

PREDIKSI *LIVABILITY* KOTA SURABAYA BERDASARKAN KEPADATAN POPULASI MENGGUNAKAN MODEL LOGISTIK DAN HIRARKI KLASTER

Triska Ilma Wardani¹, Shoffan Shoffa², Wahyuni Suryaningtyas^{3*}.

¹²³Program Studi Pendidikan Matematika, FKIP UMSurabaya

wardanitriska700@gmail.com¹, shoffanshoffa@um-surabaya.ac.id²,

wahyunisuryaningtyas@um-surabaya.ac.id^{3*}.

Received 10 Mei 2025; revised 16 juni 2025; accepted 16 Juni 2025.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi jumlah penduduk Kota Surabaya pada tahun 2035 menggunakan model logistik serta mengklasifikasikan tingkat kelayakan huni tiap kecamatan berdasarkan kepadatan penduduk. Metode penelitian ini adalah kuantitatif deskriptif dengan mengumpulkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Surabaya antara tahun 2010 – 2023. Data sekunder diperoleh dari BPS Surabaya tahun 2010–2023 dengan tujuan untuk memproyeksikan jumlah penduduk di Kota Surabaya serta mengelompokkan wilayah kecamatan berdasarkan tingkat *livability*-nya. Prediksi dilakukan dengan menerapkan persamaan diferensial logistik, sementara klusterisasi dilakukan menggunakan analisis *agglomerative hierarchical clustering* berbantuan SPSS. Hasil penelitian ini menemukan bahwa kecamatan dengan kepadatan tinggi, seperti Sawahan, Bubutan, dan Simokerto, masuk kategori kurang layak huni. Sementara kecamatan seperti Rungkut, Sambikerep, dan Gunung Anyar tergolong sangat layak huni karena memiliki kepadatan rendah. Temuan ini mengindikasikan bahwa tekanan demografis berbanding terbalik dengan tingkat *livability*. Dengan visualisasi dalam bentuk peta, distribusi klaster membantu memberikan gambaran spasial untuk mendukung pengambilan kebijakan tata ruang. Penelitian ini merekomendasikan perlunya pemerataan pembangunan, penguatan pengendalian pertumbuhan penduduk, serta peningkatan infrastruktur dasar di wilayah dengan kelayakan rendah agar kualitas hidup warga Kota Surabaya dapat ditingkatkan secara merata.

Kata kunci: hirarki klaster, model logistik, surabaya.

ABSTRACT

This study aims to predict the population of Surabaya City in 2035 using a logistic model and classify the level of *livability* of each sub-district based on population density. This research method is quantitative descriptive by collecting data from the Central Statistics Agency (BPS) of Surabaya City between 2010 - 2023. Secondary data was obtained from BPS Surabaya in 2010-2023 with the aim of projecting the population in Surabaya City and grouping sub-district areas based on their *livability* levels. Predictions are made by applying logistic differential equations, while clustering is carried out using *agglomerative hierarchical clustering* analysis assisted by SPSS. The results of this study found that sub-districts with high density, such as Sawahan, Bubutan, and Simokerto, are categorized as less livable. Meanwhile, sub-districts such as Rungkut, Sambikerep, and Gunung Anyar are classified as very livable because they have low density. This finding indicates that demographic pressure is inversely proportional to the level of *livability*. With visualization in the form of a map, cluster distribution helps provide a spatial picture to support spatial planning policy making. This study recommends the need for equitable development, strengthening of population growth control, and improving basic infrastructure in areas with low feasibility so that the quality of life of Surabaya City residents can be improved evenly.

Keywords: hierarchical clustering, logistic model, surabaya.

PENDAHULUAN

Saat ini, Indonesia menempati posisi keempat sebagai negara dengan tingkat polusi tertinggi di dunia, setelah India, Tiongkok, dan Amerika Serikat (Perdamaian & Zhai, 2024). Berdasarkan proyeksi Ikatan Ahli Perencana (IAP), jumlah penduduk yang tinggal di wilayah perkotaan mengalami peningkatan sebesar 14,8% dari tahun 1961 hingga 2015, dan diperkirakan mencapai hampir 66% pada tahun 2035.

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penduduk Indonesia pada pertengahan tahun 2024 tercatat sebesar 281,60 juta jiwa. Dari 10 kabupaten/kota dengan populasi tertinggi, Kota Surabaya berada di urutan keenam dengan jumlah penduduk sebesar 2,92 juta jiwa (Lubis, 2024). Hal ini menunjukkan bahwa Kota Surabaya memiliki tingkat kepadatan penduduk yang tinggi.

Kepadatan penduduk yang tinggi menimbulkan berbagai permasalahan kompleks. Permasalahan tersebut secara langsung mempengaruhi tingkat livability (kelayakhunian) suatu kota. Berdasarkan Most Livable City Index (MLCI) tahun 2022, tujuh kota tercatat sebagai kota paling nyaman untuk dihuni di Indonesia, yakni Solo (77,1%), Yogyakarta (75,3%), Cirebon (74%), Magelang (73,4%), Semarang (73,3%), Kediri (72,5%), dan Mataram (72,2%) (Aditya, 2023).

Meskipun tidak masuk dalam daftar kota paling layak huni, Surabaya memiliki berbagai keunggulan dalam infrastruktur modern. Sebagai perbandingan, Yogyakarta—yang masuk dalam daftar MLCI—memiliki karakteristik berbeda yang juga mendukung kelayakhuniannya. Pada tahun 2023, Kota Surabaya memiliki 40 rumah sakit umum, 20 rumah sakit khusus, dan 63 puskesmas BPS, 2024 jauh lebih banyak dibandingkan Yogyakarta yang hanya memiliki 12 rumah sakit umum, 3 rumah sakit khusus, dan 18 puskesmas (BPS, 2023).

Yogyakarta mempertahankan moda transportasi tradisional seperti andong dan becak sebagai daya tarik wisata, meskipun telah memiliki bus Trans Jogja dan moda shuttle lainnya. Di sisi lain, Surabaya mengandalkan transportasi modern seperti Trans Semanggi Suroboyo dan Trans Jatim.

Yogyakarta menerapkan urban farming seperti Kampung Sayur Bausasran. Surabaya memanfaatkan hidroponik dan pertanian vertikal (Nur'aini, 2017). Indeks Kepuasan Masyarakat (IKM) untuk Dinas Pendidikan Surabaya mencapai 94,92,

Prediksi Livability Kota Surabaya Berdasarkan Kepadatan Populasi Menggunakan Model Logistik dan Hirarki Klaster

lebih tinggi dari IKM DISPENDUKAPIL Yogyakarta sebesar 90,17. UMK Kota Surabaya pada tahun 2024 tercatat sebesar Rp4.961.753,00, jauh lebih tinggi dari UMP Yogyakarta sebesar Rp2.125.897,00.

Kota Surabaya terdiri atas 31 kecamatan dan 154 kelurahan sesuai dengan Peraturan Daerah (PERDA) Kota Surabaya No. 12 Tahun 2013 (Sonhaji, 2023). Wilayah tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Peta Adminitrasi Kota Surabaya

Dengan luas wilayah 335,93 km², menempatkannya di urutan ke-30 kota dengan wilayah terluas di Jawa Timur (Syafira, 2023). Tingginya kepadatan tanpa kesiapan infrastruktur akan berdampak negatif terhadap keamanan, ketersediaan pangan, pengelolaan sampah, dan layanan publik kota. Hal ini menimbulkan keluhan dari masyarakat terkait lapangan kerja, ketimpangan pembangunan, dan keterbatasan energi. Maka dari itu, perencanaan kota yang mempertimbangkan aspek livability sangat dibutuhkan (Siagian & Ariastita, 2021).

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk perencanaan tersebut adalah memprediksi pertumbuhan populasi melalui model matematika. Model logistik dinilai sebagai metode prediksi yang efektif Nuraini, 2018 karena mempertimbangkan daya dukung wilayah Faza & Rohaeni, 2024 serta laju pertumbuhan yang cenderung menuju titik keseimbangan (Christiani, 2014). Setelah proyeksi populasi diperoleh, analisis klaster dapat digunakan untuk mengelompokkan kecamatan di Surabaya berdasarkan tingkat kelayakhuniannya.

Analisis hirarki klaster merupakan salah satu metode statistik multivariat untuk mengelompokkan objek berdasarkan kesamaan karakteristik (Bayu et al., 2024). Dalam konteks penelitian ini, klasterisasi dilakukan untuk membagi wilayah Kota Surabaya menjadi tiga kelompok berdasarkan tingkat *livability*, yaitu: sangat layak, cukup layak, dan kurang layak.

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, penelitian ini memiliki tujuan diantaranya (1). Mengetahui prediksi jumlah penduduk Kota Surabaya per kecamatan pada tahun 2035 dengan persamaan diferensial model logistik, (2). Mengetahui klasterisasi wilayah kecamatan di Kota Surabaya berdasarkan tingkat *livability*-nya ditinjau dari kepadatan populasi penduduknya.

