

# Prediksi Harga Minyak Mentah WTI Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*

Siti Nurlela<sup>1</sup>, Aris Fanani<sup>2</sup>, Hani Khaulasari<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Ampel Surabaya, Jl. Ahmad Yani No.117 Surabaya Jawa Timur, Indonesia

Korespondensi; Siti Nurlela, Email: [sitinurlela1205@gmail.com](mailto:sitinurlela1205@gmail.com)

## Abstrak

Harga minyak mentah merupakan salah satu patokan untuk perekonomian dunia. Harga minyak mentah sering mengalami naik turun yang disebabkan oleh pendapatan dan permintaan. Kaadaan yang terjadi ini dapat diatasi dengan prediksi menggunakan metode *fuzzy time series markov chain*. Data harga minyak mentah WTI merupakan bentuk data *time series* yang diakses dari webside Id.investing. Pada penelitian ini bertujuan untuk pengambilan keputusan para investor. Metode *fuzzy time series markov chain* pada harga minyak mentah jenis WTI mendapatkan nilai akurasi prediksi lebih dari 98%, sedangkan nilai dari MAPE adalah 1.18%.

**Kata Kunci:** Minyak Mentah, Harga Minyak Mentah WTI, *Fuzzy Time Series Markov Chain*.

## Abstract

Crude oil prices are one of the benchmarks for the world economy. Crude oil prices often experience ups and downs caused by income and demand. This situation can be overcome by prediction using the fuzzy time series markov chain method. WTI crude oil price data is a form of time series data accessed from website Id.investing. This Review aims to make decisions for investors. The Fuzzy Time Series Markov Chain method at WTI crude oil price gets a prediction accuracy value of more than 98%, while the MAPE value is 1.18%.

**Keywords:** Crude Oil, Crude Oil WTI Prices, Fuzzy Time Series Markov Chain.

## Pendahuluan

Salah satu perhatian utama dari sebagian besar dunia adalah pertumbuhan ekonomi dimana pendorong terkuat dari pertumbuhan ini berasal dari minyak mentah. Minyak mentah merupakan salah satu pemeran utama dalam pasar internasional. Bagi berbagai negara, minyak mentah berperan untuk sumber daya yang penting dan minyak mentah juga salah satu yang memiliki sifat yang tidak dapat diperbarui. Selama ini olahan dari minyak mentah menjadi bahan bakar dari sepertiga dunia, sehingga peran minyak mentah sebagai energi terpenting di dunia. Adapun peran dalam bidang industri minyak mentah juga menjadi salah satu penyumbang persentase yang tinggi dalam hubungan internasional [1].

Harga minyak mentah sering kali mengalami naik turun dalam pasar keuangan, dimana naik turunnya harga ini dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain peristiwa geopolitik dan kekurangan pasokan. Harga minyak mentah pada akhir abad ke-20 hingga awal abad ke-21 mengalami kenaikan yang meningkat, sehingga harga minyak ini berpengaruh terhadap dunia perekonomian. Dilihat dari perspektif makro, keadaan ini merupakan menjadi faktor terpenting dalam mempengaruhi produk domestik bruto dalam beberapa negara. Keadaan ini salah satu permasalahan terpenting pada ekonomi dunia untuk negara penghasil minyak [2], [3]. Harga minyak mentah yang sering berpengaruh dalam perekonomian

dunia adalah harga minyak mentah jenis *West Texas Intermediate* (WTI). Minyak mentah jenis WTI ini merupakan minyak mentah yang berasal dari negara Amerika Serikat dan sebagai patokan dalam perdagangan minyak mentah [4].

Pada perdagangan minyak mentah jenis WTI merupakan minyak mentah yang memiliki taraf tertinggi. Minyak mentah jenis WTI ini juga memiliki harga sangat tinggi pada *Organization of the Petroleum Exporting Countries* (OPEC) dari harga minyak mentah jenis lainnya [5]. Namun harga minyak mentah WTI ini sering mengalami naik turun dalam beberapa tahun ini. Dapat diketahui pada tahun 2021 harga WTI mengalami penurunan mencapai USD 6.69 setiap barel yang awalnya USD 78.65 setiap barelnya menjadi USD 71.69 setiap barelnya. Kejadian ini diakibatkan oleh pandemi *Covid-19* sehingga beberapa negara mengalami *lockdown* [6].

