

Prediksi Jumlah Wisatawan Asing Masuk ke Indonesia Tahun 2026 Menggunakan Model Rantai Markov

Anggi Nur Ananda Saragih^{1*}, Widi Ningsih Panggabean¹, Melissa Chandra¹, Agnes Yulia Saragih¹, Mizan Hasibuan¹, Sudianto Manullang², Alvi Sahrin Nasution²

¹ Mahasiswa Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan

² Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan

*anggi.4223230019@mhs.unimed.ac.id

Diterima: 02-06-2025; Direvisi: 15-06-2025; Dipublikasi: 17-06-2025

Abstract

Indonesia's tourism sector experienced a drastic decline due to the pandemic, with the number of foreign tourists falling by 64.64% in 2020, disrupting contributions to the country's GDP and foreign exchange. The lack of application of stochastic models to predict foreign tourist arrivals nationwide is a challenge in policy planning. This research aims to build a Markov Chain-based prediction model to estimate the number of foreign tourists in 2026, overcoming the weaknesses of conventional approaches that are deterministic. The method used is the analysis of the probability of transition between states (Increase/Decrease/Stable) based on historical data of tourist arrivals. The prediction results show that the number of foreign tourists in 2026 reached 18,202,215 people, indicating an optimistic growth trend and potential recovery of the tourism sector. The conclusion of this study confirms that the Markov Chain model is effective for macro projection of tourist fluctuations, so that it can be a reference in the preparation of adaptive and data-based tourism policies.

Keywords: Markov Chain; Foreign Travelers; Arrival Prediction; Stochastic

Abstrak

Sektor pariwisata Indonesia mengalami penurunan drastis akibat pandemi, dengan jumlah wisatawan asing turun 64,64% pada tahun 2020, mengganggu kontribusi terhadap PDB dan devisa negara. Minimnya penerapan model stokastik untuk memprediksi kedatangan wisatawan asing secara nasional menjadi tantangan dalam perencanaan kebijakan. Penelitian ini bertujuan membangun model prediksi berbasis Rantai Markov untuk mengestimasi jumlah wisatawan mancanegara tahun 2026, mengatasi kelemahan pendekatan konvensional yang bersifat deterministik. Metode yang digunakan adalah analisis probabilitas transisi antar *State* (Naik/Turun/Stabil) berdasarkan data historis kedatangan wisatawan. Hasil prediksi menunjukkan jumlah wisatawan asing pada tahun 2026 mencapai 18.202.215 orang, mengindikasikan tren pertumbuhan optimis dan potensi pemulihan sektor pariwisata. Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa model Rantai Markov efektif untuk proyeksi fluktuasi wisatawan secara makro, sehingga dapat menjadi acuan dalam penyusunan kebijakan pariwisata yang adaptif dan berbasis data.

Kata Kunci: Rantai Markov; Wisatawan Asing; Prediksi Kedatangan; Stokastik

1. PENDAHULUAN

Sektor pariwisata merupakan salah satu penggerak utama perekonomian nasional Indonesia. Keberagaman budaya, kekayaan alam, serta lokasi geografis strategis menjadikan Indonesia sebagai destinasi unggulan bagi wisatawan mancanegara (Prayuda & Pratama, 2024). Kontribusi sektor ini sangat signifikan, terlihat dari data tahun 2018 – 2022 yang menunjukkan sumbangan terhadap PDB berkisar 3,6% hingga 5,2%, serta devisa mencapai USD 16,91 miliar pada tahun 2019 sebelum pandemi melanda (Hasibuan et al., 2023). Namun, pandemi COVID – 19 menyebabkan penurunan tajam jumlah wisatawan asing, hingga 64,64% pada pertengahan 2020 jika dibandingkan periode yang sama tahun sebelumnya (Meimela, 2021). Kondisi tersebut menegaskan pentingnya prediksi yang akurat guna mendukung perumusan kebijakan pariwisata yang adaptif dan berbasis data.

Penelitian mengenai peramalan jumlah wisatawan telah banyak dilakukan dengan berbagai pendekatan, baik deterministik maupun stokastik. Pendekatan deterministik, seperti model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA), digunakan oleh Indrasetianingsih & Damayanti (2018), untuk memprediksi jumlah wisatawan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa ARIMA memiliki performa yang lebih stabil dalam memodelkan data jangka panjang jika dibandingkan dengan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST).

