

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan kendaraan listrik di Indonesia merupakan salah satu upaya Pemerintah dalam mewujudkan program “Go Green dan Net Zero Emission” di tahun 2060. Dalam konteks ini, kendaraan listrik diharapkan dapat menjadi solusi yang efektif untuk mengurangi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh kendaraan berbahan bakar fosil. Seiring dengan peningkatan kesadaran masyarakat akan pentingnya lingkungan yang lebih bersih, penggunaan kendaraan listrik semakin diminati. Hal ini juga didorong oleh regulasi pemerintah yang mendukung pengembangan infrastruktur dan kebijakan yang ramah lingkungan. Namun, untuk mencapai target ambisius tersebut, diperlukan langkah-langkah proaktif dan penerapan manajemen secara ketat guna mengontrol dan meminimalkan emisi yang dihasilkan oleh kendaraan (Sanguesa et al., 2021).

Salah satu upaya yang dilakukan oleh para peneliti adalah mengembangkan kendaraan listrik yang menghasilkan emisi hampir mendekati nol. Ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas udara di kota-kota besar, yang sering kali menjadi tempat berkumpulnya polusi dari berbagai sumber. Misalnya, di Jakarta, kualitas udara sering kali berada pada tingkat yang tidak sehat, sehingga penggunaan kendaraan listrik menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi beban polusi tersebut (Albatayneh et al., 2020; OECD iLibrary, 2020). Kepala Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mengungkapkan bahwa jumlah pengguna kendaraan listrik di Jawa Barat sebagai studi area pada penelitian ini mencapai 29.465 pada tahun 2024 (Diagy Muhammad Haviz, 2025). Angka ini menunjukkan bahwa peminatan penggunaan kendaraan listrik meningkat setiap tahunnya, yang menjadi indikasi positif bagi upaya menuju pengurangan emisi.

Namun, untuk mendukung pertumbuhan penggunaan kendaraan listrik, infrastruktur yang memadai sangatlah penting. Salah satu aspek krusial dalam hal ini adalah ketersediaan Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU). Infrastruktur yang menyediakan daya listrik dari stopkontak daya ke pengisi daya kendaraan listrik perlu ditingkatkan guna memberikan kenyamanan pada pengguna kendaraan listrik. Makin banyaknya jumlah kendaraan listrik dan potensinya yang terus meningkat setiap tahun membuat semakin banyak dibutuhkan SPKLU yang tersebar di seluruh wilayah. Ketersediaan SPKLU sangat penting bagi masyarakat untuk mengakses secara cepat sesuai dengan kebutuhan dari kendaraan listriknya (Himawan Ardiansyah., 2025.)

Selain tantangan terkait aksesibilitas, terdapat faktor lain seperti demografis, pemukiman, dan fasilitas di lingkungan yang juga dapat mempengaruhi penyebaran infrastruktur SPKLU (Dong-Yeon Lee et al, 2024). Misalnya, daerah yang padat penduduk dan memiliki banyak fasilitas umum seperti pusat perbelanjaan atau kantor pemerintahan akan lebih membutuhkan SPKLU dibandingkan dengan daerah yang sepi. Untuk tujuan memfasilitasi pengisian daya kendaraan listrik, SPKLU harus diposisikan di area yang mudah diakses (Moses Katontoka et al., 2025). Hal ini serupa dengan aksesibilitas stasiun pengisian bahan bakar konvensional untuk kendaraan bensin dan diesel, di mana kenyamanan akan mempengaruhi lebih banyak orang untuk beralih ke kendaraan listrik. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan lokasi SPKLU dengan menggunakan Geographic Information System (GIS) dan Machine Learning.

