

Perbandingan FTS *Ruey Chyn Tsaur* dan *Saxena Easo* untuk Peramalan Kunjungan Wisatawan Mancanegara di Bali

Asrul S. Ulopo¹, Ismail Djakaria¹, La Ode Nashar^{1*}, Isran K. Hasan¹, and Asriadi²

¹*Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia*

²*Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia*

Abstrak

Provinsi Bali merupakan destinasi wisata utama di Indonesia yang setiap tahunnya menarik jutaan wisatawan mancanegara. Kunjungan wisatawan mancanegara di Provinsi Bali Januari sampai Juli 2024 menyambut kedatangan 3.538.899 wisatawan mancanegara, menunjukkan peningkatan signifikan sebesar 22,18% dibandingkan periode yang sama pada tahun sebelumnya. Peningkatan jumlah kunjungan tersebut menjadi indikator penting dalam pengembangan sektor pariwisata sekaligus penopang utama perekonomian daerah. Oleh karena itu, peramalan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara di Bali menjadi langkah strategis untuk mendukung perencanaan dan pengambilan kebijakan yang efektif serta pengelolaan destinasi yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan akurasi metode *Fuzzy Time Series* Ruey Chyn Tsaur dan *Fuzzy Time Series* Saxena Easo dalam meramalkan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara di Bali. Data yang digunakan merupakan data sekunder dari Badan Pusat Statistik selama periode Januari 2005 hingga Desember 2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa FTS Ruey Chyn Tsaur memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dengan nilai MAPE sebesar 5,544%, dibandingkan dengan FTS Saxena Easo yang menghasilkan MAPE sebesar 8,9256%. Kedua metode termasuk dalam kategori sangat akurat karena nilai MAPE yang diperoleh berada di bawah 10%. Evaluasi model terbaik menunjukkan bahwa pendekatan tersebut menghasilkan nilai MAPE sebesar 6,811%.

Kata Kunci: FTS; Peramalan; Ruey Chyn Tsaur; Saxena Easo; Wisatawan mancanegara

Abstract

Bali Province is a leading tourist destination in Indonesia, attracting millions of international tourists each year. From January to July 2024, Bali welcomed 3,538,899 international visitors, marking a significant increase of 22.18% compared to the same period in the previous year. This rise in tourist arrivals serves as an important indicator in the development of the tourism sector and acts as a major pillar of the regional economy. Therefore, forecasting the number of international tourist arrivals in Bali is a strategic step to support effective planning, policymaking, and sustainable destination management. This study aims to compare the accuracy of the Fuzzy Time Series Ruey Chyn Tsaur method and the Fuzzy Time Series Saxena Easo method in forecasting the number of international tourist arrivals in Bali. The data used are secondary data obtained from Statistics Indonesia (Badan Pusat Statistik) covering the period from January 2005 to December 2024. The results show that the FTS Ruey Chyn Tsaur method achieved higher accuracy with a MAPE value of 5.544%, compared to the FTS Saxena Easo method which resulted in a MAPE of 8.9256%. Both methods fall under the category of very accurate forecasting models, as their MAPE values are below 10%. The best model evaluation indicates that this approach yielded a MAPE value of 6.811%.

*Corresponding author. E-mail: laode.nashar@ung.ac.id

Keywords: FTS; Forecasting; Ruey Chyn Tsaur; Saxena Easo; International Tourists

Copyright © 2025 by Authors, Published by JRMM Group. This is an open access article under the CC BY-SA License (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>)

1 Pendahuluan

Provinsi Bali merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki destinasi wisata yang terkenal dengan keindahan alamnya. Keindahan Bali semakin diperkuat dengan statusnya sebagai destinasi wisata terpopuler kedua di dunia [1]. Kunjungan wisatawan mancanegara ke Provinsi Bali pada Juli 2023 sejumlah 541.353 kunjungan bila dibandingkan dengan bulan Juli 2022 yang jumlahnya 246.504 kunjungan, terlihat begitu besar pertumbuhan yaitu sekitar 119,6%. Sementara sepanjang 7 bulan pertama di tahun 2024, dari Januari hingga Juli 2024, Bali menyambut kedatangan 3.538.899 wisatawan mancanegara, menunjukkan peningkatan signifikan sebesar 22,18% dibandingkan periode yang sama pada tahun sebelumnya [2]. Bahkan, berdasarkan statistik terbaru, sektor ini menyumbang sekitar 4,3% terhadap Pendapatan Asli Daerah (PAD) [3]. Menunjukkan peran dominan dalam mendorong perekonomian wilayah dan berkontribusi secara signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi lokal [4].

Peningkatan kunjungan wisatawan mancanegara ke Bali perlu diantisipasi melalui pembangunan fasilitas pendukung pariwisata. Untuk merencanakan hal tersebut, diperlukan peramalan jumlah kunjungan di masa depan. Peramalan adalah proses memperkirakan kejadian yang akan datang berdasarkan data historis [5]. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Fuzzy Time Series* (FTS), yang unggul karena tidak bergantung pada pola data tertentu [6]. FTS juga fleksibel dalam menangani data yang fluktuatif tanpa mengurangi akurasi [7]. Beberapa pengembangan FTS yang banyak digunakan adalah metode Ruey Chyn Tsaur dan Saxena Easo.

Berbagai penelitian telah dilakukan terkait peramalan FTS dan kunjungan wisatawan mancanegara. Fauzi dkk [8] yang melakukan Peramalan nilai tukar petani dengan menggunakan FTS Cheng dan FTS Ruey Chyn Tsaur. Penelitian ini menunjukkan hasil bahwa FTS Ruey Chyn Tsaur melakukan prediksi lebih baik. Suryani dkk [9] yang menerapkan FTS dalam peramalan jumlah pengunjung wisatawan mancanegara di jawa Timur, dengan tingkat akurasi yang tinggi. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Resnu dkk [10] perbandingan menggunakan metode FTS Saxena Easo dan FTS Lee pada prediksi harga nikel. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa FTS Saxena Easo melakukan prediksi lebih baik. Namun, sebagian besar penelitian sebelumnya hanya berfokus pada penerapan satu metode FTS dalam peramalan, tanpa membandingkan performa antar metode dalam konteks data yang mengalami fluktuasi seperti akibat pandemi COVID-19. Selain itu, studi-studi tersebut belum mengintegrasikan pendekatan penanganan outlier untuk meningkatkan akurasi peramalan.

Perbandingan FTS Ruey Chyn Tsaur dan Saxena Easo menawarkan perspektif empiris mengenai keunggulan relatif kedua metode dalam meramalkan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara di Bali. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menyajikan analisis perbandingan FTS Ruey Chyn Tsaur dan Saxena Easo. Kedua metode dibandingkan untuk mendapatkan metode yang paling akurat untuk meramalkan.

