

Penerapan Metode *Average Based Length Fuzzy Time Series Lee* Untuk Prediksi Kecepatan Angin Di Kabupaten Natuna

Dela Nifari¹, Nurfalinda², Muhamad Radzi Rathomi³

^{1,3}Department of Informatics Engineering, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Jan 21, 2025

Revised Nov 10, 2025

Accepted Jan 29, 2026

Keywords:

FTS

Average Based Length

Wind Speed

FTS Lee

Prediction

ABSTRACT

Wind speed is an important parameter that greatly affects the safety of maritime activities, especially in Natuna Regency, a strategic area with significant marine potential. This study aims to predict wind speed in Natuna using the Average-Based Length Fuzzy Time Series Lee method. The main variable is the daily average wind speed (m/s), predicted based on historical data. Data were obtained from the BMKG Ranai Meteorological Station for the period from 1 January 2023 to 31 December 2023, totaling 365 data points. The methodology includes determining the average-based interval length, constructing fuzzy sets, forming Fuzzy Logical Relationships (FLRs), grouping these into Fuzzy Logical Relationship Groups (FLRGs), and performing defuzzification to generate predictions. Accuracy was assessed using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE). The 2023 forecast results showed a MAPE of 24.42%, indicating that this method provides a fairly good level of forecast accuracy for wind speed in Natuna Regency.

Copyright © 2025 Universitas Indraprasta PGRI.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Nurfalinda

Department of Informatics Engineering,

Universitas Maritim Raja Ali Haji,

Jl. Politeknik – Senggarang, Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau.

Email: nurfalinda.inda@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Kecepatan angin adalah parameter meteorologi penting yang menggambarkan pergerakan udara dari daerah bertekanan tinggi ke rendah dan dapat diukur menggunakan anemometer. Parameter ini memengaruhi aktivitas maritim, seperti pelayaran dan perikanan, serta kondisi cuaca [31]. Kabupaten Natuna, bagian dari Kepulauan Riau yang terdiri dari ribuan pulau, memiliki posisi strategis sebagai jalur pelayaran internasional dan pusat sumber daya kelautan [30] [22]. Informasi kecepatan angin sangat dibutuhkan untuk mendukung keselamatan dan efisiensi kegiatan maritim di wilayah tersebut.

Kecepatan angin yang tinggi dapat memengaruhi perubahan iklim, menyebabkan kenaikan gelombang laut, dan berdampak langsung pada aktivitas nelayan [9]. Kecepatan angin yang dinamis menjadikannya sulit untuk diprediksi dengan tepat [23]. Oleh karena itu, prediksi kecepatan angin menjadi langkah penting dalam mengantisipasi dampak negatif sekaligus mengoptimalkan manfaatnya.

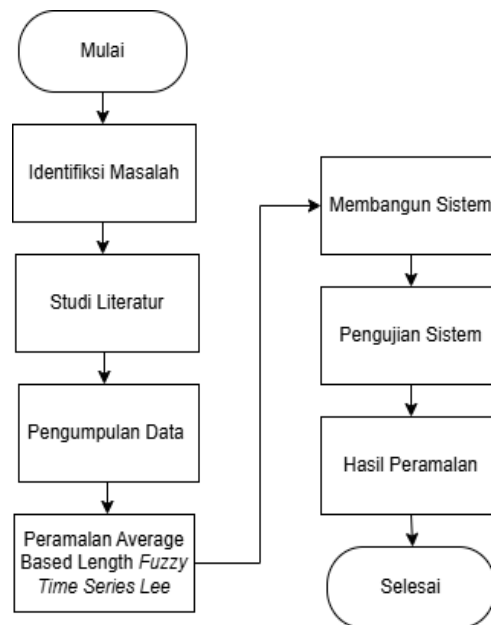
Salah satu metode yang relevan adalah analisis runtun waktu. Meski metode seperti ARIMA dan SARIMA umum digunakan, metode ini memiliki keterbatasan, seperti kebutuhan data historis besar dan asumsi tertentu [11]. Sebagai alternatif, metode *Fuzzy Time Series* (FTS) menawarkan pendekatan fleksibel dengan kemampuan menangani data stasioner maupun non-stasioner tanpa memerlukan data historis yang besar [21].

Model Lee dari FTS, yang merupakan perkembangan dari model Song dan Chissom, serta model Cheng dan Chen, memberikan hasil prediksi yang lebih akurat untuk pola data kompleks[10].

Penelitian sebelumnya menunjukkan keunggulan metode *Average Based Length Fuzzy Time Series Lee*. [5] Membandingkan model FTS Chen dan Lee pada prediksi produksi kelapa sawit di Kalimantan Timur pada bulan Desember 2019. Variabel yang digunakan adalah data produksi Kelapa Sawit di Kalimantan Timur. Penelitian ini menggunakan data produksi Kelapa Sawit di Kalimantan Timur pada bulan Januari 2017 hingga November 2019. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model Lee memiliki tingkat akurasi MAPE sebesar 3,25% dengan hasil peramalan produksi kelapa sawit bulan Desember 2019 adalah 324,659 ribu ton, sedangkan model chen menghasilkan prediksi produksi kelapa sawit pada bulan Desember 2019 adalah 322, 659 ribu ton. Berdasarkan nilai MAPE tersebut maka hasil peramalan dengan metode FTS lee memiliki nilai tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan model chen dalam prediksi produksi kelapa sawit di Kalimantan Timur. [25]Melakukan penelitian dengan metode *Average Based Length Fuzzy Time Series* dan *Long Short-Term Memory* untuk meramalkan harga komoditi kopi Arabika Sumatera Utara, dikarenakan komoditi kopi sering mengalami fluktuasi harga yang disebabkan oleh ketidakseimbangan antara permintaan dengan persediaan kopi. Data yang digunakan adalah data historis harga Kopi Arabika Utara pada bulan Januari 2020 sampai Agustus 2021, dengan variabel utama yang dianalisis adalah harga kopi. Hasil penelitian tersebut menemukan bahwa metode FTS berbasis rata-rata menghasilkan MAPE 0,016, lebih kecil dibandingkan metode *Long Short-Term Memory* (LSTM) dengan MAPE 0,06, yang disimpulkan bahwa metode *Average Based Length Fuzzy Time Series* memiliki akurasi yang lebih baik dalam meramalkan harga Kopi Arabika Sumatera Utara dibandingkan dengan metode *Long Short-Term Memory* (LSTM).

