



Fuzzy Time Series Model Lee dalam Memprediksi Nilai Ekspor di Indonesia

Yulanda Rahmadiyah¹, Syamsyida Rozi^{2*}, Corry Sormin³, Yuliana Safitri⁴

^{1,2,3,4}Universitas Jambi, Muaro Jambi, 36128, Indonesia

*Penulis Korespondensi, Email: syamsyida.rozi@unja.ac.id

Abstrak—Perekonomian Indonesia memiliki beberapa indikator penting terutama pada bidang ekspor. Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS) pada rentang waktu mulai Januari 2021 hingga awal tahun 2024, nilai ekspor Indonesia sangat fluktuatif. Hal tersebut dipengaruhi oleh fluktuasi nilai tukar, perubahan permintaan pasar, dan faktor eksternal lainnya, sehingga menyulitkan perencanaan bisnis dan perdagangan antar negara. Untuk mengatasi kemungkinan masalah pada perencanaan bisnis, maka perlu dilakukan strategi pengendalian nilai ekspor dengan melakukan prediksi nilai ekspor di masa datang. Maka dari itu dilakukan penelitian ini yang bertujuan untuk meramalkan nilai ekspor di Indonesia menggunakan metode *Fuzzy Time Series Lee* dan mengukur akurasi dengan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai akurasi prediksi dengan *Fuzzy Time Series Lee* memiliki tingkat kesalahan 5,1568%, yang berarti masuk pada kategori sangat baik karena kurang dari 10%. Berdasarkan perhitungan dalam penelitian ini, hasil prediksi nilai ekspor Indonesia pada bulan Maret 2024 adalah \$21.850,69 juta, sedangkan data aktualnya adalah sebesar \$22.538,7 juta. Hasil prediksi bulan Maret 2024 tersebut memiliki tingkat akurasi sebesar 96,8513%.

Kata Kunci: *Data mining*; Fuzzifikasi; *Fuzzy*; *Fuzzy Time Series*; Peramalan; Prediksi.

Abstract- Export is one of the important indicators for the Indonesian economy. Based on data from the Central Bureau of Statistics, for the period from January 2021 to early 2024, Indonesia's export value was very fluctuating. This was influenced by exchange rate fluctuations, changes in market demand, and other external factors, making it difficult in business planning and trade between countries. To overcome potential problems in business planning, it is necessary to implement a strategy to control an export value by predicting future export values. Therefore, this study aimed to predict the export value in Indonesia using the *Fuzzy Time Series Lee* method and measured its accuracy with the *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). The results of this study showed that the prediction accuracy value with *Fuzzy Time Series Lee* has an error rate of 5.1568%, which falls into the very good category because it is less than 10%. Based on the calculations in this study, the predicted value of Indonesia's exports in March 2024 is \$21,850.69 million, while the actual value was \$22,538.7 million. The predicted results for March 2024 have an accuracy rate of 96.8513%.

Keywords: *Data mining*; Forecasting; Fuzzification; *Fuzzy*; *Fuzzy Time Series*; Prediction.

1. PENDAHULUAN

Ekspor merupakan suatu kegiatan memproduksi atau menghasilkan suatu barang di dalam negeri untuk kemudian memasarkan atau menjualnya ke luar negeri [1]. Nilai ekspor merupakan komponen penting dalam perekonomian suatu negara karena dapat meningkatkan pendapatan nasional, menciptakan lapangan kerja, dan memperluas pasar untuk produk domestik [2]. Hampir semua negara di dunia melakukan kegiatan ekspor, termasuk oleh Indonesia. Meskipun ekspor memiliki banyak manfaat, terdapat berbagai tantangan yang dapat mempengaruhi kinerja ekspor Indonesia. Beberapa masalah yang sering dihadapi adalah fluktuasi harga komoditas, persaingan global serta kebijakan perdagangan [3]. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) pada April 2022, nilai ekspor Indonesia mencapai USD 27,32 miliar, pertumbuhan nilai ekspor terjadi sebesar 47,76% jika dibanding bulan sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa nilai ekspor bersifat fluktuatif. Ketidakstabilan ini dapat mempengaruhi ekonomi negara secara keseluruhan [4]. Secara umum, ada 2 kategori data ekspor, yaitu ekspor migas dan ekspor non migas. Yang termasuk dalam komoditi ekspor migas adalah minyak bumi dan gas alam. Sedangkan yang termasuk dalam komoditi ekspor non migas adalah produk dari sektor pertanian, sektor perindustrian dan sektor pertambangan.

Dalam konteks matematika, ekspor dipandang sebagai suatu variabel ekonomi yang dinyatakan dalam US Dollar dan diamati pada interval waktu tertentu. Nilai ekspor merupakan salah satu data deret waktu atau *time series* karena data ini dikumpulkan dan diatur berdasarkan urutan waktu, biasanya dalam interval tertentu seperti

bulanan atau tahunan. Data *time series* mencerminkan perubahan nilai ekspor dari waktu ke waktu dan dapat menunjukkan pola, tren dan fluktuasi yang terjadi. Data *time series* dapat menganalisis dan memprediksi masa depan berdasarkan data historis [5].

Prediksi nilai ekspor di masa depan merupakan salah satu strategi penting bagi pemerintah dan pelaku bisnis untuk menghadapi berbagai masalah dalam ekspor. Prediksi dengan tingkat akurasi yang tinggi dapat membantu dalam perencanaan strategis, pengambilan keputusan, dan pengembangan kebijakan yang efektif. Untuk memprediksi berdasarkan data, perlu dikenali terlebih dulu karakteristik dari data tersebut dan memilih metode yang tepat. Beberapa karakteristik yang dimiliki oleh data *time series* adalah kestasioneran data, normalitas dan pola data. Tingkat akurasi yang tinggi pada metode yang digunakan dalam prediksi akan mempengaruhi hasil prediksinya. Metode yang lebih akurat dapat memberikan hasil yang lebih presisi dan membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih efektif.

