

Prediksi Harga *Crude Palm Oil* (CPO) di Indonesia dengan Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*

Arlinda Astri Frianti*, Respitawulan, Ichi Sukarsih

Prodi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*10060218043@unisba.ac.id, respitawulan@unisba.ac.id, sukarsih@unisba.ac.id

Abstract. The existence of Covid-19 and the feud between Russia and Ukraine which affected CPO Exports and Imports caused a fairly high increase in CPO prices in Indonesia. This study aims to predict the price of CPO in the Indonesian domestic market and its accuracy using the Fuzzy Time Series Markov Chain Method. The data used is data from January 2019 to October 2022. Based on the calculation results, a model with MAPE = 0.084666 is obtained. Using this model, the CPO price prediction in November 2022 is Rp. 17216.7431/kg different Rp. 1327.1769/kg with actual data of Rp. 18543.92/kg. The resulting error value shows that the predicted value using the Fuzzy Time Series Markov Chain is very accurate with an accuracy rate of 99.915334%.

Keywords: *Markov Chain, Crude Palm Oil, Fuzzy Time Series, oil prices.*

Abstrak. Adanya Covid-19 dan perseteruan antara Rusia dan Ukraina yang mempengaruhi Ekspor Impor CPO menyebabkan kenaikan harga CPO yang cukup tinggi di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi harga CPO di pasar domestik Indonesia dan tingkat akurasinya dengan menggunakan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*. Data yang digunakan adalah data bulan Januari 2019 sampai bulan Oktober 2022. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh model dengan MAPE = 0,084666. Menggunakan model tersebut didapat nilai prediksi harga CPO pada bulan November 2022 sebesar Rp. 17216,7431/kg berbeda Rp 1327,1769/kg dengan data aktual yaitu sebesar Rp. 18543,92/kg. Nilai *error* yang dihasilkan menunjukkan bahwa nilai prediksi menggunakan *Fuzzy Time Series Markov Chain* sangat akurat dengan tingkat akurasinya sebesar 99,915334%.

Kata Kunci: *Markov Chain, Crude Palm Oil, Fuzzy Time Series, harga minyak.*

A. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara agraris yang didukung oleh sektor pertanian. Salah satu sektor pertanian tersebut adalah perkebunan. Perkebunan memiliki peranan yang besar dalam pertumbuhan ekonomi salah satunya adalah perkebunan kelapa sawit. Salah satu produk olahan dari kelapa sawit yaitu *Crude Palm Oil* (CPO) atau minyak kelapa sawit. Indonesia adalah salah satu negara terbesar penghasil dan pengeksport kelapa sawit kemudian diikuti oleh Malaysia (1). Indonesia memiliki keunggulan komparatif terhadap negara-negara lain dalam hal ekspor CPO, keunggulan komparatif ini cenderung selalu positif, pada tahun 2021 peran sawit dalam ekspor produk non migas sebesar 32,83% (2). Oleh sebab itu CPO tergabung dalam komoditas hortikultura terkemuka yang memperbesar pangsa pasar, dan kenaikan harga nya akan menaikkan pendapatan nasional, serta jumlah uang beredar, yang serta merta akan menaikkan Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia (3). Harga CPO sering kali mengalami kenaikan atau penurunan yang akan terjadi terus menerus pada beberapa waktu tertentu dan mengakibatkan para pengeksport rugi, karena harga jual selalu berubah atau fluktuasi harga tidak stabil, hal tersebut membuat masalah utama bagi para pengeksport dan pedagang CPO kesulitan untuk mendapat keuntungan (3). Terdapat beberapa faktor yang sangat mempengaruhi perubahan harga CPO, faktor pertama adalah arus permintaan dan penawaran perdagangan CPO, faktor kedua adalah pengaruh biaya produksi yang mengakibatkan adanya perubahan beberapa variabel. Kemudian saat ini ada faktor lain yang dapat mempengaruhi harga CPO yang disebabkan oleh adanya wabah *Covid-19* dan perseteruan antara Rusia dan Ukraina yang mempengaruhi harga CPO pada tahun 2022 mengalami kenaikan yang sangat tinggi. Oleh karena itu, dibutuhkan cara untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan melakukan peramalan. Berdasarkan penelitian terdahulu untuk melakukan peramalan harga CPO menggunakan beberapa metode yaitu menggunakan metode Arima, Metode *Support Vector Regression* Kernel Radial Basis, Metode *Moving Average*, Metode *Double Moving Average*, Metode *Exponential Moving Average*, Metode *Double Exponential Smoothing*, Metode Winter, dan Metode ARIMA-SARIMA. Pada penelitian ini untuk memprediksi harga CPO dengan menggunakan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*.