Penempatan SPKLU yang tidak strategis dapat menimbulkan inefisiensi, rendahnya pemanfaatan, dan bahkan kerugian investasi. Dalam hal ini, Geographic Information System (GIS) dapat digunakan untuk menganalisis data spasial dan mengidentifikasi lokasi potensial berdasarkan parameter-parameter geografi dan demografi. GIS memungkinkan integrasi berbagai layer informasi, seperti jalan, permukiman, dan fasilitas umum, yang dibutuhkan dalam proses pengambilan keputusan spasial (Lei Ding et al., 2025). Dengan menggunakan GIS, peneliti dapat mengidentifikasi area yang memiliki potensi tinggi untuk penempatan SPKLU, sehingga memaksimalkan pemanfaatan infrastruktur yang ada.

Kemajuan teknologi kecerdasan buatan, khususnya machine learning, memberikan pendekatan canggih dalam mengolah data besar dan menemukan pola kompleks yang sulit dianalisis secara manual. Machine learning dapat digunakan untuk membangun model prediktif dalam pemilihan lokasi SPKLU berdasarkan variabel seperti pola lalu lintas, jarak ke pusat aktivitas, dan perilaku pengguna kendaraan listrik (Rahmad Sulistyanto et al., 2024). Dengan menggabungkan GIS dan machine learning, proses penentuan lokasi SPKLU dapat dilakukan secara lebih efisien, objektif, dan adaptif, berbasis data dan bukan sekadar intuisi. Integrasi dua teknologi ini membuka peluang besar dalam perencanaan infrastruktur yang berkelanjutan dan responsif terhadap dinamika urban serta pertumbuhan kendaraan listrik.

Beberapa penelitian penerapan machine learning untuk proses optimalisasi lokasi SPKLU telah dilakukan. Penelitian Kurniawan et al. (2021) menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) untuk menentukan lokasi optimal SPBU berbasis kedekatan dengan fasilitas umum. Penelitian lain oleh Putri & Setiawan (2020) menerapkan Decision Tree (DT) untuk klasifikasi kelayakan lokasi SPKLU. Selain itu, penelitian Fahrurrozi et al. (2022) menunjukkan bahwa Naïve Bayes digunakan untuk memprediksi wilayah yang layak dibangun

SPKLU berdasarkan data kepadatan lalu lintas dan populasi. Namun, beberapa penelitian tersebut tidak memasukkan faktor spasial sebagai variabel prediktor yang dapat mempengaruhi optimalisasi penentuan lokasi SPKLU. Oleh karena itu, penelitian ini akan menggabungkan GIS dengan algoritma machine learning Multilayer Perceptron (MLP) dan Support Vector Machine (SVM).

MLP, sebagai salah satu jenis neural network, mampu mempelajari hubungan non-linear yang kompleks antar variabel input dan output. Kemampuan propagasi balik (backpropagation) MLP dapat memodelkan keputusan klasifikasi yang tidak dapat ditangkap oleh algoritma linier (Khudhayr A. Rashedi et al, 2024). Sehingga, MLP sangat efektif untuk memprediksi lokasi potensial SPKLU berdasarkan kombinasi data spasial, lalu lintas, dan perilaku pengguna. Selain itu, sebagai perbandingan, algoritma SVM dikenal sebagai algoritma klasifikasi yang kuat dan efektif dalam menangani data berdimensi tinggi serta mampu bekerja dengan baik meskipun data memiliki jumlah sampel terbatas (Rosita Guido et al., 2024). Pada kasus penentuan lokasi SPKLU, SVM dapat digunakan untuk membedakan antara area yang layak dan tidak layak berdasarkan pola data pelatihan, menghasilkan batas keputusan yang jelas dan optimal.

