

Estimasi Jumlah Penduduk Kota Samarinda Berdasarkan Jenis Kelamin Menggunakan Model Malthus dan Model Verhulst

Basyaida Wulan Maulanai^{1,*}, Pasia Rande¹, Abdul Arma¹, Agnes Janitaria BR Tarigan¹, Maria Yesnath¹

¹ *Laboratorium Pemodelan Matematika dan Machine Learning, Program Studi Matematika, Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Mulawarman*

Dikirim: Juni 2025;

Diterima: September 2025;

Dipublikasi: September 2025

Alamat Email Korespondensi: aidamaulani23@gmail.com

Abstrak

Estimasi jumlah penduduk menjadi salah satu aspek penting dalam perencanaan pembangunan wilayah. Peningkatan jumlah penduduk yang tidak terkontrol dapat menimbulkan berbagai masalah seperti tidak meratanya fasilitas umum dan kebutuhan dasar lainnya. Kota Samarinda, sebagai ibu kota Provinsi Kalimantan Timur, menunjukkan peningkatan jumlah penduduk berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS). Dalam penelitian ini, dilakukan estimasi jumlah penduduk Kota Samarinda berdasarkan jenis kelamin menggunakan dua model matematika yaitu Model Malthus dan Model Verhulst. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi estimasi jumlah penduduk menggunakan kedua model tersebut, menghitung nilai galat estimasi, dan membandingkan akurasi keduanya. Data yang digunakan berupa jumlah penduduk Kota Samarinda berdasarkan jenis kelamin tahun 2013-2023. Metode penelitian menggunakan studi pustaka dengan analisis data secara kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Model Malthus memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan Model Verhulst. Hal itu dikarenakan model tersebut memiliki nilai MAPE terkecil dan berdasarkan grafik pada Model Malthus paling mendekati dengan grafik jumlah penduduk hasil proyeksi BPS. Model Malthus cenderung lebih sesuai digunakan dalam estimasi populasi di Kota Samarinda.

Kata Kunci:

estimasi penduduk, model Malthus, model Verhulst, Kota Samarinda

PENDAHULUAN

Masalah kependudukan merupakan masalah yang cukup penting bagi setiap negara. Hal ini dikarenakan masalah pertumbuhan penduduk dapat mempengaruhi kemajuan dan kesejahteraan wilayah tersebut [1]. Pertumbuhan penduduk merupakan salah satu komponen penting dalam pembangunan ekonomi dan sosial suatu wilayah. Pertumbuhan penduduk yang tidak terkontrol menjadi masalah besar dalam pembangunan daerah karena dapat menimbulkan kemiskinan, kurangnya pendidikan, dan pengangguran, yang akhirnya berdampak pada kualitas sumber daya manusia. Dampak positif pertumbuhan penduduk yang tinggi diantaranya yaitu mampu mendorong pertumbuhan ekonomi dan memperluas pasar, serta dapat dijadikan sebagai subjek pembangunan [2]. 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 [3]. Oleh sebab itu, pemerintah perlu mengantisipasi hal-hal yang mungkin terjadi.

Kota Samarinda sebagai ibu kota Provinsi Kalimantan Timur merupakan salah satu wilayah yang mengalami peningkatan jumlah penduduk dari tahun ke tahun. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penduduk Kota Samarinda meningkat dari 805.688 jiwa pada tahun 2013 menjadi 850.629 jiwa pada tahun 2023. Peningkatan ini menunjukkan bahwa Kota Samarinda menjadi daerah yang cukup menarik sebagai pusat kegiatan ekonomi, pendidikan, dan pemerintahan. Kepadatan penduduk yang semakin meningkat dapat mengakibatkan tidak meratanya fasilitas umum seperti fasilitas kesehatan, gedung sekolah, jalan umum, dan fasilitas lainnya di setiap daerah. Untuk mengurangi dampak negatif tersebut, diperlukan upaya estimasi atau proyeksi jumlah penduduk sebagai dasar dalam perencanaan pembangunan wilayah [4].

