

PERAMALAN HARGA SAHAM PADA INDEKS LQ45 MENGGUNAKAN FUZZY TIME SERIES MARKOV CHAIN DAN MODIFIKASI DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING

Dygtta Hadinagara¹, Noeryanti^{2*}

^{1,2} Jurusan Statistika, FST, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: nagadygtta26@gmail.com, snoeryanti@akprind.ac.id

*Corresponding Author

Abstract. *The stock price index is a very important factor and must be considered by investors in making investments and guidelines for investors to see stock price movements. The LQ45 index is one of the index on the Indonesia Stock Exchange. Index data issued by the LQ45 Index always fluctuates according to economic conditions. This stock price fluctuation can be difficult for investors to see how the company's investment prospects in the future. To overcome this, a forecasting technique is needed*

The forecasting method used is the Fuzzy Time Series Markov Chain (FTSMC) and Modifications Double Exponential Smoothing methods with Golden Section. Golden Section of Double Exponential Smoothing is used as an alternative method of trial and error in determining parameters (α) for Brown and (α, γ) for Holt.

The results of this research obtained is Fuzzy Time Series Markov Chain method is better used to forecast stock prices of LQ45 Index because it produces a smaller MAPE value of 2.184122% for the opening price data and at 2.361132% for closing price data while the MAPE value for the Modifications Double Exponential Smoothing method from Brown and Holt is more than 3% for both the opening price and closing price.

Keywords : *Forecasting, Fuzzy Time Series Markov Chain, Double Exponential Smoothing, Golden Section.*

Abstrak. Indeks harga saham merupakan faktor yang sangat penting dan harus diperhatikan oleh investor dalam melakukan investasi serta pedoman bagi investor untuk melihat pergerakan harga saham. Indeks LQ45 merupakan salah satu indeks di Bursa Efek Indonesia. Data indeks yang dikeluarkan oleh Indeks LQ45 selalu berfluktuasi sesuai dengan keadaan ekonomi. Fluktuasi harga saham ini dapat menyulitkan pelaku pasar/investor untuk melihat bagaimana prospek investasi saham sebuah perusahaan dimasa yang akan datang. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan suatu teknik peramalan.

Metode peramalan yang digunakan adalah metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* (FTSMC) dan Modifikasi *Double Exponential Smoothing* dengan *Golden Section*. *Golden Section* pada *Double Exponential Smoothing* digunakan sebagai alternatif metode *trial and error* dalam menentukan parameter (α) untuk Brown dan (α, γ) untuk Holt.

Hasil penelitian yang diperoleh bahwa metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* lebih baik digunakan untuk meramalkan harga saham pada Indeks LQ45 karena menghasilkan nilai MAPE yang lebih kecil yaitu sebesar 2.184122% untuk data harga pembukaan dan sebesar 2.361132% untuk data harga penutupan sedangkan nilai MAPE untuk metode Modifikasi *Double Exponential Smoothing* dari Brown dan Holt yaitu lebih dari 3% baik untuk harga pembukaan maupun harga penutupan.

Kata Kunci : *Peramalan, Fuzzy Time Series Markov Chain, Double Exponential Smoothing, Golden Section.*

1. Pendahuluan

Harga Saham merupakan bagian penting yang harus diperhatikan oleh investor ketika akan berinvestasi. Salah satu pedoman bagi investor yang ingin melakukan investasi di pasar modal, khususnya saham adalah indeks harga saham. Indeks harga saham merupakan indikator atau cerminan pergerakan harga saham (Martalena dan Malinda, 2011).

