Peramalan Harga Minyak Mentah Menggunakan Metode Fuzzy Time Series dengan Model Lee

Rut Omega Purba[1*], Anggi Nur Ananda Saragih[2], Melly Rizky Tumanggor[3], Agnes Yulia Saragih [4], Widi Ningsih Panggabean[5]
[1,2,3,4] Matematika, Universitas Negeri Medan, Kota Medan, 20221, Indonesia
*Corresponding Author: rutomegapurba135.4223230042@mhs.unimed.ac.id

Abstrak

. Harga minyak mentah yang fluktuatif menjadi tantangan utama dalam stabilitas ekonomi global karena dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kondisi geopolitik, permintaan-penawaran, kebijakan OPEC, dan nilai tukar. Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan harga minyak mentah Indonesia menggunakan metode Fuzzy Time Series (FTS) dengan Model Lee, yang dikenal efektif dalam menangani data non-linear serta volatil tanpa memerlukan banyak data historis. Data yang digunakan berupa data bulanan harga minyak mentah periode September 2022 hingga September 2025, diperoleh dari Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi. Analisis dilakukan melalui tahapan fuzzifikasi, pembentukan fuzzy logical relationship dan fuzzy logical relationship group, serta defuzzifikasi menggunakan pendekatan probabilistik ala Lee untuk menghasilkan prediksi harga bulan Oktober 2025. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prediksi harga minyak mentah untuk Oktober 2025 adalah USD 66,45 per barel, dengan tingkat akurasi model berdasarkan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 4,82%, yang termasuk kategori sangat baik. Temuan ini mengkonfirmasi bahwa model Lee efektif dalam memprediksi harga minyak mentah dan dapat menjadi alternatif yang efisien dan adaptif dibandingkan model peramalan tradisional.
Kata kunci: Fuzzy Time Series, Model Lee, Peramalan, Harga Minyak Mentah, MAPE

Abstract

The fluctuating price of crude oil presents a significant challenge to global economic stability, influenced by factors such as geopolitical conditions, supply and demand dynamics, OPEC policies, and currency exchange rates. This study aims to forecast Indonesia's crude oil prices using the Fuzzy Time Series (FTS) method based on Lee's Model, which is recognized for its ability to handle non-linear and volatile data without requiring extensive historical records. The study utilized monthly crude oil price data from September 2022 to September 2025, obtained from the Directorate General of Oil and Gas. The analysis followed the standard FTS procedure including fuzzification, fuzzy logical relationship and relationship group formation, followed by defuzzification using Lee's probabilistic approach to generate a forecast for October 2025. The forecasting result indicates that the predicted crude oil price for October 2025 is USD 66.45 per barrel, with a model accuracy of 4.82% Mean Absolute Percentage Error (MAPE), classified as highly accurate. This result confirms that Lee's model is effective for forecasting crude oil prices and presents a viable, adaptive alternative to traditional forecasting methods.
Keywords: Fuzzy Time Series, Lee Model, Forecasting, Crude Oil Price, MAPE

Citation: Purba, R. O., dkk. (2025). Peramalan Harga Minyak Mentah Menggunakan Metode Fuzzy Time Series dengan Model Lee. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2025*. 645 – 652.

PENDAHULUAN

Minyak mentah (*crude oil*) merupakan salah satu komoditas strategis dunia yang memiliki peranan penting terhadap kestabilan ekonomi global. Harga minyak mentah sangat berpengaruh terhadap berbagai sektor, terutama energi, industri, dan transportasi (Waruwu, 2023). Fluktuasi harga minyak mentah yang cukup tinggi sering kali menimbulkan ketidakpastian ekonomi, baik bagi negara produsen maupun konsumen. Faktor-faktor seperti kondisi geopolitik, permintaan dan penawaran global, kebijakan produksi dari OPEC, serta nilai tukar mata uang menyebabkan harga minyak mentah sulit diprediksi secara akurat (Soesanto et al., 2025). Oleh karena itu, diperlukan suatu metode peramalan (*forecasting*) yang mampu menangkap pola perubahan harga minyak mentah yang bersifat non linier dan dinamis. Untuk mengatasi permasalahan ketidakpastian dan kompleksitas pola fluktuasi harga minyak mentah tersebut, diperlukan pendekatan matematis yang adaptif seperti metode berbasis logika fuzzy.

