ITATS

SEMITAN

Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan

https://ejurnal.itats.ac.id/semitan



Peramalan Harga Batubara Menggunakan Fuzzy Time Series Lee

Hasrin Citra Utami *[1], Tedy Agung Cahyadi [1], Rika Ernawati [1]

[1] Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta

*e-mail: hasrincitrau99@gmail.com

Info Artikel

Diserahkan:
15 Juni 2023
Direvisi:
20 Juli 2023
Diterima:
20 Agustus 2023
Diterbitkan:
31 Agustus 2023

Abstrak

Peramalan harga suatu komoditas tambang perlu dilakukan. Hal ini penting karena akan mempengaruhi keputusan perusahaan dalam memulai sebuah proyek pertambangan. Untuk dapat mengetahui suatu harga pada masa yang akan datang dapat digunakan data masa lampau. Dalam penelitian ini digunakan variabel data time series harga batubara selama 24 bulan dari tahun 2021-2022. Metode yang diterapkan yaitu Fuzzy Time Series Lee, dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa untuk peramalan harga batubara menggunakan metode FTS Lee didapatkan keakuratan peramalan dengan nilai MAPE sebesar 4,0378% dimana hasil tersebut masuk kedalam kategori sangat akurat yaitu < 10%. Dari hasil penelitian juga didapatkan hasil peramalan harga batubara untuk bulan januari 2023 yaitu sebesar 275 $/ton.

Kata kunci: Harga Batubara, Fuzzy Time Series Lee

Abstract

Forecasting the price of a mining commodity needs to be done. This is important because it will influence the company's decision to start a mining project. To be able to find out a price in the future, past data can be used. This research uses coal price time series data for 24 months from 2021-2022. The method used is Lee's Fuzzy Time Series, from the research results it can be seen that for forecasting coal prices using the FTS Lee method, the accuracy of forecasting is obtained with a MAPE value of 4.0378% where the results fall into the very accurate category, it is <10%. From the results of the study, the outcome of forecasting coal prices for January 2023 was also obtained, it is $ 275 / ton.

Keywords: Coal Price, Fuzzy Time Series Lee

1. Pendahuluan

Salah satu sumber daya alam yang ketersediaannya cukup banyak di Indonesia adalah batubara. Batubara dimanfaatkan dalam berbagai sektor industri yang dapat meningkatkan perekonomian negara [2]. Setiap tahun produksi batubara terus ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan baik didalam maupun luar negeri. Harga batubara cenderung mengalami fluktuasi dari tahun ke tahun. Untuk dapat mengetahui harga batubara dimasa yang akan datang, maka perlu dilakukan peramalan. Suatu bidang ilmu yang menerapkan model matematika untuk memprediksi kejadian di masa yang akan datang menggunakan data historis masa lalu di sebut *forecasting* (peramalan) [8]. Peramalan penting dilakukan untuk dasar pengambilan keputusan. Terdapat dua jenis metode peramalan kuantitatif yaitu model time series dan model regresi [3]. Peramalan berfokus pada hasil keakuratannya yang dapat diukur dengan metode mean average percentage error (MAPE), mean square error (MSE) dan lain sebagainya [1].