LQ45 merupakan salah satu indeks di Bursa Efek Indonesia (BEI), di mana indeks tersebut diperoleh dari perhitungan 45 emiten dengan seleksi kriteria seperti penilaian atas likuiditas. Tujuan indeks LQ45 adalah sebagai pelengkap IHSG dan khususnya untuk

menyediakan sarana yang obyektif dan terpercaya bagi analisis keuangan, manajer investasi, investor dan pemerhati pasar modal lainnya dalam memonitor pergerakan harga dari saham-saham yang aktif diperdagangkan. Data indeks yang dikeluarkan oleh LQ45 selalu berfluktuasi berupa kenaikan dan penurunan harga dalam kurun waktu tertentu. Ini disebabkan karena adanya permintaan dan penawaran atas saham di pasar modal. Fluktuasi harga saham ini dapat menyulitkan pelaku pasar/investor untuk melihat bagaimana prospek investasi saham sebuah perusahaan dimasa yang akan datang sehingga dapat mengurangi resiko bagi investor dalam berinvestasi. Salah satu alat yang diperlukan dalam mengatasi hal tersebut ialah teknik peramalan.

Penelitian menggunakan teknik peramalan telah banyak digunakan seperti metode ARIMA Box Jenkins, *smoothing*, *average*, fungsi transfer, dan sebagainya. Beberapa metode peramalan mensyaratkan asumsi – asumsi yang harus terpenuhi. 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*). Dalam melakukan sebuah penelitian khususnya peramalan alangkah baiknya jika membandingkan metode satu dan metode yang lainnya. Karena pada penelitian ini menggunakan data harga saham, dimana grafik pola data harga saham cenderung berpola *trend* yaitu data terus meningkat setiap periode dan mengalami fluktuasi, maka metode peramalan yang cocok untuk data berpola *trend* adalah *Double Exponential Smoothing*.

Sebelumnya Izat A (2018) Menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing* dan *Fuzzy Time Series* untuk meramalkan Indeks Harga Konsumen. Jatipaningrum (2016) Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* untuk meramalkan Produk Domestik Bruto (PDB). Rukhansah N (2015) Menggunakan *Fuzzy Time Series Markov Chain* untuk meramalkan harga saham. Aryanto R (2018) Menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing* Pada Peramalan Produksi Tanaman Pangan.

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana pola data dari harga pembukaan dan penutupan indeks saham LQ45 periode Januari 2012 sampai dengan November 2018?
- 2) Bagaimana hasil ramalan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan metode Modifikasi *Double Exponential Smoothing* dari data harga pembukaan dan penutupan indeks saham LQ45 periode Januari 2012 sampai dengan November 2018?
- 3) Bagaimana hasil perbandingan dari metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan metode Modifikasi *Double Exponential Smoothing* pada peramalan harga pembukaan dan penutupan indeks saham LQ45?

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

- 1) Untuk mengetahui pola data dari harga pembukaan dan penutupan indeks saham LQ45 periode Januari 2012 sampai dengan November 2018.
- 2) Untuk meramalkan harga pembukaan dan penutupan indeks saham LQ45 beberapa periode kedepan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan Modifikasi *Double Exponential Smoothing*.
- 3) Untuk membandingkan hasil ramalan dan memperoleh metode terbaik dari kedua metode tersebut dengan melihat tingkat ketepatan ramalan melalui nilai MAPE dan Koefisien Determinasi (R^2).
- 4) Untuk memberikan informasi kepada pelaku pasar/investor sebelum melakukan investasi.

2. Metode

Pada bagian ini memuat tentang studi kasus, metode dan langkah analisis serta prosedur penelitian.

2.1 Indeks Saham LQ45

LQ45 merupakan salah satu indeks di Bursa Efek Indonesia (BEI), di mana indeks tersebut diperoleh dari perhitungan 45 emiten dengan seleksi kriteria seperti penilaian atas likuiditas. Tujuan indeks LQ45 adalah sebagai pelengkap IHSG dan khususnya untuk

menyediakan sarana yang obyektif dan terpercaya bagi analisis keuangan, manajer investasi, investor dan pemerhati pasar modal lainnya dalam memonitor pergerakan harga dari saham-saham yang aktif diperdagangkan.

2.2 Fuzzy Time Series Markov Chain

Berikut ini adalah langkah – langkah peramalan dengan menggunakan *Fuzzy Time Series Markov Chain*:

- 1) Mengumpulkan data historis.
- 2) Mendefinisikan himpunan semesta U menurut persamaan (1).