Logika fuzzy telah dikembangkan untuk menghitung peramalan dengan berbagai jenis pemodelan (Utami et al., 2023). Logika fuzzy merupakan pendekatan dalam ilmu sistem dan kontrol yang memungkinkan suatu variabel memiliki derajat keanggotaan antara 0 dan 1, bukan hanya dua nilai biner seperti pada logika klasik. Menurut penelitian dalam (Fikriya et al., 2025), logika fuzzy berfungsi memetakan ruang input ke ruang output dan mampu menangani data yang tidak pasti atau kabur (*uncertain*). Fuzzy time series merupakan metode peramalan yang menggunakan data berupa himpunan fuzzy yang berasal dari bilangan real atas himpunan semesta pada data aktual. Himpunan fuzzy digunakan untuk menggantikan data historis yang akan diramalkan sehingga peramalan FTS tidak memerlukan data historis dalam jumlah banyak (Muhammad et al., 2021). Data *time series* adalah kumpulan observasi yang dicatat secara berurutan

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

dalam interval waktu tertentu (misalnya bulanan atau tahunan). Ciri khas data ini adalah adanya ketergantungan antar waktu (*time dependency*), di mana nilai masa lalu berpengaruh terhadap nilai masa kini atau masa depan (Rahmah & Irawan, 2019). Model fuzzy time series telah mengalami berbagai pengembangan, dimulai dari model Song dan Chissom sebagai dasar konseptual pada tahun 1993, kemudian disederhanakan oleh Chen pada 1996 melalui pendekatan relasi fuzzy orde pertama, serta ditingkatkan oleh Huarng tahun 2001 dengan penentuan interval berbasis rata-rata untuk meningkatkan akurasi (Sari & Setiawan, 2024).

Meskipun model-model tersebut banyak digunakan, pendekatan interval statis dinilai kurang adaptif terhadap data ekonomi yang sangat fluktuatif. Untuk mengatasi hal tersebut, Lee (1997) mengembangkan model fuzzy time series dengan interval dinamis dan relasi probabilistik, yang terbukti lebih efektif dalam menangkap volatilitas data. Keunggulan model Lee telah dibuktikan dalam berbagai studi, seperti pada peramalan harga batu bara (Utami et al., 2023), nilai ekspor (Rahmadiyah et al., 2024), penelitian Viqri et al. (2025) dalam memprediksi kurs Rupiah terhadap Dolar Amerika dan sebagainya. Namun, penerapan model Lee pada harga minyak mentah Indonesia masih sangat terbatas, sehingga penelitian ini penting dilakukan untuk mengevaluasi performa model Lee pada komoditas energi strategis nasional.

Beberapa penelitian menunjukkan keunggulan model Lee dibandingkan model FTS sebelumnya seperti Chen dan Cheng. Rahmadiyah et al. (2024) menggunakan FTS Lee untuk meramalkan ekspor Indonesia dengan MAPE 5,16%. Peneliti sebelumnya juga membuktikan FTS Lee menghasilkan peramalan nilai tukar petani yang lebih stabil dengan MAPE 0,78% (Panjaitan & Hanna Dewi Marina Hutabarat, 2025) , sedangkan (Rezaldi, Muhammad Fachri, Shantika Martha, 2024) menemukan tingkat kesalahan lebih rendah dibandingkan FTS Chen pada peramalan kurs JISDOR. Meskipun demikian, penerapan FTS Model Lee untuk peramalan harga minyak mentah masih jarang dilakukan di Indonesia karena sebagian besar penelitian masih menggunakan regresi, ARIMA, atau model hibrid seperti ARIMA–LSTM yang memerlukan asumsi dan data besar (Hasby Kuswanto et al., 2025). Pada artikel ini memperlihatkan hasil peramalan harga minyak mentah tahun Oktober 2025 menggunakan FTS Model Lee dengan data historis September 2022 – September 2025, serta menguji akurasi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), di mana semakin kecil nilai MAPE menunjukkan semakin tinggi tingkat akurasi model peramalan.

