



ANALISIS AKURASI MODEL EKSPONENSIAL DAN LOGISTIK DALAM ESTIMASI JUMLAH PENDUDUK KOTA KUPANG

Regina Ofrida Neonbasu¹⁾, Osniman Paulina Maure^{2,*})

^{1,2)}Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas San Pedro

*email: osnimanpaulinamaure@gmail.com

Abstrak: Pertumbuhan penduduk merupakan salah satu aspek penting yang perlu dianalisis sebagai dasar perencanaan pembangunan. Penelitian ini bertujuan membandingkan tingkat akurasi Model Eksponensial (Malthus) dan Model Logistik (Verhulst) dalam mengestimasi jumlah penduduk Kota Kupang. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan data jumlah penduduk Kota Kupang pada periode pengamatan tertentu. Pemodelan dilakukan menggunakan Model Eksponensial yang mengasumsikan pertumbuhan penduduk secara eksponensial dan Model Logistik yang mempertimbangkan keterbatasan pertumbuhan melalui daya dukung lingkungan (*carrying capacity*). Parameter masing-masing model diestimasi berdasarkan data pengamatan, kemudian tingkat akurasinya dievaluasi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai MAPE terendah pada Model Eksponensial adalah 0,57%, sedangkan pada Model Logistik sebesar 1,35%. Kedua model memiliki tingkat akurasi yang sangat baik karena menghasilkan MAPE di bawah 10%. Namun, Model Eksponensial menghasilkan nilai MAPE yang lebih rendah dibandingkan Model Logistik, sehingga memberikan estimasi yang lebih akurat terhadap data aktual. Dengan demikian, Model Eksponensial merupakan model yang paling sesuai untuk mengestimasi jumlah penduduk Kota Kupang pada periode pengamatan yang dianalisis.

Kata Kunci: pertumbuhan penduduk; Model Eksponensial; Model Logistik; MAPE

Abstract: Population growth is an important phenomenon that needs to be analyzed as a basis for effective development planning. This study aims to compare the accuracy of the Exponential (Malthus) and Logistic (Verhulst) Models in estimating the population of Kupang City. A quantitative approach was employed using population data from Kupang City over a specified observation period. The Exponential Model assumes exponential population growth, whereas the Logistic Model incorporates growth limitations through environmental carrying capacity. The parameters of each model were estimated based on the observed data, and model accuracy was evaluated using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE). The results show that the lowest MAPE value obtained by the Exponential Model was 0.57%, while that of the Logistic Model was 1.35%. Both models demonstrated very high accuracy, with MAPE values below 10%. However, the Exponential Model produced a lower MAPE value than the Logistic Model, indicating a more accurate fit to the observed population data. Therefore, the Exponential Model is the most appropriate model for estimating the population of Kupang City within the observation period analyzed in this study.



Keywords: *population growth; Exponential Model; Logistic Model; MAPE*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk merupakan salah satu aspek penting dalam kajian demografi karena berkaitan erat dengan perencanaan pembangunan di berbagai sektor, seperti ekonomi, pendidikan, kesehatan, dan infrastruktur (*United Nations Department of Economic and Social Affairs*, 2024). Peningkatan jumlah penduduk yang tidak terkendali dapat menimbulkan berbagai permasalahan, seperti ketimpangan distribusi sumber daya, meningkatnya angka pengangguran, serta tekanan terhadap lingkungan hidup (Badan Pusat Statistik, 2024). Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang tepat untuk mengestimasi jumlah penduduk di masa mendatang agar kebijakan yang diambil lebih efektif dan tepat sasaran (Bappenas, 2023).

Kota Kupang sebagai ibu kota Provinsi Nusa Tenggara Timur mengalami perkembangan jumlah penduduk yang cukup pesat dari tahun ke tahun. Pertumbuhan penduduk di Kota Kupang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kelahiran, kematian, urbanisasi, dan perpindahan penduduk dari daerah sekitar menuju pusat kota (BPS Kota Kupang, 2024). Kondisi tersebut menyebabkan meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas pendidikan, kesehatan, perumahan, lapangan pekerjaan, serta sarana dan prasarana umum lainnya. Penelitian yang dilakukan oleh (Fernandez et al., 2023) menunjukkan bahwa pertumbuhan jumlah penduduk Kota Kupang terus meningkat sehingga diperlukan suatu prediksi atau estimasi jumlah penduduk untuk mendukung perencanaan pembangunan di masa mendatang.