Setelah masalah *Covid-19* telah usai harga minyak mentah WTI mengalami normal karena perekonomian dunia mulai pulih kembali. Namun harga normal minyak mentah WTI tersebut tidak berlangsung lama sebab awal tahun 2022 harga minyak mentah dunia mengalami kenaikan yang luar biasa dibandingkan pada saat pandemi dimana keadaan ini disebabkan oleh perang antara Rusia dan Ukraina. Perang yang terjadi ini mengakibatkan kekurangan pada pasokan minyak mentah dunia yang disebabkan negara Rusia merupakan negara penghasil minyak terbesar di dunia. Begitupun dengan harga minyak mentah WTI juga mengalami dampak kenaikan mencapai USD 123.70 setiap barelnya [7].

Sedangkan pada akhir tahun 2022 minyak mentah dunia mengalami penurunan lebih kecil dibandingkan dengan harga awal tahun. Anjeloknya harga minyak mentah ini diakibatkan oleh investor yang meninggalkan pasar ekonomi sebab ketidakpastian dan gejolak yang dihadapi pasar ekonomi akhir-akhir ini. Adapun untuk harga minyak mentah WTI pada akhir tahun 2022 mengalami penurunan mencapai USD 7.78 setiap barel yang awalnya memiliki harga USD 84.39 setiap barelnya menjadi USD 76.52 setiap barelnya [7]. Keadaan yang terjadi ini perlu penanganan yang serius, salah satunya dengan melakukan prediksi sehingga para investor mengetahui kejadian dimasa mendatang dan data mengambil keputusan mengenai harga minyak mentah dunia. Prediksi dapat dilakukan dengan beberapa metode matematika, salah satu metode matematika yang dapat digunakan dalam bentuk data harga minyak mentah atau makro ekonomi adalah metode *fuzzy time series markov chain* [8].

Metode *fuzzy time series markov chain* merupakan salah satu perembangan dari metode *fuzzy time series*. Metode *fuzzy time series markov chain* merupakan gabungan antara metode *markov chain*, dimana *markov chain* adalah langkah pada perhitungan yang dapat digunakan dalam melakukan pemodelan bermacam-macam keadaan. Adapun perbedaan dari metode *fuzzy time series markov chain* dengan metode *fuzzy time series* yang lain adalah pada penentuan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dengan memasukkan seluruh hubungan dan pembobot yang didasari oleh urutan dan perulangan yang sama, perhitungan nilai penyesuaian dari hasil prediksi awal dan hasil prediksi akhir. Kelebihan yang lain yaitu dapat meminimalisir kesalahan dan dihasilkan prediksi yang akurat [9]. Metode *fuzzy time series markov chain* ini juga dapat menghasilkan prediksi periode selanjutnya lebih akurat sebab data yang digunakan selalu *real time* dan *up to date* [10]. Metode *fuzzy time series markov chain* ini telah banyak dibuktikan kelayakan dengan menggunakan MAPE oleh para peneliti.

Penelitian mengenai prediksi nilai *close* saham yang menggunakan metode *fuzzy time series markov chain* mendapatkan nilai akurasi MAPE 3.48% termasuk dalam kategori sangat baik [11]. Sedangkan penelitian selanjutnya membandingkan tingkat akurasi metode *fuzzy time series markov chain* dan metode modifikasi *double exponential smoothing* pada kasus harga saham indeks LQ45 menghasilkan nilai akurasi masing-masing 2.18% dan 2,36% yang tergolong sangat baik [12]. Dan untuk penelitian perbandingan tingkat akurasi antara metode *fuzzy time series markov chain* dan *fuzzy time series chen average* pada studi kasus peramalan volume impor migas yang menghasilkan metode *fuzzy time series markov chain* lebih akurat dengan nilai MAPE 7.76% dibandingkan nilai akurasi metode *fuzzy time series chen average* 7.95% yang dilakukan [13].

Berdasarkan penelitian terdahulu pada penelitian menggunakan metode *fuzzy time series markov chain* dengan menghasilkan akurasi sangat baik, maka peneliti tertarik untuk menggunakan metode *fuzzy time series markov chain* untuk prediksi harga minyak mentah WTI. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai akurasi dan harga minyak mentah jenis WTI untuk periode kedepan berdasarkan nilai akurasi menggunakan *Mean Percentage Error* (MAPE). Dengan mengetahui harga minyak mentah WTI pada periode kedepan dapat membantu para investor dalam mengambil keputusan untuk membeli minyak mentah WTI.

