asumsi-asumsi yang harus terpenuhi, misalnya pada metode ARIMA Box Jenkins. Pada kenyataannya tidak semua data dapat memenuhi asumsi-asumsi. Sehingga kini telah berkembang metode-metode peramalan yang tidak mensyaratkan asumsi-asumsi tersebut, salah satunya adalah metode runtun waktu *fuzzy*

(*fuzzy time series*). Metode runtun waktu *fuzzy* telah banyak dikembangkan. Beberapa penelitian dan pengembangan metode ini yaitu peramalan dengan metode runtun waktu *fuzzy* pada pendaftaran mahasiswa baru Universitas Alabama menggunakan operasi aritmetika sederhana oleh Chen (1996), serta metode runtun waktu *fuzzy*-Markov *chain* yang di kembangkan oleh Tsaur (2012). Penerapan metode runtun waktu *fuzzy* sangat sederhana dan berdasarkan beberapa penelitian telah terbukti bahwa metode tersebut memiliki akurasi yang tinggi, dibuktikan dengan nilai MSE (*Mean Square Error*) yang kecil.

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan, penulis ingin meramalkan data inflasi di Indonesia tersebut menggunakan metode runtun waktu *fuzzy* dengan model Chen dan runtun waktu *fuzzy* dengan model Markov *chain*. Kemudian memilih metode yang terbaik di antara dua metode tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Runtun Waktu *Fuzzy*-Chen

Menurut Chen (1996), langkah-langkah peramalan menggunakan *runtun* waktu *fuzzy*-Chen adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *universe of discourse* (semesta pembicaraan) data aktual, yaitu

$$U = [D_{\min} - B_1, D_{\max} + B_2] \quad (1)$$

dengan

D_{\min} = data minimum

D_{\max} = data maksimum

B_1 = bilangan positif sembarang pertama

B_2 = bilangan positif sembarang kedua

2. Semesta pembicaraan U tersebut kemudian dibagi menjadi beberapa interval dengan jarak yang sama. Banyaknya interval sesuai dengan keinginan peneliti. Misalkan U dibagi menjadi k interval, maka panjang interval dapat didefinisikan sebagai l yaitu

$$l = \frac{[(D_{\max} + B_2) - (D_{\min} - B_1)]}{k} \quad (2)$$

3. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* pada U dan lakukan fuzzifikasi pada data historis yang diamati. Misal A_1, A_2, \dots, A_p adalah himpunan *fuzzy* yang mempunyai nilai linguistik dari suatu variabel linguistik, pendefinisian himpunan *fuzzy* A_1, A_2, \dots, A_p pada semesta pembicaraan U adalah sebagai berikut:

$$A_1 = \{a_{11}/u_1, a_{12}/u_2, \dots, a_{1k}/u_k\}$$

$$A_2 = \{a_{21}/u_1, a_{22}/u_2, \dots, a_{2k}/u_k\}$$

:

:

$$A_p = \{a_{p1}/u_1, a_{p2}/u_2, \dots, a_{pk}/u_k\}$$

(3)

dengan a_{ij} mempunyai *range* $[0,1]$, $1 \leq i \leq p$, dan $1 \leq j \leq k$. Nilai dari a_{ij} menandakan derajat keanggotaan dari u_j dalam himpunan *fuzzy* A_i . Untuk menentukan derajat keanggotaan digunakan fungsi keanggotaan segitiga. Selanjutnya dilakukan proses fuzzifikasi yaitu proses pemetaan data input ke dalam himpunan *fuzzy* dengan membangun fungsi keanggotaan. Proses fuzzifikasi untuk data historis adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan nilai numeris dari himpunan *fuzzy* yang terbentuk. Nilai numeris ini digunakan untuk membentuk fungsi keanggotaan. Selisih antara nilai numeris satu dengan yang lainnya sama, yaitu

$$d = \frac{[(D_{\max} + B_2) - (D_{\min} - B_1)]}{p-1} \quad (4)$$

kemudian nilai numerisnya adalah sebagai berikut:

$$\pi_{A_1} = D_{\min} - B_1$$

$$\pi_{A_2} = \pi_{A_1} + d$$

$$\pi_{A_3} = \pi_{A_2} + d$$

⋮

$$\pi_{A_{p-1}} = \pi_{A_{p-2}} + d$$

$$\pi_{A_p} = D_{\max} + B_2$$

dengan

d = selisih antara nilai numeris

p = banyaknya himpunan fuzzy

π_{A_p} = nilai numeris dari himpunan fuzzy A_p

- b. Kemudian membentuk fungsi keanggotaan fuzzy berdasarkan nilai numeris yang terbentuk.
 - c. Mengklasifikasikan data historis tersebut ke himpunan *fuzzy*. Jika keanggotaan maksimum dari suatu data pada periode tertentu terdapat dalam himpunan *fuzzy* A_p , maka data tersebut masuk dalam himpunan *fuzzy* A_p .
4. Menentukan relasi logika *fuzzy* berdasarkan data historis.
 5. Mengklasifikasikan relasi logika *fuzzy* yang telah diperoleh dari tahap ke-4 ke dalam kelompok-kelompok dan mengkombinasikan hubungan yang sama, sehingga tanpa adanya pengulangan pada hubungan yang sama.
 6. Menghitung nilai peramalan
Pada metode runtun waktu *fuzzy*-Chen terdapat beberapa aturan peramalan yang harus diperhatikan, antara lain:

Aturan 1

Jika hanya terdapat satu relasi logika *fuzzy* pada deretan kelompok relasi logika *fuzzy*, misalnya jika $A_i \rightarrow A_j$, dan terdapat data pada periode ke (t-1) masuk dalam A_i , maka nilai peramalan F_t adalah $m_{j(t-1)}$, dengan $m_{j(t-1)}$ adalah nilai tengah dari interval u_j pada kelompok relasi logika *fuzzy* yang terbentuk pada data ke (t-1).

Aturan 2

Jika terdapat himpunan *fuzzy* yang tidak mempunyai relasi logika *fuzzy*, misal jika $A_i \rightarrow \emptyset$, dan kemudian terdapat data pada periode ke (t-1) masuk dalam A_i , maka nilai peramalan F_t adalah $m_{i(t-1)}$, dengan $m_{i(t-1)}$ adalah nilai tengah dari interval u_i pada kelompok relasi logika *fuzzy* yang terbentuk pada data ke (t-1).

Aturan 3

Jika terdapat kelompok relasi logika *fuzzy* $A_i \rightarrow A_i, A_j, \dots, A_p$, maka F_t adalah nilai peramalannya, sesuai untuk A_i, A_j, \dots, A_p .

Adapun persamaan peramalannya dapat ditulis sebagai berikut:

$$F_t = \frac{m_{1(t-1)} + m_{2(t-1)} + \dots + m_{p(t-1)}}{p} \quad (5)$$

2.2 Langkah-Langkah Runtun Waktu *fuzzy*-Markov Chain

Menurut Tsaur (2012), langkah-langkah peramalan menggunakan metode runtun waktu *fuzzy*-Markov chain adalah sebagai berikut:

1. Menentukan semesta pembicaraan seperti pada persamaan (1).
2. Semesta pembicaraan U tersebut kemudian dibagi menjadi beberapa interval dengan jarak yang sama seperti pada persamaan (2).

3. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* pada U dan lakukan fuzzifikasi pada data historis yang diamati seperti pada persamaan (3).
4. Menentukan relasi logika *fuzzy* berdasarkan data historis.
5. Menentukan kelompok-kelompok dari relasi logika *fuzzy* agar menjadi kelompok relasi logika *fuzzy*.
6. Menentukan matrik probabilitas transisi **P** berdasarkan kelompok relasi logika *fuzzy* yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya. Matrik probabilitas transisi Markov ini berdimensi $p \times p$, dengan p merupakan banyaknya himpunan fuzzy. Probabilitas transisi *state* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{r_i} \quad (6)$$

dengan,

P_{ij} = probabilitas transisi dari *state* A_i ke A_j

r_{ij} = Banyak transisi dari *state* A_i ke A_j

r_i = Banyak data yang termasuk dalam *state* A_i

Matrik probabilitas transisi **P** dapat ditulis sebagai berikut:

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1p} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{p1} & P_{p2} & \cdots & P_{pp} \end{bmatrix}$$

7. Menghitung nilai peramalan

Aturan 1

Jika terdapat himpunan *fuzzy* yang tidak mempunyai relasi logika *fuzzy*, misal jika $A_i \rightarrow \emptyset$, dan kemudian terdapat data pada periode ke (t-1) masuk dalam A_i , maka nilai peramalan F_t adalah $m_{i(t-1)}$, dengan $m_{i(t-1)}$ adalah nilai tengah dari interval u_i pada kelompok relasi logika *fuzzy* yang terbentuk pada data ke (t-1).

Aturan 2

Jika kelompok relasi logika *fuzzy* A_i adalah relasi *one to one* (misalnya $A_i \rightarrow A_p$ dimana $P_{ip} = 1$ dan $P_{ij} = 0, j \neq p$), dimana data yang diambil Y_{t-1} pada waktu (t-1) masuk dalam *state* A_i , maka nilai peramalan F_t adalah $m_{p(t-1)}$, dengan $m_{p(t-1)}$ adalah nilai tengah dari u_p pada kelompok relasi logika *fuzzy* yang terbentuk pada data ke (t-1).

Aturan 3

Jika kelompok relasi logika *fuzzy* A_j adalah relasi *one to many* (misalnya $A_j \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_q, j = 1, 2, \dots, q$), dimana data yang diambil Y_{t-1} pada waktu (t-1) masuk dalam *state* A_j , maka peramalan F_t adalah

$$F_t = m_{1(t-1)}P_{j1} + m_{2(t-1)}P_{j2} + \dots + m_{j-1(t-1)}P_{j(j-1)} + Y_{t-1} P_{jj} + m_{j+1(t-1)}P_{j(j+1)} + \dots + m_{q(t-1)}P_{jq} \quad (7)$$

8. Mengatur penyesuaian kecenderungan nilai peramalan.

Aturan 1

Jika *state* A_i berhubungan dengan A_j , dimulai dari *state* A_i pada waktu t-1 sebagai $F_{t-1} = A_i$ dan membuat transisi menaik ke *state* A_j pada waktu t dimana $i < j$, maka nilai penyesuaian kecenderungan D_t didefinisikan sebagai

$$D_{t1} = \frac{l}{2} \quad (8)$$

dengan l adalah panjang interval

Aturan 2

Jika state A_i berhubungan dengan A_i , dimulai dari *state* A_i pada waktu $t-1$ sebagai $F_{t-1} = A_i$ dan membuat transisi menurun ke *state* A_j pada waktu t dimana ($i > j$) maka nilai penyesuaian kecenderungan D_t didefinisikan sebagai

$$D_{t1} = -\frac{l}{2} \quad (9)$$

Aturan 3

Jika transisi dimulai dari *state* A_i pada waktu $t-1$ sebagai $F_{t-1} = A_i$ dan membuat transisi melompat maju ke *state* A_{i+s} pada waktu t dimana ($1 \leq s \leq p - i$) maka nilai penyesuaian kecenderungan D_t didefinisikan sebagai

$$D_{t2} = \left(\frac{l}{2}\right) s \quad (10)$$

dengan s adalah banyaknya lompatan ke depan.

Aturan 4

Jika proses didefinisikan ke *state* A_i pada waktu $t-1$ sebagai $F_{t-1} = A_i$ dan membuat transisi melompat ke belakang *state* A_{i-v} pada waktu t dimana ($1 \leq v \leq i$), maka nilai penyesuaian kecenderungan D_t didefinisikan sebagai

$$D_{t2} = -\left(\frac{l}{2}\right) v \quad (11)$$

dengan v adalah banyaknya lompatan ke belakang.