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

- 3) Menentukan jumlah dan panjang interval *fuzzy* menggunakan persamaan (2) dan (3).

$$k = 1 + 3.322 \log N \quad (2)$$

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

- 4) Mendefinisikan himpunan *fuzzy* pada semesta pembicaraan U (Song dan Chisom, 1993)
- 5) Proses Fuzzifikasi data historis.
- 6) Membentuk *fuzzy logical relation* (FLR) dari hasil fuzzifikasi, lalu *fuzzy logical relation* (FLR) dikelompokkan menjadi *fuzzy logical relation group* (FLRG).
- 7) Membentuk matrik probabilitas transisi markov menggunakan persamaan (4)

$$P_{ij} = \frac{(M_{ij})}{M_i}, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Matriks probabilitas transisi markov:

$$\mathbf{P} = \begin{matrix} \text{State} & 0 & 1 & \dots & m \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ \vdots \\ m \end{matrix} & \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & \dots & P_{0m} \\ P_{10} & P_{11} & \dots & P_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{m0} & P_{m1} & \dots & P_{mm} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

- 8) Proses Defuzzifikasi dan Menghitung hasil peramalan awal (*Forecasting Value*)
Aturan 1 : Jika *fuzzy logical relation group* (FLRG) dari A_i adalah *one to one* yaitu ($A_i \rightarrow A_k$, dengan $P_{ik} = 1$ dan $P_{ij} = 0, j \neq k$) maka peramalan dari $F(t)$ adalah m_k , nilai tengah dari u_k .

$$F(t) = m_k P_{ik} = m_k \quad (5)$$

Aturan 2 : Jika *fuzzy logical relation group* (FLRG) dari A_j adalah *one to many* yaitu ($A_j \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_n, j = 1, 2, \dots, n$) jika kumpulan data $Y_{(t-1)}$ pada saat $t-1$ yang berada pada *state* A_j , maka peramalan $F(t)$ sebagai berikut:

$$F(t) = m_1 P_{j1} + m_2 P_{j2} + \dots + m_{j-1} P_{j(j-1)} + Y_{(t-1)} P_{jj} + m_{j+1} P_{j(j+1)} + \dots + m_k P_{jn} \quad (6)$$

- 9) Menghitung nilai penyesuaian pada peramalan (*Adjusted Value*)
Aturan 1: Jika *state* A_i berhubungan dengan A_i , mulai dari *state* A_i pada waktu $t-1$ sebagai $F(t-1) = A_i$, dan mengalami peningkatan transisi menuju *state* A_j pada waktu $t, (i < j)$, maka nilai D_t adalah:

$$D_{t1} = \left(\frac{\ell}{2}\right) \quad (7)$$

Aturan 2: Jika *state* A_i berhubungan dengan A_i , mulai dari *state* A_i pada waktu $t-1$ sebagai $F(t-1) = A_i$, dan mengalami penurunan transisi menuju *state* A_j pada waktu $t, (i > j)$, maka nilai D_t adalah:

$$D_{t1} = -\left(\frac{\ell}{2}\right) \quad (8)$$

Aturan 3: Jika transisi dimulai dari *state* A_i pada waktu $t-1$, sebagai $F(t-1) = A_i$, dan mengalami lompatan transisi kedepan (maju) menuju *state* A_{i+s} pada waktu $t, (1 < s \leq n - i)$, maka nilai nilai D_t adalah:

$$D_{t2} = \left(\frac{\ell}{2}\right) s, (1 \leq s \leq n - i) \quad (9)$$

Dimana, s = jumlah lompatan ke depan.

