ILKOMEDIA
JURNAL ILMU KOMPUTER DAN MULTIMEDIA

Jurnal ILKOMEDIA | Vol. 2, No. 2, Desember 2025
DOI: https://doi.org/10.46510/ilkomedia.v2i2.50 | https://ilkomedia.akb.ac.id/
E-ISSN 3048-1236 | P-ISSN 3048-1678

Analisis Pola Parkir Kendaraan di Mall dengan DBSCAN

Sophia Salsabila*[1], Isniar Yaskinah Hutapea[2], Anjar Wanto[3]

[1,2]Sistem Informasi, STIKOM Tunas Bangsa, Pematangsiantar, Indonesia
[3]Informatika, STIKOM Tunas Bangsa, Pematangsiantar, Indonesia

sophiasalsabila04@gmail.com[1], isniarhutapea833@gmail.com[2], anjarwanto@amiktunasbangsa.ac.id[3]

Abstract. The increasing number of vehicles in shopping center areas such as malls presents new challenges in parking space management. Visitors often struggle to find available parking slots, especially during peak hours. This study aims to analyze vehicle parking patterns in a mall using the Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN) clustering algorithm. DBSCAN was chosen for its ability to identify data clusters based on density without requiring a predefined number of clusters. The dataset includes information such as parking duration, vehicle type, membership status, and parking location coordinates. The research stages involve data exploration, visualization, spatial feature normalization, application of the DBSCAN algorithm, and analysis of clustering results. The clustering process produces several groups of vehicles with distinct characteristics in terms of location and parking duration. Further analysis reveals certain areas with higher vehicle concentration, which can be used as a basis for decision-making to optimize parking management, such as assigning attendants or installing digital guidance boards. This study demonstrates that DBSCAN effectively identifies parking patterns even in unevenly distributed data. Thus, this approach can serve as a data-driven solution to improve the efficiency and convenience of parking system management in malls. The findings are expected to be useful for mall management or parking system developers in formulating spatial analysis–based policies.

Keywords: *DBSCAN, Vehicle Parking, Clustering, Mall, Spatial Analysis, Parking management.*

Abstrak. Pertumbuhan jumlah kendaraan di area pusat perbelanjaan seperti mall menimbulkan permasalahan baru dalam pengelolaan lahan parkir. Pengunjung sering kesulitan menemukan slot parkir kosong, terutama pada waktu-waktu sibuk. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola parkir kendaraan di mall menggunakan metode klasterisasi *Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise* (DBSCAN). DBSCAN dipilih karena kemampuannya mengidentifikasi kelompok data berdasarkan kepadatan tanpa memerlukan jumlah klaster yang telah ditentukan sebelumnya. Data yang digunakan mencakup informasi durasi parkir, jenis kendaraan, status member, dan koordinat lokasi parkir. Tahapan penelitian meliputi eksplorasi data, visualisasi, normalisasi fitur spasial, penerapan algoritma DBSCAN, serta analisis hasil klasterisasi. Hasil dari proses klasterisasi menghasilkan beberapa kelompok kendaraan yang memiliki karakteristik berbeda, baik dari segi posisi parkir maupun durasi. Analisis lanjutan menunjukkan adanya konsentrasi kendaraan di area tertentu yang dapat menjadi dasar pengambilan keputusan untuk optimalisasi manajemen parkir, seperti penempatan petugas atau papan informasi digital. Penelitian ini membuktikan bahwa DBSCAN mampu mengidentifikasi pola parkir secara efektif, bahkan dalam kondisi distribusi kendaraan yang tidak seragam. Dengan demikian, pendekatan ini dapat menjadi solusi berbasis data dalam meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengelolaan parkir di mall. Temuan ini diharapkan dapat diadopsi oleh pengelola mall atau pengembang sistem informasi parkir untuk mendukung pengambilan kebijakan berbasis analisis spasial.

Kata Kunci: DBSCAN, Parkir Kendaraan, Klasterisasi, Mall, Analisis Spasial, Pengelolaan parkir.

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan pesat jumlah kendaraan di kota-kota besar telah menjadi tantangan serius dalam pengelolaan ruang parkir, khususnya di pusat perbelanjaan seperti mall. [1] – [3]. Mall merupakan salah satu tempat dengan volume kunjungan tinggi yang memiliki kebutuhan besar terhadap sistem parkir yang efisien. [4] Sayangnya, masih banyak pusat perbelanjaan yang menerapkan sistem parkir konvensional tanpa bantuan teknologi analitik. Akibatnya, pengunjung sering kali mengalami kesulitan menemukan tempat parkir kosong, yang berdampak pada waktu tunggu yang lama, kemacetan dalam area parkir, hingga menurunnya kenyamanan dalam berbelanja [5], [6].