## Landasan Teori

Pada tahun 1993 dua matematikawan yaitu Song dan Chissom memperkenalkan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*. Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* merupakan salah satu metode yang menggunakan logika *fuzzy* dengan menggunakan variabel *fuzzy* untuk standar keadaan mendatang [14], [15]. Keunggulan dari metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* adalah proses perhitungan probabilitas pada setiap perpindahan keadaan sebelumnya ke keadaan selanjutnya dalam FLRG dan proses penyesuaian pada nilai prediksi [13]. Sehingga metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* sangat baik dimanfaatkan untuk prediksi dengan menggunakan data harga minyak mentah WTI yang disusun dalam nilai linguistik. Langkah-langkah pada metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* sebagai berikut [9].

1. Menginputkan data historis harga minyak mentah WTI dari *website* Id.investing.
2. Membentuk himpunan semesta U berdasarkan persamaan (1).

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

Keterangan:

U = Semesta U  
 $D_{\min}$  = Nilai minimum data historis  
 $D_{\max}$  = Nilai maksimum data historis  
 $D_1$  &  $D_2$  = Bilangan positif yang sesuai

3. Memastikan interval dengan menggunakan beberapa langkah-langkah berikut ini:
  - a. Memastikan jumlah interval dengan menggunakan rumus sebagaimana berikut:

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

Keterangan:

J = Jumlah interval  
 N = Jumlah data historis

- b. Memastikan panjang interval dengan menggunakan rumus berikut ini

$$p = \frac{(D_{\max} + D_2) - (D_{\min} - D_1)}{J} \quad (3)$$

Keterangan:

P = Panjang interval

Langkah selanjutnya ialah membagi semesta U menjadi beberapa sesuai dengan hasil jumlah dan panjang interval yang diperoleh, berikut ini merupakan setiap interval yang didapatkan:

$$\begin{aligned} U_1 &= [D_{\min} - D_1 ; D_{\min} - D_1 + P] \\ U_2 &= [D_{\min} - D_1 + P ; D_{\min} - D_1 + 2P] \\ &\vdots \\ U_n &= [D_{\min} - D_1 + (n - 1)P ; D_{\min} - D_1 + nP] \end{aligned} \quad (4)$$

Sedangkan untuk mencari nilai tengah dengan cara menjumlahkan batas minimum dan batas maksimum selanjutnya dibagi dua. Rumus untuk mencari nilai tengah sebagaimana berikut:

$$T_n = \frac{B_{min} + B_{maks}}{2} \quad (5)$$

Keterangan:

n = Banyaknya himpunan fuzzy

4. Memastikan fuzzy set A dengan definisi berikut.

$$A_k \sum_{l=1}^n \frac{\mu_k(u_l)}{u_l} \quad (6)$$

Dimana  $\mu_k$  ialah derajat keanggotaan dari himpunan fuzzy  $A_k$  dalam anggota himpunan  $u_l$ , dengan nilai dari  $l = 1, 2, 3, \dots, n$  dan  $0 < \mu_k < 1$ . Adapun aturan dalam menentukan derajat keanggotaan dari  $\mu_k$  ialah

$$\mu_k(u_l) = \begin{cases} 1, & k = l \\ 0.5, & k = l + 1, l - 1 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

Dari persamaan lima diatas maka definisi dari himpunan fuzzy  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_k$  sebagaimana berikut ini:

$$A_k = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \dots + \frac{0.5}{u_{l-1}} + \frac{1}{u_l} \quad (7)$$

5. Fuzzifikasi

Pada fuzzifikasi ini memiliki tujuan untuk mengubah nilai numerik kedalam nilai linguistik dengan cara mengelompokkan data pada himpunan A yang telah didefinisikan.

6. Memastikan FLR (*Fuzzy Logical Relationship*)

Pada langkah FLR ini bertujuan mengetahui keterkaitan disetiap data satu dengan data setelahnya dalam bentuk himpunan kabur A. Simbol dari *fuzzy logical relationship* ialah  $A_l \rightarrow A_k$ , dengan  $A_l$  merupakan keadaan saat ini dan  $A_k$  keadaan setelahnya.

