



Analisis Pengelompokan Wilayah Penerima Bantuan Sosial Menggunakan Algoritma K-Means dengan Visualisasi Peta Interaktif Berbasis Web

(Studi Kasus: Kecamatan Parung)

Sukardi Hi Hasim^{1*}, Zurnan Alfian²

^{1,2} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pamulang, Indonesia

*Penulis Korespondensi: sukardihihasim999@gmail.com¹

Abstract. Parung District, Bogor Regency, is one of the regions receiving social assistance sourced from the Integrated Social Welfare Data (DTKS). Distribution of social assistance in this area has been supported by available recipient data; however, the data has not been grouped and analyzed systematically based on regional or geographical distribution. Recipient data is still processed in tabular form using spreadsheet files, so related parties find it difficult to quickly identify villages with high, medium, or low concentrations of social assistance recipients. Without spatial visualization, the distribution pattern across regions is difficult to monitor, hindering decision-making related to distribution priorities and oversight. To address this issue, this study applies the K-Means Clustering algorithm to group regions of social assistance recipients based on location coordinates (latitude and longitude). The data used consists of 6,946 rows of Village Fund Direct Cash Assistance (BLT-DD) recipient data spread across 9 villages in Parung District. Data was grouped into three categories (High, Medium, Low), with the number of clusters validated using the Elbow Method and Silhouette Score. The system was implemented using Python with the Flask framework, a MySQL database, and Leaflet.js to display clustering results on an interactive web-based map. Testing shows that K=3 produced a Silhouette Score of 0.5367, verified through manual calculation with 100% agreement with the program output.

Keywords: Data Clustering; Geographic Information System; K-Means Clustering; Social Assistance; Spatial Visualization.

Abstrak. Kecamatan Parung, Kabupaten Bogor, merupakan salah satu wilayah penerima bantuan sosial yang bersumber dari Data Terpadu Kesejahteraan Sosial (DTKS). Penyaluran bantuan sosial di wilayah ini telah didukung oleh data penerima yang tersedia, namun pengelompokan dan analisis data tersebut belum dilakukan berdasarkan sebaran wilayah/geografis secara sistematis. Data penerima masih diolah secara tabular dalam bentuk berkas Excel, sehingga pihak terkait kesulitan untuk secara cepat mengidentifikasi desa/kelurahan dengan konsentrasi penerima bantuan sosial tinggi, sedang, atau rendah. Tanpa adanya visualisasi spasial, pola distribusi bantuan sosial antarwilayah menjadi sulit dipantau, sehingga menghambat proses pengambilan keputusan terkait prioritas dan pengawasan distribusi bantuan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini menerapkan algoritma K-Means Clustering untuk mengelompokkan wilayah penerima bantuan sosial berdasarkan data koordinat lokasi (lintang dan bujur). Data yang digunakan terdiri atas 6.946 baris data penerima Bantuan Langsung Tunai Dana Desa (BLT-DD) yang tersebar pada 9 desa/kelurahan di Kecamatan Parung. Data dikelompokkan ke dalam tiga kategori (Tinggi, Sedang, Rendah), dengan jumlah cluster divalidasi menggunakan Elbow Method dan Silhouette Score. Sistem diimplementasikan menggunakan Python dengan framework Flask, basis data MySQL, serta pustaka Leaflet.js untuk menampilkan hasil pengelompokan pada peta interaktif berbasis web. Hasil pengujian menunjukkan bahwa K=3 menghasilkan Silhouette Score sebesar 0,5367, yang telah dibuktikan melalui perhitungan manual dengan tingkat kesesuaian 100% terhadap hasil program, sehingga sistem ini dapat membantu Dinas Sosial dan perangkat Kecamatan Parung mengidentifikasi wilayah prioritas distribusi bantuan sosial secara objektif dan berbasis data.

Kata kunci: Bantuan Sosial; K-Means Clustering; Pengelompokan Data; Sistem Informasi Geografis; Visualisasi Spasial.

1. LATAR BELAKANG

Bantuan sosial merupakan salah satu instrumen kebijakan utama pemerintah Indonesia dalam upaya menanggulangi kemiskinan dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Program ini disalurkan melalui berbagai skema yang seluruhnya merujuk pada satu basis data nasional, yaitu Data Terpadu Kesejahteraan Sosial (DTKS). Mengingat skala penerima yang

sangat besar dan tersebar di seluruh wilayah Indonesia, pengelolaan data dan penyaluran bansos secara akurat menjadi tantangan tersendiri bagi pemerintah daerah, sebagaimana ditemukan pada penyaluran bansos berbasis DTKS di Kota Semarang yang masih menghadapi masalah ketidakakuratan data (Wijayanti *et al.*, 2025).