9. Menentukan hasil peramalan dengan penyesuaian kecenderungan nilai peramalan. Jika kelompok relasi logika *fuzzy* A_i adalah *one to many* dan *state* A_{i+1} dapat diakses dari A_i dimana *state* A_i berhubungan dengan A_i maka hasil peramalan menjadi

$$F_t^* = F_t + D_{t1} + D_{t2} = F_t + \frac{l}{2} + \frac{l}{2}$$

Jika kelompok relasi logika *fuzzy* A_i adalah *one to many* dan *state* A_{i+1} dapat diakses dari A_i dimana *state* A_i tidak berhubungan dengan A_i maka hasil peramalan menjadi

$$F_t^* = F_t + D_{t2} = F_t + \frac{l}{2}$$

Jika kelompok relasi logika *fuzzy* A_i adalah *one to many* dan *state* A_{i-2} dapat diakses dari A_i dimana *state* A_i tidak berhubungan dengan A_i maka hasil peramalan menjadi

$$F_t^* = F_t - D_{t2} = F_t - \frac{l}{2} \times 2 = F_t - l$$

Ketika b adalah langkah melompat, maka rumus umum dari F_t^* adalah

$$F_t^* = F_t \pm D_{t1} \pm D_{t2} = F_t \pm \frac{l}{2} \pm \frac{l}{2} b$$

2.3 Ukuran Ketepatan Peramalan

Menurut Makridakis (1999), rumus MSE adalah sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2}{n} \quad (12)$$

dengan

- Y_t = data aktual periode ke- t
 F_t = nilai peramalan periode ke- t
 n = banyaknya data yang diprediksi

2.4 Evaluasi Kinerja Model

Menurut Zainun dan Majid (2003) dalam Raharja *et al.* (2010), suatu model mempunyai kinerja sangat bagus jika nilai MAPE berada di bawah 10%, dan mempunyai

kinerja bagus jika nilai MAPE berada diantara 10% dan 20%. Menurut Makridakis (1999), rumus untuk menghitung MAPE adalah

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n |PE_t|}{n} \quad (13)$$

$$PE_t = \left(\frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right) \times 100\% \quad (14)$$

dengan,

PE_t = persentase kesalahan periode ke-t

Y_t = data aktual periode ke-t

F_t = nilai peramalan periode ke-t

n = banyaknya data yang diprediksi

3. METODE PENELITIAN

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah data runtun waktu inflasi *year on year* di Indonesia sejak Januari 2009 sampai bulan Maret 2015, dimana data pada bulan Januari 2009 sampai Maret 2014 sebagai data *in sample*, dan data pada bulan April 2014 sampai bulan Maret 2015 sebagai data *out sample* untuk evaluasi model peramalan.

Langkah-langkah analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data
2. Melakukan peramalan untuk data *in sample* menggunakan metode runtun waktu *fuzzy-Chen*.
3. Melakukan peramalan untuk data *in sample* menggunakan metode runtun waktu *fuzzy-Markov chain*.
4. Menghitung nilai ketepatan peramalan menggunakan MSE pada masing-masing metode.
5. Menentukan metode peramalan terbaik dengan MSE terkecil.
6. Evaluasi kinerja model terbaik pada data *out sample* menggunakan nilai MAPE.
7. Interpretasi dan kesimpulan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Metode Runtun Waktu *Fuzzy-Chen*

Pada metode runtun waktu *fuzzy* yang dikembangkan oleh Chen, berdasarkan langkah-langkah yang telah dibahas pada bab sebelumnya diperoleh hasil sebagai berikut:

1. $U = [D_{\min} - B_1, D_{\max} + B_2]$
 $= [2,47 - 0,47, 9,17 + 0,83]$
 $= [2,10]$

2. Misalkan U akan dibagi ke dalam 8 interval, maka panjang interval adalah

$$l = \frac{10-2}{8}$$

$$= 1$$

Sehingga diperoleh $u_1 = [2,3]$, $u_2 = [3,4]$, $u_3 = [4,5]$, $u_4 = [5,6]$, $u_5 = [6,7]$, $u_6 = [7,8]$, $u_7 = [8,9]$, $u_8 = [9,10]$.