Aturan 4: Jika transisi dimulai dari *state* A_i pada waktu $t-1$, sebagai $F(t-1) = A_i$, dan mengalami lompatan transisi ke belakang (mundur) menuju *state* A_{i-v} pada waktu t , ($1 \leq v \leq i$), maka nilai nilai D_t adalah:

$$D_{t2} = -\left(\frac{\ell}{2}\right) v, (1 \leq v \leq i) \quad (10)$$

Dimana, v = jumlah lompatan ke belakang

- 10) Menentukan hasil ramalan yang cocok/peramalan akhir (*Adjusted forecasting value*)

Ketika FLRG dari A_1 adalah *one to many* dengan *state* A_{i+1} dapat diperoleh dari *state* A_i dimana *state* A_i berkomunikasi dengan A_i , penyesuaian hasil peramalan $F'(t)$ dapat diperoleh sebagai berikut:

$$F^*(t) = F(t) + D_{t1} + D_{t2} = F(t) + \frac{\ell}{2} + \frac{\ell}{2} \quad (11)$$

Jika FLRG dari A_i adalah *one to many*, dan *state* A_{i+1} didapat dari *state* A_i tapi *state* A_i tidak *communicate* dengan A_i , maka rumus penyesuaian peramalan $F'(t)$ sebagai berikut:

$$F^*(t) = F(t) + D_{t2} = F(t) + \frac{\ell}{2} \quad (12)$$

Jika FLRG dari A_i adalah *one to many*, dan *state* A_{i-2} didapat dari *state* A_i tapi *state* A_i tidak *communicate* dengan A_i , maka rumus penyesuaian peramalan $F'(t)$ sebagai berikut:

$$F^*(t) = F(t) - D_{t2} = F(t) - \left(\frac{\ell}{2}\right) 2 = F(t) - \ell \quad (13)$$

Ketika v adalah *jump step*, maka bentuk hasil peramalan $F'(t)$ sebagai berikut:

$$F^*(t) = F(t) \pm D_{t1} \pm D_{t2} = F(t) \pm \left(\frac{\ell}{2}\right) \pm \left(\frac{\ell}{2}\right) v \quad (14)$$

- 11) Menghitung nilai MAPE dan R^2

2.3 Modifikasi *Double Exponential Smoothing* Satu Parameter dari Brown dengan *Golden Section*

Langkah-langkah analisis menggunakan metode Modifikasi *Double Exponential Smoothing* satu parameter dari Brown dengan *Golden Section*.

- 1) Menentukan batas bawah (a), batas atas (b) dan nilai toleransi batas berhentinya iterasi (ϵ). Untuk metode pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown batas bawah bernilai 0, batas atas bernilai 1 dan batas toleransi berhentinya iterasi (ϵ) adalah 0.001.
- 2) Menghitung nilai *Golden Ratio* (r).
- 3) Menentukan nilai awal untuk parameter menggunakan persamaan (15).

$$\alpha_1 = ra + (1 - r)(b) \quad (15)$$

$$\alpha_2 = a + b - \alpha_1$$

- 4) Mencari $f(\alpha_i)$ maksimum diantara kombinasi α_i dengan $i = 1, 2$. Pada metode ini nilai $f(\alpha_i)$ adalah nilai MAPE yang dimasukkan sebagai nilai α pada metode pemulusan ganda satu parameter dari Brown. Dengan rumusan menggunakan persamaan (16).

$$F_{t+m} = a_t + b_t m \quad (16)$$

Untuk menentukan besar *forecast*, maka dilakukan tahap-tahap sebagai berikut:

- a. Menentukan Smoothing pertama (S_t')

$$S_t' = \alpha X_t + (1 - \alpha) S_{(t-1)}' \quad (17)$$

- b. Menentukan Smoothing kedua (S_t'')

$$S_t' = \alpha S_t' + (1 - \alpha) S_{(t-1)}'' \quad (18)$$

- c. Menentukan besarnya nilai a_t (konstanta)

$$a_t = S_t' + (S_t' - S_t'') = 2S_t' + S_t'' \quad (19)$$

- d. Menentukan besarnya nilai b_t (*slope*)

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S_t' - S_t'') \quad (20)$$

- 5) Mengurangi batas interval berdasarkan kriteria *golden section*, yaitu:

$$\text{Jika } f(\alpha_1) > f(\alpha_2) \text{ maka } a = \alpha_1$$

$$\text{Jika } f(\alpha_1) < f(\alpha_2) \text{ maka } b = \alpha_2$$

- 6) Mengulangi langkah 3 sampai 5 hingga mencapai kondisi $|b - a| \leq \varepsilon$.