7. Memastikan FLRG (*Fuzzy Logical Relationship Grup*)

Langkah ini ialah mengumpulkan hasil dari *fuzzy logical relationship*, untuk pembentukan dari FLRG sendiri dengan mengelompokkan *fuzzy logical relationship* dengan keadaan saat ini yang memiliki sifat tetap.

8. Menentukan pola matriks probabilitas transisi dengan menggunakan hasil yang diperoleh dari *fuzzy logical relationship grup*. Persamaan yang dapat dibentuk dalam menentukan nilai dari elemen matriks ialah:

$$H_{lk} = \frac{M_{lk}}{M_l} \quad (8)$$

Dimana  $l, k = 1, 2, 3, \dots, n$

Keterangan:

$H_{lk}$  : Probabilitas transisi

$M_{lk}$  : jumlah transisi dari keadaan sebelumnya dan selanjutnya

$M_l$  : jumlah kejadian yang terjadi sebelumnya

9. Defuzzifikasi

- a. Prediksi Pertama

Prediksi pertama bisa dihasilkan dengan memperhatikan nilai dari *fuzzy logical relationship*, *fuzzy logical relationship grup* dan matriks probabilitas transisi yang didapatkan sebelumnya. Dimana prediksi pertama dengan nilai  $t=1,2,3,\dots,N$  bisa dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut ini:

1. Jika *fuzzy logical relationship grup* dalam  $A_l$  ialah  $A_l \rightarrow \emptyset$  sehingga nilai prediksi yang diperoleh ialah nilai tengah dari  $U_i$  dengan menggunakan persamaan.

$$D_t = T_i \quad (9)$$

2. Jika *fuzzy logical relationship grup* dalam  $A_l$  ialah  $A_l \rightarrow A_k$  sehingga nilai prediksi yang diperoleh ialah nilai tengah dari  $U_j$  dengan menggunakan persamaan.

$$D_t = T_i \quad (10)$$

3. Jika *fuzzy logical relationship grup* dalam  $A_l$  ialah  $A_l \rightarrow A_1, A_2, A_3, \dots, A_k$  sehingga nilai prediksi yang diperoleh dapat dicari menggunakan persamaan sebagaimana berikut ini.

$$D_t = T_1 H_{lk1} + T_2 H_{lk2} + \dots + T_{(i-1)} H_{lk(i-1)} + Y_{(t-1)} H_{lk} + T_{(i+1)} H_{lk(i+1)} + \dots + T_n H_{lk} \quad (11)$$

b. Penyesuaian Prediksi

Aturan yang digunakan dalam langkah penyesuaian nilai prediksi sebagaimana berikut

1. Jika diperoleh  $A_l \rightarrow A_k$  dan  $l < k$  sehingga nilai penyesuaian prediksi dapat diperoleh menggunakan persamaan.

$$Y = \frac{p \times s}{2} \quad (12)$$

Keterangan:

P = Panjang interval

S = Jumlah perpindahan transisi maju

2. Jika diperoleh  $A_l \rightarrow A_k$  dan  $l > k$  sehingga nilai penyesuaian prediksi dapat diperoleh menggunakan persamaan.

$$Y = \frac{p \times r}{2} \quad (13)$$

Keterangan:

P = Panjang interval

r = Jumlah perpindahan transisi mundur

3. Jika diperoleh  $A_l \rightarrow A_k$  dan  $l = k$  sehingga nilai penyesuaian prediksi ialah  $Y = 0$ .

c. Prediksi Akhir

Prediksi Akhir ialah langkah *fuzzy time series markov chain* dapat dicari menggunakan persamaan berikut.

$$D'_t = D_t + Y \quad (14)$$

10. Nilai prediksi yang telah diperoleh selanjutnya dilakukan evaluasi model *fuzzy time series markov chain* dengan memakai metode MAPE sebagaimana berikut [16], [17].