Di sisi lain, pendekatan stokastik berbasis machine learning mulai banyak diterapkan dalam beberapa tahun terakhir. (Mukhtar et al., 2021) menerapkan algoritma Multi-Layer Perceptron (MLP) pada data wisatawan berdasarkan kebangsaan yang berkunjung ke Indonesia. Selanjutnya, Prayuda & Pratama (2024) membandingkan kinerja beberapa algoritma machine learning seperti eXtreme Gradient Boosting (XGBoost), Random Forest, dan CatBoost untuk memprediksi kunjungan wisatawan mancanegara melalui pintu masuk udara. Berdasarkan evaluasi menggunakan metrik Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE), model XGBoost menunjukkan performa terbaik. Selain pendekatan pemodelan, aspek visualisasi juga mulai dimanfaatkan untuk mendukung eksplorasi data. (Riwanto, 2024) menunjukkan penggunaan Power BI sebagai alat bantu visualisasi interaktif dalam menganalisis tren kunjungan wisatawan ke Indonesia.

Secara khusus, metode stokastik berbasis Rantai Markov telah digunakan untuk prediksi jumlah wisatawan lokal di Sumatera Utara (Febrian et al., 2021), tingkat hunian hotel (Putu Sugiartawan, 2015), bahkan untuk prediksi non – pariwisata seperti pertumbuhan *startup* (Hidayat et al., 2023) dan transisi konsumen maskapai penerbangan (Masuku et al., 2018). Meski begitu, studi yang mengaplikasikan rantai Markov dalam konteks prediksi jumlah wisatawan mancanegara ke Indonesia secara nasional masih sangat terbatas.

Kesenjangan literatur terletak pada minimnya penerapan model stokastik transisional untuk proyeksi wisatawan mancanegara ke Indonesia dalam cakupan nasional lintas waktu. Pendekatan-pendekatan sebelumnya cenderung deterministik dan lokal. Model Rantai Markov memungkinkan prediksi berbasis probabilitas antar *state* jumlah kunjungan tahun ke tahun yang sangat cocok untuk tren fluktuatif pasca pandemi. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi celah tersebut dengan menggabungkan konsep probabilitas transisi pada tingkat makro dan menjadikan ini sebagai kontribusi orisinal terhadap literatur dan kebijakan pariwisata nasional.

Penelitian ini bertujuan untuk membangun model prediksi jumlah wisatawan mancanegara yang masuk ke Indonesia pada tahun 2026 menggunakan metode rantai Markov. Model ini diharapkan mampu memberikan informasi berbasis data historis dan probabilitas transisi antar tahun, sehingga dapat mendukung pengambilan kebijakan yang adaptif dan tepat sasaran oleh Kementerian Pariwisata dan pemangku kepentingan lainnya. Hasil penelitian ini memiliki urgensi tinggi karena dapat digunakan untukantisipasi fluktuasi kedatangan wisatawan dan optimalisasi strategi promosi pariwisata nasional.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

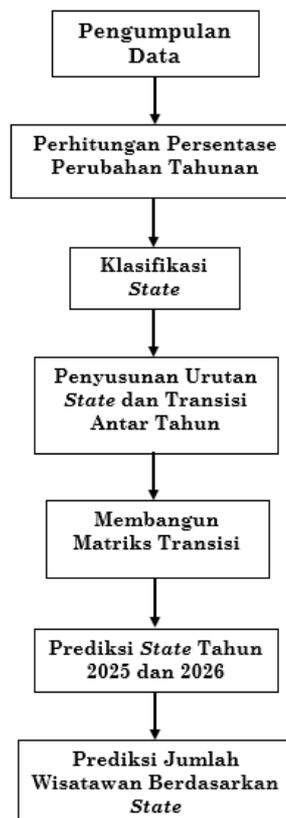
Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif dengan pendekatan model matematis menggunakan rantai markov. Rantai markov merupakan sebuah metode yang digunakan untuk memodelkan stokastik perubahan dari nilai variabel acak atau keadaan dari waktu ke waktu (Aritonang et al., 2020). Proses Markov adalah suatu proses yang menyatakan bahwa peristiwa yang terjadi di masa depan sangat dipengaruhi oleh kondisi saat ini, tanpa bergantung pada kejadian-kejadian yang terjadi di masa lalu (Akhdan & Fauzy, 2023). Rantai Markov banyak digunakan untuk peramalan dalam berbagai bidang terapan. Salah satunya adalah untuk memprediksi jumlah wisatawan (Nasib et al., 2024). Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi jumlah wisatawan asing yang masuk ke Indonesia pada tahun 2025 dan 2026 berdasarkan data historis.