Dalam bidang matematika terapan, pertumbuhan penduduk dapat dianalisis menggunakan model matematis. Salah satu model yang paling awal digunakan adalah model pertumbuhan eksponensial yang dikemukakan oleh Thomas Robert Malthus. Model ini menyatakan bahwa pertumbuhan penduduk meningkat secara eksponensial dengan asumsi bahwa tidak ada batasan sumber daya (Murray, 2002). Namun, dalam kenyataannya, pertumbuhan penduduk tidak dapat berlangsung tanpa batas karena adanya keterbatasan lingkungan dan sumber daya alam (Fitria Syawal et al., 2025).

Sebagai pengembangan dari model Malthus, Pierre François Verhulst memperkenalkan model logistik yang mempertimbangkan adanya daya dukung lingkungan (*carrying capacity*). Model ini menggambarkan bahwa laju pertumbuhan penduduk akan melambat seiring dengan bertambahnya jumlah populasi, hingga akhirnya mencapai kondisi stabil (Kot, 2001; Ellner & Guckenheimer, 2006). Oleh karena itu, model Verhulst dianggap lebih realistis dalam menggambarkan dinamika pertumbuhan populasi dibandingkan model Malthus.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tingkat akurasi Model Malthus dan Verhulst dapat berbeda bergantung pada karakteristik data dan wilayah yang dianalisis. Syawal dkk. (2025) menemukan bahwa Model Verhulst lebih akurat dalam mengestimasi jumlah penduduk Provinsi Sulawesi Selatan karena menghasilkan galat yang lebih rendah dibandingkan Model Malthus. Hasil serupa diperoleh (Wae Misi et al., 2023) dalam mengestimasi jumlah penduduk Kabupaten Ngada. Sebaliknya, (Maulanai et al., 2025a)



menunjukkan bahwa Model Malthus memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi pada data Kota Samarinda. Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat satu model yang selalu lebih unggul untuk setiap wilayah sehingga diperlukan pengujian untuk menentukan model yang paling sesuai dengan karakteristik pertumbuhan penduduk Kota Kupang.

Penelitian mengenai pemodelan pertumbuhan penduduk di Kota Kupang telah dilakukan oleh (Fernandez et al., 2023) dengan membandingkan model linear, eksponensial, geometri, dan logaritma untuk memprediksi jumlah penduduk Kota Kupang tahun 2030. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model logaritma menghasilkan tingkat kesalahan paling kecil dibandingkan model lainnya. Namun, penelitian tersebut belum secara khusus membandingkan tingkat akurasi Model Malthus dan Model Verhulst. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan kedua model tersebut dan menentukan model yang lebih akurat dalam mengestimasi jumlah penduduk Kota Kupang.

Penelitian ini penting dilakukan karena hasil estimasi jumlah penduduk dapat menjadi salah satu dasar dalam perencanaan pembangunan daerah, seperti penyediaan fasilitas pendidikan, pelayanan kesehatan, lapangan pekerjaan, perumahan, dan infrastruktur (World Bank, 2024). Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap penerapan model matematika dalam analisis pertumbuhan penduduk. Dengan membandingkan tingkat akurasi Model Malthus dan Model Verhulst, penelitian ini bertujuan menentukan model yang lebih sesuai untuk mengestimasi jumlah penduduk Kota Kupang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif dan komparatif untuk menganalisis perkembangan jumlah penduduk serta membandingkan hasil estimasi Model Malthus dan Model Verhulst. Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa jumlah penduduk Kota Kupang tahun 2019–2024 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS). Pengumpulan data dilakukan melalui metode dokumentasi terhadap laporan dan publikasi resmi. Tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut.

Tahapan dalam penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Melakukan analisis awal terhadap data untuk melihat pola perkembangan jumlah penduduk Kota Kupang tahun 2019–2024. Tahun 2019 ditetapkan sebagai , sedangkan tahun 2020–2024 berturut-turut sebagai $t = 1, 2, 3, 4$, dan 5.
2. Model Malthus digunakan untuk menggambarkan pertumbuhan penduduk tanpa batas, dengan persamaan:

$$P(t) = P_0 e^{rt}$$

dengan:

- $P(t)$ = jumlah penduduk pada waktu t ;
 P_0 = jumlah penduduk awal ;
 r = laju pertumbuhan;
 t = waktu.



