

POLA PENGISIAN KENDARAAN LISTRIK YANG EFEKTIF DAN EFESIEN MENGGUNAKAN METODE *CLUSTERING*

Ayu Syahfitri¹, Azrai Sirait²

Universitas Asahan

e-mail: ayusyahfitri245@gmail.com

Abstract: *The development of electric vehicles in Indonesia continues to grow in line with global efforts to reduce carbon emissions. However, the limited and uneven distribution of public electric vehicle charging stations (SPKLU) remains a major obstacle. This study aims to analyze effective and efficient electric vehicle charging patterns using the K-Means Clustering method. The dataset was obtained from the Kaggle platform, containing attributes such as time, duration, charging level, and location. The research process includes data collection, cleaning, normalization, model training, and testing. The results show that the K-Means method successfully groups charging patterns with good cluster clarity. The developed web-based system also simplifies the analysis of SPKLU usage patterns automatically and efficiently. This research is expected to serve as a reference for planning electric vehicle charging infrastructure in Indonesia and to expand the application of machine learning in the field of Information Technology Engineering.*

Keywords: *K-Means Clustering, Electric Vehicle, Charging Pattern, SPKLU, Machine Learning.*

Abstrak: Perkembangan kendaraan listrik di Indonesia terus meningkat seiring upaya global mengurangi emisi karbon. Namun keterbatasan dan ketidakteraturan stasiun pengisian kendaraan listrik umum (SPKLU) masih menjadi kendala utama. Penelitian ini bertujuan menganalisis pola pengisian kendaraan listrik yang efektif dan efisien menggunakan metode *K-Means Clustering*. Data diperoleh dari platform Kaggle dengan atribut waktu, durasi, tingkat, dan lokasi pengisian. Proses penelitian meliputi pengumpulan, pembersihan, normalisasi, pelatihan, serta pengujian model. Hasil menunjukkan bahwa metode *K-Means* mampu mengelompokkan pola pengisian dengan tingkat kejelasan cluster yang baik. Sistem berbasis web yang dikembangkan juga mempermudah analisis pola penggunaan SPKLU secara otomatis dan efisien. Penelitian ini diharapkan menjadi acuan dalam perencanaan infrastruktur pengisian kendaraan listrik di Indonesia serta memperluas penerapan machine learning di bidang Teknik Informatika.

Keyword: *K-Means Clustering, Kendaraan Listrik, Pola Pengisian, SPKLU, Machine Learning.*

PENDAHULUAN

Perkembangan kendaraan listrik di Indonesia semakin pesat seiring dengan meningkatnya kesadaran terhadap isu lingkungan dan komitmen global untuk menurunkan emisi karbon dan ketergantungan pada bahan bakar fosil. Meskipun demikian salah satu tantangan utama dalam implementasi kendaraan listrik adalah keterbatasan infrastruktur

Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) yang belum tersebar secara merata.

Keterbatasan jumlah dan ketimpangan distribusi SPKLU mengakibatkan ketidakseimbangan beban listrik, waktu tunggu pengisian yang lama, serta rendahnya tingkat pemanfaatan daya di beberapa lokasi. Kondisi ini menimbulkan hambatan terhadap kenyamanan dan efisiensi

penggunaan kendaraan listrik, sekaligus menghambat pertumbuhan ekosistem kendaraan listrik secara berkelanjutan. Oleh karena itu, perencanaan lokasi dan pola distribusi SPKLU yang efisien menjadi kebutuhan mendesak.

Penelitian terdahulu oleh (Cornelis & Romadoni, 2024), melakukan evaluasi terhadap kinerja teknis SPKLU di wilayah JABODETABEK. Studi tersebut menemukan bahwa pengisian daya cepat justru berpotensi menurunkan efisiensi operasional akibat overheating dan tidak cocoknya beberapa konektor dengan kendaraan pengguna. Meskipun penelitian ini tidak menggunakan pendekatan clustering, temuan tersebut mengindikasikan bahwa pemahaman terhadap pola penggunaan SPKLU sangat krusial untuk merancang sistem pengisian yang berkelanjutan.