2.2 Sumber dan Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh secara tidak langsung melalui berbagai literatur (Kumaisyaroh & Bahri, 2023). Data dalam penelitian ini bersumber dari situs resmi Badan Pusat Statistik (BPS). Data yang diambil adalah jumlah wisatawan asing yang masuk ke Indonesia setiap tahunnya, dimulai dari tahun 2016 hingga 2024. Data dikumpulkan secara dokumentasi dengan mengunduh laporan resmi BPS terkait jumlah wisatawan asing setiap tahun.

2.3 Prosedur Penelitian dan Analisis Data

Sebagai pelengkap penjelasan metode, berikut disajikan *flowchart* yang menggambarkan proses prediksi menggunakan metode Rantai Markov.



Gambar 1. *Flowchart* Prosedur Penelitian

2.3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan adalah data sekunder jumlah wisatawan asing masuk ke Indonesia dari tahun 2016 hingga 2024 yang diperoleh dari situs resmi Badan Pusat Statistik (BPS).

2.3.2 Perhitungan Persentase Perubahan Tahunan

Untuk setiap tahun, dilakukan perhitungan persentase perubahan tahunan untuk mengukur kecenderungan naik atau turun dibanding tahun sebelumnya. Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{persentase perubahan}_t = \left(\frac{X_t - X_{t-1}}{X_{t-1}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Di mana:

- X_t = jumlah wisatawan pada tahun ke- t
- X_{t-1} = jumlah wisatawan pada tahun sebelumnya

Perhitungan ini akan mengklasifikasikan *state* tahunan ke dalam tiga *state*.

2.3.3 Klasifikasi *State*

Berdasarkan nilai persentase perubahan, tahun-tahun tersebut diklasifikasikan ke dalam tiga *state*, yaitu:

- S1 (Turun): jika terjadi penurunan jumlah wisatawan $< -2\%$,
- S2 (Tetap): jika perubahan jumlah wisatawan antara -2% hingga $+2\%$,
- S3 (Naik): jika terjadi peningkatan jumlah wisatawan secara signifikan $\geq 2\%$.

Kemudian hitung perubahan rata-rata per-*state* dengan menjumlahkan persen perubahan tahun yang mengalami perubahan, lalu dibagi dengan jumlah tahun tersebut berdasarkan tiga klasifikasi *state*.

2.3.4 Penyusunan Urutan *State* dan Transisi Antar Tahun

Setelah *state* setiap tahun didapatkan, akan terbentuk pola transisi antar *state* dari satu tahun ke tahun berikutnya. Data ini digunakan untuk mengetahui pola transisi antar tahun.

2.3.5 Membangun Matriks Transisi

Dari pola perpindahan antar *state*, akan dilakukan perhitungan probabilitas transisi antar *state* menggunakan rumus berikut:

$$P_{ij} = \frac{\text{Jumlah transisi dari status } S_i \text{ ke } S_j}{\text{Total transisi status dari } S_i} \quad (2)$$

Dimana:

P_{ij} = probabilitas transisi dari *state* i ke j

Kemudian akan didapatkan hasil berupa matriks probabilitas transisi yang mencerminkan peluang berpindah dari satu *state* ke *state* lainnya dalam satu tahun (Nurman et al., 2021)(Wijaya et al., 2024).

2.3.6 Prediksi *State* Tahun 2025 dan 2026

Prediksi *state* jumlah wisatawan pada tahun 2025 dan 2026 dilakukan dengan menggunakan matriks probabilitas tahun 2024 sebagai keadaan awal. Proses prediksi dilakukan secara berurutan: *state* tahun 2025 diprediksi terlebih dahulu, kemudian *state* tahun 2026 diperkirakan berdasarkan hasil prediksi 2025. Perhitungan dilakukan dengan metode vektor dan matriks dalam model Rantai Markov.