Penelitian ini menghadirkan perbandingan secara langsung dua pendekatan FTS, yaitu FTS Ruey Chyn Tsaur dan FTS Saxena Easo, dalam konteks peramalan kunjungan wisatawan mancanegara di Bali. Studi sebelumnya belum ada yang mengkaji keunggulan relatif kedua metode ini secara bersamaan, khususnya pada data yang mengandung fluktuasi ekstrem akibat pandemi COVID-19. Selain itu, penelitian ini juga menyertakan penanganan outlier menggunakan berbagai pendekatan untuk meningkatkan akurasi model peramalan. Kontribusi dari penelitian ini tidak hanya memperkaya literatur metodologis dalam bidang statistika dan peramalan, tetapi juga memberikan rekomendasi praktis bagi pengambil kebijakan dan pelaku industri pariwisata dalam merencanakan strategi berbasis data yang lebih akurat dan adaptif.

2 Metode

2.1 Data dan Sumber Data

Jenis penelitian yang dilakukan merupakan penelitian kuantitatif dengan data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari *Website BPS Provinsi Bali* [2]. Data yang digunakan merupakan data jumlah kunjungan wisatawan mancanegara di Bali pada Januari 2005 sampai Desember 2024. Penelitian ini data dibagi menjadi dua, yaitu data latih dimulai dari Januari 2005 sampai Desember 2018 yang digunakan untuk menghasilkan model dan data uji dari Januari 2019 sampai Desember 2024 yang digunakan untuk evaluasi model. Data uji mengandung *outlier* akibat dampak pandemi COVID-19, sehingga dalam penelitian ini diterapkan beberapa metode penanganan outlier, yaitu penghapusan, penggantian dengan median, transformasi data, winsorizing, dan penggantian dengan *mean* [11]. Data diolah menggunakan *software RStudio*. Tahapan penelitian analisis diuraikan sebagai berikut:

2.2 Fuzzy Time Series Ruey Chyn Tsaur

1. Menetapkan himpunan semesta
menetapkan himpunan semesta berdasarkan rentang data historis. Penetapan Himpunan Semesta pada data historis dapat menggunakan rumus berikut:

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

dengan, D_{\min} adalah nilai minimum, dan D_{\max} adalah nilai maksimum.

2. Membentuk interval himpunan semesta
Pembentukan interval pada himpunan semesta yang akan digunakan sebagai dasar dalam menentukan himpunan fuzzy. Menghitung jumlah interval kelas, digunakan persamaan Sturges:

$$K = 1 + 3,322 \times \log(n) \quad (2)$$

dengan n merupakan banyak data. Kemudian menghitung panjang interval kelas:

$$l = \frac{[(D_{\max} - D_{\min})]}{K} \quad (3)$$

dengan D_{\min} menyatakan nilai minimum, sedangkan D_{\max} menyatakan nilai maksimum. Simbol K digunakan untuk menunjukkan jumlah interval, dan l merupakan panjang dari setiap interval. Selanjutnya himpunan semesta dibagi berdasarkan jumlah interval dan panjangnya, berikut adalah interval-interval yang didapatkan :

$$\begin{aligned} u_1 &= [D_{\min}; D_{\min} + l] \\ u_2 &= [D_{\min}; D_{\min} + 2l] \\ &\vdots \\ u_n &= [D_{\min}; D_{\min} + nl] \end{aligned}$$

kemudian mencari nilai tengah menggunakan persamaan:

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

dengan i merupakan banyak interval yang terbentuk.

3. Menentukan himpunan fuzzy
Menentukan himpunan *Fuzzy* untuk semesta U . Untuk mempermudah, setiap himpunan *Fuzzy* A_i , $i = 1, 2, 3, \dots, n$ disusun dalam jumlah interval tertentu, dengan A_1, A_2, \dots, A_n . sehingga mendapatkan hasil sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \cdots + \frac{0}{u_i} \\
 A_2 &= \frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \cdots + \frac{0}{u_i} \\
 &\vdots \\
 A_i &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \cdots + \frac{0.5}{u_{i-1}} + \frac{0}{u_i}
 \end{aligned}$$

dengan $f_{Ai}(u_i)$ sebagai derajat keanggotaan u_i ke A_i , dengan nilai $f_{Ai}(u_i)$ yaitu 0, 0.5, atau 1 berdasarkan fungsi *tringular Fuzzy number*, $1 \leq i \leq n$.

4. Fuzzifikasi data historis, membentuk FLR dan FLRG membentuk FLR dan FLRG
 5. Membentuk matrix probabilitas Transisi
- matriks probabilitas transisi, yang menunjukkan peluang berpindah dari satu himpunan fuzzy ke himpunan fuzzy lainnya. Probabilitas transisi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$P_{ij} = \frac{M_{ij}}{M_i}, \quad i \text{ dan } j = 1, 2, 3, \dots \quad (5)$$

dengan P_{ij} merupakan probabilitas peristiwa transisi i dan j , M_{ij} jumlah transisi antara i dan j , M_i banyaknya kejadian yang terjadi antara i dan j . Berikut ini adalah matriks probabilitas transisi:

$$[P_{ij}]_{n \times m} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nn} \end{bmatrix}$$

dengan P_{ij} merupakan probabilitas peristiwa transisi i dan j , n banyak baris dan m banyak kolom.

6. Menentukan defuzzifikasi
 - a). Menghitung peramalan awal

Dihasilkan berdasarkan FLR, FLRG, dan matriks probabilitas transisi yang telah diperoleh sebelumnya. Peramalan awal $F(t)$ dengan $t = 1, 2, 3, \dots, n$ dapat menggunakan cara sebagai berikut:

 - Apabila FLRG A_i himpunan kosong ($A_i \rightarrow \neq$), sehingga hasil peramalan akan menjadi m_i , yang merupakan nilai tengah dari interval u_i , serta dirumuskan seperti berikut:

$$F(t) = m_i$$

- Apabila FLRG A_i memiliki hubungan *one-to-one* ($A_i \rightarrow A_j$), sehingga hasil peramalan akan menjadi m_j , yang merupakan nilai tengah dari u_j , serta dirumuskan seperti berikut:

$$F(t) = m_j p_{ij} = m_j$$

dimana p_{ij} sebagai transisi matriks

- Jika FLRG A_i memiliki hubungan *one-to-many* ($A_i \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_n, i = 1, 2, \dots, n$), apabila data aktual $Y(t-1)$ saat $t-1$ berada pada state A_i , rumus hasil peramalannya sebagai berikut:

$$F(t) = m_{(1)} p_{1(i-1)} + Y(t-1) p_{ii} + m_{(i+1)} p_{i(i+1)} + \dots + m_n p_{in} \quad (6)$$

- b). Menyesuaikan kecenderungan nilai peramalan

Perhitungan penyesuaian nilai peramalan dilakukan sebagai evaluasi nilai *error* pada hasil peramalan. Perhitungan penyesuaian nilai peramalan dilakukan menggunakan aturan berikut [12].