Kemudian, nilai r dihitung menggunakan:

$$r = \frac{1}{t} \ln \left(\frac{P(t)}{P_0} \right)$$

3. Membentuk Model Verhulst untuk mengestimasi pertumbuhan penduduk dengan mempertimbangkan kapasitas dukung lingkungan (K) menggunakan persamaan:

$$P(t) = \frac{K}{1 + Ae^{-rt}}$$

dengan:

K = kapasitas maksimum (daya dukung lingkungan)

$$A = \frac{K - P_0}{P_0}$$

4. Membentuk Model I–V menggunakan skema *expanding window*, yaitu Model I menggunakan data 2019–2020, Model II 2019–2021, Model III 2019–2022, Model IV 2019–2023, dan Model V 2019–2024. Parameter setiap model dihitung berdasarkan data pada masing-masing periode pembentukan.
5. Mengevaluasi akurasi model menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). MAPE *in-sample* digunakan untuk mengukur kesesuaian model terhadap data pembentukan, sedangkan validasi *out-of-sample* satu langkah digunakan untuk mengevaluasi kemampuan prediksi pada tahun setelah periode pembentukan. Nilai MAPE yang lebih kecil menunjukkan tingkat kesalahan yang lebih rendah. Model V tidak memiliki MAPE *out-of-sample* karena data aktual tahun 2025 belum tersedia.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{P_{aktual} - P_{estimasi}}{P_{aktual}} \right| \times 100\% \quad (1)$$

dengan

A_t = data aktual;

F_t = hasil estimasi model;

n = banyaknya data pengamatan.

Model Eksponensial

Model Eksponensial (Malthus) digunakan untuk mengestimasi pertumbuhan penduduk dengan asumsi bahwa laju pertumbuhan sebanding dengan jumlah penduduk pada waktu tertentu. Model ini dinyatakan dalam persamaan diferensial berikut:

$$\frac{dP}{dt} = rP \quad (2)$$

Penyelesaian persamaan tersebut menghasilkan model eksponensial:

$$P(t) = P_0 e^{rt} \quad (3)$$

dengan ($P(t)$) menyatakan jumlah penduduk pada waktu (t), (P_0) jumlah penduduk awal, dan (r) laju pertumbuhan. Nilai (r) dihitung menggunakan:



$$r = \frac{\ln\left(\frac{P_t}{P_0}\right)}{t} \quad (4)$$

Dalam penelitian ini, tahun 2019 ditetapkan sebagai ($t = 0$), sedangkan tahun 2020–2024 berturut-turut sebagai ($t = 1, 2, \dots, 5$). Parameter yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk membentuk Model Eksponensial I–V sesuai periode data pada skema *expanding window*.

Model Logistik

Model Logistik (Verhulst) digunakan untuk menggambarkan pertumbuhan penduduk dengan mempertimbangkan kapasitas dukung lingkungan (*carrying capacity*). Persamaan diferensial model logistik dinyatakan sebagai:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K}\right) \quad (5)$$

dengan:

- $N(t)$ = jumlah penduduk pada waktu t ;
- r = laju pertumbuhan intrinsik;
- K = kapasitas dukung lingkungan;
- t = waktu.

Penyelesaian persamaan tersebut menghasilkan bentuk umum model logistik:

$$N(t) = \frac{K}{1 + Ce^{-rt}} \quad (6)$$

dengan ($P(t)$) menyatakan jumlah penduduk pada waktu (t), (r) laju pertumbuhan intrinsik, (K) kapasitas dukung, dan (t) waktu. Nilai (K) dan (r) dihitung menggunakan:

$$K = \frac{N_1(2N_0N_2 - N_0N_1 - N_1N_2)}{N_0N_2 - N_1^2} \quad (7)$$

dengan:

- N_0 = jumlah penduduk pada tahun awal;
- N_1 = jumlah penduduk pada tahun berikutnya;
- N_2 = jumlah penduduk pada tahun selanjutnya.

dan

$$r = \ln\left(\frac{N_t(K - N_0)}{N_0(K - N_t)}\right) \times \frac{1}{t} \quad (8)$$

Nilai (K) dalam penelitian ini merupakan parameter teoritis yang diestimasi secara matematis berdasarkan pola data historis dan tidak diartikan sebagai daya tampung resmi Kota Kupang. Parameter (K) dan (r) yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk membentuk Model Logistik I–V sesuai periode data pada skema *expanding window*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian



Pembentukan Model I–V menggunakan skema *expanding window*. Melalui skema ini, setiap model memperoleh parameter berdasarkan rentang data yang berbeda dan kemudian diuji pada tahun setelah rentang pembentukannya. Skema tersebut digunakan agar evaluasi tidak hanya menunjukkan kemampuan model menyesuaikan data yang dipakai untuk menghitung parameter. Data jumlah penduduk total periode 2019–2024 adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Data Jumlah Penduduk Tahun 2019-2024

Waktu	Tahun	Jumlah Penduduk
0	2019	434.972
1	2020	442.758
2	2021	455.847
3	2022	468.913
4	2023	466.632
5	2024	474.801

Model Eksponensial

Parameter laju pertumbuhan (r) setiap model dihitung menggunakan persamaan (4) berdasarkan periode data masing-masing, kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan (3) untuk membentuk Model Eksponensial I–V.

