



PERBANDINGAN MODEL POPULASI MALTHUS DAN MODEL POPULASI VERHULST DALAM MENGESTIMASI JUMLAH PENDUDUK KABUPATEN NGADA

COMPARISON OF THE MALTHUS POPULATION MODEL AND THE VERHULST POPULATION MODEL IN ESTIMATING THE TOTAL POPULATION OF NGADA REGENCY

Maria Laurentina Wae Misi¹⁾, Osniman Paulina Maure²⁾, Dian Grace Ludji³⁾

^{1,2}Matematika, FMIPA, Universitas San Pedro

³Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Timor

Email: osnimanpaulinamaure@gmail.com

Abstrak: Dampak negatif dari tingginya tingkat pertumbuhan penduduk di suatu daerah adalah tidak meratanya fasilitas umum, diantaranya fasilitas kesehatan, gedung sekolah, jalan umum, dan fasilitas lainnya. Salah satu solusi untuk mengurangi dampak negatif dari tingginya pertumbuhan penduduk adalah melakukan estimasi menggunakan model populasi Malthus dan model populasi Verhulst. Oleh sebab itu, tujuan penelitian ini yaitu mengestimasi jumlah penduduk Kabupaten Ngada pada tahun 2025. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Studi Pustaka. Data penelitian ini adalah data jumlah penduduk Kabupaten Ngada tahun 2011-2020 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Timur. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh model Verhulst IV merupakan model terbaik untuk mengestimasi jumlah penduduk Kabupaten Ngada. Hasil perhitungan menggunakan model Verhulst IV menunjukkan bahwa jumlah penduduk Kabupaten Ngada di tahun 2025 diperkirakan mencapai 180.288 jiwa.

Kata Kunci: persamaan diferensial, model Malthus, model Verhulst, estimasi penduduk

Abstract: The negative impact of the high rate of population growth in an area is the unequal distribution of public facilities, including health facilities, school building, public roads, and other facilities. One of the solution to reduce the negative impact of high population growth is to estimate using the Malthusian population model and Verhulst population model. Therefore, the aim of this research is to estimate the population of Ngada Regency in 2025. This research method is a literature study. The data for this research is a data on the populatin of Ngada Regency in 2011-2020 which was obtained from the Statistics Center of East Nusa Tenggara Province. Based on the research result, the Verhulst IV model is the best model for estimating the population of Ngada Regency in 2025. The result of calculation using the Verhulst IV model show that the population of Ngada Regency in 2025 is estimated to reach 180,288 people.

Keywords: differential equation, Malthus model, Verhulst model, population estimate

Cara Sitasi: 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”



Masalah kependudukan merupakan masalah yang cukup penting bagi setiap negara. Hal ini dikarenakan masalah pertumbuhan penduduk dapat mempengaruhi kemajuan dan kesejahteraan wilayah tersebut (Rozikin et al., 2021). Dampak positif pertumbuhan penduduk yang tinggi diantaranya yaitu mampu mendorong pertumbuhan ekonomi dan memperluas pasar, serta dapat dijadikan sebagai subjek pembangunan (Rochaida, 2016; Wardhana et al., 2020). Dampak negatif pertumbuhan penduduk yang tinggi dapat menjadi beban pemerintah untuk memenuhi kebutuhan sandang, pangan, papan, sarana dan prasarana setiap, apabila tidak diikuti dengan kualitas sumber daya manusia yang baik (Indraswari & Yuhan, 2017; Rochaida, 2016). Oleh sebab itu, pemerintah perlu mengantisipasi hal-hal yang mungkin terjadi.

Kabupaten Ngada adalah salah satu kabupaten di Nusa Tenggara Timur dengan luas $\pm 1.620,92$ km². Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Nusa Tenggara Timur, jumlah penduduk Kabupaten Ngada sebesar 142.007 jiwa pada tahun 2015 mengalami kenaikan pada tahun 2020 mencapai 165.314 jiwa (Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Timur, 2015). Seiring berjalannya waktu kepadatan penduduk di Kabupaten Ngada akan semakin meningkat dan mengakibatkan tidak meratanya fasilitas umum seperti fasilitas kesehatan, gedung sekolah, jalan umum, dan fasilitas lainnya di setiap daerah.