Estimasi jumlah penduduk memerlukan model matematika yang mampu merepresentasikan kondisi nyata, khususnya terkait perubahan dari waktu ke waktu [5]. Dalam penelitian ini, digunakan dua model utama, yaitu model Malthus yang bersifat eksponensial [6] dan model Verhulst yang berbentuk logistik [7], [8]. Model Malthus menggambarkan pertumbuhan penduduk tanpa mempertimbangkan faktor pembatas, sedangkan model Verhulst mempertimbangkan keterbatasan sumber daya dan daya dukung lingkungan [9], [10]. Kedua model ini telah banyak digunakan dalam penelitian sebelumnya di berbagai daerah, seperti di Kabupaten Banyumas, Sumenep, Balikpapan, Alor, serta wilayah lainnya [11], [12], [13], [14], [15], [16]. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan akurasi model Malthus dan model Verhulst dalam mengestimasi jumlah penduduk Kota Samarinda sebagai Ibu Kota Provinsi Kalimantan Timur berdasarkan jenis kelamin, sehingga dapat diperoleh model yang paling sesuai untuk mendukung perencanaan pembangunan daerah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang meliputi studi literatur dan empiris. Data yang digunakan adalah data jumlah penduduk Kota Samarinda berdasarkan jenis kelamin periode 2013–2023 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Penduduk Kota Samarinda Tahun 2013-2023

Tahun	Jumlah Penduduk		Total
	Pria	Wanita	
2013	416975	388713	805688
2014	429884	400792	830676
2015	420141	392456	812597
2016	428155	400148	828303
2017	435949	407497	843446
2018	443379	414701	858080
2019	451099	421669	872768
2020	422624	405370	827994
2021	423769	407691	831460
2022	424837	409987	834824
2023	432638	417991	850629

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa jumlah penduduk di Kota Samarinda mengalami kenaikan setiap tahun. Langkah-langkah penelitiannya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengambilan data jumlah penduduk Kota Samarinda berdasarkan jenis kelamin dari sumber resmi, yaitu Badan Pusat Statistik (BPS) Samarinda dari tahun 2013-2023.
2. Melakukan analisis deskriptif terhadap data untuk memberikan gambaran awal tentang jumlah penduduk.
3. Menerapkan model pertumbuhan yaitu model Malthus untuk mengestimasi jumlah penduduk berdasarkan pertumbuhan eksponensial tanpa memperhatikan faktor pembatas. Lalu, model Verhulst untuk mengestimasi jumlah penduduk dengan memperhatikan faktor pembatas sumber daya.
4. Melakukan perhitungan hasil estimasi jumlah penduduk menggunakan kedua model (Malthus dan Verhulst). Kemudian menghitung nilai galat estimasi (*error*) dengan membandingkan hasil estimasi dengan data aktual, menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).
5. Membandingkan tingkat akurasi kedua model berdasarkan nilai MAPE untuk menentukan model yang lebih sesuai dalam estimasi jumlah penduduk Kota Samarinda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan diberikan analisis hasil estimasi jumlah penduduk Samarinda menggunakan Model Malthus, Model Verhulst, serta perbandingan hasil estimasi dengan data aktual dari BPS.

1. Analisis Model Malthus pada Pertumbuhan Penduduk Kota Samarinda

Model pertumbuhan penduduk Malthus dikenal dengan model eksponensial, dituliskan dalam bentuk

$$\frac{dP}{dt} = \lambda P, \lambda > 0 \quad (1)$$

dengan λ menyatakan laju pertumbuhan penduduk [17]. Selanjutnya, solusi jumlah penduduk P pada saat t atau P_t berdasarkan Persamaan (1) yaitu

$$\begin{aligned} \frac{dP}{P} &= \lambda dt \\ \frac{1}{P} dP &= \lambda dt \\ \int_{P_0}^{P_t} \frac{1}{P} dP &= \int_0^t \lambda dt \\ P_t &= P_0 e^{\lambda t} \\ \lambda &= \frac{1}{t} \ln \frac{P_t}{P_0} \end{aligned} \quad (2)$$

Pada Persamaan (2) diperoleh hasil estimasi jumlah penduduk Kota Samarinda Tahun 2013-2023 berdasarkan jenis kelamin menggunakan Model Malthus.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Jumlah Penduduk Kota Samarinda Berdasarkan Jenis Kelamin dengan Model Malthus

