



**PERBANDINGAN *FUZZY TIME SERIES* MARKOV CHAIN DAN CHENG UNTUK
MERAMALKAN HARGA SAHAM**

***COMPARISON OF FUZZY TIME SERIES MARKOV CHAIN AND CHENG TO
FORECAST STOCK PRICE***

Mochamad Firman Ramadhan, Prodi Matematika FMIPA UNY
Rosita Kusumawati*, Prodi Matematika FMIPA UNY
*e-mail: rosita_kusumawati@uny.ac.id

Abstrak

Seorang investor saham harus bisa memprediksi pergerakan harga saham. Menurut Ilafi *et al.* (2020), seorang pemilik saham harus bisa membuat keputusan kapan waktu yang tepat untuk menjual atau mempertahankan saham. Hal itu merupakan suatu kewajiban bagi pemilik saham atau investor karena apabila investor salah dalam mengambil keputusan, maka investor akan mengalami kerugian. Dari permasalahan tersebut maka para investor memerlukan suatu metode prediksi guna memprediksi arah pergerakan saham yang akurat pada kurun waktu kedepan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain dan *Fuzzy Time Series* Cheng untuk meramalkan harga saham dalam hal ini adalah saham PT. Bank Central Asia Tbk. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data mingguan harga pembukaan saham PT. Bank Central Asia Tbk yang bersumber dari <https://finance.yahoo.com/> dalam periode waktu 3 Januari 2023-29 Mei 2023. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode *fuzzy time series* Markov Chain meramalkan harga saham dengan lebih baik dibandingkan metode *fuzzy time series* Cheng yang disimpulkan dari nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dan MSE (*Mean Square Error*) berturut-turut yaitu 1,305625238% dan 16980,4071. Sedangkan, metode *fuzzy time series* Cheng mendapatkan tingkat error dengan nilai MAPE dan MSE secara berturut-turut yaitu 2,005322698% dan 39967,18642.

Kata kunci: saham, PT. Bank Central Asia Tbk, *fuzzy time series*, Markov Chain, Cheng.

Abstract

A stock investor must be able to predict stock price movements. According to Ilafi *et al.* (2020), a shareholder must be able to make a decision when it is the right time to sell or maintain shares. This is an obligation for the shareholder or investor because if the investor is wrong in making a decision, the investor will suffer a loss. From these problems, investors need a prediction method to predict the accurate direction of stock movement in the future. This study aims to compare the *Fuzzy Time Series* Markov Chain and *Fuzzy Time Series* Cheng methods to predict stock prices, in this case PT. Bank Central Asia Tbk. The data used in this study is weekly data on the opening price of PT. Bank Central Asia Tbk sourced from <https://finance.yahoo.com/> in the time period 3 January 2023-29 May 2023. The results of this study indicate that the Markov Chain *fuzzy time series* method predicts stock prices better than the *fuzzy time series* Cheng series which is inferred from the MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) and MSE (*Mean Square Error*) values, respectively 1.305625238% and 16980.4071. Meanwhile, Cheng's *fuzzy time series* method obtains an error rate with MAPE and MSE values of 2.005322698% and 39967.18642 respectively.

Keywords: stocks, PT. Bank Central Asia Tbk, *fuzzy time series*, Markov Chain, Cheng.

PENDAHULUAN

Pasar modal adalah tempat kegiatan perdagangan efek yang diterbitkan suatu lembaga dan profesi yang terkait dengan efek (Permata & Ghoni, 2019). Pasar modal sering kali digunakan sebagai media investasi oleh para investor dengan harapan mendapatkan imbal hasil yang menguntungkan. Pasar modal memiliki beberapa jenis produk-produk yang ditawarkan kepada para investor. Produk-produk tersebut antara lain adalah reksa dana, saham, saham preferen, obligasi, waran, dan *right issue* (Jogiyanto, 2014).

Masyarakat yang memiliki dana lebih dan ingin berinvestasi di pasar modal lebih memilih menginvestasikan dana yang dimilikinya di saham. Menurut salah satu media informasi yaitu Liputan6 (<https://www.liputan6.com/>), jumlah investor pasar modal meningkat menjadi 10,4 juta SID (*Single Investor Identification*) dimana sebanyak 4,5 juta SID merupakan investor saham.

Berdasarkan eksplorasi saham di aplikasi Stockbit Sekuritas, saham PT. Bank Central Asia Tbk merupakan salah satu saham yang sedang *trending*. Selain itu saham ini termasuk dalam indeks LQ45 dan sudah dapat dikatakan perusahaan *blue chip* yang mana merupakan perusahaan yang memiliki fundamental baik dan menjadi *market leader* dalam bidang bisnisnya.

Tidak hanya pandai dalam memilih saham untuk tempat investasi, investor juga harus bisa memprediksi pergerakan harga saham tersebut. Menurut Ilafi *et al.* (2020), seorang pemilik saham harus bisa membuat keputusan kapan waktu yang tepat untuk menjual atau mempertahankan saham. Hal itu merupakan suatu kewajiban bagi pemilik saham atau investor karena apabila investor salah dalam mengambil keputusan, maka investor akan mengalami kerugian. Dari permasalahan tersebut maka para investor memerlukan suatu metode prediksi guna memprediksi arah pergerakan saham yang akurat pada kurun waktu kedepan.