Salah satu solusi untuk mengurangi dampak negatif dari pertumbuhan penduduk yang meningkat adalah melakukan estimasi

atau peramalan jumlah penduduk (Mardiyah et al., 2021). Dalam menghitung ramalan jumlah penduduk diperlukan model matematika yang dapat mewakili kondisi nyata, khususnya dari waktu ke waktu (Pandu, 2020). Beberapa model yang dapat digunakan untuk mengestimasi jumlah penduduk adalah model Maltus dan model Verhulst. Model Malthus merupakan model eksponensial yang pertama kali diperkenalkan oleh Malthus pada tahun 1798 (Malthus & Winch, 1992). Selanjutnya model eksponensial ini dimodifikasi menjadi model pertumbuhan logistik (Mondol et al., 2018). Model logistik ini diperkenalkan oleh seorang ahli biologi berkebangsaan Belanda bernama Verhulst, pada tahun 1845 (Wei et al., 2015).

Model pertumbuhan logistik merupakan suatu model yang menggunakan faktor logistik yaitu faktor makanan dan faktor ruang hidup, dimana pada masa tertentu jumlah populasi akan mendekati titik kesetimbangan apabila jumlah kelahiran dan kematian dianggap sama (Anggreini, 2020; Timuneno et al., 2008). Jumlah populasi pada model ini dipengaruhi oleh daya tampung (*carrying capacity*) dari suatu daerah untuk populasi, jumlah populasi awal, dan laju pertumbuhan. Laju pertumbuhan populasi terbatas karena ketersediaan makanan, tempat tinggal, dan sumber hidup lainnya sehingga jumlah populasi dengan model ini akan selalu terbatas pada suatu nilai tertentu (Manafe & Br Ginting, 2019).

Kedua model ini telah banyak digunakan oleh peneliti sebelumnya, diantaranya (Anggreini, 2020) dalam memproyeksi jumlah penduduk Provinsi Jawa



Timur pada tahun 2030, (Anggreini, 2018) dalam menentukan proyeksi pertumbuhan penduduk di Kabupaten Tulungagung pada tahun 2025, dan (Putri, 2015) dalam mengestimasi jumlah penduduk Indonesia tahun 2000 – 2014.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui model yang paling akurat dalam mengestimasi jumlah penduduk di kabupaten Ngada pada tahun 2025.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Studi Pustaka. Pada penelitian ini, peneliti mendeskripsikan aplikasi persamaan diferensial kontinu dalam mengestimasi jumlah penduduk Kabupaten Ngada, khususnya model Malthus dan model Verhulst.

Data yang digunakan adalah data jumlah penduduk Kabupaten Ngada tahun 2011-2020 yang diperoleh dari BPS Nusa Tenggara Timur.

Tabel 1. Jumlah penduduk Kabupaten Ngada tahun 2011-2020

Tahun	Jumlah Penduduk
2011	145.503
2012	147.891
2013	150.186
2014	152.519
2015	154.693
2016	156.101
2017	159.081
2018	161.196
2019	163.217

2020	165.314
------	---------

Berdasarkan Tabel 1 di atas, terlihat bahwa jumlah penduduk Kabupaten Ngada mengalami kenaikan setiap tahun.

Selanjutnya, langkah-langkah dalam penelitian ini meliputi menentukan subjek penelitian, mengumpulkan data penelitian, menganalisis data, dan menarik kesimpulan. Teknik analisis data yang dilakukan peneliti yaitu sebagai berikut:

1. Mengkonstruksi model eksponensial dan logistik,
2. Mencari solusi $\frac{dx}{dt} = ax$ dan $\frac{dx}{dt} = ax \left(1 - \frac{x}{K}\right)$,
3. Mencari waktu saat t ,
4. Menghitung jumlah populasi awal serta populasi pada tahun selanjutnya,
5. Menentukan *carrying capacity*,
6. Menentukan laju pertumbuhan,
7. Menghitung jumlah penduduk dengan model logistik,
8. Membandingkan seberapa akurat nilai hasil estimasi penduduk menggunakan model ekponensial dan logistik,
9. Membandingkan hasil perhitungan yang mendekati galat terkecil dengan data sebenarnya, dan
10. Menentukan proyeksi jumlah penduduk Kabupaten Ngada pada tahun 2025.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil

Hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik, tabel, atau deskriptif. Analisis dan



interpretasi hasil ini diperlukan sebelum dibahas. Tulis secara sistematis, berurutan seperti pada langkah kerja di Metode dan berujung pada temuan penting. Uraian dapat dibagi ke dalam beberapa bagian dengan judul subbagian sedikit berbeda dari yang tertulis di Metode. Untuk data yang banyak dan rumit, lengkapi dengan ilustrasi. Temukan kalimat konkret untuk menceritakan hasil yang tertuang dalam ilustrasi. Isi pada bagian hasil kira-kira 35% dari total halaman naskah.

Analisis Model Pertumbuhan Penduduk Kabupaten Ngada Berdasarkan Model Malthus

Asumsi yang digunakan dalam mengestimasi jumlah penduduk menggunakan model Malthus yakni laju kelahiran dan kematian konstan (Anggreini, 2020). Pertumbuhan populasi model Malthus dapat dinyatakan pada persamaan (1) sebagai berikut.

$$\frac{dx}{dt} = ax, \tag{1}$$

dimana x adalah total populasi saat t , a adalah laju pertumbuhan penduduk, dan t adalah waktu. Solusi dari persamaan (1) adalah sebagai berikut.

$$\int \frac{dx}{x} = \int a dt$$

$$x(t) = C e^{at}. \tag{2}$$

Jika diberikan kondisi awal $t = 0$ dan $x(0) = x_0$, maka $x_0 = C$.

Substitusikan $x_0 = C$ ke dalam persamaan (2), sehingga diperoleh

$$x(t) = x_0 e^{at}. \tag{3}$$

Berdasarkan persamaan (3) diperoleh nilai laju pertumbuhan (a) sebagai berikut:

$$a = \frac{\ln x(t) - \ln x_0}{t}$$

Berikut ini adalah model pertumbuhan penduduk yang dapat dibentuk berdasarkan model Malthus dengan laju pertumbuhan yang berbeda-beda.

- a) Model Malthus I dengan bentuk persamaannya $x(t) = 145503. e^{0,016279t}$ dan laju pertumbuhan penduduk relatifnya adalah 1,62%.
- b) Model Malthus II dengan bentuk persamaannya $x(t) = 145503. e^{0,015839t}$ dan laju pertumbuhan relatifnya adalah 1,58%.
- c) Model Malthus III dengan bentuk persamaannya $x(t) = 145503. e^{0,015697t}$ dan laju pertumbuhan penduduknya adalah 1,56%.
- d) Model Malthus IV dengan bentuk persamaannya $x(t) = 145503. e^{0,015311t}$ dan laju pertumbuhan relatifnya adalah 1,53%.

Hasil perhitungan jumlah penduduk Kabupaten Ngada berdasarkan keempat model Malthus dengan laju pertumbuhan yang berbeda-beda diperlihatkan pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Hasil perhitungan jumlah penduduk Kabupaten Ngada berdasarkan model Malthus

Tahun	Proyeksi BPS	Hasil Estimasi Model Malthus			
		I	II	III	IV
2011	145503	145503	145503	145503	145503
2012	147891	147891	147826	147805	147748
2013	150186	150318	150186	150144	150028
2014	152519	152785	152584	152519	152342
2015	154693	155293	155020	154932	154693
2016	156101	157841	157495	157383	157080



2017	159081	160432	160009	159873	159500	Analisis Model Pertumbuhan Penduduk Kabupaten Ngada Berdasarkan Model Verhulst Piere Verhulst (1804-1849), seorang matematikawan asal Belgia memperkenalkan model logistik sebagai model yang dikembangkan dari model Malthus. Dalam perhitungan model logistik, batas populasi juga dimasukkan sehingga jumlah populasi tidak akan tumbuh secara tak terhingga. Pertumbuhan logistik Verhulst dapat dimodelkan dengan persamaan (4) berikut.
2018	161196	163065	162564	162403	161900	
2019	163217	165741	165159	164972	164400	
2020	165314	168461	167796	167582	167001	

Hasil perhitungan model Malthus yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan data penduduk hasil proyeksi BPS Provinsi Nusa Tenggara Timur. Model terbaik adalah model yang memiliki galat terkecil atau data yang paling mendekati hasil Proyeksi BPS. Hasil perhitungan galat model Malthus dinyatakan pada Table 3 berikut ini.