Model I

Berdasarkan data tahun 2019 dan 2020, diperoleh hasil sebagai berikut:

$$P_0 = 434.972, \quad P_t = 442.758, \quad t = 1$$

Berdasarkan persamaan (4), maka diperoleh:

$$\begin{aligned} r &= \frac{\ln\left(\frac{442758}{434972}\right)}{1} \\ &= 0.017741 \end{aligned}$$

Selanjutnya, nilai r disubstitusikan ke dalam persamaan (3), maka diperoleh:

$$\begin{aligned} P(t) &= P_0 e^{rt} \\ P(t) &= 434972 e^{0.017741t}. \end{aligned}$$

Dengan demikian diperoleh Model Eksponensial I sebagai berikut.

$$\boxed{P(t) = 434972 e^{0.017741t} .}$$

Pembentukan Model Eksponensial II–V dilakukan menggunakan prosedur yang sama dengan Model I, dengan menyesuaikan periode data berdasarkan skema *expanding window*. Model II dibentuk menggunakan data 2019–2021, Model III menggunakan data 2019–2022,



Model IV menggunakan data 2019–2023, dan Model V menggunakan data 2019–2024. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh persamaan Model Eksponensial II–V sebagai berikut:

Model II

$$P(t) = 434972e^{0.023438t}$$

Model III

$$P(t) = 434972e^{0.025045t}$$

Model IV

$$P(t) = 434972e^{0.017564t}$$

Model V

$$P(t) = 434972e^{0.017522t}$$

Kelima model yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk mengestimasi jumlah penduduk Kota Kupang periode 2019–2024 melalui substitusi nilai waktu (t) ke dalam Persamaan (3).

Model Eksponensial I

Persamaan Model Eksponensial I adalah

$$P(t) = 434972e^{0.017741t}$$

Sebagai contoh, estimasi jumlah penduduk tahun 2020 ($t = 1$) dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P(1) &= 434972e^{0.017741(1)} \\ &= 442757.7 \end{aligned}$$

Model Eksponensial II

Persamaan Model Eksponensial II adalah

$$P(t) = 434972e^{0.023455t}$$

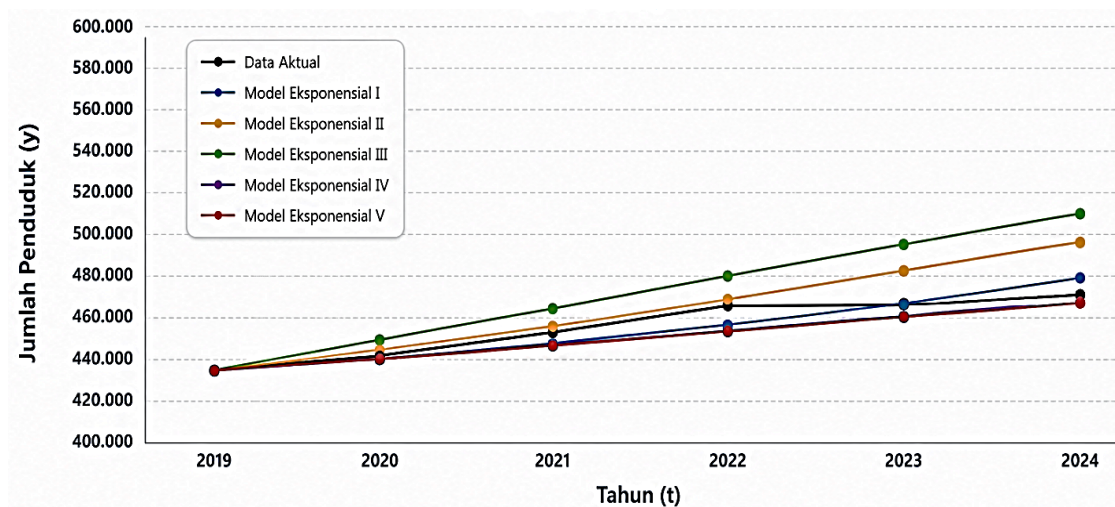
Estimasi jumlah penduduk tahun 2020 ($t = 1$) diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P(2) &= 434972e^{0.023455(1)} \\ &= 445287.3 \end{aligned}$$

Estimasi jumlah penduduk pada Model Eksponensial III–V dilakukan dengan prosedur yang sama, yaitu mensubstitusikan nilai waktu (t) ke dalam masing-masing persamaan model. Hasil estimasi seluruh model disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Data Aktual Dan Model Eksponensial