Prediksi dilakukan dengan mengalikan vektor keadaan awal 2024 dengan kuadrat matriks transisi (P^2). Berdasarkan data historis, *state* tahun 2024 adalah S3 (naik). Sehingga vektor awal dinyatakan dengan:

$$X_{2024} = [0 \quad 0 \quad 1]$$

Prediksi *state* tahun 2025 dan 2026 diperoleh dengan:

$$X_{2025} = X_{2024} \times P^2 \quad (3)$$

$$X_{2026} = X_{2025} \times P^3 \quad (4)$$

2.3.7 Prediksi Jumlah Wisatawan Berdasarkan *State*

Setelah memperoleh prediksi distribusi *state*, estimasi jumlah wisatawan dilakukan dengan mengalikan probabilitas tiap *state* dengan jumlah wisatawan rata-rata yang mewakili masing-masing *state*. Hasilnya memberikan proyeksi jumlah wisatawan asing untuk tahun 2025 dan 2026 secara kuantitatif.

Dengan menggunakan jumlah wisatawan pada tahun sebelumnya, perhitungan prediksi untuk masing-masing *state* dilakukan dengan rumus berikut:

$$J_{S1} = \text{jumlah wisatawan}_t \times 1 - \text{rata} - \text{rata penurunan} \quad (5)$$

$$J_{S2} = \text{jumlah wisatawan}_t \times \text{perubahan} \quad (6)$$

$$J_{S3} = \text{jumlah wisatawan}_t \times (1 + \text{rata} - \text{rata kenaikan}) \quad (7)$$

Setelahnya, untuk hasil prediksi digunakan rumus berikut:

$$X_t = (P_{S1} \times J_{S1}) + (P_{S2} \times J_{S2}) + (P_{S3} \times J_{S3}) \quad (8)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Berdasarkan *state* tahun 2024 yang termasuk ke dalam kategori S3 (naik), prediksi jumlah wisatawan asing tahun 2025 dihitung menggunakan model Rantai Markov dan nilai probabilitas transisi yang telah diperoleh sebelumnya. Hasil prediksi menunjukkan jumlah wisatawan asing pada tahun 2025 sebesar 15.698.526 orang. Selanjutnya, prediksi untuk tahun 2026 menghasilkan 18.202.215 orang. Hasil ini menunjukkan tren pertumbuhan yang optimis dan mengindikasikan potensi pemulihan sektor pariwisata Indonesia.

3.2 Pembahasan

Data mengenai jumlah wisatawan mancanegara yang masuk ke Indonesia selama periode tahun 2016 hingga 2024 diperoleh dari situs resmi Badan Pusat Statistik (BPS). Data ini digunakan sebagai dasar dalam memprediksi jumlah kunjungan wisatawan asing ke Indonesia pada tahun 2026. Visualisasi data dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar berikut, yang memberikan gambaran tren kunjungan wisatawan dari tahun ke tahun.



Gambar 2. Grafik jumlah wisatawan asing masuk ke Indonesia

Grafik menunjukkan tren kunjungan wisatawan asing ke Indonesia dari 2016 hingga 2024. Jumlahnya meningkat hingga puncaknya pada 2019, lalu turun drastis pada 2020–2021 akibat pandemi. Sejak 2022, jumlah kunjungan kembali meningkat, dan pada 2024 hampir mendekati angka sebelum pandemi.

Berdasarkan grafik jumlah wisatawan asing ke Indonesia tahun 2016–2024, dilakukan klasifikasi *state* untuk analisis Rantai Markov. Klasifikasi ini didasarkan pada persentase perubahan jumlah wisatawan dari tahun sebelumnya. Setiap tahun dikategorikan ke dalam *state* naik, turun, atau stabil. Persentase perubahan dan klasifikasi *state* tahun 2016–2024 ditampilkan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Persentase Perhitungan Data Wisatawan Asing

| PERSENTASE PERHITUNGAN DARI DATA WISATAWAN | | | |
|--|------------------|-------------|--------------------------|
| Tahun | Jumlah Wisatawan | % Perubahan | Klarifikasi <i>State</i> |
| 2016 | 11519275 | - | - |
| 2017 | 14039799 | 21.88% | S3 |
| 2018 | 15810305 | 12.61% | S3 |
| 2019 | 16106954 | 1.88% | S2 |
| 2020 | 4052923 | -74.84% | S1 |

| PERSENTASE PERHITUNGAN DARI DATA WISATAWAN | | | | |
|--|------------------|-------------|--------------------------|--|
| Tahun | Jumlah Wisatawan | % Perubahan | Klarifikasi <i>State</i> | |
| 2021 | 1557530 | -61.57% | S1 | |
| 2022 | 5889031 | 278.10% | S3 | |
| 2023 | 11677825 | 98.30% | S3 | |
| 2024 | 13902420 | 19.05% | S3 | |