Tabel 3. Nilai galat model Malthus

Tahun	Galat Model Malthus			
	I	II	III	IV
2011	0,000%	0,000%	0,000%	0,000%
2012	0,000%	0,000%	0,351%	0,038%
2013	0,001%	0,000%	0,667%	0,071%
2014	0,085%	0,086%	1,035%	0,014%
2015	0,126%	0,127%	1,326%	0,000%
2016	0,265%	0,264%	1,164%	0,414%
2017	0,402%	0,404%	2,018%	0,235%
2018	0,570%	0,571%	2,354%	0,387%
2019	0,730%	0,732%	2,658%	0,533%
2020	0,984%	0,985%	3,032%	0,776%
Σ	0,722%	0,531%	0,476%	0,347%

Berdasarkan Tabel 3 di atas, terlihat bahwa model Malthus IV memiliki galat yang paling kecil. Jadi, model Malthus terbaik adalah model Malthus IV dengan bentuk persamaanya $x(t) = 145503 \cdot e^{0,015311t}$ dan laju pertumbuhan penduduk $a = 0,015311$.

$$\frac{dx}{dt} = ax \left(1 - \frac{x}{K}\right), \quad a, K > 0 \quad (4)$$

dimana K merupakan *carring capacity* (daya tampung), a merupakan laju pertumbuhan, t merupakan waktu dan x merupakan jumlah populasi saat t . Solusi untuk persamaan (4) dapat diselesaikan sebagai berikut.

$$\int \frac{dx}{x \left(\frac{K-x}{K}\right)} = \int adt .$$

Bentuk $\frac{1}{x \left(\frac{K-x}{K}\right)}$ pada persamaan (5) diintegrasikan dengan menggunakan metode integral pecahan parsial sehingga diperoleh:

$$\int \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{K-x}\right) dx = \int adt$$

$$\ln(K-x) - \ln(x) = -at - c$$

$$\frac{K-x}{x} = C \cdot e^{-at} \quad (7)$$

$$x(t) = \frac{K}{1 + e^{-at}C}$$

Substitusikan $t = 0$ dan $x(0) = x_0$ ke persamaan (7) dan diperoleh:

$$C = \frac{K}{x_0} - 1.$$

Solusi khusus untuk persamaan model Verhulst adalah sebagai berikut.



$$x(t) = \frac{K}{1 + \left(\frac{K}{x_0} - 1\right) e^{-at}} \quad (8)$$

Nilai $x(t)$ maksimum dapat diperoleh dengan mencari limit dari persamaan (8) dengan $t \rightarrow \infty$.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \left(\frac{K}{1 + \left(\frac{K}{x_0} - 1\right) e^{-at}} \right) = K (\text{Carring Capacity})$$

Parameter a dan K dapat diperkirakan dari jumlah populasi untuk tiga waktu yang berbeda tetapi waktu pengambilan datanya sama. Misalkan x_0 : populasi saat $t = 0$, x_T : populasi saat $t = T$ dan x_{2T} : populasi saat $t = 2T$, dengan $T \in N$ maka:

$$\frac{1}{K} [1 - e^{-aT}] = \frac{1}{x_T} - \frac{e^{-aT}}{x_0} \quad (9)$$

$$\frac{1}{K} [1 - e^{-a2T}] = \frac{1}{x_{2T}} - \frac{e^{-a2T}}{x_0} \quad (10)$$

dengan membagi persamaan (10) dan persamaan (9) diperoleh:

$$\frac{[1 - e^{-a2T}]}{[1 - e^{-aT}]} = \frac{\frac{1}{x_{2T}} - \frac{e^{-a2T}}{x_0}}{\frac{1}{x_T} - \frac{e^{-aT}}{x_0}}$$

$$e^{-aT} = \frac{x_0(x_{2T} - x_T)}{x_{2T}(x_T - x_0)}$$

sehingga a dapat diperoleh dengan rumus berikut.

$$a = -\frac{1}{T} \ln \left(\frac{x_0(x_{2T} - x_T)}{x_{2T}(x_T - x_0)} \right).$$

Apabila nilai a disubstitusikan ke persamaan (9) diperoleh :

$$K = \frac{x_T(x_T x_0 - 2x_0 x_{2T} + x_T x_{2T})}{x_T^2 - x_0 x_{2T}}$$

Pada kasus ini diperoleh nilai *Caring Capacity* untuk penelitian ini adalah $K = 190030$.