Permasalahan ketepatan sasaran semacam ini menegaskan bahwa proses pendataan dan pengelompokan penerima bansos memerlukan pendekatan analisis yang lebih sistematis, bukan sekadar pencatatan administratif semata. Salah satu pendekatan yang banyak diterapkan adalah data mining menggunakan algoritma K-Means Clustering untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan indikator kemiskinan, sebagaimana diterapkan pada pengelompokan kelurahan di Kota Pangkalpinang yang divalidasi menggunakan koefisien silhouette untuk memastikan hasil pengelompokan yang optimal (Alriscki & Fauzan, 2024). Pendekatan clustering berbasis K-Means juga telah diterapkan secara khusus untuk mengelompokkan masyarakat penerima bantuan sosial berdasarkan berbagai kriteria kesejahteraan, dengan tujuan menghasilkan kategori penerima yang lebih objektif dibandingkan proses pendataan manual (Putra & Anggrawan, 2021). Selain itu, algoritma K-Means juga telah dimanfaatkan secara lebih spesifik untuk memprediksi kelayakan penerima Bantuan Langsung Tunai (BLT) Dana Desa (Filki, 2022).

Permasalahan serupa juga ditemukan pada penyaluran bansos di Kecamatan Parung. Data penerima bansos yang bersumber dari DTKS/Dinas Sosial selama ini sudah tersedia, namun pengelompokan dan analisis data tersebut belum dilakukan berdasarkan sebaran wilayah/geografis secara sistematis. Data masih diolah secara tabular (misalnya dalam bentuk berkas Excel), sehingga pihak terkait kesulitan untuk secara cepat mengidentifikasi desa/kelurahan mana yang memiliki konsentrasi penerima bansos tinggi, sedang, atau rendah, sebagaimana permasalahan pemerataan bantuan sosial yang juga ditemukan di Kabupaten Bojonegoro dan diselesaikan melalui modifikasi metode Elbow untuk menentukan jumlah cluster yang optimal (Fitriyah *et al.*, 2023).

Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan sebuah sistem berbasis web yang mengintegrasikan algoritma K-Means Clustering untuk mengelompokkan wilayah penerima bansos berdasarkan koordinat lokasi lintang dan bujur ke dalam tiga kategori (tinggi, sedang, rendah) yang divalidasi menggunakan Elbow Method dan Silhouette Score, dengan hasil pengelompokan tersebut divisualisasikan dalam bentuk peta interaktif berbasis web, sejalan dengan konsep penerapan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk pendataan bansos berbasis masyarakat yang memungkinkan admin dan masyarakat mengakses informasi

pengelompokan secara daring tanpa memerlukan instalasi perangkat lunak tambahan (*Chairuddin et al., 2021*). Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem pengelompokan wilayah penerima bantuan sosial di Kecamatan Parung secara sistematis, menentukan jumlah cluster yang optimal beserta validitasnya, serta merancang visualisasi peta interaktif berbasis web sehingga dapat mendukung proses pemantauan dan pengambilan keputusan terkait prioritas distribusi bantuan sosial secara lebih cepat dan berbasis data.

2. KAJIAN TEORITIS

Bantuan sosial adalah program pemerintah yang bertujuan melindungi masyarakat dari risiko sosial dan ekonomi melalui penyaluran dana atau bantuan langsung, dengan sasaran yang ditentukan berdasarkan Data Terpadu Kesejahteraan Sosial (DTKS). Ketepatan sasaran penyaluran bantuan sangat bergantung pada kualitas dan pengelolaan data penerima, termasuk keakuratan status kependudukan serta kondisi ekonomi rumah tangga penerima.