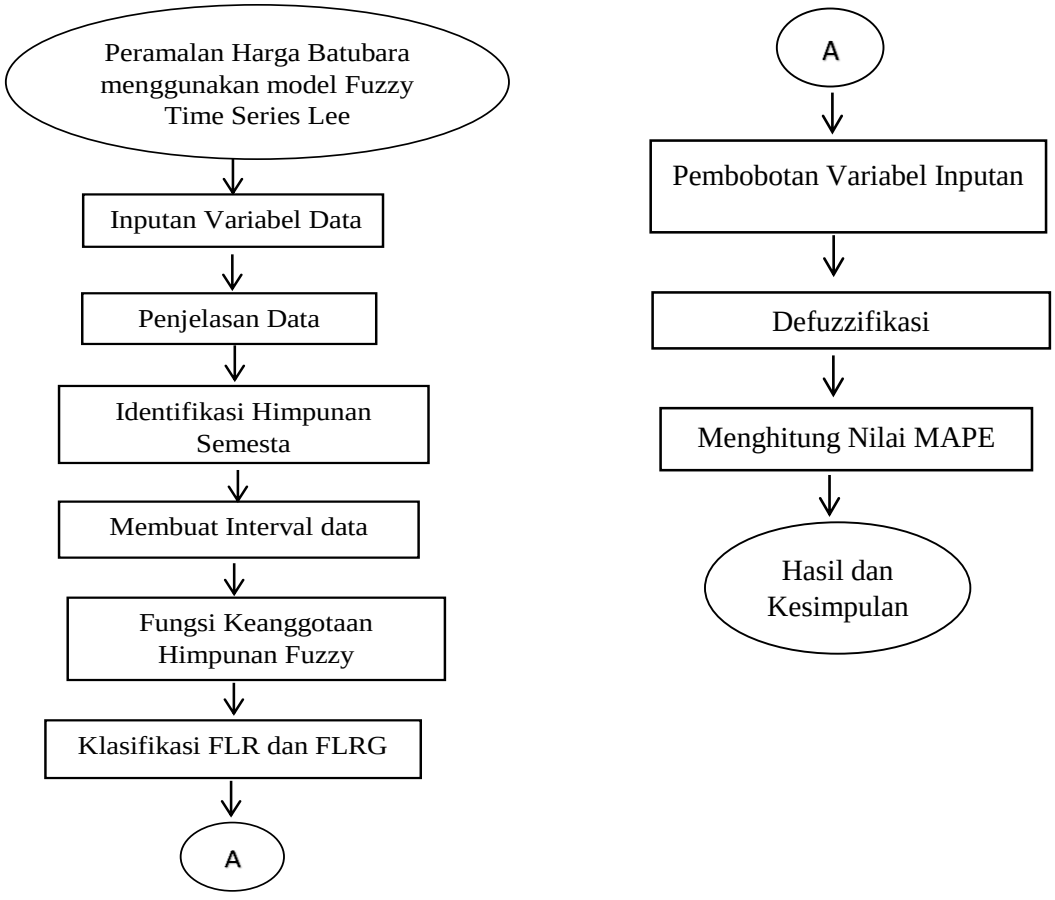
Prosedur statistika untuk mengetahui struktur probabilistik keadaan dimasa yang akan datang dalam lingkup pengambilan keputusan disebut juga dengan analisis time series [3]. Analisis data time series juga dapat diartikan sebagai proses untuk memahami pola data time series dan membuat forecasting dari data tersebut [13]. Tujuan dilakukannya analisis data time series yaitu untuk membuat prediksi, deskripsi, ringkasan hingga keputusan [5]. Data yang digunakan dalam analisis time series dapat berupa data harian, mingguan, bulanan dan lain-lain [10].

Sebuah logika yang dapat digunakan untuk memetakan suatu input kedalam ouput disebut logika Fuzzy [17]. Logika fuzzy telah dikembangkan untuk menghitung peramalan dengan berbagai jenis pemodelan. Salah satunya yaitu fuzzy time Series Lee. FTS Lee adalah salah satu metode peramalan yang tidak mengharuskan asumsi-asumsi tertentu terpenuhi dan bisa diterapkan pada data historis yang ketersediannya sedikit [12]. FTS Lee itu sendiri merupakan pengembangan dari FTS sebelumnya seperti FTS Song-Chissom, FTS Chen dan FTS Cheng.

Beberapa penelitian telah membahas penggunaan FTS Lee. Pada penelitian yang dilakukan oleh [7] di dapatkan kesimpulan bahwa FTS lee memiliki tingkat error yang lebih kecil dibanding metode chen. Penelitian serupa juga di lakukan oleh [11] dengan kesimpulan metode Lee memiliki nilai MAPE lebih kecil dengan nilai MAPE 3,10 % atau bisa dikatakan nilai keakuratannya lebih akurat di banding metode Chen dengan nilai MAPE 4,03 %. Penelitian yang dilakukan oleh [12] menghasilkan kesimpulan dimana FTS lee untuk peramalan data menunjukan hasil sangat baik yaitu 0,53 %. Dari beberapa penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa metode FTS Lee dapat melakukan peramalan dengan akurat. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya dan latar belakang yang telah dijelaskan, penelitian ini bertujuan untuk menghitung peramalan harga batubara dari data yang telah ada selama 2 tahun menggunakan metode Fuzzy Time Series Lee dan keakuratan model peramalan yang dihitung berdasarkan nilai MAPE-nya.

2. Metodologi

Metode penelitian adalah suatu cara yang digunakan untuk melakukan sesuatu dan mencapai tujuan dengan menggunakan pikiran secara seksama [6]. Metode penelitian yang digunakan merupakan jenis penelitian historis, yang menggunakan data masa lampau. Penelitian dijelaskan menggunakan bagan alir dibawah ini.