Berdasarkan pernyataan diatas menunjukkan potensi besar metode FTS dalam peramalan, maka pada penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Fuzzy Time Series Lee dengan *Average Based Length Model* untuk memprediksi kecepatan angin di Kabupaten Natuna. Data yang digunakan adalah data kecepatan angin rata-rata harian tahun 2023 dari BMKG Stasiun Meteorologi Ranai. Penelitian ini juga mengevaluasi *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebagai indikator akurasi. Hasil penelitian diharapkan memberikan informasi yang bermanfaat, khususnya untuk mendukung keselamatan dan efisiensi kegiatan maritim di Natuna, sekaligus berkontribusi pada pengembangan metode prediksi berbasis runtun waktu.

2. METODOLOGI



Gambar 1. Prosedur Penelitian

2.1 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan referensi dan informasi yang relevan dengan topik penelitian, yaitu prediksi kecepatan angin, untuk memperdalam pemahaman metode yang digunakan. Tahap awal meliputi studi literatur terkait teori *Average Based Length Fuzzy Time Series Lee* dan penelitian-penelitian sebelumnya dalam bidang prediksi cuaca khususnya prediksi kecepatan angin. Setelah memahami dasar teori yang digunakan, tahap selanjutnya adalah pengumpulan data sekunder dari sumber resmi, yaitu data kecepatan

angin rata-rata yang diperoleh dari situs Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Meteorologi Ranai yang merupakan sumber data yang kredibel dan representatif untuk kebutuhan penelitian.

Data yang diperoleh kemudian diunduh dan diperiksa secara teliti untuk memastikan kelengkapannya dalam rentang waktu yang telah ditentukan, yaitu dari 1 Januari 2023 hingga 31 Desember 2023, dengan total 364 data harian. Data ini akan diproses lebih lanjut menggunakan metode *Average Based Length Fuzzy Time Series Lee* untuk menghasilkan prediksi kecepatan angin. Alur penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.

2.2 Analisis Data

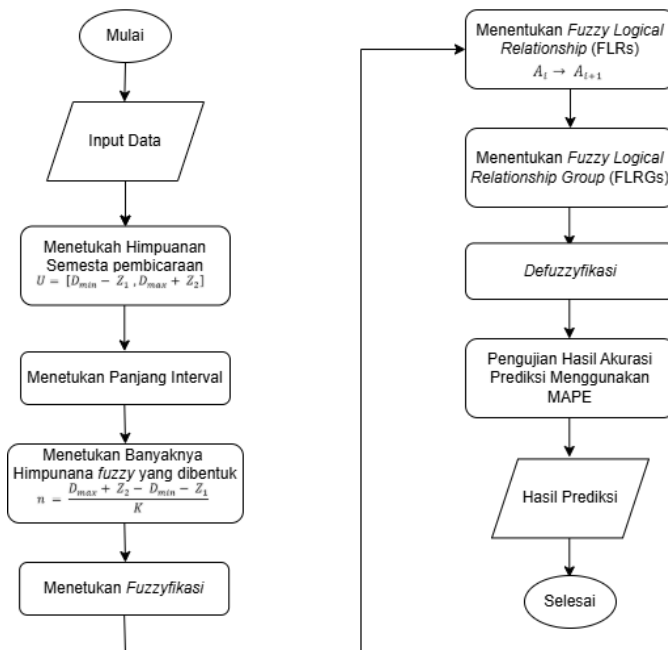
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang memanfaatkan data numerik kecepatan angin rata-rata Kabupaten Natuna periode 1 Januari 2023 hingga 31 Desember 2023, diperoleh dari data historis Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Meteorologi Ranai. Data tersebut diolah untuk menghasilkan prediksi menggunakan metode *Average Based Fuzzy Time Series Lee (ABFTS)*.

2.3 Average Based Length Fuzzy Time Series Lee

[32] *Fuzzy Time Series (FTS)* merupakan metode peramalan berbasis konsep himpunan fuzzy yang diperkenalkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993. *FTS* digunakan untuk menganalisis pola data masa lalu dan memprediksi data di masa depan tanpa membutuhkan asumsi kestasioneran data seperti pada metode peramalan konvensional [15]. [11] menjelaskan bahwa *FTS* berbeda dari metode *time series* lainnya karena menggunakan nilai linguistik dalam proses peramalan.