Berdasarkan penelitian terdahulu, pemanfaatan metode *clustering* untuk mengidentifikasi pola pengisian kendaraan listrik masih terbatas di Indonesia. Sebagian besar studi lebih menitikberatkan pada aspek teknis infrastruktur dan teknologi baterai sementara analisis terkait lokasi dan waktu pengisian belum banyak dikaji. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem analisis pola pengisian yang efektif dengan menggunakan algoritma *K-Means*, guna mendukung optimalisasi perencanaan dan pengelolaan infrastruktur pengisian kendaraan listrik di Indonesia.

METODE

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan meliputi studi pustaka dan penerapan metode *clustering* untuk menganalisis pola pengisian kendaraan listrik. Studi pustaka dilakukan untuk memperoleh pemahaman teori mengenai kendaraan listrik, teknik *clustering*, dan algoritma yang relevan seperti *K-Means*. Sedangkan metode *clustering* digunakan sebagai pendekatan utama dalam proses pengelompokan data pengisian kendaraan

listrik berdasarkan atribut-atribut tertentu untuk menemukan pola yang efektif dan efisien.

Pengumpulan Data

Tahap awal adalah pengumpulan data terkait perilaku pengisian kendaraan listrik. Data diperoleh dari dataset yang tersedia di Platform Kaggle, dengan cakupan kota-kota besar di Amerika Serikat. Informasi yang dikumpulkan meliputi waktu pengisian, kapasitas baterai, lokasi stasiun pengisian, jenis kendaraan, serta durasi dan frekuensi pengisian. Data yang lengkap dan representatif sangat penting untuk menghasilkan model clustering yang akurat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Bagian ini memaparkan hasil yang diperoleh dari proses penelitian, mulai dari analisis data pengisian kendaraan listrik, perancangan sistem pengelompokan, hingga implementasi dan pengujian model berbasis web. Dataset yang digunakan diperoleh dari platform Kaggle, dengan atribut utama seperti waktu pengisian, durasi pengisian, tingkat pengisian, dan lokasi stasiun pengisian.

Model pengelompokan dalam sistem ini dibangun menggunakan metode *K-means clustering*, yang mampu mengelompokkan data berdasarkan kemiripan karakteristik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat membentuk cluster dengan pola penggunaan yang jelas dan terpisah dengan baik. Sistem yang dibangun juga mempermudah pengguna dalam menganalisis pola pengisian kendaraan listrik tanpa perlu melakukan pengolahan data secara manual.

Analisis Data

Data yang digunakan dalam proses penelitian ini diperoleh dari *platform Kaggle*, yang menyediakan dataset mengenai aktivitas pengisian kendaraan listrik di berbagai wilayah. Dataset ini

mencakup informasi seperti waktu pengisian, durasi pengisian, tingkat pengisian, dan lokasi stasiun pengisian yang direkam berdasarkan aktivitas pengguna kendaraan listrik. Data yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 100 dataset.

Tabel 1 Dataset Pola Pengisian

No	Waktu	Durasi	Tingkat	Lokasi
1	01/01/2024 00:00	0.591363425	3.638.918.057	Houston
2	01/01/2024 01:00	3.133.652.053	3.067.773.494	San Francisco
3	01/01/2024 02:00	2.452.652.726	2.751.339.256	San Francisco
4	01/01/2024 03:00	1.266.430.805	3.288.286.976	Houston
5	01/01/2024 04:00	2.019.765.087	1.021.371.207	Los Angeles
6	01/01/2024 05:00	1.167.640.154	1.433.452.278	San Francisco
7	01/01/2024 06:00	3.539.619.026	2.618.518.786	Houston
8	01/01/2024 07:00	2.655.196.446	2.670.290.777	Los Angeles
9	01/01/2024 08:00	1.724.203.599	1.439.492.293	Los Angeles
10	01/01/2024 09:00	2.626.874.691	1.176.099.972	Chicago
11	01/01/2024 10:00	2.648.635.448	1.031.070.111	Los Angeles
12	01/01/2024 11:00	2.057.888.622	4.864.832.629	San Francisco