Peramalan atau *forecasting* adalah proses membuat estimasi terhadap kejadian atau nilai variabel di masa mendatang berdasarkan data historis. Dalam konteks ekonomi atau energi, peramalan memiliki fungsi strategis sebagai dasar pengambilan keputusan (Hasibuan et al., 2024).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan data yang digunakan Adalah data sekunder dimana peneliti tidak terjun ke lapangan untuk memperoleh data, melainkan diperoleh dari situs resmi Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral melalui tautan berikut https://www.migas.esdm.go.id/post/read/harga-minyak-mentah. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harga minyak mentah pada bulan September 2022 sampai September 2025 yang berjumlah 37 data. Pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan bantuan *software Microsoft Excel*. Adapun langkah langkah yang dilakukan pada penelitian ini dengan Perhitungan Fuzzy time Series model Lee serta perhitungan akurasi Model Prediksi sebagai berikut (Viqri et al., 2025)(Muhammad et al., 2021) Pertama, menentukan himpunan semesta, yang akan digunakan sebagai interval dengan jarak yang sama dan digunakan sebagai himpunan untuk data yang sebenarnya. Untuk D_{min} dan D_{max} adalah nilai data aktual terkecil dan terbesar.

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

Kedua, himpunan semesta dibagi menjadi beberapa interval dengan jarak yang sama. Penentuan nilai K menggunakan aturan *sturges* sebagai berikut:

$$K = 1 + 3{,}3\ x \log n \quad (2)$$

Dengan K adalah banyak kelas yang terbentuk dan n adalah jumlah data historis yang digunakan. Langkah selanjutnya adalah menentukan rentang (*range*) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R = D_{max} - D_{min} \quad (3)$$

Nilai *range* tersebut digunakan untuk menentukan lebar interval dengan menggunakan rumus:

$$\mathrm{I} = \frac{\text{Range (R)}}{\text{Banyak Kelas (K)}} \quad (4)$$

Selanjutnya akan dilakukan pendefinisian derajat keanggotaan himpunan fuzzy terhadap $A_i(\mu_i(u_i))$ dan melakukan fuzzifikasi pada data aktual. Pendefinisian derajat keanggotaan himpunan fuzzy terhadap A_i dapat dilihat pada persamaan di bawah.

$$\mu_{A_i}(u_i) = \begin{cases} 1 & \text{jika i = i} \\ 0{,}5 & \text{jika i = i − 1 atau i = i + 1} \\ 0 & \text{yang lainnya} \end{cases} \quad (5)$$

Dari persamaan di atas menghasilkan pendefinisian himpunan fuzzy sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mu_{A_1}(u_i) &= \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \cdots + \frac{0}{u_n} \\ \mu_{A_2}(u_i) &= \frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0.5}{u_3} + \cdots + \frac{0}{u_n} \\ \mu_{A_3}(u_i) &= \frac{0}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \cdots + \frac{0}{u_n} \\ &\vdots \\ \mu_{A_n}(u_i) &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \cdots + \frac{1}{u_n} \end{aligned} \quad (6)$$

dimana u_i $(i = 1, 2, \ldots, n)$ adalah himpunan fuzzy ke-i dan bilangan yang diberi simbol "/" menyatakan nilai keanggotaan u_i dalam suatu A_i $(i = 1, 2, \ldots, n)$ yang nilainya ialah 0,05 atau 1.