[26] Menjelaskan bahwa panjang interval berpengaruh pada pembentukan fuzzy relationship yang mempengaruhi hasil peramalan, sehingga penentuan panjang interval yang tepat sangat penting. Metode *Average Based* efektif untuk menentukan panjang interval. Metode *Fuzzy Time Series Lee* merupakan pengembangan dari metode *FTS* Song dan Chissom, yang membedakan dirinya dengan pembentukan *Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)* untuk meningkatkan akurasi peramalan [7] [17].

Tahapan prediksi dengan metode *Average Based Fuzzy Time Series Lee* digambarkan dalam flowchart berikut.



Gambar 2. Flowchart *Average Based Length FTS Lee*

Berikut Langkah-langkah peramalan *Average Based Length Fuzzy Time Series Lee* [24].

- a. Pembentukan himpunan semesta pembicaraan atau *universe Discourse (U)*.

$$U = [D_{min} - Z_1, D_{max} + Z_2] \tag{1}$$

Dimana :

D_{min} = nilai terendah data aktual

D_{max} = nilai tertinggi data aktual

Z_1 = bilangan positif sembarang yang ditentukan oleh peneliti

Z_2 = bilangan positif sembarang yang ditentukan oleh peneliti.

- b. Hitung rata-rata selisih absolut data.

$$Mean = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} |D_{t+1} - D_t|}{N - 1} \quad (2)$$

- c. Menentukan basis interval yang sesuai dengan persamaan berikut.

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

Dimana :

K = basis interval

Nilai basis interval beserta jangkauan setiap basisnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Basis Interval

Jangkauan	Basis
0,01 – 1,0	0,1
1,10 – 10	1
11 – 100	10
101 – 1000	100
1001 – 10.000	1.000

- d. Lakukan pembulatan pada nilai yang diperoleh dari perhitungan langkan keempat (K) dengan basis yang disesuaikan. Angka inilah yang akan digunakan sebagai panjang interval.

- e. Menentukan Panjang interval himpunan semesta

$$n = \frac{D_{max} + Z_2 - D_{min} - Z_1}{K} \quad (4)$$

- f. Menentukan nilai batas bawah (L_t) batas atas (T_t) dan nilai tengah (m_t) himpunan fuzzy pertama A_i

$$L_t = D_{min} - Z_1 \quad (5)$$

Dimana :

D_{min} = nilai terendah data aktual

Z_1 = bilangan positif sembarang yang ditentukan oleh peneliti

1. Batas bawah himpunan fuzzy kedua A_2 diperoleh dengan cara menambahkan nilai batas bawah kelas pertama ditambah dengan nilai panjang interval, dan begitu seterusnya hingga terbentuk n himpunan fuzzy.

2. Batas atas pada kelas pertama adalah bilangan di sebelah kiri kelas kedua atau hasil perhitungan penambahan nilai batas bawah kelas pertama ditambah dengan nilai panjang interval dan seterusnya.

3. Nilai tengah atau median dari setiap kelas yang terbentuk, dihitung dengan menjumlahkan nilai batas atas dan batas bawah kemudian dibagi 2.

$$m_t = \frac{T_t - L_t}{2} \quad (6)$$

- g. Mendefinisikan derajat keanggotaan himpunan fuzzy dan melakukan *Fuzzyfikasi*.

Fuzzyfikasi merupakan proses mengubah data bernilai tegas (numeris) menjadi variabel linguistik menggunakan nilai keanggotaan yang disimpan pada basis pengetahuan fuzzy. Pendefinisian himpunan fuzzy A_i (A_i merupakan *fuzzyfikasi* ke- i) melalui nilai keanggotaan. Pendefinisian himpunan fuzzy pada melalui nilai keanggotaan. Nilai keanggotaan dari himpunan fuzzy u_i disederhanakan dengan nilai diantara 0, 0,5, dan 1, dimana $1 \leq i \leq n$, n adalah banyaknya

himpunan fuzzy. Pendefinisian derajat keanggotaan himpunan fuzzy terhadap A_i dapat dilihat pada persamaan 7.

$$\mu_{A_i}(u_i) = \begin{cases} 1 & \text{jika } i = i \\ 0,5 & \text{jika } i = i - 1 \text{ atau } i = i + 1 \\ 0 & \text{yang lainnya} \end{cases} \tag{7}$$

Dari persamaan 7 tersebut menghasilkan pendefinisian himpunan *fuzzy* pada persamaan 8 berikut.

$$\begin{aligned} \mu_{A_i}(u_i) &= 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 \dots + 0/u_n \\ \mu_{A_i}(u_i) &= 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 \dots + 0/u_n \\ \mu_{A_i}(u_i) &= 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 \dots + 0/u_n \\ &\vdots \\ \mu_{A_i}(u_i) &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 \dots + 1/u_n \end{aligned} \tag{8}$$

Dimana u_i ($i = 1,2,\dots, n$) adalah himpunan fuzzy ke- i dan bilangan yang diberi simbol “/” menyatakan nilai keanggotaan u_i dalam suatu A_i ($1,2,\dots, n$) yang nilainya ialah 0, 0,5, atau 1.

h. Membuat *Fuzzy Logical Relationship* (FLRs)

Fuzzy Logical Relationship (FLRs) adalah menentukan relasi logika *fuzzy* antara dua nilai linguistik yang berurutan.

$$A_i \rightarrow A_{i+1} \tag{9}$$

i. Membuat *Fuzzy Logical Relationships Group* (FLRGs)