- 7) Mencari $f(\alpha^*)$ minimum diantara kombinasi $\alpha^* = \alpha_1, \alpha_2, a, b$.

- 8) Menentukan hasil $\alpha_{\min} = \alpha^*$ dan $f(\alpha_{\min}) = f(\alpha^*)$.

2.4 Modifikasi *Double Exponential Smoothing* Dua Parameter dari Holt dengan *Golden Section*

Langkah-langkah analisis menggunakan metode Modifikasi *Double Exponential Smoothing* dua parameter dari Holt dengan *Golden Section*.

- 1) Menentukan batas bawah (a_1) dan (a_2) batas atas (b_1) dan (b_2) serta nilai toleransi berhentinya iterasi (ε), untuk metode pemulusan eksponensial ganda dua parameter dari Holt batas bawah bernilai 0 dan batas atas bernilai 1 dan batas toleransi berhentinya iterasi (ε) adalah 0.001.

- 2) Menghitung nilai *Golden Ratio* (r)

- 3) Menentukan nilai awal untuk parameter menggunakan persamaan (21).

$$\alpha_1 = r(a_1) + (1 - r)(b_1)$$

$$\gamma_1 = r(a_2) + (1 - r)(b_2) \quad (21)$$

$$\alpha_2 = a_1 + b_1 - \alpha_1$$

$$\gamma_2 = a_2 + b_2 - \gamma_1$$

- 4) Mencari $f(x)$ maksimum diantara kombinasi $x = \alpha_1, \alpha_2, \gamma_1, \gamma_2$. Pada metode ini nilai $f(x)$ adalah nilai MAPE yang dimasukkan sebagai nilai α dan γ pada metode pemulusan ganda dua parameter dari Holt. Dengan rumusan menggunakan persamaan

$$F_{t+m} = S_t + b_t m \quad (22)$$

Untuk dapat menentukan besar *forecasting* maka dilakukan tahap-tahap peramalan sebagai berikut:

- a. Menentukan Smoothing pertama S_t

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(S_{(t-1)} + b_{(t-1)}) \quad (23)$$

- b. Menentukan nilai *trend* periode ke- t

$$b_t = \gamma(S_t - S_{(t-1)}) + (1 - \gamma)b_{(t-1)} \quad (24)$$

- 5) Mengurangi batas interval berdasarkan kriteria *golden section*.

- 6) Mengulangi langkah 3 sampai 5 hingga mencapai kondisi $|\alpha_2 - \alpha_1| \leq \varepsilon$ dan $|\gamma_2 - \gamma_1| \leq \varepsilon$

- 7) Mencari $f(x)$ minimum dengan kombinasi $x = \alpha_1, \alpha_2, \gamma_1, \gamma_2, a_1, a_2, b_1, b_2$.

- 8) Menentukan hasil $x_{\min} = x^*$ dan $f(x_{\min}) = f(x^*)$.

2.5 Sumber Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan oleh peneliti dengan teknik pengumpulan data sekunder serta observasi yaitu mengamati secara langsung harga saham indeks LQ45 pada www.investing.com.

2.6 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan yaitu harga pembukaan dan penutupan Indeks Saham LQ45 dari bulan Januari 2012 sampai bulan November 2018.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini menggunakan kasus harga pembukaan dan penutupan indeks saham LQ45, namun hasil dan pembahasan yang akan dijelaskan hanya untuk harga penutupan.

3.1 Pola Data Ramalan



Gambar 1. Plot Data Harga Penutupan Indeks Saham LQ45 Januari 2012-November 2018

Berdasarkan gambar 1 dapat diketahui bahwa data harga penutupan indeks saham LQ45 pada periode bulan Januari 2012 sampai dengan November 2018 cenderung berpola *trend*.

3.2 Metode Peramalan

Pada bagian ini memuat tentang metode-metode yang digunakan dalam peramalan harga saham pada indeks saham LQ45.