Pembersihan Data

Tahap pembersihan data merupakan proses awal sebelum data dapat digunakan dalam proses pengelompokan. Langkah pertama yang dilakukan adalah pemeriksaan struktur dataset untuk memahami bentuk dan jenis data yang digunakan. Dataset ini memiliki atribut utama yaitu waktu pengisian, durasi pengisian, tingkat pengisian, dan lokasi pengisian. Pemeriksaan dilakukan untuk memastikan setiap atribut berada dalam format yang benar, tidak ada kolom yang tertukar, dan semua nilai dapat diproses oleh sistem.

Normalisasi Data

Normalisasi data adalah proses menyeragamkan skala atau nilai dari atribut numerik agar semua atribut memiliki rentang nilai yang seimbang dan tidak ada satu atribut pun yang mendominasi atribut lainnya pada saat proses pengelompokan.

Normalisasi dilakukan menggunakan metode *Min-Max Normalization*, dengan rumus:

$$X' = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

Keterangan :

X' = Nilai Hasil Normalisasi

X = Nilai Asli Data

X_{min} = Nilai Minimum Dari Atribut

X_{max} = Nilai Maksimum Dari Atribut

Berdasarkan hasil analisis data nilai minimum dan maksimum dari durasi pengisian dan tingkat pengisian adalah 0.0953 – 6.7731 untuk durasi pengisian dan 1.4725 – 97.3423 untuk tingkat pengisian. Sehingga dapat di hitung dengan contoh nilai dari durasi pengisian suatu data adalah 3.5 jam maka hasil normalisasinya adalah:

$$X' = \frac{3.5 - 0.0953}{6.7731 - 0.0953} = \frac{3.4047}{6.6778} \approx 0.51$$

Jika nilai tingkat pengisian adalah 50 kWh, maka hasil normalisasinya adalah:

$$X' = \frac{50 - 1.4725}{97.3423 - 1.4725} = \frac{48.5275}{95.8698} \approx 0.51$$

Ekstraksi Fitur

Tahap ekstraksi fitur merupakan proses penting dalam pengolahan data sebelum dilakukan pengelompokan. Dalam penelitian ini, atribut yang diekstraksi meliputi durasi pengisian, tingkat pengisian, dan lokasi pengisian. Atribut durasi pengisian dan tingkat pengisian dipilih karena merepresentasikan pola waktu dan kapasitas energi yang digunakan oleh pengguna kendaraan listrik. Sedangkan atribut lokasi pengisian mencerminkan distribusi aktivitas pengisian di berbagai wilayah.

Pemisahan Data

Setelah data melalui tahap prapemrosesan dan ekstraksi fitur, dataset tidak langsung digunakan secara keseluruhan untuk proses analisis. Sebaliknya, data dibagi ke dalam dua bagian utama, yaitu data pelatihan (*training data*) dan data pengujian (*testing data*). Data pelatihan digunakan untuk membentuk model *cluster* dan mencari titik pusat (*centroid*) dari setiap kelompok berdasarkan atribut yang telah diekstraksi, yaitu durasi pengisian, tingkat pengisian,

dan lokasi pengisian. Sementara itu, data pengujian digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana hasil pengelompokan yang telah terbentuk dapat menggambarkan pola data yang sesungguhnya.

Proses pemisahan dilakukan dengan rasio 80% untuk data pelatihan dan 20% untuk data pengujian.

Tabel 2 Data Pelatihan

No	Waktu	Durasi	Tingkat	Lokasi
1	01/01/2024	0.591363425	3.638.918.057	Houston
2	01/01/2024	3.133.652.053	3.067.773.494	San Francisco
3	01/01/2024	2.452.652.726	2.751.359.256	San Francisco
4	01/01/2024	1.266.430.805	3.288.286.976	Houston
...
80	01/04/2024	37.293.654	2.341.792.115	Houston