Prediksi dapat dilakukan dengan berbagai macam metode. Tauryawati dan Irawan (2014) melakukan perbandingan metode *Fuzzy Time Series* Cheng dengan Metode Box-Jenkins dalam memprediksi IHSG dan didapatkan kesimpulan bahwa metode *Fuzzy Time Series* Cheng mendapatkan nilai MAPE yang lebih kecil yaitu 2,1179%. Selanjutnya Hadinagara dan Noeryanti (2019) juga melakukan penelitian mengenai perbandingan metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain dengan Modifikasi Double Exponential Smoothing dalam memprediksi harga saham pada Indeks LQ45 dan didapatkan kesimpulan bahwa metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain lebih baik digunakan.

Berdasarkan penelitian-penelitian diatas, metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain dan *Fuzzy Time Series* Cheng merupakan metode yang baik digunakan dalam peramalan harga saham. Sehingga, peneliti tertarik membandingkan metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain dengan metode *Fuzzy Time Series* Cheng dalam meramalkan harga saham PT. Bank Central Asia Tbk.

METODE

Deskripsi Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data bulanan harga pembukaan saham PT. Bank Central Asia Tbk dari tanggal 3 Januari 2022 hingga 29 Mei 2023. Data harga pembukaan saham PT. Bank Central Asia Tbk ini diperoleh dari situs <https://finance.yahoo.com/>.

Langkah Analisis Data Metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain

Dalam melakukan peramalan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain terdapat beberapa langkah sebagai berikut (Tsaur, 2012):

1. Menentukan himpunan semesta U dari data historis kemudian dipartisi menjadi beberapa interval

Himpunan semesta U dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

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

Dimana D_{min} dan D_{max} secara berturut-turut adalah nilai minimum dan maksimum dari suatu data historis. Kemudian D_1 dan D_2 adalah sembarang bilangan real positif yang ditentukan oleh peneliti. Selanjutnya, dalam mempartisi himpunan semesta U digunakan rumus sturges, yaitu:

$$n = 1 + 3,322 \log N \quad (2)$$

Dengan N adalah banyaknya data historis. Selanjutnya, panjang interval atau dapat didefinisikan sebagai l dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut:

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

Maka setiap interval dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} u_1 &= [D_{min} - D_1, D_{min} - D_1 + l] \\ u_2 &= [D_{min} - D_1 + l, D_{min} - D_1 + 2l] \\ &\vdots \\ u_n &= [D_{min} - D_1 + (n - 1)l, D_{min} - D_1 + nl] \end{aligned} \quad (4)$$

2. Mendefinisikan himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* disusun dari beberapa variabel linguistik yang jumlahnya berdasarkan dari banyaknya interval yang terbentuk pada langkah sebelumnya. Himpunan *fuzzy* dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_1 &= 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0/u_n \\ A_2 &= 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + \dots + 0/u_n \\ A_3 &= 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + \dots + 0/u_n \\ &\vdots \\ A_n &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0,5/u_{n-1} + 1/u_n \end{aligned} \quad (5)$$

Dimana u_i ($i = 1,2,3, \dots, n$) adalah elemen dari himpunan semesta (U) dan bilangan sebelum simbol “/” menyatakan derajat keanggotaan u_i terhadap A_i ($i = 1,2,3, \dots, n$) yang nilainya adalah 0, 0,5 atau 1.

3. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* dari himpunan semesta U

Langkah ini bertujuan untuk menemukan himpunan *fuzzy* yang sesuai dengan setiap input data.

4. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG)

FLR dapat dilambangkan dengan $A_i \rightarrow A_j$, dimana A_i adalah *current state* dan A_j adalah *next state*. Kemudian, jika terdapat FLR berbentuk $A_i \rightarrow A_j, A_i \rightarrow A_k, A_i \rightarrow A_l$, maka FLRG yang terbentuk adalah $A_i \rightarrow A_j, A_k, A_l$.

5. Menghitung peramalan awal

FLRG digunakan untuk mendapatkan probabilitas *state* selanjutnya. Sehingga, dapat dibentuk matriks perpindahan *state* (matriks transisi *Markov*). Bila terdapat n *state* maka dapat dibentuk matriks transisi $n \times n$. Probabilitas transisi dari suatu *state* ke *state* yang lainnya, dapat diperoleh dengan:

$$P_{ij} = \frac{M_{ij}}{M_i}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

Dimana P_{ij} adalah probabilitas transisi dari *state* A_i ke *state* A_j . Selanjutnya, M_{ij} adalah banyaknya transisi yang terjadi dari *state* A_i ke *state* A_j dan M_i adalah banyaknya data yang ada pada *state* A_i . Kemudian, matriks probabilitas transisi dapat dituliskan pada matriks R berikut:

$$R = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Dari matriks probabilitas tersebut, nilai peramalan awal dapat dihitung dengan beberapa aturan sebagai berikut:

Aturan 1. Jika FLRG A_i adalah satu ke satu (Sebagai contoh: $A_i \rightarrow A_k$, dengan $P_{ik} = 1$ dan $P_{ij} = 0$ dengan $j \neq k$ untuk $j, k = 1, 2, \dots, n$), maka hasil peramalan dari $F(t)$ adalah m_k , yaitu nilai tengah dari u_k .

$$F(t) = m_k P_{ik} = m_k \quad (8)$$

Aturan 2. Jika FLRG dari A_j adalah satu ke banyak (Sebagai contoh: $A_j \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_n, j = 1, 2, \dots, n$). Ketika data $Y(t - 1)$ pada waktu $t - 1$ ada pada *state* A_j , maka hasil peramalan $F(t)$ adalah sebagai berikut:

$$F(t) = m_1 P_{j1} + m_2 P_{j2} + \cdots + m_{j-1} P_{j(j-1)} + Y(t - 1) P_{jj} + m_{j+1} P_{j(j+1)} + \cdots + m_n P_{jn} \quad (9)$$

Dimana $m_1, m_2, \dots, m_{j-1}, m_{j+1}, \dots, m_n$ adalah nilai tengah dari $u_1, u_2, \dots, u_{j-1}, u_{j+1}, \dots, u_n$, dan m_j disubstitusikan ke $Y(t - 1)$ agar diperoleh informasi dari *state* A_j saat $t - 1$.

6. Menyesuaikan kecenderungan nilai peramalan

Kecenderungan nilai peramalan diperlukan untuk mengurangi *error* pada peramalan. Penyesuaian kecenderungan nilai peramalan tersebut dengan aturan:

Aturan 3. Jika *state* A_i pada periode $t - 1$ bertransisi ke *state* A_j pada periode t , kemudian nilai penyesuaian D_t ditentukan sebagai:

$$D_t = \left(\frac{l}{2}\right) (j - i) \quad (10)$$

7. Menentukan peramalan akhir

Hasil peramalan akhir didapatkan dengan menambahkan hasil dari peramalan awal pada langkah 5 dengan kecenderungan nilai peramalan pada langkah 6 atau dapat dituliskan sebagai berikut:

$$F'(t) = F(t) + D_t \quad (11)$$

Langkah Analisis Data Metode Fuzzy Time Series Cheng

Dalam melakukan peramalan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Cheng terdapat beberapa langkah sebagai berikut (Cheng, 2008):

1. Menentukan himpunan semesta U dari data historis kemudian dipartisi menjadi beberapa interval

Himpunan semesta U dapat ditentukan menggunakan persamaan (1), selanjutnya himpunan semesta U dipartisi menggunakan persamaan (2), persamaan (3), dan persamaan (4). Selanjutnya, menghitung nilai rata-rata dari banyaknya data pada setiap interval. Kemudian, jika banyak data dalam suatu interval lebih besar dari nilai rata-rata, maka interval tersebut dipartisi menjadi dua interval yang lebih kecil dan sama panjang.

2. Mendefinisikan himpunan *fuzzy*, kemudian melakukan fuzzyfikasi pada data historis

Himpunan *fuzzy* disusun dari beberapa variabel linguistik yang jumlahnya berdasarkan dari banyaknya interval yang terbentuk pada langkah sebelumnya. Himpunan *fuzzy* dapat ditentukan menggunakan persamaan (5).

3. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR)

FLR dapat dilambangkan dengan $A_i \rightarrow A_j$, dimana A_i adalah *current state* dan A_j adalah *next state*.

4. Membentuk *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG)

FLRG dapat dibentuk dengan melihat FLR yang terbentuk dari langkah sebelumnya. Jika, terdapat FLR berbentuk $A_i \rightarrow A_j, A_i \rightarrow A_k, A_i \rightarrow A_l$, maka FLRG yang terbentuk adalah $A_i \rightarrow A_j, A_k, A_l$.

5. Menentukan bobot *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG)

Misalkan terdapat FLR $A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_1$, dan $A_1 \rightarrow A_2$. Maka bobot pada FLRG-nya adalah:

$A_1 \rightarrow A_1$, diberikan bobot 1

$A_1 \rightarrow A_2$, diberikan bobot 2

Kemudian, bobot yang didapatkan dari relasi FLR dapat dimasukkan ke dalam matriks pembobot yang telah dinormalisasi untuk periode ke- t ($W_n(t)$) yang persamaannya ditulis sebagai berikut:

$$W_n(t) = \begin{bmatrix} W'_{t1} \\ W'_{t2} \\ \vdots \\ W'_{ti} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{W_{t1}}{\sum_{k=1}^i W_{tk}} \\ W_{t2} \\ \frac{W_{tk}}{\sum_{k=1}^i W_{tk}} \\ \vdots \\ W_{tk} \\ \frac{W_{tk}}{\sum_{k=1}^i W_{tk}} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Dimana W_{tk} ($k = 1, 2, \dots, i$) merupakan bobot dari FLR yang terbentuk pada periode ke- t .