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - D'_t}{Y_t} \right|}{n} \times 100\% \quad (15)$$

Keterangan:

$Y_t$  : Nilai sesungguhnya pada waktu ke-t

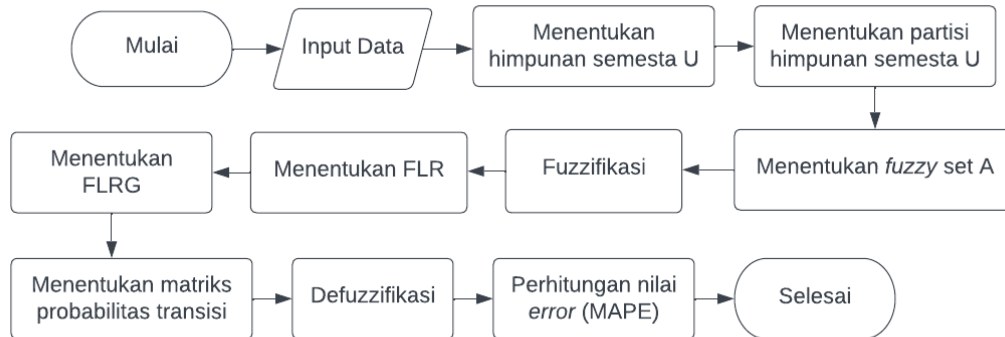
$D'_t$  : Nilai prediksi pada waktu ke-t

n : Jumlah data

11. Melakukan langkah prediksi untuk periode berikut ketika nilai MAPE memenuhi persyaratan baik digunakan.

## Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *fuzzy time series markov chain* dengan menggunakan cara sistematis. Langkah-langkah dalam melakukan observasi pada prediksi harga minyak mentah WTI dapat diperhatikan dalam *flowchat* berikut.



**Gambar 1.** Alur Penelitian

Pada penelitian ini merupakan penelitian berbentuk deskriptif kuantitatif. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari *websi* Id.Investing yang diambil dari tanggal 03 Januari 2021 hingga tanggal 06 April 2023. Pada penelitian ini merupakan data harga minyak mentah WTI dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*. Sampel data harga minyak mentah WTI pada penelitian ini disajikan berikut.

**Tabel 1.** Sampel Data

t	Tanggal	WTI
1	03-01-2021	48.30
2	04-01-2021	47.28
⋮	⋮	⋮
700	06-04-2023	80.36



**Gambar 2.** Plot Data Harga Minyak WTI

Pada gambar plot data harga minyak WTI yang diambil mulai tanggal 03 Januari 2021 hingga tanggal 06 April 2023 dengan jumlah data sebanyak 700 data, selanjutnya data tersebut akan dibagi menjadi dua bagian yaitu data *training* dan data *testing* dengan masing-masing data *training* 75% dan data *testing* 25% dari jumlah data seluruhnya [9]. Sehingga untuk jumlah dari data *training* sebanyak 525 dan untuk jumlah data *testing* 175 data.

## Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dengan menggunakan data harga minyak mentah WTI yang diambil mulai tanggal 03 Januari 2021 hingga tanggal 06 April 2023 dengan jumlah data sebanyak 700 data, selanjutnya data tersebut akan dibagi menjadi dua bagian yaitu data *training* dan data *testing* dengan masing-masing data data *training* 75% dan data *testing* 25% dari jumlah data seluruhnya [9]. Sehingga untuk jumlah dari data *training* sebanyak 525 dan untuk jumlah data *testing* 175 data. dengan menggunakan beberapa tahapan sebagaimana berikut ini.

- a. Membentuk himpunan semesta U

$$\begin{aligned} U &= [D_{\min} - D_1 ; D_{\max} + D_2] \\ &= [47.28 - 0.28; 128.26 + 0.26] \\ &= [47; 128.52] \end{aligned}$$

- b. Menentukan banyaknya partisi himpunan dan menentukan panjangnya interval.

$$\begin{aligned} J &= 1 + 3.322 \log N \\ &= 1 + 3.322 \log (525) \\ &= 10 \\ p &= \frac{(D_{\max} + D_2) - (D_{\min} - D_1)}{J} \\ &= \frac{(128.26+0.26)-(47.28-0.28)}{10} \\ &= 8.152 \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan hasil yang didapatkan untuk interval prediksi harga minyak WTI

**Tabel 2.** Hasil Interval

Interval	Batas Bawah	Batas Atas	Nilai Tengah
$u_1$	47	55.152	51.08
$u_2$	55.152	63.304	59.25
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$u_{10}$	120.368	128.52	124.66