Guna mendukung pencapaian tujuan penelitian tersebut, maka diperlukan landasan teori yang kuat. Menurut Aini, 2024 *livability* adalah konsep yang mencerminkan kenyamanan untuk tinggal dan beraktivitas di suatu wilayah. Mencakup aspek fisik dan nonfisik seperti fasilitas publik, ekonomi, sosial, dan lingkungan. Kota Surabaya mengalami overpopulasi dengan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat, menyebabkan masalah sosial dan ekonomi seperti pengangguran, kemiskinan, dan permukiman kumuh (Tamara & Saumi, 2020). Sebuah wilayah dikatakan padat jika memiliki jumlah penduduk yang banyak namun luas wilayahnya sempit. Pada penelitian ini satuan yang digunakan dalam pengukuran jumlah individu persatuan luas per hektare (Ha). Hal tersebut dapat diminimalisir dengan cara memprediksi jumlah penduduk ditahun-tahun berikutnya. Salah satu cara untuk memprediksi jumlah penduduk adalah dengan menggunakan model populasi logistik dengan mempertimbangkan daya dukung wilayah (K).

Menurut Haberman, 1998 mengatakan bahwa P.F Verlhuts pertama kalinya mengkaji model logistik diakhir tahun 1830-an dan selanjutnya dikaji oleh Pear dan Reed pada tahun 1920-an (Toaha, 2012). Salah satu model pertumbuhan populasi, model pertumbuhan logistik yang mengasumsikan bahwa populasi akan mendekati keseimbangan (*equilibrium*) dititik tertentu. Model logistik memiliki batas atau dihalangi oleh faktor penghambat sehingga populasi tidak dapat berkembang secara tidak terbatas. Sehingga, model ini dianggap paling sesuai dengan keadaan yang sebenarnya (Anggreini, 2020). Grafik akan mendekati konstan jika jumlah

kelahiran dan kematian sama. Laju pertumbuhan relatif hampir konstan jika populasi kecil. Populasi maksimum yang dapat dipertahankan oleh lingkungan dalam jangka panjang (Kurniawan et al., 2017).

Asumsi bentuk persamaan laju pertumbuhan yang mengakomodasi adalah

$$\frac{1}{P} \frac{dP}{dt} = k \left(1 - \frac{P}{K}\right) \dots (1.1) \quad (\text{Mikraj, 2024})$$

Jika dikalikan dengan P, diperoleh model untuk pertumbuhan populasi yang dikenal dengan persamaan diferensial logistik, yaitu

$$\frac{dP}{dt} = kP \left(1 - \frac{P}{K}\right) \dots (1.2) \quad (\text{Pandu, 2020})$$

Berdasarkan persamaan (1.2) merupakan persamaan diferensial terpisahkan sehingga dapat diselesaikan secara eksplisit dengan mencari solusi umum persamaan logistik dapat diperoleh melalui langkah-langkah berikut ini:

$$\begin{aligned} \frac{dP}{P \left(1 - \frac{P}{K}\right)} &= k dt \\ \int \frac{dP}{P \left(1 - \frac{P}{K}\right)} &= \int k dt \\ \ln P - \ln(K - P) &= kt + c \\ \ln \left(\frac{P}{K - P} \right) &= kt + c \\ \left(\frac{P}{K - P} \right) &= e^{kt+c} \\ P &= \frac{K e^{kt+c}}{1 + e^{kt+c}} \dots (1.3) \end{aligned}$$

Dari persamaan (1.3) jika memberikan nilai awal $t = 0$ dan $P(0) = P_0$ kemudian disubstitusikan ke dalam (1.3) tersebut maka akan diperoleh nilai

$$c = \ln \left(\frac{P}{K - P} \right)$$

Selanjutnya nilai c tersebut disubstitusikan kembali ke dalam persamaan (1.3), sehingga diperoleh solusi khusus dari model logistik seperti berikut

$$\begin{aligned} P &= \frac{K e^{kt + \ln \left(\frac{P_0}{K - P_0} \right)}}{1 + e^{kt + \ln \left(\frac{P_0}{K - P_0} \right)}} \\ P &= \frac{K e^{kt} \frac{P_0}{K - P_0}}{1 + e^{kt} \frac{P_0}{K - P_0}} \\ P &= \frac{K}{\frac{K}{P_0} e^{-kt} - e^{-kt} + 1} \\ P &= \frac{K}{e^{-kt} \left(\frac{K}{P_0} - 1 \right) + 1} \dots (1.4) \quad (\text{Nuraeni, 2017}) \end{aligned}$$

Keterangan

P : jumlah populasi pada saat t

P_0 : jumlah populasi awal saat $t=0$

K : daya tampung (carrying capacity) dari suatu daerah untuk populasi

k : laju pertumbuhan per kapita populasi

t : waktu

Persamaan (1.4) merupakan bentuk sederhana dari solusi khusus model logistik yang akan digunakan dalam melakukan proyeksi penduduk suatu kota. Penentuan nilai K dapat dilakukan dengan cara *trial & error*, yaitu dengan cara mensubstitusikan perkiraan nilai K ke dalam model yang diperoleh sehingga hasil yang diperoleh model mendekati jumlah populasi yang sebenarnya. Jika persamaan (1.4) dilimitkan dengan $t \rightarrow \infty$ didapatkan (untuk $k > 0$):

$$N_{max} = \lim_{t \rightarrow \infty} N = K = \frac{a}{b} \dots (1.5) \text{ (Kurniawan et al., 2017)}$$

Berdasarkan penjelasan verhulst laju pertumbuhan dan daya tampung dapat diperkirakan dengan rentang waktu pengambilan data yang diinginkan.

Berikutnya, dengan melakukan substitusi nilai $K = \frac{a}{b}$ ke persamaan (1.4) diperoleh K sebagai berikut:

$$K = \frac{P_1(P_1 P_0 - 2P_0 P_2 + P_1 P_2)}{P_1^2 - P_0 P_2} \dots (1.6) \text{ (Pratiwi, 2020)}$$

Selanjutnya, pada persamaan (1.4) balik kedua ruas menjadi $\frac{K}{P} = \left(\frac{K-P_0}{P_0}\right)e^{-kt} + 1$, kurangkan 1 pada kedua ruas menjadi:

$$\begin{aligned} \frac{K}{P} - 1 &= \left(\frac{K-P_0}{P_0}\right)e^{-kt} \\ \Rightarrow \left(\frac{K-P}{P}\right) &= \left(\frac{K-P_0}{P_0}\right)e^{-kt} \\ \ln\left(\frac{K-P}{P}\right) &= \ln\left(\frac{K-P_0}{P_0}\right) - kt \\ kt &= \ln\left(\frac{K-P_0}{P_0}\right) - \ln\left(\frac{K-P}{P}\right) \\ \Rightarrow k &= \frac{1}{t} \ln\left(\frac{P_0(K-P)}{P(K-P_0)}\right) \dots (1.7) \end{aligned}$$

Sehingga untuk mencari nilai k dapat menggunakan persamaan (1.7) disetiap tahunnya. Setelah mendapatkan hasil prediksi jumlah penduduk,

selanjutnya adalah mengklasterkan kecamatan-kecamatan tersebut berdasarkan tingkat kepadatannya menggunakan analisis hirarki klaster.

Analisis hirarki klaster merupakan teknik statistik multivariat yang digunakan untuk mengelompokkan kecamatan berdasarkan kemiripan nilai (Suryaningtyas & Kristanti, 2023). Metode yang digunakan adalah agglomerative hierarchical clustering dengan jarak Euclidean (Nugraha et al., 2021). Jarak pada analisis klaster hirarki, digunakan jarak Euclidean dengan fungsi d_{ij} sebagai berikut.

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (y_{ik} - y_{jk})^2} \dots (1.8)$$

Keterangan:

y_{ik} :Nilai dari variabel y_k untuk objek i

y_{jk} :Nilai dari variabel y_k untuk objek j

Pada proses prediksi jumlah wilayah, perlu hal nya untuk mengetahui tingkat *error* pada perhitungan yang telah dilakukan. Maka dari itu, pada penelitian ini, untuk menghitung nilai *error* – nya menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Menurut Hutasuhut dalam Saputra & Febrianti (2025) mengatakan bahwa prediksi dikatakan semakain mendekati kebenaran apabila persentase MAPE semakin rendah. Berikut ini adalah rumus MAPE.

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{x_t - f_t}{x_t} \right|}{n} \times 100\% \dots (1.9) \text{ (Amatullah et al., 2025)}$$

Dimana MAPE memiliki *range* nilai yang dapat dijadikan patikan dalam pengukuran model sebagai berikut.