FLRGs adalah pengelompokan hasil *fuzzyfikasi* yang memiliki *current state* yang sama. Pada model *lee* hasil FLRGs dituliskan secara keseluruhan walaupun memiliki *current state* yang sama, sedangkan pada model FTS lainnya apabila terdapat perulangan FLRs hanya dituliskan salah satunya saja pada FLRGs. Misalnya : FLRG dari *current state* $A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_2$ dan $A_1 \rightarrow A_3$, maka FLRGs dari FLRs tersebut pada metode *lee* dikelompokkan menjadi : $A_1 \rightarrow A_2, A_2, A_3$.

j. *Defuzzyfikasi*

Defuzzyfikasi yaitu mengubah nilai linguistik menjadi nilai tegas (numerik). Aturan *defuzzyfikasi* pada metode FTS *lee* yaitu :

1. Jika fuzzy set adalah A_i dan FLRGs A_i kosong ($A_i \rightarrow$), maka prediksinya adalah m_i

$$\hat{y}^t(1) = m_1 \tag{10}$$

2. Jika fuzzy set adalah A_i dan FLRGs hanya A_j ($A_i \rightarrow A_j$), maka prediksinya adalah m_j .

$$\hat{y}^t(1) = m_j \tag{11}$$

3. Jika fuzzy set adalah A_i dan FLRGs memiliki banyak fuzzy output $A_{j1}, A_{j2}, A_{j3} \dots A_{jn}$ ($A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, A_{j3} \dots A_{jn}$), maka prediksinya adalah rata-rata nilai tengah semua outputnya.

$$\hat{y}^t(1) = \frac{1}{p} m_j + \frac{1}{p} m_k + \frac{1}{p} m_l \tag{12}$$

2.4 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan ukuran persentase kesalahan rata-rata secara mutlak (*absolute*). Nilai MAPE yang semakin kecil maka semakin akurat teknik peramalan tersebut dan sebaliknya. Rumus MAPE sebagai berikut [24]:

$$MAPE = \left(\frac{1}{N} \sum_{t=1}^n \left| \frac{D_t - Y_t}{D_t} \right| \right) \times 100\% \quad (13)$$

Table 2. Rentang Nilai MAPE

Range MAPE	Arti Nilai
<10%	Sangat Baik
10% - 20%	Baik
20% - 50%	Cukup Baik
>50%	Kurang

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

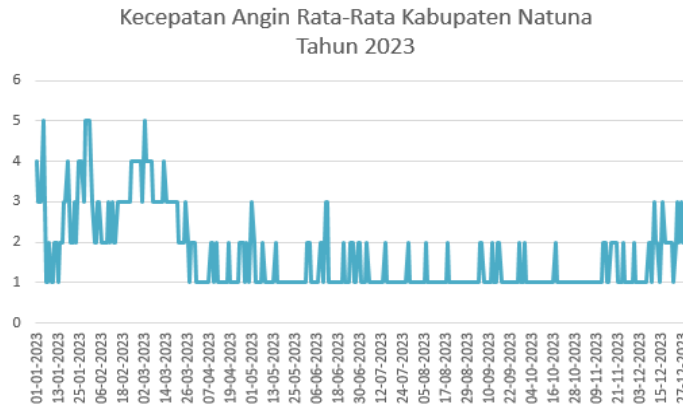
3.1 Identifikasi dan Analisis Data Kecepatan Angin

Data yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin terdiri dari serangkaian data kecepatan angin rata-rata harian dalam periode 1 Januari 2023 sampai 31 Desember 2023, dengan total 365 data. Setiap data mencakup dua atribut utama, yaitu tanggal dan kecepatan angin (m/s). Tabel dibawah ini memberikan gambaran singkat mengenai data kecepatan angin rata-rata dalam satuan m/s.

Table 3. Data Kecepatan Angin

No	Tanggal	Kecepatan Angin (m/s)
1.	01-01-2023	4
2.	02-01-2023	3
3.	03-01-2023	3
4.	04-01-2023	4
5.	05-01-2023	5
7.	07-01-2023	1
8.	08-01-2023	2
9.	09-01-2023	1
.	.	.
.	.	.
.	.	.
360.	26-12-2023	3
361.	27-12-2023	2
362.	28-12-2023	2
363.	29-12-2023	3
364.	30-12-2023	2
365.	31-12-2023	3

Dari Tabel ditampilkan plot *time series* untuk mengetahui pergerakan pola data, serta dapat dilihat titik terendah dan tertinggi pada pola data kecepatan angin rata-rata. Plot *time series* data kecepatan angin rata-rata ditunjukkan pada grafik berikut.



Gambar 3. Plot Data Kecepatan Angin

Dari plot data kecepatan angin rata-rata yang ditampilkan, terlihat adanya fluktuasi harian yang tidak teratur. Pola fluktuasi menunjukkan perubahan yang tajam dalam data kecepatan angin rata-rata dari hari ke hari. Selain itu, terlihat adanya pola yang berulang, dimana dapat dilihat bahwa terdapat periode dengan kecepatan angin yang tinggi diikuti oleh periode dengan penurunan kecepatan angin yang konsisten. Hal ini mengindikasikan adanya kemungkinan pola siklis dalam data tersebut. Pola siklis terjadi ketika data terjadi ketika fluktuasi data yang berulang secara teratur atau tidak teratur dalam periode tertentu. Dari analisis data, dapat diketahui kecepatan angin rata-rata terendah adalah 1 m/s dan rata-rata kecepatan angin tertinggi yaitu 5 m/s. Data yang digunakan mencakup rentang waktu 1 Januari 2023 hingga 31 Desember 2023 sub pokok bahasan ditulis dengan jenis huruf *Time New Roman* 10pt yang dicetak tebal. Penomoran judul menggunakan angka arab. Setiap huruf awal setiap kata pada judul sub pokok bahasan ditulis dalam huruf besar.