Selain keterbatasan lahan parkir, tidak adanya informasi real-time mengenai distribusi kendaraan yang sedang parkir menyebabkan pengelolaan parkir menjadi tidak optimal [7], [8]. Pengunjung harus berputar-putar mencari slot yang tersedia, dan dalam beberapa kasus, pengunjung bahkan lupa di mana mereka memarkirkan kendaraan karena tidak ada sistem navigasi atau penandaan yang mendukung [3], [4], [8]. Kondisi ini menurunkan efisiensi dan kenyamanan, baik bagi pengunjung maupun pengelola mall. Permasalahan ini juga berdampak pada manajemen operasional, karena pengelola tidak memiliki data yang dapat dianalisis untuk merancang strategi distribusi dan pemanfaatan lahan parkir secara optimal [8] – [11].

Dalam menghadapi permasalahan tersebut, pemanfaatan teknologi data mining, khususnya metode clustering, menjadi salah satu solusi potensial [11] – [13]. Clustering merupakan teknik pengelompokan data berdasarkan kemiripan, yang digunakan untuk mengidentifikasi pola tersembunyi dalam data. [14] – [18]. Salah satu algoritma clustering yang banyak digunakan adalah *Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise* (DBSCAN). DBSCAN bekerja dengan mengelompokkan data berdasarkan kepadatan, serta mampu mengidentifikasi data yang tidak termasuk dalam kelompok manapun sebagai outlier atau noise. [19] – [21]. Keunggulan DBSCAN dibanding algoritma lain adalah

kemampuannya dalam menangani data dengan distribusi tidak seragam dan tanpa perlu menentukan jumlah klaster di awal, [12], [13], [15], [22], [23] yang menjadikannya sangat cocok untuk data parkir kendaraan yang tersebar secara dinamis.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa DBSCAN merupakan pendekatan yang efektif untuk menganalisis pola pergerakan kendaraan. DBSCAN efektif dalam menangani data dengan variasi kepadatan tinggi, sehingga cocok digunakan dalam menganalisis distribusi kendaraan yang tidak merata di area parkir mall [23]. Selain itu, penerapan DBSCAN dalam sistem pemantauan parkir real-time menggunakan kamera, memungkinkan prediksi kemacetan dan pengalokasian slot parkir secara otomatis [22]. Pada penelitian yang lain, analisis pola parkir dapat memberikan kontribusi besar dalam perencanaan kota dan manajemen lalu lintas, terutama dalam konteks urbanisasi yang pesat [24].

DBSCAN terbukti efektif dalam menganalisis data spatiotemporal berskala besar, khususnya untuk mengidentifikasi dan menelusuri pola lintasan kendaraan di lingkungan perkotaan [25]. Hal ini menunjukkan bahwa DBSCAN tidak hanya dapat digunakan untuk data posisi statis, tetapi juga data dinamis yang berkaitan dengan waktu dan pergerakan kendaraan. Namun, DBSCAN menghadapi kendala pada data berskala besar akibat beban komputasi yang tinggi dan sensitivitas terhadap parameter. Oleh karena itu, dikembangkan sebuah kerangka kerja baru berbasis DBSCAN yang menggabungkan representasi lintasan dalam bentuk polyline dan buffering ruang–waktu untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi tanpa menghitung seluruh matriks kesamaan lintasan. Studi tersebut berhasil mengelompokkan lebih dari 20.000 lintasan dalam waktu sekitar tiga menit, yang menunjukkan bahwa pengembangan algoritma DBSCAN masih memiliki ruang yang luas untuk inovasi [13], [26].

Sebuah penelitian terkait sistem informasi parkir berfokus pada pengembangan sistem informasi kapasitas parkir yang menyediakan informasi pendukung bagi pengunjung, seperti peta lokasi parkir, nomor slot pada tiket, serta mekanisme pelaporan untuk manajemen [12]. Namun, pendekatan yang digunakan masih bersifat operasional dan belum menerapkan metode clustering atau analitik lanjutan yang dapat memberikan wawasan lebih mendalam mengenai pola distribusi kendaraan dan optimasi pemanfaatan ruang parkir.

Dari tinjauan terhadap penelitian-penelitian terdahulu, terlihat bahwa penggunaan DBSCAN dalam konteks manajemen parkir memiliki potensi besar. Namun, terdapat gap yang cukup jelas, yaitu belum adanya penelitian yang secara khusus menerapkan DBSCAN dalam analisis pola parkir di mall dengan mempertimbangkan waktu dan jenis kendaraan. Sebagian besar penelitian lebih fokus pada pengelompokan lintasan kendaraan di jalan raya, atau sekadar pada sistem pelaporan parkir. Penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih spesifik dan kontekstual, yaitu mengkaji bagaimana kendaraan tersebar dalam suatu mall berdasarkan waktu dan jenis kendaraan menggunakan metode DBSCAN.