Tahun	Pria	Prediksi	Selisih	Wanita	Prediksi	Selisih	Total	Prediksi
2013	416975	416975	0	388713	388713	0	805688	805688
2014	429884	429884	0	400792	400792	0	830676	830676
2015	420141	429884	9743	392456	400792	8336	812597	830676
2016	428155	420141	8014	400148	392456	7692	828303	812597
2017	435949	428155	7794	407497	400148	7349	843446	828303
2018	443379	435949	7430	414701	407497	7204	858080	843446
2019	451099	443379	7720	421669	414701	6968	872768	858080
2020	422624	451099	28475	405370	421669	16299	827994	872768
2021	423769	422624	1145	407691	405370	2321	831460	827994
2022	424837	423769	1068	409987	407691	2296	834824	831460
2023	432638	424837	7801	417991	409987	8004	850629	834824

Berdasarkan Tabel 2, disajikan hasil estimasi jumlah penduduk Kota Samarinda tahun 2013–2023 berdasarkan jenis kelamin menggunakan Model Malthus. Pada model ini, pengaruh angka kelahiran, kematian, dan migrasi tidak dimodelkan secara eksplisit, melainkan tercermin dalam parameter laju pertumbuhan (r). Peningkatan jumlah penduduk yang terjadi menunjukkan bahwa angka kelahiran lebih besar dibandingkan angka kematian selama periode penelitian. Meskipun model ini tidak mempertimbangkan faktor pembatas lingkungan, hasil estimasi masih menunjukkan kedekatan dengan data aktual, sehingga dapat digunakan untuk prediksi jangka pendek.

2. Analisis Model Verhulst pada Pertumbuhan Penduduk Kota Samarinda

Model pertumbuhan logistik, yang diperkenalkan oleh seorang ahli biologi berkebangsaan Belgia yaitu Pierre Verhulst yang mengubah model Malthus. Verhulst pada tahun 1838, menggambarkan dinamika populasi tanpa mempertimbangkan penundaan waktu dalam proses pertumbuhannya. Menurut model ini, populasi akan mengalami perubahan yang bersifat monoton, artinya jumlah populasi akan terus bertambah tanpa pernah berkurang atau sebaliknya, terus berkurang tanpa pernah bertambah. Model pertumbuhan logistik mempunyai rumus umum sebagai berikut [8]:

$$\frac{dP}{dt} = \lambda P \left(1 - \frac{P}{M}\right)$$

$$\int_{P_0}^{P_t} \frac{dP}{P \left(1 - \frac{P}{M}\right)} = \int_0^t \lambda dt \quad (3)$$

$$\frac{P_t(M - P_0)}{P_0(M - P_t)} dP = \lambda t$$

$$P_t = \frac{M}{e^{-rt} \left(\frac{M}{P_0} - 1 \right) + 1}$$

$$\lambda = -\frac{1}{t} \left(\ln \ln \frac{\left(\frac{M}{P_t} - 1 \right)}{\left(\frac{M}{P_0} - 1 \right)} \right)$$

dengan

P : jumlah populasi pada waktu tertentu

t : waktu

λ : laju pertumbuhan intrinsik

M : kapasitas lingkungan maksimum

Pada Persamaan (3) diperoleh hasil estimasi jumlah penduduk Kota Samarinda Tahun 2013-2023 berdasarkan jenis kelamin menggunakan Model Verhulst.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Jumlah Penduduk Kota Samarinda Berdasarkan Jenis Kelamin dengan Model Verhulst

Tahun	Pria	Prediksi	Selisih	Wanita	Prediksi	Selisih	Total	Prediksi
2013	416975	416975	0	388713	388713	0	805688	805688
2014	429884	417190	12694	400792	388923	11869	830676	806113
2015	420141	417399	2742	392456	389127	33295	812597	806525
2016	428155	417602	10553	400148	389324	10824	828303	806926
2017	435949	417799	18150	407497	389516	17981	843446	807314
2018	443379	417990	25389	414701	389703	24998	858080	807692
2019	451099	418175	32924	421669	389884	31785	872768	808058
2020	422624	418355	4269	405370	390059	15311	827994	808414
2021	423769	418530	5239	407691	390229	17461	831460	808759
2022	424837	418700	6137	409987	390396	19591	834824	809094
2023	432638	418865	13773	417991	390556	27435	850629	809419