3.2 Analisis Hasil Prediksi Average Based Length Fuzzy Time Series Lee

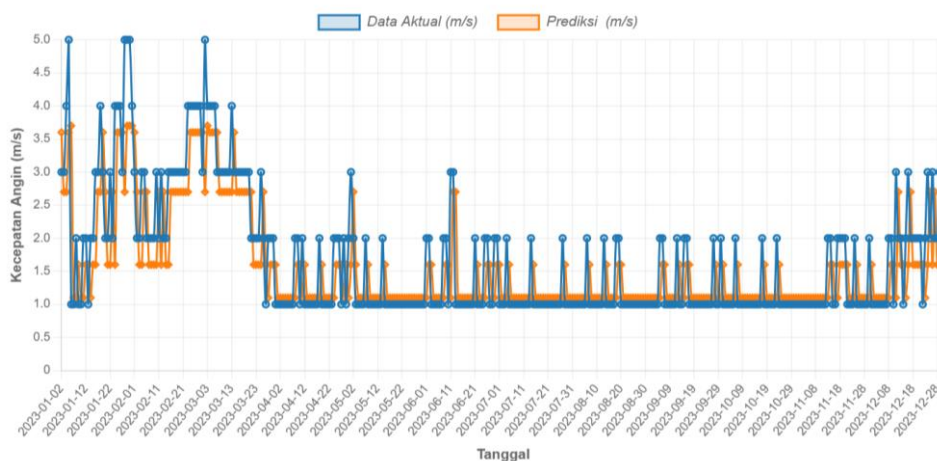
Hasil prediksi kecepatan angin diperoleh dengan menerapkan beberapa proses pada metode *Average Based Length Fuzzy Time Series Lee*. Proses tersebut meliputi penentuan panjang interval, pembentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLRs), pengelompokan *Fuzzy Logical Relationships Group* (FLRGs), dan defuzzyfikasi. Hasil prediksi kecepatan angin dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Table 4. Hasil Prediksi Average Length Based Fuzzy Time Series Lee

NO.	Tanggal	Kecepatan Angin (m/s)	Prediksi	MAPE
1.	01-01-2023	4	-	-
2.	02-01-2023	3	3,6	20%
3.	03-01-2023	3	2,7	10%
4.	04-01-2023	4	2,7	32,5%
5.	05-01-2023	5	3,6	28%
6.	06-01-2023	1	3,7	270%
7.	07-01-2023	1	1,1	10%
8.	08-01-2023	2	1,1	45%
9.	09-01-2023	1	1,6	60%
.
.
.
360.	26-12-2023	3	1,6	46,67%
361.	27-12-2023	2	2,7	35%
362.	28-12-2023	2	1,6	20%
363.	29-12-2023	3	1,6	46,67%
364.	30-12-2023	2	2,7	35%
365.	31-12-2023	3	1,6	46,67%
		Rata-rata		24.42%

Hasil evaluasi hasil prediksi yang dilakukan terhadap data kecepatan angin dengan menggunakan *Mean Percentage Error* (MAPE) sebagai matrik untuk mengukur *persentase* kesalahan rata-rata dari nilai prediksi terhadap data aktual. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh hasil MAPE sebesar 24,42% dengan tingkat akurasi sebesar 75,58%, yang menunjukkan bahwa metode *Average Based Length Fuzzy Time Series Lee* memiliki tingkat akurasi peramalan yang **cukup baik** untuk memprediksi kecepatan angin di Kabupaten Natuna.

Perbandingan hasil prediksi kecepatan angin antara data aktual dan hasil prediksi metode *Average Based Length Fuzzy Time Series Lee* dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 4. Plot Perbandingan Data Aktual dan Hasil Prediksi

3.3 Analisis Akurasi Prediksi Average Based Length Fuzzy Time Series Lee

Berikut adalah analisis akurasi prediksi menggunakan metode *Average Based Fuzzy Time Series Lee* dengan menggunakan data kecepatan angin setiap bulan sepanjang tahun 2023, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Table 5. Hasil Pengujian

Bulan (2023)	Akurasi Prediksi
Januari	60,33%
Februari	83,95%
Maret	83,56%
April	72,59%
Mei	95,67%
Juni	68,74%
Juli	87,5%
Agustus	84,5%
September	80,52%
Oktober	87,5%
November	78,97%
Desember	68,67%

Berdasarkan pengujian tingkat akurasi kecepatan angin menggunakan data per bulan pada tahun 2023 dengan metode *Average Based Fuzzy Time Series Lee*, hasil akurasi terbaik diperoleh pada bulan Mei dengan nilai sebesar 95,67%. Sebaliknya, akurasi terendah terjadi pada bulan Januari dengan dengan nilai sebesar 60,33%. Dengan rata-rata keseluruhan dengan nilai MAPE sebesar 24,42%, dan tingkat akurasi sebesar 75,58%, yang menunjukkan bahwa metode *Average Based Fuzzy Time Series Lee* memiliki tingkat akurasi yang cukup baik.