Tabel 1. Kriteria MAPE

Katerangan	Deskripsi
< 10%	Katerogi MAPE Sangat Baik
10 – 20%	Katerogi MAPE Baik
20 – 50%	Katerogi MAPE Layak
> 50%	Katerogi MAPE Buruk

(Azman, 2019)

Penelitian ini berangkat dari penelitian terdahulu yang relevan, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan et al., (2017) berjudul “Aplikasi Persamaan Diferensial Biasa Model Eksponensial dan Logistik pada Pertumbuhan Penduduk Kota Surabaya” yang mengatakan bahwa model yang lebih akurat untuk

pendugaan jumlah penduduk Kota Surabaya adalah model logistik. Penelitian yang kedua dilakukan oleh Widodo et al., (2021) berjudul “Pengelompokan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Tingkat Kemiskinan Menggunakan Analisis Hierarchical Agglomerative Clustering” dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa provinsi di Indonesia dapat dikelompokkan menjadi tiga klaster, yaitu klaster dengan tingkat kemiskinan rendah (25 provinsi), sedang (7 provinsi), dan tinggi (2 provinsi Papua dan Papua Barat). Kesimpulannya, klasterisasi ini memberikan gambaran yang lebih jelas tentang distribusi kemiskinan di Indonesia, membantu pemerintah dalam merancang kebijakan yang lebih tepat sasaran. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya menggunakan data tahun 2020, sehingga belum dapat menunjukkan dinamika perubahan kemiskinan dalam jangka waktu yang lebih panjang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan tujuan untuk memproyeksikan jumlah penduduk di Kota Surabaya serta mengelompokkan wilayah kecamatan berdasarkan tingkat *livability*-nya. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari publikasi Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Surabaya tahun 2010 hingga 2023. Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Muhammadiyah Surabaya pada tahun 2024-2025.

Proyeksi jumlah penduduk dilakukan dengan menerapkan model logistik yang mempertimbangkan daya dukung maksimum (*carrying capacity*) dan laju pertumbuhan populasi. Parameter model dihitung melalui pendekatan persamaan diferensial logistik yang disesuaikan dengan data historis. Nilai prediksi jumlah penduduk tahun 2035 ditentukan menggunakan persamaan logistik yang telah disesuaikan. Pada hal ini, variabel penelitian yang digunakan diantaranya adalah Variabel *X* : kepadatan penduduk (*Ha*) dan variabel *Y* : tingkat *livability* (sangat layak, cukup layak, dan kurang layak).

Setelah diperoleh hasil prediksi, data kepadatan penduduk per kecamatan dihitung dan digunakan sebagai dasar untuk melakukan analisis klaster menggunakan metode *hierarchical agglomerative clustering*. Proses klasterisasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *IBM SPSS Statistics versi 25*.

Standarisasi data dilakukan menggunakan metode z-score untuk memastikan kesetaraan skala antar variabel. Selanjutnya, membuat tabel distribusi frekuensi kelompok yang mudah dipahami dan memuat beberapa data dalam bentuk interval kelas dengan selang tertentu.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kota Surabaya pada tahun 2010 – 2023 dapat dilihat pada tabel jumlah penduduk Kota Surabaya per kecamatan seperti yang ada pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Data Historis Jumlah Penduduk Kota Surabaya 2010 – 2023

No	Kecamatan	Tahun				
		2010	2011	...	2022	2023
1	Tegalsari	111.156	113.772	...	98.484	98.317
2	Genteng	66.637	67.659	...	58.601	58.742
3	Bubutan	111.478	113.181	...	97.707	97.273
4	Simokerto	101.980	104.836	...	92.832	92.683
5	Pabean Cantian	90.232	91.147	...	74.810	74.490
6	Semampir	194.948	199.011	...	181.226	182.371
7	Krembangan	124.005	125.800	...	114.674	115.320
8	Kenjeran	134.226	143.625	...	177.561	181.300
9	Bulak	37.770	40.178	.....	46.350	47.082
10	Tambaksari	229.408	235.457	...	226.136	226.995
...
21	Wiyung	63.958	66.393	...	74.224	75.382
22	Wonocolo	77.980	81.512	...	79.559	79.986
23	Gayungan	45.789	47.439	...	43.617	43.999
24	Jambangan	45.170	47.419	...	53.639	54.200
25	Tandes	93.454	95.458	...	91.784	91.922
26	Sukomanunggal	96.908	101.617	...	104.271	104.786
27	Asemrowo	39.619	42.580	...	47.437	48.022
28	Benowo	47.320	50.388	...	71.033	73.306
29	Pakal	51.508	53.466	...	60.877	62.715
30	Lakarsantri	41.580	44.811	...	63.017	64.062
31	Sambikerep	54.862	57.452	...	66.796	67.943

Selain itu, dalam penelitian ini juga menggunakan data historis terkait luas wilayah yang dikutip dari BPS Kota Surabaya. Luas wilayah tersebut dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 3. Luas Wilayah per Kecamatan Kota Surabaya

No	Kecamatan	Luas Wilayah (Ha)
1	Tegalsari	431
2	Genteng	406
3	Bubutan	389
4	Simokerto	261
5	Pabean Cantian	548
...
26	Sukomanunggal	927
27	Asemrowo	1505
28	Benowo	2664
29	Pakal	1857
30	Lakarsantri	1890
31	Sambikerep	1717

Selanjutnya data tersebut akan diprediksi menggunakan model logistik pada tahun 2035. Pada perhitungan prediksi dengan menggunakan model logistik pada persamaan (1.4) sebagai berikut.

1. Menentukan nilai K dengan menggunakan persamaan (1.6), sehingga diperoleh diantaranya:

(a). Kecamatan Tegalsari

$$P_0 = 111.156$$

$$P_1 = 113.772$$

$$P_2 = 116.264$$

Substitusikan ketiga data tersebut ke dalam persamaan (1.6).

Sehingga diperoleh:

$$K = \frac{113.772(113.772 \times 111.156 - 2 \times 111.156 \times 116.264 + 113.772 \times 116.264)}{(113.772)^2 - 111.156 \times 116.264}$$

$$K = 149.729,485$$

Maka, nilai K untuk Kecamatan Tegalsari sebesar 149.729,485

(b). Kecamatan Genteng

$$P_0 = 66.637$$

$$P_1 = 67.659$$

$$P_2 = 68.372$$

Substitusikan ketiga data tersebut ke dalam persamaan (1.6).

Sehingga diperoleh:

Prediksi Livability Kota Surabaya Berdasarkan Kepadatan Populasi Menggunakan Model Logistik dan Hirarki Klaster

$$K = \frac{67.659(67.659 \times 66.637 - 2 \times 66.637 \times 68.372 + 67.659 \times 68.372)}{(67.659)^2 - 66.637 \times 68.372}$$

$$K = 69.938$$

Maka, nilai K untuk Kecamatan Genteng sebesar 69.938

(c). Kecamatan Bubutan

$$P_0 = 111.478$$

$$P_1 = 113.181$$

$$P_2 = 115.259$$

Substitusikan ketiga data tersebut ke dalam persamaan (1.6).

Sehingga diperoleh:

$$K = \frac{113.181(113.181 \times 111.478 - 2 \times 111.478 \times 115.259 + 113.181 \times 115.259)}{(113.181)^2 - 111.478 \times 115.259}$$

$$K = 102.886$$

Maka, nilai K untuk Kecamatan Bubutan sebesar 102.886.

Dengan menggunakan formula yang sama, nilai K pada setiap kecamatan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Nilai K per Kecamatan

No	Kecamatan	Nilai K	No	Kecamatan	Nilai K
1	Tegalsari	149.729	17	Sawahan	211.574
2	Genteng	69.938	18	Wonokoromo	214.632
3	Bubutan	102.886	19	Karangpilang	53.125
4	Simokerto	110.410	20	Dukuh Pakis	37.080
5	Pabean Cantian	88.643	21	Wiyung	113.897
6	Semampir	187.319	22	Wonocolo	113.044
7	Krembangan	122.306	23	Gayungan	92.517
8	Kenjeran	190.675	24	Jambangan	84.880
9	Bulak	44.194	25	Tandes	94.360
10	Tambaksari	193.208	26	Sukomanunggal	118.336
11	Gubeng	174.830	27	Asemrowo	111.581
12	Rungkut	76.402	28	Benowo	38.618
13	Tenggilis Mejoyo	58.860	29	Pakal	31.533
14	Gunung Anyar	313.627	30	Lakarsantri	80.934
15	Sukolilo	69.466	31	Sambikerep	72.327
16	Mulyorejo	126.525			

Nilai K tersebut selanjutnya digunakan dalam perhitungan untuk mencari nilai k (laju pertumbuhan) penduduk per tahunnya pada tiap kecamatan.