Hasil estimasi menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk cenderung melambat dan mendekati nilai tertentu, yang mengindikasikan adanya pengaruh faktor pembatas dalam jangka panjang. Hal ini sesuai dengan karakteristik model logistik yang menggambarkan bahwa populasi tidak akan tumbuh secara tak terbatas. Meskipun pada beberapa tahun nilai estimasi masih menunjukkan selisih yang cukup besar terhadap data aktual, secara umum Model Verhulst mampu menggambarkan kecenderungan pertumbuhan penduduk yang lebih realistik

dibandingkan model eksponensial. Namun demikian, Model Verhulst dalam penelitian ini belum sepenuhnya mampu menangkap dinamika pertumbuhan penduduk Kota Samarinda secara optimal, khususnya terkait fluktuasi data pada beberapa tahun tertentu. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan model dalam merepresentasikan faktor sosial, ekonomi, dan kebijakan kependudukan yang dapat memengaruhi laju pertumbuhan. Oleh karena itu, meskipun Model Verhulst lebih sesuai untuk proyeksi jangka panjang, diperlukan evaluasi lebih lanjut terhadap penentuan parameter agar hasil estimasi semakin mendekati kondisi sebenarnya.

3. Perbandingan Model Malthus dan Model Verhulst pada Pertumbuhan Penduduk Kota Samarinda

Pada hasil estimasi atau prediksi jumlah penduduk kota berdasarkan jenis kelamin tahun 2013-2023 dengan Model Malthus dan Model Verhulst, maka akan dipilih model terbaik dengan menentukan ε (rata-rata galat mutlak) yang terkecil. Nilai galat dari Model Malthus dan Model Verhulst dicari dengan bantuan *Microsoft Excel*. Suatu model data memiliki kinerja yang sangat baik apabila MAPE di bawah 10%.

$$\text{MAPE : } \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} \times 100\% \quad (4)$$

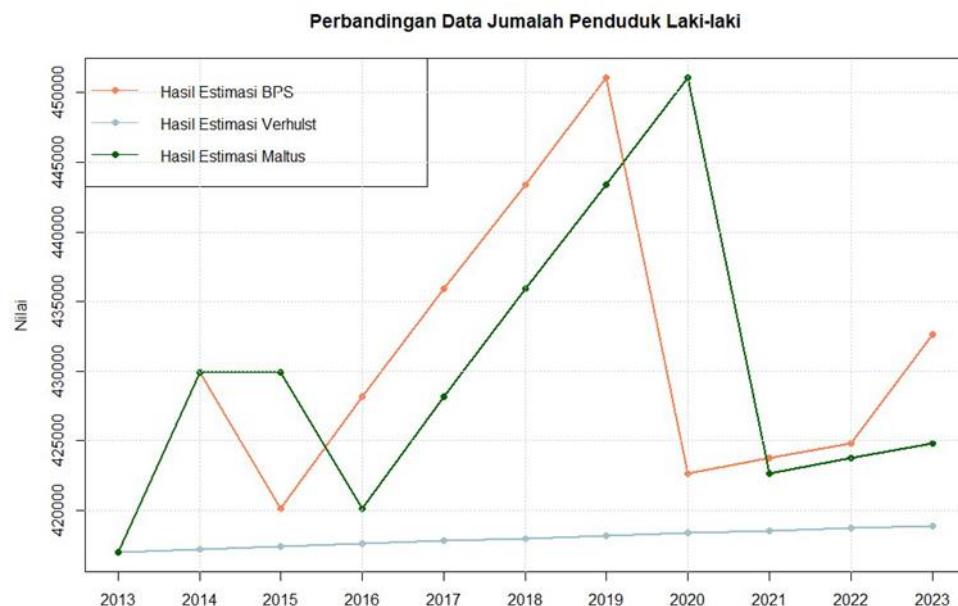
dengan X_t menyatakan nilai aktual jumlah penduduk pada period ke- t , F_t menyatakan nilai hasil estimasi pada periode ke- t , n menyatakan jumlah total periode pengamatan, dan t menyatakan indeks waktu.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Jumlah Penduduk Kota Samarinda Berdasarkan Jenis Kelamin dengan Model Malthus dan Model Verhulst