Fuzzy Time Series Markov Chain dapat digunakan untuk menganalisis data *linguistic* atau data time series sampel kecil untuk lebih meningkatkan akurasi prediksi (4) sehingga metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dapat meminimalkan terjadinya error sehingga bisa menghasilkan prediksi yang baik (5). Selain itu, *Fuzzy Time Series Markov Chain* dapat digunakan untuk membangun model prediksi dengan relatif mudah dan kinerja prediksi yang akurat. Pada penelitian terdahulu metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* digunakan untuk memprediksi nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika, meramalkan harga saham, meramalkan harga emas, meramalkan polusi udara, memprediksi harga telur, dan memprediksi jumlah wisatawan di Sumatera Barat. Berdasarkan latar belakang diatas maka pada penelitian ini memiliki 2 rumusan masalah, yaitu untuk memprediksi harga CPO dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*, dan untuk mengetahui tingkat akurasi dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*.

B. Metodologi Penelitian

Langkah - langkah untuk memprediksi harga CPO dengan menggunakan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* sebagai berikut.

Menentukan Himpunan Semesta u

$$u = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2]$$

Dengan D_{min} = nilai minimum, D_{max} = nilai maksimum, D_1 dan D_2 = bilangan bulat positif yang menentukan interval panjang efektif (6).

Menentukan Interval

1. Tentukan banyak interval kelas (K)

$$K = 1 + 3,322 \times \log(n)$$

Dengan n = banyak data

- Menentukan panjang interval (l)

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

Kemudian membagi himpunan semesta menjadi beberapa kelas sesuai banyak interval dan Panjang interval.

$$u_1 = [D_{min} - D_1; D_{min} - D_1 + l]$$

$$u_2 = [D_{min} - D_1 + 1; D_{min} - D_1 + 2l]$$

$$u_n = [D_{min} - D_1 + (n - 1); D_{min} - D_1 + nl]$$

- Menentukan nilai tengah (m)

$$m_i = \frac{\text{batas bawah} + \text{batas atas}}{2}$$

Dengan i = banyak himpunan *fuzzy*

Menentukan himpunan fuzzy

$$A_i = \mu_{A_i}(u_1)/u_1 + \mu_{A_i}(u_2)/u_2 + \dots + \mu_{A_i}(u_p)/u_p$$

dengan u_{A_i} adalah fungsi keanggotaan dari himpunan fuzzy A_i , dan $\mu_{A_i}(u_i)$ adalah derajat keanggotaan dari u_i ke A_i , $\mu_{A_i}(u_i) = [0,1]$ dan $1 \leq i \leq p$. nilai derajat keanggotaan $\mu_{A_i}(u_i)$ ditentukan berdasarkan definisi berikut:

Definisi 1: Jika data historis Y_t termasuk dalam u_i maka nilai derajat keanggotaan untuk u_i adalah 1, dan untuk u_{i+1} adalah 0,5 dan jika bukan u_i dan u_{i+1} berarti dinyatakan nol.

Definisi 2: Jika data historis Y_t termasuk dalam u_i , $1 \leq i \leq p$ maka nilai derajat keanggotaan untuk u_i adalah 1, untuk u_{i-1} dan u_{i+1} adalah 0,5 dan jika bukan u_i , u_{i-1} dan u_{i+1} berarti dinyatakan nol.

Definisi 3: Jika data historis Y_t termasuk dalam u_p maka nilai derajat keanggotaan untuk u_p adalah 1, untuk u_{p-1} adalah 0,5 dan jika bukan u_p dan u_{p-1} , berarti dinyatakan nol.

Melakukan Fuzzifikasi

Hal ini bertujuan untuk menemukan himpunan kabur yang sesuai untuk setiap data.

Menentukan Fuzzy Logical Relationship (FLR)

Pada tahap ini yaitu menentukan relasi logika fuzzy yaitu $A_i \rightarrow A_j$. A_i adalah current state $Y_{(t-1)}$ dan A_j adalah next state pada waktu ke t. FLR menghubungkan nilai linguistik yang ditentukan berdasarkan tabel fuzzifikasi.

Menentukan Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)

Pada tahap ini yaitu dengan mengelompokkan FLR ke dalam beberapa kelompok.