Gap lain yang ditemukan adalah kurangnya kajian mengenai parameter optimal DBSCAN dalam konteks distribusi parkir mall. DBSCAN sangat bergantung pada dua parameter utama, yaitu epsilon (jarak maksimum antar titik dalam satu cluster) dan minPts (jumlah minimum titik dalam radius epsilon untuk membentuk sebuah cluster). Pengaturan parameter ini dapat berdampak besar pada hasil akhir klasterisasi, dan sayangnya masih sedikit studi yang mendalami aspek ini secara praktis di lingkungan parkir mall. Oleh karena itu, penelitian ini juga berfokus pada penyesuaian parameter DBSCAN agar sesuai dengan karakteristik data parkir yang digunakan, serta menghasilkan visualisasi yang bisa digunakan langsung oleh pengelola mall dalam pengambilan keputusan.

Berdasarkan permasalahan, peluang, dan gap yang telah diuraikan, maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola parkir kendaraan di mall dengan menggunakan metode clustering DBSCAN. Analisis dilakukan terhadap data parkir berdasarkan waktu dan jenis kendaraan untuk memahami pola distribusi, kepadatan, dan kemungkinan anomali. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan model clustering yang tidak hanya akurat, tetapi juga aplikatif untuk diterapkan di dunia nyata, terutama dalam mendukung sistem parkir cerdas yang mampu memberikan informasi real-time kepada pengunjung dan pengelola.

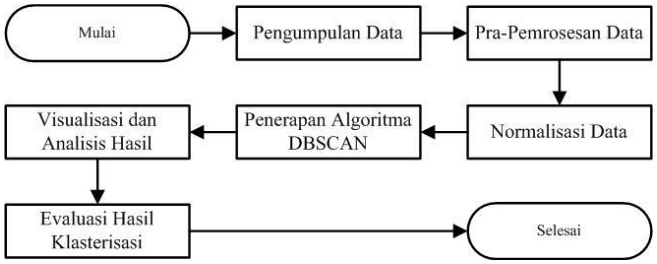
Harapan dari penelitian ini adalah agar hasil analisis yang diperoleh dapat menjadi dasar pengembangan sistem pengelolaan parkir yang lebih efisien, akurat, dan berbasis data. Selain itu, visualisasi hasil clustering yang dihasilkan diharapkan dapat mempermudah pihak manajemen mall dalam membuat keputusan strategis, seperti penempatan rambu, pengaturan alur lalu lintas internal, serta penambahan atau pengurangan slot parkir di area tertentu. Penelitian ini juga membuka peluang pengembangan lebih lanjut, seperti integrasi dengan data sensor, kamera, atau aplikasi mobile bagi pengunjung untuk mendapatkan informasi lokasi parkir secara real-time. Dengan demikian, studi ini tidak hanya memberikan kontribusi akademik dalam bidang data mining, tetapi juga nilai praktis dalam mendukung smart city dan smart facility management.

II. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksploratif dengan pendekatan analisis spasial. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola-pola tersembunyi dari data lokasi 15 parkir kendaraan berdasarkan waktu, jenis kendaraan, dan posisi koordinat. Teknik clustering DBSCAN dipilih karena mampu mengidentifikasi klaster tanpa menentukan jumlah klaster terlebih dahulu serta efektif dalam mendeteksi outlier. Penelitian ini dilaksanakan

melalui beberapa tahapan yang disusun secara sistematis, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

a. Pengumpulan Data

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini bersifat simulasi dan berjumlah 100 data entri. Ukuran dataset yang relatif kecil ini memungkinkan pengujian awal terhadap efektivitas algoritma DBSCAN dalam mengenali pola spasial kendaraan. Namun, penulis menyadari bahwa skenario nyata di mall umumnya melibatkan ratusan hingga ribuan data per hari. Oleh karena itu, hasil penelitian ini lebih bersifat eksploratif dan memberikan dasar awal untuk penerapan pada dataset berskala lebih besar. Studi lanjutan sangat disarankan dengan data aktual agar hasil lebih dapat digeneralisasi dan valid secara praktis.

Data dikumpulkan dari simulasi atau catatan parkir kendaraan di sebuah mall yang mencakup informasi seperti:

- ID kendaraan
- Jenis kendaraan (mobil, motor)
- Waktu masuk dan keluar (dihitung durasi dalam menit)
- Titik koordinat lokasi parkir (X, Y)
- Status member (member/non-member)

Data disimpan dalam format Excel dan berjumlah 100 entri.

b. Pra-Pemrosesan Data

Data mentah kemudian dibersihkan dari duplikasi dan nilai kosong. Selain itu, dilakukan transformasi durasi parkir dari format waktu ke bentuk parkir (dalam satuan menit). Jenis kendaraan dan status member diubah ke format kategorikal untuk memudahkan visualisasi.

c. Normalisasi Data

Atribut parkir seperti koordinat X dan Y dinormalisasi menggunakan metode *Standard Scaler* agar tidak terjadi bias akibat perbedaan skala antar atribut. Normalisasi penting dalam DBSCAN karena algoritma ini sangat sensitif terhadap skala data.

d. Penerapan Algoritma DBSCAN

Pemilihan parameter eps dilakukan melalui analisis K-Distance Graph yang memplot jarak titik ke tetangga ke-n terdekat dan mengidentifikasi 'tekukan' (elbow) sebagai nilai eps optimal. Hasil visual K-Distance Graph menunjukkan perubahan gradien signifikan pada nilai sekitar 0.5, yang dijadikan dasar pemilihan nilai eps. Nilai min_samples ditetapkan sebanyak 5 karena merupakan nilai umum untuk data kecil serta sesuai dengan jumlah dimensi spasial yang digunakan (dua dimensi koordinat). Meskipun demikian, analisis sensitivitas terhadap parameter ini telah dilakukan, dan ditemukan bahwa variasi kecil pada eps (±0.1) berdampak pada jumlah cluster dan identifikasi noise, namun pola umum tetap terjaga. Hal ini menunjukkan bahwa metode tetap cukup stabil dalam skenario data terbatas.