- Apabila FLR A_i berkomunikasi dengan A_j , dimulai dari state A_i saat waktu $t-1$ sebagai $F(t-1) = A_i$, dan membuat transisi naik ke state A_j pada waktu t , dimana ($i < j$), menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$D = \frac{(l \times s)}{2} \quad (7)$$

dengan l adalah panjang interval, dan s banyaknya transisi maju.

- Apabila FLR A_i berkomunikasi dengan A_j , dimulai dari state A_i saat waktu $t - 1$ sebagai $F(t - 1) = A_i$, dan membuat transisi mundur ke state A_j pada waktu t , dimana $(i > j)$. dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$D = -\frac{(l \times r)}{2}$$

dengan l adalah panjang interval, dan r banyaknya transisi mundur.

- Apabila FLR A_i berkomunikasi dengan A_j dimana $i = j$, maka nilai kecenderungan hasil dari peramalan yaitu:

$$D = 0$$

7. Menentukan hasil peramalan akhir

Menghasilkan prediksi jumlah wisatawan mancanegara berdasarkan hasil defuzzifikasi. Hasil peramalan akhir umumnya dapat dihitung menggunakan rumus:

$$F'(t) = F(t) + D \quad (8)$$

2.3 Fuzzy Time Series Saxena Easo

1. Menghitung persentase perubahan data

Mengubah data historis menjadi persentase perubahan dengan persamaan berikut:

$$\text{PercChange}_t = \left(\frac{D_t - D_{t-1}}{D_{t-1}} \right) \times 100 \quad (9)$$

Keterangan dari notasi yang digunakan adalah sebagai berikut: D_t merupakan nilai aktual pada waktu ke- t , sedangkan D_{t-1} adalah nilai aktual pada waktu sebelumnya. Notasi PercChange_t menunjukkan persentase perubahan antara dua periode waktu.

2. Menentukan himpunan semesta

Himpunan semesta untuk interval persentase perubahan ditentukan dengan persamaan berikut:

$$U = [D_{\min}; D_{\max}] \quad (10)$$

dengan, D_{\min} adalah nilai minimum dan D_{\max} adalah nilai maksimum dari perubahan persentase.

3. Membentuk himpunan interval semesta

- (a) Menghitung jumlah interval kelas (K). Untuk menghitung jumlah interval kelas, digunakan persamaan Sturges:

$$K = 1 + 3.322 \times \log(n) \quad (11)$$

dengan K merupakan banyak partisi, dan n banyak data.

- (b) Menghitung panjang interval kelas (l). Berikut persamaan yang dapat digunakan dalam menghitung panjang interval kelas:

$$l = \frac{[(D_{\max} - D_{\min})]}{K} \quad (12)$$

Keterangan dari notasi yang digunakan yaitu D_{\min} merupakan nilai minimum perubahan persentase, sedangkan D_{\max} adalah nilai maksimum perubahan persentase. Simbol K menyatakan jumlah interval, dan l menunjukkan panjang dari setiap interval.

4. mengelompokan Persentase Perubahan ke dalam interval fuzzy dan Menentukan sub interval.

5. Menentukan nilai tengah

Nilai titik tengah dari masing-masing sub interval ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$A_i = \frac{LL_i + UL_i}{2} \quad (13)$$

dengan A_i adalah nilai tengah dari interval ke- i , LL_i adalah batas bawah interval ke- i dan UL_i batas bawah interval ke- i

6. Melakukan defuzzifikasi

Defuzzifikasi digunakan untuk mendapat besaran nilai tertentu dari himpunan fuzzy. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung Defuzzifikasi data:

$$\hat{y}_t = \begin{cases} \frac{1+0.5}{\frac{1}{m_1} + \frac{0.5}{m_2}}, & \text{jika } i = 1, \\ \frac{0.5+1+0.5}{\frac{0.5}{m_{i-1}} + \frac{1}{m_i} + \frac{0.5}{m_{i+1}}}, & \text{jika } 2 \leq i \leq n-2, \\ \frac{0.5+1}{\frac{0.5}{m_{n-1}} + \frac{1}{m_n}}, & \text{jika } i = n. \end{cases} \quad (14)$$

Keterangan dari notasi yang digunakan adalah sebagai berikut: \hat{y}_t merupakan prediksi perubahan persentase bulanan untuk interval ke- i . Simbol m_i menunjukkan nilai tengah dari interval Fuzzy ke- i , sedangkan n menyatakan jumlah total interval Fuzzy. Indeks i bernilai $1, 2, 3, \dots, n$.

7. Menentukan hasil peramalan akhir

Persamaan untuk menghitung nilai ramalan untuk waktu ke depan setelah Defuzzifikasi adalah sebagai berikut:

$$\hat{x}_{t+1} = \hat{y}_t \times \frac{D_t}{100} + D_t \quad (15)$$

Keterangan dari notasi yang digunakan adalah sebagai berikut: \hat{x}_{t+1} merupakan nilai ramalan untuk waktu $t+1$ atau periode mendatang. Simbol \hat{y}_t menunjukkan prediksi perubahan persentase bulanan untuk interval ke- i , sedangkan D_t adalah nilai aktual pada periode t .

2.4 Analisis Perbandingan

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) digunakan sebagai ukuran untuk mengevaluasi keakuratan peramalan dalam penelitian ini. Kelebihan MAPE terletak pada sifatnya yang mudah dipahami dan dikomunikasikan, karena menyajikan tingkat kesalahan dalam bentuk persentase dari nilai aktual rata-rata [13]. Suatu hasil peramalan dikategorikan sangat akurat apabila nilai MAPE berada di bawah 10%, dianggap akurat jika nilainya berada di antara 10% hingga 20%, Kurang akurat jika MAPE berada di antara 20% hingga 50%, dan tidak akurat jika MAPE >50% [14].