Menentukan Matriks Probabilitas Transisi Markov

FLRG digunakan untuk mendapatkan probabilitas *state* selanjutnya. Akan didapatkan matriks transisi *Markov* dengan dimensi $n \times n$. probabilitas transisi untuk *state* dapat dituliskan sebagai berikut.

$$P_{ij} = \frac{M_{ij}}{M_i}; i, j = 1, 2, \dots, n$$

Dengan P_{ij} = probabilitas transisi dari *state* A_i ke A_j satu Langkah, M_{ij} = banyak transisi dari *state* A_i ke A_j satu Langkah, M_i = banyak data yang termasuk dalam A_i .

Menentukan Defuzzifikasi

Untuk menghasilkan nilai peramalan dari matriks probabilitas yang didapat, maka dapat dihitung dengan aturan sebagai berikut.

- Jika FLRG A_i adalah kosong ($A_i \rightarrow \emptyset$) maka hasil peramalan adalah m_i , yaitu nilai tengah dari u_i dengan persamaan berikut.

$$F(t) = m_i$$

- Jika FLRG A_i adalah relasi satu ke satu ($A_j \rightarrow A_k$ dengan $P_{ij} = 0$ dan $P_{ik} = 1, j \neq k$)

maka hasil peramalan adalah m_k yaitu nilai tengah dari u_k dengan persamaan berikut.

$$F(t) = m_k P_{ik} = m_k$$

3. Jika FLRG A_j adalah relasi satu ke banyak ($A_j \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_n, j = 1, 2, \dots, n$), jika kumpulan data $Y(t - 1)$ pada saat $t - 1$ yang berada pada *state* A_j , maka hasil peramalan sebagai berikut.

$$F(t) = m_1 P_{j1} + m_2 P_{j2} + \dots + m_{j-1} P_{j(j-1)} + Y(t - 1) P_j + m_{j+1} P_{j(j+1)} + \dots + m_n P_n$$

Keterangan:

4. m_1, \dots, m_n = nilai tengah dari u_1, \dots, u_n
 $Y(t - 1)$ = nilai aktual pada waktu $t - 1$

Perhitungan peramalan dihitung dari data ke-2 sehingga jika di Y_{10} hasil fuzzifikasi termasuk dalam himpunan A_1 , kemudian di Y_{11} hasil fuzzifikasi termasuk dalam himpunan A_2 , maka untuk nilai prediksi Y_{11} menggunakan nilai prediksi A_1 (9).

Perhitungan nilai penyesuaian pada hasil peramalan

Pada tahap ini digunakan untuk meninjau Kembali kesalahan peramalan. Aturannya adalah sebagai berikut.

1. Jika *state* A_i berkomunikasi dengan A_i , dimulai dari *state* A_i pada saat $t - 1$ sebagaimana $F(t - 1) = A_i$ dan terjadi perpindahan transisi naik ke *state* A_j pada saat $t, (i < j)$, maka nilai penyesuaian ditentukan sebagai berikut.

$$D_{t1} = \left(\frac{l}{2}\right)$$

Dengan l = Panjang interval

2. Jika *state* A_i berkomunikasi dengan A_i , dimulai dari *state* A_i pada saat $t - 1$ sebagaimana $F(t - 1) = A_i$ dan terjadi perpindahan transisi turun ke *state* A_j pada saat $t, (i > j)$, maka nilai penyesuaian ditentukan sebagai berikut

$$D_{t1} = -\left(\frac{l}{2}\right)$$

3. Jika *state* A_i pada saat $t - 1$ sebagaimana $F(t - 1) = A_i$ dan terjadi perpindahan transisi maju ke *state* A_{i+s} pada saat $t, 1 \leq s \leq n - 1$, maka nilai penyesuaian ditentukan sebagai berikut

$$D_{t2} = \left(\frac{l}{2}\right) s, (1 \leq s \leq n - 1)$$

Dengan s = banyaknya perpindahan transisi maju

4. Jika *state* A_i pada saat $t - 1$ sebagaimana $F(t - 1) = A_i$ dan terjadi perpindahan transisi mundur ke *state* A_{i-v} pada saat $t, 1 \leq v \leq i$, maka nilai penyesuaian ditentukan sebagai berikut

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

Dengan v = banyaknya perpindahan transisi mundur.