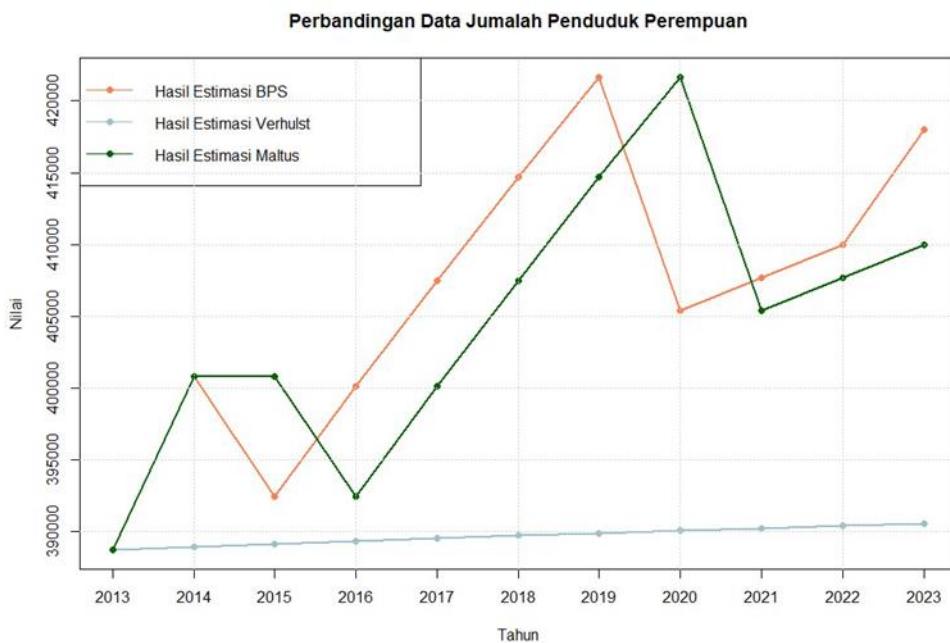
Tahun	Jenis Kelamin		Prediksi		Nilai Galat Malthus		Nilai Galat Verhulst	
	Pria	Wanita	Malthus	Verhulst	Pria	Wanita	Pria	Wanita
2013	416975	388713	805688	805688	0	0	0	0
2014	429884	400792	830676	806113	0	0.0295	0.0295	0.0296
2015	420141	392456	830676	806525	0.023	0.0065	0.0065	0.0085
2016	428155	400148	812597	806926	0.019	0.0246	0.0246	0.0270
2017	435949	407497	828303	807314	0.018	0.0416	0.0416	0.0441
2018	443379	414701	843446	807692	0.017	0.0573	0.0573	0.0603
2019	451099	421669	858080	808058	0.017	0.0729	0.0730	0.0754
2020	422624	405370	872768	808414	0.067	0.0101	0.0101	0.0378
2021	423769	407691	827994	808759	0.003	0.0124	0.0124	0.0428
2022	424837	409987	831460	809094	0.002	0.0144	0.0144	0.0478
2023	432638	417991	834824	809419	0.018	0.0318	0.0318	0.0656
		$\sum \varepsilon$			0.184	0.163	0.3013	0.4390

Berdasarkan Tabel 4, disajikan hasil perhitungan estimasi jumlah penduduk tahun 2013-2023 menggunakan Model Malthus dan Model Verhulst serta nilai galat. Hasil dari perhitungan nilai galat pada kedua model digunakan untuk mencari nilai MAPE menggunakan rumus (4) sehingga diperoleh nilai MAPE pada Model Malthus pada pria adalah 0.01675528% dan wanita yaitu 0.01482218%. Sedangkan pada Model Verhulst, diperoleh pada pria sebesar 0.02739361% lalu pada wanita ialah 0.03990464%. Dari hasil perhitungan, terlihat bahwa Model Verhulst menghasilkan nilai galat yang lebih kecil dibandingkan dengan Model Malthus pada beberapa tahun tertentu, menunjukkan bahwa Model Verhulst lebih akurat dalam mendekati data aktual pada kasus ini.

