

Vol. 21, No. 1, September 2024, pp. 10-32

DOI: 10.20956/j.v21i1.34914

---

## Comparison of Fuzzy Time Series Lee, Chen, and Singh on Forecasting Foreign Tourist Arrivals to Indonesia in 2023

### Perbandingan *Fuzzy Time Series* Lee, Chen, dan Singh pada Peramalan Kunjungan Wisatawan Mancanegara ke Indonesia Tahun 2023

Ade Setyani Nurmara Sari<sup>1\*</sup>, Ezra Putranda Setiawan<sup>2\*</sup>

*\* Department of Mathematics Education, Yogyakarta State University*

*Email: <sup>1</sup>adesetyani.2020@student.uny.ac.id, <sup>2</sup>ezra.ps@uny.ac.id*

#### Abstract

Tourism in Indonesia is one of the most reliable sectors because it can increase economic growth. Foreign tourist visits to Indonesia fluctuate every month, so forecasting needs to be done in order to help the Indonesian government in making decisions regarding the development process of the tourism industry to be right on target, efficient, and effective. The purpose of this research is to compare the Lee, Chen, and Singh fuzzy time series methods in forecasting foreign tourist visits to Indonesia. The data used in this study are monthly data on the number of foreign tourist visits to Indonesia from July 2014 to December 2023. The methods used for forecasting are Lee's fuzzy time series method, Chen's fuzzy time series, and Singh's fuzzy time series. The results of this study obtained MAPE values for in-sample data of foreign tourist visits to Indonesia using the Lee, Chen, and Singh fuzzy time series methods are 9.81%, 10.35%, and 2.77%, respectively. The MAPE values for out-sample data of foreign tourist arrivals to Indonesia using the Lee, Chen, and Singh fuzzy time series methods are 12.99%, 13.35%, 0.80%, respectively. From the MAPE value of in-sample data and out-sample data, it can be concluded that Singh's fuzzy time series has the smallest error value, so Singh's fuzzy time series is better and more accurate in forecasting foreign tourist visits to Indonesia.

**Keywords:** foreign tourist arrivals, fuzzy time series, Chen fuzzy, Lee fuzzy, Singh fuzzy

---



# JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan

## Abstrak

Pariwisata di Indonesia menjadi salah satu sektor yang paling diandalkan karena dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia mengalami fluktuasi setiap bulannya, sehingga perlu dilakukan peramalan agar dapat membantu pemerintah Indonesia dalam pengambilan keputusan mengenai proses pengembangan industri pariwisata agar tepat sasaran, efisien, dan efektif. Tujuan diadakannya penelitian ini adalah untuk membandingkan metode fuzzy time series Lee, Chen, dan Singh dalam meramalkan kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia. Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data bulanan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia dari Bulan Juli 2014 sampai dengan Desember 2023. Metode yang digunakan untuk peramalan adalah metode *fuzzy time series* Lee, *fuzzy time series* Chen, dan *fuzzy time series* Singh. Hasil dari penelitian ini diperoleh nilai MAPE untuk data *in-sample* kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia menggunakan metode *fuzzy time series* Lee, Chen, dan Singh secara berturut-turut adalah 9,81%, 10,35%, dan 2,77%. Nilai MAPE untuk data *out-sample* kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia menggunakan metode *fuzzy time series* Lee, Chen, dan Singh secara berturut-turut adalah 12,99%, 13,35%, 0,80%. Dari nilai MAPE data *in-sample* dan data *out-sample* dapat disimpulkan bahwa *fuzzy time series* Singh memiliki nilai *error* yang paling kecil, sehingga *fuzzy time series* Singh lebih baik dan lebih akurat dalam meramalkan kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia.

**Kata kunci:** kunjungan wisatawan mancanegara, *fuzzy time series*, Chen fuzzy, Lee fuzzy, Singh fuzzy

## 1. PENDAHULUAN

Pariwisata di Indonesia menjadi salah satu sektor yang paling diandalkan untuk pembangunan nasional, hal itu karena pariwisata dapat meningkatkan devisa negara serta dapat meningkatkan pendapatan nasional dan regional [10]. Jumlah kunjungan wisatawan mancanegara terus meningkat dari tahun-ke tahun. Secara kumulatif, pada tahun 2019 jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia meningkat 1,88 persen dibandingkan dengan jumlah kunjungan pada periode yang sama tahun sebelumnya [2]. Namun, karena adanya pandemi Covid-19 jumlah kunjungan wisatawan mancanegara mengalami penurunan secara drastis dari tahun sebelumnya, pada Tahun 2020, secara kumulatif mengalami penurunan sebesar 75,03 persen dibandingkan Tahun 2019 [3] dan pada Tahun 2021 mengalami penurunan sebesar 61,57 persen jika dibandingkan dengan Tahun 2020 [4].

Dalam proses pemulihan sektor pariwisata pasca pandemi Covid-19 pemerintah dan pihak pengelola perlu mempersiapkan jika suatu saat terjadi lonjakan wisatawan mancanegara, persiapan yang perlu seperti dengan pembangunan fasilitas yang mendukung kemajuan pariwisata. Pembangunan yang dilakukan harus sejalan dengan pertumbuhan kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia. Untuk mengetahui pertumbuhan kunjungan wisatawan mancanegara pada tahun-tahun berikutnya, perlu dilakukan peramalan terhadap kunjungan wisatawan

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan

mancanegara ke Indonesia, sehingga dapat mendukung pemerintah Indonesia dalam mengambil keputusan mengenai proses pengembangan industri pariwisata agar tepat sasaran, efisien, dan efektif.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk meramalkan kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia, diantaranya adalah evaluasi metode *forecasting* pada data kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia tahun 2010-2017. Metode yang digunakan adalah *Single Exponential Smoothing* dan *Simple Moving Average*. Hasil dari penelitian ini diperoleh nilai MAPE sebesar 5,96% untuk metode *Simple Moving Average* dan 6,06% untuk metode *Single Exponential Smoothing* [19]. Penelitian selanjutnya peramalan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia menggunakan ARIMA. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia periode Januari 2014-Februari 2020. Hasil dari penelitian ini diperoleh nilai MAPE untuk metode ARIMA sebesar 6,23% [23]. Penelitian lainnya adalah analisis data kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia pada era pasca pandemi melalui metode visualisasi dan peramalan, pada penelitian ini data yang digunakan adalah data kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia tahun 2017-2023. Penelitian ini menggunakan beberapa metode peramalan Exponential Smoothing untuk meramalkan jumlah kunjungan. Hasil dari penelitian ini adalah diperoleh nilai MAPE sebesar 22,3% untuk metode *Single Exponential Smoothing*, 26,6% untuk metode *Double Exponential Smoothing*, dan 18,0% untuk metode *Triple Exponential Smoothing* [5].