2. Selanjutnya menghitung nilai laju pertumbuhan (k)

Nilai k merupakan parameter penting dalam model populasi logistik karena mencerminkan kecepatan pertambahan atau pengurangan populasi dari waktu ke waktu di suatu wilayah tertentu.

Perhitungan nilai k didasarkan pada data jumlah penduduk aktual dari tahun 2010-2023 menggunakan persamaan (1.7). Proses ini dilaksanakan secara sistematis dengan bantuan software Microsoft Excel Versi 2019 menggunakan formula logaritmik yang sesuai dengan bentuk matematis model tersebut. Sehingga nilai k setiap kecamatan diperoleh sebagai berikut.

Tabel 5. Nilai k per Tahun pada Setiap Kecamatan

No	Kecamatan	Nilai k						
		k_1	k_2	k_3	...	k_{11}	k_{12}	k_{13}
1	Tegalsari	0,0934	0,0467	0,0251	...	-0,0016	0,0004	-0,0003
2	Genteng	0,3857	0,1928	0,0415	...	-0,0031	0,0041	0,00114
3	Bubutan	-0,1656	-0,082	-0,043	...	-0,0241	0,0020	-0,0065
4	Simokerto	0,4413	0,2206	0,1688	...	-0,0054	-0,006	-0,0007
5	Pabean Cantian	-0,444	-0,222	-0,092	...	-0,0041	-0,001	-0,0020
6	Semampir	-0,4063	-0,203	-0,070	...	0,0042	-0,036	0,0165
7	Krembangan	-0,7066	-0,353	-0,121	...	-0,0023	0,0005	0,0072
8	Kenjeran	0,2498	0,1249	0,0771	...	0,0099	0,2071	0,0372
9	Bulak	0,53154	0,2657	0,2891	...	-0,0401	-0,045	-0,0212
10	Tambaksari	-0,1294	-0,064	-0,027	...	0,00079	-0,002	-0,0016
...
21	Wiyung	0,087	0,0437	0,024	...	0,003	0,003	0,003
22	Wonocolo	0,150	0,075	0,032	...	0,000	0,001	0,001
23	Gayungan	0,071	0,036	0,017	...	-0,001	0,001	0,001
24	Jambangan	0,107	0,053	0,0269	...	0,003	0,003	0,002
25	Tandes	0,014	0,007	0,004	...	0,0002	0,000	0,000
26	Sukomanunggal	0,296	0,148	0,099	...	0,000	0,003	0,003
27	Asemrowo	0,114	0,057	0,013	...	0,002	0,001	0,002
28	Benowo	-0,239	-0,120	-0,035	...	-0,001	-0,004	-0,003
29	Pakal	-0,056	-0,028	-0,012	...	-0,002	-0,003	-0,002
30	Lakarsantri	0,058	0,0289	0,012	...	0,001	0,001	0,001
31	Sambikerep	0,207	0,1033	0,062	...	0,009	0,016	0,019

Setiap kecamatan dihitung secara terpisah agar dinamika pertumbuhan wilayah dapat tercermin secara spesifik. Nilai k yang telah diperoleh menjadi dasar dalam pembentukan model populasi logistik serta digunakan dalam proses prediksi jumlah penduduk pada tahun-tahun berikutnya secara lebih presisi.

3. Membentuk Model Prediksi

Setelah menentukan nilai k pertahun, kemudian mensubstitusikan nilai k pada persamaan (1.4). Proses ini dilakukan secara terpisah untuk setiap kecamatan guna memastikan karakteristik pertumbuhan populasi yang spesifik pada masing-masing wilayah. Sehingga model prediktif tersebut diperoleh sebagai berikut.

(a). Kecamatan Tegalsari

1. Model Logistik I bentuk persamaannya $P = \frac{149.729,485}{(0,3470212)e^{-(0.0934)t+1}}$

dengan laju pertumbuhan relatif pertahunnya sekitar 9,34%.

2. Model Logistik II bentuk persamaannya $P = \frac{149.729,485}{(0,3470212)e^{-(0.0467)t+1}}$

dengan laju pertumbuhan relatif pertahunnya sekitar 4,67%.

3. Model Logistik III bentuk persamaannya $P = \frac{149.729,485}{(0,3470212)e^{-(0.0251)t+1}}$

dengan laju pertumbuhan relatif pertahunnya sekitar 2,51%.

4. Model Logistik IV bentuk persamaannya $P = \frac{149.729,485}{(0,3470212)e^{-(0.1425)t+1}}$

dengan laju pertumbuhan relatif pertahunnya sekitar -14,25%.

5. Model Logistik V bentuk persamaannya $P = \frac{149.729,485}{(0,3470212)e^{-(0.0148)t+1}}$

dengan laju pertumbuhan relatif pertahunnya sekitar -1,48%.

6. Model Logistik VI bentuk persamaannya $P = \frac{149.729,485}{(0,3470212)e^{-(0.0093)t+1}}$

dengan laju pertumbuhan relatif pertahunnya sekitar 9,3%.

7. Model Logistik VII bentuk persamaannya $P = \frac{149.729,485}{(0,3470212)e^{-(0.0056)t+1}}$

dengan laju pertumbuhan relatif pertahunnya sekitar 5,6%.

8. Model Logistik VIII bentuk persamaannya $P = \frac{149.729,485}{(0,3470212)e^{-(0.0017)t+1}}$

dengan laju pertumbuhan relatif pertahunnya sekitar -1,7%.

9. Model Logistik IX bentuk persamaannya $P = \frac{149.729,485}{(0,3470212)e^{-(0.0052)t+1}}$

dengan laju pertumbuhan relatif pertahunnya sekitar 5,2%.

10. Model Logistik X bentuk persamaannya $P = \frac{149.729,485}{(0,3470212)e^{-(0.029)t+1}}$

dengan laju pertumbuhan relatif pertahunnya sekitar -2,9%.

11. Model Logistik XI bentuk persamaannya $P = \frac{149.729,485}{(0,3470212)e^{-(0,0016)t} + 1}$ dengan laju pertumbuhan relatif pertahunnya sekitar -1,6%.

12. Model Logistik XII bentuk persamaannya $P = \frac{149.729,485}{(0,3470212)e^{-(0,0004)t} + 1}$ dengan laju pertumbuhan relatif pertahunnya sekitar 0,04%.

13. Model Logistik XIII bentuk persamaannya $P = \frac{149.729,485}{(0,3470212)e^{-(0,0003)t} + 1}$ dengan laju pertumbuhan relatif pertahunnya sekitar -0,03%.

Berlaku juga untuk setiap kecamatan dengan memperhatikan nilai k per tahunnya yang disajikan dalam Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Model Prediktif Berdasarkan Nilai k

No	Kecamatan	Model I	Model II	...	Model XII	Model XIII
1	Tegalsari	$P = \frac{149.729,485}{(0,3470212)e^{-(0,0094)t} + 1}$	$P = \frac{149.729,485}{(0,3470212)e^{-(0,0467)t} + 1}$	...	$P = \frac{149.729,485}{(0,3470212)e^{-(0,0004)t} + 1}$	$P = \frac{149.729,485}{(0,3470212)e^{-(0,0003)t} + 1}$
2	Genteng	$P = \frac{69.938}{(0,0495338)e^{-(0,3857)t} + 1}$	$P = \frac{69.938}{(0,0495338)e^{-(0,1928)t} + 1}$	...	$P = \frac{69.938}{(0,0495338)e^{-(0,0041)t} + 1}$	$P = \frac{69.938}{(0,0495338)e^{-(0,00114)t} + 1}$
3	Bubutan	$P = \frac{102.886}{(-0,0771)e^{-(0,1656)t} + 1}$	$P = \frac{102.886}{(-0,0771)e^{-(0,0828)t} + 1}$	...	$P = \frac{102.886}{(-0,0771)e^{-(0,0020)t} + 1}$	$P = \frac{102.886}{(-0,0771)e^{-(0,0065)t} + 1}$
...
29	Pakal	$P = \frac{38.617,5}{(-0,3878)e^{-(0,056)t} + 1}$	$P = \frac{38.617,5}{(-0,3878)e^{-(0,0281)t} + 1}$	...	$P = \frac{38.617,5}{(-0,3878)e^{-(0,0031)t} + 1}$	$P = \frac{38.617,5}{(-0,3878)e^{-(0,0023)t} + 1}$
30	Lakarsantri	$P = \frac{-145.398,4313}{(0,94646)e^{-(0,057701)t} + 1}$	$P = \frac{-145.398,4313}{(0,94646)e^{-(0,02805949)t} + 1}$	...	$P = \frac{-145.398,4313}{(0,94646)e^{-(0,001425)t} + 1}$	$P = \frac{-145.398,4313}{(0,94646)e^{-(0,00088)t} + 1}$
31	Sambikerep	$P = \frac{72.327,4}{(0,31835)e^{-(0,2066)t} + 1}$	$P = \frac{72.327,4}{(0,31835)e^{-(0,103321)t} + 1}$	...	$P = \frac{72.327,4}{(0,31835)e^{-(0,016124)t} + 1}$	$P = \frac{72.327,4}{(0,31835)e^{-(0,019186)t} + 1}$