1) Fuzzy Time Series Markov Chain

a. Menentukan semesta pembicaraan U

$$\begin{aligned} U &= [D_{\min} - D_1; D_{\max} + D_2] \\ &= [645.69 - 0.69; 1105.76 + 0.24] \\ &= [645; 1106] \end{aligned}$$

b. Membagi (partisi) semesta pembicaraan U menjadi beberapa bagian dengan interval k dan panjang interval ℓ

$$\begin{aligned} k &= 1 + 3.322 \log N \\ &= 1 + 3.322 \log(83) \\ &= 7.375 \approx 7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ell &= \frac{[(D_{\max} + D_2) - (D_{\min} - D_1)]}{k} \\ &= \frac{[(1105.76 + 0.24) - (645.69 - 0.69)]}{7} = 65.85714 \end{aligned}$$

Berikut adalah interval yang diperoleh disajikan dalam Tabel 1

Tabel 1. Pembagian Semesta Pembicaraan

Interval	Batas Bawah	Batas Atas	Nilai Tengah
u_1	645	710.8571	677.92857
u_2	710.85714	776.7143	743.78571
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
u_7	1040.1428	1106	1073.0714

- c. Menentukan himpunan *fuzzy* pada semesta pembicaraan U

$$A_1 = \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7}$$

$$A_2 = \frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0.5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7}$$

\vdots

$$A_7 = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0.5}{u_6} + \frac{1}{u_7}$$

- d. Setelah mengetahui himpunan *fuzzy* maka selanjutnya melakukan fuzzifikasi pada data historis

Tabel 2. Data Fuzzifikasi

t	Data Aktual	Data Fuzzy
1	692.16	A_1
2	692.77	A_1
\vdots		
83	966.46	A_5

- e. Menentukan *fuzzy logical relation* (FLR) dan *fuzzy logical relation group* (FLRG).

Tabel 3. *Fuzzy Logical Relation* (FLR)

Urutan Data	FLR
1 – 2	$A_1 \rightarrow A_1$
2 – 3	$A_1 \rightarrow A_2$
\vdots	
82 – 83	$A_5 \rightarrow A_5$

Tabel 4. *Fuzzy Logical Relation Group* (FLRG)

Current State (State Saat Ini)	Next State (State Selanjutnya)
A_1	2 (A_1), 6 (A_2)
A_2	5 (A_1), 9 (A_2), 3 (A_3)
\vdots	
A_7	1 (A_6), 2 (A_7)

- f. Menghitung hasil peramalan. Pada tahap ini akan dibentuk matriks probabilitas transisi Markov berorde 7×7 dari FLRG yang sudah ditentukan.

$$P = \begin{bmatrix} \frac{2}{8} & \frac{6}{8} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{5}{17} & \frac{9}{17} & \frac{3}{17} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{2}{16} & \frac{11}{16} & \frac{3}{16} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{2}{15} & \frac{10}{15} & \frac{3}{15} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{2}{17} & \frac{13}{17} & \frac{2}{17} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{2}{6} & \frac{3}{6} & \frac{1}{6} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{3} & \frac{2}{3} \end{bmatrix}$$

Tabel 5. Hasil Peramalan Awal

t	Peramalan
Feb '12	730.8793
Mar '12	731.0318
⋮	
Des '18	960.5534

- g. Menghitung nilai penyesuaian pada peramalan (*Adjusted Value*).

Tabel 6. Hasil Perhitungan Nilai Penyesuaian

<i>Current State</i>	<i>Next State</i>	Nilai Penyesuaian
A_1	A_1	0
A_1	A_2	32.92857
⋮	⋮	⋮
A_5	A_5	0

- h. Menentukan hasil ramalan yang cocok (*Adjusted forecasting value*).