Penelitian sebelumnya terkait peramalan kunjungan wisatawan asing telah dilakukan di negara lain diantaranya peramalan kunjungan wisatawan asing di Zimbabwe. Data yang digunakan menunjukkan adanya non-stasioneritas dan musiman, sehingga metode pendekatan Box-Jenkins diterapkan pada peramalan. Fungsi autokorelasi (ACF), fungsi autokorelasi parsial (PACF), dan *root mean square error* (RMSE) menunjukkan bahwa model seasonal autoregressive integrated moving average (SARIMA) cocok digunakan pada penelitian ini. Hasil peramalan tersebut menunjukkan bahwa kunjungan wisatawan asing ke Zimbabwe diperkirakan akan terus meningkat mengikuti tren musiman. Hasil dari penelitian tersebut dapat membantu pemerintah dalam mengembangkan kebijakan yang tepat, merencanakan dan menyediakan sumber daya bagi masyarakat, serta membuat keputusan terkait investasi [16]. Penelitian lainnya terkait peramalan kunjungan wisatawan asing juga dilakukan di Thailand. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah metode dekomposisi, metode Holt-Winter's exponential smoothing, dan metode Box-Jenkins. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa dekomposisi merupakan metode paling akurat untuk periode jangka pendek dengan nilai MAPE dan RMSE masing-masing sebesar 1,04% dan 42.054,29 [12].

Fuzzy time series merupakan konsep yang dapat diterapkan untuk meramalkan data historis yang berupa data linguistik, sedangkan data yang merupakan hasilnya berupa angka-angka riil. Kelebihan dari *fuzzy time series* adalah mempunyai tingkat akurasi yang baik dan telah banyak dikembangkan menjadi sebuah model yang efektif untuk meramalkan data time series [18]. Kelebihan lain dari peramalan menggunakan *fuzzy time series* adalah tidak memerlukan asumsi-

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

**Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan**

asumsi seperti pada metode peramalan yang lain. Peramalan data *time series* dengan menggunakan metode *fuzzy time series* lebih akurat dibandingkan metode ARIMA [14], SARIMA [20], dan *eksponential smoothing* [9]. Metode *fuzzy time series* yang telah dikembangkan seperti Song & Chissom, Chen, Singh, Lee, Cheng, dan masih banyak lagi.

Beberapa penelitian mengenai perbandingan metode peramalan *fuzzy time series* telah dilakukan sebelumnya. Penelitian tersebut seperti perbandingan metode *fuzzy time series* Chen, Cheng, dan Markov Chain dalam memprediksi curah hujan di Medan. Berdasarkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) diperoleh hasil bahwa prediksi dengan *fuzzy time series* Chen lebih baik dibandingkan *fuzzy time series* Cheng dan Markov Chain [1]. Kemudian perbandingan metode *fuzzy time series* model Chen, Lee, dan Singh pada produksi tomat di Nusa Tenggara Barat. Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data tahunan produksi tomat di Nusa Tenggara Barat tahun 2000 sampai dengan 2021. Berdasarkan perbandingan nilai MAPE diketahui bahwa peramalan model Singh lebih baik dibandingkan model Chen dan Lee [24]. Selanjutnya perbandingan peramalan menggunakan *fuzzy time series* model Chen dan Model Lee pada harga penutupan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data mingguan harga penutupan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) pada Oktober 2017 sampai dengan September 2022. Berdasarkan nilai MAPE diketahui bahwa model Lee lebih unggul dalam memprediksi dibandingkan model Chen [8]. Perbandingan *fuzzy time series* dengan metode Chen dan metode Singh (studi kasus: nilai impor di Jawa Tengah periode Januari 2014-Desember 2019). Berdasarkan nilai sMAPE diketahui bahwa metode Singh memiliki hasil yang lebih baik dan akurat dibandingkan metode Chen [22].

Adanya beragam metode peramalan *fuzzy time series* mendorong penelitian untuk membandingkan dan menemukan metode yang terbaik. Pada penelitian ini penulis akan menggunakan metode *fuzzy time series* Lee, Chen, dan Singh untuk meramalkan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia. Kemudian akan membandingkan hasil peramalannya dan memilih metode yang terbaik berdasarkan nilai MAPE dan nilai RMSE. Data yang digunakan adalah data bulanan kunjungan wisatawan mancanegara dalam kurun waktu 2014 sampai dengan 2023.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. *Fuzzy Time Series* Lee

*Fuzzy time series* yang dibangun oleh Song & Chissom [28] berhasil menyelesaikan peramalan secara efektif sehingga banyak metode *fuzzy time series* yang dikembangkan untuk mengatasi masalah peramalan yang beragam. Salah satu metode dari pengembangan *fuzzy time series* adalah *fuzzy time series* Lee. *Fuzzy time series* Lee merupakan perkembangan dari metode *fuzzy time series* Cheng, Chen, Song, dan Chissom dalam memperkirakan nilai di masa depan [21].

### 2.2. *Fuzzy Time Series* Chen

Setelah Song dan Chissom mengusulkan konsep *fuzzy time series*, Chen mengembangkan konsep tersebut dengan operasi yang sederhana, mempunyai operasi matriks yang kompleks, dan mempunyai pembobot yang sama besar [6].

# JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan

## 2.3. Fuzzy Time Series Singh

Fuzzy time series Singh merupakan model *fuzzy time series* yang berhasil dikembangkan oleh S.R. Singh dalam penelitiannya yang berjudul *A simple method of forecasting based on fuzzy time series* [26]. Penelitian yang dilakukan oleh Singh mengusulkan sebuah metode yang sederhana dan memiliki kompleksitas orde linear. Metode ini meminimalkan perhitungan yang rumit dari matriks relasional *fuzzy*, mencari prosedur defuzzifikasi yang sesuai, dan memberikan hasil peramalan yang lebih akurat.

## 2.4. Nilai Ketepatan Model

Ada beberapa kriteria yang dapat digunakan untuk menilai keakuratan model peramalan yaitu:

### a. Root Mean Squared Error (RMSE)

RMSE merupakan salah satu cara untuk menentukan perbedaan antara nilai aktual dan nilai yang diprediksi oleh model. Berbeda dengan MAPE, RMSE tidak memiliki nilai standar minimum yang dapat digunakan untuk menilai kinerja model. RMSE dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.2 [11]:

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - Y_i)^2}{n}} \quad (2.1)$$

keterangan:

$D_i$  : nilai data aktual pada periode ke- $i$

$Y_i$  : nilai ramalan pada periode ke- $i$

$n$  : jumlah periode

### b. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE adalah cara yang paling akurat untuk menghitung kesalahan. MAPE memberikan informasi mengenai persentase kesalahan yang tinggi atau rendah hasil peramalan terhadap data aktual untuk periode waktu tertentu [7]. MAPE dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.2:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|D_i - Y_i|}{D_i} \times 100\% \quad (2.2)$$

keterangan:

$D_i$  : nilai data aktual pada periode ke- $t$

$Y_i$  : nilai ramalan pada periode ke- $t$

$n$  : jumlah periode

Kriteria MAPE yang baik dapat dilihat pada Tabel 2[14].

Tabel 1. Kriteria MAPE

MAPE	Keterangan
< 10%	Kemampuan model peramalan sangat baik

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

**Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan**

10% – 20%	Kemampuan model peramalan baik
20% – 50%	Kemampuan model peramalan cukup
> 50%	Kemampuan model peramalan buruk

---

### 3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Indonesia yang diambil secara *online* melalui <https://www.bps.go.id>. Data yang digunakan adalah data bulanan kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia. Data dimulai dari Juli 2014 sampai dengan Desember 2023. Bulan Juli 2014-Juni 2023 sebagai data *in-sample* dan Bulan Juli 2023-Desember 2023 sebagai data *out-sample*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *fuzzy time series* Lee, Chen, dan Singh dalam meramalkan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara di Indonesia.

Langkah-langkah peramalan dengan menggunakan metode *fuzzy time series* Lee sebagai berikut :

1. Menentukan himpunan semesta ( $U$ ) dengan menggunakan rumus:

$$U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2] \quad (2.3)$$

dengan  $D_{min}$  adalah data minimum dan  $D_{max}$  adalah data maksimum dari data historis.