Berbagai metode untuk memprediksi suatu nilai di masa datang adalah seperti *moving averages*, *single exponential smoothing*, *double exponential smoothing* *holts* [6], *Trend Analysis* dan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Namun terdapat asumsi tertentu yang harus dipenuhi untuk menggunakan metode-metode prediksi tersebut. Hal ini mendorong beberapa peneliti untuk menemukan metode prediksi yang tidak membutuhkan asumsi khusus pada data, yaitu *Fuzzy Time Series* [7]. Logika *fuzzy* semakin banyak digunakan dalam analisis data mining, termasuk dalam hal pengambilan keputusan [8]. Salah satu penerapan logika *fuzzy* dalam hal pengambilan keputusan adalah menyelesaikan masalah optimisasi yang salah satu penerapannya dilakukan dalam penelitian oleh [9].

Beberapa penelitian telah membahas penggunaan metode *Fuzzy Time Series*. Penelitian yang dilakukan oleh [10] dalam hal memprediksi pajak pertambahan nilai menggunakan *Fuzzy Time Series Model Chen* menghasilkan nilai MAPE 17,9%. Penelitian lain oleh [11] untuk memprediksi harga batubara menggunakan *Fuzzy Time Series Lee* menghasilkan nilai MAPE 4,0378%, dimana hasil ini masuk dalam kategori sangat baik karena nilai MAPE yang kurang dari 10%. Penelitian lainnya pernah dilakukan oleh [12] dan [13] yang menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Time Series Lee* sangat baik dalam memprediksi. Prediksi dengan *Fuzzy Time Series Lee* juga pernah dilakukan oleh [14] dan [7], kedua penelitian tersebut melakukan perbandingan metode antara *Fuzzy Time Series Lee* dan *Fuzzy Time Series Chen*. Hasil dari kedua penelitian tersebut sama-sama menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Time Series Lee* lebih baik dalam memprediksi daripada *Fuzzy Time Series Chen*.

Berdasarkan paparan di atas, maka penulis melakukan penelitian mengenai prediksi nilai ekspor di Indonesia menerapkan metode *Fuzzy Time Series Lee* dan melakukan uji tingkat akurasi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan judul “*Fuzzy Time Series Model Lee Dalam Memprediksi Nilai Ekspor di Indonesia*”.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari website resmi Badan Pusat Statistik, yaitu data nilai ekspor migas dan non-migas yang ada di Indonesia dimulai dari bulan Januari 2021 hingga Februari 2024 sebagaimana yang disajikan pada Tabel 1. Objek pada penelitian ini adalah nilai ekspor di Indonesia. Sedangkan Variabel yang digunakan pada penelitian adalah nilai ekspor di Indonesia selama 38 bulan, dimulai pada bulan Januari 2021 sampai dengan bulan Februari 2024. Data dalam penelitian ini dinotasikan dengan X_t dengan t merupakan periode data.

Tabel 1. Data Nilai (Juta US\$) Ekspor di Indonesia

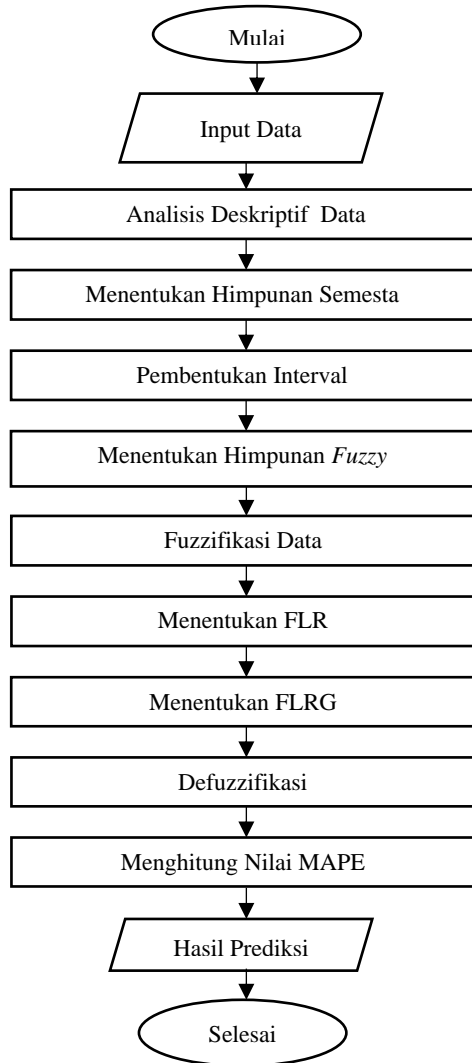
No	Bulan	Tahun			
		2021	2022	2023	2024
1	Januari	15.300,2	19.143,2	22.323,8	20.494,1
2	Februari	15.255,4	20.489,1	21.321,3	19.273,7
3	Maret	18.398,4	26.586,7	23.416	
4	April	18.474,1	27.316,2	19.284,1	
5	Mei	16.908	21.493,3	21.706,8	
6	Juni	18.547,8	26.141	20.601,3	
7	Juli	19.369,6	25.473,4	20.862,2	
8	Agustus	21.443,2	27.928,7	21.998	

9	September	20.618,8	24.764,5	20.746,5
10	Oktober	22.091	24.726,3	22.146,7
11	November	22.845,4	24.059,1	21.998,2
12	Desember	22.357,7	23.782,7	22.392,1

Sumber: Badan Pusat Statistik [15].

Metode yang baik untuk prediksi yaitu menggunakan metode *Fuzzy Time Series* (FTS) adalah. Metode ini mampu menghadapi fluktuasi data, ketidakpastian data serta subjektivitas dalam data, dibandingkan dengan metode prediksi konvensional [16]. *Fuzzy Time Series Lee* merupakan salah satu perluasan dari *Fuzzy Time Series*. Sebelumnya terdapat *Fuzzy Time Series Song-Chissom*, *Fuzzy Time Series Chen* dan *Fuzzy Time Series Cheng*. *Fuzzy Time Series Lee* adalah salah satu metode prediksi yang tidak memerlukan terpenuhinya asumsi-asumsi tertentu dan bisa diterapkan pada data historis yang jarang tersedia [13]. *Fuzzy Time Series Lee* menggunakan konsep logika fuzzy untuk mengatasi ketidakpastian dan data yang tidak linier [4]. Tingkat akurasi metode ini cukup tinggi karena mampu menangkap pola data historis dengan lebih baik melalui pemodelan hubungan fuzzy antar periode waktu [17]. *Fuzzy Time Series Lee* dengan *Fuzzy Time Series* lainnya berbeda pada pembuatan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) [18]. *Fuzzy Time Series Lee* bertujuan untuk peramalan jangka pendek, baik untuk karakter data stasioner ataupun non-stasioner [13]. Metode ini mampu memberikan prediksi yang lebih akurat dibanding metode konvensional karena mempertimbangkan ketidakpastian dan variasi dalam data [16].

Penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Time Series Lee*, dengan alur penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan Gambar 1, langkah awal yang dilakukan yaitu *input* data *time series* dari nilai ekspor di Indonesia pada bulan Januari 2021 hingga Februari 2024. Pada tahap kedua akan dilakukan analisis deskriptif data, yaitu proses memberikan gambaran terhadap objek yang diteliti dengan membuat plot data *time series* yang berguna untuk mengetahui pola yang terbentuk, nilai maksimum data dan nilai minimum data pada nilai ekspor di Indonesia. Tahap selanjutnya adalah melakukan prediksi menggunakan metode *Fuzzy Time Series Lee*. Berikut merupakan tahapan prediksi dengan metode *Fuzzy Time Series Lee*:

- a. Menentukan Himpunan Semesta (U)
- b. Membagi interval dengan lebar yang sama.
- c. Menentukan himpunan *fuzzy* pada himpunan Semesta (U)
- d. Melakukan fuzzifikasi terhadap data nilai ekspor di Indonesia
- e. Menentukan *Fuzzy Logic Relationship* (FLR) dari fuzzifikasi data yang diperoleh
- f. Menentukan *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG) dari FLR yang terbentuk sesuai pengelompokkan model *Lee*
- g. Melakukan defuzzifikasi dan prediksi berdasarkan FLR dan FLRG yang diperoleh

Langkah selanjutnya setelah melakukan prediksi dengan metode *Fuzzy Time Series Lee* adalah mengukur tingkat akurasi prediksi dengan menggunakan MAPE dan memprediksi nilai ekspor di Indonesia pada bulan Maret 2024. Kemudian, dapat diperoleh beberapa kesimpulan dari penelitian ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Deskriptif Data

Langkah pertama untuk melakukan prediksi dengan *Fuzzy Time Series Lee* adalah membuat *time series plot*. *Time series plot* digunakan untuk melihat pola data, nilai minimum dan nilai maksimum data tersebut. *Time series plot* untuk nilai ekspor di Indonesia pada bulan Januari 2021- Februari 2024 ditampilkan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Informasi Deskriptif Nilai Ekspor di Indonesia

Pada Gambar 2, diketahui bahwa nilai ekspor terendah yang terjadi di Indonesia pada bulan Januari 2021- Februari 2024 adalah nilai ekspor pada bulan Februari 2021 yaitu sebesar \$15.255,4 juta. Nilai ekspor di Indonesia tertinggi pada bulan Januari 2021- Februari 2024 adalah terjadi pada bulan Agustus 2022 yaitu sebesar \$27.928,7 juta. Nilai ekspor cenderung tidak stabil karena selalu mengalami perubahan yang cukup signifikan seperti contohnya yang terjadi pada nilai ekspor bulan April 2022 dan bulan Mei 2022. Penurunan nilai ekspor yang terjadi sekitar \$5.822,9 Juta dari bulan sebelumnya. Oleh karena itu perlu dilakukan prediksi menggunakan metode dengan tingkat akurasi yang tinggi sehingga diperoleh hasil prediksi yang akurat, sehingga berguna untuk membantu perencanaan bisnis serta kebijakan perekonomian. Salah satu yang bisa dilakukan yaitu menggunakan metode *Fuzzy Time Series Lee*. Untuk mengukur tingkat akurasi suatu metode bisa menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Metode prediksi dapat dikatakan akurat berdasarkan kriteria MAPE, jika nilai MAPE

kecil dari 10% maka data termasuk data dengan kategori sangat baik. Analisis metode tersebut dilakukan dengan tahapan selanjutnya.

3.2 Menentukan himpunan semesta pembicaraan (U) data aktual

Langkah kedua dalam memprediksi nilai ekspor di Indonesia dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Lee* adalah menentukan himpunan semesta pembicaraan (U). Himpunan semesta diperoleh dari nilai terendah dan tertinggi data nilai ekspor pada bulan Januari 2021 hingga Februari 2024. Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa nilai ekspor terendah yaitu sebesar \$ 15.255,4 juta dan nilai tertinggi sebesar \$ 27.928,7 juta. Berdasarkan persamaan (1), nilai Z_1 dan Z_2 adalah sebarang bilangan real positif. Ditentukan nilai $Z_1 = 0$ dan $Z_2 = 0$. Berdasarkan hasil percobaan prediksi menggunakan nilai Z_1 dan Z_2 yang lain, diperoleh hasil bahwa jika nilai $Z_1 = 0$ dan $Z_2 = 0$ menghasilkan nilai *error* yang lebih kecil. Penentuan himpunan semesta pembicaraan (U) berdasarkan persamaan (1) yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} U &= [X_{min} - Z_1; X_{max} + Z_2] \\ &= [15.255,4; 27.928,7] \end{aligned} \quad (1)$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, diperoleh himpunan semesta (U) dari data nilai ekspor di Indonesia yaitu $U = [15.255,4; 27.928,7]$, dapat diartikan bahwa nilai ekspor berada pada rentang nilai sebesar \$15.255,4 juta hingga \$27.928,7 juta atau terdefinisi di dalam himpunan tersebut.

3.3 Pembentukan interval

Pembentukan interval dilakukan dengan membagi himpunan semesta menjadi interval-interval yang lebih kecil dengan ukuran lebar yang sama. Untuk menghitung banyak interval yang diperlukan, digunakan rumus *Sturges*. Namun sebelum membentuk interval, perlu dilakukan perhitungan rentang data (*range*) terlebih dahulu sebagai berikut:

- a. Menghitung *Range* semesta pembicaraan (U)

Rentang data (*Range*) dari data aktual nilai ekspor di Indonesia dihitung dengan cara berikut:

$$\begin{aligned} R &= (X_{maks} + Z_2) - (X_{min} - Z_1) \\ &= (27.928,7 + 0) - (15.255,4 - 0) = (27.928,7) - (15.255,4) = 12.673,3 \end{aligned} \quad (2)$$

- b. Menentukan banyak kelas interval (n) dengan menggunakan rumus *Sturges*

$$\begin{aligned} n &= 1 + 3,322 \log (N) \\ &= 1 + 3,322 \log 38 = 6,248 \approx 7 \end{aligned} \quad (3)$$

Berdasarkan perhitungan di atas diperlukan sebanyak 7 kelas interval.