3. Hasil fuzzifikasi data historis inflasi di Indonesia dapat dilihat pada tabel 3.
4. Berdasarkan fuzzifikasi data pada tahap ke-3 tersebut, diperoleh relasi logika *fuzzy* sebagai berikut:

Tabel 1. Relasi Logika *Fuzzy*

$A_7 \rightarrow A_7$	$A_3 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_3$
$A_7 \rightarrow A_6$	$A_3 \rightarrow A_5$	$A_3 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_4$
$A_6 \rightarrow A_6$	$A_5 \rightarrow A_5$	$A_3 \rightarrow A_3$	$A_4 \rightarrow A_4$
$A_6 \rightarrow A_5$	$A_5 \rightarrow A_4$	$A_3 \rightarrow A_3$	$A_4 \rightarrow A_4$
$A_5 \rightarrow A_3$	$A_4 \rightarrow A_4$	$A_3 \rightarrow A_2$	$A_4 \rightarrow A_4$
$A_3 \rightarrow A_2$	$A_4 \rightarrow A_5$	$A_2 \rightarrow A_2$	$A_4 \rightarrow A_5$
$A_2 \rightarrow A_2$	$A_5 \rightarrow A_5$	$A_2 \rightarrow A_3$	$A_5 \rightarrow A_7$
$A_2 \rightarrow A_2$	$A_5 \rightarrow A_5$	$A_3 \rightarrow A_3$	$A_7 \rightarrow A_7$
$A_2 \rightarrow A_1$	$A_5 \rightarrow A_5$	$A_3 \rightarrow A_3$	$A_7 \rightarrow A_7$
$A_1 \rightarrow A_1$	$A_5 \rightarrow A_5$	$A_3 \rightarrow A_3$	$A_7 \rightarrow A_7$
$A_1 \rightarrow A_2$	$A_5 \rightarrow A_5$	$A_3 \rightarrow A_3$	$A_7 \rightarrow A_7$
$A_2 \rightarrow A_3$	$A_5 \rightarrow A_5$	$A_3 \rightarrow A_3$	$A_7 \rightarrow A_7$
$A_3 \rightarrow A_3$	$A_5 \rightarrow A_4$	$A_3 \rightarrow A_3$	$A_7 \rightarrow A_7$
$A_3 \rightarrow A_2$	$A_4 \rightarrow A_4$	$A_3 \rightarrow A_3$	$A_7 \rightarrow A_6$
$A_2 \rightarrow A_3$	$A_4 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_3$	$A_6 \rightarrow A_6$
$A_3 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_3$	$A_6 \rightarrow A_6$

5. Relasi logika *fuzzy* pada tahap ke-4 diklasifikasikan ke dalam kelompok-kelompok.

Tabel 2. Kelompok Relasi Logika *Fuzzy* pada Metode Runtun Waktu *Fuzzy-Chen*

Kelompok	Relasi Logika <i>Fuzzy</i>	Kelompok	Relasi Logika <i>Fuzzy</i>
1	$A_1 \rightarrow A_1, A_2$	5	$A_5 \rightarrow A_3, A_4, A_5, A_7$
2	$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3$	6	$A_6 \rightarrow A_5, A_6$
3	$A_3 \rightarrow A_2, A_3, A_4, A_5$	7	$A_7 \rightarrow A_6, A_7$
4	$A_4 \rightarrow A_3, A_4, A_5$	8	$A_8 \rightarrow \emptyset$

6. Menghitung hasil peramalan.

Tabel 3. Fuzzifikasi Data Historis dan Hasil Peramalan Menggunakan Metode Runtun Waktu *Fuzzy Chen*