Dalam kesimpulannya, penggunaan kendaraan listrik di Indonesia tidak hanya menjadi langkah penting dalam upaya mengurangi emisi gas rumah kaca, tetapi juga memerlukan dukungan infrastruktur yang memadai, terutama dalam penyediaan SPKLU. Dengan memanfaatkan teknologi GIS dan machine learning, penentuan lokasi SPKLU dapat dilakukan secara lebih efektif dan efisien, sehingga dapat memenuhi kebutuhan pengguna kendaraan listrik dengan lebih baik. Oleh karena itu, penelitian ini berkontribusi dalam memberikan solusi yang inovatif dan berkelanjutan dalam pengembangan infrastruktur kendaraan listrik di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil overlay peta demografis (jaringan jalan, permukiman dan fasilitas amenity) terhadap peta existing SPKLU sehingga dapat menunjukkan kesesuaian antara sebaran SPKLU terhadap karakteristik kependudukan dan sosial ekonomi wilayah Provinsi Jawa Barat ?
2. Bagaimana kinerja model klasifikasi Multilayer Perceptron (MLP) dan Support Vector Machine (SVM) dalam mengklasifikasikan lokasi SPKLU berdasarkan variabel spasial

(demografis) dan socio-economic yang dianalisis menggunakan matriks confusion melalui nilai accuracy, precision, recall, dan F1-score?

3. Apa gambaran peta hasil sebaran prediksi klasifikasi dari model terbaik dalam menunjukkan wilayah prioritas pengembangan SPKLU di Provinsi Jawa Barat?

1.3 Tujuan

1. Menghasilkan peta demografi SPKLU untuk wilayah provinsi Jawa Barat
2. Menghasilkan model prediksi klasifikasi SPKLU dengan menggunakan algoritma machine learning Multilayer Perceptron (MLP) dan Support Vector Machine (SVM)
3. Menghasilkan peta sebaran klasifikasi lokasi SPKLU dari model terbaik

1.4 Manfaat

Manfaat penelitian ini sangat signifikan, terutama dalam konteks perkembangan teknologi dan kebutuhan akan solusi yang lebih canggih dalam menentukan lokasi Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU). Dengan mengintegrasikan Geographic Information System (GIS) dan algoritma machine learning seperti Multi-Layer Perceptron (MLP) dan Support Vector Machine (SVM), penelitian ini tidak hanya menawarkan pendekatan baru, tetapi juga memberikan fondasi yang lebih kuat untuk pengambilan keputusan yang berbasis data.

Pertama penerapan GIS dalam penelitian ini memberikan keuntungan besar dalam hal visualisasi dan analisis spasial. GIS memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan, mengelola, dan menganalisis data geospasial dengan cara yang lebih efisien. Misalnya, dengan menggunakan peta digital, peneliti dapat dengan mudah mengidentifikasi area yang memiliki potensi tinggi untuk pemasangan SPKLU, seperti daerah dengan kepadatan kendaraan listrik yang tinggi, aksesibilitas yang baik, dan kedekatan dengan fasilitas umum lainnya.

Selanjutnya, algoritma machine learning seperti MLP dan SVM memainkan peran krusial dalam meningkatkan akurasi prediksi lokasi SPKLU. MLP, yang merupakan jenis jaringan saraf tiruan, dapat belajar dari data historis dan mengenali pola yang kompleks. Misalnya, dengan menganalisis data penggunaan kendaraan listrik, MLP dapat mengidentifikasi faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap pemilihan lokasi SPKLU. Di sisi lain, SVM merupakan algoritma yang efektif dalam klasifikasi dan regresi, yang dapat digunakan untuk memisahkan data ke dalam kategori-kategori yang relevan. Contohnya, SVM dapat digunakan untuk mengklasifikasikan area berdasarkan tingkat kebutuhan akan SPKLU,

sehingga peneliti dapat memprioritaskan lokasi-lokasi yang paling membutuhkan infrastruktur tersebut.

Kombinasi antara GIS dan algoritma machine learning tidak hanya meningkatkan akurasi, tetapi juga efisiensi dalam proses pengambilan keputusan. Dengan mengandalkan analisis berbasis data, pembuat kebijakan dan pengembang infrastruktur dapat membuat keputusan yang lebih tepat dan terukur. Sebagai ilustrasi, jika sebelumnya penentuan lokasi SPKLU dilakukan secara subjektif atau berdasarkan perkiraan, kini dengan pendekatan ini, keputusan dapat didasarkan pada data yang konkret dan analisis yang mendalam. Hal ini tentunya akan mengurangi risiko kesalahan dan memaksimalkan sumber daya yang ada.