Tabel 7. Hasil Peramalan Akhir

t	Peramalan
Feb '12	730.8793
Mar '12	763.9604
⋮	
Des' 18	960.5534

- i. Menghitung nilai MAPE dan R^2

Tabel 8. Nilai Ukuran Ketepatan Ramalan

MAPE	R^2
2.361132%	0.942

Tabel 9. Hasil Ramalan dengan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*

Periode	Hasil Ramalan
Desember 2018	960.5534
Januari 2019	956.2849

- 2) Modifikasi Double Exponential Smoothing Satu Parameter dari Brown dengan Golden Section

Tabel 10. Perhitungan Nilai α Menggunakan *Golden Section*

Iterasi	α_1	α_2
1	0.382	0.618
2	0.618	0.764
3	0.528	0.618
4	0.618	0.674
5	0.584	0.618
6	0.618	0.64
7	0.6054	0.6186
8	0.6186	0.6268
9	0.6268	0.6318
10	0.6236	0.6268
11	0.6217	0.6237
12	0.6205	0.6218
13	0.6217	0.6225
14	0.6625	0.6629
15	0.623	0.6232
16	0.6228	0.6229
17	0.623	0.623

Perhitungan berhenti pada iterasi 17 karena nilai α_1 dan α_2 telah konvergen atau nilai $|b - a| \leq \varepsilon$ dengan nilai $b = 0.6232$ dan $a = 0.6230$ sehingga $b - a = 0.6232 - 0.6230 = 0.0002$, dimana $0.0002 < 0.001$.

Tabel 11. Nilai MAPE dan R^2 Untuk α Optimum

α	MAPE	R^2
0.623	3.49195%	0.860

Tabel 12. Hasil Ramalan dengan Metode Modifikasi *Double Exponential Smoothing* Satu Parameter dari Brown dengan *Golden Section*

Periode	Hasil Ramalan
Desember 2018	970.130
Januari 2019	980.665

- 3) Modifikasi *Double Exponential Smoothing* Dua Parameter dari Holt dengan *Golden Section*

Tabel 13. Perhitungan Nilai α dan γ Menggunakan *Golden Section*

Iterasi	α_1	α_2	γ_1	γ_2
1	0.382	0.618	0.382	0.618
2	0.618	764	0.2361	0.3819
3	0.7639	0.8541	0.3819	0.4722
4	0.8541	0.9098	0.3263	0.382
5	0.9098	0.9443	0.2918	0.3263
6	0.9443	0.9655	0.2706	0.2918
7	0.9655	0.9788	0.2573	0.2706

Iterasi	α_1	α_2	γ_1	γ_2
8	0.9787	0.9868	0.2493	0.2574
9	0.9868	0.9919	0.2442	0.2493
10	0.9918	0.995	0.2411	0.2443
11	0.995	0.9968	0.2393	0.2411
12	0.997	0.998	0.23801	0.2392
13	0.9981	0.9989	0.2373	0.238
14	0.9988	0.9993	0.2368	0.2373
15	0.9993	0.9995	0.2366	0.2368
16	0.9996	0.9997	0.2364	0.2365
17	0.9998	0.9998	0.2363	0.2363

Perhitungan berhenti pada iterasi 17 karena nilai α_1 dan α_2 serta γ_1 dan γ_2 telah konvergen atau nilai $|\alpha_2 - \alpha_1| \leq \varepsilon$ dan $|\gamma_2 - \gamma_1| \leq \varepsilon$ dengan nilai $\alpha_2 = 0.9998$ dan $\alpha_1 = 0.9998$ serta nilai $\gamma_2 = 0.2363$ dan $\gamma_1 = 0.2363$ sehingga $\alpha_2 - \alpha_1 = 0.9998 - 0.9998 = 0.0000$, dimana $0.0000 < 0.001$ dan $\gamma_2 - \gamma_1 = 0.2363 - 0.2363 = 0.0000$, dimana $0.0000 < 0.001$.

Tabel 14. Nilai MAPE dan R^2 Untuk α dan γ Optimum

α	γ	MAPE	R^2
0.9998	0.2363	3.375315%	0.870

Tabel 15. Hasil Ramalan dengan Metode Modifikasi Double Exponential Smoothing Dua Parameter dari Holt dengan Golden Section

Periode	Hasil Ramalan
Desember 2018	970.037
Januari 2019	973.624

3.3 Validasi Metode

Tabel 16. Perbandingan Metode Berdasarkan Nilai MAPE dan R^2

Metode	Nilai MAPE	Nilai R^2
<i>Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	2.361132%	0.942
<i>Double Exponential Smoothing</i> dari Brown	3.49195%	0.860
<i>Double Exponential Smoothing</i> dari Holt	3.375315%	0.870