Perbedaan panjang interval yang terbentuk terbukti sangat mempengaruhi tingkat akurasi dan tingkat error. Hasil pengujian menunjukkan bahwa bulan Mei, dengan tingkat akurasi terbaik, memiliki panjang interval sebesar 0,1. Sementara itu, bulan Januari, dengan tingkat akurasi yang kurang baik, memiliki panjang interval sebesar 0,4. Dalam hal ini, dapat disimpulkan bahwa panjang interval yang lebih kecil memungkinkan model dapat menangkap pola data dengan lebih baik, sedangkan interval yang lebih besar cenderung tidak dapat menangkap pola fluktuasi pada data, seperti kenaikan atau penurunan pada data.

3.4 Analisis Perbandingan Akurasi Prediksi Berdasarkan Variasi Nilai Z_1 dan Z_2

Pada pembahasan ini, peneliti melakukan analisis variasi nilai Z_1 dan Z_2 yang berbeda terhadap hasil MAPE dan akurasi prediksi kecepatan angin dengan metode *Average Based Length Fuzzy Time Series Lee*. Pengujian ini dilakukan dengan tiga variasi nilai Z_1 dan Z_2 .

1. Variasi 1 : $Z_1 = 0,5$, $Z_2 = 0,5$
2. Variasi 2 : $Z_1 = 1$, $Z_2 = 0,5$
3. Variasi 3 : $Z_1 = 0,02$, $Z_2 = 0,02$

Setiap variasi nilai Z_1 dan Z_2 tersebut dianalisis secara terpisah untuk melihat bagaimana perubahan nilai Z_1 dan Z_2 memengaruhi nilai MAPE dan tingkat akurasi prediksi. Berikut adalah pembahasan hasil prediksi dari masing-masing variasi nilai Z_1 dan Z_2 :

1. Pengujian dengan variasi 1

Pada pengujian ini, menerapkan nilai $Z_1 = 0,5$ dan $Z_2 = 0,5$.

Table 6. Hasil Pengujian dengan nilai $Z_1 = 0,5$ dan $Z_2 = 0,5$

NO.	Tanggal	Kecepatan Angin (m/s)	Prediksi	MAPE
1.	01-01-2023	4	-	-
2.	02-01-2023	3	3,7	23,33%
3.	03-01-2023	3	2,8	6,67%
4.	04-01-2023	4	2,8	30%
5.	05-01-2023	5	3,7	26%
6.	06-01-2023	1	3,8	280%
7.	07-01-2023	1	1,2	20%
8.	08-01-2023	2	1,2	40%
9.	09-01-2023	1	1,7	70%
.
.
.
360.	26-12-2023	3	1,7	43,33%
361.	27-12-2023	2	2,8	40%
362.	28-12-2023	2	1,7	15%
363.	29-12-2023	3	1,7	43,33%
364.	30-12-2023	2	2,8	40%
365.	31-12-2023	3	1,7	43,33%
		Rata-rata		29.03%

Hasil evaluasi hasil prediksi yang dilakukan dengan nilai $Z_1 = 0,5$ dan $Z_2 = 0,5$ terhadap data kecepatan angin dengan menggunakan *Mean Percentage Error* (MAPE) sebagai matrik untuk mengukur *persentase* kesalahan rata-rata dari nilai prediksi terhadap data aktual. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh hasil MAPE sebesar 29,03% dengan tingkat akurasi sebesar 70,97%,.

2. Pengujian dengan variasi 2

Pada pengujian ini, menerapkan nilai $Z_1 = 1$ dan $Z_2 = 0,5$.

Table 7. Hasil pengujian dengan nilai $Z_1 = 1$ dan $Z_2 = 0,5$

NO.	Tanggal	Kecepatan Angin (m/s)	Prediksi	MAPE
1.	01-01-2023	4	-	-
2.	02-01-2023	3	3,6	20%
3.	03-01-2023	3	2,7	10%
4.	04-01-2023	4	2,7	32,5%
5.	05-01-2023	5	3,6	28%

NO.	Tanggal	Kecepatan Angin (m/s)	Prediksi	MAPE
6.	06-01-2023	1	3,7	270%
7.	07-01-2023	1	1,1	10%
8.	08-01-2023	2	1,1	45%
9.	09-01-2023	1	1,6	60%
.	.	.		
.	.	.		
.	.	.		
360.	26-12-2023	3	1,6	46,67%
361.	27-12-2023	2	2,7	35%
362.	28-12-2023	2	1,6	20%
363.	29-12-2023	3	1,6	46,67%
364.	30-12-2023	2	2,7	35%
365.	31-12-2023	3	1,6	46,67%
Rata-rata				24,42%

Hasil evaluasi hasil prediksi yang dilakukan dengan nilai $Z_1 = 1$ dan $Z_2 = 0,5$ terhadap data kecepatan angin menggunakan *Mean Percentage Error* (MAPE) sebagai matrik untuk mengukur *persentase* kesalahan rata-rata dari nilai prediksi terhadap data aktual. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh hasil MAPE sebesar 24,42% dengan tingkat akurasi sebesar 75,58%,

3. Pengujian dengan variasi 3

Pada pengujian ini, menerapkan nilai $Z_1 = 0,02$ dan $Z_2 = 0,02$.