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Deskriptif Data

Data yang digunakan yaitu jumlah kunjungan wisatawan mancanegara di Bali pada bulan januari 2005 sampai desember 2024. data dibagi menjadi dua. Dimana data januari 2005 sampai Desember 2018 merupakan data latih dan data januari 2019 sampai Desember 2024 sebagai data uji. Data Kunjungan wisatawan mancanegara di Bali pada data latih mendapatkan nilai tertinggi pada bulan Juli 2018 dengan nominal sebesar 624.366 dan nilai terendah pada bulan November 2005 dengan nominal 62.894. Sedangkan Kunjungan wisatawan mancanegara di Bali pada data uji mendapatkan nilai tertinggi pada bulan Juli 2024 dengan nominal sebesar 625.665 dan nilai terendah pada nilai terendah pada bulan Juli, Agustus, September dan Desember 2021 dengan nominal 0.

3.2 Menetapkan Himpunan Semesta FTS Ruey Chyn Tsaur

Pada data latih kunjungan wisatawan mancanegara di Bali, tercatat nilai tertinggi sebesar 624.366 pada bulan Juli 2018 dan nilai terendah sebesar 62.894 pada bulan November 2005. Berikut adalah penentuan himpunan semesta yang dihitung menggunakan Pers. 1.

$$U = [62.894; 624.366]$$

3.3 Membentuk Himpunan Semesta

1. Menghitung Jumlah Interval Kelas menggunakan [Pers. 2](#):

$$K = 1 + 3.322 \times \text{Log}(168)$$

$$K = 8,3916$$

$$K \approx 8$$

2. Menghitung Panjang Interval Kelas menggunakan [Pers. 3](#):

$$l = \frac{[624.366 - 62.894]}{8}$$

$$l = \frac{561.472}{8}$$

$$l = 70.184$$

Berikut adalah interval-interval Himpunan Semesta yang terbentuk setelah dipartisi:

$$\begin{array}{ll} u_1 = [62.894; 133.078] & u_5 = [343.630; 413.814] \\ u_2 = [133.078; 203.262] & u_6 = [413.814; 483.998] \\ u_3 = [203.262; 273.446] & u_7 = [483.998; 554.182] \\ u_4 = [273.446; 343.630] & u_8 = [554.182; 624.366] \end{array}$$

3. Menghitung Nilai Tengah Interval Kelas

Hasil perhitungan nilai tengah interval kelas menggunakan [Pers. 4](#):

$$\begin{array}{ll} m_1 = 97.986 & m_5 = 378.722 \\ m_2 = 168.170 & m_6 = 448.906 \\ m_3 = 238.354 & m_7 = 519.090 \\ m_4 = 308.538 & m_8 = 589.274 \end{array}$$

3.4 Menentukan Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy yang terbentuk sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_1 &= 1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 \\ A_2 &= 0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 \\ A_3 &= 0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + 0.5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 \\ A_4 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0.5/u_3 + 1/u_4 + 0.5/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 \\ A_5 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0.5/u_4 + 1/u_5 + 0.5/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 \\ A_6 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0.5/u_5 + 1/u_6 + 0.5/u_7 + 0/u_8 \\ A_7 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0.5/u_6 + 1/u_7 + 0.5/u_8 \\ A_8 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0.5/u_7 + 1/u_8 \end{aligned}$$

Bilangan yang diwakili oleh simbol "/" menunjukkan derajat keanggotaan u_i pada *Fuzzy Set* (A_i), sedangkan simbol "+" bukan operasi penjumlahan tetapi menunjukkan keseluruhan unsur-unsur u_i .

3.5 Fuzzifikasi Data Historis

Setelah penetapan derajat keanggotaan u_i pada fuzzy set (A_i) dilakukan, maka diperoleh interval fuzzy set dan fuzzifikasinya pada tabel berikut.

Tabel 1: Interval Fuzzy Set dan Fuzzifikasi

Interval	Fuzzifikasi
$u_1 = [62.894; 133.078]$	A_1
$u_2 = [133.078; 203.262]$	A_2
$u_3 = [203.262; 273.446]$	A_3
$u_4 = [273.446; 343.630]$	A_4
$u_5 = [343.630, 413.814]$	A_5
$u_6 = [413.814; 483.998]$	A_6
$u_7 = [483.998; 554.182]$	A_7
$u_8 = [554.182; 624.366]$	A_8

Berdasarkan [Tabel 1](#), hasil Fuzzifikasi kunjungan wisatawan mancanegara di Bali pada periode Januari 2005 adalah A_1 . Hal ini dikarenakan kunjungan wisatawan mancanegara di Bali periode Januari 2005 memiliki nominal sebesar 102.146, nominal tersebut berada pada rentang interval u_1 yang merupakan interval dengan derajat keanggotaan minimum pada pendefinisian derajat keanggotaan *Fuzzy Set* A_1 .

3.6 Membentuk FLR dan FLRG

Fuzzy Logical Relationship (FLR) bertujuan sebagai proses menghubungkan relasi variabel linguistik $A_i \rightarrow A_j$, dengan A_i sebagai *current state* dan A_j sebagai *next state* pada waktu t . Hasil FLR dilihat pada [Tabel 2](#).

Tabel 2: FLR

No	Periode	Aktual	FLR
1	Jan-05	102.146	*
2	Feb-05	100.839	$A_1 \rightarrow A_1$
3	Mar-05	117.340	$A_1 \rightarrow A_1$
:	:	:	:
167	Nov-18	406.725	$A_7 \rightarrow A_5$
168	Dec-18	498.819	$A_5 \rightarrow A_7$

Fuzzy Logical Relationship Groups (FLRG) menyajikan informasi bagaimana perpindahan dari satu state ke state lainnya dan frekuensi terjadinya perpindahan tersebut. Hasil FLRG dilihat pada [Tabel 3](#).

Tabel 3: FLRG

Current State	Next State	Total Transisi
A_1	$23(A_1), 2(A_2)$	25
A_2	$A_1, 30(A_2), 4(A_3)$	35
A_3	$3(A_2), 35(A_3), 3(A_4), A_5$	42
A_4	$2(A_3), 15(A_4), 6(A_5)$	23
A_5	$A_3, 5(A_4), 8(A_5), 2(A_6), 2(A_7)$	18
A_6	$2(A_5), 6(A_6), 2(A_7)$	10
A_7	$(A_5), 2(A_6), 4(A_7), 2(A_8)$	9
A_8	$2(A_7), 3(A_8)$	5

1. *Current State* (Keadaan Saat Ini): Kolom ini menunjukkan state (keadaan) saat ini dalam sistem. Dalam tabel ini, state-state tersebut dilambangkan dengan A_1, A_2, A_3 , dan seterusnya hingga A_8 .