Bulan	Data Aktual	Fuzzifikasi	Nilai Peramalan	Bulan	Data Aktual	Fuzzifikasi	Nilai Peramalan
Jan-09	9,17	A7		Sep-11	4,61	A3	5,00
Feb-09	8,60	A7	8,00	Oct-11	4,42	A3	5,00
Mar-09	7,92	A6	8,00	Nov-11	4,15	A3	5,00
Apr-09	7,31	A6	7,00	Dec-11	3,79	A3	5,00
May-09	6,04	A5	7,00	Jan-12	3,65	A2	5,00
Jun-09	3,72	A3	6,25	Feb-12	3,56	A2	3,50
Jul-09	2,71	A2	5,00	Mar-12	3,97	A3	3,50
Aug-09	2,75	A2	3,50	Apr-12	4,50	A3	5,00
Sep-09	2,83	A2	3,50	May-12	4,45	A3	5,00
Oct-09	2,57	A1	3,50	Jun-12	4,53	A3	5,00
Nov-09	2,41	A1	3,00	Jul-12	4,56	A3	5,00
Dec-09	2,78	A2	3,00	Aug-12	4,58	A3	5,00
Jan-10	3,72	A3	3,50	Sep-12	4,31	A3	5,00
Feb-10	3,81	A3	5,00	Oct-12	4,61	A3	5,00
Mar-10	3,43	A2	5,00	Nov-12	4,32	A3	5,00
Apr-10	3,91	A3	3,50	Dec-12	4,30	A3	5,00
May-10	4,16	A3	5,00	Jan-13	4,57	A3	5,00

Bulan	Data Aktual	Fuzzifikasi	Nilai Peramalan	Bulan	Data Aktual	Fuzzifikasi	Nilai Peramalan
Jun-10	4,84	A3	5,00	Feb-13	5,31	A4	5,00
Jul-10	6,22	A5	5,00	Mar-13	5,90	A4	5,50
Aug-10	6,44	A5	6,25	Apr-13	5,57	A4	5,50
Sep-10	5,80	A4	6,25	May-13	5,47	A4	5,50
Oct-10	5,67	A4	5,50	Jun-13	6,01	A5	5,50
Nov-10	6,33	A5	5,50	Jul-13	8,61	A7	6,25
Dec-10	6,96	A5	6,25	Aug-13	8,79	A7	8,00
Jan-11	7,02	A5	6,25	Sep-13	8,40	A7	8,00
Feb-11	6,84	A5	6,25	Oct-13	8,32	A7	8,00
Mar-11	6,65	A5	6,25	Nov-13	8,37	A7	8,00
Apr-11	6,16	A5	6,25	Dec-13	8,38	A7	8,00
May-11	5,98	A4	6,25	Jan-14	8,22	A6	8,00
Jun-11	5,54	A4	5,50	Feb-14	7,75	A6	7,00
Jul-11	4,61	A3	5,50	Mar-14	7,32	A6	7,00
Aug-11	4,79	A3	5,00				

Nilai MSE yang diperoleh pada metode runtun waktu *fuzzy*-Chen adalah sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^{62} (Y_t - F_t)^2}{62} = \frac{(8,6 - 8)^2 + (7,92 - 8)^2 + \dots + (7,32 - 7)^2}{62} = 0,656$$

4.2 Metode Runtun Waktu *Fuzzy*-Markov Chain

Pada metode runtun waktu *fuzzy*-Markov chain, diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Untuk langkah kesatu sampai dengan keempat diperoleh hasil yang sama dengan hasil pada metode runtun waktu *fuzzy*-Chen.
2. Hasil kelompok relasi logika *fuzzy* dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Kelompok Relasi Logika *Fuzzy* pada Runtun Waktu *Fuzzy*-Markov Chain

Kelompok	Relasi Logika Fuzzy	Kelompok	Relasi Logika Fuzzy
1	$A_1 \rightarrow A_1, A_2$	5	$A_5 \rightarrow A_3, A_4(2), A_5(6), A_7$
2	$A_2 \rightarrow A_1, A_2(3), A_3(3)$	6	$A_6 \rightarrow A_5, A_6(3)$
3	$A_3 \rightarrow A_2(3), A_3(18), A_4, A_5$	7	$A_7 \rightarrow A_6(2), A_7(6)$
4	$A_4 \rightarrow A_3, A_4(5), A_5(2)$	8	$A_8 \rightarrow \emptyset$