Data mining adalah proses penggalian pola dan pengetahuan tersembunyi dari kumpulan data berukuran besar. Salah satu teknik data mining yang populer untuk pengelompokan data adalah algoritma K-Means Clustering, yaitu metode unsupervised learning yang mengelompokkan data ke dalam K cluster berdasarkan kedekatan jarak antar titik data terhadap titik pusat (centroid) masing-masing cluster. Algoritma ini bekerja secara iteratif: menentukan centroid awal, menghitung jarak setiap data terhadap centroid menggunakan Euclidean Distance, mengelompokkan data ke centroid terdekat, kemudian memperbarui posisi centroid hingga proses konvergen (keanggotaan cluster tidak lagi berubah). Penerapan K-Means pada konteks bantuan sosial telah banyak dilakukan, di antaranya untuk klasterisasi data penerima bantuan langsung tunai (*Nurahman & Susanto, 2023*), pengelompokan penduduk kurang mampu (*Andryan et al., 2024*), penentuan cluster penerima program bantuan (*Aria et al., 2023*), pemetaan penduduk penerima bansos berbasis desa (*Bahtiar, 2023*), pengelompokan penerima Program Keluarga Harapan (*Moruk et al., 2024*), pemodelan pengelompokan penerima PKH dengan teknik data mining (*Briliant & Tanti, 2025*), penentuan penerima BLT menggunakan clustering K-Means di tingkat desa (*Dwiguna & Bahtiar, 2024*), penentuan eligibilitas BLT berbasis mobile (*Nugroho & Sulyono, 2024*), klasterisasi penduduk miskin (*Febriansyah & Muntari, 2023; Handayanna, 2023*), hingga clustering masyarakat kurang mampu di tingkat desa (*Hutagaol et al., 2025*) dan penerapan K-Means pada klasterisasi data penerima bantuan sosial tunai di Jawa Barat (*Anjani & Bahtiar, 2024*).

Penentuan jumlah cluster (K) yang optimal merupakan tahapan penting dalam K-Means Clustering. Elbow Method digunakan untuk menentukan jumlah cluster optimal dengan melihat titik penurunan nilai Within-Cluster Sum of Squares (WCSS) yang paling signifikan, membentuk pola seperti siku (elbow) pada grafik (Maori & Evanita, 2023). Sementara itu, Silhouette Score digunakan untuk mengukur seberapa baik suatu data tergolong dalam clusternya dibandingkan dengan cluster lain, dengan nilai berkisar antara -1 hingga 1; semakin mendekati 1 maka semakin baik kualitas pengelompokannya. Kedua metode ini digunakan secara bersamaan untuk memastikan jumlah cluster yang dipilih benar-benar merepresentasikan struktur data secara optimal.

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem yang dirancang untuk menangkap, menyimpan, mengelola, menganalisis, dan menampilkan data yang memiliki referensi geografis. Dalam konteks penelitian ini, hasil pengelompokan K-Means divisualisasikan menggunakan pustaka Leaflet.js, sebuah pustaka JavaScript open-source yang ringan untuk membangun peta interaktif berbasis web, sebagaimana telah diterapkan pada optimalisasi pengelolaan objek pajak bumi dan bangunan (Hartanto et al., 2024) serta pemetaan digital jaringan distribusi listrik (Hafizh, Samsudin, & Triase, 2026). Penggunaan peta interaktif memungkinkan pengguna melihat sebaran data secara spasial, melakukan zoom, serta melihat detail informasi pada setiap titik atau wilayah yang ditandai.

Sistem pada penelitian ini dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan framework Flask sebagai backend. Flask dipilih karena bersifat ringan, fleksibel, dan mudah diintegrasikan dengan pustaka data science seperti scikit-learn, sebagaimana telah terbukti efektif dalam pembangunan sistem informasi berbasis web lainnya (Walingkas & Saian, 2023). Basis data yang digunakan adalah MySQL, dengan proses clustering memanfaatkan pustaka scikit-learn, serta pengolahan data tabular menggunakan pandas dan numpy.

Pengujian perangkat lunak merupakan tahapan yang bertujuan memastikan bahwa sistem yang dibangun berfungsi sesuai dengan kebutuhan dan rancangan yang telah ditetapkan. Black box testing merupakan metode pengujian yang memfokuskan pengujian pada fungsionalitas perangkat lunak dari sudut pandang pengguna, tanpa perlu mengetahui struktur kode program di dalamnya, sehingga penguji cukup memberikan data masukan pada suatu fungsi dan memeriksa apakah keluaran yang dihasilkan telah sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Metode ini banyak digunakan karena efektif untuk memvalidasi perilaku sistem secara

menyeluruh, mencakup jalur keberhasilan maupun jalur penanganan kesalahan, tanpa memerlukan pemahaman teknis terhadap kode program yang membangun sistem tersebut.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif terapan dengan objek studi kasus Kecamatan Parung, Kabupaten Bogor. Data yang digunakan adalah data penerima Bantuan Langsung Tunai Dana Desa (BLT-DD) yang bersumber dari DTKS/Dinas Sosial, terdiri atas 6.946 baris data yang tersebar pada sembilan desa/kelurahan, yaitu Bojongindah, Bojongsempu, Cogreg, Iwul, Jabonmekar, Pamegarsari, Parung, Waru, dan Warujaya. Variabel yang digunakan dalam proses clustering dibatasi pada data koordinat lokasi (latitude dan longitude) hasil proses geocoding dari alamat setiap penerima, tanpa melibatkan variabel sosial-ekonomi lain seperti pendapatan atau jumlah anggota keluarga.