Tahun	Jumlah	Model Eksponensial				
		I	II	III	IV	V
2019	434972	434972	434972	434972	434972	434972
2020	442758	442757.7	445287.3	446003.4	442679.3	442660.7
2021	455847	450682.8	455847.2	457314.6	450523.2	450485.4
2022	468913	458749.7	466657.5	468912.7	458506.1	458448.4
2023	466632	466961	477724.2	480804.9	466630.5	466552.1
2024	474801	475319.2	489053.4	492998.8	474898.8	474799



Gambar 1. Grafik Perbandingan Data Aktual dan Model Eksponensial

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 1, Model Eksponensial I, IV, dan V menghasilkan estimasi yang relatif dekat dengan data aktual, sedangkan Model II dan III menunjukkan penyimpangan yang lebih besar pada beberapa tahun pengamatan. Secara visual, Model IV dan V menunjukkan pola yang paling mendekati perkembangan jumlah penduduk aktual. Namun, kedekatan hasil estimasi secara visual belum cukup untuk menentukan model terbaik sehingga tingkat akurasi masing-masing model selanjutnya dievaluasi menggunakan MAPE.

Model Logistik

Berdasarkan data jumlah penduduk Kota Kupang tahun 2019–2024, parameter kapasitas dukung (K) dan laju pertumbuhan intrinsik (r) dihitung berdasarkan periode data masing-masing model. Parameter yang diperoleh selanjutnya disubstitusikan ke dalam Persamaan (6) untuk membentuk Model Logistik I–V.

Model Logistik I

a. Kapasitas Dukung (K)

Nilai kapasitas dukung lingkungan dihitung menggunakan Persamaan (6), yaitu

$$K = \frac{N_1(2N_0N_2 - N_0N_1 - N_1N_2)}{N_0N_2 - N_1^2}$$

dengan diketahui

$$N_0 = 434.972, N_1 = 442.758, N_2 = 455.847.$$

Substitusi ke dalam persamaan diperoleh

$$\begin{aligned} K &= \frac{(442.758)[2(434.972)(455.847) - (434.972)(442.758) - (442.758)(455.847)]}{(434.972)(455.847) - (442.758)^2} \\ &= 442.668.421 \end{aligned}$$



Dengan demikian diperoleh kapasitas dukung lingkungan sebesar

$$K = 442.668,421$$

b. Konstanta (C)

Nilai konstanta dihitung menggunakan persamaan (4), sehingga diperoleh,

$$C = -0.0282859104$$

c. Laju Pertumbuhan (r)

Nilai laju pertumbuhan dihitung menggunakan Persamaan (7)

$$r = \frac{1}{t} \ln \left(\frac{N_t(K - N_0)}{N_0(K - N_t)} \right)$$

Dengan menggunakan data tahun 2020,

$$t = 1, N_t = 442.758$$

maka diperoleh

$$r = 0.4725693406.$$

d. Persamaan Model Logistik I

Setelah diperoleh nilai parameter K , C , dan r , maka persamaan model logistik adalah

$$N(t) = \frac{K}{1 + Ae^{-rt}}$$

Persamaan tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung estimasi jumlah penduduk pada setiap tahun pengamatan sehingga diperoleh model logistik I sebagai berikut.

$$N(t) = \frac{442668.421}{1 + (-0.0282859104)e^{0.4725693406t}}$$

Model Logistik II-V

Pembentukan Model Logistik II–V dilakukan menggunakan prosedur yang sama dengan Model Logistik I, yaitu dengan menentukan parameter model berdasarkan periode data masing-masing sesuai skema *expanding window*. Model II dibentuk menggunakan data 2019–2021, Model III menggunakan data 2019–2022, Model IV menggunakan data 2019–2023, dan Model V menggunakan data 2019–2024. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh persamaan masing-masing model sebagai berikut:

Model Logistik II

$$N(t) = \frac{442668.421}{1 + (-0.0282859104)e^{0.4725693465t}}$$

Model Logistik III

$$N(t) = \frac{442668.421}{1 + (-0.0282859104)e^{0.4163061533t}}$$



Model Logistik IV

$$N(t) = \frac{442668,421}{1 + (-0,0282859104)e^{0,3008030164t}}$$

Model Logistik V

$$N(t) = \frac{442668,421}{1 + (-0,0282859104)e^{0,2712571530t}}$$

Kelima model tersebut kemudian digunakan untuk mengestimasi jumlah penduduk pada periode 2019–2024.