Table 8. Hasil pengujian dengan nilai $Z_1 = 0,02$ dan $Z_2 = 0,02$

NO.	Tanggal	Kecepatan Angin (m/s)	Prediksi	MAPE
1.	01-01-2023	4	-	-
2.	02-01-2023	3	3,7	23,33%
3.	03-01-2023	3	2,9	3,33%
4.	04-01-2023	4	2,9	27,5%
5.	05-01-2023	5	3,7	26%
6.	06-01-2023	1	3,9	290%
7.	07-01-2023	1	1,3	30%
8.	08-01-2023	2	1,3	35%
9.	09-01-2023	1	1,8	80%
.	.	.		
.	.	.		
.	.	.		
360.	26-12-2023	3	1,8	40%
361.	27-12-2023	2	2,7	35%
362.	28-12-2023	2	1,8	10%
363.	29-12-2023	3	1,8	40%
364.	30-12-2023	2	2,9	45%
365.	31-12-2023	3	1,8	40%
Rata-rata				33,65%

Hasil evaluasi hasil prediksi yang dilakukan dengan nilai $Z_1 = 0,02$ dan $Z_2 = 0,02$ terhadap data kecepatan angin dengan menggunakan *Mean Percentage Error* (MAPE) sebagai matrik untuk mengukur *persentase* kesalahan rata-rata dari nilai prediksi terhadap data aktual. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh hasil MAPE sebesar 33,65% dengan tingkat akurasi sebesar 66,35%,.

Berikut hasil akurasi MAPE dari evaluasi prediksi kecepatan angin dengan metode *Average Based Length Fuzzy Time Series Lee* yang dilakukan dengan menggunakan 3 variasi nilai Z_1 dan Z_2 .

Table 9. Hasil pengujian variasi Z_1 dan Z_2

Z_1 dan Z_2	MAPE
$Z_1 = 0,5$, $Z_2 = 0,5$	29,03%
$Z_1 = 1$, $Z_2 = 0,5$	24,42%
$Z_1 = 0,02$, $Z_2 = 0,02$	33,65%

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian, Metode *Average Based Length Fuzzy Time Series Lee* dapat memprediksi kecepatan angin di Kabupaten Natuna dengan cukup baik. Hal ini ditunjukkan dengan hasil nilai MAPE sebesar 24,42%, dan tingkat akurasi sebesar 75,58%, yang mana perbedaan antara nilai aktual kecepatan angin dan nilai kecepatan angin hasil prediksi tidak terlalu besar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode ini dapat digunakan sebagai alat bantu prediksi dalam pengambilan keputusan terkait perencanaan aktivitas maritim di wilayah Kabupaten Natuna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. F. Affan, A. G. Abdullah, and W. Surya, "Forecasting of wind speed using Exponential Smoothing and Artificial Neural Networks (ANN)," *Proc. Int. Journal of Physics: Conference Series*, 2019.
- [2] M. N. Alamsyah and E. M. Nitha, "Prediksi Harga Jual Ikan Nila Di Wilayah Kabupaten Musi Rawas Dengan Metode Fuzzy Time Series (Studi Kasus : Dinas Perikanan Kabupaten Musi Rawas)," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Komunikasi (JTik)*, vol. 13, no. 1, pp. 1–11, 2021.
- [3] A. Halawani, Sutjiano, and M. Irawaty, "Analisis prakiraan kecepatan angin dengan menggunakan artificial neural network," *Proc. Int. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kedirgantaraan*, Dec. 2020.
- [4] L. Handayani and A. Darni, "Perbandingan Model Chen Dan Model Lee Pada Metode Fuzzy Time Series Untuk Prediksi Harga Emas," *Jurnal Pseudocode*, vol. 2, no. 1, pp. 28–36, 2015.
- [5] Ipan, Syaripudin, and D. A. Nohe, "Perbandingan Model Chen Dan Model Lee Pada Metode Fuzzy Time Series Untuk Peramalan Produksi Kelapa Sawit Provinsi Kalimantan Timur," *Proc. Int. Prosiding Seminar Nasional Matematika, Statistika, dan Aplikasinya*, Samarinda, Indonesia, May 2022.
- [6] D. Ispriyanti, A. Prahutama, Tarno, B. Warsisto, H. Yasin, and P. Anggara, "Perbandingan Model Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Algoritma Levenberg-Marquadt Dan Powell-Beale Conjugate Gradient pada Kecepatan Angin Rata-Rata Di Kota Semarang," *Statistika*, vol. 8, no. 2, pp. 127–133, 2020.
- [7] V. Komaria, N. El Maidah, and M. A. Furqon, "Prediksi Harga Cabai Rawit di Provinsi Jawa Timur Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Model Lee," *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, vol. 12, no. 2, pp. 37–47, 2023.
- [8] M. H. Lee, R. Efendi, and Z. Ismail, "Modified Weighted for Enrollment Forecasting Based on Fuzzy Time Series," *MATEMATIKA*, vol. 25, no. 1, pp. 67–78, 2009.
- [9] Lusiani, A. Hendrawan, and Wahikun, "Pengaruh Arah Dan Kecepatan Angin Terhadap Produksi Penangkapan Ikan Di Laut (Perairan Cilacap)," *Proc. Int. Seminar Nasional Universitas Pekalongan*, May 2018.
- [10] M. Muhammad, S. Wahyuningsih, and M. Siringoringo, "Peramalan Nilai Tukar Petani Subsektor Peternakan Menggunakan Fuzzy Time Series Lee," *JAMBURA Journal of Mathematics*, vol. 3, no. 1, pp. 1–15, 2021.
- [11] M. Muhammad, "Penerapan Fuzzy Time Series Lee untuk Peramalan Nilai Tukar Petani Subsektor Peternakan di Kalimantan Timur," *Thesis*, Universitas Mulawarman Samarinda, 2020.
- [12] F. Musadat, J. Nur, and A. Nasri, "Fuzzy Time Series Lee dengan Average Based Length untuk Prediksi Jumlah Penduduk Miskin Sulawesi Tenggara," *Jurnal Akademik Pendidikan Matematika*, vol. 9, no. 1, pp. 63–67, 2023.
- [13] P. I. Nabila, "Prediksi Harga Minyak Goreng Kelapa Sawit Menggunakan Average-Based Fuzzy Time Series Lee," *Jurnal Riset Matematika (JRM)*, vol. 3, no. 2, pp. 157–166, 2023.