- c. Pembentukan himpunan *fuzzy* daam himpunan semesta U

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} \\ A_2 &= \frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} \\ A_3 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0.5}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} \\ A_4 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{1}{u_4} + \frac{0.5}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} \\ A_5 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0.5}{u_4} + \frac{1}{u_5} + \frac{0.5}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} \\ A_6 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0.5}{u_5} + \frac{1}{u_6} + \frac{0.5}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} \\ A_7 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0.5}{u_6} + \frac{1}{u_7} + \frac{0.5}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} \\ A_8 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0.5}{u_7} + \frac{1}{u_8} + \frac{0.5}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} \\ A_9 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0.5}{u_8} + \frac{1}{u_9} + \frac{0.5}{u_{10}} \end{aligned}$$

$$A_{10} = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0.5}{u_9} + \frac{1}{u_{10}}$$

- d. Langkah selanjutnya ialah menentukan fuzzifikasi

**Tabel 3.** Nilai Fuzzifikasi

t	Data Aktual	Data fuzzy
1	48.30	$A_1$
2	47.28	$A_1$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
525	86.58	$A_5$

- e. Menentukan FLR (*Fuzzy Logical Relation*) dan FLRG (*Fuzzy Logical Relation Group*)

**Tabel 4.** Nilai FLR

Urutan Data	FLR
1 $\rightarrow$ 2	$A_1 \rightarrow A_1$
2 $\rightarrow$ 3	$A_1 \rightarrow A_1$
$\vdots$	$\vdots$
524 $\rightarrow$ 525	$A_8 \rightarrow A_5$

FLRG (*Fuzzy Logical Relation Group*)

**Tabel 5.** Nilai FRG

Keadaan saat ini	Keadaan Selanjutnya
$A_1$	26 $A_1$ , 1 $A_2$
$A_2$	55 $A_2$ , 6 $A_3$
$\vdots$	$\vdots$
$A_{10}$	1 $A_8$ , 3 $A_9$ , 6 $A_{10}$

- f. Pembentukan matriks probabilitas transisi markov yang memiliki orde 10 x 10

$$H_{lk} = \begin{bmatrix} 0.96 & 0.037 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.9 & 0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.04 & 0.8 & 0.09 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.12 & 0.84 & 0.63 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.03 & 0.89 & 0.05 & 0 & 0.01 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.05 & 0.85 & 0.09 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.11 & 0.71 & 0.17 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.02 & 0 & 0.15 & 0.67 & 0.15 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.27 & 0.58 & 0.15 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1 & 0.3 & 0.6 \end{bmatrix}$$



- g. Defuzzifikasi proses yang dilakukan dengan nilai yang didapatkan dari FLRG sehingga dapat menentukan prediksi awal, nilai penyesuaian dan peramalan akhir untuk data *training* harga minyak WTI

**Tabel 6.** Hasil Prediksi Data *Training*

t	Tanggal	Data Aktual	Prediksi Awal	Penyesuaian	Prediksi Akhir
1	03-01-2021	48.30	-	-	-
2	04-01-2021	47.28	48.70	0	48.70
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
525	10-09-2022	86.58	109.48	-4.076	105.40

Pada model *fuzzy time series markov chain* dilakukan pengujian dengan menggunakan data *testing* dari harga minyak mentah WTI sebesar 25% dari jumlah data. Prediksi yang dilakukan pada data *testing* adalah menggunakan model yang telah didapatkan dari data *training*. Hasil prediksi dari harga minyak WTI dengan menggunakan data *testing* sebagai berikut.

**Tabel 7.** Hasil Prediksi Data *Testing*

t	Tanggal	Data Aktual	Prediksi Awal	Penyesuaian	Prediksi Akhir
1	12-09-2022	88.28	-	-	-
2	13-09-2022	87.78	87.74	0	87.74
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
175	06-04-2023	80.36	79.87	0	79.87