4. Menghitung Nilai Prediksi

Nilai prediksi diambil dari setiap model yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya yang kemudian setiap modelnya merubah nilai t nya dimulai dari $t=1$ hingga $t=13$ disetiap kecamatannya. Sehingga setiap model menghasilkan nilai prediksi yang kemudian dibandingkan dengan data historis (data asli). Nilai prediksi tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7. Nilai Prediksi Model

No	Kecamatan	Tahun	Data Asli	Hasil Prediksi Berdasarkan Model				
				Model I	Model II	...	Model XII	Model XIII
1	Tegalsari	2010	111.156	111156	111156	...	111156	111156
		2011	113.772	113772	112479	...	111169	111145
		2012	116.264	116263	113772	...	111181	111134
		2013	118.185	118630	115033	...	111194	111123
		2014	101.716	120870	116263	...	111206	111112
		2015	104.109	122986	117462	...	111219	111101
		2016	105.861	124978	118630	...	111231	111091

Prediksi Livability Kota Surabaya Berdasarkan Kepadatan Populasi Menggunakan Model Logistik dan Hirarki Klaster

No	Kecamatan	Tahun	Data Asli	Hasil Prediksi Berdasarkan Model				
				Model I	Model II	...	Model XII	Model XIII
2	Genteng	2017	107.070	126849	119766	...	111244	111080
		2018	106.646	128603	120870	...	111256	111069
		2019	108.079	130243	121944	...	111269	111058
		2020	98.921	131774	122986	...	111281	111047
		2021	98.307	133199	123997	...	111294	111036
		2022	98.484	134525	124978	...	111306	111025
		2023	98.317	135755	125929	...	111319	111014
		2010	66.637	66637	66637	...	66637	66637
		2011	67.659	67659	67193	...	66650	66641
		2012	68.372	68372	67659	...	66663	66644
		2013	68.552	68865	68048	...	66676	66648
		2014	59.273	69205	68372	...	66688	66651
		2015	60.462	69438	68641	...	66701	66655
		2016	61.462	69597	68865	...	66714	66659
3	Bubutan	2017	62.028	69706	69051	...	66726	66662
		2018	61.934	69780	69205	...	66739	66666
		2019	63.153	69830	69332	...	66751	66669
		2020	58.461	69865	69438	...	66764	66673
		2021	58.125	69888	69525	...	66776	66676
		2022	58.601	69904	69597	...	66789	66680
		2023	58.742	69915	69656	...	66801	66684
		2010	111.478	111478	111478	...	111.478	111.478
		2011	113.181	113181	112288	...	111.459	111.539
		2012	115.259	115259	113181	...	111.440	111.601
		2013	117.202	117811	114167	...	111.422	111.663
		2014	101.812	120973	115259	...	111.403	111.725
		2015	103.942	124930	116468	...	111.384	111.788
		2016	105.529	129945	117811	...	111.366	111.851
		2017	106.721	136409	119306	...	111.347	111.915
29	Pakal	2018	106.399	144915	120973	...	111.328	111.980
		2019	107.823	156428	122837	...	111.310	112.045
		2020	98.774	172611	124929	...	111.291	112.110
		2021	97.586	196617	127284	...	111.273	112.176
		2022	97.707	235224	129945	...	111.255	112.242
		2023	97.273	306173	132965	...	111.236	112.309
...
...
30	Lakarsantri	2010	51.508	51508	51508	...	51508	51508
		2011	53.466	53466	52455	...	51610	51586
		2012	55.706	55706	53466	...	51712	51664
		2013	57.361	58288	54547	...	51815	51743
		2014	53.472	61295	55706	...	51919	51823
		2015	55.403	64832	56950	...	52024	51902
		2016	57.264	69047	58288	...	52129	51983
		2017	58.804	74145	59733	...	52235	52063
		2018	59.930	80428	61295	...	52342	52144
		2019	58.593	88347	62989	...	52450	52226
		2020	57.812	98618	64832	...	52559	52308
		2021	58.872	112446	66843	...	52668	52390
		2022	60.877	132030	69047	...	52778	52473
		2023	62.715	161846	71469	...	52889	52556
30	Lakarsantri	2010	41.580	41580	41580	...	41580	41580
		2011	44.811	44811	43158	...	41656	41627
		2012	48.358	48357	44811	...	41733	41674
		2013	50.743	52262	46542	...	41809	41722
		2014	48.484	56573	48357	...	41886	41769
		2015	50.866	61351	50262	...	41963	41816
		2016	53.078	66666	52262	...	42040	41864
		2017	54.953	72602	54363	...	42118	41911
		2018	56.453	79265	56573	...	42195	41959
		2019	61.854	86783	58900	...	42273	42006

No	Kecamatan	Tahun	Data Asli	Hasil Prediksi Berdasarkan Model				
				Model I	Model II	...	Model XII	Model XIII
31	Sambikerep	2020	60.816	95316	61351	...	42351	42054
		2021	61.496	105068	63936	...	42429	42102
		2022	63.017	116299	66666	...	42507	42150
		2023	64.062	129352	69550	...	42586	42197
		2010	54.862	54862	54862	...	54862	54862
		2011	57.452	57452	56194	...	55075	55115
		2012	59.746	59746	57452	...	55286	55365
		2013	61.567	61751	58635	...	55495	55613
		2014	58.566	63484	59746	...	55702	55858
		2015	60.375	64967	60783	...	55908	56101
		2016	62.394	66225	61751	...	56111	56341
		2017	63.836	67284	62650	...	56313	56579
		2018	64.947	68172	63484	...	56513	56814
		2019	66.782	68911	64255	...	56712	57046
		2020	65.121	69524	64967	...	56908	57276
		2021	65.723	70031	65622	...	57103	57504
		2022	66.796	70448	66225	...	57296	57728
		2023	67.943	70792	66778	...	57487	57951

Berdasarkan tabel tersebut, prediksi jumlah penduduk untuk masing-masing kecamatan dapat dilihat variasi proyeksi yang dihasilkan oleh model logistik yang telah dibentuk sebelumnya. Sehingga, untuk menilai tingkat ketepatan dari prediksi tersebut, diperlukan langkah evaluasi *erroring* dengan menggunakan MAPE.

5. Evaluasi Akurasi Model dengan MAPE

Perhitungan MAPE dilakukan terhadap setiap kecamatan secara individual guna mempertahankan spesifikasi model yang telah disusun berdasarkan karakteristik masing-masing wilayah.

Tabel 8. Nilai MAPE per Kecamatan

No	Kecamatan	MAPE				
		Model I	Model II	...	Model XII	Model XIII
1	Tegalsari	18%	13%	...	7%	7%
2	Genteng	11%	11%		8%	8%
3	Bubutan	50%	15%		7%	8%
4	Simokerto	9%	8%		4%	4%
5	Pabean Cantian	275%	23%		10%	10%
6	Semampir	786%	29%		5%	4%
7	Krembangan	209%	207%		4%	4%
8	Kenjeran	5%	3%		14%	11%
9	Bulak	3%	3%		17%	15%
10	Tambaksari	230%	823%		321%	320%
11	Gubeng	49%	39%		8%	6%

Prediksi Livability Kota Surabaya Berdasarkan Kepadatan Populasi Menggunakan Model Logistik dan Hirarki Klaster

No	Kecamatan	MAPE				
		Model I	Model II	...	Model XII	Model XIII
12	Rungkut	210%	12%		12%	13%
13	Tenggilis Mejoyo	31%	9%		9%	9%
14	Gunung Anyar	21%	4%		14%	14%
15	Sukolilo	39%	8%		6%	6%
16	Mulyorejo	13%	6%		5%	5%
17	Sawahan	393%	17%		6%	6%
18	Wonokoromo	20%	17%		10%	10%
19	Karangpilang	33%	10%		3%	3%
20	Dukuh Pakis	27%	10%		3%	3%
21	Wiyung	11%	3%		8%	8%
22	Wonocolo	16%	10%		4%	4%
23	Gayungan	22%	13%		4%	7%
24	Jambangan	14%	4%		10%	10%
25	Tandes	16%	8%		2%	2%
26	Sukomanunggal	8%	6%		6%	6%
27	Asemrowo	28%	9%		13%	13%
28	Benowo	314%	45%		22%	22%
29	Pakal	43%	6%		9%	9%
30	Lakarsantri	35%	3%		21%	22%
31	Sambikerep	4%	2%		10%	10%