- c. Menghitung panjang kelas interval (l) untuk masing-masing kelas interval:

$$l = \frac{R}{K} = \frac{12.673,3}{7} = 1.810,47$$

Dengan 7 kelas interval dengan panjang masing-masing interval adalah 1.810,47, maka dapat dituliskan himpunan semesta U sebagai berikut:

$$U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7\}$$

dengan u_1 adalah kelas interval pertama, u_2 sebagai kelas interval kedua dan seterusnya. Adapun interval dari himpunan semesta yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} u_1 &= [X_{min} - Z_1; X_{min} - Z_1 + l] = [15.225,4; 17.065,87] \\ u_2 &= [X_{min} - Z_1 + l; X_{min} - Z_1 + 2l] = [17.065,87; 18.876,34] \\ u_3 &= [X_{min} - Z_1 + 2l; X_{min} - Z_1 + 3l] = [18.876,34; 20.686,81] \\ &\vdots \\ u_7 &= [X_{min} - Z_1 + 6l; X_{min} - Z_1 + 7l] = [26.118,23; 27.928,7] \end{aligned}$$

- d. Menghitung nilai tengah interval (m_i)

Setelah diperoleh nilai interval $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7$ langkah selanjutnya adalah menghitung nilai tengah masing masing interval menggunakan persamaan (4) sebagai berikut

$$m_i = \frac{(\text{Batas bawah } u_i + \text{Batas atas } u_i)}{2} \quad (4)$$

Sehingga diperoleh nilai tengah interval (m_i) untuk masing-masing interval sebagaimana dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Nilai Tengah Interval

i	Kelas Interval (u_i)	Nilai Tengah (m_i)
1.	$u_1 = [15.225,4; 17.065,87]$	16.160,6
2.	$u_2 = [17.065,87; 18.876,34]$	17.971,1
3.	$u_3 = [18.876,34; 20.686,81]$	19.781,6
4.	$u_4 = [20.686,81; 22.497,29]$	21.592,1
5.	$u_5 = [22.497,29; 24.307,76]$	23.402,5
6.	$u_6 = [24.307,76; 26.118,23]$	25.213
7.	$u_7 = [26.118,23; 27.928,7]$	27.023,5

3.4 Menentukan himpunan fuzzy

Fungsi keanggotaan dari himpunan fuzzy terhadap $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$ merujuk pada 7 interval yang terbentuk. Nilai fuzzifikasi dari variabel linguistik data nilai ekspor di Indonesia yaitu diasumsikan dengan $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$. Setiap interval u_i dengan $i = 1, 2, 3 \dots, 7$ didefinisikan terhadap A_i dengan persamaan sebagai berikut:

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

Berdasarkan persamaan di atas, maka pendefinisian himpunan fuzzy terhadap A_i adalah sebagai berikut:

$$A_1 = \left\{ \frac{1}{u_1}, \frac{0,5}{u_2}, \frac{0}{u_3}, \frac{0}{u_4}, \frac{0}{u_5}, \frac{0}{u_6}, \frac{0}{u_7} \right\}$$

$$A_2 = \left\{ \frac{0,5}{u_1}, \frac{1}{u_2}, \frac{0,5}{u_3}, \frac{0}{u_4}, \frac{0}{u_5}, \frac{0}{u_6}, \frac{0}{u_7} \right\}$$

...

$$A_6 = \left\{ \frac{0}{u_1}, \frac{0}{u_2}, \frac{0}{u_3}, \frac{0}{u_4}, \frac{0,5}{u_5}, \frac{1}{u_6}, \frac{0,5}{u_7} \right\}$$

Interpreasi untuk A_1 adalah 1 merupakan derajat keanggotaan u_1 terhadap A_1 , 0,5 merupakan derajat keanggotaan u_2 terhadap A_1 dan 0 merupakan derajat keanggotaan u_3, u_4, u_5, u_6, u_7 terhadap A_1 . Demikian juga derajat keanggotaan $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6$ terhadap A_2 hingga A_7 yang telah didefinisikan di atas. Langkah selanjutnya yaitu mendefinisikan nilai linguistik pada tiap himpunan fuzzy yang telah didapat, seperti Tabel 3..

Tabel 3. Nilai Linguistik

Himpunan fuzzy	Nilai Linguistik
A_1	Sangat Rendah
A_2	Rendah
A_3	Cukup Rendah
A_4	Menengah
A_5	Cukup Tinggi
A_6	Tinggi
A_7	Sangat Tinggi

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai ekspor dalam interval $u_1 = [15.225,4; 17.065,87]$ termasuk dalam himpunan *fuzzy* A_1 dengan nilai linguistik sangat rendah. Nilai ekspor yang berada pada interval $u_2 = [17.065,87; 18.876,34]$ termasuk dalam himpunan *fuzzy* A_2 dengan nilai linguistik rendah. Nilai ekspor yang berada pada interval $u_3 = [18.876,34; 20.686,81]$ termasuk dalam himpunan *fuzzy* A_3 dengan nilai linguistik cukup rendah. Begitu juga untuk nilai ekspor yang berada pada interval lainnya akan memiliki nilai linguistik sesuai himpunan *fuzzy*. Nilai linguistik tersebut terdefinisi oleh peneliti yang ingin mewakili tiap tiap interval berdasarkan tingkatan tinggi rendahnya nilai ekspor di Indonesia.