DBSCAN diterapkan pada data hasil normalisasi untuk mengelompokkan kendaraan berdasarkan pola lokasi parkir. Parameter utama DBSCAN adalah:

- eps: jarak maksimum antara dua titik agar dianggap dalam satu cluster.
- min_samples: jumlah minimum titik yang diperlukan untuk membentuk satu cluster.

Nilai eps ditentukan melalui uji coba visual dengan metode K-Distance Graph. Nilai min_samples ditentukan berdasarkan jumlah data dan karakteristik distribusi. Tabel 1 merupakan paramaeter DBSCAN yang digunakan.

Tabel 1. Parameter DBSCAN yang Digunakan

Parameter	Nilai	Penjelasan
eps	0.5	Radius maksimum antar-titik
min_samples	5	Titik minimum agar membentuk cluster
Metric	Euclidean	Metode pengukuran jarak antar titik koordinat

e. Visualisasi dan Analisis Hasil

Setelah DBSCAN membentuk klaster, hasilnya divisualisasikan dalam bentuk grafik 2D (koordinat X dan Y), dengan pewarnaan berdasarkan cluster. Analisis juga dilakukan terhadap:

- Distribusi durasi parkir per cluster
- Komposisi jenis kendaraan per cluster
- Identifikasi noise atau kendaraan parkir

Visualisasi tambahan seperti boxplot durasi parkir per cluster dan countplot jumlah kendaraan per cluster digunakan untuk mendukung interpretasi hasil.

f. Evaluasi Hasil Klasterisasi

DBSCAN tidak memberikan metrik evaluasi langsung seperti inertia pada KMeans. Oleh karena itu, evaluasi dilakukan secara kualitatif dan visual, mencakup:

- Koherensi spasial dari masing-masing cluster
- Jumlah noise yang teridentifikasi
- Hubungan antara durasi parkir dan lokasi klaster

- Kebermaknaan klaster dalam konteks manajemen parkir

Untuk pengujian lebih lanjut, digunakan analisis distribusi statistik dari durasi dan jenis kendaraan per klaster untuk melihat perbedaan signifikan yang dapat dijadikan acuan pengambilan keputusan manajerial.

B. Tools dan Perangkat yang Digunakan

- Bahasa pemrograman: Python 3.12
- IDE: Visual Studio Code
- Library utama: pandas, numpy, matplotlib, seaborn, sklearn, openpyxl
- Dataset: Simulasi data parkir kendaraan di mall sebanyak 100 entri

C. Validasi dan Replikasi

Penelitian ini dapat direplikasi menggunakan dataset lain yang memiliki atribut serupa. Parameter DBSCAN dapat disesuaikan kembali sesuai karakteristik baru data. Validasi metode dilakukan dengan menguji keakuratan segmentasi spasial dan kesesuaian hasil clustering terhadap pengetahuan domain, seperti:

- Konsentrasi kendaraan di zona tertentu
- Identifikasi zona dengan durasi tinggi (potensi kendaraan lama parkir)
- Zona dengan kendaraan acak (kemungkinan noise)

D. Keunggulan Metode

Klaim bahwa DBSCAN mampu menangani data spasial dalam skala besar merujuk pada sifat algoritmanya yang tidak membutuhkan jumlah cluster di awal dan kemampuannya mengenali noise. Namun, pada studi ini, keunggulan tersebut belum sepenuhnya ditunjukkan karena keterbatasan ukuran dataset. Hal ini membuka peluang untuk penelitian lanjutan dengan skala data yang lebih besar.