Pada setiap model memiliki nilai MAPE masing-masing. Sesuai dengan penjelasan sebelumnya, berarti dalam hal ini diambil nilai MAPE yang paling kecil karena dengan begitu artinya model prediksi tersebut memiliki nilai *error* yang paling kecil. Maka, model yang akan digunakan oleh masing-masing kecamatan diantaranya: (1) Kec. Tegalsari: Model X, (2) Kec. Genteng: Model X, (3) Kec. Bubutan: Model VIII, (4) Kec. Simokerto: Model XII, (5) Kec. Pabean Cantian: Model VII, (6) Kec. Semampir: Model XIII, (7) Kec. Krembangan: Model VI, (8) Kec. Kenjeran: Model II, (9) Kec. Bulak: Model I, (10) Kec. Tambaksari: Model X, (11) Kec. Gubeng: Model VII, (12) Kec. Rungkut: Model III, (13) Kec. Tenggilis Mejoyo: Model III, (14) Kec. Gunung Anyar: Model II, (15) Kec. Sukolilo: Model III, (16) Kec. Mulyorejo: Model V, (17) Kec. Sawahan: Model VIII, (18) Kec. Wonokromo: Model XI, (19) Kec. Karangpilang: Model IX, (20) Kec. Dukuh Pakis: Model VIII, (21) Kec. Wiyung: Model II, (22) Kec. Wonocolo: Model X, (23) Kec. Gayungan: Model VIII, (24) Kec. Jambangan: Model III, (25) Kec. Tandes: Model XI, (26) Kec. Sukomanunggal: Model V, (27) Kec. Asemrowo: Model IV, (28)

Kec. Benowo: Model III, (29) Kec. Pakal: Model III, (30) Kec. Lakarsantri: Model II, dan (31) Kec. Sambikerep: Model II.

6. Prediksi Jumlah Penduduk Tahun 2035

Prediksi jumlah penduduk merupakan tahapan lanjutan setelah penetapan model prediktif yang telah disesuaikan dengan karakteristik data historis pada masing-masing kecamatan. Proses prediksi ini dilakukan dengan mensubstitusikan parameter laju pertumbuhan (k) dan kapasitas maksimum (K) yang telah diperoleh ke dalam persamaan model logistik yang telah ditetapkan. Sesuai dengan salah satu tujuan penelitian yang telah dijelaskan, maka pada hal ini peneliti ingin memprediksi jumlah penduduk di tahun 2035 dimana tahun tersebut sama dengan $t = 25$. Sehingga diperoleh sebagai berikut.

(a). Kecamatan Tegalsari

$$P_{25} = \frac{149.729,485}{(0,347021)e^{-(-0,029)25} + 1}$$

$$P_{25} = 87.478$$

Maka, Prediksi Jumlah Penduduk Kecamatan Tegalsari tahun 2035 adalah 87.478 jiwa.

(b). Kecamatan Genteng

$$P_{25} = \frac{69.938}{(0,0495338)e^{-(-0,06)25} + 1}$$

$$P_{25} = 57.160$$

Maka, Prediksi Jumlah Penduduk Kecamatan Genteng tahun 2035 adalah 57.160 jiwa.

(c). Kecamatan Bubutan

$$P_{25} = \frac{102.886}{(-0,077076)e^{-(0,0127)25} + 1}$$

$$P_{25} = 109.007$$

Maka, Prediksi Jumlah Penduduk Kecamatan Bubutan tahun 2035 adalah 109.007 jiwa.

Sehingga dengan menggunakan formula yang sama, diperoleh prediksi jumlah penduduk per kecamatan pada tahun 2035 seperti tabel berikut.

Tabel 9. Prediksi Jumlah Penduduk Tahun 2035

No	Kecamatan	Prediksi Penduduk Tahun 2035
1	Tegalsari	87.478
2	Genteng	57.160
3	Bubutan	109.007
4	Simokerto	100.823
5	Pabean Cantian	88.903
6	Semampir	192.302
7	Krembangan	122.307
8	Kenjeran	187.207
9	Bulak	44.194
10	Tambaksari	208.989
11	Gubeng	151.939
12	Rungkut	139.639
13	Tenggilis Mejoyo	52.754
14	Gunung Anyar	90.931
15	Sukolilo	137.137
16	Mulyorejo	94.348
17	Sawahan	216.931
18	Wonokoromo	157.730
19	Karangpilang	77.985
20	Dukuh Pakis	59.860
21	Wiyung	90.248
22	Wonocolo	82.624
23	Gayungan	44.764
24	Jambangan	58.581
25	Tandes	93.449
26	Sukomanunggal	108.632
27	Asemrowo	54.417
28	Benowo	69.546
29	Pakal	66.752
30	Lakarsantri	55.429
31	Sambikerep	70.628

Selanjutnya, hasil prediksi tersebut dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan metode analisis hirarki klaster (hierarchical cluster analysis) guna mengelompokkan kecamatan-kecamatan ke dalam beberapa klaster yang memiliki kemiripan karakteristik pertumbuhan populasi.

7. Menentukan Kepadatan Penduduk

Kepadatan penduduk erat hubungannya dengan jumlah populasi dan luas wilayah. Adapun rumus untuk mencari kepadatan penduduk yaitu:

$$\text{Kepadatan Penduduk} = \frac{\text{Jumlah Populasi}}{\text{Luas Wilayah}} \dots (2.0)$$

Sehingga, dari formula tersebut diperoleh kepadatan penduduk wilayah Kota Surabaya berdasarkan kecamatannya dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 10. Kepadatan Penduduk per Kecamatan Kota Surabaya

No	Kecamatan	Kepadatan Penduduk	No	Kecamatan	Kepadatan Penduduk
1	Tegalsari	203	17	Sawahan	302
2	Genteng	141	18	Wonokoromo	191
3	Bubutan	280	19	Karangpilang	83
4	Simokerto	386	20	Dukuh Pakis	58
5	Pabean Cantian	162	21	Wiyung	73
6	Semampir	212	22	Wonocolo	127
7	Krembangan	142	23	Gayungan	76
8	Kenjeran	220	24	Jambangan	143
9	Bulak	71	25	Tandes	94
10	Tambaksari	233	26	Sukomanunggal	117
11	Gubeng	192	27	Asemrowo	36
12	Rungkut	61	28	Benowo	26
13	Tenggilis Mejoyo	91	29	Pakal	36
14	Gunung Anyar	90	30	Lakarsantri	29
15	Sukolilo	45	31	Sambikerep	41
16	Mulyorejo	54			

Setelah didapatkan nilai kepadatan penduduk per kecamatannya, selanjutnya adalah mengklasterkan menggunakan *software IBM SPSS Statistic Versi 25*.

8. Klustersisasi Menggunakan SPSS

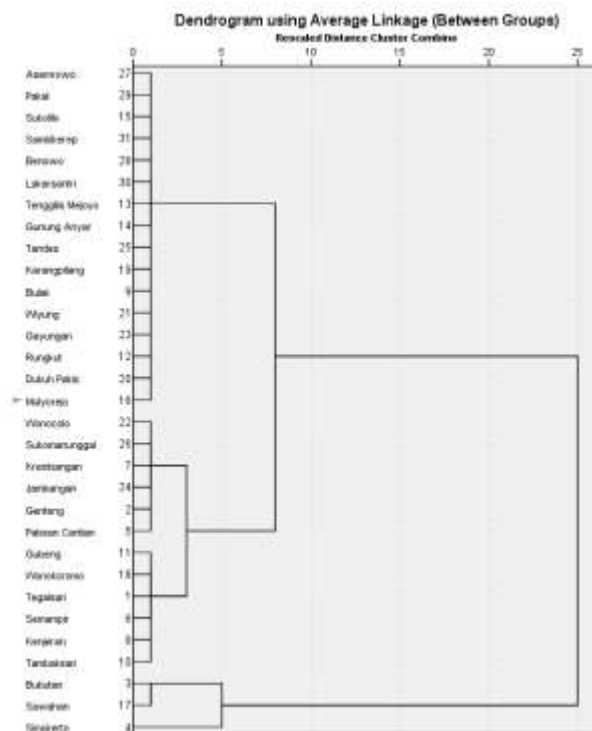
Analisis klasifikasi menggunakan agglomerative hierarchical cluster dapat mengelompokkan kecamatan-kecamatan memiliki kesamaan karakteristik, dalam hal ini akan ditentukan sebanyak 3 (tiga) cluster. Konsep dari metode hirarkis dimulai dengan menggabungkan 2 obyek yang paling mirip, kemudian gabungan 2 obyek tersebut akan bergabung lagi dengan satu atau lebih obyek yang paling mirip lainnya. Proses clustering ini pada akhirnya akan ‘menyatu’ menjadi satu cluster besar yang mencakup semua obyek. Metode ini disebut

juga sebagai “metode agglomerative” yang digambarkan dengan dendogram. Klasifikasi menggunakan agglomerative hierarchical cluster analysis dengan software *IBM SPSS Versi 21* diperoleh output “Proximities” pada Tabel 11.