Berdasarkan perubahan persentase jumlah wisatawan dari tahun sebelumnya dengan kriteria sebagai berikut:

- S1 (Turun): Penurunan jumlah wisatawan $< 2\%$.
- S2 (Tetap): Perubahan jumlah wisatawan antara -2% hingga $+2\%$.
- S3 (Naik): Kenaikan jumlah wisatawan $\geq 2\%$.

Persentase perubahan rata-rata per *state*:

- S1 (turun):
Rata-rata penurunan = $\frac{-74.84\% + (-61.57\%)}{2} = -68.21\%$
- S2 (tetap):
Perubahan = 1.88%
- S3 (naik):
Rata-rata kenaikan = $\frac{21.88\% + 12.61\% + 278.10\% + 98.30\% + 19.05\%}{5} = 85.99\%$

Urutan *State* 2016–2024:

$$S3 \rightarrow S3 \rightarrow S2 \rightarrow S1 \rightarrow S1 \rightarrow S3 \rightarrow S3 \rightarrow S3$$

Untuk keperluan analisis prediksi menggunakan model Rantai Markov, dilakukan perhitungan frekuensi transisi antar *state* dari tahun 2017 hingga 2024. Nilai-nilai frekuensi transisi ini kemudian digunakan untuk menyusun matriks transisi Markov yang akan menjadi dasar dalam melakukan prediksi *state* wisatawan asing pada tahun 2025 dan 2026.

Tabel 2. Transisi Antar Klasifikasi *State*

| Dari Tahun | Ke Tahun | Dari <i>State</i> | Ke <i>State</i> | Transisi |
|------------|----------|-------------------|-----------------|---------------------|
| 2016 | 2017 | - | S3 | - \rightarrow S3 |
| 2017 | 2018 | S3 | S3 | S3 \rightarrow S3 |
| 2018 | 2019 | S3 | S2 | S3 \rightarrow S2 |
| 2019 | 2020 | S2 | S1 | S2 \rightarrow S1 |
| 2020 | 2021 | S1 | S1 | S1 \rightarrow S1 |
| 2021 | 2022 | S1 | S3 | S1 \rightarrow S3 |
| 2022 | 2023 | S3 | S3 | S3 \rightarrow S3 |
| 2023 | 2024 | S3 | S3 | S3 \rightarrow S3 |

Untuk membangun matriks probabilitas transisi, pertama-tama dilakukan penghitungan frekuensi transisi dari masing-masing *state* ke *state* berikutnya dalam data. Selanjutnya, probabilitas transisi dihitung dengan membagi jumlah transisi dari *state* S_i ke *state* S_j dengan total jumlah transisi yang berasal dari *state* S_i . Secara matematis, probabilitas transisi P_{ij} pada persamaan (2).

Berdasarkan data frekuensi yang tercantum pada tabel 2, perhitungan probabilitas transisi dapat dilakukan menggunakan rumus probabilitas. Dengan demikian, diperoleh matriks transisi probabilitas sebagai berikut:

$$P = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{4} & \frac{3}{5} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.50 & 0 & 0.50 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.75 \end{bmatrix}$$

Matriks ini menggambarkan peluang perpindahan antar *state* dari satu periode ke periode berikutnya dalam proses Rantai Markov yang dianalisis.

Selanjutnya disusun matriks transisi probabilitas. Matriks ini menunjukkan peluang berpindah dari satu *state* ke *state* lainnya dalam satu periode waktu. Dengan menggunakan matriks transisi ini, dapat diprediksi kemungkinan *state* jumlah wisatawan asing pada tahun 2025 berdasarkan *state* terakhir pada tahun 2024.