DBSCAN dipilih karena memiliki keunggulan dalam hal:

- Tidak perlu menentukan jumlah cluster di awal
- Mendeteksi noise dan outlier
- Cocok untuk distribusi tidak beraturan
- Dapat menangani data spasial dalam skala besar

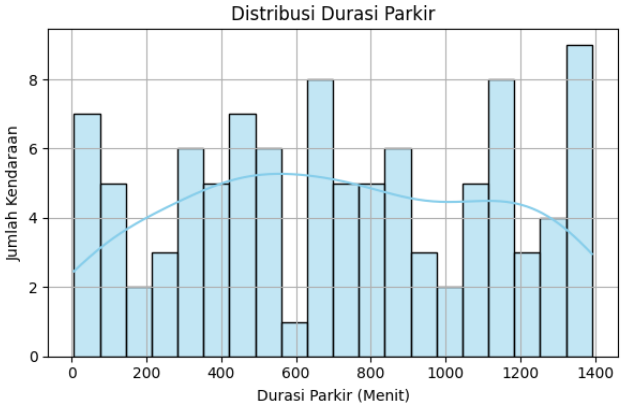
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola parkir kendaraan di mall menggunakan algoritma Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN). Penelitian ini menggunakan dataset yang berisi informasi koordinat lokasi parkir, jenis kendaraan, durasi parkir, serta status member. Proses analisis dilakukan secara berurutan mulai dari eksplorasi data, visualisasi awal, penerapan metode DBSCAN, hingga interpretasi hasil klasterisasi.

A. Eksplorasi Data

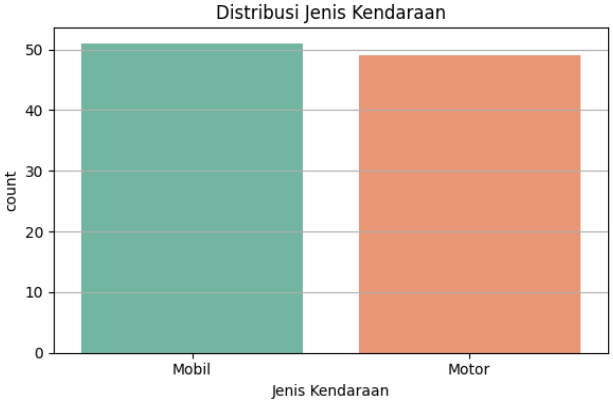
Langkah awal dalam penelitian ini adalah melakukan eksplorasi data. Dataset yang digunakan berisi sejumlah fitur seperti ID Kendaraan, Jenis Kendaraan, Status Member, Durasi Parkir (Menit), dan koordinat posisi kendaraan saat parkir (Koordinat X dan Koordinat Y).

Distribusi awal durasi parkir ditampilkan dalam Gambar 2. Gambar ini memperlihatkan bahwa sebagian besar kendaraan parkir dalam durasi pendek, dengan kecenderungan jumlah kendaraan menurun seiring bertambahnya durasi parkir. Hal ini memberikan gambaran bahwa mayoritas pengguna mall melakukan kunjungan dengan waktu yang relatif singkat.



Gambar 2. Distribusi Durasi Parkir Kendaraan

Selanjutnya, Gambar 3 menampilkan distribusi jenis kendaraan yang menggunakan fasilitas parkir. Dari visualisasi ini diketahui bahwa jenis kendaraan roda empat mendominasi penggunaan area parkir, diikuti oleh kendaraan roda dua.

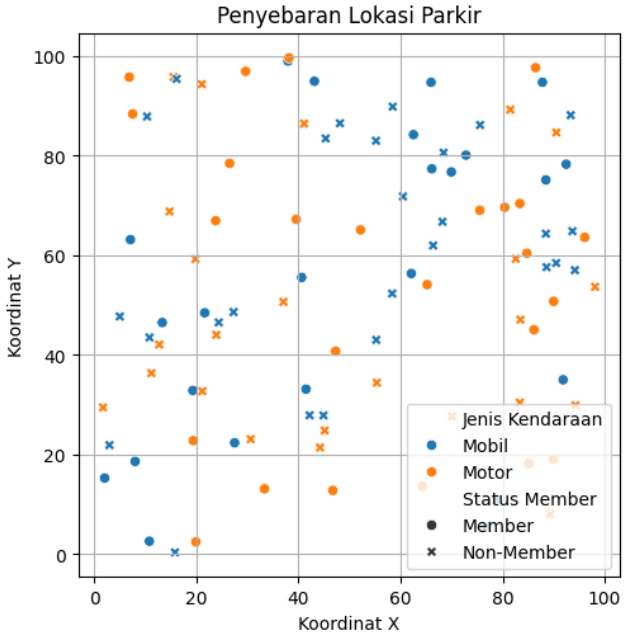


Gambar 3. Distribusi Jenis Kendaraan

B. Visualisasi Penyebaran Lokasi Parkir

Gambar 4 menunjukkan persebaran lokasi kendaraan berdasarkan koordinat X dan Y, dengan pewarnaan berdasarkan jenis kendaraan serta status member. Visualisasi ini memperlihatkan pola sebaran parkir yang tidak merata, yang menegaskan perlunya pendekatan berbasis kepadatan

seperti DBSCAN untuk mengidentifikasi klaster yang terbentuk secara alami di lapangan.