2. *Next State* (Keadaan Berikutnya): Kolom ini menunjukkan state berikutnya yang dapat dicapai dari current state. Di dalamnya terdapat angka di depan tanda kurung yang menunjukkan berapa kali transisi dari current state menuju next state yang ada di dalam tanda kurung terjadi. Misalnya, pada baris pertama, dari current state A_1 , terjadi 23 kali transisi ke A_1 dan 2 kali transisi ke A_2 .
3. *Total Transisi*: Kolom ini menunjukkan jumlah total transisi yang keluar dari current state. Misalnya, untuk current state A_1 , total transisinya adalah $23 + 2 = 25$.

3.7 Membentuk matrix probabilitas Transisi

Matriks probabilitas transisi pada penelitian ini berdimensi 8×8 , di mana dimensi matriksnya disesuaikan dengan jumlah himpunan fuzzy, serta elemen-elemen dalam matriks tersebut merepresentasikan peluang transisi antar state. Matriks ini dibentuk berdasarkan [Pers. 5](#):

$$P = \begin{bmatrix} 0,920 & 0,080 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,029 & 0,857 & 0,114 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,071 & 0,833 & 0,071 & 0,024 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,087 & 0,652 & 0,261 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,056 & 0,278 & 0,444 & 0,111 & 0,111 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,200 & 0,600 & 0,200 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,111 & 0,222 & 0,444 & 0,222 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,400 & 0,600 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan matriks probabilitas yang terbentuk memiliki 8 keadaan. Matriks ini menunjukkan seberapa besar kemungkinan untuk berpindah dari satu *state* ke *state* lainnya dalam satu langkah waktu. Pada baris pertama (A_1) berada pada *state* (A_1) ada probabilitas 0,920 atau 92% untuk tetap berada pada *state* (A_1) pada langkah berikutnya, begitupun seterusnya. Contohnya hasil P_{11} ; $P_{11} = 23/25 = 0,92$.

3.8 Menentukan Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses peramalan awal dan penyesuaian berdasarkan data hasil fuzzifikasi hingga terbentuknya FLRG dan matriks probabilitas transisi. Selanjutnya, dilakukan perhitungan untuk menghasilkan peramalan awal [\[12\]](#). Perhitungan menggunakan data aktual dimulai dari $t = 2$, yaitu bulan Februari 2005. Misalkan hasil defuzzifikasi untuk peramalan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Bali pada periode Juli 2005 adalah $F(t)$, dengan kondisi bahwa pada waktu $t - 1$ (Juni 2005), kunjungan berada pada *state* A_2 , dan FLRG untuk A_2 memiliki hubungan *one-to-many*, yaitu $A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3$, maka hasil defuzzifikasi peramalan kunjungan wisatawan mancanegara ke Bali pada Juli 2005 dihitung menggunakan [Pers. 6](#):

$$\begin{aligned} F(t) &= m_1 p_{21} + Y(t-1) p_{22} + m_3 p_{23} \\ F(7) &= (97.986)(0,029) + (136.544)(0,857) + (238.354)(0,114) \\ F(7) &= (2.842,594) + (117.018,208) + (27.172,356) \\ F(7) &= 147.032 \end{aligned}$$

Setelah melakukan Defuzzifikasi peramalan, dilakukan penyesuaian nilai peramalan dalam upaya mengurangi besarnya nilai *error* pada hasil peramalan. Misal penyesuaian nilai peramalan kunjungan wisatawan mancanegara di Bali pada periode Juni 2005 sebagai D_t , berdasarkan Matriks Peluang Transisi yang terbentuk didapatkan *state* A_1 dan *state* A_2 saling berkomunikasi, dan terjadi transisi naik dari *state* A_1 ke *state* A_2 , maka penyesuaian nilai peramalan kunjungan wisatawan mancanegara di Bali pada periode Juni 2005 ditentukan sebagai berikut, menggunakan [Pers. 7](#):

$$D_t = \frac{l \times s}{2} = \frac{70.184 \times 1}{2} = 35.092$$

Tabel 4: Peramalan Awal

No	Periode	Aktual	Peramalan awal
1	Jan-05	102.146	*
2	Feb-05	100.839	107.428
3	Mar-05	117.340	106.225
4	April-05	116.486	121.406
5	Mei-05	116.814	120.621
6	Juni-05	136.544	120.922
7	Juli-05	158.731	147.032
:	:	:	:
168	Dec-18	498.819	387.155

3.9 Menentukan Hasil Peramalan Akhir

Peramalan akhir dilakukan setelah melakukan defuzzifikasi. Misal peramalan akhir $t = 2$ (februari 2005) adalah sebagai berikut, menggunakan [Pers. 8](#):

$$F'(2) = F(2) + D = 107.428 + 0 = 107.428$$

Tabel 5: Peramalan Akhir

No	Periode	Peramalan Awal	Nilai Penyesuaian	Peramalan Akhir
1	Jan-05	*	*	*
2	Feb-05	107.428	0	107.428
3	Mar-05	106.225	0	106.225
:	:	:	:	:
166	Oct-18	541.178	-35.092	541.178
167	Nov-18	502.457	-35.092	502.457
168	Dec-18	387.155	35.092	287.155

3.10 Menghitung Persentase Perubahan Data FTS Saxena Easo

Tahap pertama dilakukan pada FTS Saxena Easo dengan cara mengubah data historis menjadi persentase perubahan [\[15\]](#). Misal perubahan persentase data kunjungan wisatawan mancanegara di Bali pada periode Maret 2005 sebagai berikut, menggunakan [Pers. 9](#):

$$\begin{aligned} \text{PercChange}_t &= \left(\frac{D_t - D_{t-1}}{D_{t-1}} \right) \times 100 \\ \text{PercChange}_t &= \left(\frac{117.340 - 100.839}{100.839} \right) \times 100 \\ &= 0,1636370849 \times 100 \\ &= 16.36370849 \end{aligned}$$

Perubahan persentase data kunjungan wisatawan mancanegara di Bali dapat dilihat pada [Tabel 6](#).

Tabel 6: Persentase Perubahan

No	Periode	Peramalan Awal
Jan-05	102.146	*
Feb-05	100.839	-1.27954105
Mar-05	117.340	16.36370849
:	:	:
Des-18	498.819	22.64281763

3.11 Menentukan Himpunan Semesta

Data persentase perubahan mencatatkan nilai paling tinggi sebesar 37 pada bulan november 2015 dan nilai terendah sebesar -50 pada bulan september 2005. Berikut Himpunan Semesta yang telah ditentukan menggunakan [Pers. 10](#):

$$U = [D_{min}; D_{max}]$$

$$U = [-50; 37]$$

3.12 Membentuk Himpunan Interval Semesta

1. Menghitung Jumlah Interval Kelas menggunakan [Pers. 11](#):

$$K = 1 + 3.322 \times \log(168)$$

$$K = 8,392477$$

$$K \approx 8$$

2. Menghitung Panjang Interval Kelas menggunakan [Pers. 12](#):

$$l = \frac{[(37) - (-50)]}{8}$$

$$l = \frac{87}{8}$$

$$l = 10,875$$

3.13 Mengelompokan Persentase Perubahan

Pengelompokan dan persentase perubahan(d_t) dilakukan dengan melihat data d_t masuk dalam interval mana. Setelah diketahui masuk pada interval yang sesuai, maka data yang telah dikelompokan tersebut dihitung frekuensinya masing-masing. Pengelompokan tersebut dapat dilihat pada [Tabel 7](#).