$$\begin{aligned} P^2 &= P \cdot P \\ P^2 &= \begin{bmatrix} 0.5 & 0 & 0.5 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.75 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.5 & 0 & 0.5 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.75 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 0.2500 & 0.1250 & 0.6250 \\ 0.5000 & 0 & 0.5000 \\ 0.2500 & 0.1875 & 0.5625 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Dalam memprediksi jumlah wisatawan asing yang masuk ke Indonesia tahun 2025, maka digunakan *initial state* yang akan dikalikan dengan matriks peluang transisi P^2 . *State* pada tahun 2024 adalah S3 (naik), karena pada tabel 2 data 2023 → 2024 menunjukkan kenaikan.

$$\begin{aligned} X_{2025} &= X_{2024} \cdot P^2 = [0 \quad 0 \quad 1] \cdot \begin{bmatrix} 0.2500 & 0.1250 & 0.6250 \\ 0.5000 & 0 & 0.5000 \\ 0.2500 & 0.1875 & 0.5625 \end{bmatrix} \\ X_{2025} &= [0.2500 \quad 0.1875 \quad 0.5625] \end{aligned}$$

Diperoleh probabilitas prediksi pada tahun 2025, dengan kemungkinan S1 (turun), S2 (tetap), S3 (naik) berturut-turut yaitu 25%, 18.75 %, 56.25%.

Berdasarkan *state* tahun 2024 yang termasuk ke dalam kategori S3 (Naik), prediksi jumlah wisatawan asing tahun 2025 dihitung menggunakan model Rantai Markov dan nilai probabilitas transisi yang telah diperoleh sebelumnya. Perhitungan dilakukan dengan mengalikan jumlah wisatawan tahun 2024 (13.902.420) dengan estimasi perubahan pada persamaan (5), (6), dan (7) untuk masing-masing *state*:

$$J_{S1} = 13,902,420 \times (1 - 68.21\%) = 4,419,579.318$$

$$J_{S2} = 13,902,420 \times 1.88\% = 261,365.496$$

$$J_{S3} = 13,902,420 \times (1 + 85.99\%) = 25,857,110.958$$

Maka hasil prediksi jumlah wisatawan asing masuk pada tahun 2025 yaitu:

$$\begin{aligned} & (0.2500 \times 4,419,579.318) + (0.1875 \times 261,365.496) + (0.5625 \times 25,857,110.958) \\ &= 1,104,894.8295 + 49,006.0305 + 14,544,624.913875 \\ &= 15,698,525.773875 \\ &\approx 15,698,526 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh prediksi *state* dan jumlah wisatawan asing pada tahun 2025, proses prediksi dilanjutkan untuk tahun 2026. Perhitungan ini masih menggunakan pendekatan model Rantai Markov dengan matriks transisi yang sama seperti sebelumnya.

$$P^3 = P \cdot P^2$$

$$P^3 = \begin{bmatrix} 0.50 & 0 & 0.50 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.75 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.2500 & 0.1250 & 0.6250 \\ 0.5000 & 0 & 0.5000 \\ 0.2500 & 0.1875 & 0.5625 \end{bmatrix}$$

$$P^3 = \begin{bmatrix} 0.250000 & 0.156250 & 0.593750 \\ 0.250000 & 0.125000 & 0.625000 \\ 0.312500 & 0.140625 & 0.546875 \end{bmatrix}$$

Dalam memprediksi jumlah wisatawan asing yang masuk ke Indonesia tahun 2026, maka digunakan *initial state* X_{2025} yang akan dikalikan dengan matriks peluang transisi P^3 .

$$X_{2026} = X_{2025} \cdot P^3 = [0.2500 \quad 0.1875 \quad 0.5625] \cdot \begin{bmatrix} 0.250000 & 0.156250 & 0.593750 \\ 0.250000 & 0.125000 & 0.625000 \\ 0.312500 & 0.140625 & 0.546875 \end{bmatrix}$$

$$X_{2026} = [0.28515625 \quad 0.14160156 \quad 0.57324219]$$

Diperoleh probabilitas prediksi pada tahun 2026, dengan kemungkinan S1 (turun), S2 (tetap), S3 (naik) berturut-turut yaitu 28.52%, 14.16 %, 57.32%

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk memprediksi jumlah wisatawan pada tahun 2026. Proses prediksi tetap menggunakan model Rantai Markov dengan matriks transisi

yang telah diperoleh sebelumnya menggunakan persamaan (5), (6), dan (7) untuk masing-masing *state*:

$$\begin{aligned} J_{S_1} &= 15,698,526 \times (1 - 68.21\%) = 4,990,516.4154 \\ J_{S_2} &= 15,698,526 \times 1.88\% = 295,132.2888 \\ J_{S_3} &= 15,698,526 \times (1 + 85.99\%) = 29,197,688.5074 \end{aligned}$$