Berikut adalah model pertumbuhan penduduk yang dapat dibentuk berdasarkan

model Verhulst dengan laju pertumbuhan yang berbeda-beda.

- Model Verhulst I dengan bentuk persamaannya $x(t) = \frac{190030}{1 + \left(\frac{190030}{145503} - 1\right) e^{-0,07141t}}$ dan laju pertumbuhan penduduk relatifnya adalah 7,141%.
- Model Verhulst II dengan bentuk persamaannya $x(t) = \frac{190030}{1 + \left(\frac{190030}{145503} - 1\right) e^{-0,0714t}}$ dan laju pertumbuhan relatifnya adalah 7,14%.
- Model Verhulst III dengan bentuk persamaannya $x(t) = \frac{190030}{1 + \left(\frac{190030}{145503} - 1\right) e^{-0,5565t}}$ dan laju pertumbuhan penduduknya adalah 5,56%.
- Model Verhulst IV dengan bentuk persamaannya $x(t) = \frac{190029,8}{1 + \left(\frac{190030}{145503} - 1\right) e^{-0,0731t}}$ dan laju pertumbuhan relatifnya adalah 7,31%.

Hasil perhitungan jumlah penduduk Kabupaten Ngada berdasarkan keempat model Malthus diperlihatkan pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Hasil perhitungan jumlah penduduk Kabupaten Ngada berdasarkan model Verhulst

Tahun	Proyeksi BPS	Hasil Estimasi Model Verhulst			
		I	II	III	IV
2011	145503	145503	145503	145503	145503
2012	147891	147891	147891	147372	147947
2013	150186	150187	150186	149185	150293
2014	152519	152389	152388	150941	152541
2015	154693	154498	154497	152641	154693
2016	156101	156515	156513	154284	156747
2017	159081	158441	158439	155871	158707
2018	161196	160277	160275	157402	160572
2019	163217	162025	162023	158879	162347
2020	165314	163688	163686	160301	164031



Hasil perhitungan model Verhulst kemudian dibandingkan dengan data penduduk hasil proyeksi BPS Provinsi Nusa Tenggara Timur. Model terbaik adalah model yang memiliki galat terkecil atau data yang paling mendekati hasil Proyeksi BPS. Hasil perhitungan galat model Verhulst diberikan pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Nilai Galat model Verhulst

Tahun	Galat Model Verhulst			
	I	II	III	IV
2011	0,000%	0,000%	0,000%	0,000%
2012	0,000%	0,000%	0,351%	0,038%
2013	0,001%	0,000%	0,667%	0,071%
2014	0,085%	0,086%	1,035%	0,014%
2015	0,126%	0,127%	1,326%	0,000%
2016	0,265%	0,264%	1,164%	0,414%
2017	0,402%	0,404%	2,018%	0,235%
2018	0,570%	0,571%	2,354%	0,387%
2019	0,730%	0,732%	2,658%	0,533%
2020	0,984%	0,985%	3,032%	0,776%
Σ	0,316%	0,317%	1,460%	0,247%

Berdasarkan Tabel 5, model Verhulst IV memiliki galat yang paling kecil. Jadi, model Verhulst terbaik adalah model Verhulst IV dengan bentuk persamaannya $x(t) = \frac{190030}{1 + \left(\frac{190030}{145503} - 1\right)e^{-0,0731t}}$ dan laju pertumbuhan penduduk $a = 0,0731$.

Perbandingan Model Malthus dan Model Verhulst

Berdasarkan penyelesaian kedua model tersebut diperoleh model populasi jumlah penduduk Kabupaten Ngada yang memiliki nilai galat terkecil adalah model

Malthus IV yang memiliki persamaan $(t) = 145503 \cdot e^{0,015311t}$ dan model Verhulst IV dengan persamaan $x(t) = \frac{190030}{1 + \left(\frac{190030}{145503} - 1\right)e^{-0,0731t}}$.