3.5 Fuzzifikasi data nilai ekspor di Indonesia

Proses fuzzifikasi merupakan proses nilai numerik diubah menjadi nilai linguistik pada nilai interval yang didapatkan. Berdasarkan pendefinisian u_i dan A_i di atas, maka hasil fuzzifikasi data nilai ekspor di Indonesia pada bulan Januari 2021- Februari 2024 disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Fuzzifikasi Data Nilai Ekspor di Indonesia

Tahun	Bulan	Nilai Ekspor (Juta US\$)	Fuzzifikasi
2021	Januari	15.300,2	A_1
	Februari	15.255,4	A_1
	Maret	18.398,4	A_2
	April	18.474,1	A_2
	Mei	16.908	A_1
	Juni	18.547,8	A_2
	Juli	19.369,6	A_3
	Agustus	21.443,2	A_4
	September	20.618,8	A_3
	Oktober	22.091	A_4
	November	22.845,4	A_5
	Desember	22.357,7	A_4
2022	Januari	19.143,2	A_3
	Februari	20.489,1	A_3
	Maret	26.586,7	A_7
	April	27.316,2	A_7
	Mei	21.493,3	A_4
	Juni	26.141	A_7
	Juli	25.473,4	A_6
	Agustus	27.928,7	A_7
	September	24.764,5	A_6
	Oktober	24.726,3	A_6
	November	24.059,1	A_5
	Desember	23.782,7	A_5
2023	Januari	22.323,8	A_4
	Februari	21.321,3	A_4
	Maret	23.416	A_5
	April	19.284,1	A_3
	Mei	21.706,8	A_4
	Juni	20.601,3	A_3

	Juli	20.862,2	A_4
	Agustus	21.998	A_4
	September	20.746,5	A_4
	Oktober	22.146,7	A_4
	November	21.998,2	A_4
	Desember	22.392,1	A_4
2024	Januari	20.494,1	A_3
	Februari	19.273,7	A_3

3.6 Proses Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR)

Penentuan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) merupakan penentuan relasi logika *fuzzy* yaitu $A_i \rightarrow A_j$ dengan $A_i (i = 1, 2, 3, \dots, 7)$ merupakan keadaan sekarang (*current state*) dan $A_j (j = 1, 2, 3, \dots, 7)$ merupakan keadaan selanjutnya (*next state*). Penentuan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dapat diperoleh dari hasil fuzzifikasi data nilai ekspor di Indonesia dari bulan Januari 2021- Februari 2024 yang disajikan pada Tabel 4. Sebagai contoh, periode Januari 2021 diperoleh fuzzifikasinya adalah A_1 . Lalu pada periode berikutnya yaitu pada periode Februari 2021 diperoleh fuzzifikasinya adalah A_1 . Sehingga, FLR yang terbentuk adalah $A_1 \rightarrow A_1$. Penentuan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) untuk periode selanjutnya menggunakan cara yang sama. Hasil penentuan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) secara detail tertera pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. FLR dari Data Nilai Ekspor di Indonesia

Bulan	FLR
Januari 2021 → Februari 2021	$A_1 \rightarrow A_1$
Februari 2021 → Maret 2021	$A_1 \rightarrow A_2$
Maret 2021 → April 2021	$A_2 \rightarrow A_2$
April 2021 → Mei 2021	$A_2 \rightarrow A_1$
Mei 2021 → Juni 2021	$A_1 \rightarrow A_2$
Juni 2021 → Juli 2021	$A_2 \rightarrow A_3$
Juli 2021 → Agustus 2021	$A_3 \rightarrow A_4$
Agustus 2021 → September 2021	$A_4 \rightarrow A_3$
September 2021 → Oktober 2021	$A_3 \rightarrow A_4$
Oktober 2021 → November 2021	$A_4 \rightarrow A_5$
November 2021 → Desember 2021	$A_5 \rightarrow A_4$
Desember 2021 → Januari 2022	$A_4 \rightarrow A_3$
Januari 2022 → Februari 2022	$A_3 \rightarrow A_3$
Februari 2022 → Maret 2022	$A_3 \rightarrow A_7$
Maret 2022 → April 2022	$A_7 \rightarrow A_7$
April 2022 → Mei 2022	$A_7 \rightarrow A_4$
Mei 2022 → Juni 2022	$A_4 \rightarrow A_7$
Juni 2022 → Juli 2022	$A_7 \rightarrow A_6$
Juli 2022 → Agustus 2022	$A_6 \rightarrow A_7$
Agustus 2022 → September 2022	$A_7 \rightarrow A_6$
September 2022 → Oktober 2022	$A_6 \rightarrow A_6$
Oktober 2022 → November 2022	$A_6 \rightarrow A_5$
November 2022 → Desember 2022	$A_5 \rightarrow A_5$
Desember 2022 → Januari 2023	$A_5 \rightarrow A_4$
Januari 2023 → Februari 2023	$A_4 \rightarrow A_4$
Februari 2023 → Maret 2023	$A_4 \rightarrow A_5$
Maret 2023 → April 2023	$A_5 \rightarrow A_3$
April 2023 → Mei 2023	$A_3 \rightarrow A_4$
Mei 2023 → Juni 2023	$A_4 \rightarrow A_3$
Juni 2023 → Juli 2023	$A_3 \rightarrow A_4$
Juli 2023 → Agustus 2023	$A_4 \rightarrow A_4$
Agustus 2023 → September 2023	$A_4 \rightarrow A_4$

September 2023 → Oktober 2023	$A_4 \rightarrow A_4$
Oktober 2023 → November 2023	$A_4 \rightarrow A_4$
November 2023 → Desember 2023	$A_4 \rightarrow A_4$
Desember 2023 → Januari 2024	$A_4 \rightarrow A_3$
Januari 2024 → Februari 2024	$A_3 \rightarrow A_3$

3.7 Membentuk Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG)

Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG) diperlukan untuk menghitung nilai prediksi. Perbedaan metode *Fuzzy Time Series Lee* dengan *Fuzzy Time Series* lainnya terletak pada tahap ini, dimana pada *Fuzzy Time Series Lee* tetap menghitung relasi yang mengalami pengulangan. FLRG dibangun dengan cara mengelompokkan setiap FLR dengan A_i (*current state*) yang sama. Sebagai contoh, pada Grup 1 yaitu $A_1 \rightarrow A_1, A_1, A_2$ diperoleh dari hasil mengelompokkan 3 FLR yaitu $A_1 \rightarrow A_1$, $A_1 \rightarrow A_1$, dan $A_1 \rightarrow A_2$. Langkah-langkah FLRG pada grup dan grup 1 memiliki langkah yang sama. Hasil FLRG secara detail dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. FLRG dari Data Nilai Ekspor di Indonesia

Grup	FLRG
1	$A_1 \rightarrow A_1, A_1, A_2$
2	$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3$
3	$A_3 \rightarrow A_3, A_3, A_4, A_4, A_4, A_4, A_7$
4	$A_4 \rightarrow A_3, A_3, A_3, A_3, A_4, A_4, A_4, A_4, A_4, A_4, A_5, A_5, A_7$
5	$A_5 \rightarrow A_3, A_4, A_4, A_5$
6	$A_6 \rightarrow A_5, A_6, A_7$
7	$A_7 \rightarrow A_4, A_6, A_6, A_7$