Contoh Estimasi Model Logistik I

Persamaan Model Logistik I adalah

$$N(t) = \frac{442668.421}{1 + (-0.0282859104)e^{0.4725693406t}}$$

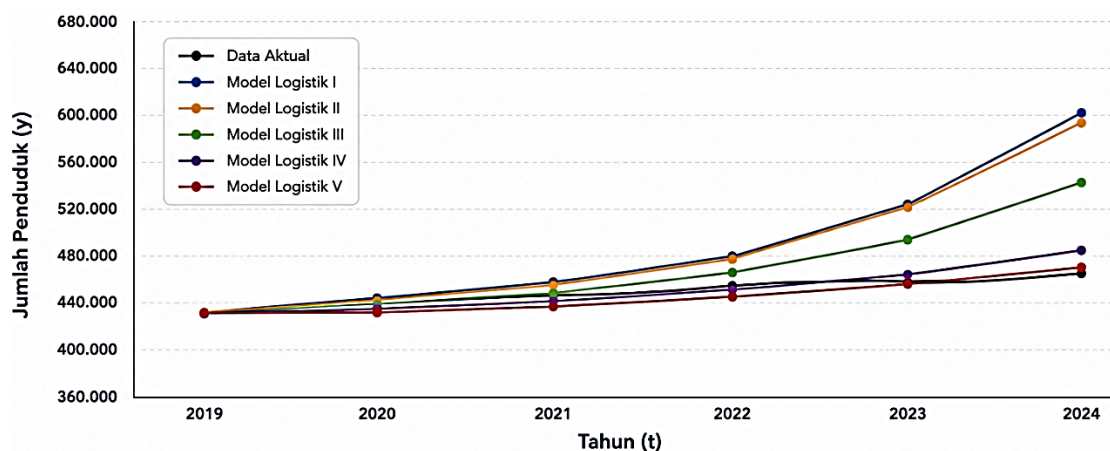
Sebagai contoh, estimasi jumlah penduduk tahun 2020 ($t = 1$) dihitung sebagai berikut.

$$N(1) = \frac{442668.421}{1 + (-0.0282859104)e^{0.4725693406(1)}} = 442758$$

Perhitungan estimasi pada Model Logistik II–V dilakukan menggunakan prosedur yang sama dengan Model Logistik I, yaitu dengan mensubstitusikan nilai waktu ((t)) ke dalam masing-masing persamaan model. Hasil estimasi seluruh Model Logistik I–V untuk periode 2019–2024 selanjutnya dibandingkan dengan data aktual jumlah penduduk Kota Kupang dan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Data Aktual Dan Model Logistik

Tahun	Jumlah	Model Logistik				
		I	II	III	IV	V
2019	434972	434972	434972	434972	434972	434972
2020	442758	442758	442758	441609.7	439461.4	438953.7
2021	455847	455847	455847	452070.3	445675.6	444287.9
2022	468913	478540	478540	468913	454355.1	451484.1
2023	466632	520070.8	520070.8	496990.1	466632	461283.8
2024	474801	604182.1	604182.1	546620.3	484310.9	474801



Gambar 2. Grafik Perbandingan Data Aktual dan Model Logistik

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 2, hasil estimasi Model Logistik menunjukkan tingkat kesesuaian yang berbeda terhadap data aktual. Model IV dan Model V menghasilkan estimasi yang relatif lebih dekat dengan data aktual, terutama pada tahun-tahun akhir pengamatan, sedangkan Model I–III menunjukkan penyimpangan yang lebih besar. Meskipun demikian, kedekatan hasil estimasi secara visual belum cukup untuk menentukan model terbaik sehingga tingkat akurasi masing-masing model selanjutnya dievaluasi menggunakan MAPE.