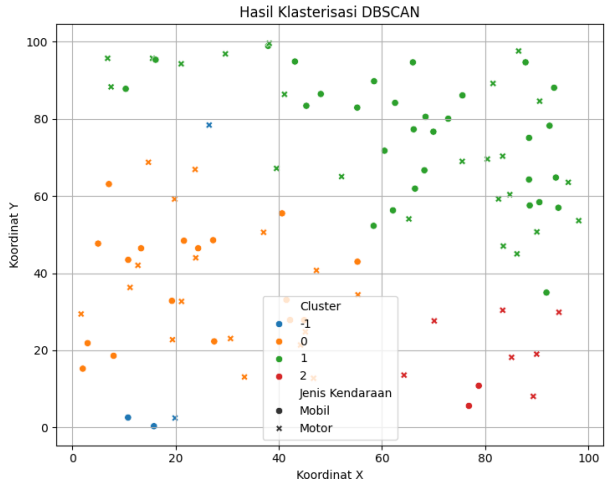


Gambar 4. Penyebaran Lokasi Parkir Kendaraan Berdasarkan Jenis dan Status

C. Penerapan Metode DBSCAN

Setelah dilakukan normalisasi koordinat, metode DBSCAN diterapkan dengan parameter eps=0.5 dan min_samples=5. Hasil klasterisasi ditampilkan pada Gambar 5 yang menunjukkan pembagian area parkir ke dalam beberapa klaster berdasarkan kedekatan dan kepadatan lokasi kendaraan.

DBSCAN berhasil mengidentifikasi area dengan kepadatan kendaraan tinggi dan rendah, serta memisahkan kendaraan yang termasuk dalam kategori noise atau tidak termasuk dalam klaster manapun.

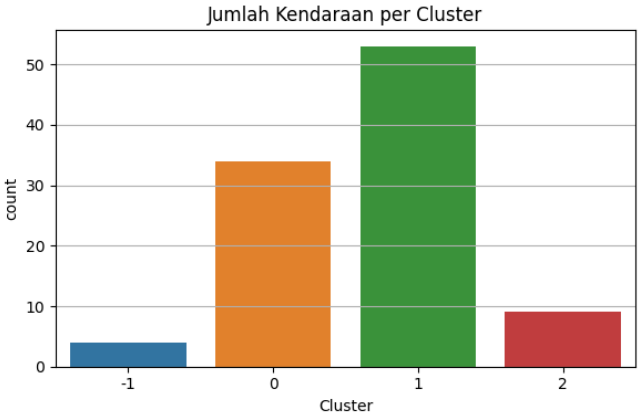


Gambar 5. Hasil Klasterisasi Lokasi Parkir dengan DBSCAN

D. Analisis Per Klaster

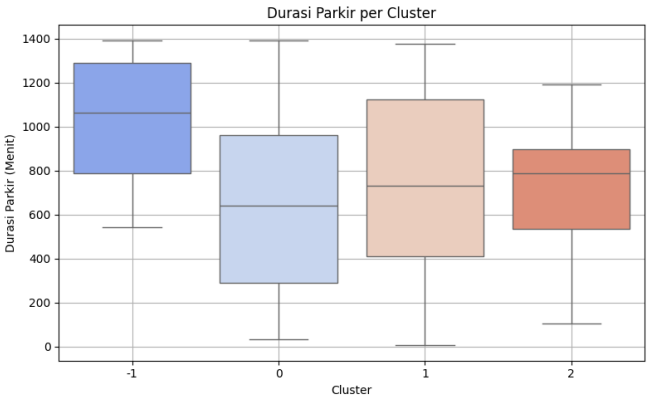
Analisis statistik dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik setiap klaster. Hasilnya ditampilkan melalui dua pendekatan visual.

Pertama, Gambar 6 memperlihatkan jumlah kendaraan pada tiap klaster. Klaster dengan jumlah kendaraan tertinggi menunjukkan area-area favorit atau pusat kepadatan parkir di mall.



Gambar 6. Jumlah Kendaraan per Klaster

Kedua, Gambar 7 menampilkan durasi parkir rata-rata per klaster dalam bentuk boxplot. Dari sini terlihat bahwa terdapat perbedaan distribusi durasi parkir antara klaster. Misalnya, terdapat satu klaster dengan rentang waktu parkir yang lebih lama dibandingkan lainnya, yang bisa menandakan area parkir khusus atau area yang dekat dengan pintu masuk mall.



Gambar 7. Durasi Parkir Kendaraan per Klaster

E. Pembahasan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, algoritma DBSCAN terbukti efektif dalam mengelompokkan kendaraan berdasarkan lokasi parkir secara spasial. Tidak seperti metode klasterisasi konvensional yang membutuhkan jumlah klaster di awal, DBSCAN memungkinkan terbentuknya klaster sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Hal ini sangat

berguna dalam konteks pengelolaan parkir mall, di mana pola parkir bersifat dinamis dan tidak selalu seragam.