Tabel 11. *Output Case Processing Summary*

Case Processing Summary					
Valid		Case Missing		Total	
N	Percent	N	Percent	N	Percent
31	100%	0	0.0%	31	100.0%

Output “Proximities” pada Tabel 11 dengan *case processing summary* menunjukkan semua data sebanyak 31 telah diproses tanpa ada *missing* (hilang). Jumlah *cluster* memiliki anggota masing-masing yang terbentuk. Selanjutnya, berdasarkan analisis menggunakan SPSS sesuai dengan langkah-langkah pelaksanaan klasterisasi kepadatan penduduk per kecamatan Kota Surabaya diperoleh dalam bentuk dendogram *cluster*. *Output* analisis klasterisasi kepadatan penduduk per kecamatan Kota Surabaya menggunakan *agglomerative hirarchical cluster analysis (between group)* secara visual yaitu Dendogram disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Dendogram Cluster Kependudukan

Agar lebih mudah dipahami, hasil analisis klasterisasi secara visual juga disajikan dalam bentuk Tabel 11.

Tabel 12. Klasterisasi Kepadatan Penduduk per Kecamatan Kota Surabaya

Klaster	Anggota	Fr	Ket	Interval
1	Bulak, Rungkut, Tenggilis Mejoyo, Gunung Anyar, Sukolilo, Mulyorejo, Karangpilang, Dukuh Pakis, Wiyung, Gayungan, Tandes, Asemrowo, Benowo, Pakal, Lakarsantri, dan Sambikerep	16	Rendah	$X < 115$
2	Tegalsari, Genteng, Pabean Cantian, Semampir, Krembangan, Kenjeran, Tambaksari, Gubeng, Wonokromo, Wonocolo, Jambangan, dan Sukomanunggal	12	Sedang	$116 < X < 232$
3	Bubutan, Simokerto, dan Sawahan	3	Tinggi	$X > 233$
Jumlah		31		

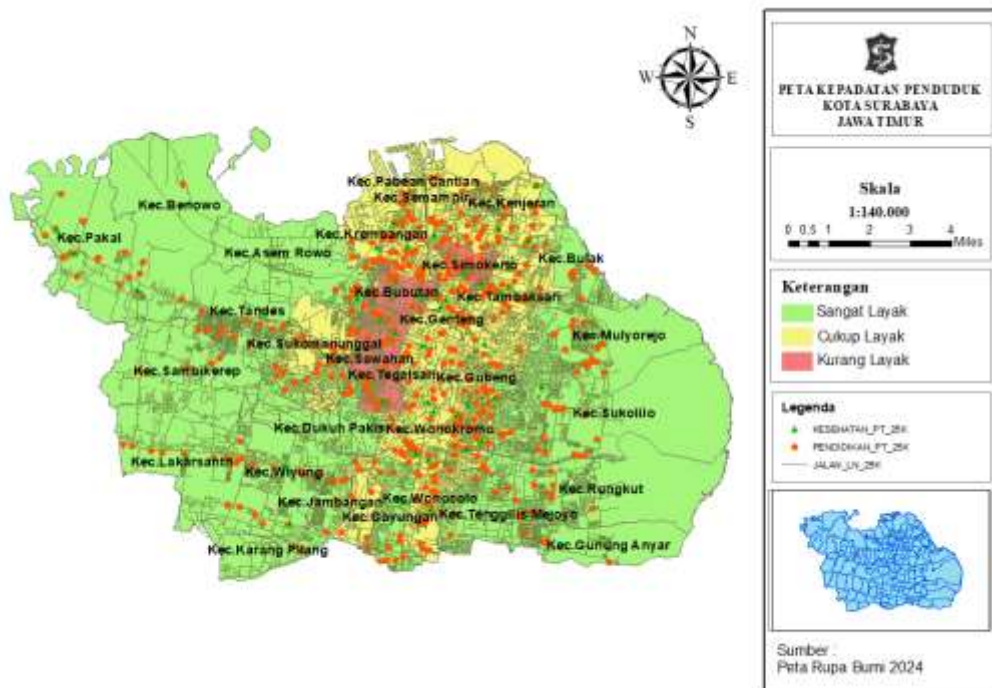
Pada Tabel 12 pembentukkan klaster berdasarkan kepadatan penduduk per kecamatan Kota Surabaya masing–masing memiliki rentang ≤ 115 . Sehingga, sesuai dengan tujuan dari penelitian maka pengklasifikasian kepadatan penduduk dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Klasifikasi Kepadatan Penduduk

Kepadatan Penduduk	Keterangan
$X < 115$	Sangat Layak
$116 < X < 232$	Cukup Layak
$X > 233$	Kurang Layak

Hasil klasifikasi kepadatan penduduk yang disusun dalam bentuk tabel distribusi frekuensi selanjutnya akan divisualisasikan dalam peta persebaran tingkat kelayakan huni. Visualisasi ini berfungsi untuk menyajikan gambaran spasial mengenai distribusi kepadatan penduduk antar wilayah di Kota Surabaya, yang merupakan salah satu parameter dalam penilaian kelayakan huni. Peta tersebut disajikan pada Gambar 3.

Prediksi Livability Kota Surabaya Berdasarkan Kepadatan Populasi Menggunakan Model Logistik dan Hirarki Klaster



Gambar 3. Peta Kepadatan Penduduk Kota Surabaya

Peta tersebut menunjukkan bahwa persebaran tingkat kepadatan penduduk yang sangat beragam. Hanya beberapa saja daerah yang memiliki tingkat kepadatan tinggi terlihat dipusat kota. Tingkat kepadatan sedang berada di pusat kota juga yang saling berdampingan. Sedangkan, kecamatan dengan kepadatan rendah berada pada luar wilayah kota.

Sehingga, berdasarkan hasil penelitian yang telah dijelaskan hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan et al., (2017) bahwa model prediksi populasi logistik lebih efektif dibandingkan model eksponensial. Perhitungan prediksi dilakukan dengan menentukan nilai carrying capacity (K) dan laju pertumbuhan penduduk (k) untuk masing-masing kecamatan. Hasil prediksi ini kemudian digunakan untuk menghitung nilai kepadatan penduduk (jiwa/Ha) setiap kecamatan. Perbedaan laju pertumbuhan antar kecamatan menegaskan adanya dinamika spasial yang memerlukan pendekatan pembangunan berbasis wilayah. Beberapa kecamatan seperti Kenjeran dan Gunung Anyar menunjukkan pertumbuhan positif, sedangkan kecamatan seperti Bubutan dan Pabean Cantian mengalami stagnasi atau penurunan. Setelah diperoleh nilai kepadatan penduduk, dilakukan

analisis kluster hirarki dengan metode agglomerative hierarchical clustering untuk mengelompokkan kecamatan ke dalam tiga kluster tingkat kelayakan huni (*livability*), yakni: Klaster 1 – Sangat Layak Huni dengan kepadatan penduduk rendah pada interval ($X < 115 \text{ jiwa/ha}$), Klaster 2 – Cukup Layak Huni dengan kepadatan penduduk sedang pada interval ($166 < X < 232 \text{ jiwa/ha}$), dan Klaster 3 – Kurang Layak Huni dengan kepadatan penduduk tinggi pada interval ($X > 233 \text{ jiwa/ha}$).

Meskipun hasil penelitian ini memberikan gambaran umum mengenai tingkat kelayakan huni berdasarkan kepadatan penduduk, penelitian ini memiliki keterbatasan penting, diantaranya: penelitian hanya menggunakan variabel kepadatan penduduk yang hanya memperhatikan jumlah penduduk dan luas wilayah saja tanpa mempertimbangkan faktor fasilitas lainnya seperti transportasi, ekonomi, pendidikan, sosial, dan budaya.

Oleh karena itu, hasil penelitian ini bersifat awal dan dapat dikembangkan lebih lanjut dengan pendekatan multidimensi yang melibatkan indikator sosial budaya, pendidikan, kesehatan, ekonomi, dan lingkungan terutama di kota urban seperti Surabaya.