Tabel 7: Frekuensi d_t dan interval

u_i	Interval	Frekuensi d_t
u_1	[-50,000; -39,125]	1
u_2	[-39,125; -28,250]	0
u_3	[-28,250; -17,375]	6
u_4	[-17,375; -6,500]	25
u_5	[-6,500; 4,375]	76
u_6	[4,375; 15,250]	39
u_7	[15,250; 26,125]	17
u_8	[26,125; 37,000]	3

3.14 Menentukan Sub Interval

Penentuan interval kelas menjadi sub interval berdasarkan banyaknya frekuensi. Pembagian interval menjadi sub interval dapat dilakukan dengan cara membagi panjang interval dengan banyaknya frekuensi data [\[16\]](#). Misal mencari sub interval dari interval u_1 , maka panjang interval yaitu 10,875 dibagi dengan frekuensi interval pada u_1 yaitu 1, sehingga panjang sub interval pada interval u_1 adalah 10,875. Begitu seterusnya sehingga total banyaknya interval yang diperoleh adalah sebanyak 169 sub interval.

3.15 Menentukan Nilai Tengah

Setelah menentukan sub interval selanjutnya mencari nilai titik tengah dari masing-masing sub interval. Misal interval pada himpunan *Fuzzy A*₁, dengan interval yaitu [-50.000;-39.100]. Maka *A*₁ adalah sebagai

berikut, menggunakan Pers. 13:

$$A_1 = \frac{LL_i + UL_i}{2} = \frac{-50,000 + (-39,100)}{2} = -44,5500$$

Tabel 8: Sub Interval Terbentuk, Himpunan Fuzzy dan Nilai Tengah

Sub Interval	Himpunan Fuzzy	Nilai Tengah
[-50,000; -39,100]	A_1	-44,5500
[-39,100; -28,200]	A_2	-33,6500
[-28,200; -26,400]	A_3	-27,3000
[-26,400; -24,600]	A_4	-25,5000
⋮	⋮	⋮
[29,800; 33,400]	A_{168}	31,6000
[33,400; 37,000]	A_{169}	35,2000

3.16 Melakukan Defuzzifikasi

Defuzzifikasi digunakan setelah semua nilai titik tengah dari semua sub interval diperoleh, maka nilai tengah tersebut dapat digunakan untuk memprediksi persentase perubahan. Misal ingin memprediksi perubahan persentase data dapat dihitung sebagai berikut, Pers. 14:

Jika $i = 1$ maka:

$$\begin{aligned} \hat{y}_1 &= \frac{1 + 0.5}{\frac{1}{-44.5500} + \frac{0.5}{-33.6500}} \\ &= \frac{1.5}{-0.022446386805 - 0.014858841010} \\ &= \frac{1.5}{-0.037305227815} \\ \hat{y}_1 &\approx -40.20851587 \end{aligned}$$

Jika $2 \leq i \leq n - 2$ maka:

$$\begin{aligned} \hat{y}_3 &= \frac{0.5 + 1 + 0.5}{\frac{0.5}{-33.6500} + \frac{1}{-27.3000} + \frac{0.5}{-25.5000}} \\ &= \frac{2}{-0.014858841010 - 0.036630036630 - 0.019607843137} \\ &= \frac{2}{-0.071096720777} \\ \hat{y}_3 &\approx -28.13069264 \end{aligned}$$

Jika $i = n$ maka:

$$\begin{aligned} \hat{y}_{169} &= \frac{0.5 + 1}{\frac{0.5}{31.6000} + \frac{1}{35.2000}} \\ &= \frac{1.5}{0.0158227848101 + 0.0284090909090} \\ &= \frac{1.5}{0.0442318757191} \\ \hat{y}_{169} &\approx 33.91219512 \end{aligned}$$

Hasil Prediksi perubahan persentase lainnya mengikuti langkah yang sama dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9: Sub Interval Terbentuk, Himpunan Fuzzy, Nilai Tengah dan Defuzzifikasi

Sub Interval	Himpunan Fuzzy	Nilai Tengah	Defuzzifikasi
[-50,000; -39,100]	A_1	-44,5500	-40,20851587
[-39,100; -28,200]	A_2	-33,6500	-33,75183078
[-28,200; -26,400]	A_3	-27,3000	-28,13069264
⋮	⋮	⋮	⋮
[26,100;29,800]	A_{167}	27,9500	28,17663166
[29,800;33,400]	A_{168}	31,6000	31,37786345
[33,400;37,000]	A_{169}	35,2000	33,91219512

3.17 Menentukan Hasil Peramalan Akhir

Hasil peramalan akhir dilakukan setelah defuzzifikasi nilai prediksi persentase perubahan data telah didapatkan, misal pada periode februari 2005 menggunakan [Pers. 15](#):

$$\hat{x}_2 = -40,20851587 \times \frac{100.839}{100} + 100.839 = 60.293$$

Hasil akhir peramalan dapat dilihat pada [Tabel 10](#).

Tabel 10: Hasil Peramalan Saxena Easo

No	Periode	Hasil Prediksi(\hat{x}_{t+1})
1	Januari	*
2	Februari	60.293
3	Maret	77.735
⋮	⋮	⋮
166	October	648.094
167	November	513.017
168	Desember	639.369