Gambar 1. Diagram alir Penelitian

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Pembuatan Himpunan Semesta

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), untuk mendefinisikan himpunan semesta dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

$U = [Dmin - D1; Dmax + D2]$ (1)

= 75.84 – 5.84; 330.97 + 18.03

= 70.00; 340.00

Dimana D_1 dan D_2 adalah konstanta yang dapat ditentukan oleh peneliti. Hasil dari D_1 = 5.84 dan D_2 = 18.03 yang dimaksudkan untuk memperlebar himpunan semesta.

Hasil dari himpunan semesta ini nantinya akan digunakan sebagai batasan untuk kelas interval. Himpunan semesta sangat penting sebagai langkah awal analisis FTS Lee.

3.2 Menentukan Panjang Interval

Pembentukan FLR dan FLRG sangat dipengaruhi oleh panjang interval [13]. Untuk menentukan banyak jumlah kelas interval, dapat melalui metode interval berbasis rata-rata. Selisih absolut dapat dilihat pada Tabel 1. sebagai berikut:

Tabel 1. Selisih Absolut

No	Bulan	Tahun	Harga Batubara Acuan (USD/ton)	Selisih Absolut
1	Januari	2021	75.84	11.95
2	Februari	2021	87.79	3.32
3	Maret	2021	84.47	2.21
4	April	2021	86.68	3.06
5	Mei	2021	89.74	10.59
6	Juni	2021	100.33	15.02
7	Juli	2021	115.35	15.64
8	Agustus	2021	130.99	19.04
9	September	2021	150.03	11.6
10	Oktober	2021	161.63	53.38
11	November	2021	215.01	55.22
12	Desember	2021	159.79	1.29
13	Januari	2022	158.5	29.88
14	Februari	2022	188.38	15.31
15	Maret	2022	203.69	84.71
16	April	2022	288.4	12.76
17	Mei	2022	275.64	48.27
18	Juni	2022	323.91	4.91
19	Juli	2022	319	2.59
20	Agustus	2022	321.59	2.37
21	September	2022	319.22	11.75
22	Oktober	2022	330.97	22.77
23	November	2022	308.2	26.72
24	Desember	2022	281.48	-
Jumlah				464.36

Dari tabel dapat dihitung rata-rata selisih absolut sebagai berikut :

$$\text{mean} = \frac{\sum_{t=1}^{n-1} |\,Dt+1 - Dt\,|}{n-1} \quad (2)$$

$$\text{mean} = \frac{464.36}{23}$$

$$= 20.19$$

Dapat dihitung panjang interval sebagai berikut :

$$K = \frac{mean}{2} \quad (3)$$

$$= \frac{20.19}{2}$$

$$= 10.09 \approx 10$$

Jumlah interval didapatkan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$n = \frac{Dmax + Z2 - Dmin - Z1}{K} \quad (4)$$

$$= \frac{330.97+18.03-75.84-5.84}{10}$$

$$= 26.732 \approx 27$$

Dari hasil perhitungan didapat jumlah kelas interval sebanyak 27 kelas dan panjang interval 10. Selisih absolut yang didapatkan merupakan selisih dari data historis batubara. Rata-rata dari selisih absolut merupakan data yang akan digunakan untuk menentukan jumlah kelas interval. Kelas interval nilai u_1 hingga u_{27} dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 . Kelas Interval

Interval	Himpunan *Fuzzy* (u_i)		Nilai Tengah (m_i)
	Batas bawah	Batas Atas	
u_1	70	80	75
u_2	80	90	85
u_3	90	100	95
u_4	100	110	105
u_5	110	120	115
u_6	120	130	125
u_7	130	140	135
u_8	140	150	145
u_9	150	160	155
u_{10}	160	170	165
u_{11}	170	180	175
u_{12}	180	190	185
u_{13}	190	200	195
u_{14}	200	210	205
u_{15}	210	220	215
u_{16}	220	230	225
u_{17}	230	240	235
u_{18}	240	250	245
u_{19}	250	260	255
u_{20}	260	270	265
u_{21}	270	280	275
u_{22}	280	290	285
u_{23}	290	300	295
u_{24}	300	310	305
u_{25}	310	320	315
u_{26}	320	330	325
u_{27}	330	340	335