Berdasarkan tabel jelas terlihat bahwa metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* lebih baik dibandingkan metode Modifikasi *Double Exponential Smoothing* dari Brown dan Holt dengan kesalahan peramalan terkecil berdasarkan nilai MAPE dan memiliki nilai R^2 yang lebih besar. Dengan demikian metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* lebih akurat untuk meramalkan harga penutupan saham pada indeks saham LQ45 Periode Januari 2012 – November 2018.

4. Kesimpulan

Berdasarkan uraian yang telah dibahas pada hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan:

- 1) Berdasarkan grafik yang dihasilkan dari data harga penutupan indeks saham LQ45 periode Januari 2012 – November 2018 memiliki pola data *trend*.
- 2) Diperoleh hasil ramalan harga saham pada Indeks LQ45 untuk bulan Desember 2018 dan bulan Januari 2019 dengan menggunakan *Fuzzy Time Series Markov Chain* berturut – turut sebesar 960.5534 dan 956.2849. Dengan menggunakan Modifikasi *Double Exponential Smoothing* Satu Parameter dari Brown dengan *Golden Section* berturut – turut sebesar 970.130 dan 980.6650. Dengan menggunakan Modifikasi *Double Exponential Smoothing* Dua Parameter dari Holt dengan *Golden Section* berturut – turut sebesar 970.037 dan 973.624.
- 3) Berdasarkan validasi metode diperoleh metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* lebih baik digunakan dibandingkan metode Modifikasi *Double Exponential Smoothing* Satu Parameter dari Brown dan Dua Parameter dari Holt karena metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* memiliki nilai MAPE yang terkecil yaitu sebesar 2.361132% dengan nilai R^2 sebesar 0.942. Sedangkan metode Modifikasi *Double Exponential Smoothing* dari Holt dan Brown menghasilkan nilai MAPE lebih besar dari 3% dengan nilai R^2 lebih kecil dari 0.90

Ucapan Terimakasih

Dalam penyusunan tulisan ini, banyak pihak yang telah memberikan dukungan kepada penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada seluruh dosen dan pimpinan Jurusan Statistika Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

Daftar Pustaka

- [1] Izat A , Jatipaningrum MT, 2018, Peramalan Indeks Harga Konsumen (IHK) Dengan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Dan Fuzzy Time Series, *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*, No 2, Volume 3, 63–73, <https://journal.akprind.ac.id/index.php/STATISTIKA/article/download/1256/919>.
- [2] Jadmiko P, 2018, Peramalan Harga Saham Pada Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) Menggunakan Fuzzy Time Series Markov Chain, *Skripsi*, UII, Yogyakarta.
- [3] Jana P, 2016, Aplikasi Triple Exponential Smoothing Untuk Forecasting Jumlah Penduduk Miskin, *Derivat*, No. 2, Vol 3, 75–81.
- [4] Jatipaningrum MT, 2016, Peramalan Data Produk Domestik Bruto Dengan Fuzzy Time Series Markov Chain, *Teknologi*, No.1, Vol 3, 31–38, <https://journal.akprind.ac.id/index.php/jurtek/article/download/543/429>.
- [5] Mahkya DA, Yasin H, Mukid MA, 2014, Aplikasi Metode Golden Section Untuk Optimasi Parameter Pada Metode Exponential Smoothing, *JURNAL GAUSSIAN*, Nomor 4, Volume 3, Halaman 605 – 614, <https://media.neliti.com/media/publications/98930-ID-none.pdf>.
- [5] Makridakis S, 1999, *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Erlangga, Jakarta.
- [6] Song Q, Chissom BS, 1993, Forecasting Enrollment With Fuzzy Time Series Part I, *Fuzzy sets and systems*, 54(1), 1-9, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016501149390355L>.
- [7] Tsaur RC, 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*, 8(7B), 4931-4942, <http://www.ijicic.org/11-04029-1.pdf>.