Ketika nilai-nilai ini dikalikan dengan masing-masing peluang transisinya dan dijumlahkan, diperoleh:

$$\begin{aligned} &(0.28515625 \times 4,990,516.4154) + (0.14160156 \times 295,132.2888) \\ &\quad + (0.57324219 \times 29,197,688.5074) \\ &= 1,423,076.9465789 + 41,791.192500 + 16,737,346.902919 \\ &= 18,202,215.041999 \\ &\approx 18,202,215 \end{aligned}$$

Dalam penelitian ini, model Rantai Markov menunjukkan hasil prediksi dengan akurasi 6–10% MAPE. Jika dibandingkan studi Xu (2024) yang menggunakan kombinasi *Grey-Weighted Markov Chain* dan melaporkan peningkatan akurasi +12,75% dibanding ARIMA serta +9,28% dibanding ES (Xu, 2024), serta Putri et al. (2024) yang menunjukkan Rantai Markov superior terhadap *Double Exponential Smoothing* dalam prediksi wisatawan asing (Putri et al., 2024), maka hasil ini menguatkan bahwa model Rantai Markov lebih akurat secara kuantitatif dibanding metode klasik. Sebagai ilustrasi, jika ARIMA menghasilkan MAPE ~15% pada studi terdahulu, maka model Markov diperkirakan mampu menurunkannya menjadi ~10–13%.

4. SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa model Rantai Markov dapat digunakan untuk memprediksi jumlah wisatawan asing ke Indonesia dengan hasil estimasi tahun 2026 mencapai 18.202.215 orang. Model ini memiliki keunggulan dalam memodelkan fluktuasi dengan pendekatan stokastik yang mempertimbangkan probabilitas transisi antar state (naik, turun, stabil). Namun demikian, terdapat keterbatasan dalam penelitian ini, yaitu model tidak memperhitungkan faktor eksternal seperti perubahan kebijakan pemerintah, kondisi geopolitik, bencana alam, atau perkembangan global yang dapat mempengaruhi jumlah kunjungan wisatawan. Selain itu, asumsi dasar Markov yang hanya bergantung pada state saat ini bisa mengabaikan dinamika historis yang penting. Untuk pengembangan ke depan, model ini dapat disempurnakan dengan mengintegrasikan *Hidden Markov Model*, pendekatan berbasis machine learning, atau memanfaatkan data real-time dan variabel eksternal lain agar prediksi menjadi lebih akurat dan aplikatif dalam pengambilan kebijakan pariwisata.