Perhitungan hasil peramalan

Pada tahap ini hasil peramalan dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$F'_t = F_t \pm D_{t1} \pm D_{t2} = F_t \pm \left(\frac{l}{2}\right) \pm \left(\frac{l}{2}\right) v$$

Dengan l = Panjang interval.

Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Untuk menghitung nilai kesalahan model prediksi yaitu dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) (6).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - F'_t|}{Y_t} \times 100\%$$

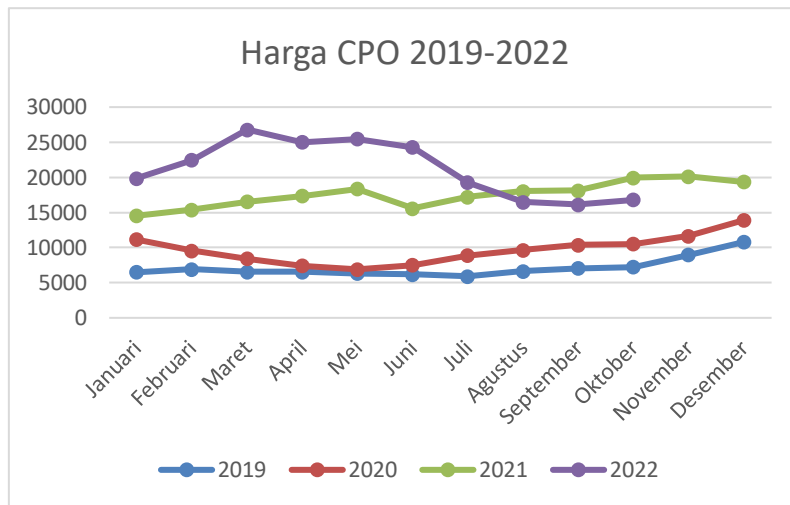
Kriteria keakuratan MAPE ditunjukkan pada Tabel 1 (7)

Tabel 1. Nilai Mape

Nilai MAPE	Akurasi Peramalan
$MAPE \leq 10\%$	Sangat Baik
$10\% < MAPE \leq 20\%$	Baik
$20\% < MAPE \leq 50\%$	Cukup
$MAPE \geq 50\%$	Buruk

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah daftar harga CPO pada Bulan Januari 2019 sampai dengan Bulan Oktober 2022 yang diperoleh dari web bappebti.go.id disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Data harian di web bappebti.go.id

Perhitungan dengan menggunakan metode Fuzzy Time Series Markov Chain sebagai berikut:

- Langkah pertama menentukan himpunan semesta u dengan menggunakan persamaan 2
 $u = [5924; 26805]$
- Langkah kedua banyak interval, Panjang interval, dan nilai tengah
 Banyak interval dengan menggunakan persamaan 3
 $K = 6,523681516 \approx 7$
 Panjang interval dengan menggunakan persamaan 4
 $l = 2983$
 Membagi semester pembicaraan u menjadi beberapa kelas sesuai banyak interval dan panjang interval. Nilai u_1 sampai u_7 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Interval, Panjang Kelas, dan Nilai Tengah

Himpunan Fuzzy	Interval	Nilai Tengah
u_1	[5924;8907]	7415,5
u_2	[8907;11890]	10398,5
u_3	[11890;14873]	13381,5
u_4	[14873;17856]	16364,5
u_5	[17856;20839]	19347,5
u_6	[20839;23822]	22330,5
u_7	[23822;26805]	25313,5

3. Langkah ketiga, menentukan himpunan fuzzy

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

4. Langkah keempat, melakukan fuzzifikasi

Tabel 3. Fuzzifikasi

NO	Bulan	Tahun	Data Aktual (Rp/Kg)	Fuzzyfikasi	
1	Januari	2019	6504,58	u_1	$\rightarrow A_1$
2	Februari	2019	6917,63	u_1	$\rightarrow A_1$
3	Maret	2019	6537,69	u_1	$\rightarrow A_1$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
46	Oktober	2022	16824,1	u_4	$\rightarrow A_4$

5. Langkah kelima, melakukan FLR

Tabel 4. Fuzzy Logical Relationship (FLR)

No	Deret Waktu		FLR
1	Januari – 19	\rightarrow Februari – 19	$A_1 \rightarrow A_1$
2	Februari – 19	\rightarrow Maret – 19	$A_1 \rightarrow A_1$
3	Maret – 19	\rightarrow April-19	$A_1 \rightarrow A_1$
⋮	⋮	⋮	⋮
45	September-22	\rightarrow Oktober-20	$A_4 \rightarrow A_4$