6. Menghitung nilai peramalan

Untuk mendapatkan nilai peramalan, matriks pembobot yang telah dinormalisasi untuk periode ke- t ($W_n(t)$) dikalikan dengan matriks defuzzifikasi untuk periode ke- t ($L(t)$). Dengan persamaan berikut:

$$F(t) = L(t - 1)W_n(t - 1) \quad (13)$$

Dimana matriks defuzzifikasi ($L(t)$) didefinisikan sebagai berikut:

$$L(t) = [m_1 \quad m_2 \quad \dots \quad m_k] \quad (14)$$

Dengan m_i ($i = 1, 2, \dots, k$) adalah nilai tengah dari u_i ($i = 1, 2, \dots, k$). Apabila d_{bi} dan d_{ai} secara berturut-turut merupakan batas bawah dan batas atas dari interval u_i , maka:

$$m_i = \frac{d_{bi} + d_{ai}}{2} \tag{15}$$

7. Menggunakan persamaan peramalan adaptif untuk menghasilkan nilai peramalan.
 Persamaan peramalan adaptif ($\hat{Y}(t)$) adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}(t) = Y(t - 1) + \alpha(F(t) - Y(t - 1)) \tag{16}$$

Dimana $Y(t - 1)$ adalah data pengamatan pada saat $t - 1$ dan α adalah parameter pembobotan yang berkisar 0,1 sampai 1.

Akurasi Metode Peramalan

Dalam melakukan prediksi yang baik tentunya harus memiliki tingkat kesalahan atau *error* yang kecil. Salah satu teknik dalam mengukur tingkat kesalahan tersebut adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE adalah rata-rata persentase nilai *error* yang didapat dari penjumlahan masing-masing nilai persen *error* lalu dibagi dengan jumlah periode yang ada (Alfarisi, 2017). Nilai MAPE dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y(t) - F'(t)|}{Y(t)} \times 100\% \tag{17}$$

Menurut Setiawan, dkk (2016), kriteria yang digunakan untuk mendeskripsikan nilai MAPE adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Kriteria keakuratan MAPE

No	Nilai MAPE	Deskripsi
1	< 10%	Sangat Baik
2	10% – 20%	Baik
3	20% – 50%	Cukup
4	> 50%	Buruk

Selain menggunakan MAPE, ada metode lain yang dapat digunakan dalam mengetahui tingkat keakuratan peramalan yaitu *Mean Square Error* (MSE). Untuk mengetahui nilai MSE dapat menggunakan rumus berikut:

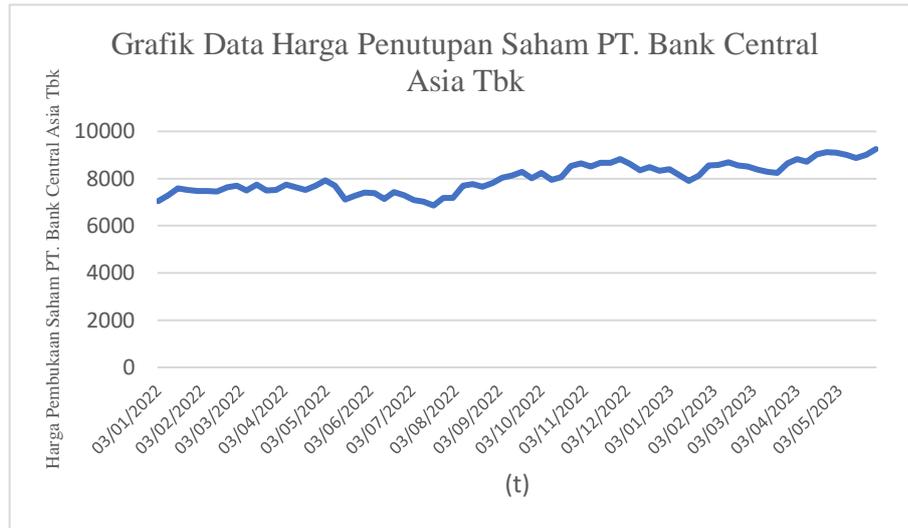
$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y(t) - F'(t))^2 \tag{18}$$

Berbeda dengan MAPE, tidak ada kriteria tertentu yang dapat mendeskripsikan nilai MSE. Hanya saja, semakin kecil nilai MSE maka semakin baik hasil peramalannya (Padang, dkk 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pada penelitian ini metode *Fuzzy Time Series Cheng* dan *Fuzzy Time Series Markov Chain* diterapkan pada data harga pembukaan saham mingguan PT Bank Central Asia Tbk dari tanggal 3 Januari 2022 sampai 29 Mei 2023 yang di ambil pada hari Senin setiap minggunya. Data tersebut diambil secara *online* di situs yahoo finance yaitu <https://finance.yahoo.com>. Data tersebut disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Harga Penutupan Saham PT. Bank Central Asia Tbk

1. Peramalan Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain

Langkah pertama dalam melakukan peramalan menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain adalah menentukan himpunan semesta U , kemudian mempartisinya menjadi interval yang sama panjang. Interval pada Metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Interval pada Metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain

Ke (i)	Interval (u)	Nilai Tengah (m_i)
1	[6859,550115; 7201,32867]	7030,439393
2	[7201,32867; 7543,107225]	7372,217948
3	[7543,107225; 7884,88578]	7713,996503
4	[7884,88578; 8226,664335]	8055,775058
5	[8226,664335; 8568,44289]	8397,553613
6	[8568,44289; 8910,221445]	8739,332168
7	[8910,221445; 9252]	9081,110723

Selanjutnya adalah mendefinisikan himpunan *fuzzy* dari himpunan semesta U . Dikarenakan pada langkah sebelumnya didapatkan 7 interval maka himpunan *fuzzy* yang terbentuk adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 A_1 &= 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 \\
 A_2 &= 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 \\
 A_3 &= 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 \\
 A_4 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + 1/u_4 + 0,5/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 \\
 A_5 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0,5/u_4 + 1/u_5 + 0,5/u_6 + 0/u_7 \\
 A_6 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0,5/u_5 + 1/u_6 + 0,5/u_7 \\
 A_7 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0,5/u_6 + 1/u_7
 \end{aligned}$$

Setelah mendefinisikan himpunan *fuzzy*, langkah selanjutnya adalah melakukan fuzzyfikasi dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil fuzzyfikasi pada Metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain

Periode (<i>t</i>)	Data Aktual	Nilai Linguistik
1	7045,54923	A_1
2	7286,012299	A_2
3	7598,613079	A_3
⋮	⋮	⋮
72	8875	A_6
73	9000	A_7
74	9250	A_7

Selanjutnya adalah menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. FLR pada Metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain

Urutan Data	FLR
1 → 2	$A_1 \rightarrow A_2$
2 → 3	$A_2 \rightarrow A_3$
3 → 4	$A_3 \rightarrow A_2$
⋮	⋮
71 → 72	$A_7 \rightarrow A_6$
72 → 73	$A_6 \rightarrow A_7$
73 → 74	$A_7 \rightarrow A_7$

Setelah FLR terbentuk maka dapat dibentuk *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. FLRG pada Metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain

Current State	Next State
A_1	→ 4(A_1), 3(A_2), A_3
A_2	→ 2(A_1), 7(A_2), 5(A_3)
A_3	→ A_1 , 4(A_2), 5(A_3), 2(A_4)
A_4	→ A_3 , 4(A_4), 4(A_5)
A_5	→ 3(A_4), 7(A_5), 4(A_6)
A_6	→ 3(A_5), 6(A_6), 2(A_7)
A_7	→ A_6 , 4(A_7)

Setelah didapatkan FLRG maka dapat dihitung peramalan awal seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Peramalan awal pada Metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain

Periode Ke-(t)	Tanggal	Data Aktual	Peramalan Awal ($F(t)$)
1	03/01/2022	7045,54923	–
2	10/01/2022	7286,012299	7251,606
3	17/01/2022	7598,613079	7402,353
⋮	⋮	⋮	⋮
72	15/05/2023	8875	9064,889
73	22/05/2023	9000	8782,262
74	29/05/2023	9250	9064,889

Setelah dilakukannya perhitungan peramalan awal, maka langkah selanjutnya adalah menghitung kecenderungan nilai peramalan seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Kecenderungan nilai peramalan

FLR	Kecenderungan Nilai Peramalan
$A_1 \rightarrow A_2$	170,8892775
$A_2 \rightarrow A_3$	170,8892775
$A_3 \rightarrow A_2$	-170,8892775
⋮	⋮
$A_7 \rightarrow A_6$	-170,8892775
$A_6 \rightarrow A_7$	170,8892775
$A_7 \rightarrow A_7$	0

Dengan menambahkan kecenderungan nilai peramalan dengan peramalan awal didapatkan peramalan akhir seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Peramalan akhir pada Metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain

Periode Ke-(t)	Tanggal	Data Aktual ($Y(t)$)	Peramalan Akhir ($\hat{Y}(t)$)
1	03/01/2022	7045,54923	–
2	10/01/2022	7286,012299	7422,495186
3	17/01/2022	7598,613079	7573,242663
⋮	⋮	⋮	⋮
72	15/05/2023	8875	8893,999301
73	22/05/2023	9000	8953,151303
74	29/05/2023	9250	9064,888578

2. Peramalan Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* Cheng

Langkah pertama dalam melakukan peramalan menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* Cheng adalah menentukan himpunan semesta U , kemudian mempartisinyanya

menjadi interval yang sama panjang. Jika ada data dalam suatu interval melebihi nilai rata-rata, maka interval tersebut dipartisi menjadi dua interval yang lebih kecil. Maka interval pada Metode *Fuzzy Time Series* Cheng sebagai berikut.