3.8 Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi adalah langkah terakhir dalam analisis *Fuzzy Time Series*. Proses defuzzifikasi bertujuan mengubah nilai linguistik menjadi nilai numerik untuk menghasilkan prediksi. Dalam defuzzifikasi, pada perhitungan nilai prediksi ada beberapa aturan yaitu dengan memberikan nilai berdasarkan perulangan yang terbentuk. Jika hasil dari fuzzifikasi pada tahun ke- t adalah $A_i (i = 1, 2, 3 \dots n)$ memiliki beberapa FLR pada FLRG, misalkan $A_i \rightarrow A_j, A_k, \dots, A_n, i = 1, 2, \dots, j, k, l, n$, dimana nilai maksimum dari nilai keanggotaan $A_j, A_k, \dots, A_n (i = 1, 2, \dots, j, k, l, n)$ berada pada interval $u_j, u_k, \dots, u_n (i = 1, 2, \dots, j, k, l, n)$ dan $m_j, m_k, \dots, m_n (i = 1, 2, \dots, j, k, l, n)$ merupakan nilai tengah. Sehingga hasil prediksi \hat{X}_t adalah:

$$\hat{X}_t = \frac{m_j + m_k + \dots, m_n}{p} \quad (5)$$

dengan p menyatakan banyaknya FLR.

Hasil defuzzifikasi dan nilai prediksi yang diperoleh dari FLRG yang terbentuk dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil Defuzzifikasi

Grup	FLRG	Perhitungan	Nilai Prediksi
1	$A_1 \rightarrow 2(A_1), A_2$	$\frac{2m_1 + m_2}{3}$	16.764,1
2	$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3$	$\frac{m_1 + m_2 + m_3}{3}$	17.971,1
3	$A_3 \rightarrow 2(A_3), 4(A_4), A_7$	$\frac{2m_3 + 4m_4 + m_7}{7}$	21.850,7
4	$A_4 \rightarrow 4(A_3), 6(A_4), 2(A_5), A_7$	$\frac{4m_3 + 6m_4 + 2m_5 + m_7}{13}$	21.731,3
5	$A_5 \rightarrow A_3, 2(A_4), A_5$	$\frac{m_3 + 2m_4 + m_5}{4}$	21.592,1
6	$A_6 \rightarrow A_5, A_6, A_7$	$\frac{m_5 + m_6 + m_7}{3}$	25.213
7	$A_7 \rightarrow A_4, 2(A_6), A_7$	$\frac{m_4 + 2m_6 + m_7}{3}$	24.760,4

Berdasarkan Tabel 7, terdapat 3 FLR yang muncul pada FLRG grup 1, yaitu $A_1 \rightarrow A_1$, $A_1 \rightarrow A_1$, dan $A_1 \rightarrow A_2$ Sehingga, defuzzifikasi nilai prediksi dari FLRG grup 1 menggunakan persamaan (5) dan diperoleh nilai prediksi dari FLRG grup 1 adalah 16.764,1

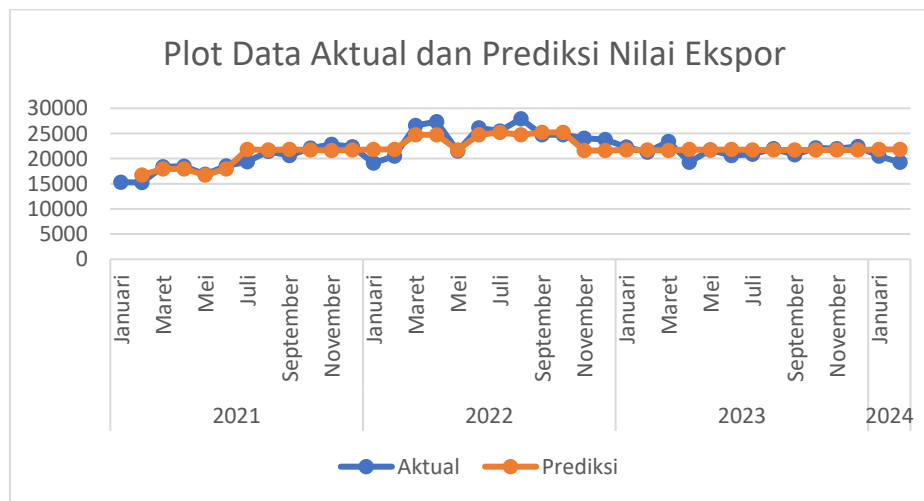
Nilai prediksi akhir untuk data nilai ekspor di Indonesia pada bulan Januari 2021- Februari 2024 ditentukan dari hasil defuzzifikasi grup FLRG seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7. Misalkan, perhitungan nilai prediksi bulan Februari 2021 (X_t) memiliki *current state* (X_{t-1}) yaitu bulan Januari 2021. Berdasarkan Tabel 4, fuzzifikasi bulan Februari 2021 adalah A_1 dan fuzzifikasi bulan Januari 2021 adalah A_1 . Berdasarkan Tabel 5, hasil fuzzifikasi tersebut membentuk FLR $A_1 \rightarrow A_1$, $A_1 \rightarrow A_1$, dan $A_1 \rightarrow A_2$. Berdasarkan Tabel 7, hasil FLR tersebut termasuk ke dalam defuzzifikasi grup FLRG ke-1 dengan hasil prediksi sebesar 16.764,1. Hasil prediksi tersebut diperoleh dengan defuzzifikasi sesuai aturan persamaan (5). Hasil prediksi secara rinci ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Defuzzifikasi dan Nilai Prediksi