Galat

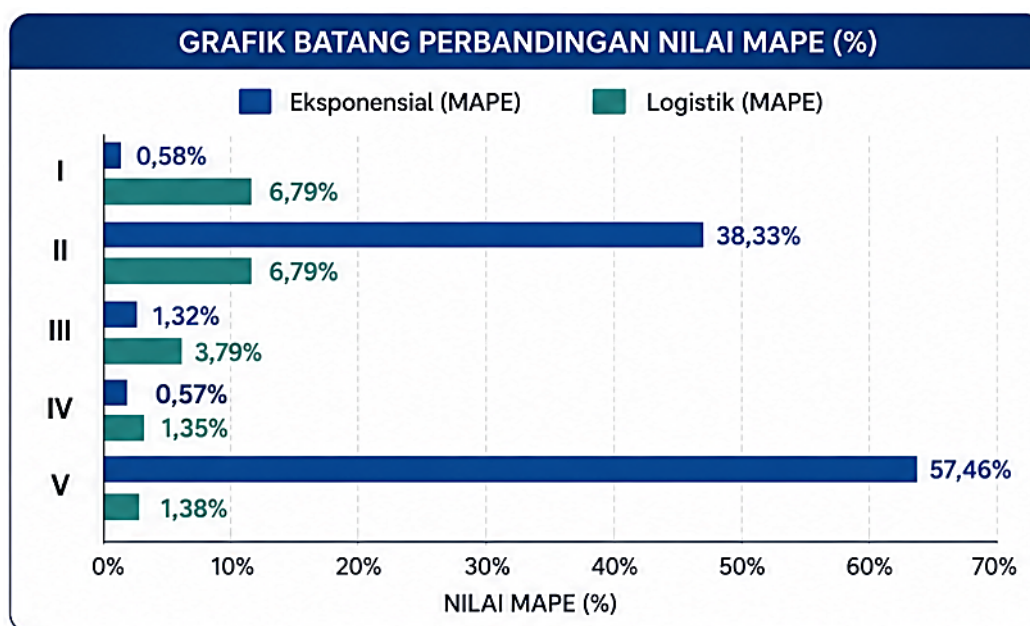
Akurasi Model Eksponensial dan Model Logistik selanjutnya dievaluasi menggunakan MAPE. Semakin kecil nilai MAPE, semakin rendah tingkat kesalahan model dalam mengestimasi jumlah penduduk. Perhitungan model eksponensial dan model logistik menghasilkan beberapa persamaan yang dapat digunakan dalam proyeksi penduduk. Model terbaik adalah model yang menghasilkan data data yang cukup mendekati (galat terkecil) dengan data sebenarnya, atau jika ditampilkan dalam bentuk grafik maka model terbaik adalah model grafik yang paling mendekati dengan grafik data sehingga diperoleh

$$MAPE = \frac{0.034800}{6} \times 100\% = 0.58\%$$

MAPE Model Logistik I–V dihitung menggunakan prosedur yang sama. Hasil perhitungan MAPE Model Eksponensial dan Model Logistik disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 5.

Tabel 4. Perbandingan Nilai MAPE Model Eksponensial dan Model Logistik

Model	Eksponensial	Logistik
I	0,58%	6,79%
II	38,33%	6,79%
III	1,32%	3,79%
IV	0,57%	1,35%
V	57,46%	1,38%



Gambar 5. Perbandingan Nilai MAPE Model Eksponensial dan Model Logistik

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 3, Model Eksponensial IV menghasilkan nilai MAPE terkecil sebesar 0,57%, sedangkan pada Model Logistik nilai MAPE terkecil diperoleh Model IV sebesar 1,35%. Kedua model memiliki tingkat kesesuaian yang sangat baik karena menghasilkan MAPE kurang dari 10%. Namun, Model Eksponensial IV memiliki tingkat kesalahan yang lebih rendah dibandingkan Model Logistik IV sehingga memberikan estimasi yang lebih akurat terhadap data jumlah penduduk Kota Kupang tahun 2019–2024.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, model eksponensial dan model logistik menunjukkan tingkat akurasi yang berbeda dalam mengestimasi jumlah penduduk Kota Kupang. Hasil pengujian menggunakan MAPE menunjukkan bahwa tingkat akurasi setiap model bergantung pada parameter dan periode data yang digunakan. Dari seluruh model yang dibandingkan, Model Eksponensial IV menghasilkan nilai MAPE terendah sebesar 0,57%, diikuti Model Eksponensial I sebesar 0,58%, sehingga keduanya memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi. Sementara itu, pada kelompok model logistik, Model Logistik IV merupakan model dengan tingkat akurasi tertinggi dengan nilai MAPE sebesar 1,35%, diikuti Model Logistik V sebesar 1,38%.

Dengan demikian, Model Eksponensial IV merupakan model terbaik dalam penelitian ini karena menghasilkan nilai MAPE paling rendah dibandingkan model lainnya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model eksponensial pada skenario IV paling sesuai dalam merepresentasikan data pertumbuhan penduduk Kota Kupang pada periode yang dianalisis dan