Adapun  $D_1$  dan  $D_2$  merupakan nilai positif sembarang yang ditentukan oleh peneliti.

2. Menentukan panjang interval dan jumlah interval dengan menggunakan metode berbasis rata-rata.

Langkah-langkah menentukan panjang interval dan jumlah interval adalah sebagai berikut [30]

:

- a. Menghitung seluruh nilai selisih absolut antara  $D_{i+1}$  dan  $D_i$  dengan nilai  $i = 1, 2, \dots, n - 1$ . Sehingga diperoleh rata-rata nilai selisih absolut seperti Persamaan 2.4:

$$Mean = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} |D_{i+1} - D_i|}{n - 1} \quad (2.4)$$

keterangan:

$Mean$  : nilai rata-rata selisih absolut

$n$  : jumlah observasi

$D_i$  : data pada waktu ke  $i$

- b. Menentukan setengah dari rata-rata nilai selisih absolut sebagai panjang interval dengan Persamaan 2.5:

$$K = \frac{mean}{2} \quad (2.5)$$

dengan  $K$  adalah panjang interval

- c. Berdasarkan panjang interval pada langkah kedua, ditentukan basis dari panjang interval dengan tabulasi basis seperti Tabel 1.

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan

**Tabel 2.** Basis Interval

Jangkauan	Basis
0 – 1,0	0,1
1,1 – 10	1
11 – 100	10
101 – 1000	100
1001 – 10000	1000
10001 – 100000	10000

d. Membulatkan panjang interval sesuai dengan tabel basis interval

e. Menentukan jumlah interval , dengan Persamaan 2.6:

$$p = \frac{[D_{max} + D_2 - D_{min} - D_1]}{K} \quad (2.6)$$

dengan  $p$  adalah jumlah interval

f. Menentukan nilai tengah dengan menggunakan Persamaan 2.7:

$$m_i = \frac{(\text{batas bawah} + \text{batas atas})}{2} \quad (2.7)$$

dengan  $m_i$  adalah nilai tengah untuk  $i = 1,2,3,\dots,n$

3. Mendefinisikan himpunan fuzzy dan fuzzifikasi

Himpunan *fuzzy* adalah sebuah kelas dengan rangkaian kesatuan dari derajat keanggotaan. Misalkan  $U$  merupakan himpunan semesta, dengan  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  dimana  $u_i (1 \leq i \leq n)$  adalah nilai yang mungkin dari  $U$ , sehingga nilai linguistik  $A_i$  terhadap  $U$  seperti Persamaan 2.8:

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{\mu_{A_i}(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{\mu_{A_i}(u_n)}{u_n} \quad (2.8)$$

keterangan:

$\mu_{A_i}$  : fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy*  $A_i$

$\mu_{A_i}(u_i)$  : derajat keanggotaan  $u_i$  terhadap  $A_i$ , dengan  $A_i(u_i) \in [0,1]$  dengan  $1 \leq i \leq n$ .

Fuzzifikasi merupakan proses menggunakan nilai keanggotaan yang disimpan dalam basis pengetahuan fuzzy untuk mengubah input sistem yang memiliki nilai tegas (numeris) menjadi variabel linguistik [14].

4. Membentuk *Fuzzy Logic Relationship* (FLR)

FLR merupakan hubungan *fuzzy* dari data yang diperoleh dan disimbolkan berdasarkan hasil fuzzifikasi. Dua himpunan fuzzy yang dapat dinyatakan sebagai  $A_i \rightarrow A_j$ . Keadaan saat ini (*current state*) disimbolkan oleh  $A_i$  dan keadaan selanjutnya (*next state*) disimbolkan oleh  $A_j$ .

5. Membentuk *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG)

FLRG merupakan hasil dari penggabungan nilai dari setiap  $A_i$  yang diperoleh melalui proses FLR. Dalam *fuzzy time series* Lee relasi yang sama tidak dianggap satu, kerana dapat mempengaruhi nilai peramalan. Misalnya jika FLR yang terbentuk  $A_1 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_3, A_1 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_4, A_1 \rightarrow A_3$  , maka FLRG yang terbentuk adalah  $A_1 \rightarrow A_1, A_1, A_2, A_3, A_3, A_4$ .

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan

### 6. Defuzzifikasi nilai peramalan

Pada proses defuzzifikasi, *fuzzy time series* Lee memiliki beberapa aturan dalam peramalan yaitu sebagai berikut [17]:

#### 1) Aturan 1

Jika  $A_i$  merupakan hasil fuzzifikasi pada waktu ke  $i$  dan terdapat himpunan *fuzzy* yang tidak mempunyai FLR, misalnya  $A_i \rightarrow \emptyset$ , dengan nilai maksimum fungsi keanggotaannya terletak pada interval  $u_i$ , maka hasil peramalan seperti Persamaan 2.9:

$$F_{i+1} = m_i \quad (2.9)$$

dengan  $m_i$  adalah nilai tengah dari  $u_i$ .

#### 2) Aturan 2

Jika  $A_i$  merupakan hasil dari fuzzifikasi pada waktu ke  $i$  dan hanya terdapat satu FLR pada FLRG, misalnya  $A_i \rightarrow A_j$  dengan  $A_i$  dan  $A_j$  merupakan himpunan *fuzzy* dan nilai maksimum fungsi keanggotaan  $A_j$  berada pada interval  $u_j$ . Maka hasil peramalan seperti Persamaan 2.10:

$$F_{i+1} = m_j \quad (2.10)$$

dengan  $m_j$  merupakan nilai tengah dari  $u_j$ .

#### 3) Aturan 3

Jika  $A_i$  merupakan hasil fuzzifikasi pada waktu ke  $i$  dan pada  $A_i$  terdapat beberapa FLR pada FLRG, misalnya  $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j1}, A_{j2}, A_{j2}, \dots, A_{jn}$ , dimana  $A_i, A_{j1}, A_{j1}, A_{j2}, A_{j2}, \dots, A_{jn}$  merupakan himpunan *fuzzy* dan nilai maksimum fungsi keanggotaan  $A_{j1}, A_{j1}, A_{j2}, A_{j2}, \dots, A_{jn}$  berada pada interval  $u_1, u_1, u_2, u_2, \dots, u_n$ . Maka hasil peramalan seperti Persamaan 2.11:

$$F_{i+1} = \frac{2}{n}m_1 + \frac{2}{n}m_2 + \dots + \frac{1}{n}m_q \quad (2.11)$$

dengan  $m_1, m_2, \dots, m_n$  adalah nilai tengah dari  $u_1, u_1, u_2, u_2, \dots, u_n$  dan  $n$  adalah banyaknya nilai tengah.

Langkah-langkah peramalan dengan menggunakan metode *fuzzy time series* Chen sebagai berikut:

1. Menentukan himpunan semesta ( $U$ ) dengan menggunakan persamaan 2.3.
2. Menentukan panjang interval dan jumlah interval dengan menggunakan metode berbasis rata-rata.
3. Mendefinisikan himpunan fuzzy dan fuzzifikasi
4. Membentuk *Fuzzy Logic Relationship* (FLR)
5. Membentuk *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG)

Dalam *fuzzy time series* Chen relasi yang sama dianggap satu. Misalnya jika FLR yang terbentuk  $A_1 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_3, A_1 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_4, A_1 \rightarrow A_3$ , maka FLRG yang terbentuk adalah  $A_1 \rightarrow A_1, A_2, A_3, A_4$ .