Tabel 6. Hasil perhitungan jumlah penduduk Kabupaten Ngada berdasarkan model Malthus dan model Verhulst

Tahun	Proyeksi BPS	Hasil Perhitungan	
		Malthus	Verhulst
2011	145503	145503	145503
2012	147891	147748	147947
2013	150186	150028	150293
2014	152519	152342	152541
2015	154693	154693	154693
2016	156101	157080	156747
2017	159081	159503	158707
2018	161196	161964	160572
2019	163217	164463	162347
2020	165314	167001	164031

Nilai galat model Verhulst dan Malthus dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini.

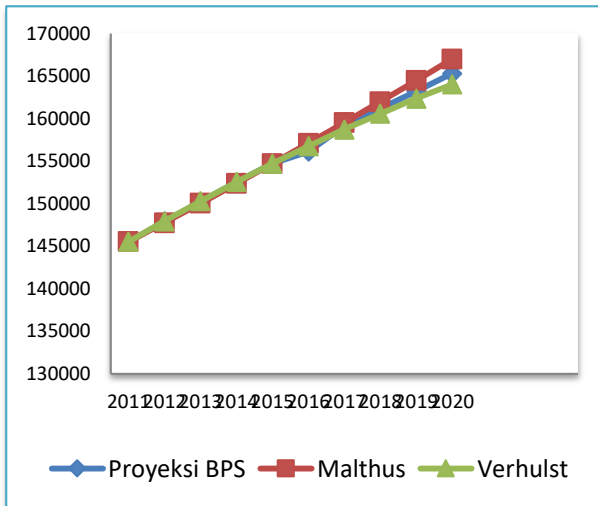
Tabel 7. Nilai galat perbandingan

Tahun	Galat (Error)	
	Malthus	Verhulst
2011	0,000%	0,000%
2012	0,038%	0,038%
2013	0,071%	0,071%
2014	0,014%	0,014%
2015	0,000%	0,000%
2016	0,414%	0,414%
2017	0,235%	0,235%
2018	0,387%	0,387%
2019	0,533%	0,533%
2020	0,776%	0,776%
Σ	0,347%	0,247%

Agar dapat mengetahui hasil perhitungan model Malthus dan model



Verhulst yang benar-benar mendekati data proyeksi BPS, maka data pada Tabel 6 ditampilkan pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Grafik perbandingan hasil perhitungan jumlah penduduk model Malthus dan model Verhulst dengan hasil proyeksi BPS

Pada Gambar 1 terlihat bahwa grafik yang paling mendekati grafik jumlah penduduk hasil proyeksi BPS adalah grafik model Verhulst. Model yang paling akurat adalah model yang menghasilkan data-data paling mendekati data sebenarnya atau model yang memiliki galat terkecil (Kurniawan et al., 2017). Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa model yang paling tepat digunakan untuk mengestimasi jumlah penduduk Kabupaten Ngada pada tahun 2025 adalah model Verhulst IV. Jumlah penduduk Kabupaten Ngada pada tahun 2025 dihitung dengan model Verhulst IV adalah sebesar 180.288 jiwa.

Simpulan dan Saran

Simpulan

Model pertumbuhan penduduk yang pertama yang digunakan dalam penelitian ini adalah model Malthus. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh model Malthus untuk mengestimasi jumlah penduduk Kabupaten Ngada dirumuskan dengan $x(t) = 145503 \cdot e^{0,015311t}$. Model pertumbuhan penduduk yang kedua adalah model Verhulst. Hasil analisis model menunjukkan bahwa model Verhulst untuk mengestimasi jumlah penduduk Kabupaten Ngada dirumuskan dengan $x(t) = \frac{190030}{1 + \left(\frac{190030}{145503} - 1\right)e^{-0,0731t}}$.