Langkah Keempat, menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) berdasarkan data aktual. Misalkan, $F_t = A_i$ dan $F_{t-1} = A_j$. Tahapan ini menentukan relasi logika fuzzy yaitu $A_i \rightarrow A_j$ dimana A_i merupakan current state D_{t-1} dan A_j adalah next state pada waktu ke D_t. FLR menghubungkan relasi antara nilai linguistik yang ditentukan berdasarkan tabel fuzzyfikasi yang didapat sebelumnya. Kemudian Kelima, menentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG). FLRG dilakukan dengan cara mengelompokkan fuzzyfikasi yang memiliki current state yang sama lalu dikelompokkan menjadi satu grup pada next state. Pada model Lee relasi yang sama tidak dianggap satu karena menurut Lee dapat mempengaruhi nilai prediksi maka nilai tersebut harus dihitung. Misal, $(A_1) : A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_2$, dan $A_1 \rightarrow A_3$. Dari ketiga relasi logika fuzzy tersebut dapat dikelompokkan $A_1 \rightarrow A_2, A_2, A_3$, Lee akan menghasilkan $A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_2$, dan $A_1 \rightarrow A_3$, menurut Lee $A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_2$ dapat mempengaruhi nilai peramalan maka nilai tersebut harus dihitung. Terakhir Langkah leenam, akan didefuzzifikasi nilai prediksi. Nilai prediksi yang didapatkan dari nilai tengah setiap interval pada FLRG yang dibentuk pada tahap sebelumnya disebut defuzzifikasi. Pada model lee proses *fuzzy logical relationship group* $A_i => A_j \neq A_i => A_j$, sehingga pada *fuzzy logical relationship group* pada model lee menjadi $A_i => A_j$, $A_i => A_j$. Sehingga proses perhitungan model Lee $A_i, A_{j1}, A_{j1}, A_{j2}, A_{j2}, A_{j1}, \ldots, A_{jp}$ sehingga perhitungan menjadi:

$$3/n(m_1) + 2/n(m_2) + p/n(m_p) \quad (7)$$

Dimana; p = jumlah keseluruhan next state model; n= jumlah masing – masing interval dari *fuzzy logical relationship group (FLRG)*; m_p= nilai tengah dari masing – masing interval.

MAPE merupakan ukuran kesalahan relatif dan menyatakan persentase kesalahan hasil prediksi terhadap permintaan aktual selama periode tertentu. Nilai MAPE yang semakin kecil maka semakin akurat teknik peramalan tersebut dan sebaliknya. Ukuran Nilai MAPE dapat dilihat pada tabel 1 dan rumus MAPE seperti pada persamaan 8

Tabel 1. Ukuran Nilai MAPE

Nilai Mape	Keterangan
MAPE $< 10\%$	Model Prediksi Sangat Baik
$10\% \leq$ MAPE $< 20\%$	Model Prediksi Baik
$20\% \leq$ MAPE $< 50\%$	Model Prediksi Layak
MAPE $> 50\%$	Model Prediksi Buruk

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \sum_{t-1}^{N} \frac{|x_t - F_t|}{x_t} \right) x\ 100\% \quad (8)$$

Dimana; $MAPE$ = Mean Absolute Percentage Error; n : jumlah data t; x_t: data waktu ke$-t$; dan F_t: nilai peramalan periode ke$-t$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap awal analisis fuzzy time series Lee adalah pembuatan himpunan semesta (Universe of discourse) dimana dihasilkan variabel dengan panjang interval yang sama. Himpunan semesta dibuat dari data historis yang ada, dengan mendefinisikan D_{min} (data terendah) dan D_{max} (data tertinggi).

Tabel 2. Data Aktual Harga Minyak Mentah September 2022-September 2025

Bulan	Harga Minyak Mentah (USD/Barrel)			
	2022	2023	2024	2025
Januari	-	78,54	77,12	76,81
Februari	-	79,48	80,09	74,29
Maret	-	74,59	83,78	71,11
April	-	79,34	87,61	65,29
Mei	--	70,12	79,78	62,75
Juni	-	69,36	79,31	69,33
Juli	-	75,06	82	68,59
Agustus	-	82,59	75,81	66,07
September	86,-07	90,17	72,54	66,81
Oktober	89,1	86,72	73,53	
November	87,5	79,63	71,83	
Desember	76,66	75,51	71,61	