SIMPULAN

Hasil penelitian menemukan bahwa hasil prediksi jumlah penduduk pada tahun 2035 menggunakan model logistik menunjukkan bahwa terdapat kecamatan yang memiliki jumlah penduduk tertinggi diantaranya Sawahan sebanyak 216.931 jiwa, Tambaksari sebanyak 208.989 jiwa, dan Semampir 192.302 jiwa. Serta hasil klusterisasi Kota Surabaya berdasarkan wilayah pada tahun 2035 dibagi menjadi 3 kluster berdasarkan tingkat *livability* ditinjau dari kepadatan penduduk. Kluster – kluster tersebut terdiri dari kecamatan sangat layak huni, kecamatan cukup layak huni, dan kecamatan kurang layak huni. Meskipun hasil penelitian ini memberikan gambaran umum mengenai tingkat kelayakan huni berdasarkan kepadatan penduduk, penelitian ini memiliki keterbatasan penting, diantaranya: penelitian hanya menggunakan variabel kepadatan penduduk yang hanya memperhatikan jumlah penduduk dan luas wilayah saja tanpa mempertimbangkan faktor fasilitas lainnya seperti transportasi, ekonomi, pendidikan, sosial, dan budaya. Oleh karena

itu, hasil penelitian ini bersifat awal dan dapat dikembangkan lebih lanjut dengan pendekatan multidimensi yang melibatkan indikator sosial budaya, pendidikan, kesehatan, ekonomi, dan lingkungan terutama di kota urban seperti Surabaya. Adapun rekomendasi yang bisa dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah mendorong pemerintah Kota Surabaya untuk melakukan pemerataan pembangunan infrastruktur dasar seperti menyediakan sanitasi, air, bersih, sumber daya energi dan listrik, pembangunan jalan dan akses transportasi umum, menyediakan jaringan telekomunikasi, memberikan sistem dan pelayanan pengelolaan limbah, serta menyediakan ruang hijau terbuka seperti taman, taman kota, atau bahkan lokasi untuk rekreasi dan ekologis, serta mengoptimalkan kebijakan ruas berbasis data spasial. Rencana tata ruang wilayah yang adaptif harus diarahkan pada pengembangan kawasan baru di wilayah seperti Pakal, Benowo, dan Sambikerep yang lebih layak huni.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa syukur yang mendalam ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulisan artikel ini dapat diselesaikan dengan baik. Penghargaan dan terima kasih yang setulusnya juga disampaikan kepada kedua orang tua atas doa, dukungan moral, dan semangat yang tiada henti. Ucapan terima kasih selanjutnya ditujukan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan akademik, serta masukan yang konstruktif dalam penyusunan artikel ini. Tidak lupa, penulis menyampaikan apresiasi kepada keluarga besar yang senantiasa memberikan dukungan, serta kepada sahabat-sahabat terdekat yang telah menjadi sumber motivasi, diskusi, dan semangat selama proses penulisan berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, M. (2023). *7 Kota Paling Layak Huni di Indonesia, Solo Jawaranya*. GoodStats. <https://goodstats.id>
- Aini, J. et al. (2024). Hubungan Livability dengan Kualitas Hidup pada Wilayah Padat Penduduk Perkotaan di Kelurahan Kampung Rawa Kota Administrasi Jakarta Pusat Jihan Ulayya Qurrotu Aini , Uswatun Hasanah , Hurriyyatun Kabbaro Universitas Negeri Jakarta , Indonesia Correspondin. *JSIM: Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan*, 5(5).
- Amatullah, F. F., Ilmani, E. A., Fitrianto, A., & Jumansyah, L. M. R. D. (2025).

- Clustering Time Series Forecasting Model for Grouping Provinces in Indonesia Based on Granulated Sugar Prices. *Journal of Applied Informatics and Computing (JAIC)*, 9(1), 121–130.
- Anggreini, D. (2020). Penerapan Model Populasi Kontinu Pada Perhitungan Proyeksi Penduduk Di Indonesia (Studi Kasus: Provinsi Jawa Timur). *E-Jurnal Matematika*, 9(4), 229. <https://doi.org/10.24843/mtk.2020.v09.i04.p303>
- Azman, M. M. (2019). Analisa perbandingan nilai akurasi moving average dan exponential smoothing untuk sistem peramalan pendapatan pada perusahaan XYZ. *Jurnal Sistem Dan Informatika*, 13(2), 36–45.
- Bayu, A., Wardhana, K., Maheswara, R., & Wulandari, S. P. (2024). Pengelompokan Faktor yang Memengaruhi Kemiskinan di Jawa Timur Tahun 2023 Menggunakan Analisis Cluster Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia obyek (khusus atau elemen) ke dalam kluster yang relatif homogen. Obyek-obyek di dalam dengan dendog. *Algoritma: Jurnal Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, Kebumihan Dan Angkasa*, 2(6), 205–227.
- BPS. (2024). *Jumlah Rumah Sakit Umum, Rumah Sakit Khusus, Puskesmas, Klinik Pratama, dan Posyandu Menurut Kecamatan di Kota Surabaya*. BPS Kota Surabaya. <https://surabayakota.bps.go.id>
- BPS, P. D. Y. (2023). *Jumlah Rumah Sakit Umum, Rumah Sakit Khusus, Puskesmas, Klinik Pratama, dan Posyandu Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi DI Yogyakarta*. BPS Provinsi DIY Yogyakarta. <https://yogyakarta.bps.go.id>
- Christiani, C. at al. (2014). Analisis dampak kepadatan penduduk terhadap kualitas hidup masyarakat Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Ilmiah UNTAG Semarang*, 102–114.
- Faza, S. S., & Rohaeni, O. (2024). Menentukan Parameter Persamaan Logistik dalam Mengestimasi Jumlah Penduduk Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Riset Matematika (JRM)*, 73–80.
- 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>
- Lubis, R. B. (2024). *Kabupaten/Kota dengan Populasi Penduduk Terbesar 2024*. GoodStats. <https://goodstats.id>
- Mikraj, A. L. (2024). Aplikasi Model Pertumbuhan Logistik untuk Estimasi Jumlah Penduduk Kabupaten Ponorogo. *Al Mikraj Jurnal Studi Islam Dan Humaniora*, 5(1), 762–771.
- Nugraha, A., Asnawi, M. H., Rahmah, P. F., & Purwandari, T. (2021). Analisis Kluster Hirarki untuk Mengelompokan Provinsi di Indonesia berdasarkan Indikator Kesejahteraan Rakyat. *E-Prosiding Seminar Nasional Statistika/Departemen Statistika FMIPA Universitas Padjadjaran*, 10(January 2021), 1–12. <https://doi.org/10.1234/pns.v10i.84>
- Nur'aini, A. D. (2017). Urban Farming dalam Kampung Vertikal sebagai Upaya Efisiensi Keterbatasan Lahan. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373520.v6i2.25786>
- Nuraeni, Z. (2017). Aplikasi Persamaan Diferensial Dalam Estimasi Jumlah

- Populasi. *Delta: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 5(1), 9.
<https://doi.org/10.31941/delta.v5i1.384>
- Nuraini. (2018). *Aplikasi Persamaan Diferensial Model Populasi Kontinu Dalam Estimasi Jumlah Penduduk Kota Bandar Lampung*. 39.
- 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>
- Perdamaian, L. G., & Zhai, Z. (John). (2024). Status of Livability in Indonesian Affordable Housing. *Architecture*, 4(2), 281–302.
<https://doi.org/10.3390/architecture4020017>
- Pratiwi, C. D. (2020). Application of Differential Equation of Logistic Population Model To Estimate Population in Balikpapan City. *AdMathEdu*, 10(1), 63–76.
- Saputra, J. E., & Febrianti, W. (2025). Application of Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) for Forecasting Inflation Rate in Indonesia. *Jurnal Matematika, Statistika Dan Komputasi*, 21(2), 382–396.
<https://doi.org/10.20956/j.v21i2.36609>
- Siagian, L. D. T., & Ariastita, P. G. (2021). Kriteria Livability pada Permukiman yang Dikembangkan oleh Informal Land Subdividers. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i2.69949>
- Sonhaji, A. I. (2023). Profil Perkembangan Kependudukan Kota Surabaya 2021. *Profil Perkembangan Kependudukan Kota Surabaya 2021*, 3(1), 1–86.
- Suryaningtyas, W., & Kristanti, F. (2023). Klasifikasi Kriteria Kemampuan Siswa Untuk Heterogenitas Kelompok Belajar Menggunakan Agglomerative Hierarchical Cluster Analysis. *JIPM (Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika)*, 12(1), 45. <https://doi.org/10.25273/jipm.v12i1.15920>
- Syafira, N. (2023). 38 Kota dan Kabupaten di Jatim diurutkan dari Paling Luas. Detik.Com. <https://www.detik.com/jatim/berita/>
- Tamara, W., & Saumi, F. (2020). Proyeksi Jumlah Penduduk di Kecamatan Langsa Barat Menggunakan Model Malthus dan Populasi Logistik. *Jurnal Gamma-Pi*, 2(1), 21–26.
- Toaha, S. (2012). Analisis Kestabilan Model Logistik Satu Populasi Dengan Tundaan Waktu. *Jurnal Matematika, Statistika, & Komputasi*, 8(2), 131–138.
- Widodo, E., Ermayani, P., Laila, L. N., & Madani, A. T. (2021). Pengelompokan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Tingkat Kemiskinan Menggunakan Analisis Hierarchical Agglomerative Clustering (Indonesian Province Grouping Based on Poverty Level Using Hierarchical Agglomerative Clustering Analysis). *Seminar Nasional Official Statistics*, 2, 557–566.