Tabel 9. Interval pada Metode *Fuzzy Time Series* Cheng

Ke (i)	Interval (u)	Nilai Tengah	Frekuensi
1	[6859,550115 , 7201,32867]	7030,439393	8
2	[7201,32867 , 7286,773309]	7244,050989	2
3	[7286,773309 , 7372,217948]	7329,495628	1
⋮	⋮	⋮	⋮
11	[8568,44289 , 8739,332168]	8653,887529	8
12	[8739,332168 , 8910,221445]	8824,776806	3
13	[8910,221445 , 9252]	9081,110723	6

Selanjutnya adalah mendefinisikan himpunan *fuzzy* dari himpunan semesta *U*. Dikarenakan pada langkah sebelumnya didapatkan 13 interval maka himpunan *fuzzy* yang terbentuk adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 A_1 &= 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} \\
 A_2 &= 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + \dots + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} \\
 A_3 &= 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + \dots + 0/u_{12} + 0/u_{13} \\
 &\vdots \\
 A_{11} &= 0/u_1 + \dots + 0/u_9 + 0,5/u_{10} + 1/u_{11} + 0,5/u_{12} + 0/u_{13} \\
 A_{12} &= 0/u_1 + \dots + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0,5/u_{11} + 1/u_{12} + 0,5/u_{13} \\
 A_{13} &= 0/u_1 + \dots + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0,5/u_{12} + 1/u_{13}
 \end{aligned}$$

Setelah mendefinisikan himpunan *fuzzy*, langkah selanjutnya adalah melakukan fuzzyfikasi dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 10.

Tabel 10. Fuzzyfikasi pada Metode *Fuzzy Time Series* Cheng

Periode Ke- (t)	Data Aktual	Nilai Linguistik
1	7045,549	A_1
2	7286,012	A_2
3	7598,613	A_6
⋮	⋮	⋮
72	8875	A_{12}
73	9000	A_{13}
74	9250	A_{13}

Selanjutnya adalah menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) yang disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. FLR pada Metode *Fuzzy Time Series* Cheng

Urutan Data	FLR
1 → 2	$A_1 \rightarrow A_2$
2 → 3	$A_2 \rightarrow A_6$
3 → 4	$A_6 \rightarrow A_5$
⋮	⋮
71 → 72	$A_{13} \rightarrow A_{12}$
72 → 73	$A_{12} \rightarrow A_{13}$
73 → 74	$A_{13} \rightarrow A_{13}$

Setelah FLR terbentuk maka dapat dibentuk *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) yang disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. FLRG pada Metode *Fuzzy Time Series* Cheng

Current State	Next State
A_1	→ A_1, A_2, A_4, A_6
A_2	→ A_4, A_6
A_3	→ A_1
⋮	⋮
A_{11}	→ $A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{13}$
A_{12}	→ A_{11}, A_{13}
A_{13}	→ A_{12}, A_{13}

Setelah FLRG terbentuk maka dapat ditentukan bobot pada FLRG. Berikut adalah hasil pembobot ternormalisasi.

Tabel 13. Bobot ternormalisasi FLRG pada Metode *Fuzzy Time Series* Cheng

$P(t - 1)$	$P(t)$						
	A_1	A_2	A_3	...	A_{11}	A_{12}	A_{13}
A_1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$...	0	0	0
A_2	0	0	0	...	0	0	0
A_3	1	0	0	...	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A_{11}	0	0	0	...	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
A_{12}	0	0	0	...	0	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$
A_{13}	0	0	0	...	0	$\frac{1}{5}$	$\frac{4}{5}$

Setelah didapatkan pembobot ternormalisasi FLRG maka dapat dihitung peramalan awal seperti pada Tabel 14.

Tabel 14. Peramalan awal pada Metode *Fuzzy Time Series* Cheng

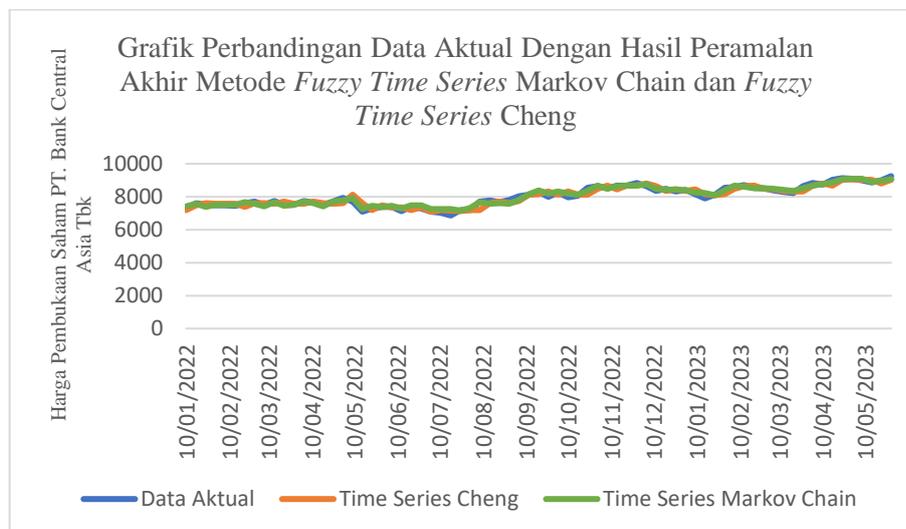
Periode Ke-(t)	Tanggal	Data Aktual	Peramalan Awal ($F(t)$)
1	03/01/2022	7045,54923	—
2	10/01/2022	7286,012299	7206,66896
3	17/01/2022	7598,613079	7521,746065
⋮	⋮	⋮	⋮
72	15/05/2023	8875	9029,843939
73	22/05/2023	9000	8796,29526
74	29/05/2023	9250	9029,843939

Setelah didapatkan peramalan awal maka perlu memodifikasi hasil peramalan awal menggunakan peramalan adaptif. Dipilih parameter (α) terbaik adalah 0,8 maka didapatkan peramalan adaptifnya adalah sebagai berikut.