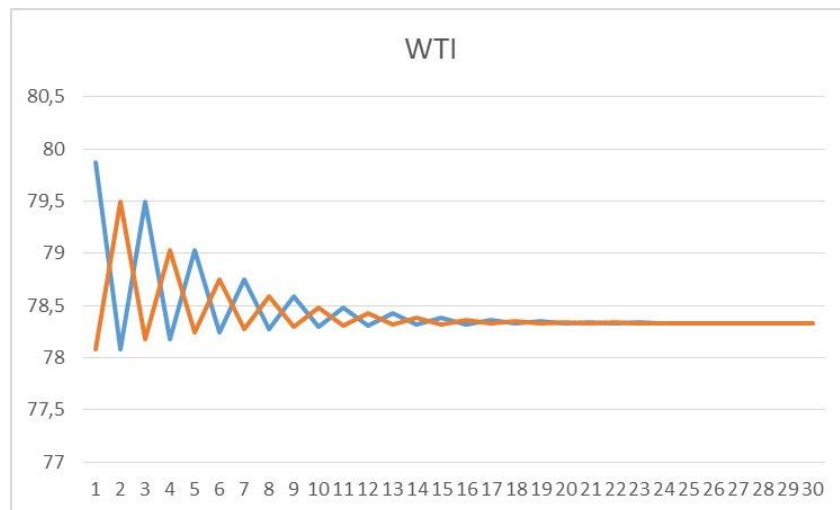
- h. Menentukan nilai *error* dengan MAPE

Pada penentuan model yang telah didapatkan dalam data *testing* baik digunakan atau tidak sehingga memerlukan pengujian data *testing* dengan menggunakan nilai *error* MAPE. Hasil dari nilai *error* untuk data harga minyak mentah WTI sebagai berikut.

**Tabel 8.** Nilai Akurasi

Nama Data	MAPE
WTI	1.18%

Nilai *error* yang didapatkan dari data *testing* menunjukkan bahwa model yang dibentuk memenuhi kriteria sangat baik sebab nilai *error* yang diperoleh kurang dari 10% sehingga model prediksi layak digunakan. Dari nilai *error* yang didapatkan maka model yang diperoleh dari metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dalam data harga minyak WTI dapat digunakan prediksi tiga puluh hari kedepan. Hasil prediksi tiga puluh hari kedepan disajikan berikut ini.



**Gambar 3.** Grafik Prediksi 30 Hari

Berdasarkan hasil prediksi tiga puluh hari kedepan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* pada dasarnya sangat baik untuk prediksi satu periode kedepan, oleh sebab itu hasil prediksi dari  $t = 2$  hingga  $t = 30$  dapat memanfaatkan nilai output prediksi untuk dijadikan sebagai variabel input. Namun, metode *fuzzy time series markov chain* memiliki kelemahan yaitu semakin panjang periode prediksi maka nilai *error* yang didapatkan semakin besar. Oleh sebab itu penelitian ini memiliki batas prediksi hingga 30 hari. Hasil prediksi untuk tiga puluh hari pada harga minyak mentah WTI didapatkan harga yang setabil.

## Kesimpulan

Dari penjelasan yang telah dijabarkan maka dapat disimpulkan untuk hasil *error* menggunakan MAPE pada data harga minyak mentah WTI adalah 1.18% dimana model dari *Fuzzy Time Series Marov Chain* dikategorikan sangat baik. Prediksi untuk harga minyak mentah WTI dalam periode tiga puluh hari kedepan yang dimulai dari tanggal 09 April 2023 hingga 12 Mei 2023. Hasil prediksi harga minyak mentah WTI dari hari ke hari mengalami kesetabilan.