6. Langkah keenam, menentukan FLRG

Tabel 5. Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)

Grup	Relasi Logika Fuzzy	
1	A_1	$\rightarrow 13A_1, 2A_2$
2	A_2	$\rightarrow A_1, 6A_2, A_3$
3	A_3	$\rightarrow A_3, A_4$
4	A_4	$\rightarrow 5A_4, 2A_5$
5	A_5	$\rightarrow 2A_4, A_5, A_6$
6	A_6	$\rightarrow A_7$
7	A_7	$\rightarrow A_5, 3A_7$

7. Langkah ketujuh, menentukan matriks probabilitas

Tabel 6. Matriks Probabilitas

P _{ij}		j						
		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
i	A ₁	0,8667	0,1333	0	0	0	0	0
	A ₂	0,125	0,75	0,125	0	0	0	0
	A ₃	0	0	0,5	0,5	0	0	0
	A ₄	0	0	0	0,7143	0,2857	0	0
	A ₅	0	0	0	0,5	0,25	0,25	0
	A ₆	0	0	0	0	0	0	1
	A ₇	0	0	0	0	0,25	0	0,75

8. Langkah kedelapan, melakukan defuzzifikasi

$$F(t) = m_1P_{j1} + m_2P_{j2} + \dots + m_{j-1}P_{j(j-1)} + Y(t-1)P_j + m_{j+1}P_{j(j+1)} + \dots + m_nP_n$$

$$F(2) = A_1 \rightarrow A_1$$

$$F(2) = m_1P_{11} + m_2P_{12} + m_3P_{13} + m_4P_{14} + m_5P_{15} + m_6P_{16} + m_7P_{17}$$

$$F(2) = (7415,5)(0,1385) + (10398,5)(0,1333) + 0 + 0 + 0 + 0 + 0$$

$$F(2) = 7813,1339$$

Hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Defuzzifikasi

NO	Bulan	Tahun	Data Aktual (Rp/Kg)	Fuzzyfikasi	Prediksi Awal (Rp/Kg)
1	Januari	2019	6504,58	A ₁	
2	Februari	2019	6917,63	A ₁	7813,1339
3	Maret	2019	6537,69	A ₁	7813,1339
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
46	Oktober	2022	16824,1	A ₄	17216,743

9. Langkah kesembilan, nilai penyesuaian

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

$$D_{10} = \left(\frac{2983}{2}\right) (1)$$

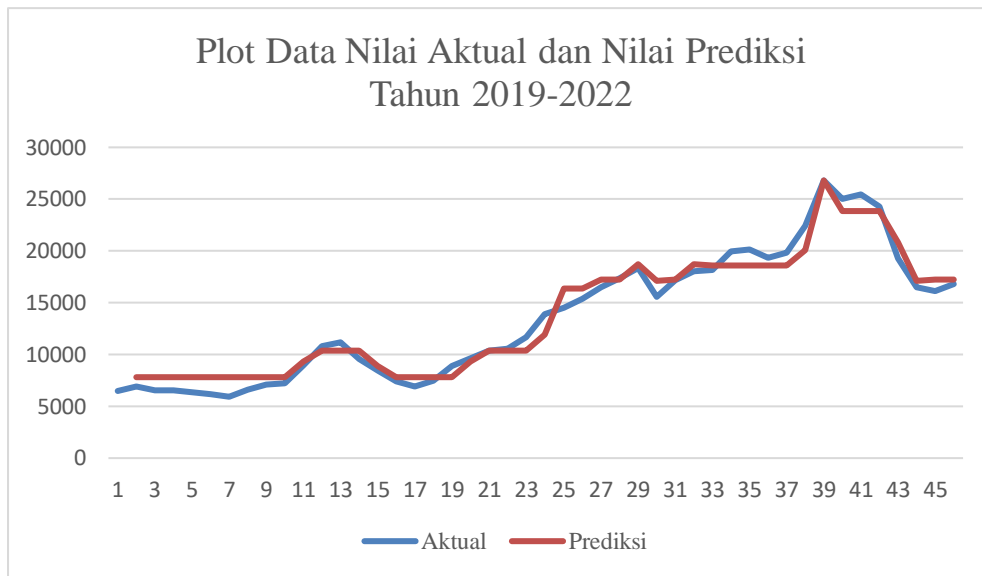
$$D_{10} = 1491,5$$

Hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai Penyesuaian

NO	Bulan	Tahun	Data Aktual (Rp/Kg)	Prediksi Awal (Rp/Kg)	Nilai Penyesuaian
1	Januari	2019	6504,58		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
11	November	2019	8958,01	10398,5	1491,5
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
46	Oktober	2022	16824,1	17216,743	0