Table 3 Data Pengujian

No	Waktu	Durasi	Tingkat	Lokasi
81	01/04/2024	0.691755364	4.659.567.841	Los Angeles
82	01/04/2024	2.725.560.846	2.560.162.087	San Francisco
83	01/04/2024	0.807068745	3.034.474.845	Chicago
84	01/04/2024	3.408.638.345	4.449.236.614	San Francisco
...
100	02/11/2024	3.370.768.046	423.932.771	Los Angeles

Pelatihan Dan Pengujian Model

Tahap pelatihan model merupakan proses utama dalam pembangunan sistem pengelompokan pola pengisian kendaraan

listrik menggunakan metode *K-Means Clustering*. Pada tahap ini, algoritma *K-Means* mulai menganalisis data latih yang telah melalui proses prapemrosesan, normalisasi, dan ekstraksi fitur.

Table 4 Data Pelatihan Dan Pengujian

No	Waktu	Durasi	Tingkat	Lokasi
1	01/01/2024 00:00	0.591363425	3.638.918.057	Houston
2	01/01/2024 01:00	3.133.652.053	3.067.773.494	San Francisco
3	01/01/2024 02:00	2.452.652.726	2.751.359.256	San Francisco

Pada tahap ini sistem akan menentukan posisi *centroid* awal. Dalam penelitian ini, *centroid* awal diambil secara langsung dari tiga baris data pertama.

$$c0^0 = [0.591363425, 3.638.918.057, 0]$$

$$c1^0 = [3.133.652.053, 3.067.773.494, 1]$$

$$c2^0 = [2.452.652.726, 2.751.359.256, 1]$$

Setelah menentukan *centroid* awal, proses akan dilanjutkan dengan

menghitung jarak antara setiap titik data terhadap seluruh *centroid* untuk menentukan keanggotaan *cluster* pada iterasi pertama. Rumus berikut digunakan untuk menentukan kedekatan antara satu data dengan setiap *centroid*. Rumus perhitungan jarak:

$$d(x, c) = \sqrt{(x1 - c1)^2 + (x2 - c2)^2 + (x3 - c3)^2}$$

Berikut perhitungan dengan menggunakan baris ke-0 :

$$x = [0.591363425, 3.638.918.057, 0]$$

Jarak ke $c_0^{(0)}$:

$$\frac{\sqrt{(0.591 - 0.591)^2 + (3.638 - 3.638)^2 + (0 - 0)^2}}{= 0}$$

Jarak ke $c_1^{(0)}$:

$$\frac{\sqrt{(0.591 - 3.133)^2 + (3.638 - 3.067)^2 + (0 - 1)^2}}{= 2.791}$$

Jarak ke $c_2^{(0)}$:

$$\frac{\sqrt{(0.591 - 2.452)^2 + (3.638 - 2.751)^2 + (0 - 1)^2}}{= 2.291}$$

Setelah semua data dihitung jaraknya, sistem akan melakukan proses pengelompokan awal berdasarkan jarak terkecil. maka data baris ke-0 dimasukkan dipastikan sebagai hasil klasifikasi karena memiliki nilai paling kecil yaitu 0.

Implementasi Sistem

Tahap implementasi sistem merupakan proses penerapan dari seluruh perancangan dan analisis yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya. Dalam penelitian ini sistem dikembangkan dalam bentuk aplikasi berbasis web yang berfungsi untuk mengelola dataset pola pengisian kendaraan listrik serta melakukan proses analisis clustering secara otomatis menggunakan metode *K-Means Clustering*. Sistem ini juga dilengkapi dengan fitur pengelolaan data, riwayat analisis, dan visualisasi hasil pengelompokan, sehingga pengguna dapat memahami pola pengisian kendaraan listrik dengan lebih mudah dan efisien.

Tampilan Halaman Login

Halaman login merupakan tahap awal sebelum pengguna dapat mengakses sistem. Pada halaman ini, pengguna diminta untuk memasukkan *username* dan *password* sebagai bentuk autentikasi.



Gambar 1 Tampilan Halaman Login

Tampilan Halaman Utama

Halaman utama atau *dashboard* merupakan tampilan pertama yang muncul setelah pengguna berhasil *login* ke dalam sistem. Halaman ini menjadi pusat navigasi untuk mengakses seluruh fitur yang tersedia, seperti Dataset, Analisis, History, dan Akun.