3.3 Fuzzifikasi Harga Batubara

Proses mengubah input himpunan tegas ke himpunan fuzzy disebut juga dengan Fuzzifikasi [15]. Proses fuzzifikasi juga sering diartikan sebagai proses mengubah data numerik menjadi data linguistik. Asumsi yang digunakan dalam penelitian yaitu A_1,... A_n. A_n bergantung pada jumlah kelas interval, dimana didapatkan hasil sebanyak 27 kelas. Selanjutnya dibentuk fuzzy set dengan definisi $1 \leq i \leq 27$.
Hasil dari variabel linguistik yaitu sebagai berikut :

$A_1 = 1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + \ldots..+0/u_{27}$
$A_2 = 0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + \ldots..+0/u_{27}$
$A_3 = 0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + 0.5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + \ldots..+0/u_{27}$
$A_4 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0.5/u_3 + 1/u_4 + 0.5/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + \ldots..+0/u_{27}$
$A_5 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0.5/u_4 + 1/u_5 + 0.5/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + \ldots..+0/u_{27}$
$A_6 = 0/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0.5/u_5 + 1/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + \ldots..+0/u_{27}$, dst….
$A_{27} = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0.5/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + \ldots..+1/u_{27}$

Tabel 3. Fuzzifikasi

No	Bulan	Tahun	Harga Batubara	Fuzzifikasi
1	Januari	2021	75.84	A_1
2	Februari	2021	87.79	A_2
3	Maret	2021	84.47	A_2
4	April	2021	86.68	A_2
5	Mei	2021	89.74	A_2
6	Juni	2021	100.33	A_4
7	Juli	2021	115.35	A_5
8	Agustus	2021	130.99	A_7
9	September	2021	150.03	A_9
10	Oktober	2021	161.63	A_{10}
11	November	2021	215.01	A_{15}
12	Desember	2021	159.79	A_9
13	Januari	2022	158.5	A_9
14	Februari	2022	188.38	A_{12}
15	Maret	2022	203.69	A_{14}
16	April	2022	288.4	A_{22}
17	Mei	2022	275.64	A_{21}
18	Juni	2022	323.91	A_{26}
19	Juli	2022	319	A_{25}
20	Agustus	2022	321.59	A_{26}
21	September	2022	319.22	A_{25}
22	Oktober	2022	330.97	A_{27}
23	November	2022	308.2	A_{24}
24	Desember	2022	281.48	A_{22}

Dari hasil fuzzifikasi dapat disimpulkan bahwa terdapat beberapa data yang memiliki kesamaan nilai fuzzifikasinya dikarenakan berada pada interval yang sama. Data tersebut digolongkan kedalam fuzzy set A_1 hingga A_{27}. Contoh penggolongannya yaitu pada januari 2021 digolongkan dalam A_1 karena harga batubaranya masuk kedalam interval 70-80, begitupun data-data selanjutnya. Hasil dari fuzzifikasi harga batubara dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 4. Fuzzy Logic Relationship

No	Bulan	Tahun	Fuzzy Logic Relationship
1	Januari	2021	-
2	Februari	2021	$A_1 – A_2$
3	Maret	2021	$A_2 - A_2$
4	April	2021	$A_2 - A_2$
5	Mei	2021	$A_2 - A_2$
6	Juni	2021	$A_2 – A_4$
7	Juli	2021	$A_4 – A_5$
8	Agustus	2021	$A_5 – A_7$
9	September	2021	$A_7 – A_9$
10	Oktober	2021	$A_9 – A_{10}$
11	November	2021	$A_{10} – A_{15}$
12	Desember	2021	$A_{15} – A_9$
13	Januari	2022	$A_9 – A_9$
14	Februari	2022	$A_9 – A_{12}$
15	Maret	2022	$A_{12} – A_{14}$
16	April	2022	$A_{14} – A_{22}$
17	Mei	2022	$A_{22} – A_{21}$
18	Juni	2022	$A_{21} – A_{26}$
19	Juli	2022	$A_{26} – A_{25}$
20	Agustus	2022	$A_{25} – A_{26}$
21	September	2022	$A_{26} – A_{25}$
22	Oktober	2022	$A_{25} – A_{27}$
23	November	2022	$A_{27} - A_{24}$
24	Desember	2022	$A_{24} – A_{22}$

3.4 Fuzzy Logic Relationship (FLR) dan Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG)

Variabel yang di hasilkan dapat memiliki hubungan dengan notasi $A_k – A_m$. A_k dapat diartikan sebagai harga batubara masa sekarang (*Current State*) dan A_m dapat diartikan sebagai harga batubara selanjutnya (*Next State*).