Selain itu, penelitian ini juga berkontribusi pada upaya keberlanjutan dan pengurangan emisi karbon. Dengan memfasilitasi pengembangan infrastruktur pengisian kendaraan listrik yang lebih baik, penelitian ini mendukung transisi menuju transportasi yang lebih ramah lingkungan. Misalnya, dengan menempatkan SPKLU di lokasi yang strategis dan mudah diakses, diharapkan pengguna kendaraan listrik akan lebih terdorong untuk beralih dari kendaraan berbahan bakar fosil ke kendaraan listrik. Ini adalah langkah penting dalam mengurangi polusi udara dan dampak negatif terhadap lingkungan.

Kesimpulannya, manfaat penelitian ini sangat luas dan beragam. Dengan mengintegrasikan GIS dan algoritma machine learning, penelitian ini tidak hanya memberikan referensi baru dalam penentuan lokasi SPKLU, tetapi juga menawarkan pendekatan yang lebih akurat, efisien, dan berkelanjutan. Penerapan teknologi ini diharapkan dapat membantu dalam pengembangan infrastruktur kendaraan listrik yang lebih baik, sekaligus mendukung upaya global dalam mengurangi emisi karbon dan mempromosikan transportasi yang lebih ramah lingkungan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya relevan untuk pengembangan teknologi, tetapi juga untuk keberlanjutan lingkungan dan kualitas hidup masyarakat.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Ruang lingkup masalah pada penelitian ini mencakup:

1. Ruang Lingkup Geografis

Penelitian ini dibatasi pada wilayah Provinsi Jawa Barat sebagai area studi untuk analisis dan pemodelan lokasi Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU). Provinsi Jawa Barat, yang terletak di bagian barat Pulau Jawa, Indonesia, memiliki karakteristik geografi yang sangat beragam, mulai dari pegunungan yang menjulang tinggi hingga dataran rendah yang subur. Dengan luas wilayah sekitar 38.000 kilometer persegi dan populasi yang padat, Jawa

Barat menjadi salah satu provinsi dengan pertumbuhan ekonomi yang pesat dan permintaan transportasi yang terus meningkat.

Keberadaan SPKLU di wilayah ini sangat penting, mengingat Jawa Barat merupakan salah satu pusat industri dan perdagangan di Indonesia. Misalnya, kota-kota besar seperti Bandung, Bekasi, dan Bogor menjadi pusat aktivitas ekonomi yang menarik banyak kendaraan, termasuk kendaraan listrik. Penelitian ini tidak hanya akan melihat aspek fisik dari lokasi yang potensial untuk SPKLU, tetapi juga mempertimbangkan faktor sosial dan ekonomi yang dapat mempengaruhi keberhasilan implementasi stasiun pengisian ini.

Dalam menganalisis lokasi yang tepat, penting untuk mempertimbangkan aksesibilitas dan jarak tempuh kendaraan listrik dari pusat-pusat kegiatan. Misalnya, jika sebuah SPKLU dibangun di dekat pusat perbelanjaan atau tempat wisata, ini tidak hanya akan memudahkan para pengguna kendaraan listrik untuk melakukan pengisian daya, tetapi juga dapat meningkatkan jumlah pengunjung ke lokasi tersebut. Dengan demikian, analisis lokasi yang tepat tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga pada dampak sosial dan ekonomi yang lebih luas.