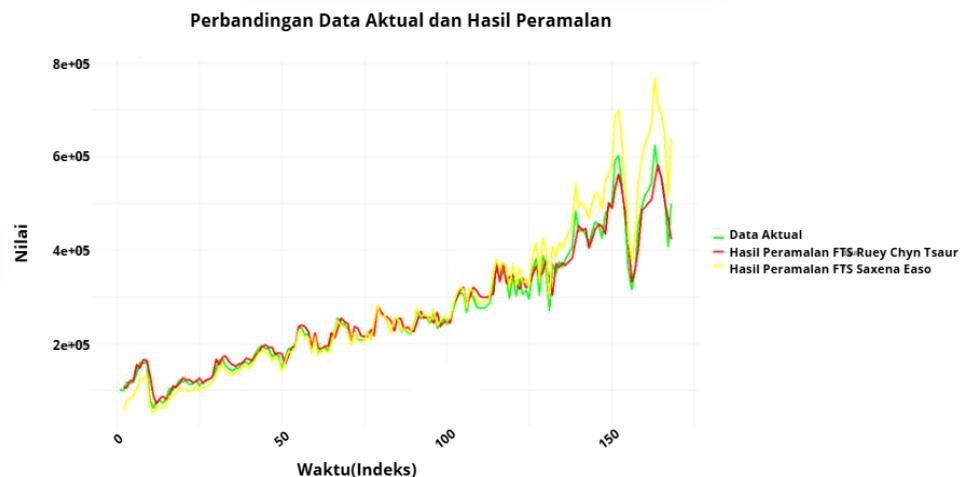
3.18 Analisis Perbandingan

Analisis perbandingan dilakukan untuk mengevaluasi tingkat keakuratan hasil peramalan dari masing-masing metode yang digunakan. Ukuran yang digunakan dalam evaluasi ini adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Semakin kecil nilai MAPE, maka semakin tinggi tingkat keakuratan metode tersebut [\[17\]](#). Hasil nilai error kedua metode dapat dilihat pada [Tabel 11](#).

Tabel 11: Perbandingan Nilai Error

Error FTS Ruey Chyn tsaur	Error Saxena Easo
*	*
0,0517	0,4021
0,0534	0,3375
0,0347	0,2813
⋮	⋮
0,0381	0,2450
0,0896	0,2514
0,0976	0,2613
0,0382	0,2818

Plot perbandingan data aktual, hasil peramalan kunjungan wisatawan mancanegara di Bali menggunakan Fuzzy Time Series Ruey Chyn Tsaur dan Fuzzy Time Series Saxena Easo dapat dilihat pada [Gambar 1](#).



Gambar 1: Plot perbandingan data aktual dan hasil peramalan kedua metode

Berdasarkan [Gambar 1](#) menunjukkan perbandingan antara data aktual dan hasil peramalan menggunakan dua metode, yaitu FTS Ruey Chyn Tsaur ditandai dengan warna merah dan FTS Saxena Easo ditandai dengan warna kuning. Terlihat bahwa kurva hasil peramalan dari metode Ruey Chyn Tsaur memiliki pola yang lebih dekat dengan data aktual dibandingkan metode Saxena Easo.

Tabel 12: Perbandingan Akurasi

Metode	MAPE
FTS Ruey Chyn Tsaur	5,544%
FTS Saxena Easo	8,9256%

Berdasarkan [Tabel 12](#) Hasil perbandingan menunjukkan bahwa metode FTS Ruey Chyn Tsaur menghasilkan nilai MAPE sebesar 5,544%, lebih kecil dibandingkan FTS Saxena Easo yang memiliki MAPE sebesar 8,9256%. Berdasarkan klasifikasi akurasi nilai MAPE di bawah 10% tergolong sangat akurat [14]. Sehingga kedua metode dapat dikatakan cukup baik dalam meramalkan data wisatawan mancanegara. Namun, nilai FTS Ruey Chyn Tsaur memiliki nilai persentase yang lebih kecil dari pada FTS Saxena Easo. Sehingga menunjukkan bahwa FTS Ruey Chyn Tsaur dapat melakukan peramalan lebih baik dari pada FTS Saxena Easo. Hasil data uji yang mengandung outlier akibat pandemi COVID-19, ditangani dengan menerapkan beberapa metode penanganan outlier, seperti penghapusan, penggantian dengan median, transformasi data, winsorizing, dan penggantian dengan mean. Hasil terbaik diperoleh dari pendekatan penggantian outlier dengan nilai mean, yang menghasilkan nilai MAPE terendah sebesar 6,811%. Metode FTS Ruey Chyn Tsaur, dengan struktur berbasis fuzzy dan matriks probabilitas transisi, menunjukkan performa yang stabil dan adaptif. Namun, metode ini relatif lebih kompleks secara struktur dan komputasi dibandingkan Saxena Easo, karena membutuhkan pembentukan FLR, FLRG, hingga penyesuaian nilai kecenderungan. Di sisi lain, metode FTS Saxena Easo yang mengandalkan perubahan persentase antar periode memiliki struktur yang lebih sederhana dan efisien secara waktu komputasi.

4 Kesimpulan

Hasil peramalan menunjukkan bahwa metode FTS Ruey Chyn Tsaur memberikan akurasi model yang lebih tinggi dengan nilai MAPE sebesar 5,544%, dibandingkan FTS Saxena Easo yang menghasilkan MAPE sebesar 8,9256%. memberikan bukti empiris bahwa metode FTS Ruey Chyn Tsaur lebih unggul dalam menangani data kunjungan wisatawan mancanegara di Bali. Kedua metode memiliki akurasi peramalan sangat akurat karena nilai MAPE yang dihasilkan kurang dari 10%. Evaluasi model metode terbaik menghasilkan MAPE sebesar 6,811%. Implikasi praktis dari temuan ini adalah metode FTS Ruey Chyn Tsaur dapat digunakan sebagai alat bantu dalam perencanaan dan pengambilan keputusan strategis

di sektor pariwisata, khususnya dalam memproyeksikan tren kunjungan wisatawan secara lebih akurat dan berkelanjutan.

Keterbatasan dalam penelitian ini adalah evaluasi model hanya berfokus pada satu indikator akurasi, yaitu Mean Absolute Percentage Error (MAPE), tanpa melibatkan metrik lain seperti RMSE atau MAE yang dapat memberikan perspektif evaluasi yang lebih lengkap. Penelitian selanjutnya, disarankan mengeksplorasi dan membandingkan jenis FTS yang lain. Hal ini bertujuan untuk menemukan metode dengan akurasi peramalan paling akurat dalam meramalkan kunjungan mancanegara di Bali.

Pernyataan Kontribusi Penulis (CRediT)

Asrul S. Ulopo: Konseptualisasi, Metodologi, Perangkat Lunak, Analisis Formal, Investigasi, Kurasi Data, Penulisan–Draf Awal, Penulisan–Telaah dan Penyuntingan, Visualisasi. **Ismail Djakaria:** Konseptualisasi, Metodologi, Penulisan–Draf Awal, Penulisan–Telaah dan Penyuntingan, Supervisi **La Ode Nashar:** Konseptualisasi, Metodologi, Penulisan–Draf Awal, Penulisan–Telaah dan Penyuntingan, Supervisi **Isran K. Hasan:** Metodologi, Perangkat Lunak, Penulisan–Draf Awal, Penulisan–Telaah dan Penyuntingan, Supervisi **Asriadi:** Metodologi, Penulisan–Draf Awal, Penulisan–Telaah dan Penyuntingan, Supervisi

Deklarasi Penggunaan AI atau Teknologi Berbasis AI

Model ChatGPT versi 4 digunakan untuk membantu penyusunan draf awal dan koreksi struktur kalimat.