### 6. Defuzzifikasi nilai peramalan

Pada proses defuzzifikasi, *fuzzy time series* Chen memiliki beberapa aturan dalam peramalan yaitu sebagai berikut [6]:

#### 1) Aturan 1

Jika  $A_i$  merupakan hasil dari fuzzifikasi pada waktu ke  $i$  dan hanya terdapat satu FLR pada FLRG, misalnya  $A_i \rightarrow A_j$  dengan  $A_i$  dan  $A_j$  merupakan himpunan *fuzzy* dan nilai maksimum fungsi keanggotaan  $A_j$  berada pada interval  $u_j$ . Maka hasil peramalan seperti Persamaan 2.12:

$$F_{i+1} = m_j \quad (2.12)$$

dengan  $m_j$  merupakan nilai tengah dari  $u_j$ .

#### 2) Aturan 2



## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan

Jika  $A_i$  merupakan hasil fuzzifikasi pada waktu ke  $i$  dan pada  $A_i$  terdapat beberapa FLR pada FLRG, misalnya  $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, A_{j3}, \dots, A_{jn}$ , dimana  $A_i, A_{j1}, A_{j2}, A_{j3}, \dots, A_{jn}$  merupakan himpunan *fuzzy* dan nilai maksimum fungsi keanggotaan  $A_{j1}, A_{j2}, A_{j3}, \dots, A_{jn}$  berada pada interval  $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$ . Maka hasil peramalan seperti Persamaan 2.13:

$$F_{i+1} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n}{n} \quad (2.13)$$

dengan  $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$  adalah nilai tengah dari  $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$  dan  $n$  adalah banyaknya nilai tengah.

### 3) Aturan 3

Jika  $A_i$  merupakan hasil fuzzifikasi pada waktu ke  $i$  dan terdapat himpunan *fuzzy* yang tidak mempunyai FLR, misalnya  $A_i \rightarrow \emptyset$ , dengan nilai maksimum fungsi keanggotaannya terletak pada interval  $u_i$ , maka hasil peramalan seperti Persamaan 2.14:

$$F_{i+1} = m_i \quad (2.14)$$

dengan  $m_i$  adalah nilai tengah dari  $u_i$ .

Langkah-langkah peramalan dengan menggunakan metode *fuzzy time series* Singh sebagai berikut [27]:

1. Menentukan himpunan semesta ( $U$ ) dengan menggunakan persamaan 2.3.
2. Menentukan panjang interval dan jumlah interval dengan menggunakan metode berbasis rata-rata.
3. Mendefinisikan himpunan fuzzy dan fuzzifikasi
4. Membentuk Fuzzy Logic Relationship (FLR)
5. Defuzzifikasi nilai peramalan

Proses perhitungan nilai peramalan pada model *fuzzy time series* Singh menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$D_i = \left| |E_i - E_{i-1}| - |E_{i-1} - E_{i-2}| \right| \quad (2.15)$$

$$X_i = E_i + \frac{D_i}{2} \quad (2.16)$$

$$XX_i = E_i - \frac{D_i}{2} \quad (2.1)$$

$$Y_i = E_i + D_i \quad (2.2)$$

$$YY_i = E_i - D_i \quad (2.3)$$

$$P_i = E_i + \frac{D_i}{4} \quad (2.4)$$

$$PP_i = E_i - \frac{D_i}{4} \quad (2.5)$$

$$Q_i = E_i + 2 \times D_i \quad (2.6)$$

$$QQ_i = E_i - 2 \times D_i \quad (2.7)$$

$$G_i = E_i + \frac{D_i}{6} \quad (2.8)$$

$$GG_i = E_i - \frac{D_i}{6} \quad (2.9)$$

$$H_i = E_i + 3 \times D_i \quad (2.26)$$

$$HH_i = E_i - 3 \times D_i \quad (2.27)$$

keterangan:

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

**Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan**

- $E_i$  : data aktual pada waktu ke  $i$   
 $E_{i-1}$  : data aktual pada waktu ke  $i - 1$   
 $E_{i-2}$  : data aktual pada waktu ke  $i - 2$   
 $X_i, XX_i, \dots, HH_i$  : pemisalan penamaan perhitungan

Setelah memperoleh hasil dari perhitungan di atas, dilanjutkan dengan aturan *IF-THEN*. Aturan *IF-THEN* disusun sebagai berikut:

$$\text{If } X_i \geq L[*A_{i+1}] \text{ and } X_i \leq U[*A_{i+1}]$$

$$\text{Then } R = R + X_i \text{ and } S = S + 1$$

$$\text{If } XX_i \geq L[*A_{i+1}] \text{ and } XX_i \leq U[*A_{i+1}]$$

$$\text{Then } R = R + XX_i \text{ and } S = S + 1$$

$$\text{If } Y_i \geq L[*A_{i+1}] \text{ and } Y_i \leq U[*A_{i+1}]$$

$$\text{Then } R = R + Y_i \text{ and } S = S + 1$$

$$\text{If } YY_i \geq L[*A_{i+1}] \text{ and } YY_i \leq U[*A_{i+1}]$$

$$\text{Then } R = R + YY_i \text{ and } S = S + 1$$

$$\text{If } P_i \geq L[*A_{i+1}] \text{ and } P_i \leq U[*A_{i+1}]$$

$$\text{Then } R = R + P_i \text{ and } S = S + 1$$

$$\text{If } PP_i \geq L[*A_{i+1}] \text{ and } PP_i \leq U[*A_{i+1}]$$

$$\text{Then } R = R + PP_i \text{ and } S = S + 1$$

$$\text{If } Q_i \geq L[*A_{i+1}] \text{ and } Q_i \leq U[*A_{i+1}]$$

$$\text{Then } R = R + Q_i \text{ and } S = S + 1$$

$$\text{If } QQ_i \geq L[*A_{i+1}] \text{ and } QQ_i \leq U[*A_{i+1}]$$

$$\text{Then } R = R + QQ_i \text{ and } S = S + 1$$

$$\text{If } G_i \geq L[*A_{i+1}] \text{ and } G_i \leq U[*A_{i+1}]$$

$$\text{Then } R = R + G_i \text{ and } S = S + 1$$

$$\text{If } GG_i \geq L[*A_{i+1}] \text{ and } GG_i \leq U[*A_{i+1}]$$

$$\text{Then } R = R + GG_i \text{ and } S = S + 1$$

$$\text{If } H_i \geq L[*A_{i+1}] \text{ and } H_i \leq U[*A_{i+1}]$$

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

**Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan**

*Then  $R = R + H_i$  and  $S = S + 1$*

*If  $HH_i \geq L[*A_{i+1}]$  and  $HH_i \leq U[*A_{i+1}]$*

*Then  $R = R + HH_i$  and  $S = S + 1$*

Pada aturan di atas, apabila benar maka nilai  $R$  sesuai dengan hasil dari perhitungan dan nilai  $S$  adalah 1. Apabila salah maka nilai  $R$  dan  $S$  adalah 0. Kemudian nilai  $R$  dan  $S$  yang diperoleh dijumlahkan dan menghitung nilai peramalan seperti Persamaan 2.28:

$$F_{i+1} = \frac{R + M(*A_{i+1})}{S + 1} \quad (2.28)$$

Jika nilai  $R$  dan  $S$  adalah 0 maka nilai peramalan dihitung seperti Persamaan 2.29:

$$F_{i+1} = M(*A_{i+1}) \quad (2.29)$$

keterangan:

$A_i$  : fuzzifikasi data ke  $i$

$A_{i+1}$  : fuzzifikasi data ke  $i + 1$

$[*A_{i+1}]$  : interval yang sesuai dengan  $u_{i+1}$  dengan keanggotaan  $A_{i+1}$

$L[*A_{i+1}]$  : batas bawah interval  $u_{i+1}$

$U[*A_{i+1}]$  : batas atas interval  $u_{i+1}$

$M[*A_{i+1}]$  : nilai tengah interval  $u_{i+1}$  dengan keanggotaan  $A_{i+1}$

$F_{i+1}$  : hasil peramalan ke  $i + 1$

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Peramalan Metode *Fuzzy Time Series* Lee

Langkah-langkah peramalan dengan menggunakan metode *fuzzy time series* Lee sebagai berikut:

1. Membentuk himpunan semesta  $U$

Berdasarkan data *in sample* pada kunjungan wisatawan mancanegara periode ketiga didapatkan nilai minimum ( $D_{min}$ ) berada pada Bulan Februari 2021 yaitu 105788 dan nilai maksimal ( $D_{max}$ ) berada pada Bulan Juli 2018 yaitu 1547231. Pada penelitian ini menggunakan nilai  $D_1 = 25788$  dan  $D_2 = 12769$ . Dengan menggunakan persamaan 2.1 diperoleh himpunan semesta  $U$  sebagai berikut:

$$\begin{aligned} U &= [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] \\ U &= [105788 - 25788; 1547231 + 12769] \\ U &= [80000; 1560000] \end{aligned}$$

2. Menentukan panjang interval dan jumlah interval dengan metode berbasis rata-rata

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

**Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan**

Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan rata-rata selisih absolut setiap data yang diperoleh dengan menghitung jumlah selisih antara data historis pada waktu ke  $(i + 1)$  dengan data historis ke  $i$ .

**Tabel 3.** Selisih absolut data in-sample

No	Periode	Data Kunjungan	$ D_{t+1} - D_t $
1	Juli 2014	777210	49611
2	Agustus 2014	826821	35525
3	September 2014	791296	17471
⋮	⋮	⋮	⋮
106	April 2023	865810	87903
107	Mei 2023	953713	109076
108	Juni 2023	1062789	-
		Jumlah	7953799

Perhitungan nilai rata-rata selisih absolut setiap data menggunakan persamaan 2.2

$$\begin{aligned} \text{mean} &= \frac{\sum_{i=1}^{n-1} |(D_{i+1}) - D_i|}{n - 1} \\ &= \frac{7953799}{108 - 1} \\ &= 74334,57 \end{aligned}$$

Langkah kedua yaitu menentukan setengah dari nilai rata-rata selisih absolut untuk menghitung basis interval dengan menggunakan Persamaan 2.3

$$K = \frac{\text{mean}}{2} = \frac{71846,48598}{2} = 35923,243$$

Pada langkah kedua, diperoleh nilai 35923,243. Berdasarkan tabel basis interval pada tabel 1 hasil tersebut masuk kedalam basis interval 10000, sehingga nilai 35923,243 dibulatkan menjadi 40000. Nilai basis yang telah dibulatkan tersebut merupakan panjang interval yang digunakan dalam menentukan jumlah interval.

Langkah ketiga adalah menghitung jumlah interval menggunakan Persamaan 2.4

$$\begin{aligned} p &= \frac{[D_{max} + D_2 - (D_{min} - D_1)]}{K} \\ p &= \frac{1547231 + 12769 - (105788 - 25788)}{40000} = \frac{1480000}{40000} = 37 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh jumlah interval sebanyak 37 dan panjang interval sebesar 40000, maka himpunan semesta  $U = [80000; 1560000]$  dibagi menjadi 37 interval dengan panjang interval yang sama yaitu 40000. Diperoleh himpunan interval  $u_1$  sampai dengan  $u_{37}$ . Berikut adalah tabel interval himpunan semesta beserta median (m) untuk masing-masing interval.

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan

Tabel 4. Himpunan Interval

Interval	Batas Bawah	Batas Atas	Median
$u_1$	80000	120000	100000
$u_2$	120000	160000	140000
$u_3$	160000	200000	180000
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$u_{36}$	1480000	1520000	1500000
$u_{37}$	1520000	1560000	1540000

### 3. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* dan fuzzifikasi

Himpunan *fuzzy*  $A_i$  terdiri dari 37 kelas interval. Nilai keanggotaan himpunan *fuzzy* di antara 0, 0,5, dan 1 dengan  $1 \leq i \leq 37$  dimana 37 adalah jumlah interval pada himpunan *fuzzy*  $A_i$ . Setiap himpunan *fuzzy* didefinisikan untuk memberntuk fuzzifikasi yang sesuai. Himpunan *fuzzy* tersebut didefinisikan sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_{35}} + \frac{0}{u_{36}} + \frac{0}{u_{37}} \\
 A_2 &= \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_{35}} + \frac{0}{u_{36}} + \frac{0}{u_{37}} \\
 A_3 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_{35}} + \frac{0}{u_{36}} + \frac{0}{u_{37}} \\
 &\quad \vdots \\
 A_{37} &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_{35}} + \frac{0,5}{u_{36}} + \frac{1}{u_{37}}
 \end{aligned}$$

Setelah mendefinisikan himpunan *fuzzy*  $A_i$ , berikutnya adalah tahap fuzzifikasi dari data *in-sample* kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia.

Tabel 5. Fuzzifikasi

Bulan ke-	Bulan	Data	Fuzzifikasi
1	Juli 2014	777210	$A_{18}$
2	Agustus 2014	826821	$A_{19}$
3	September 2014	791296	$A_{18}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
107	Mei 2023	953713	$A_{22}$
108	Juni 2023	1062789	$A_{25}$

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan

### 4. Membentuk *Fuzzy Logic Relationship* (FLR)

**Tabel 6.** *Fuzzy Logic Relationship*

Bulan ke-	Bulan	Fuzzifikasi	FLR
1	Juli 2014	A18	$NA \rightarrow A_{18}$
2	Agustus 2014	A19	$A_{18} \rightarrow A_{19}$
3	September 2014	A18	$A_{19} \rightarrow A_{18}$
⋮	⋮	⋮	⋮
107	Mei 2023	A22	$A_{20} \rightarrow A_{22}$
108	Juni 2023	A25	$A_{22} \rightarrow A_{25}$

### 5. Membentuk *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG)

Pada metode *fuzzy time series* Lee apabila terdapat relasi yang sama tidak dianggap satu, karena dapat mempengaruhi nilai peramalan. Misalnya jika FLR yang terbentuk  $A_1 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_2$  maka FLRG yang terbentuk adalah  $A_1 \rightarrow A_1, A_1, A_2, A_2, A_2$ .

**Tabel 7.** *Fuzzy Logic Relationship Group FTS Lee*

Grup	FLRG
1	$A_1 \rightarrow A_1, A_1, A_2, A_2, A_2$
2	$A_2 \rightarrow A_1, A_1, A_1, A_2, A_2, A_2, A_2, A_2, A_2, A_2, A_3, A_3, A_3, A_3, A_4$
⋮	⋮
18	$A_{18} \rightarrow A_{19}, A_{19}, A_{21}, A_{19}, A_{19}$
19	$A_{19} \rightarrow A_{18}, A_{18}, A_{19}, A_{18}, A_{20}, A_{23}, A_{21}$
20	$A_{20} \rightarrow A_{20}, A_{21}, A_{19}, A_{24}, A_{11}, A_{20}, A_{22}$
⋮	⋮
37	$A_{37} \rightarrow A_{36}, A_{33}$

### 6. Menentukan defuzzifikasi

Proses perhitungan defuzzifikasi yang dilakukan mengikuti 3 aturan defuzzifikasi *fuzzy time series* Lee.