No.	Tahun	Bulan	Fuzzifikasi	Aktual	Prediksi
1		Januari	A_1	15.300,2	-
2		Februari	A_1	15.255,4	16.764,1
3		Maret	A_2	18.398,4	17.971,1
4		April	A_2	18.474,1	17.971,1
5		Mei	A_1	16.908	16.764,1
6	2021	Juni	A_2	18.547,8	17.971,1
7		Juli	A_3	19.369,6	21.850,7
8		Agustus	A_4	21.443,2	21.731,3
9		September	A_3	20.618,8	21.850,7
10		Oktober	A_4	22.091	21.731,3
11		November	A_5	22.845,4	21.592,1
12		Desember	A_4	22.357,7	21.731,3
13		Januari	A_3	19.143,2	21.850,7
14		Februari	A_3	20.489,1	21.850,7
15		Maret	A_7	26.586,7	24.760,4
16	April	A_7	27.316,2	24.760,4	
17	Mei	A_4	21.493,3	21.731,3	
18	2022	Juni	A_7	26.141	24.760,4
19		Juli	A_6	25.473,4	25.213
20		Agustus	A_7	27.928,7	24.760,4
21		September	A_6	24.764,5	25.213
22		Oktober	A_6	24.726,3	25.213
23		November	A_5	24.059,1	21.592,1
24		Desember	A_5	23.782,7	21.592,1
25		Januari	A_4	22.323,8	21.731,3
26		Februari	A_4	21.321,3	21.731,3
27		Maret	A_5	23.416	21.592,1
28	2023	April	A_3	19.284,1	21.850,7
29		Mei	A_4	21.706,8	21.731,3
30		Juni	A_3	20.601,3	21.850,7
31		Juli	A_4	20.862,2	21.731,3
32		Agustus	A_4	21.998	21.731,3

33		September	A_4	20.746,5	21.731,3
34		Oktober	A_4	22.146,7	21.731,3
35		November	A_4	21.998,2	21.731,3
36		Desember	A_4	22.392,1	21.731,3
37	2024	Januari	A_3	20.494,1	21.850,7
38		Februari	A_3	19.273,7	21.850,7

Tabel 8 menunjukkan hasil prediksi nilai ekspor di Indonesia pada bulan Februari 2021- Februari 2024. Jika data aktual dan nilai prediksi nilai ekspor ditampilkan dalam bentuk plot data, maka akan terlihat seperti Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Plot Data Aktual dan Prediksi Nilai Ekspor di Indonesia

3.9 Perhitungan MAPE

Perhitungan nilai MAPE hasil prediksi *Fuzzy Time Series Model Lee* dilakukan untuk mengidentifikasi tingkat akurasi dari hasil prediksi. Nilai MAPE pada penelitian ini dihitung menggunakan formula berikut:

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left| \frac{X_t - \hat{X}_t}{X_t} \right| \times 100\% \quad (6)$$

Perhitungan nilai MAPE dari hasil prediksi dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan Nilai MAPE dari Hasil Prediksi

No	Tahun	Bulan	Aktual	Prediksi (\hat{X}_t)	MAPE
1		Januari	15.300,2	-	-
2		Februari	15.255,4	16.764,1	0,098898
3		Maret	18.398,4	17.971,1	0,023224
4		April	18.474,1	17.971,1	0,027227
5	2021	Mei	16.908	16.764,1	0,008509
6		Juni	18.547,8	17.971,1	0,031092
7		Juli	19.369,6	21.850,7	0,128092
8		Agustus	21.443,2	21.731,3	0,013436
9		September	20.618,8	21.850,7	0,059746
10		Oktober	22.091	21.731,3	0,016282

11		November	22.845,4	21.592,1	0,054862
12		Desember	22.357,7	21.731,3	0,028016
13		Januari	19.143,2	21.850,7	0,141433
14		Februari	20.489,1	21.850,7	0,066454
15		Maret	26.586,7	24.760,4	0,068693
16		April	27.316,2	24.760,4	0,093564
17		Mei	21.493,3	21.731,3	0,011074
18	2022	Juni	26.141	24.760,4	0,052815
19		Juli	25.473,4	25.213	0,010223
20		Agustus	27.928,7	24.760,4	0,113443
21		September	24.764,5	25.213	0,01811
22		Oktober	24.726,3	25.213	0,019683
23		November	24.059,1	21.592,1	0,102541
24		Desember	23.782,7	21.592,1	0,092111
25		Januari	22.323,8	21.731,3	0,02654
26		Februari	21.321,3	21.731,3	0,01923
27		Maret	23.416	21.592,1	0,077893
28		April	19.284,1	21.850,7	0,133094
29		Mei	21.706,8	21.731,3	0,001129
30	2023	Juni	20.601,3	21.850,7	0,060646
31		Juli	20.862,2	21.731,3	0,04166
32		Agustus	21.998	21.731,3	0,012123
33		September	20.746,5	21.731,3	0,047469
34		Oktober	22.146,7	21.731,3	0,018756
35		November	21.998,2	21.731,3	0,012132
36		Desember	22.392,1	21.731,3	0,02951
37		2024	Januari	20.494,1	21.850,7
38	Februari		19.273,7	21.850,7	0,133705

$$MAPE = \frac{1}{38} \sum_{t=1}^{38} \left| \frac{X_t - \hat{X}_t}{X_t} \right| \times 100\%$$

5,15688%

Sehingga disimpulkan prediksi dengan metode *Fuzzy Time Series Lee* tersebut memiliki tingkat kesalahan sebesar 5,15688%. Nilai MAPE di kategorikan sangat baik dikarenakan memiliki persentase kurang dari 10%. Berdasarkan nilai MAPE tersebut, maka tingkat akurasi prediksinya adalah sebesar 94,843%. Dengan begitu, maka metode ini layak digunakan untuk memprediksi nilai ekspor di Indonesia pada bulan Maret 2024.