Berdasarkan data aktual yang diperoleh, nilai D_{min} adalah 62,75 dan D_{max} adalah 90,17 sehingga: $U = [62.75, 90.17]$Himpunan semesta dibagi menjadi beberapa interval dengan jarak yang sama. Penentuan nilai K menggunakan aturan *sturges* sebagai berikut: $K = 1 + 3{,}3\ x \log 37 = 6{,}175066 \approx 7$. Bedasarkan perhitungan diatas banyak kelas yang terbentuk sebanyak 7 kelas dan jumlah data historis yang digunakan adalah 37 data. Langkah selanjutnya adalah menentukan rentang (*range*) dengan perhitungan sebagai berikut:$R = 90{,}17 - 62{,}75 = 27{,}42$. Nilai *range* tersebut digunakan untuk menentukan lebar interval dengan perhitungan: $I = 4{,}440439$. Kelas Interval nilai u_1 hingga u_7 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kelas Interval

Interval	Batas Bawah	Batas Atas
u_1	62,75	67,19044
u_2	67,19044	71,63088
u_3	71,63088	76,07132
u_4	76,07132	80,51175
u_6	80,51175	84,95219
u_7	84,95219	89,39263
u_8	89,39263	93,83307

Setiap data aktual kemudian dikonversi ke dalam himpunan linguistik berdasarkan interval di atas. Proses ini menghasilkan *fuzzifikasi* lengkap untuk 37 data, yang kemudian digunakan untuk membangun relasi logika fuzzy (FLR).

Tabel 4. Fuzzyfikasi Data Aktual

Bulan	Harga Minyak Mentah (USD/Barrel)				Fuzzifikasi			
	2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025
Januari	-	78,54	77,12	76,81	-	A4	A4	A4
Februari	-	79,48	80,09	74,29	-	A4	A4	A3
Maret	-	74,59	83,78	71,11	-	A3	A5	A2
April	-	79,34	87,61	65,29	-	A4	A6	A1
Mei	-	70,12	79,78	62,75	-	A2	A4	A1
Juni	-	69,36	79,31	69,33	-	A2	A4	A2
Juli	-	75,06	82	68,59	-	A3	A5	A2
Agustus	-	82,59	75,81	66,07	-	A5	A3	A1
September	86,07	90,17	72,54	66,81	A6	A7	A3	A1
Oktober	89,1	86,72	73,53		A6	A6	A3	
November	87,5	79,63	71,83		A6	A4	A3	
Desember	76,66	75,51	71,61		A4	A3	A2	

Variabel yang dihasilkan dapat mempunyai hubungan yang didefinisikan dengan notasi $A_k - A_m$. A_k dapat diartikan sebagai minyak mentah saat ini (Current State) dan A_m diinterpretasikan sebagai harga minyak mentah di masa depan (Next State). Keterkaitan antara harga minyak mentah saat ini dan yang akan datang saling terkait yang dinyatakan dalam fuzzy set $A_k - A_m$. Bulan September tidak memiliki Fuzzy Logic Relationship (FLR) karena tidak adanya penggunaan data harga minyak mentah dari bulan sebelumnya, atau pembatasan yang digunakan dimulai dari bulan September tahun 2022. Hasil dari FLR nantinya akan dimanfaatkan untuk FLRG. Data hasil penentuan FLR dapat ditemukan pada Tabel 5.

Tabel 5. Fuzzy Logical Relationship Group

Bulan	Tahun	Harga Minyak Mentah (USD/Barrel)	Fuzzifikasi	FLR		
September	2022	86,07	A6	NA	-	A6
Oktober	2022	89,1	A6	A6	-	A6
November	2022	87,5	A6	A6	-	A6
Desember	2022	76,66	A4	A6	-	A4
Januari	2023	78,54	A4	A4	-	A4
Februari	2023	79,48	A4	A4	-	A4
Maret	2023	74,59	A3	A4	-	A3
April	2023	79,34	A4	A3	-	A4
Mei	2023	70,12	A2	A4	-	A2
Juni	2023	69,36	A2	A2	-	A2
Juli	2023	75,06	A3	A2	-	A3
Agustus	2023	82,59	A5	A3	-	A5
September	2023	90,17	A7	A5	-	A7
Oktober	2023	86,72	A6	A7	-	A6
November	2023	79,63	A4	A6	-	A4
Desember	2023	75,51	A3	A4	-	A3
Januari	2024	77,12	A4	A3	-	A4
Februari	2024	80,09	A4	A4	-	A4
Maret	2024	83,78	A5	A4	-	A5
April	2024	87,61	A6	A5	-	A6
Mei	2024	79,78	A4	A6	-	A4
Juni	2024	79,31	A4	A4	-	A4
Juli	2024	82	A5	A4	-	A5
Agustus	2024	75,81	A3	A5	-	A3
September	2024	72,54	A3	A3	-	A3
Oktober	2024	73,53	A3	A3	-	A3
November	2024	71,83	A3	A3	-	A3
Desember	2024	71,61	A2	A3	-	A2
Januari	2025	76,81	A4	A2	-	A4
Februari	2025	74,29	A3	A4	-	A3
Maret	2025	71,11	A2	A3	-	A2
April	2025	65,29	A1	A2	-	A1
Mei	2025	62,75	A1	A1	-	A1
Juni	2025	69,33	A2	A1	-	A2
Juli	2025	68,59	A2	A2	-	A2
Agustus	2025	66,07	A1	A2	-	A1
September	2025	66,81	A1	A1	-	A1