dapat digunakan sebagai alternatif model untuk mengestimasi jumlah penduduk pada periode berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdah, M. N. R., Ichtari, F. A., & Aulia, A. (2023). Proyeksi penduduk menuju Indonesia emas tahun 2045 melalui penerapan teori Malthus. *Jurnal Arjuna: Publikasi Ilmu Pendidikan, Bahasa dan Matematika*, 2(1). <https://doi.org/10.61132/arjuna.v2i1.375>
- Anggreini, D., Sukiyanto, & Saputra, B. D. (2023). Population projection with the application of the differential equation of the logistic and exponential model (Case study: Yogyakarta Special Region Province). *Mathline: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 8(3), 795–804. <https://doi.org/10.31943/mathline.v8i3.406>
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik Indonesia 2024*. Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik Kota Kupang. (2024). *Kota Kupang dalam angka 2024*. Badan Pusat Statistik Kota Kupang.
- Kementerian PPN/Bappenas. (2019). *Rencana pembangunan jangka menengah nasional (RPJMN) 2020–2024*. Kementerian PPN/Bappenas.
- Cushing, J. M. (1998). *An introduction to structured population dynamics*. Society for Industrial and Applied Mathematics. <https://doi.org/10.1137/1.9781611970005>
- Ellner, S. P., & Guckenheimer, J. (2006). *Dynamic models in biology*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400840960>
- Fernandez, A. J., Kaluge, A. H., & Lakapu, M. (2023). Pemodelan pertumbuhan penduduk Kota Kupang dengan Geogebra. *Jurnal Matematika Integratif*, 19(2), 235–243. <https://doi.org/10.24198/jmi.v19.n2.50288.235-243>
- Khasanah, N., & Suryani, I. (2022). Model eksponensial dan logistik serta analisis kestabilan model pada perhitungan proyeksi penduduk Provinsi Riau. *Jurnal Fourier*, 11(1), 22–39. <https://doi.org/10.14421/fourier.2022.111.22-39>
- Kot, M. (2001). *Elements of mathematical ecology*. Cambridge University Press.
- Kurniawan, A., Holisin, I., & Kristanti, F. (2017). Aplikasi persamaan diferensial biasa model eksponensial dan logistik pada pertumbuhan penduduk Kota Surabaya. *MUST: Journal of Mathematics Education, Science and Technology*, 2(1), 129–141. <https://doi.org/10.30651/must.v2i1.529>
- Maulani, B. W., Rande, P., Arma, A., Br Tarigan, A. J., & Yesnath, M. (2025). Estimasi jumlah penduduk Kota Samarinda berdasarkan jenis kelamin menggunakan model Malthus dan model Verhulst. *Basis: Jurnal Ilmiah Matematika*, 4(2), 46–54. <https://doi.org/10.30872/xmbney35>
- Murray, J. D. (2002). *Mathematical biology I: An introduction* (3rd ed.). Springer.
- Nurkahfi, M. B., Wahanggara, V., & Prakoso, B. H. (2020). Perbandingan metode double exponential smoothing dan least square untuk sistem prediksi hasil produksi teh. *BIOS: Jurnal Teknologi Informasi dan Rekayasa Komputer*, 1(2), 48–53. <https://doi.org/10.37148/bios.v1i2.12>



- Putri, W. (2015). Perbandingan model Malthus dan model Verhulst untuk estimasi jumlah penduduk Indonesia tahun 2000–2014. *Jurnal Matematika UNAND*, 4(1), 1–11. <https://doi.org/10.25077/jmu.4.1.1-11.2015>
- Rosiyanti, & Sugandha, A. (2022). Aplikasi model pertumbuhan logistik dalam menentukan proyeksi penduduk di Kabupaten Banyumas. *Perwira Journal of Science & Engineering*, 2(2), 25–31. <https://doi.org/10.54199/pjse.v2i2.134>
- Rozikin, N., Sarjana, K., Arjudin, A., & Hikmah, N. (2021). Aplikasi persamaan diferensial dalam mengestimasi jumlah penduduk dengan menggunakan model eksponensial dan logistik. *Griya Journal of Mathematics Education and Application*, 1(1), 44–55. <https://doi.org/10.29303/griya.v1i1.7>
- Syawal, F., Syata, I., Pathuddin, H., & Ibnas, R. (2025). Penerapan model pertumbuhan populasi Malthus dan Verhulst untuk estimasi jumlah penduduk di Provinsi Sulawesi Selatan. *Journal of Mathematics: Theory and Applications*, 7(1), 24–33. <https://doi.org/10.31605/jomta.v7i1.4280>
- United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2024). *World population prospects 2024: Summary of results*. United Nations.
- United Nations Population Fund. (2023). *State of world population 2023: 8 billion lives, infinite possibilities: The case for rights and choices*. United Nations Population Fund.
- Wae Misi, M. L., Maure, O. P., & Ludji, D. G. (2023). Perbandingan model populasi Malthus dan model populasi Verhulst dalam mengestimasi jumlah penduduk Kabupaten Ngada. *Asimtot: Jurnal Kependidikan Matematika*, 5(1), 43–52. <https://doi.org/10.30822/asimtot.v5i01.2823>
- World Bank. (2024). *World development indicators* [Data set]. World Bank. <https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0037712>