## Referensi

- [1] N. Gupta and S. Nigam, "Crude Oil Price Prediction using Artificial Neural Network," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 170, pp. 642–647, 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.03.136.
- [2] X. Xi, J. Zhou, X. Gao, D. Liu, H. Zheng, and Q. Sun, "Impact of changes in crude oil trade network patterns on national economy," *Energy Econ.*, no. xxxx, p. 104490, 2019, doi: 10.1016/j.eneco.2019.104490.
- [3] N. Nonejad, "Crude oil price volatility and short-term predictability of the real U . S . GDP growth rate," *Econ. Lett.*, no. xxxx, p. 108527, 2019, doi: 10.1016/j.econlet.2019.108527.
- [4] A. D. A. M. Gusti and P. W. Luh, "Pengaruh Suku Bunga The Fed, Harga Minyak dan Inflansi Terhadap Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) Di Bursa Efek Indonesia," *Ekon. dan Bisnis Univ. Udayana*, vol. 5, no. 2337–3067, pp. 1261–1288, 2018.
- [5] O. D. Zacccheaus and O. S. Ajuwon, "Oil Price Dynamics and The Nigerian Banks Proitability," *J. Deveping Areas*, vol. 53, no. 2, 2019.
- [6] F. Latif, N. Tambunan, and R. D. Heryani, "Kenaikan Harga Minyak Dunia dan Implikasinya Terhadap Perekonomian Indonesia di Masa Pandemi Covid-19," vol. 1, no. 5, pp. 1121–1126, 2023.
- [7] D. Dimasti, "Analisis Dampak Konflik Rusia-Ukraina Terhadap Haega Bahan Bakar Minyak Indonesia," *Cendekia (Jurnal Ilmu Pengetahuan)*, vol. 2, no. 3, pp. 261–269, 2022.
- [8] M. Muhammad, S. Wahyuningsih, and M. Siringoringo, "Peramalan Nilai Tukar Petani Subsektor Peternakan Menggunakan Fuzzy

Time Series Lee," *Jambura J. Math.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–15, 2021, doi: 10.34312/jjom.v3i1.5940.

- [9] Y. A. Saira and H. Moh, "Analisis Peramalan Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dollar dan Yuan Menggunakan FTS-Markov Chain," *J. Pendidik. Mat. dan Mat. Progr. Stud. Pendidik. Mat. Fak. Kegur. dan Ilmu Pendidik. Univ. Islam Lamongan*, vol. 2, no. 2, pp. 102–113, 2020.
- [10] Y. H. Dina and Sugiman, "Peramalan Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dollar Amerika dengan Metode Fuzzy Time Series (FTS) Markov Chain," *UNNES J. Math.*, vol. 10, no. 2, pp. 85–95, 2021.
- [11] Y. Safitri, S. Wahyuningsih, and R. Goejantoro, "Peramalan dengan Metode Fuzzy Time Series Markov Chain (Studi Kasus : Harga Penutupan Saham PT . Radiant Utama Interinsco Tbk Periode Januari 2011 – Maret 2017)," *J. Eksponensial*, vol. 9, no. 1, pp. 51–58, 2018, [Online]. Available: <http://jurnal.fmipa.unmul.ac.id/index.php/exponensial/article/view/275/127>.
- [12] D. Hadinagara and N. Noeryanti, "Peramalan Harga Saham pada Indeks LQ45 Menggunakan Fuzzy Time Series Markov Chain Dan Modifikasi Double Exponential Smoothing," *J. Stat. Ind. dan Komputasi*, vol. 4, no. 2, pp. 11–21, 2019, [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/7787>.
- [13] T. S. Yanti, P. Statistika, F. Matematika, and P. Alam, "Perbandingan Metode Fuzzy Time Series Markov Chain dan Fuzzy Time Series Chen Average Based untuk Peramalan Volume Impor Migas," *Bandung Conf. Ser. Stat.*, vol. 2, pp. 207–216, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.29313/bess.v2i2.3853>.
- [14] I. P. Rifki, Y. Danang, and W. Endah, "Fuzzy Time Series Model Cheng untuk Meramalkan Volume Hasil Panen pada Tanaman Garut," *Telematika*, vol. 17, no. 1, pp. 11–17, 2020.
- [15] M. Muhammad, "Sebaran dan Peramalan Mahasiswa Baru Pendidikan Matematika Universitas Muhammadiyah Purwokerto dengan Metode Time Invariant Fuzzy Time Series," *MAJU J. Ilm. Pendidik. Mat.*, vol. 3, no. 2, pp. 48–58, 2018, [Online]. Available: <https://www.ejournal.stkipbbm.ac.id/index.php/mtk/article/view/98>.
- [16] S. S. Somvanshi and M. Kumari, "Comparative analysis of different vegetation indices with respect to atmospheric particulate pollution using sentinel data," *Appl. Comput. Geosci.*, vol. 7, no. March 2019, p. 100032, 2020, doi: 10.1016/j.acags.2020.100032.
- [17] Y. A. Jatmiko, R. L. Rahayu, and G. Darmawan, "Perbandingan keakuratan hasil peramalan produksi bawang merah metode holt-winters dengan singular spectrum analysis (SSA)," vol. 03, no. 01, pp. 13–22, 2017.