Data dan informasi pendukung penelitian dikumpulkan melalui tiga cara, yaitu observasi langsung terhadap proses pengelolaan dan distribusi data penerima bantuan sosial yang berjalan di Kecamatan Parung, wawancara dengan pihak terkait untuk memahami permasalahan distribusi bantuan sosial secara lebih rinci, serta studi pustaka terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan topik K-Means Clustering dan sistem informasi geografis untuk bantuan sosial.

Jumlah cluster (K) ditentukan berdasarkan pengujian Elbow Method dan Silhouette Score. Hasil pengujian pada sistem memperoleh nilai Silhouette Score sebesar 0,5367 untuk K=3, lebih tinggi dibandingkan K=2 yang hanya bernilai 0,4493, sehingga K=3 dipilih sebagai jumlah cluster optimal dengan tiga kategori wilayah yang mudah diinterpretasikan, yaitu Rendah, Sedang, dan Tinggi. Proses clustering dihitung menggunakan rumus Euclidean Distance:

$$d(p, q) = \sqrt{(\text{lat}p - \text{lat}q)^2 + (\text{lon}p - \text{lon}q)^2}$$

Untuk memvalidasi kebenaran implementasi algoritma pada sistem, dilakukan pula perhitungan manual menggunakan lima kelurahan sebagai sampel representatif, yang kemudian dibandingkan dengan keluaran program berbasis pustaka scikit-learn. Hasil perbandingan tersebut disajikan pada bagian Hasil dan Pembahasan.

Sistem dikembangkan menggunakan metode Waterfall, yaitu model pengembangan perangkat lunak yang dilakukan secara berurutan dan bertahap, mulai dari analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi (coding), pengujian, hingga penerapan dan pemeliharaan sistem. Pendekatan ini dipilih karena kebutuhan sistem, mulai dari pengolahan data, proses clustering,

hingga visualisasi peta, sudah dapat didefinisikan secara jelas sejak awal, sehingga setiap tahap dapat diselesaikan secara sistematis sebelum dilanjutkan ke tahap berikutnya (Wiratama & Aditya, 2024).

Basis data sistem terdiri atas tiga entitas utama, yaitu Admin untuk keperluan autentikasi, Penerima untuk menyimpan seluruh data calon penerima bantuan sosial, dan Hasil_Cluster untuk menyimpan hasil pengelompokan data penerima setelah diproses menggunakan algoritma K-Means. Entitas Penerima dan Hasil_Cluster memiliki relasi satu ke satu (1:1), karena algoritma K-Means menghasilkan tepat satu label cluster untuk setiap data penerima. Rancangan basis data telah memenuhi kaidah normalisasi hingga bentuk normal ketiga (3NF), dengan tabel Hasil_Cluster hanya menyimpan kolom id_penerima sebagai foreign key beserta atribut cluster_id dan kategori, sehingga bebas dari redundansi data.

Sistem usulan terdiri atas dua sisi akses, yaitu sisi admin yang memiliki kewenangan penuh untuk mengelola data dan menjalankan proses clustering, serta sisi publik yang dapat diakses masyarakat umum untuk melihat hasil pengelompokan tanpa perlu melakukan login. Sistem dibangun menggunakan Python (framework Flask) sebagai backend, MySQL sebagai basis data, pustaka scikit-learn untuk proses clustering, serta Leaflet.js dan Bootstrap 5 untuk antarmuka dan visualisasi peta interaktif.

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode black box testing sebagai metode pengujian utama yang berfokus pada validasi fungsional dari sudut pandang pengguna, dengan skenario yang mencakup baik jalur keberhasilan (happy path) maupun jalur validasi dan penanganan kesalahan (negative path).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk membuktikan kebenaran implementasi algoritma K-Means pada sistem yang dibangun, dilakukan perhitungan manual menggunakan data riil penerima BLT-DD. Karena perhitungan manual atas seluruh 6.946 baris data tidak praktis dilakukan dengan tangan, perhitungan manual menggunakan lima kelurahan sebagai sampel representatif yang mencakup variasi sebaran lokasi geografis, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Sampel 5 Kelurahan/Desa Kecamatan Parung