3. Matrik probabilitas transisi **P** yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$P = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{7} & \frac{3}{7} & \frac{3}{7} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3}{23} & \frac{18}{23} & \frac{1}{23} & \frac{1}{23} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{8} & \frac{5}{8} & \frac{2}{8} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{10} & \frac{2}{10} & \frac{6}{10} & 0 & \frac{1}{10} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{4} & \frac{3}{4} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{2}{8} & \frac{6}{8} \end{bmatrix}$$

4. Hasil peramalan dengan metode runtun waktu *fuzzy-Markov chain* dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil Peramalan Menggunakan Metode Runtun Waktu *Fuzzy-Markov Chain*

Bulan	Aktual	F _t	D _t	F _t *	Bulan	Aktual	F _t	D _t	F _t *
Jan-09	9,17				Sep-11	4,61	4,73	0,00	4,73
Feb-09	8,60	8,75	0,00	8,75	Oct-11	4,42	4,59	0,00	4,59
Mar-09	7,92	8,33	0,00	8,33	Nov-11	4,15	4,44	0,00	4,44
Apr-09	7,31	7,57	0,00	7,57	Dec-11	3,79	4,23	0,00	4,23
May-09	6,04	7,11	-1,00	6,11	Jan-12	3,65	3,94	-1,00	2,94
Jun-09	3,72	6,02	-1,50	4,52	Feb-12	3,56	3,85	0,00	3,85
Jul-09	2,71	3,89	-1,00	2,89	Mar-12	3,97	3,81	1,00	4,81
Aug-09	2,75	3,45	0,00	3,45	Apr-12	4,50	4,09	0,00	4,09
Sep-09	2,83	3,46	0,00	3,46	May-12	4,45	4,50	0,00	4,50
Oct-09	2,57	3,50	-1,00	2,50	Jun-12	4,53	4,46	0,00	4,46
Nov-09	2,41	3,04	0,00	3,04	Jul-12	4,56	4,52	0,00	4,52
Dec-09	2,78	2,96	1,00	3,96	Aug-12	4,58	4,55	0,00	4,55
Jan-10	3,72	3,48	1,00	4,48	Sep-12	4,31	4,56	0,00	4,56
Feb-10	3,81	3,89	0,00	3,89	Oct-12	4,61	4,35	0,00	4,35
Mar-10	3,43	3,96	-1,00	2,96	Nov-12	4,32	4,59	0,00	4,59
Apr-10	3,91	3,76	1,00	4,76	Dec-12	4,30	4,36	0,00	4,36
May-10	4,16	4,04	0,00	4,04	Jan-13	4,57	4,34	0,00	4,34
Jun-10	4,84	4,23	0,00	4,23	Feb-13	5,31	4,55	1,00	5,55
Jul-10	6,22	4,77	1,50	6,27	Mar-13	5,90	5,51	0,00	5,51
Aug-10	6,44	6,13	0,00	6,13	Apr-13	5,57	5,88	0,00	5,88
Sep-10	5,80	6,26	-1,00	5,26	May-13	5,47	5,67	0,00	5,67
Oct-10	5,67	5,81	0,00	5,81	Jun-13	6,01	5,61	1,00	6,61
Nov-10	6,33	5,73	1,00	6,73	Jul-13	8,61	6,01	1,50	7,51
Dec-10	6,96	6,20	0,00	6,20	Aug-13	8,79	8,33	0,00	8,33
Jan-11	7,02	6,58	0,00	6,58	Sep-13	8,40	8,47	0,00	8,47
Feb-11	6,84	6,61	0,00	6,61	Oct-13	8,32	8,18	0,00	8,18
Mar-11	6,65	6,50	0,00	6,50	Nov-13	8,37	8,12	0,00	8,12
Apr-11	6,16	6,39	0,00	6,39	Dec-13	8,38	8,15	0,00	8,15
May-11	5,98	6,10	-1,00	5,10	Jan-14	8,22	8,16	-1,00	7,16
Jun-11	5,54	5,93	0,00	5,93	Feb-14	7,75	7,79	0,00	7,79
Jul-11	4,61	5,65	-1,00	4,65	Mar-14	7,32	7,44	0,00	7,44
Aug-11	4,79	4,59	0,00	4,59					