Gambar 2 Tampilan Halaman Utama

Tampilan Halaman Dataset

Halaman Dataset digunakan untuk mengelola data yang akan dianalisis dalam sistem. Pada halaman ini pengguna dapat melakukan berbagai aktivitas seperti mengunggah dataset baru, melihat data yang telah tersimpan, serta mengedit atau menghapus baris data jika terdapat kesalahan input.



Gambar 3 Tampilan Halaman Dataset

Tampilan Halaman Analisis

Halaman Analisis merupakan bagian inti dari sistem yang digunakan untuk melakukan proses pengelompokan data menggunakan metode *K-Means Clustering*.



Gambar 4 Halaman Analisis Cluster

Setelah proses dijalankan sistem akan menampilkan hasil pengelompokan data dalam bentuk tabel, sehingga pola pengisian kendaraan listrik dapat dipahami dengan lebih mudah.



Gambar 5 Tampilan Hasil Analisis

Tampilan Halaman History

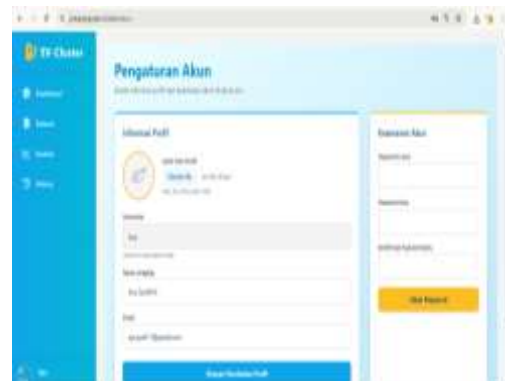
Halaman History berfungsi untuk menampilkan riwayat hasil analisis *clustering* yang telah dilakukan oleh pengguna. Setiap kali proses analisis selesai dijalankan hasilnya dapat tersimpan dan dapat dilihat kembali melalui halaman ini.



Gambar 6 Tampilan Halaman History

Tampilan Halaman Akun

Halaman Akun digunakan untuk mengelola data pengguna yang memiliki akses ke sistem. Tampilan halaman akun dilengkapi dengan form edit profil, tombol simpan untuk menyimpan perubahan, dan tombol hapus akun jika akun tidak lagi digunakan. Selain itu, terdapat fitur logout untuk keluar dari sistem dengan aman setelah selesai menggunakan aplikasi.



Gambar 7 Tampilan Halaman Akun

Dari hasil pembahasan pada bab sebelumnya yang telah dijelaskan, maka peneliti mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode K-Means Clustering berhasil diterapkan dalam sistem untuk melakukan proses pengelompokan data pola pengisian kendaraan listrik. Melalui proses ini data dikelompokkan berdasarkan kesamaan karakteristik sehingga pola pengisian dapat dianalisis secara lebih terstruktur.
2. Hasil output dari sistem berupa informasi hasil clustering dalam bentuk tabel yang membantu pengguna dalam memahami pola pengisian kendaraan listrik. Sistem ini juga menyediakan fitur pengelolaan dataset dan riwayat analisis yang memudahkan proses evaluasi data dari waktu ke waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, S. (2021). Klasterisasi Pola Penjualan Pestisida Menggunakan Metode K-Means Clustering (Studi Kasus Di Toko Juanda Tani Kecamatan Hutabayu Raja). *Djtechno: Jurnal Teknologi Informasi*, 1(1), 1–5. <https://doi.org/10.46576/djtechno.v1i1.964>
- Cornelis, A. J., & Romadoni, A. M. (2024). ANALISIS EFEKTIVITAS INFRASTRUKTUR BANGUNAN