Dari hasil fuzzy logic relationship masuk dalam proses defuzzifikasi atau fuzzy logical relationship group menggunakan model Lee. Pada Tabel 6 merupakan hasil FLRG menggunakan model Lee :

Tabel 6. *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) Menggunakan Model Lee

FLRG LEE			
Current stage	Next stage	Perhitungan	Nilai prediksi
A1	A1, A2, A1	(2/3)*(64,97022)+(1/3)*(69,41066)	66,4503667
A2	A2,A3,A4,A1,A2,A1	(2/6)*(69,41066)+(2/6)*(64,97022)+(1/6)* 73,8511+(1/6)*(78,291535)	70,1507325
A3	A4, A5, A4, A3, A3, A3, A2, A2	((2/8)*A4)+((1/8)*A5)+((3/8)*A3)+((2/8)*A2)	74,9612075
A4	A4,A4, A3, A2, A3, A4, A5, A4, A5, A3	((4/10)*A4)+((3/10)*A3)+((1/10)*A2)+((2/10)*A5)	76,959404
A5	A7, A6, A3	(A7+A6+A3)/3	84,21212
A6	A6, A6, A4, A4, A4	((2/5)*A6)+((3/5)*A4)	81,843885
A7	A6	87,17241	87,17241

Dari hasil Fuzzy logic relationship group didapatkan nilai prediksi bisa dilakukan proses prediksi yang dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. Hasil prediksi Harga Minyak Mentah

Bulan	Tahun	Harga Minyak Mentah (USD/Barrel)	FUZZIFIKASI	Current State	Prediksi
September	2022	86,07	A6	N/A	
Oktober	2022	89,1	A6	A6	81,84389
November	2022	87,5	A6	A6	81,84389
Desember	2022	76,66	A4	A6	81,84389
Januari	2023	78,54	A4	A4	76,9594
Februari	2023	79,48	A4	A4	76,9594
Maret	2023	74,59	A3	A4	76,9594
April	2023	79,34	A4	A3	74,96121
Mei	2023	70,12	A2	A4	76,9594
Juni	2023	69,36	A2	A2	70,15073
Juli	2023	75,06	A3	A2	70,15073
Agustus	2023	82,59	A5	A3	74,96121
September	2023	90,17	A7	A5	84,21212
Oktober	2023	86,72	A6	A7	87,17241
November	2023	79,63	A4	A6	81,84389
Desember	2023	75,51	A3	A4	76,9594
Januari	2024	77,12	A4	A3	74,96121
Februari	2024	80,09	A4	A4	76,9594
Maret	2024	83,78	A5	A4	76,9594
April	2024	87,61	A6	A5	84,21212
Mei	2024	79,78	A4	A6	81,84389
Juni	2024	79,31	A4	A4	76,9594
Juli	2024	82	A5	A4	76,9594
Agustus	2024	75,81	A3	A5	84,21212
September	2024	72,54	A3	A3	74,96121
Oktober	2024	73,53	A3	A3	74,96121
November	2024	71,83	A3	A3	74,96121
Desember	2024	71,61	A2	A3	74,96121
Januari	2025	76,81	A4	A2	70,15073
Februari	2025	74,29	A3	A4	76,9594
Maret	2025	71,11	A2	A3	74,96121
April	2025	65,29	A1	A2	70,15073
Mei	2025	62,75	A1	A1	66,45037
Juni	2025	69,33	A2	A1	66,45037
Juli	2025	68,59	A2	A2	70,15073
Agustus	2025	66,07	A1	A2	70,15073
September	2025	66,81	A1	A1	66,45037
Oktober	2025			A1	66,45037