Selain itu, hasil clustering ini dapat digunakan untuk mengembangkan sistem parkir berbasis zona atau bahkan sistem rekomendasi parkir cerdas, terutama bila diintegrasikan dengan data real-time. Analisis durasi parkir per klaster juga memberi peluang dalam penentuan tarif diferensial berdasarkan lokasi dan waktu parkir.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa metode ini dapat mengenali outlier atau kendaraan yang parkir di luar zona umum (dalam konteks DBSCAN disebut noise), yang bisa menjadi indikasi adanya kendaraan yang salah parkir atau kondisi yang perlu diperhatikan oleh pengelola mall.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola parkir kendaraan di mall menggunakan metode klasterisasi *Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise* (DBSCAN). Berdasarkan hasil analisis terhadap data parkir yang mencakup durasi parkir, jenis kendaraan, dan koordinat lokasi parkir, dapat disimpulkan bahwa metode DBSCAN mampu mengidentifikasi kelompok-kelompok kendaraan berdasarkan kedekatan spasial, serta membedakan titik-titik parkir yang memiliki kepadatan tinggi dan rendah.

Hasil eksplorasi awal menunjukkan bahwa sebagian besar kendaraan parkir dalam durasi yang relatif singkat, dengan distribusi jenis kendaraan didominasi oleh kendaraan roda dua. Penyebaran lokasi kendaraan menunjukkan adanya konsentrasi parkir di titik-titik tertentu, yang mencerminkan area favorit atau strategis di area parkir mall.

Dengan penerapan algoritma DBSCAN, terbentuk beberapa klaster utama yang mencerminkan pola kepadatan kendaraan. Setiap klaster memiliki karakteristik berbeda, baik dari segi durasi parkir maupun jenis kendaraan yang dominan. Klaster-klaster ini dapat menjadi dasar bagi pengelola mall untuk merancang strategi penataan parkir yang lebih efisien, seperti menambahkan penunjuk arah atau memfasilitasi area parkir tambahan pada titik yang sering digunakan.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa pemilihan parameter pada algoritma DBSCAN, seperti nilai epsilon dan min_samples, sangat berpengaruh terhadap hasil klasterisasi. Oleh karena itu, eksperimen terhadap nilai-nilai tersebut perlu dilakukan secara cermat.

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa DBSCAN adalah metode yang efektif untuk menganalisis pola parkir di lingkungan kompleks seperti mall. Diharapkan, hasil dari penelitian ini dapat membantu pengelola dalam memahami kebiasaan parkir pengunjung serta mendukung pengambilan keputusan dalam manajemen lahan parkir yang lebih optimal dan berbasis data.

DAFTAR PUSTAKA

[1] L. Chen, “Development of a parking system based on learning automata,” Multimed Tools Appl, vol. 83, no. 22, pp. 61165–61180, 2024, doi: https://doi.org/10.1007/s11042-023-18031-9.

[2] N. A. Salleh, N. Y. A. Rahman, M. A. Wahab, and N. Ahmad, “A Review on Key Determinants Factors of Successful Shopping Malls,” Int. J. Bus. Technol. Manag., vol. 5, no. S3, pp. 1–11, 2023, doi: https://doi.org/10.55057/ijbtm.2023.5.S3.1.

[3] A. Venudo and C. Meninno, “Shopping Mall Parking Lot as/is a Meeting Place: Typologies and Strategies for a New Polarity in Architectural and Landscape Design,” ATHENS J. Archit., vol. 9, no. 2, pp. 171–200, 2023, doi: https://dx.doi.org/10.30958/aja.

[4] S. Wonggor and F. Heaetubun, “Shopping Center Marketing Strategy in Increasing Visitor Traffic in Manokwari City Mall,” AJEMB - Am. J. Econ. Manag. Bus., vol. 3, no. 3, 2024.

[5] R. Vantagudi, S. Pillai, D. P. Pathak, and V. Yadav, “Efficient Parking Management,” SSRN, 2024, [Online]. Available: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4837733

[6] A. J. Nwokorie et al., “Towards Enhancing Crowd Control in Recreation Parks: Case for Effects of Inadequate Planning on the User’s Comfort,” Int. J. Innov. Sci. Eng. Technol. Res., vol. 12, no. 4, pp. 68–81, 2024, doi: 10.5281/zenodo.14480028.

[7] A. O. Elfaki, W. Messoudi, A. Bushnag, S. Abuzneid, and T. Alhmiedat, “A Smart Real-Time Parking Control and Monitoring System,” Sensors, vol. 23, no. 24, p. 9741, 2023, doi: https://doi.org/10.3390/s23249741.

[8] L. A. A. Rahaim, D. S. Hasan, and D. A. H. Ali, “Smart Cars Parking Systems of Big Cities based on the Internet of Things,” J. Internet Serv. Inf. Secur., vol. 14, no. 3, pp. 380–392, 2024, [Online]. Available: https://jisis.org/wp-content/uploads/2024/09/2024.I3.023.pdf

[9] X. Zhao et al., “Sustainable Comfort Design in Underground Shopping Malls: A User-Centric Analysis of Spatial Features,” Sustainability, vol. 17, no. 6, p. 2717, 2025, doi: https://doi.org/10.3390/su17062717.

[10] A. Kujawski and M. Nürnberg, “Analysis of the Potential Use of Unmanned Aerial Vehicles and Image Processing Methods to Support Road and Parking Space Management in Urban Transport,” Sustainability, vol. 15, no. 4, p. 3285, 2023, doi: https://doi.org/10.3390/su15043285.