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan

**Tabel 8.** Hasil defuzzifikasi FTS Lee

FLRG	Nilai Peramalan
$A_1 \rightarrow A_1, A_1, A_2, A_2, A_2$	124000
$A_2 \rightarrow A_1, A_1, A_1, A_2, A_2, A_2, A_2, A_2, A_2, A_2, A_3, A_3, A_3, A_3, A_4$	148000
⋮	⋮
$A_{18} \rightarrow A_{19}, A_{19}, A_{21}, A_{19}, A_{19}$	836000
$A_{19} \rightarrow A_{18}, A_{18}, A_{19}, A_{18}, A_{20}, A_{23}, A_{21}$	842857,142
$A_{20} \rightarrow A_{20}, A_{21}, A_{19}, A_{24}, A_{11}, A_{20}, A_{22}$	842857,142
⋮	⋮
$A_{37} \rightarrow A_{36}, A_{33}$	1440000

Hasil peramalan data *in-sample* kunjungan wisatawan mancanegara sebagai berikut.

**Tabel 9.** Hasil peramalan pada *in-sample* menggunakan FTS Lee

Bulan ke-	Bulan	Aktual	Peramalan	Dibulatkan
1	Juli 2014	777210	NA	NA
2	Agustus 2014	826821	836000	836000
3	September 2014	791296	842857,1	842857
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
107	Mei 2023	953713	842857,1	842857
108	Juni 2023	1062789	900000	900000

Menggunakan pembentukan model metode *fuzzy time series* Lee pada data *in-sample* kunjungan wisatawan mancanegara, hasil peramalan diterapkan untuk data *out-sample* didapatkan hasil sebagai berikut.

**Tabel 10.** Hasil peramalan pada *out-sample* menggunakan FTS Lee

Periode	Aktual	Peramalan	Dibulatkan
Juli 2023	1121189	1113333,3	1113333

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

**Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan**

Agustus 2023	1132638	1260000	1260000
September 2023	1070245	1260000	1260000
Oktober 2023	978499	1113333,3	1113333
November 2023	917407	820000	820000
Desember 2023	1144542	871428,6	871429

---

### 4.2 Peramalan Metode *Fuzzy Time Series* Chen

Langkah-langkah yang dilakukan pada peramalan dengan menggunakan *fuzzy time series* Chen hampir sama dengan menggunakan *fuzzy time series* Lee, dari menentukan himpunan semesta sampai membentuk *fuzzy logic relationship* (FLR). Perbedaan langkahnya pada pembentukan *fuzzy logic relationship group* (FLRG) dan proses defuzzifikasi.

Dalam pembentukan FLRG metode *fuzzy time series* Chen, relasi yang sama dianggap satu. Misalnya jika FLR yang terbentuk  $A_1 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_2$  maka FLRG yang terbentuk adalah  $A_1 \rightarrow A_1, A_2$ . Hasil FLRG data *in-sample* kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia sebagai berikut.

**Tabel 11.** Fuzzy Logic Relationship Group FTS Chen

Grup	FLRG
1	$A_1 \rightarrow A_1, A_2$
2	$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3, A_4$
⋮	⋮
16	$A_{16} \rightarrow A_{17}, A_{20}, A_{22}$
17	$A_{17} \rightarrow A_{16}$
18	$A_{18} \rightarrow A_{19}, A_{21}$
19	$A_{19} \rightarrow A_{18}, A_{19}, A_{20}, A_{23}, A_{21}$
20	$A_{20} \rightarrow A_{20}, A_{21}, A_{19}, A_{24}, A_{11}, A_{20}, A_{22}$
⋮	⋮
37	$A_{37} \rightarrow A_{36}, A_{33}$

---

Langkah selanjutnya proses perhitungan defuzzifikasi yang dilakukan mengikuti 3 aturan defuzzifikasi *fuzzy time series* Chen.



## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

**Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan**

**Tabel 12.** Hasil defuzzifikasi FTS Chen

FLRG	Nilai Peramalan
$A_1 \rightarrow A_1, A_2$	120000
$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3, A_4$	160000
⋮	⋮
$A_{18} \rightarrow A_{19}, A_{21}$	860000
$A_{19} \rightarrow A_{18}, A_{19}, A_{20}, A_{23}, A_{21}$	868000
$A_{20} \rightarrow A_{20}, A_{21}, A_{19}, A_{24}, A_{11}, A_{20}, A_{22}$	840000
⋮	⋮
$A_{37} \rightarrow A_{36}, A_{33}$	1440000

Hasil peramalan data *in-sample* kunjungan wisatawan mancanegara sebagai berikut.

**Tabel 13.** Hasil peramalan pada *in-sample* menggunakan FTS Chen

Bulan ke-	Bulan	Aktual	Peramalan	Dibulatkan
1	Juli 2014	777210	NA	NA
2	Agustus 2014	826821	860000	860000
3	September 2014	791296	868000	868000
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
107	Mei 2023	953713	840000	840000
108	Juni 2023	1062789	900000	900000

Menggunakan pembentukan model metode *fuzzy time series* Chen pada data *in-sample* kunjungan wisatawan mancanegara, hasil peramalan diterapkan untuk data *out-sample* didapatkan hasil sebagai berikut

**Tabel 14.** Hasil peramalan pada *out-sample* menggunakan FTS Chen

Periode	Aktual	Peramalan	Dibulatkan
Juli 2023	1121189	1113333,3	1113333
Agustus 2023	1132638	1260000	1260000

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

**Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan**

September 2023	1070245	1260000	1260000
Oktober 2023	978499	1113333,3	1113333
November 2023	917407	820000	820000
Desember 2023	1144542	846666,67	846667

### 4.3 Peramalan Metode *Fuzzy Time Series* Singh

Pada peramalan data *in-sample* kunjungan wisatawan mancanegara dengan metode *fuzzy time series* Singh, langkah-langkah yang dilakukan hampir sama dengan metode *fuzzy time series* Lee dan Chen. Perbedaannya terdapat pada proses defuzzifikasi. Defuzzifikasi metode *fuzzy time series* Singh menggunakan aturan seperti pada persamaan 2.13 hingga persamaan 2.25. Hasil peramalan data *in sample* kunjungan wisatawan mancanegara periode pertama sampai periode keempat sebagai berikut.