Tabel 15. Peramalan adaptif pada Metode *Fuzzy Time Series* Cheng

Periode Ke-(t)	Tanggal	Data Aktual ($Y(t)$)	Peramalan Adaptif ($\hat{Y}(t)$)
1	03/01/2022	7045,54923	—
2	10/01/2022	7286,012299	7174,445014
3	17/01/2022	7598,613079	7474,599312
⋮	⋮	⋮	⋮
72	15/05/2023	8875	9023,875151
73	22/05/2023	9000	8812,036208
74	29/05/2023	9250	9023,875151

Hasil dari perhitungan menggunakan *Fuzzy Time Series* Markov Chain dan *Fuzzy Time Series* Cheng disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Data Aktual Dengan Hasil Peramalan Akhir Metode *Fuzzy Time Series* Cheng dan *Fuzzy Time Series* Markov Chain

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui hasil akhir peramalan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Cheng yang ditunjukkan dengan grafik berwarna jingga dan hasil akhir peramalan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain ditunjukkan dengan grafik berwarna hijau. Terdapat perbedaan hasil akhir peramalan dari kedua metode tersebut dikarenakan adanya perbedaan dalam melakukan peramalan.

Pembahasan

Dari hasil peramalan menggunakan *Fuzzy Time Series* Markov Chain dan *Fuzzy Time Series* Cheng dapat dicari metode mana yang memiliki tingkat kesalahan peramalan paling rendah menggunakan rumus *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) pada persamaan (17) dan menggunakan *Mean Square Error* (MSE) pada persamaan (18). Hasil dari perhitungan MAPE menggunakan persamaan (17) terhadap hasil akhir peramalan harga pembukaan saham PT. Bank Central Asia Tbk menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain dan *Fuzzy Time Series* Cheng ditunjukkan pada Tabel 16.

Tabel 16. Nilai MAPE Metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain dan *Fuzzy Time Series* Cheng

	<i>Fuzzy Time Series</i> Markov Chain	<i>Fuzzy Time Series</i> Cheng
<i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE)	1,305625238%	2,005322698%
<i>Mean Square Error</i> (MSE)	16980,4071	39967,18642

Dari Tabel 16 dapat dilihat bahwa metode *Fuzzy Time Series* Cheng dan *Fuzzy Time Series* Markov Chain mendapatkan nilai MAPE yang sangat baik seperti pada Tabel 1. Namun, dari Tabel 16 dapat dilihat bahwa metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain memperoleh nilai MAPE yang lebih kecil dibandingkan metode *Fuzzy Time Series* Cheng, yaitu sebesar 1,305625238%. Selanjutnya, dari Tabel 16 dapat dilihat bahwa metode *Fuzzy*

Time Series Markov Chain mendapatkan nilai MSE yang lebih kecil dibandingkan metode *Fuzzy Time Series* Cheng yaitu sebesar 16980,4071.

Berdasarkan perhitungan MAPE dan MSE, hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain memiliki tingkat *error* lebih kecil dibandingkan metode *Fuzzy Time Series* Cheng. Sehingga, hasil peramalan harga pembukaan saham PT. Bank Central Asia Tbk menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain dapat dikatakan lebih mendekati data aktual dibandingkan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Cheng.