Hubungan harga batubara masa sekarang dan masa selanjutnya saling berkaitan yang dinotasikan kedalam fuzzy set $A_k - A_m$. Bulan januari tidak memiliki *Fuzzy Logic Relationship* (FLR) karena tidak di pakainya data harga batubara tahun sebelumnya atau batasan yang di pakai dimulai dari bulan januari tahun 2021. Hasil dari FLR nantinya akan digunakan untuk FLRG. Data hasil penentuan FLR dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 5. FLRG

Current State		Next State
A_1	→	A_2
A_2	→	A_2, A_4
A_4	→	A_5
A_5	→	A_7
A_7	→	A_9
A_9	→	A_9 , A_{10} , A_{12}
A_{10}	→	A_{15}
A_{12}	→	A_{14}
A_{14}	→	A_{22}
A_{15}	→	A_9
A_{21}	→	A_{26}
A_{22}	→	A_{21}
A_{24}	→	A_{22}
A_{25}	→	A_{26} , A_{27}
A_{26}	→	A_{25}
A_{27}	→	A_{24}

Dari hasil penentuan *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG) dapat dilihat terdapat beberapa fuzzy set yang memiliki hubungan lebih dari satu, dimana *current state* memiliki hubungan lebih dari satu *next state*, hal ini dikarenakan pada saat penentuan FLR terdapat beberapa data yang masuk kedalam interval yang sama akan tetapi pada variabel data yang berbeda. Hasil penentuan FLRG dapat dilihat pada Tabel 5.

3.5 Penilaian dan hasil penilaian

Penilaian dilakukan disetiap grup berdasarkan banyaknya kesamaan relasi pada FLRG. Relasi itu sendiri merupakan hubungan dua himpunan A dan B [16]. Dari data yang diperoleh didapatkan hasil penilaian FLRG seperti pada Tabel 6. Hasil dari penilaian hubungan dua himpunan dapat didefinisikan dengan menambahkan jumlah fuzzy yang sama.

Tabel 6. Hasil Penilaian

Current		Next
A_1	→	A_2
A_2	→	(3)A_2, A_4
A_4	→	A_5
A_5	→	A_7
A_7	→	A_9
A_9	→	A_9 , A_{10} , A_{12}
A_{10}	→	A_{15}
A_{12}	→	A_{14}
A_{14}	→	A_{22}
A_{15}	→	A_9
A_{21}	→	A_{26}
A_{22}	→	A_{21}
A_{24}	→	A_{22}
A_{25}	→	A_{26} , A_{27}
A_{26}	→	A_{25}
A_{27}	→	A_{24}

Tabel 7. Defuzzifikasi

FLRG	F(t)	Peramalan
$A_1 \rightarrow A_2$	$\frac{m2}{1}$	85
$A_2 \rightarrow 3(A_2), A_4$	$\frac{(3)m2 + m4}{3+1}$	90
$A_4 \rightarrow A_5$	$\frac{m5}{1}$	115
$A_5 \rightarrow A_7$	$\frac{m7}{1}$	135
$A_7 \rightarrow A_9$	$\frac{m9}{1}$	155
$A_9 \rightarrow A_9, A_{10}, A_{12}$	$\frac{m9 + m10 + m11}{1+1+1}$	168.33
$A_{10} \rightarrow A_{15}$	$\frac{m15}{1}$	215
$A_{12} \rightarrow A_{14}$	$\frac{m14}{1}$	205
$A_{14} \rightarrow A_{22}$	$\frac{m22}{1}$	285
$A_{15} \rightarrow A_9$	$\frac{m9}{1}$	155
$A_{21} \rightarrow A_{26}$	$\frac{m26}{1}$	325
$A_{22} \rightarrow A_{21}$	$\frac{m21}{1}$	275
$A_{24} \rightarrow A_{22}$	$\frac{m22}{1}$	285
$A_{25} \rightarrow A_{26}, A_{27}$	$\frac{m26 + m27}{1+1}$	330
$A_{26} \rightarrow A_{25}$	$\frac{m25}{1}$	315
$A_{27} \rightarrow A_{24}$	$\frac{m24}{1}$	305