No	Kelurahan/Desa	Latitude	Longitude
1	Bojongindah	-6.432123	106.701747
2	Bojongsempu	-6.445113	106.705003
3	Cogreg	-6.419945	106.689682
4	Iwul	-6.455546	106.715009
5	Jabonmekar	-6.453201	106.726330

Pada iterasi pertama, centroid awal ditentukan dengan mengambil tiga titik data secara acak, yaitu Bojongindah (C1), Cogreg (C2), dan Jabonmekar (C3). Setiap titik data kemudian dihitung jaraknya terhadap ketiga centroid menggunakan Euclidean Distance, dengan hasil disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Euclidean Distance Iterasi Pertama

No	Kelurahan	d(x,C1)	d(x,C2)	d(x,C3)	Cluster
1	Bojongindah	0,000000	0,017143	0,032382	Cluster 1
2	Bojongsempu	0,013392	0,029465	0,022809	Cluster 1
3	Cogreg	0,017143	0,000000	0,049488	Cluster 2
4	Iwul	0,026917	0,043691	0,011561	Cluster 3
5	Jabonmekar	0,032382	0,049488	0,000000	Cluster 3

Setelah seluruh data dikelompokkan, centroid baru dihitung berdasarkan rata-rata koordinat anggota tiap cluster. Perhitungan jarak diulang menggunakan posisi centroid yang baru, dan hasilnya menunjukkan bahwa keanggotaan cluster tidak berubah dibandingkan iterasi pertama, sehingga algoritma dinyatakan telah konvergen sejak iterasi pertama. Hasil perhitungan manual tersebut kemudian dibandingkan dengan keluaran program Python berbasis scikit-learn, dan menunjukkan kesesuaian 100% pada seluruh lima sampel data, membuktikan bahwa implementasi algoritma K-Means pada sistem sudah benar dan valid secara matematis.

Berdasarkan pengujian Elbow Method dan Silhouette Score terhadap keseluruhan 6.946 data, diperoleh K=3 sebagai jumlah cluster optimal dengan Silhouette Score sebesar 0,5367. Pengelompokan terhadap sembilan desa/kelurahan di Kecamatan Parung menghasilkan distribusi kategori sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Kategori Hasil Pengelompokan K-Means

Kategori	Jumlah Desa/Kelurahan	Jumlah Penerima	Persentase
Tinggi	4	2.712	39,0%
Sedang	3	2.412	34,7%
Rendah	2	1.822	26,2%
Total	9	6.946	100%

Kategori Tinggi mencakup empat desa dengan konsentrasi penerima terbanyak (2.712 penerima atau 39,0% dari total data), kategori Sedang mencakup tiga desa (2.412 penerima atau 34,7%), dan kategori Rendah mencakup dua desa dengan konsentrasi penerima paling sedikit (1.822 penerima atau 26,2%). Hasil ini konsisten dengan penelitian sejenis yang menerapkan K-Means untuk pengelompokan penerima bantuan berdasarkan sebaran wilayah, di mana pengelompokan berbasis algoritma terbukti menghasilkan kategori yang lebih objektif dibandingkan pendataan manual sebagaimana ditemukan pada studi klasterisasi penerima dana bantuan PKH di Desa Gereba (Siti Paridah & Martanto, 2024) dan klasterisasi wilayah berdasarkan tingkat kemiskinan di Aceh (Pasaribu, Ilhadi, & Fitria, 2025).

Sistem yang dibangun terdiri atas halaman Login untuk autentikasi admin, halaman Dashboard yang menampilkan ringkasan statistik total penerima, total alokasi dana, jumlah wilayah, serta kategori cluster beserta rekomendasi tindakan, halaman Data Penerima untuk mengelola data melalui unggah berkas Excel, halaman Clustering untuk menjalankan algoritma K-Means beserta pembuktian perhitungan manual, dan halaman Visualisasi Peta yang menampilkan hasil pengelompokan pada peta interaktif berbasis Leaflet.js dengan penanda berwarna berbeda sesuai kategori cluster. Halaman Dashboard dan Visualisasi Peta dapat diakses oleh masyarakat umum tanpa memerlukan autentikasi, sehingga informasi hasil pengelompokan dapat dimanfaatkan secara luas sebagai dasar pengambilan keputusan.

Pengujian black box dilakukan terhadap sebelas skenario utama yang mencakup fitur autentikasi, pengelolaan data, proses clustering, visualisasi, ekspor laporan, hingga penanganan kesalahan input, sebagaimana dirangkum pada Tabel 4.