**Tabel 15.** Hasil peramalan pada *in-sample* menggunakan FTS Singh

Bulan ke-	Periode	Aktual	Peramalan	Dibulatkan
1	Oktober 2014	808767	NA	NA
2	November 2014	764461	NA	NA
3	Desember 2014	915334	NA	NA
4	Januari 2015	771066	780000	780000
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
107	Agustus 2023	1132638	1137505	1137505
108	September 2023	1070245	1060000	1060000

Menggunakan pembentukan model metode *fuzzy time series* Singh pada data *in-sample* kunjungan wisatawan mancanegara, hasil peramalan diterapkan untuk data *out-sample* didapatkan hasil sebagai berikut

**Tabel 16.** Hasil peramalan pada *out-sample* menggunakan FTS Singh

Periode	Aktual	Peramalan	Dibulatkan
Juli 2023	1121189	1133154	1133154
Agustus 2023	1132638	1137505	1137505
September 2023	1070245	1060000	1060000

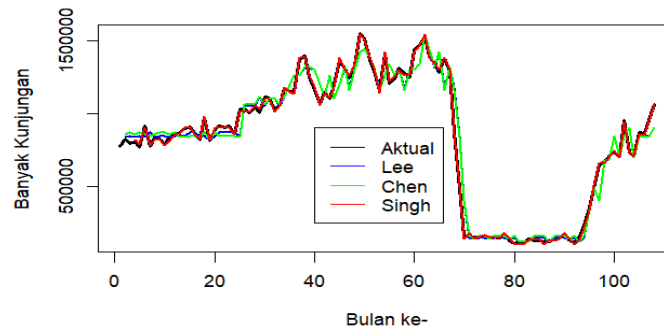
## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan

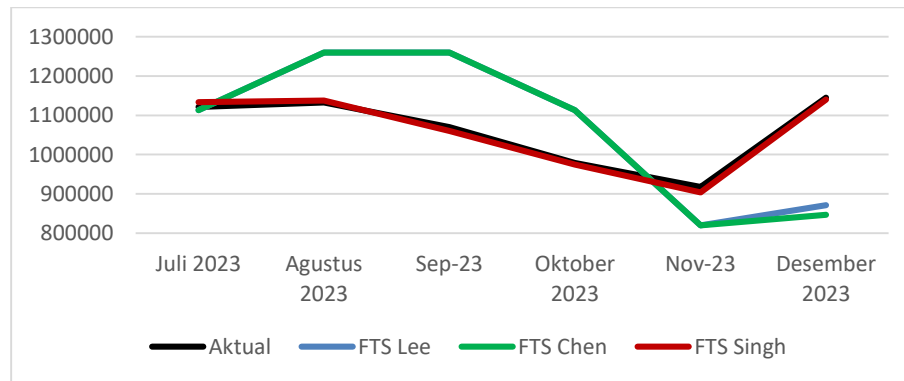
Oktober 2023	978499	974178,5	974178
November 2023	917407	903411	903411
Desember 2023	1144542	1140000	1140000

### 4.4 Analisis Perbandingan

Perbandingan hasil peramalan untuk data *in-sample* dan *out-sample* pada periode ketiga adalah sebagai berikut:



**Gambar 1.** Grafik perbandingan antara data aktual dengan hasil peramalan untuk data *in-sample* menggunakan ketiga metode FTS



**Gambar 2.** Grafik perbandingan antara data aktual dengan hasil peramalan untuk data *out-sample* menggunakan ketiga metode FTS

Berdasarkan Gambar 1 dan 2 terlihat bahwa hasil peramalan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Singh jauh lebih baik dikarenakan hampir semua semua garis aktual pada gambar tertutup oleh garis Singh, hal ini menunjukkan bahwa hasil peramalan hampir sesuai dengan data aktual. Kemudian, dicari metode mana yang memiliki tingkat kesalahan paling rendah menggunakan MAPE dan RMSE.

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan

**Tabel 17.** Perbandingan MAPE dan RMSE pada data in-sample ketiga metode FTS

	<i>Fuzzy Time Series Lee</i>	<i>Fuzzy Time Series Chen</i>	<i>Fuzzy Time Series Singh</i>
MAPE	9,81%	10,35%	2,77%
RMSE	90925,39	91832,77	12675,98

Dari tabel 17 dapat dilihat bahwa metode *Fuzzy Time Series Lee* dan metode *Fuzzy Time Series Singh* mendapatkan nilai MAPE yang sangat baik berdasarkan kriteria keakuratan MAPE pada tabel 2 sedangkan metode *Fuzzy Time Series Chen* mendapatkan nilai MAPE yang baik. Berdasarkan tabel 17 nilai MAPE dan RMSE metode *Fuzzy Time Series Singh* paling kecil di antara metode *Fuzzy Time Series Lee* dan *Fuzzy Time Series Chen*.

**Tabel 18.** Perbandingan MAPE dan RMSE pada data out-sample ketiga metode FTS

	<i>Fuzzy Time Series Lee</i>	<i>Fuzzy Time Series Chen</i>	<i>Fuzzy Time Series Singh</i>
MAPE	12,99%	13,35%	0,80%
RMSE	160493,6	167674,23	9192,33

Dari tabel 18 dapat dilihat bahwa metode *Fuzzy Time Series Singh* mendapatkan nilai MAPE yang sangat baik berdasarkan kriteria keakuratan MAPE pada tabel 2 sedangkan metode metode *Fuzzy Time Series Lee* dan *Fuzzy Time Series Chen* mendapatkan nilai MAPE yang baik. Berdasarkan tabel 18 nilai MAPE dan RMSE metode *Fuzzy Time Series Singh* paling kecil di antara metode *Fuzzy Time Series Lee* dan *Fuzzy Time Series Chen*.

Nilai MAPE dan RMSE pada data *in-sample* dan *out-sample* menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Time Series Singh* memiliki tingkat *error* lebih kecil dibandingkann metode *Fuzzy Time Series Lee* dan *Fuzzy Time Series Chen*, sehingga hasil peramalan kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia menggunakan metode *Fuzzy Time Series Singh* dapat dikatakan lebih mendekati data aktual dibandingkan metode *Fuzzy Time Series Lee* dan *Fuzzy Time Series Chen*. Hasil ini senada dengan penelitian Sari [24] pada peramalan produksi tomat di Nusa Tenggara Barat yang menyimpulkan bahawa peramalan menggunakan *Fuzzy Time Series Singh* memiliki tingkat *error* lebih kecil dibandingkann metode *Fuzzy Time Series Lee* dan *Fuzzy Time Series Chen*.

Peramalan kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Singh* ini dapat dikatakan lebih baik dibandingkan dengan penelitian Rais [19] yang menggunakan metode *Single Exponential Smoothing* dan *Simple Moving Average*, Ramadhani [23] yang menggunakan metode ARIMA, dan Budiawan [5] yang menggunakan metode *Single Exponential Smoothing*, *Double Exponential Smoothing* dan *Triple Exponential Smoothing*. Hal ini

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan

karena metode *Fuzzy Time Series* Singh menghasilkan nilai MAPE yang lebih kecil dibandingkan dengan metode *Single Exponential Smoothing*, *Simple Moving Average*, ARIMA, *Double Exponential Smoothing* dan *Triple Exponential Smoothing*.

### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh peramalan dengan kategori sangat baik untuk data *in-sample* kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia menggunakan metode *fuzzy time series* Lee dan *fuzzy time series* Singh dengan nilai MAPE secara berturut-turut 9,81% dan 2,77%. Diperoleh peramalan dengan kategori baik untuk data *in-sample* kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia menggunakan metode Chen dengan nilai MAPE 10,35%. Pada peramalan data *out-sample* diperoleh kategori yang sangat baik untuk metode *fuzzy time series* Singh dengan nilai MAPE sebesar 0,80% dan kategori baik untuk metode *fuzzy time series* Lee dan *fuzzy time series* Chen dengan nilai MAPE secara berturut-turut adalah 12,99% dan 13,35%. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa *fuzzy time series* Singh memiliki kategori peramalan yang sangat baik dan memiliki nilai *error* yang paling kecil dibandingkan dengan *fuzzy time series* Lee dan *fuzzy time series* Chen, sehingga *fuzzy time series* Singh lebih baik dan lebih akurat dalam meramalkan kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arnita, Afnisah, N., & Marpaung, F., 2020. A Comparison of the Fuzzy Time Series Methods of Chen, Cheng and Markov Chain in Predicting Rainfall in Medan. *Journal of Physics: Conference Series*, 1462(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1462/1/012044>
- [2] BPS, 2020. *Statistik Kunjungan Wisatawan Mancanegara 2019*.
- [3] BPS, 2021. *Statistik Kunjungan Wisatawan Mancanegara 2020*.
- [4] BPS, 2022. *Statistik Kunjungan Wisatawan Mancanegara 2021*.
- [5] Budiawan, I., Yasin, S., Harafani, H., Kiswanto, A. D., Rusli, A. R., & Marthanti, A. S., 2024. Analisis Data Kunjungan Wisatawan Mancanegara ke Indonesia pada Era Pasca Pandemi melalui Metode Visualisasi dan Peramalan. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(1), 4787–4800.
- [6] Chen, S.-M., 1996. Forecasting enrollments based on fuzzy time series. In *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 81.
- [7] Fathoni, Y. M., & Wijayanto, S., 2021. Forecasting Penjualan Gas LPG di Toko Sembako Menggunakan Metode Fuzzy Time Series. *JUPITER: Jurnal Penelitian Ilmu Dan Teknologi Komputer*, 13(2), 87–96. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/3541.jupiter.2021.10>
- [8] Febrino, M. R., Permana, D., Syafriandi, & Amalita, N., 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. <https://doi.org/10.24036/ujsds/vol1-iss2/22>

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan

- [9] Habibie, A., Yahya, L., & Hasan, I. K., 2023. Perbandingan Fuzzy Time Series Lee untuk Meramalkan Nilai Tukar Petani di Provinsi Gorontalo. *Jambura Journal of Probability and Statistics*, 4(1), 39–46. <https://doi.org/10.34312/jjps.v4i1.17453>
- [10] Hadi, W., 2019. Menggali Potensi Kampung Wisata Di Kota Yogyakarta Sebagai Daya Tarik Wisatawan. *Journal of Tourism and Economic*, 2(2), 129–139.
- [11] Hutasuhut, A. H., Anggraeni, W., & Tyasnurita, R., 2014. Pembuatan Aplikasi Pendukung Keputusan Untuk Peramalan Persediaan Bahan Baku Produksi Plastik Blowing dan Inject Menggunakan Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) Di CV. Asia. *JURNAL TEKNIK POMITS*, 2(2), 169–174. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v3i2.8114>
- [12] Intarapak, S., Supapakorn, T., & Vuthipongse, W., 2022. Classical Forecasting of International Tourist Arrivals to Thailand. *Journal of Statistical Theory and Applications*, 21(2), 31–43. <https://doi.org/10.1007/s44199-022-00041-5>
- [13] Ipan, Syaripuddin, & Nohe, D. A., 2022. Perbandingan Model Chen Dan Model Lee Pada Metode Fuzzy Time Series Untuk Peramalan Produksi Kelapa Sawit Provinsi Kalimantan Timur. *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Statistika, Dan Aplikasinya*, 81–95.
- [14] Laskarjati, S. D., & Ahmad, I. S., 2022. Perbandingan Peramalan Harga Saham Menggunakan Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) dan Fuzzy Time Series Markov Chain (Studi Kasus: Saham PT Indofood CBP Sukses Makmur Tbk). *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 11(6), 397–404. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v11i6.91417>
- [15] Lee, M. H., Efendi, R., & Ismail, Z., 2009. Modified Weighted for Enrollment Forecasting Based on Fuzzy Time Series. In *MATEMATIKA* (Vol. 25, Issue 1). <https://www.researchgate.net/publication/239904841>
- [16] Makoni, T., Mazuruse, G., & Nyagadza, B., 2023. International tourist arrivals modelling and forecasting: A case of Zimbabwe. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, 2(1). <https://doi.org/10.1016/j.stae.2022.100027>
- [17] Muhammad, M., Wahyuningsih, S., & Siringoringo, M., 2021. Peramalan Nilai Tukar Petani Subsektor Peternakan Menggunakan Fuzzy Time Series Lee. *Jambura Journal of Mathematics*, 3(1), 1–15. <https://doi.org/10.34312/jjom.v3i1.5940>
- [18] Nugroho, K., 2016. Model Analisis Prediksi Menggunakan Metode Fuzzy Time Series. *Jurnal Ilmiah Infokam*, 12(1), 46–50. <https://doi.org/10.53845/infokam.v12i1.91>
- [19] Nur Rais, A., Jiwana Thira, I., Nur Kholifah, D., Purwati, N., & Meisella Kristania, Y., 2020. Evaluasi Metode Forecasting Pada Data Kunjungan Wisatawan Mancanegara ke Indonesia. *Jurnal Sains Dan Manajemen*, 8(2).
- [20] Prasetyo, H. R., Palupi, I., & Wahyudi, B. A., 2023. Prediksi Menggunakan Model Fuzzy Time Series Studi Kasus Curah Hujan di Kabupaten Bandung. *LOGIC: Jurnal Penelitian Informatika*, 1(1), 8. <https://doi.org/10.25124/logic.v1i1.6405>
- [21] Qiu, W., Liu, X., & Li, H., 2011. A generalized method for forecasting based on fuzzy time series. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 10446–10453. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.02.096>

**JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI****Ade Setyani Nurmara Sari, Ezra Putranda Setiawan**

- [22] Rachim, F., Tarno, & Sugito., 2020. Perbandingan fuzzy time series dengan metode Chen dan metode S.R.Singh. *Jurnal Gaussian*, 9(3), 306–315. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/gaussian/>
- [23] Ramadhani, A., Wahyuningsih, S., & Siringoringo. M., 2022. Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara Ke Indonesia Menggunakan Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). *Jurnal EKSPONENSIAL*, 13(2), 103–112. <https://doi.org/https://doi.org/10.30872/eksponensial.v13i2.1049>
- [24] Sari, D. A., Nurmayanti, W. P., & Kertanah., 2023. Perbandingan Metode Fuzzy Time Series Model Chen, Lee, Dan Singh Pada Produksi Tomat Di Nusa Tenggara Barat. *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Statistika, Dan Aplikasinya*.
- [25] Setiawan, W., Junati, E., & Farida, I., 2017. The Use of Triple Exponential Smoothing Method (Winter) in Forecasting Passenger of PT Kereta Api Indonesia with Optimization Alpha, Beta, and Gamma Parameters. *IEEE*, 198–202. <https://doi.org/10.1109/ICSITech.2016.7852633>
- [26] Singh, S. R., 2007. A simple method of forecasting based on fuzzy time series. *Applied Mathematics and Computation*, 186(1), 330–339. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2006.07.128>
- [27] Singh, S. R., 2008. A computational method of forecasting based on fuzzy time series. *Mathematics and Computers in Simulation*, 79(3), 539–554. <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2008.02.026>
- [28] Song, Q., & Chissom, B. S., 1993. Fuzzy time series and its models. In *Fuzzy Sets and Systems* (Vol. 54).
- [29] Xihao, S., & Yimin, L., 2008. Average-based fuzzy time series models for forecasting Shanghai compound index \*. In *UK World Journal of Modelling and Simulation* (Vol. 1, Issue 2).