Selain itu, faktor lingkungan juga menjadi perhatian utama dalam penelitian ini. Jawa Barat memiliki banyak daerah yang masih mempertahankan keindahan alam, sehingga penting untuk memastikan bahwa pembangunan SPKLU tidak merusak ekosistem yang ada. Misalnya, lokasi yang dipilih harus mempertimbangkan dampak terhadap flora dan fauna lokal serta potensi bencana alam seperti banjir atau longsor yang mungkin terjadi di daerah pegunungan. Dengan mempertimbangkan semua aspek ini, penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi yang komprehensif dan berkelanjutan untuk pengembangan infrastruktur kendaraan listrik di Jawa Barat.

Melalui pendekatan yang holistik ini, diharapkan bahwa hasil penelitian dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengembangan transportasi ramah lingkungan di Indonesia, khususnya di Provinsi Jawa Barat. Dengan dukungan dari pemerintah dan masyarakat, pengembangan SPKLU di wilayah ini tidak hanya akan mendukung transisi menuju kendaraan listrik, tetapi juga akan berkontribusi pada pengurangan emisi karbon dan pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan.

Kesimpulannya, penelitian ini berfokus pada Provinsi Jawa Barat sebagai area studi untuk analisis dan pemodelan lokasi SPKLU dengan mempertimbangkan berbagai faktor, termasuk karakteristik geografi, sosial, ekonomi, dan lingkungan. Dengan pendekatan yang komprehensif dan analisis yang mendalam, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan

rekomenadasi yang bermanfaat untuk pengembangan infrastruktur kendaraan listrik di masa depan.

2. Ruang Lingkup Data

Data yang digunakan dalam analisis ini mencakup berbagai jenis data spasial yang sangat penting untuk memahami dinamika suatu wilayah, khususnya di Provinsi Jawa Barat. Data spasial ini tidak hanya terbatas pada informasi geografis, tetapi juga mencakup elemen-elemen yang dapat mempengaruhi perencanaan dan pengembangan wilayah. Salah satu komponen utama adalah jaringan jalan. Jaringan jalan yang baik dan terintegrasi menjadi tulang punggung mobilitas masyarakat. Misalnya, jalan raya yang menghubungkan kota-kota besar di Jawa Barat seperti Bandung, Bogor, dan Sukabumi tidak hanya memfasilitasi transportasi barang dan orang, tetapi juga berkontribusi pada pertumbuhan ekonomi lokal. Dengan adanya akses yang baik, daerah-daerah tersebut menjadi lebih menarik bagi investor dan pengembang properti.

Selanjutnya, sebaran permukiman, baik perumahan maupun apartemen, juga menjadi bagian penting dari data yang dianalisis. Sebagai contoh, di kota-kota besar seperti Bandung, pertumbuhan apartemen yang pesat dapat dilihat di daerah-daerah yang dekat dengan pusat bisnis dan fasilitas umum. Hal ini menunjukkan bahwa masyarakat cenderung memilih tinggal di dekat tempat kerja dan fasilitas yang mereka butuhkan, seperti sekolah dan rumah sakit. Dengan menganalisis pola sebaran permukiman, kita dapat memahami kebutuhan masyarakat akan hunian yang dekat dengan aksesibilitas.

Lokasi fasilitas umum, seperti rumah sakit, sekolah, dan kampus, juga menjadi elemen krusial dalam analisis data spasial ini. Fasilitas-fasilitas ini tidak hanya menyediakan layanan penting bagi masyarakat, tetapi juga mempengaruhi nilai properti di sekitarnya. Misalnya, keberadaan rumah sakit yang berkualitas tinggi di suatu daerah dapat meningkatkan daya tarik kawasan tersebut bagi calon pembeli rumah. Selain itu, dengan adanya sekolah dan kampus, kawasan tersebut menjadi lebih diminati oleh keluarga yang memiliki anak-anak atau oleh mahasiswa yang mencari tempat tinggal. Oleh karena itu, penting untuk memetakan lokasi-lokasi ini secara akurat agar dapat digunakan dalam perencanaan pembangunan yang lebih baik.