Meskipun pada beberapa tahun tertentu Model Verhulst menghasilkan nilai galat yang lebih kecil, secara keseluruhan nilai MAPE yang diperoleh masih lebih besar dibandingkan Model Malthus, khususnya untuk prediksi populasi pria dan wanita, yang menunjukkan bahwa model Malthus lebih cocok untuk proyeksi populasi dalam jangka waktu pendek. Hal ini mengindikasikan bahwa baik Model Malthus maupun Model Verhulst dapat digunakan untuk memproyeksikan populasi, namun perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut untuk memilih model yang paling sesuai berdasarkan karakteristik data dan kebutuhan analisis. Secara keseluruhan, dapat dikatakan bahwa model terbaik dapat dilihat dari perhitungan nilai MAPE terkecil yaitu Model Malthus. Agar dapat mengetahui hasil perhitungan Model Malthus dan Model Verhulst yang benar-benar mendekati data proyeksi BPS, maka data pada Tabel 4 ditampilkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Jumlah Penduduk Pria Model Malthus dan Model Verhulst dengan Hasil Proyeksi BPS



Gambar 2. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Jumlah Penduduk Wanita Model Malthus dan Model Verhulst dengan Hasil Proyeksi BPS

Pada Gambar 1 dan Gambar 2 terlihat bahwa grafik yang paling mendekati grafik jumlah penduduk hasil proyeksi BPS adalah grafik model Malthus. Model yang paling akurat adalah model yang menghasilkan data-data paling mendekati data sebenarnya atau model yang memiliki galat terkecil. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa model yang paling tepat digunakan untuk mengestimasi jumlah penduduk Kota Samarinda adalah model Malthus.

PENUTUP

Berdasarkan hasil pembahasan estimasi jumlah penduduk menggunakan model Malthus (model eksponensial) dan model Verhulst (model logistik) dengan menghitung rata-rata galat ($\bar{\epsilon}$) dari masing-masing model, dapat disimpulkan bahwa model untuk menentukan hasil estimasi jumlah penduduk Kota Samarinda tahun 2013-2023 berdasarkan jenis kelamin yang lebih mendekati dengan hasil sensus dan hasil estimasi yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) adalah model Malthus (model eksponensial).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] Rochaida, E. (2016). Dampak Pertumbuhan Penduduk Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Dan Keluarga Sejahtera Di Provinsi Kalimantan Timur. *Forum Ekonomi*, 18(1), 14–24

- [3] 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.
- [4] Mardiyah, I., Utami, W. D., Candra, D., Novitasari, R., Sulistiyawati, D. (2021). Analisis Prediksi Jumlah Penduduk di Kota Pasuruan Menggunakan Metode Arima. *Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 15(3), 525– 534.
- [5] 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.
- [6] Malthus, T. R., Winch, D. (1992). *Malthus: An Essay on the Principle of Population*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [7] 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*, 55(2), 62–69.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] Manafe, R., Br Ginting, K. (2019). Analisis Model Verhults Kaitannya Dengan Ketersediaan Dokter Umum Di Kabupaten Tts. *J-Icon*, 7(1), 9–16.
- [11] Rosiyanti, R. (2022). Aplikasi model Pertumbuhan Logistik DalamMenentukan Proyeksi Penduduk Di Kabupaten Banyumas. *Perwira Journal of Science & Engineering*, 2(2), 25–31.
- [12] Nurmadhani, N., Faisol, F. (2022). Penerapan Model Pertumbuhan Logistik Dalam Memproyeksikan Jumlah Penduduk di Kabupaten Sumenep. *Jurnal Edukasi Dan Sains Matematika (JES-MAT)*, 8(2), 145–156.
- [13] Pratiwi, C. D. (2020). Aplikasi Persamaan Diferensial Model Populasi Logistik untuk Mengestimasi Penduduk di Kota Balikpapan. *AdMathEdu*, 10(1), 63–76.
- [14] 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.
- [15] Anggreini, D. (2018). Penerapan Persamaan Diferensial Verhulst dalam Menentukan Proyeksi Penduduk di Kabupaten Tulungagung. *Jurnal Fourier*, 7(2), 87– 102.
- [16] Putri, W. (2015). Perbandingan Model Malthus Dan Model Verhulst Untuk Estimasi Jumlah Penduduk Indonesia Tahun 2000 - 2014. *Jurnal Matematika UNAND*, 4(1), 1.
- [17] Ndii, M. Z. (2022). *Pemodelan Matematika*. Pekalongan: PT. Nasya Expanding Management.