3.6 Defuzzifikasi

Penafsiran nilai keanggotaan fuzzy yang hasilnya yaitu keputusan tertentu atau bilangan real disebut juga dengan proses defuzzifikasi [4]. Dalam defuzzifikasi untuk menghitung nilai peramalan masing-masing ada beberapa aturan diantaranya yaitu dengan memberikan nilai berdasarkan perulangan yang terbentuk. Dalam Hubungan satu variabel dengan banyak variabel dapat dinotasikan dengan $A_j - A_1$, A_2,....A_n dan tingkat kepemilikan tertinggi terjadi pada set $u_1, u_2, \dots, u_n$, hasil dari peramalan dapat dihitung berdasarkan rata-rata dari nilai tengah (Tabel 7). Defuzzifikasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

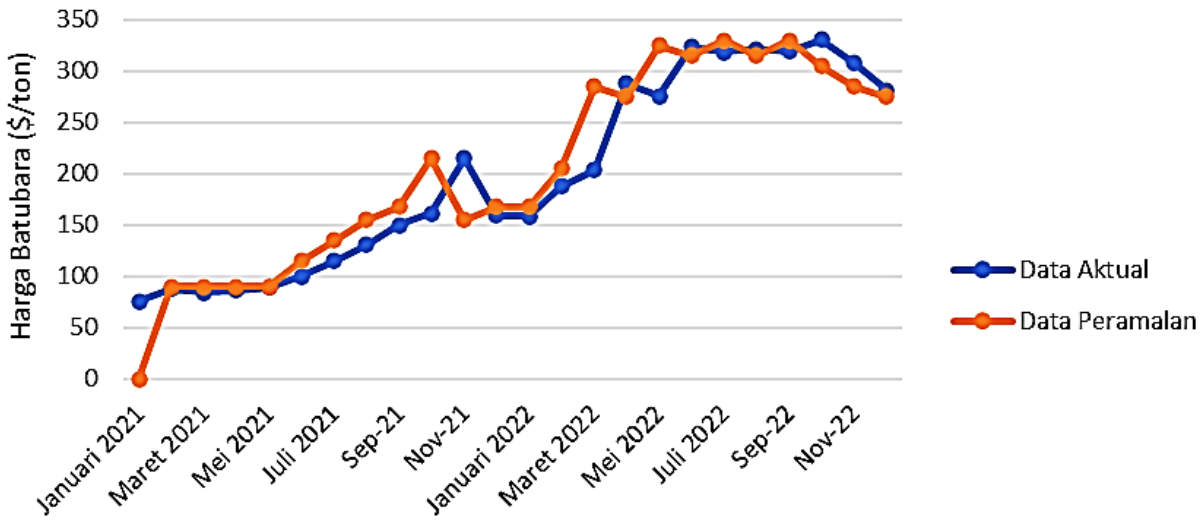
$$\hat{y} = \frac{m_1 + m_2 + \cdots + m_n}{n} \qquad (5)$$

Defuzzifikasi dilakukan dengan cara mendefinisikan FLRG grup menjadi sebuah rumus untuk menghitung rata-rata nilai tengah yang disesuaikan dengan hubungan dua himpunan fuzzy yang telah dibuat. Dari hasil defuzzifikasi dapat diketahui nilai prediksi harga batubara dari tahun 2021-2022 sebagai berikut:

Tabel 8. Prediksi Harga Batubara

No	Bulan	Tahun	Data Aktual	Data Peramalan
1	Januari	2021	75.84	-
2	Februari	2021	87.79	90
3	Maret	2021	84.47	90
4	April	2021	86.68	90
5	Mei	2021	89.74	90
6	Juni	2021	100.33	115
7	Juli	2021	115.35	135
8	Agustus	2021	130.99	155
9	September	2021	150.03	168.33
10	Oktober	2021	161.63	215
11	November	2021	215.01	155
12	Desember	2021	159.79	168.33
13	Januari	2022	158.5	168.33
14	Februari	2022	188.38	205
15	Maret	2022	203.69	285
16	April	2022	288.4	275
17	Mei	2022	275.64	325
18	Juni	2022	323.91	315
19	Juli	2022	319	330
20	Agustus	2022	321.59	315
21	September	2022	319.22	330
22	Oktober	2022	330.97	305
23	November	2022	308.2	285
24	Desember	2022	281.48	275

Dari hasil peramalan dapat diketahui harga peramalan batubara untuk bulan selanjutnya yaitu sebesar 275$/ton. Harga tersebut didapat dari hubungan himpunan fuzzy data desember 2022 yang mejadi nilai peramalan harga batubara januari 2023.