10. Langkah kesepuluh, perhitungan hasil peramalan



Gambar 2. Plot Harga CPO hasil prediksi Bulan Januari 2019-Bulan Oktober 2022

Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan MAPE keseluruhan untuk prediksi harga CPO dari Bulan Januari 2019 sampai dengan Bulan Oktober 2022 sebesar MAPE = 0,084666%. Kemudian setelah didapatkan nilai MAPE selanjutnya dapat menghitung tingkat akurasi sehingga didapatkan tingkat akurasinya sebesar 99,915334%. Dari hasil MAPE dan tingkat akurasinya maka prediksi ini sangat akurat.

Hasil Prediksi November 2022

Hasil prediksi untuk Bulan November 2022 yaitu sebesar Rp. 17216,743/kg. sedangkan jika dilihat dari data aktual pada Bulan November 2022 yaitu sebesar Rp. 18543,92/kg. nilai prediksi Bulan November 2022 memiliki nilai MAPE sebesar 0,07157% nilai MAPE tersebut masih berada dalam rentang tingkat akurasi sangat akurat.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh prediksi harga CPO bulan Januari 2019 hingga Bulan Oktober 2022 dengan MAPE = 0,084666%. Menggunakan model tersebut didapat nilai prediksi harga CPO pada Bulan November 2022 sebesar Rp. 17216,7431/kg berbeda Rp. 1327,1769/kg atau sebesar 1,327% dengan data actual yaitu sebesar Rp. 18543,92/kg. nilai error yang dihasilkan menunjukkan bahwa nilai prediksi menggunakan *Fuzzy Time Series Markov Chain* sangat akurat dengan tingkat akurasinya sebesar 99,915334%.

Acknowledge

Penelitian ini dapat dilakukan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu peneliti mengucapkan terimakasih kepada orangtua yang telah mendukung peneliti dalam bentuk materi, terimakasih kepada pembimbing yang telah membimbing penulis untuk menyelesaikan artikel ini, dan terimakasih pula kepada teman – teman yang mendukung penulis untuk menyelesaikan artikel ini.

Daftar Pustaka

[1] D. Bentivoglio, Finco.A and G. Bucci, *International Journal of energy Economics and Policy*, pp. 49-57, 2018.
 [2] R. C. Tsaur, "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, Informasion and Control*, 2012.
- [3] S. Y. Amalutfia and M. Hafiyusholeh, "Analisis Peramalan Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dolar dan Yuan Menggunakan FTS Markov-Chain," 2020.
- [4] w.Kementerianperdagangan, "<https://satudata.kemendag.go.id/infographic/perkembangan-perdagangan-luar-negeri>," [Online].
- [5] Y. &. S. E. Aristyani, "Peramalan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) Dengan Metode Fuzzy Time Series Markov Chain," *Jurnal Mipa UNNES*, pp. 186-196, 2016.
- [6] P. Saxena, K. Sharma and S. Easo, "Forecasting Enrollment Based On Fuzzy Time Series With Higher Forecast Accuracy Rate," *International Journal Computer Technology and Application*, pp. 957-961, 2012.
- [7] Faldo Aditya, Dodi Devianto and Maiyastri, "Peramalan Harga Emas Indonesia Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Klasik," *Jurnal Matematika UNAND*, 2019.
- [8] Y. N. Y. &. L. J. T. Yuan H. Li, "Utilizing the Zero-One Linear Programming Constraints to Draw Multiple Sets of Matched Samples from a Non-Treatment Population as Control Groups for the Quasi-Experimental Design," *Montgomery County Public Schools, Maryland*, 2005.
- [9] Ching Hsue Cheng, Thai-Liang Chen, Hia Jong Teoh and C.-H. Chiang, "Fuzzy Time Series Based on Adaptive Expectation Model for TAIEX Forecasting," *An International Journal*, no. Vol. 34 No.2, pp. pp. 1126-1132, 2008.
- [10] Savitri Sentya Agus, Suhaedi Didi. (2022). *Penerapan Inference Fuzzy Mamdani dalam Seleksi Penerima Bantuan Sosial Tunai Kabupaten Belitung Timur*. *Jurnal Riset Matematika*, 2(2), 163-172.