Tabel 4. Ringkasan Hasil Pengujian Black Box

No	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil
1	Login Admin	Username dan password benar	Berhasil
2	Login Admin	Username/password salah	Berhasil
3	Akses Halaman Terbatas	Akses tanpa login	Berhasil
4	Upload Data Penerima	File kosong / format salah / kolom tidak lengkap	Berhasil
5	Upload Data Penerima	File .xlsx format benar	Berhasil
6	Jalankan Clustering K-Means	Data < 3 baris	Berhasil
7	Jalankan Clustering K-Means	Data tersedia	Berhasil
8	Dashboard Publik	Akses tanpa login	Berhasil
9	Visualisasi Peta	Buka menu peta	Berhasil
10	Export Laporan PDF	Cetak laporan setelah clustering	Berhasil
11	Logout	Klik tombol logout	Berhasil

Seluruh skenario pengujian, baik pada jalur keberhasilan (happy path) maupun jalur validasi dan penanganan kesalahan (negative path), menunjukkan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan, sehingga dapat disimpulkan bahwa fitur-fitur fungsional sistem telah berjalan sesuai dengan rancangan yang ditetapkan pada tahap analisis dan perancangan.

Hasil penelitian ini memperkuat temuan-temuan sebelumnya yang menunjukkan bahwa algoritma K-Means Clustering mampu menghasilkan pengelompokan wilayah penerima bantuan sosial yang lebih objektif dibandingkan pendataan manual berbasis tabel (*Putra & Anggrawan, 2021; Anjani & Bahtiar, 2024*). Berbeda dengan penelitian-penelitian tersebut yang umumnya menggunakan indikator sosial-ekonomi sebagai variabel clustering, penelitian ini secara khusus memanfaatkan data koordinat lokasi geografis, sehingga hasil pengelompokan dapat langsung divisualisasikan secara spasial dalam bentuk peta interaktif tanpa memerlukan pemetaan tambahan. Pendekatan ini sejalan dengan konsep integrasi data mining dan sistem informasi geografis yang telah terbukti mempermudah pemantauan distribusi bantuan sosial secara masyarakat luas (*Chairuddin et al., 2021*).

Nilai Silhouette Score sebesar 0,5367 yang diperoleh pada penelitian ini tergolong pada kategori struktur cluster yang cukup baik (reasonable structure), dan sebanding dengan hasil validasi pada penelitian sejenis yang menerapkan Elbow Method dan Silhouette Score untuk optimasi jumlah cluster pada berbagai konteks data spasial dan sosial-ekonomi (*Maori & Evanita, 2023; Mayasari & Nugraha, 2023*). Konsistensi 100% antara perhitungan manual dan keluaran program juga menegaskan bahwa pustaka scikit-learn dapat diandalkan sebagai alat bantu komputasi K-Means pada skala data yang lebih besar, tanpa mengorbankan akurasi hasil yang dihasilkan.

Secara praktis, sistem ini memberikan implikasi bagi Dinas Sosial dan perangkat Kecamatan Parung berupa alat bantu pengambilan keputusan berbasis data yang dapat digunakan untuk menentukan prioritas pengawasan dan evaluasi penyaluran bantuan sosial pada wilayah dengan konsentrasi penerima tinggi. Selain itu, keterbukaan akses dashboard dan peta interaktif bagi masyarakat umum turut mendukung prinsip transparansi penyaluran bantuan sosial, sehingga masyarakat dapat ikut memantau ketepatan sasaran distribusi bantuan di wilayahnya masing-masing.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu menjadi perhatian pada pengembangan selanjutnya. Pertama, proses clustering hanya menggunakan variabel koordinat lokasi, tanpa melibatkan variabel sosial-ekonomi lain seperti pendapatan atau jumlah anggota keluarga, sehingga kategori Tinggi, Sedang, dan Rendah yang dihasilkan merepresentasikan kepadatan sebaran penerima secara geografis, bukan tingkat kesejahteraan ekonomi secara langsung. Kedua, penelitian ini terbatas pada wilayah studi kasus Kecamatan Parung, sehingga hasil pengelompokan tidak dapat digeneralisasi secara langsung untuk wilayah lain tanpa penyesuaian data dan konteks yang sesuai.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil membangun sistem pengelompokan wilayah penerima bantuan sosial di Kecamatan Parung secara sistematis menggunakan algoritma K-Means Clustering berbasis data koordinat lokasi, menggantikan proses pengolahan data tabular Excel yang sebelumnya digunakan. Algoritma K-Means berhasil diterapkan secara objektif untuk mengelompokkan sembilan desa/kelurahan ke dalam tiga kategori, yaitu Tinggi (empat desa, 2.712 penerima atau 39,0%), Sedang (tiga desa, 2.412 penerima atau 34,7%), dan Rendah (dua desa, 1.822 penerima atau 26,2%), dari total 6.946 data penerima. Jumlah cluster $K=3$ terbukti optimal berdasarkan Elbow Method dan dikonfirmasi oleh Silhouette Score sebesar 0,5367, dengan validitas hasil diperkuat melalui perhitungan manual yang menunjukkan kesesuaian 100% terhadap keluaran program.