- SPKLU (Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum) DI INDONESIA MENUJU PROGRAM NZE (Net Zero Emission) TAHUN 2060. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 9(2), 18–24. <https://doi.org/10.52447/jktm.v9i2.8248>
- Febby Wilyani, Qonaah Nuryan Arif, & Fitri Aslimar. (2024). Pengenalan Dasar Pemrograman Python Dengan Google Colaboratory. *Jurnal Pelayanan Dan Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 3(1), 08–14. <https://doi.org/10.55606/jppmi.v3i1.1087>
- Gusnawan, R., Wijayanto, P., & Rosely, E. (2019). APLIKASI KELOMPOK INFORMASI MASYARAKAT (KIM) BERBASIS WEB MANAGEMENT OF COMMUNITY INFORMATION GROUP APPLICATION (KIM) WEB- BASED. *E-Proceeding of Applied Science*, 5(2), 1123–1132.
- Handoko, D., & Purnomo, R. F. (2022). Analisis Pengolahan Pola Citra Background Pada Website. 18–27.
- Hendita, G., & Kusuma, A. (2021). Perancangan Skema Sistem Keamanan Jaringan Web Servermenggunakan Web Application Firewall dan Fortigate untuk Mencegah Kebocoran Data di Masa Pandemi Covid-19. *Zeitschrift Für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 92(1–2), 37–37. <https://doi.org/10.1515/zwf-1997-921-220>
- Hidayat, A., Yani, A., Rusidi, & Saadulloh. (2019). Membangun Website Sma Pgr Gunung Raya Ranau Menggunakan Php Dan Mysql. *JTIM: Jurnal Teknik Informatika Mahakarya*, 2(2), 41–52.
- Pramudita, D. A., & Bagus Sumargo. (2019). Pengelompokan Pengguna Internet dengan Metode K-Means Clustering. *Jurnal Statistika Dan Aplikasinya*, 3(1), 1–12. <https://doi.org/10.21009/jsa.03101>
- Prastiwi, H., Jeny Pricilia, & Errissya Rasywir. (2022). Implementasi Data Mining Untuk Menentukan Persediaan Stok Barang Di Mini Market Menggunakan Metode K-Means Clustering. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Komputer (JAKAKOM)*, 2(1), 141–148. <https://doi.org/10.33998/jakakom.2022.2.1.34>
- Priscillia Z, I. Z., & Habibie, D. K. (2023). Peran Perusahaan Listrik Negara Sebagai Penyedia Fasilitas Dalam Rangka Penggunaan Kendaraan Bermotor Berbasis Listrik di Kota Pekanbaru. *MOTEKAR: Jurnal Multidisiplin Teknologi Dan Arsitektur*, 1(2), 192–200. <https://doi.org/10.57235/motekar.v1i2.995>
- Prof. Dr. Husaini Usman, M.Pd., M. T. (2022). Pentingnya Perencanaan Dalam Upaya Pencapaian Tujuan Yang Efektif Dan Efisien. *Jurnal Studi Interdisipliner Perspektif*, 21(August), 1–23.
- Putra, D. W. T., & Andriani, R. (2019). Unified Modelling Language (UML) dalam Perancangan Sistem Informasi Permohonan Pembayaran Restitusi SPPD. *Jurnal TeknoIf*, 7(1), 32. <https://doi.org/10.21063/jtif.2019.v7.1.32-39>
- Rachmawati, E., & Novani, S. (2023). PENENTUAN LOKASI STASIUN PENGISIAN KENDARAAN LISTRIK DENGAN DBSCAN CLUSTERING DAN ANALYTIC HIERARCHY PROCESS STUDY CASE. *Journal of Comprehensive Science*, 2(1), 449–453. <https://doi.org/10.59188/jcs.v2i1.231>
- Rahmat Inggi, & Heri Pebrianto Alam. (2023). Analisis Forensik Web Browser Pada Perangkat Android. *Simtek : Jurnal Sistem Informasi Dan Teknik Komputer*, 8(1), 215–220. <https://doi.org/10.51876/simtek.v8i1>

Salsabila, A. (2022). Pola Komunikasi Guru Terhadap Sisiwa Tunarungu. ARKANA Jurnal Komunikasi Dan

Media, 1(1), 12–21.
<https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/arkana/article/view/2825/1771>