Nilai MSE yang diperoleh pada metode runtun waktu *fuzzy-Markov chain* adalah sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^{62} (Y_t - F_t)^2}{62} = \frac{(8,6 - 8,75)^2 + (7,92 - 8,33)^2 + \dots + (7,32 - 7,44)^2}{62} = 0,216$$

Berdasarkan perhitungan yang telah didapat, nilai MSE pada metode runtun waktu *fuzzy-Chen* adalah sebesar 0,656, sedangkan nilai MSE untuk metode runtun waktu *fuzzy-*

Markov chain adalah sebesar 0,216. Dari hasil tersebut diperoleh nilai MSE pada metode runtun waktu *fuzzy-Markov chain* lebih kecil daripada metode runtun waktu *fuzzy-Chen*, sehingga diperoleh metode runtun waktu *fuzzy-Markov chain* sebagai metode terbaik.

4.3 Evaluasi Kinerja Model

Hasil peramalan pada data *out sampel* adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Peramalan Data *Out Sample* pada Runtun Waktu *Fuzzy-Markov Chain*

Bulan	Data Aktual	Nilai Peramalan	Bulan	Data Aktual	Nilai Peramalan	Bulan	Data Aktual	Nilai Peramalan
Apr-14	7,25	7,12	Aug-14	3,99	4,52	Dec-14	8,36	7,64
May-14	7,32	7,06	Sep-14	4,53	4,10	Jan-15	7,96	7,15
Jun-14	6,70	6,12	Oct-14	4,83	4,52	Feb-15	6,29	6,60
Jul-14	4,53	4,92	Nov-14	6,23	6,26	Mar-15	6,38	6,17

Nilai MAPE untuk metode runtun waktu *fuzzy-Markov chain* sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^{12} \left| \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right|}{12} \times 100\% = \frac{\left| \frac{(7,25 - 7,12)}{7,25} \right| + \dots + \left| \frac{(6,38 - 6,17)}{6,38} \right|}{12} \times 100\% = 6,610\%$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, pada metode runtun waktu *fuzzy-Markov chain* didapatkan nilai MAPE di bawah 10%, sehingga model runtun waktu *fuzzy-Markov chain* pada peramalan data inflasi mempunyai kinerja yang sangat bagus.

5. KESIMPULAN

1. Nilai ketepatan peramalan, dalam hal ini digunakan MSE yang diperoleh pada metode runtun waktu *fuzzy-Chen* adalah sebesar 0,656, sedangkan MSE yang diperoleh pada metode runtun waktu *fuzzy-Markov chain* adalah sebesar 0,216. Berdasarkan nilai MSE yang diperoleh, metode runtun waktu *fuzzy-Markov chain* dipilih sebagai metode terbaik karena menghasilkan MSE terkecil.
2. Evaluasi kinerja model yang dilakukan pada data *out sampel* menunjukkan bahwa model runtun waktu *fuzzy-Markov chain* menghasilkan kinerja yang sangat bagus karena menghasilkan nilai MAPE di bawah 10%, yaitu sebesar 6,610%.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chen, S. M., 1996. *Forecasting Enrollments Based on Fuzzy Time Series*. Jurnal Fuzzy Sets and System Vol. 81: 311-319.
- [2] Makridakis, S., 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Edisi Kedua Jilid I. Untung Sus Andriyanto dan Abdul Basith, Penerjemah. Jakarta: Penerbit Erlangga. Terjemahan dari: FORECASTING, 2nd Edition.
- [3] Raharja, A., Anggraeni, W., dan Vinarti, R. A., 2010. *Penerapan Metode Exponential Smoothing untuk Peramalan Penggunaan Waktu Telepon di PT. Telkomsel DIVRE3 Surabaya*. Jurnal Sistem Informasi. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Sukirno, S., 2000. *Makroekonomi Modern Perkembangan Pemikiran dari Klasik hingga Keynesian Baru*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- [5] Tsaur, R. C., 2012. *A Fuzzy Time Series-Markov Chain Model With An Application to Forecast The Exchange Rate Between The Taiwan and US Dollar*. *International Journal of Innovative Computing, Information, and Control* Vol.8, No. 7.