Titik sebaran Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) yang eksisting juga merupakan aspek penting dalam ruang lingkup data ini. Dengan meningkatnya penggunaan kendaraan listrik, keberadaan SPKLU menjadi krusial dalam mendukung transisi menuju transportasi yang lebih ramah lingkungan. Sebagai contoh, jika kita melihat sebaran SPKLU di wilayah perkotaan, kita dapat mengidentifikasi area yang masih minim fasilitas ini dan

merencanakan penambahannya untuk memenuhi kebutuhan pengguna kendaraan listrik. Hal ini tidak hanya akan mendukung pengurangan emisi karbon, tetapi juga akan menarik perhatian masyarakat untuk beralih ke kendaraan yang lebih berkelanjutan.

Akhirnya, batas administrasi wilayah Provinsi Jawa Barat juga merupakan data yang tak kalah penting. Batas ini menentukan lingkup administrasi dan pengelolaan sumber daya, serta mempengaruhi perencanaan pembangunan. Dengan memahami batas-batas ini, kita dapat melakukan analisis yang lebih mendalam terkait dengan kebijakan publik dan pengembangan infrastruktur. Misalnya, jika suatu daerah di Jawa Barat memiliki batas administrasi yang jelas, maka perencanaan untuk pembangunan jalan atau fasilitas umum lainnya dapat dilakukan dengan lebih terarah dan efisien.

Secara keseluruhan, ruang lingkup data yang mencakup jaringan jalan, sebaran permukiman, lokasi fasilitas umum, titik sebaran SPKLU, dan batas administrasi wilayah sangat penting untuk perencanaan dan pengembangan wilayah di Provinsi Jawa Barat. Dengan menganalisis dan memahami data-data ini secara mendalam, kita dapat merumuskan kebijakan yang lebih baik, meningkatkan kualitas hidup masyarakat, dan mendorong pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan. Data spasial bukan hanya sekadar angka dan peta, tetapi merupakan alat yang sangat berharga dalam menciptakan masa depan yang lebih baik bagi wilayah dan masyarakat.

3. Ruang Lingkup Teknologi dan Metode

1. Proses pengolahan data dilakukan menggunakan QGIS untuk analisis spasial (proximity, rasterisasi, overlay).
2. Metode klasifikasi lokasi SPKLU menggunakan dua algoritma machine learning: Multilayer Perceptron (MLP) dan Support Vector Machine (SVM).
3. Evaluasi model dilakukan menggunakan metrik: accuracy, precision, recall, dan F1-score.

4. Tipe Lokasi SPKLU yang Dikaji

Penelitian hanya mencakup tiga tipe penempatan SPKLU, yaitu:

1. Shared-residential.
2. Enroute (rute jalan).
3. Destination.
4. Sosial Ekonomi (kondisi faktor-faktor ekonomi dan sosial di suatu wilayah)

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini terdiri dari :

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab I terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat, ruang lingkup masalah, serta sistematika penelitian.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab II terdiri dari penelitian yang relevan, landasan teori yang mencakup mengenai graphic information system (GIS), SPKLU, demografis, machine learning, multilayer perceptron(MLP), support vector machine(SVM), evaluasi model, socio economic.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Bab III terdiri dari desain penelitian yang dimana mencakup metodologi tahap 1 dan metodologi tahap 2.

4. BAB IV HASIL dan PEMBAHASAN

Bab IV menjelaskan hasil analisis QGIS pada provinsi Jawa Barat, model dari algoritma machine learning SVM dan MLP.

5. BAB V PENUTUP

Bab V ini berisi kesimpulan yang merangkum hasil utama penelitian berdasarkan tujuan yang telah ditetapkan. Selain itu, bab ini juga memuat saran yang ditujukan bagi penelitian selanjutnya maupun bagi pihak-pihak terkait sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan.

6. DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini memuat seluruh sumber referensi yang digunakan dalam penelitian, baik berupa buku, jurnal ilmiah, maupun sumber lain yang relevan.