Sistem visualisasi peta interaktif berbasis web berhasil dirancang dan dibangun menggunakan Flask, MySQL, scikit-learn, dan Leaflet.js, serta telah diuji melalui black box testing dengan seluruh skenario menunjukkan kesesuaian. Sistem ini terbukti dapat mendukung proses pemantauan dan pengambilan keputusan terkait prioritas distribusi bantuan sosial di Kecamatan Parung secara lebih cepat dan berbasis data, baik melalui halaman dashboard maupun visualisasi peta interaktif yang dapat diakses oleh admin maupun masyarakat umum.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan sistem lebih lanjut dengan menambahkan variabel lain di luar koordinat lokasi, seperti jumlah pendapatan atau jumlah anggota keluarga, agar hasil pengelompokan dapat merepresentasikan kondisi sosial-ekonomi secara lebih komprehensif. Selain itu, perlu dilakukan backup data secara berkala terhadap basis data untuk mencegah risiko kehilangan data, serta pembaruan perangkat lunak secara berkala untuk menjaga keamanan dan kinerja sistem.

DAFTAR REFERENSI

- Alriscki, D. G., & Fauzan, A. (2024). Peningkatan distribusi bantuan sosial di Pangkalpinang dengan pengelompokan berbantuan algoritma K-Means. *Statistika*, 24(2). <https://doi.org/10.29313/statistika.v24i2.4305>
- Andryan, E., Abdullah, A., & Utami, P. Y. (2024). Clustering penduduk kurang mampu di Desa Mekar Baru menggunakan algoritma K-Means. *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, 10(2), 163–170. <https://doi.org/10.31294/jtk.v10i2.23157>
- Anjani, I. D., & Bahtiar, A. (2024). Penerapan algoritma K-Means clustering untuk mengelompokkan penerima Bantuan Sosial Tunai (BST) di Jawa Barat. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(3), 2743–2747. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i3.8974>
- Aria, R. R. A., Susilowati, S., & Rahadjeng, I. R. (2023). Data mining menentukan cluster penerima program bantuan dengan metode K-Means. *Remik*, 7(1), 291–300. <https://doi.org/10.33395/remik.v7i1.12030>
- Bahtiar, D. (2023). Pemetaan penduduk penerima bantuan sosial Desa Waru Jaya menggunakan algoritma K-Means clustering. *Scientia Sacra*, 3(2), 29–39.
- Briliant, D., & Tanti, L. (2025). Model pengelompokkan penerima bantuan sosial PKH dengan teknik data mining. *Jurnal Sistem Komputer dan Informatika (JSON)*, 7(2), 397–410. <https://doi.org/10.30865/json.v7i2.9170>
- Chairuddin, C., Suryana, N., & Wicaksono, H. (2021). Dukungan sistem informasi geografis untuk pendataan bantuan sosial berbasis masyarakat. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Adopsi Teknologi (INOTEK)*, 1(1), 147–158.
- Dwiguna, E., & Bahtiar, A. (2024). Penerapan data mining untuk menentukan penerima bantuan BLT menggunakan metode clustering K-Means pada Desa Pamulihan. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(2), 1382–1388. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i2.9029>
- Febriansyah, F., & Muntari, S. (2023). Penerapan algoritma K-Means untuk klasterisasi penduduk miskin pada Kota Pagar Alam. *JISKA (Jurnal Informatika Sunan Kalijaga)*, 8(1), 66–77. <https://doi.org/10.14421/jiska.2023.8.1.66-77>
- Filki, Y. (2022). Algoritma K-Means clustering dalam memprediksi penerima Bantuan Langsung Tunai (BLT) Dana Desa. *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, 4(4), 166–171. <https://doi.org/10.37034/infkeb.v4i4.166>
- Fitriyah, H., Safitri, E. M., Muna, N., Khasanah, M., Aprilia, D. A., & Nurdiansyah, D. (2023). Implementasi algoritma clustering dengan modifikasi metode elbow untuk mendukung strategi pemerataan bantuan sosial di Kabupaten Bojonegoro. *Jurnal Lebesgue: Jurnal*

- Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika, 4(3), 1598–1607. <https://doi.org/10.46306/lb.v4i3.453>
- Hafizh, M. A., Samsudin, & Triase. (2026). Implementasi library leaflet dalam pemetaan digital penyulang di Unit Layanan Pelanggan Medan Kota. *Jurnal Teknik Informatika dan Komputer*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/10.22236/jutikom.v5i1.22788>
- Handayanna, F. (2023). Penerapan algoritma K-Means untuk klasterisasi penduduk miskin di Provinsi Banten. *INTI Nusa Mandiri*, 18(1), 93–99. <https://doi.org/10.33480/inti.v18i1.4399>
- Hartanto, M. B., Yuniarthe, Y., Fawa'ati, T. M., & Ikhwan, A. (2024). Pemanfaatan Leaflet JS dalam implementasi Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk optimalisasi pengelolaan objek pajak bumi dan bangunan di Dispenda Lampung Tengah. *Jurnal Alih Teknologi Komputer (ALTEK)*, 5(1), 1–8. <https://doi.org/10.57084/altek.v5i1.1581>
- Hutagaol, V., Anggraeni, D., & Nata, A. (2025). Penerapan data mining untuk clustering masyarakat kurang mampu pada Desa Rawang Pasar VI dengan algoritma K-Means. *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, 10(1), 304–312. <https://doi.org/10.29100/jupi.v10i1.5741>
- Maori, N. A., & Evanita. (2023). Metode elbow dalam optimasi jumlah cluster pada K-Means clustering. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 14(2), 277–288. <https://doi.org/10.24176/simet.v14i2.9630>
- Mayasari, S. N., & Nugraha, J. (2023). Implementasi K-Means cluster analysis untuk mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan data kemiskinan di Provinsi Jawa Tengah tahun 2022. *KONSTELASI: Konvergensi Teknologi dan Sistem Informasi*, 3(2), 317–329. <https://doi.org/10.24002/konstelasi.v3i2.7200>
- Moruk, E., Martanto, M., & Hayati, U. (2024). Algoritma K-Means untuk clustering penerima Program Keluarga Harapan di Nanaenoe Nusa Tenggara Timur. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(2), 1681–1687. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i2.9148>
- Nugroho, A. S., & Sulyono, S. (2024). Penerapan metode K-Means clustering untuk penentuan eligibilitas bantuan langsung tunai berbasis mobile. *Journal of Information Technology Ampera*, 5(1), 25–36. <https://doi.org/10.51519/journalita.v5i1.510>
- Nurahman, N., & Susanto, J. (2023). Klasterisasi data penerima bantuan langsung tunai menggunakan algoritma K-Means. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 10(2), 461–470. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v10i2.5807>
- Pasaribu, P. A., Ilhadi, V., & Fitria, R. (2025). Penerapan data mining untuk clustering wilayah berdasarkan tingkat kemiskinan di Aceh menggunakan metode K-Means clustering dan Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(6).
- Putra, L. G. R., & Anggrawan, A. (2021). Pengelompokan penerima bantuan sosial masyarakat dengan metode K-Means. *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, 21(1), 205–214. <https://doi.org/10.30812/matrik.v21i1.1554>
- Siti Paridah, N., & Martanto, M. (2024). Klasterisasi penerima dana bantuan Program Keluarga Harapan menggunakan metode K-Means pada Desa Gereba. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(1), 1036–1043. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i1.8873>

- Syahrani, W., & Sriani. (2024). Application of K-Means algorithm on clustering poor population data for extreme poverty elimination. *Sistemasi: Jurnal Sistem Informasi*, 13(4), 1732–1747. <https://doi.org/10.32520/stmsi.v13i4.4384>
- Walingkas, H. L., & Saian, P. O. N. (2023). Penerapan framework Flask pada pembangunan sistem informasi pemasok barang. *Jurnal JTIK (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)*, 7(2), 227–234. <https://doi.org/10.35870/jtik.v7i2.729>
- Wijayanti, C. D., Soegianto, S., Sudarmanto, K., & Arifin, Z. (2025). Implementasi bantuan sosial berbasis DTKS untuk akurasi penerima di Kota Semarang. *Journal Juridisch*, 3(3), 221–235. <https://doi.org/10.26623/jj.v3i3.12886>
- Wiratama, R. A., & Aditya, A. (2024). Rancang bangun aplikasi koperasi simpan pinjam dengan pendekatan waterfall (Studi kasus: PT. Rentokill Indonesia). *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SENATIK)*, 7(1), 743–752.