- [14] N. Nikentari, M. Bettiza, and H. S. Pratiwi, "Prediksi Kecepatan Angin Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy (ANFIS) dan Radial Basis Function Neural Network (RBFNN)," *JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika)*, vol. 4, no. 1, pp. 70–75, 2018.
- [15] N. H. Pajriati, "Penerapan Metode Average Based Fuzzy Time Series Lee Untuk Peramalan Harga Emas di PT. X," *Jurnal Riset Matematika*, vol. 1, no. 1, pp. 73–81, 2021.
- [16] E. Prasetyo, A. Prasetya, and S. Anwar, "Pengaruh Besar Pengetahuan Meteorologi Maritim Dalam Kemenangan Pertempuran Normandia 1944," *Majalah Ilmiah Methodia*, vol. 12, no. 3, pp. 269–281, 2022.
- [17] W. Qiu, X. Liu, and H. Li, "A generalized method for forecasting based on fuzzy time series," *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 8, pp. 10446–10453, 2011.
- [18] M. D. Rachmawati and A. Lilik, "Prediksi Curah Hujan Menggunakan Metode Average Based dan High Order Fuzzy Time Series di Bandar Udara Juanda," *JIEET (Journal Information Engineering and Education Technology)*, vol. 3, no. 1, pp. 11–15, 2019.
- [19] E. H. O. Rahman and M. I. Irawan, "Penerapan Fuzzy Time Sseries dalam Peramalan Nilai KWH Listrik Golongan Tarif Rumah Tangga di Jawa Timur," *JURNAL SAINS dan SENITIS*, vol. 8, no. 1, 2019.
- [20] E. N. Ramadhani and M. A. Agus, "Implementation of Average-Based Fuzzy Time Series Model in Forecasting Product Selling at Ainaya Boutique," *Proc. Int. 7th International Conference on Research, Implementation, and Education of Mathematics and Sciences (ICRIEMS)*, 2020.
- [21] M. D. Randri, "Implementasi Fuzzy Time Series Orde Tinggi Model Singh Pada Nilai Ekspor Migas Di Indonesia Dengan Variasi Himpunan Semesta Pembicaraan," Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, 2023.
- [22] H. A. Rejeki and A. V. Fitri, "Analisis dampak fenomena Borneo Vortex terhadap ketinggian gelombang laut di Laut Natuna," **Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan**, vol. 4, no. 2, pp. 396-407, 2021.
- [23] V. Sari and D. A. Mardiansyah, "Prediksi Kecepatan Angin Dalam Mendeteksi Gelombang Air Laut Terhadap Skala Beaufort Dengan Metode Hybrid Arima-Ann (Studi Kasus: Kabupaten Lombok Barat 2019)," **Statistika**, vol. 8, no. 1, pp. 8-17, 2020.
- [24] Sholikhin and Y. Uky, "Fuzzy Time Series Dan Algoritme Average-Based Length Untuk Prediksi Pekerja Migran Indonesia," **Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)**, vol. 6, no. 4, pp. 369-376, 2019.
- [25] C. D. I. Suryaningrum, N. Yudistira, and K. Rahman, "Perbandingan Metode Fuzzy Time Series Average-Based Interval dan Long Short-Term Memory untuk Peramalan Harga Komoditi Kopi Arabika Sumatera Utara," **Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer**, vol. 6, no. 8, pp. 3708-3715, 2022.
- [26] Q. Song and B. S. Chissom, "Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series – Part I," **Fuzzy Sets and System**, vol. 54, no. 1, pp. 1-9, 1993.
- [27] Syukri and Samsuddin, "Pengujian Algoritma Artificial Neural Network (ANN) Untuk Prediksi Kecepatan Angin," **Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi**, vol. 2, no. 1, pp. 43-47, 2019.
- [28] T. T. Tukan, "Peramalan Kecepatan Angin Kota Manokwari Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Perancangan Baling-Baling Kincir Angin," **Jurnal Natural**, vol. 17, no. 2, pp. 149-155, 2021.
- [29] R. T. Vlandari, S. Siswanti, and D. T. Laksono, "Penerapan Algoritma Fuzzy Time Series Average-Based untuk Memprediksi Penjualan Kelapa," **Indonesian Journal of Mathematics and Natural Science Education**, vol. 2, no. 1, pp. 1-7, 2020.
- [30] E. P. Yudha and R. A. Damayanti, "Pengembangan Potensi Wilayah Kawasan Perbatasan Negara Indonesia (Studi Kasus: Ranai-Natuna)," **TATA LOKA**, vol. 22, no. 3, pp. 366-378, 2020.
- [31] A. A. F. Wardhani, "Planning And Study Of The Ocean Wave," Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2021.
- [32] X. Song and L. Yimin, "Average-Based Fuzzy Time Series Model for Forecasting Shanghai Compound Index," **Word Journal of Modelling and Simulation**, vol. 4, no. 2, pp. 104-111, 2008.