3.10 Prediksi dengan *Fuzzy Time Series Lee*

Prediksi satu bulan kedepan yaitu bulan Maret 2024 dapat ditentukan dengan mempertimbangkan nilai MAPE yang kurang dari 10% dan tingkat akurasi sebesar 94,843%, dengan cara mencari FLRG yang terbentuk. Sebelumnya, ditemukan dulu fuzzifikasi bulan Februari 2024 (X_{t-1}). Berdasarkan Tabel 4, nilai fuzzifikasi bulan Februari 2024 (X_{t-1}) adalah A_3 . Berdasarkan Tabel 6, nilai fuzzifikasi dari A_3 membentuk FLRG $A_3 \rightarrow A_3, A_3, A_4, A_4, A_4, A_4, A_7$. Berdasarkan Tabel 7, hasil FLRG tersebut termasuk ke dalam defuzzifikasi grup FLRG ke-3 dengan hasil prediksi sebesar \$21.850,7. Jadi, hasil prediksi bulan Maret 2024 adalah \$21.850,7. Hasil prediksi tersebut menunjukkan bahwa nilai ekspor di Indonesia mengalami peningkatan dari bulan sebelumnya. Jika hasil prediksi nilai ekspor pada bulan Maret 2024 dihitung tingkat akurasinya menggunakan MAPE berdasarkan data aktual pada bulan Maret 2024 yaitu sebesar \$22.538,7 maka diperoleh hasil tingkat kesalahannya adalah sebesar 3,1487 % atau tingkat akurasinya sebesar 96,8513%.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu nilai ekspor Indonesia sangat fluktuatif. Hal tersebut dipengaruhi oleh fluktuasi nilai tukar, perubahan permintaan pasar, dan faktor eksternal lainnya, sehingga menyulitkan perencanaan bisnis dan perdagangan antar negara. Untuk mengatasi kemungkinan masalah pada perencanaan bisnis, maka perlu dilakukan strategi pengendalian nilai ekspor dengan melakukan prediksi nilai ekspor di masa datang. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memprediksi nilai ekspor di Indonesia menggunakan metode *Fuzzy Time Series Lee* dan mengukur akurasinya dengan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat akurasi hasil prediksi menggunakan *Fuzzy Time Series Lee* dengan memilih nilai $Z_1 = 0$ dan $Z_2 = 0$ dihitung menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) menunjukkan bahwa tingkat kesalahan atau *error* sebesar 5,15688%, atau tingkat akurasinya sebesar 94,843%. Nilai MAPE tersebut menunjukkan bahwa hasil prediksi nilai ekspor di Indonesia menggunakan metode *Fuzzy Time Series Lee* termasuk kategori sangat baik karena nilai MAPE yang kurang dari 10%. Dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Lee* diperoleh hasil prediksi data nilai ekspor di Indonesia pada bulan Maret 2024 sebesar \$ 21.850,7 juta, sedangkan data aktualnya adalah sebesar \$22.538,7 juta. Hasil prediksi bulan Maret 2024 tersebut memiliki tingkat akurasi sebesar 96,8513%. Nilai tersebut termasuk pada interval u_3 yang termasuk dalam himpunan *fuzzy* A_3 dengan nilai linguistik cukup rendah.

REFERENCES

- [1] N. Gregory Mankiw, *Macroeconomics*, 9th ed. Worth Publishers, 2015.
- [2] B. R. Bustami and P. Hidayat, "Analisis Daya Saing Produk Ekspor Provinsi Sumatera Utara," *J. Ekon. dan Keuang.*, vol. 1, no. 2, 2013.
- [3] S. Wibosono, "Analisis Pengaruh Nilai Tukar, Inflasi, Suku Bunga, Dan PDB Terhadap Neraca Perdagangan Indonesia," *Pap. Knowl. Towar. a Media Hist. Doc.*, 2021.
- [4] E. P. Lestari, "DAMPAK KETIDAKSTABILAN NILAI TUKAR RUPIAH TERHADAP PERMINTAAN UANG M2 DI INDONESIA," *J. Ekon. Pembang. Kaji. Masal. Ekon. dan Pembang.*, vol. 9, no. 2, 2008, doi: 10.23917/jep.v9i2.1020.
- [5] R. F. Putra *et al.*, *DATA MINING : Algoritma dan Penerapannya*. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [6] Sherli Yurinanda, Sarmada, S. Rozi, A. Tasya, and D. A. Fajrin, "Prediksi Jumlah Pengunjung Perpustakaan Menggunakan Double Exponential Smoothing," *Prism. J. Pendidik. dan Ris. Mat.*, vol. 6, no. 2, p. 8, 2024.
- [7] A. Fausan Khofi, D. Arifianto, and I. Saifudin, "PERBANDINGAN MODEL CHEN DAN MODEL LEE PADA METODE FUZZY TIME SERIES UNTUK PERAMALAN HARGA BERAS," *J. Smart Teknol.*, vol. 3, no. 2, 2022.
- [8] S. Kusumadewi and H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [9] F. Hanesti, W. Syafmen, and S. Rozi, "The Optimization Problem of Batik Cloth Production with Fuzzy Multi-Objective Linear Programming and Application of Branch and Bound Method," *KUBIK J. Publ. Ilm. Mat.*, vol. 7, no. 1, pp. 19–30, 2022, doi: 10.15575/kubik.v7i1.18432.
- [10] S. Lestari and S. Yurinanda, "Prediksi Pajak Pertambahan Nilai pada Penyediaan Jasa dengan Metode Fuzzy Time Series Model Chen," *Euler J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.*, vol. 11, no. 2, 2023, doi: 10.37905/euler.v11i2.22724.
- [11] H. Citra Utami, T. Agung Cahyadi, and R. Ernawati, "Peramalan Harga Batubara Menggunakan Fuzzy Time Series Lee," *J. Sumberd. BUMI BERKELANJUTAN*, vol. 2, no. 1, pp. 67–77, 2023.
- [12] D. Devianto, A. Zuardin, and M. Maiyastri, "TIME SERIES MODELING OF NATURAL GAS FUTURE PRICE WITH FUZZY TIME SERIES CHEN, LEE AND TSAUR," *BAREKENG J. Ilmu Mat. dan Terap.*, 2022, doi: 10.30598/barekengvol16iss4pp1185-1196.
- [13] 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, 2021, doi: 10.34312/jjom.v3i1.5940.
- [14] D. A. N. Ipan, Syaripuddin, "Perbandingan Model Chen Dan Model Lee Pada Metode Fuzzy Time Series Untuk Peramalan Produksi Kelapa Sawit Provinsi Kalimantan Timur," *Pros. Semin. Nas. Mat. Stat. dan Apl.*, vol. 2, no. 1, pp. 28–36, 2022.
- [15] Badan Pusat Statistik, "Nilai Ekspor," <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTk2lZl%3D/nilai-ekspor.html>. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTc1MyMy/nilai-ekspor-migas-nonmigas.html>
- [16] Q. Song and B. S. Chissom, "Fuzzy time series and its models," *Fuzzy Sets Syst.*, vol. 54, no. 3, 1993, doi: 10.1016/0165-0114(93)90372-O.
- [17] Ahmad Amiruddin Anwary, "Prediksi Kurs Rupiah Terhadap Dollar Amerika Menggunakan Fuzzy Time Series," 2011.
- [18] F. Petropoulos *et al.*, "Forecasting: theory and practice," *Int. J. Forecast.*, 2022, doi: 10.1016/j.ijforecast.2021.11.001.