Gambar 1. Grafik Harga Batubara Aktual dan Peramalan

Tabel 9. Kategori Nilai MAPE

Persentase	Kategori
<10%	Sangat Akurat
10 – 20 %	Baik
20 – 50 %	Wajar
50 %	Tidak akurat

3.7 Akurasi Metode Fuzzy Time Series Lee

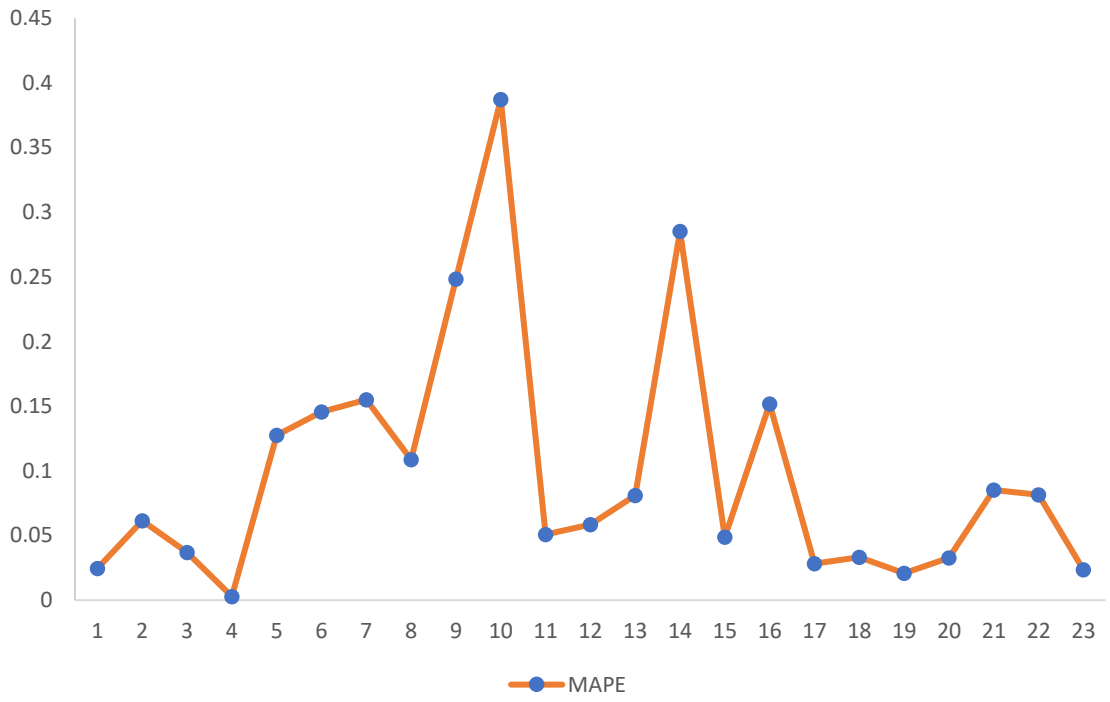
Nilai MAPE, yang merupakan singkatan dari Mean Absolute Percentage Error, adalah salah satu metrik kunci yang sering digunakan dalam bidang statistik dan peramalan untuk mengukur tingkat kesalahan antara nilai yang diramalkan dan nilai sebenarnya. Penggunaan MAPE memberikan gambaran tentang seberapa besar kesalahan relatif yang terjadi dalam sebuah peramalan, yang biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase. Rumus dasar untuk menghitung MAPE didefinisikan sebagai berikut:

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{Di-Fi}{Di}\right| \text{ x } 100\% \qquad (6)$$

$$= 4{,}0378\%$$

Berdasarkan literatur [7], terdapat empat kategori klasifikasi untuk nilai MAPE. Klasifikasi tersebut disajikan secara detail dalam Tabel 9. Setiap kategori pada tabel tersebut merepresentasikan tingkat akurasi dari suatu metode peramalan berdasarkan rentang nilai MAPE-nya.

Nilai MAPE sendiri merupakan salah satu metrik yang sering digunakan untuk menilai akurasi dari metode peramalan. Idealnya, nilai MAPE yang lebih rendah menunjukkan bahwa hasil peramalan yang dihasilkan memiliki tingkat kesalahan yang lebih kecil, sehingga bisa dikatakan lebih akurat. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, ditemukan bahwa nilai MAPE untuk data yang dianalisis adalah 4,0378%. Menariknya, nilai ini termasuk dalam kategori "sangat akurat" sesuai dengan klasifikasi yang ada pada Tabel 9. Untuk lebih memperjelas, visualisasi dari nilai MAPE yang dihasilkan dari 23 data yang telah diolah disajikan pada Gambar 3.