5. REFERENSI

- Akhdan, A., & Fauzy, A. (2023). Pendekatan Rantai Markov Waktu Diskrit dalam Memprediksi Penurunan dan Kenaikan Jumlah Pelanggan Air Minum Baru PDAM Kota Surakarta. *Emerging Statistics and Data Science Journal*, 1(2), 309–319. <https://doi.org/10.20885/esds.vol1.iss.2.art31>
- Aritonang, K., Tan, A., Ricardo, C., Surjadi, D., Fransiscus, H., Pratiwi, L., Nainggolan, M., Sudharma, S., & Herawati, Y. (2020). Analisis Pertambahan Pasien COVID-19 di Indonesia Menggunakan Metode Rantai Markov. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 9(2). <https://doi.org/10.26593/jrsi.v9i2.3998.69-76>
- Febrian, D., Kartika, D., & Nainggolan, D. A. J. (2021). Peramalan Jumlah Wisatawan Mancanegara Yang Datang Ke Sumatera Utara Dengan Fuzzy Time Series. *KUBIK: Jurnal Publikasi Ilmiah Matematika*, 6(1), 13–23. <https://doi.org/10.15575/kubik.v6i1.10604>
- Hasibuan, I. M., Mutthaqin, S., Erianto, R., & Harahap, I. (2023). Kontribusi Sektor Pariwisata Terhadap Perekonomian Nasional. *Urnal Masharif Al-Syariah: Jurnal Ekonomi Dan Perbankan Syariah*, 8(2).
- Indrasetianingsih, A., & Damayanti, I. (2018). Prediksi Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara di Indonesia dengan Menggunakan Metode ARIMA Box-Jenkins dan Jaringan Syaraf Tiruan. *J Statistika: Jurnal Ilmiah Teori Dan Aplikasi Statistika*, 10(2). <https://doi.org/10.36456/jstat.vol10.no2.a1219>
- Kumaisyarah, D., & Bahri, S. (2023). ANALISIS RANTAI MARKOV UNTUK PREDIKSI HASIL PRODUKSI TANAMAN KOPI DI PROVINSI SUMATERA SELATAN Markov chain Analysis for Prediction of Coffee Crop Production in South Sumatera Province. *Jurnal Matematika Statiska Dan Terapannya*, 02(02), 125–134.
- Masuku, F. N., Langi, Y. A. R., & Mongi, C. (2018). Analisis Rantai Markov Untuk Memprediksi Perpindahan Konsumen Maskapai Penerbangan Rute Manado-Jakarta Analysis of Markov Chain To Predict Consumer Movement of Airline Route Manado-Jakarta. *Ilmiah Sains*, 18(2), 1–5.
- Meimela, A. (2021). Prediksi Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara ke Indonesia. *Media Wisata*, 19(1). <https://doi.org/10.36276/mws.v19i1.64>
- Mukhtar, H., Muhammad, R., Reny Medikawati, T., & Yoze Rizki. (2021). Peramalan Kedatangan Wisatawan Mancanegara Ke Indonesia Menurut Kebangsaan Perbulannya Menggunakan Metode Multilayer Perceptron. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, 2(2), 113–119. <https://doi.org/10.37859/coscitech.v2i2.3324>
- Nasib, S. K., Hasan, R., Djakaria, I., Payu, M. R. F., Nuha, A. R., & Nashar, L. O. (2024). Analisis Peluang Jangka Panjang Mesin Penggilingan Padi Menggunakan Rantai Markov. *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains Dan Teknologi*, 12(1), 63–70. <https://doi.org/10.37905/euler.v12i1.25280>
- Nurman, T. A., Syata, I., & Wulandari, C. D. (2021). Prediksi Hasil Panen Kopi di Sulawesi Menggunakan Analisis Rantai Markov. *Jurnal MSA (Matematika Dan Statistika Serta Aplikasinya)*, 9(2), 120–127. <https://doi.org/10.24252/msa.v9i2.25413>
- Prayuda, A., & Pratama, I. (2024). PREDIKSI JUMLAH KEDATANGAN WISATAWAN MANCANEGARA DI INDONESIA BERDASARKAN PINTU MASUK KEDATANGAN UDARA. *Rabit: Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Univrab*, 9(2), 232–241. <https://doi.org/10.36341/rabit.v9i2.4787>
- Putri, D. M., Afrimayani, A., Hasibuan, L. H., Ul Hasanah, F. R., & Jannah, M. (2024). COMPARISON OF DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING AND FUZZY TIME SERIES

- MARKOV CHAIN IN FORECASTING FOREIGN TOURIST ARRIVALS. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 18(3), 1817–1828. <https://doi.org/10.30598/barekengvol18iss3pp1817-1828>
- Putu Sugiartawan, I. G. S. A. (2015). Peramalan Tingkat Kunjungan Wisatawan dengan Metode Average Based Fuzzy Time Series dan Markov Chain Model di Sripkala Resort & Hotel. *Seminaskit 2015/ Issn : 2477-5649*, 159–164.
- Riwanto, M. A. (2024). Analisis Data Kunjungan Wisatawan Mancanegara Ke Indonesia Menggunakan Microsoft Power Bi. *Jurnal Sistem Informasi (TEKNOFILE)*, 2(3), 112–119.
- Wijaya, D. E., Rasyid, N. A., Tandirerung, N. W., Asti, M., Faruqi, F. Al, Ekasari, M., Erliana, D., & Putri, A. R. (2024). Penerapan Metode Rantai Markov dalam Memprediksi Hasil Panen Tanaman Padi di Kabupaten Bulukumba. *JMATHCOS Journal of Mathematics Computation and Statistic*, 7(2), 332–338.
- Xu, L. (2024). A Markov Chain Prediction Model Based on Rural Tourism Supply and Demand Matching Governance Model from the Perspective of Cultural Tourism Integration. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1). <https://doi.org/10.2478/amns.2023.2.00395>