Dari hasil peramalan dapat diketahui harga peramalan minyak mentah untuk bulan selanjutnya yaitu sebesar 66,45037$/Barrel. Harga tersebut didapat dari hubungan himpunan fuzzy data September 2025 yang mejadi nilai peramalan harga minyak mentah Oktober 2025. Keakuratan model diukur menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dalam persamaan (8):

Tabel 8. Perhitungan Akurasi Model dengan MAPE

x_t	$x_t - F_t$	$\lvert x_t - F_t \rvert$	$\frac{\lvert x_t - F_t \rvert}{x_t}$
89,1	7,256115	7,256115	0,081438
87,5	5,656115	5,656115	0,064641
76,66	-5,18389	5,183885	0,067622
78,54	1,580596	1,580596	0,020125
79,48	2,520596	2,520596	0,031714
74,59	-2,3694	2,369404	0,031766
79,34	4,378793	4,378793	0,05519
70,12	-6,8394	6,839404	0,097539
69,36	-0,79073	0,790733	0,0114
75,06	4,909268	4,909268	0,065405
82,59	7,628793	7,628793	0,092369
90,17	5,95788	5,95788	0,066074
86,72	-0,45241	0,45241	0,005217

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

79,63	-2,21389	2,213885	0,027802
75,51	-1,4494	1,449404	0,019195
77,12	2,158793	2,158793	0,027993
80,09	3,130596	3,130596	0,039088
83,78	6,820596	6,820596	0,081411
87,61	3,39788	3,39788	0,038784
79,78	-2,06389	2,063885	0,02587
79,31	2,350596	2,350596	0,029638
82	5,040596	5,040596	0,061471
75,81	-8,40212	8,40212	0,110831
72,54	-2,42121	2,421207	0,033378
73,53	-1,43121	1,431208	0,019464
71,83	-3,13121	3,131208	0,043592
71,61	-3,35121	3,351208	0,046798
76,81	6,659268	6,659268	0,086698
74,29	-2,6694	2,669404	0,035932
71,11	-3,85121	3,851208	0,054158
65,29	-4,86073	4,860733	0,074448
62,75	-3,70037	3,700367	0,05897
69,33	2,879633	2,879633	0,041535
68,59	-1,56073	1,560733	0,022755
66,07	-4,08073	4,080733	0,061764
66,81	0,359633	0,359633	0,005383
	Total		1,737457

$$MAPE = \left(\frac{1}{36}\ x\ 1{,}737457\right)\ x\ 100\% = 4{,}82\%$$

Perhitungan akurasi prediksi pada Fuzzy Time Series model Lee untuk peramalan harga minyak mentah menghasilkan MAPE sebesar $4{,}82\%$ yang dimana model ini tergolong model prediksi yang sangat baik.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan metode Fuzzy Time Series Model Lee untuk meramalkan harga minyak mentah Indonesia berdasarkan data historis periode September 2022 hingga September 2025. Model Lee terbukti mampu menangkap karakteristik fluktuatif dari data harga minyak mentah dengan tingkat akurasi yang sangat baik, ditunjukkan oleh nilai MAPE sebesar 4,82%. Hasil ini menunjukkan bahwa model Lee dapat menjadi alternatif yang efektif dan efisien dibandingkan metode peramalan konvensional, terutama ketika menghadapi data dengan pola non-linear dan ketidakpastian tinggi. Selain itu, penelitian ini menegaskan relevansi FTS sebagai pendekatan adaptif dalam analisis ekonomi berbasis waktu.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral atas ketersediaan data harga minyak mentah yang menjadi dasar penelitian ini. Terimakasih juga disampaikan kepada Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Medan atas dukungan dan fasilitas yang diberikan dalam proses penelitian ini. Terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Fikriya, M., Hersiana, S., & Mayasari, Z. M. (2025). *Penerapan Logika Fuzzy Mamdani dalam Menentukan Prioritas Penerima Bantuan Langsung Tunai (BLT) di Desa Sukarami*. *4*(1), 32–41.