Deklarasi Konflik Kepentingan

“Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.”

Pendanaan dan Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada dosen pembimbing, Prof. Dr. Ismail Djakaria, M.Si. dan La Ode Nashar, S.Pd., M.Sc, atas bimbingan dan masukan selama proses penelitian dan penulisan naskah.

Ketersediaan Data

Dataset yang dianalisis dalam studi ini tersedia secara publik di repositori BPS Bali ¹.

Daftar Pustaka

- [1] E. Marcelina, T. Agustin, K. Luthfiyaturrohmah, *et al.*, “Peramalan jumlah wisatawan kabupaten belitung menggunakan simulasi monte carlo,” *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*, vol. 12, no. 1, pp. 57–62, 2024. DOI: [10.37905/euler.v12i1.25153](https://doi.org/10.37905/euler.v12i1.25153).
- [2] (BPS) Provinsi Bali, *Statistik kunjungan wisatawan mancanegara ke bali 2024*, 2024.
- [3] B. K. S. J. D. RI, *Analisis ringkas cepat: Urgensi penguatan daya saing pariwisata untuk meningkatkan perekonomian nasional*, 2023.

¹<https://bali.bps.go.id/statistics-table/2/MTA2IzI=/banyaknya-wisatawan-mancanegara-bulan-an-ke-bali-menurut-pintu-masuk--orang-.html>

- [4] D. Y. Dalimunthe, D. Valeriani, F. Hartini, and R. S. Wardhani, “The readiness of supporting infrastructure for tourism destination in achieving sustainable tourism development,” *Society*, vol. 8, no. 1, pp. 217–233, 2020. DOI: [10.33019/society.v8i1.149](https://doi.org/10.33019/society.v8i1.149).
- [5] F. Andika, S. Dayanti, F. Dewi, *et al.*, “Peramalan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke provinsi aceh menggunakan fuzzy time series chen,” *JURNAL ILMIAH MATEMATIKA DAN TERAPAN*, vol. 20, no. 1, pp. 15–24, 2023. DOI: [10.22487/2540766X.2023.v20.i1.16168](https://doi.org/10.22487/2540766X.2023.v20.i1.16168).
- [6] S. Damayanti, J. Rizal, S. Yosmar, N. Afandi, and V. Acnesya, “Earthquake frequency data modeling in mentawai using fuzzy time series lee and fuzzy time series tsaur,” *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, vol. 18, no. 1, pp. 0281–0294, 2024. DOI: [10.30598/barekengvol18iss1pp0281-0294](https://doi.org/10.30598/barekengvol18iss1pp0281-0294).
- [7] D. Fakhriyana and I. I. Brilliant, “Penerapan metode fuzzy time series (fts) cheng dan markov-chain untuk peramalan indonesia crude oil price (icp),” *Indonesian Journal of Applied Statistics*, vol. 6, no. 1, pp. 44–56, 2023. DOI: [10.13057/ijas.v6i1.79907](https://doi.org/10.13057/ijas.v6i1.79907).
- [8] F. Fauzi, D. Agustina, and I. M. Nur, “Evaluasi metode fuzzy time series cheng dan ruey chyn tsaur,” *VARIANCE: Journal of Statistics and Its Applications*, vol. 3, no. 2, pp. 61–72, 2021. DOI: [10.30598/variancevol3iss2page61-71](https://doi.org/10.30598/variancevol3iss2page61-71).
- [9] D. Suryani, R. Wakhidah, *et al.*, “Peramalan jumlah pengunjung wisatawan mancanegara menggunakan metode fuzzy time series di jawa timur,” *Jurnal Informatika Polinema*, vol. 8, no. 2, pp. 43–48, 2022. DOI: [10.33795/jip.v8i2.525](https://doi.org/10.33795/jip.v8i2.525).
- [10] A. resnu Maulana, “Perbandingan metode fts lee dan fts saxena easo pada prediksi harga nikel,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 2, 2024. DOI: [10.23960/jitet.v12i2.4112](https://doi.org/10.23960/jitet.v12i2.4112).
- [11] D. W. Athaurrakhman and D. A. P. Saragih, “Penerapan support vector machine dan neural network untuk memprediksi nilai rumah di california pada dataset “california housing prices”,”
- [12] R. Rahmawati, D. E. Sari, A. N. Rahma, and M. Soleh, “Peramalan curah hujan di ppks bukit sentang dengan menggunakan fuzzy time series ruey chyn tsaur,” *vol*, vol. 17, pp. 51–61, 2021. DOI: [10.24198/jmi.v17.n1.32820.51-61](https://doi.org/10.24198/jmi.v17.n1.32820.51-61).
- [13] I. DJAKARIA, D. WUNGGULI, R. S. PAKADANG, S. E. SALEH, and M. A. DJAUHARI, “Indonesia’s gdp forecast: Evidence from fuzzy time series model using particle swarm optimization algorithm,” 2024, <https://orcid.org/0000-0003-1358-2356>.
- [14] M. J. I. Akbar and I. Kharisudin, “Model arfima untuk analisis data kecepatan angin di bandara internasional ahmad yani,” *Unnes Journal of Mathematics*, vol. 8, no. 2, pp. 89–101, 2019. DOI: [10.15294/ujm.v8i2.38037](https://doi.org/10.15294/ujm.v8i2.38037).
- [15] L. C. Ramadhani, D. Anggraeni, and A. Kamsyakawuni, “Saxena-easo fuzzy time series on indonesia’s inflation rate forecasting,” *Jurnal Ilmu Dasar*, vol. 20, no. 1, pp. 53–60, 2019. DOI: [10.19184/jid.v20i1.6881](https://doi.org/10.19184/jid.v20i1.6881).
- [16] J. Smith, “Penggunaan rumus sub-interval dalam statistik,” *Jurnal Ilmu Statistik*, vol. 15, no. 4, pp. 123–135, 2020.
- [17] T. P. J. Tarisya and A. H. Primandari, “Perbandingan metode double exponential smoothing dan metode triple exponential smoothing untuk harga telur pada produsen di kabupaten sukabumi: Perbandingan metode double exponential smoothing dan metode triple exponential,” *Emerging Statistics and Data Science Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 204–214, 2023. DOI: [10.20885/esds.vol1.iss.2.art21](https://doi.org/10.20885/esds.vol1.iss.2.art21).