[11] J. W. a B, T. F. A, P. J. B, and G. L. A, “Spatial allocation of heavy commercial vehicles parking areas through geo-fencing,” J. Transp. Geogr., vol. 117, p. 103876, 2024, [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692324000851

[12] S. E. Anjarwani, H. I. Illina, and N. Agitha, “Sistem Informasi Daya Tampung Area Parkir Pada Pusat Perbelanjaan Untuk Meningkatkan Layanan Penggunaan Parkir (Studi Kasus: Lombok Epicentrum Mall),” J. Comput. Sci. Informatics Eng., vol. 6, no. 1, 2022, doi: https://doi.org/10.29303/jcosine.v6i1.284.

[13] B. Y. Chen et al., “Efficient and scalable DBSCAN framework for clustering continuous trajectories in road networks,” Int. J. Geogr. Inf. Sci., vol. 37, no. 8, pp. 1693–1727, 2023, doi: https://doi.org/10.1080/13658816.2023.2217443.

[14] S. Zeng, T. Wang, W. Lin, Z. Chen, and R. Xiao, “A Patent Mining Approach to Accurately Identifying Innovative Industrial Clusters Based on the Multivariate DBSCAN Algorithm,” Systems, vol. 12, no. 9, p. 321, 2024, doi: https://doi.org/10.3390/systems12090321.

[15] A. A. Wani, “Comprehensive analysis of clustering algorithms: exploring limitations and innovative solutions,” PeerJ Comput. Sci., vol. 10, p. e2286, 2024, doi: 10.7717/peerj-cs.2286.

[16] Mahnoor, I. Shafi, M. Chaudhry, E. C. Montero, E. S. Alvarado, and I. de la T. Diez, “A Review of Approaches for Rapid Data Clustering: Challenges, Opportunities, and Future Directions,” IEEE Access, vol.

12, pp. 138086–138120, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3461798.

[17] J. Lian, “Research on Data Quality Analysis Based on Data Mining,” Comput. Artif. Intell., vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2025, doi: https://doi.org/10.70267/cai.25v2n101.

[18] J. Singh and D. Singh, “A comprehensive review of clustering techniques in artificial intelligence for knowledge discovery: Taxonomy, challenges, applications and future prospects,” Adv. Eng. Informatics, vol. 62, p. 102799, 2024, doi: //doi.org/10.1016/j.aei.2024.102799.

[19] O. Kulkarni and A. Burhanpurwala, “A Survey of Advancements in DBSCAN Clustering Algorithms for Big Data,” 2024 3rd Int. Conf. Power Electron. IoT Appl. Renew. Energy its Control, pp. 106–111, 2024, doi: 10.1109/PARC59193.2024.10486339.

[20] U. Kazemi and S. Soleimani, “A new approach data processing: density-based spatial clustering of applications with noise (DBSCAN) clustering using game-theory,” Soft Comput., vol. 29, pp. 1331–1346, 2025, doi: https://doi.org/10.1007/s00500-025-10405-5.

[21] M. Hajihosseinlou, A. Maghsoudi, and R. Ghezelbash, “Intelligent mapping of geochemical anomalies: Adaptation of DBSCAN and mean-shift clustering approaches,” J. Geochemical Explor., vol. 258, p. 107393, 2024, doi: https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2024.107393.

[22] P. R. Praharsh, M. V. S. Tarun, V. V. S. Priya, A. A. Reddy, and L. N, “Strategic Mobility Insights: Optimizing Parking and Operational Efficiency through Density Analysis,” Int. Conf. Intell. Syst. Cybersecurity, pp. 1–6, 2024, doi: 10.1109/ISCS61804.2024.10581307.

[23] D. Deng, “DBSCAN Clustering Algorithm Based on Density,” 2020 7th Int. Forum Electr. Eng. Autom., pp. 949–953, 2020, doi: 10.1109/IFEEA51475.2020.00199.

[24] J. T. A, W. B. A, F. L. B, and W. Z. C, “Exploring urban travel patterns using density-based clustering with multi-attributes from large-scaled vehicle trajectories,” Phys. A Stat. Mech. its Appl., vol. 561, p. 125301, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.physa.2020.125301.

[25] C. Choi and S.-Y. Hong, “MDST-DBSCAN: A Density-Based Clustering Method for Multidimensional Spatiotemporal Data,” ISPRS Int. J. Geo-Information, vol. 10, no. 6, p. 391, 2021, doi: https://doi.org/10.3390/ijgi10060391.

[26] P. Chen, X. Wei, J. Yan, Y. Xin, and S. Chen, “Revised DBSCAN clustering algorithm based on quadratic grid segmentation,” Int. Conf. Autom. Control. Algorithm, Intell. Bionics (ACAIB 2023), vol. 12759, pp. 394–399, 2023, doi: https://doi.org/10.1117/12.2686583.