Gambar 2. Grafik Nilai MAPE

4. Kesimpulan

Peramalan harga batubara dari data time series 24 bulan yang lalu dari bulan januari 2021-januari 2022 dapat dihitung dengan metode fuzzy time series lee yang menghasilkan tingkat keakuratan berdasarkan dari nilai MAPE sebesar 4,0378%, termasuk kedalam kategori sangat akurat yaitu < 10% dan dari hasil perhitungan juga bisa didapatkan peramalan harga batubara untuk bulan januari 2023 sebesar 275 $/ton. Dari hasil penelitian dapat digunakan sebagai acuan perhitungan *forecasting* harga batubara yang akan mempengaruhi keputusan akan dijalankannya suatu proyek penambangan. Dari penelitian juga dapat disimpulkan bahwa metode fuzzy time series lee mampu untuk mengkuantifikasi harga batubara yang nilainya tidak pasti dimasa yang akan datang.

Ucapan terima kasih

Penyusunan paper ini tidak luput dari banyak kesalahan, namun atas dukungan dan dorongan dari berbagai pihak, khususnya Prodi Magister Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta., ucapan terima kasih kami sampaikan juga kepada para reviewer jurnal SEMITAN yang telah merekomendasikan penyempurnaan manuskrip kami.

Daftar Pustaka:

[1] Andini, T. D., & Auristandi, P. (2016). Peramalan Jumlah Stok Alat Tulis Kantor Di UD Achmad Jaya Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing. In *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Informasia ASIA (JITIKA)* (Vol. 10, Issue 1).

[2] Arif, S., Aryo P. W., & Fadhila, A. R. (2020). Analisis Pengaruh Ekspor dan Konsumsi Batubara Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara* (Vol. 16, No.2)

[3] Asnawi, & Sukarna. (2006). *Analisis Deret Waktu: Teori dan Aplikasi*. Andira Publisher.

[4] Bova, S., Codara, P., Maccari, D., & Marra, V. (n.d.). *A Logical Analysis of Mamdani-type Fuzzy Inference, I Theoretical Bases*.

[5] Brillinger, D. R. (2015). Time Series : General. In *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences : Second Edition* (Second Edi, Vol.23). Elsevier.

[6] Dr. Priyono, M. (2016). Metode Penelitian Kuantitatif. Sidoarjo: Zifatama Publishing.

[7] Handayani, L., & Anggriani, D. (2015). Perbandingan Model Chen Dan Model Lee Pada Metode Fuzzy Time Series Untuk Prediksi Harga Emas. In *Jurnal Pseudocode* (Vol. 2, Issue 1).

[8] Jay, H., & Render, B. (2015). *Operation Management*. Ed.11

[9] Lewis, C. D. (1982). *Industrial and business forecasting methods: a practical guide to exponential smoothing and curve fitting*. Boston: Butterworth Scientific.

[10] Makridakis, Wheelwright, & McGee. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Binarupa Aksara.

[11] Mohammad Reza febrino, Dony Permana, Syafriandi, & Nonong Amalita. (2023). Comparison of Forecasting Using Fuzzy Time Series Chen Model and Lee Model to Closing Price of Composite Stock Price Index. *UNP Journal of Statistics and Data Science*, *1*(2), 74–81.

[12] 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.

[13] Pajriati, N. H., Kurniati, E., & Suhaedi, D. (2021). Penerapan Metode Average Based Fuzzy Time Series Lee Untuk Peramalan Harga Emas Di PT. X. *Jurnal Riset Matematika*, *1*(1), 73–81.

[14] Robinson, G. M., & Sciences, S. (2020). Time Series Analysis. In *International Encyclopedia of Human Geography* (Second Edi, Vol.13). Elsevier.

[15] Ross, T. J. (2010). Front Matter. In *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. Wiley.

[16] Runtunuwu, P., C., H., & M. Kotib. (2021). *Matematika Ekonomi*. Solok. Mitra Cendekia Media.

[17] Widodo, Prabowo Pudjo, & Rahmadya Trias. (2009). *Penerapan Soft Computing dengan Matlab*. Bandung: Rekayasa Sains.