Selanjutnya, kedua model tersebut dibandingkan dengan cara mencari nilai galat terkecil. Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa model terbaik yang memiliki galat terkecil untuk mengestimasi jumlah penduduk Kabupaten Ngada adalah model Verhulst.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, peneliti menyarankan bagi peneliti selanjutnya untuk menggunakan model Verhulst dalam menghitung estimasi jumlah penduduk untuk hasil yang lebih akurat. Selanjutnya, data estimasi penduduk ini dapat digunakan Pemerintah Kabupaten Ngada sebagai acuan untuk menyediakan fasilitas umum di daerah Kabupaten Ngada.



Daftar Pustaka

- Anggreini, D. (2018). Penerapan Persamaan Diferensial Verhulst dalam Menentukan Proyeksi Penduduk di Kabupaten Tulungagung. *Jurnal Fourier*, 7(2), 87–102. <https://doi.org/10.14421/fourier.2018.72.87-102>
- Anggreini, D. (2020). Penerapan Model Populasi Kontinu pada Perhitungan Proyeksi Penduduk di Indonesia (Studi Kasus: Provinsi Jawa Timur). *E-Jurnal Matematika*, 9(4), 229–239. <https://doi.org/10.24843/mtk.2020.v09.i04.p303>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Timur. (2015). *BPS Provinsi NTT*. <http://ntt.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/201>
- Indraswari, R. R., & Yuhan, R. J. (2017). Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Penundaan Kelahiran Anak Pertama Di Wilayah Perdesaan Indonesia: Analisis Data Sdki 2012. *Jurnal Kependudukan Indonesia*, 12(1), 1. <https://doi.org/10.14203/jki.v12i1.274>
- 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. <https://doi.org/10.30651/must.v2i1.529>
- Malthus, T. R., & Winch, D. (1992). *Malthus: 'An Essay on the Principle of Population'*. Cambridge university press.
- Manafe, R., & Br Ginting, K. (2019). Analisis Model Verhulst Kaitannya Dengan Ketersediaan Dokter Umum Di Kabupaten Tts. *J-Icon*, 7(1), 9–16.
- Mardiyah, I., Utami, W. D., Candra, D., Novitasari, R., & Sulistiyawati, D. (2021). Analisis Prediksi Jumlah Penduduk di Kota Pasuruan Menggunakan Metode Arima. *Ilmu Matematika Dan Terapan*, 15(3), 525–534.
- Mondol, H., Mallick, U. K., & Biswas, M. H. A. (2018). Mathematical modeling and predicting the current trends of human population growth in Bangladesh. *Advances in Modelling and Analysis A*, 55(2), 62–69. https://doi.org/10.18280/ama_a.550204
- Pandu, Y. K. (2020). Prediksi Penduduk Kabupaten Alor dengan Menggunakan Model Pertumbuhan Logistik pada Beberapa Tahun Mendatang. *Asimtot: Jurnal Kependidikan Matematika*, 2(1), 71–81. <https://doi.org/10.30822/asimtot.v2i1.502>
- Putri, W. (2015). Perbandingan Model Malthus Dan Model Verhulst Untuk Estimasi Jumlah Penduduk Indonesia Tahun 2000 - 2014. *Jurnal Matematika UNAND*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.25077/jmu.4.1.1-11.2015>
- Rochaida, E. (2016). Dampak Pertumbuhan Penduduk Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Dan Keluarga Sejahtera Di Provinsi Kalimantan Timur. *Forum Ekonomi*, 18(1), 14–24.
- 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>
- Timuneno, H. M., Utomo, R. H. S., & Widowati. (2008). MODEL PERTUMBUHAN LOGISTIK DENGAN WAKTU TUNDA. *Jurnal*



ASIMTOT: JURNAL KEPENDIDIKAN MATEMATIKA

Volume 5 Nomor 1, Juni 2023 – November 2023, halaman 43 – 52

Tersedia Daring pada <https://journal.unwira.ac.id/index.php/ASIMTOT>

Matematika, 11(1), 43–51.

- Wardhana, A., Kharisma, B., & Noven, S. A. (2020). Dinamika Penduduk Dan Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia. *Buletin Studi Ekonomi*, 25(1), 22. <https://doi.org/10.24843/bse.2020.v25.i01.p02>
- Wei, H., Jiang, Y., & Zhang, Y. (2015). A review of two population growth models and an analysis of factors affecting the Chinese population growth. *Asian Journal of Economic Modelling*, 3(1), 8–20.