SIMPULAN

Penelitian ini menggunakan data harga pembukaan saham PT. Bank Central Asia Tbk yang merupakan data mingguan dan diambil setiap hari senin disetiap minggunya pada tanggal 3 Januari 2022 sampai 29 Mei 2023 dengan data sebanyak 74 data historis. Dari data tersebut kemudian dilakukan peramalan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain dan *Fuzzy Time Series* Cheng. Berdasarkan hasil penelitian, peramalan harga pembukaan saham PT. Bank Central Asia Tbk menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Cheng mendapatkan tingkat *error* yang dihitung dengan nilai MAPE dan MSE secara berturut-turut mendapatkan nilai *error* sebesar 2,005322698% dan 39967,18642. Kemudian untuk peramalan harga pembukaan saham PT. Bank Central Asia Tbk. menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain mendapatkan tingkat *error* yang dihitung dengan nilai MAPE dan MSE secara berturut-turut mendapatkan nilai *error* sebesar 1,305625238% dan 16980,4071 metode *Fuzzy Time Series* Markov Chain memiliki tingkat *error* yang lebih kecil dibandingkan metode *Fuzzy Time Series* Cheng.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada dosen pengampu mata kuliah Program Studi Matematika FMIPA UNY dan kepada koor Prodi Matematika dan seluruh Dosen Pendidikan Matematika yang telah memberikan ilmu hingga terselesainya artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfarisi, S. (2017). Sistem Prediksi penjualan gamis toko qitaz menggunakan metode single exponential smoothing. *JABE (Journal of Applied Business and Economic)*, 4(1), 80-95.
- Cheng, C. H., Chen, T. L., Teoh, H. J., & Chiang, C. H. (2008). Fuzzy time-series based on adaptive expectation model for TAIEX forecasting. *Expert systems with applications*, 34(2), 1126-1132.
- Hadinagara, D., & Noeryanti, N. (2019). Peramalan Harga Saham pada Indeks LQ45 Menggunakan Fuzzy Time Series Markov Chain Dan Modifikasi Double Exponential Smoothing. *Jurnal Statistika Industri Dan Komputasi*, 4(2), 11-21.
- Ilafi, A. K., Jowanti, L., & Fadhilah, A. N. (2020). Pemanfaatan Big Data Dalam Memprediksi Harga Saham Di Era New Normal. In *Seminar Nasional Official Statistics* (Vol. 2020, No. 1, pp. 281-291).
- Jogiyanto, H. (2014). Teori Portofolio dan Analisis Investasi, Edisi Kesembilan. *Bpaf. Yogyakarta*.
- Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). Efficient estimation of word representations in vector space. *1st International Conference on Learning Representations, ICLR 2013 - Workshop Track Proceedings*, 1-12.
- Nugroho, A. S., Witarto, A. B., & Handoko, D. (2003). Support vector machine. *Proceeding Indones. Sci. Meeting Cent. Japan*.

- Nuridin, A., Aji, B. A. S., Bustamin, A., & Abidin, Z. (2020). Perbandingan Kinerja Word Embedding Word2Vec, Glove, Dan Fasttext Pada Klasifikasi Teks. *Jurnal Tekno Kompak*, 14(2), 74–79.
- Octaviani, P. A., Yuciana Wilandari, & Ispriyanti, D. (2014). Penerapan Metode Klasifikasi Support Vector Machine (SVM) pada Data Akreditasi Sekolah Dasar (SD) di Kabupaten Magelang. *Jurnal Gaussian*, 3(8), 811–820. Diambil dari [http://download.portalgaruda.org/article.php?article=286497&val=4706&title=PENERAPAN METODE KLASIFIKASI SUPPORT VECTOR MACHINE \(SVM\) PADA DATA AKREDITASI SEKOLAH DASAR \(SD\) DI KABUPATEN MAGELANG](http://download.portalgaruda.org/article.php?article=286497&val=4706&title=PENERAPAN METODE KLASIFIKASI SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM) PADA DATA AKREDITASI SEKOLAH DASAR (SD) DI KABUPATEN MAGELANG)
- Padang, E., Tarigan, G., & Sinulingga, U. (2013). Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Medan-Rantau Prapat dengan Metode Pemulusan Eksponensial Holt-Winters. *Saintia Matematika*, 1(2), 161-174.
- Permata, C. P., & Ghoni, M. A. (2019). Peranan Pasar Modal Dalam Perekonomian Negara Indonesia. *Jurnal AkunStie (JAS)*, 5(2), 50-61.
- Pratama, A. E., Ariesta, A., & Gata, G. (2022). Analisis Sentimen Masyarakat terhadap Tim Nasional Indonesia pada Piala AFF 2020 Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbors Aditya. *Jurnal TICOM: Technology of Information and Communication*, 10(3), 187–196.
- Ravi, K., & Ravi, V. (2015). *A survey on opinion mining and sentiment analysis: Tasks, approaches and applications. Knowledge-Based Systems* (Vol. 89). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2015.06.015>
- Salsabila, N. A., Winatmoko, Y. A., Septiandri, A. A., & Jamal, A. (2018). Colloquial Indonesian Lexicon. In *2018 International Conference on Asian Language Processing (IALP)* (hal. 226–229). <https://doi.org/10.1109/IALP.2018.8629151>
- Setiawan, W., Juniati, E., & Farida, I. (2016, October). The use of Triple Exponential Smoothing Method (Winter) in forecasting passenger of PT Kereta Api Indonesia with optimization alpha, beta, and gamma parameters. In *2016 2nd International Conference on Science in Information Technology (ICSITech)* (pp. 198-202). IEEE.
- Social, W. A. (2022). Hootsuite (We are Social): Indonesian Digital Report.
- Suyanto, M. L. (2018). Tingkat Dasar dan Lanjut. *Informatika Bandung*.
- Tauryawati, M. L., & Irawan, M. I. (2014). Perbandingan metode fuzzy time Series cheng dan metode box-jenkins untuk memprediksi IHSG. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 3(2), A34-A39.
- 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*, 8(7), 4931-4942. *Machine Learning Chemnitz, Germany, April 21–23, 1998 Proceedings* (hal. 137–142). Springer.