Hasby Kuswanto, Pradita Eko Prasetyo Utomo, Ulfa Khaira, & Akhiyar Waladi. (2025). Prediksi Nilai Ekspor Migas Indonesia Menggunakan Metode SARIMA dan LSTM. *SATESI: Jurnal Sains Teknologi Dan Sistem Informasi*, *5*(1), 69–79. https://doi.org/10.54259/satesi.v5i1.4103

Hasibuan, S., Asdi, Y., & Nazra, A. (2024). Peramalan Harga Minyak Mentah Dunia Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Logika Singh. *Jurnal Matematika UNAND*, *13*(1), 66–74. https://doi.org/10.25077/jmua.13.1.66-74.2024

Muhammad, M., Wahyuningsih, S., & Siringoringo, M. (2021). Peramalan Nilai Tukar Petani Subsektor Peternakan Menggunakan Fuzzy Time Series Lee. *Jambura Journal of Mathematics*, *3*(1), 1–15. https://doi.org/10.34312/jjom.v3i1.5940

Panjaitan, R. P., & Hanna Dewi Marina Hutabarat. (2025). Prediksi Nilai Tukar Petani di Provinsi SUmatera Utara Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Lee. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Teknologi*, *6*(1), 1–9. https://doi.org/10.35960/ikomti.v6i1.1656

Rahmadiyah, Y., Rozi, S., Sormin, C., & Safitri, Y. (2024). Fuzzy Time Series Model Lee Dalam Memprediksi Nilai Ekspor di Indonesia. *Jurnal PROCESSOR*, *19*(2). https://doi.org/10.33998/processor.2024.19.2.1794

Rahmah, E. H. O., & Irawan, M. I. (2019). Penerapan Fuzzy Time Series Dalam Peramalan Nilai KWH Listrik Golongan Tarif Rumah Tangga di Jawa Timur. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, *8*(1). https://doi.org/10.12962/j23373520.v8i1.42109

Rezaldi, Muhammad Fachri, Shantika Martha, and S. A. (2024). PERBANDINGAN HASIL PREDIKSI KURS JISDOR MENGGUNAKAN METODE FUZZY TIME SERIES MODEL CHEN DAN LEE. *BIMASTER: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika Dan Terapannya*.

Sari, A. S. N., & Setiawan, E. P. (2024). Comparison of Fuzzy Time Series Lee, Chen, and Singh on Forecasting Foreign Tourist Arrivals to Indonesia in 2023. *Jurnal Matematika, Statistika Dan Komputasi*, *21*(1), 10–32. https://doi.org/10.20956/j.v21i1.34914

Soesanto, E., Utami, P. D., Salsabillah, A., & Refangga, B. H. (2025). Dampak Fluktuasi Harga Minyak Dunia Terhadap Ekonomi di Indonesia. *SINERGI: Jurnal Riset Ilmiah*, *2*(1), 231–242.

Utami, H. C., Agung Cahyadi, T., & Ernawati, R. (2023). Peramalan Harga Batubara Menggunakan Fuzzy Time Series Lee. *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan*, *2*(1), 67–77. https://ejurnal.itats.ac.id/semitan

Viqri, Z. S. C., Kurniati, E., & Respitawulan. (2025). Perbandingan Penerapan Metode Fuzzy Time Series Model Chen-Hsu dan Model Lee dalam Memprediksi Kurs Rupiah terhadap Dolar Amerika. *Jurnal of Statistics an Mathematics*, *2*(1), 27–34. https://journals.sangkuriangpublisher.com/datamath

Waruwu, B. M. (2023). Krisis Energi dan Harga Minyak: Stabilitas Pasar dan Dampak Terhadap Ekonomi Dunia. *Jurnal Ekonomi Dan Energi Global*, *5*(2), 45.