

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor transportasi merupakan salah satu kontributor utama emisi gas rumah kaca akibat ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar fosil. Sektor ini menyumbang sekitar 23% emisi CO₂ (Karbon dioksida) terkait energi secara global dan terus mengalami peningkatan seiring pertumbuhan mobilitas dan aktivitas ekonomi (Ferrer & Thomé, 2023). Pada tahun 2022, sektor transportasi menghasilkan sekitar 8,1 gigaton emisi CO₂ secara global, dimana transportasi jalan menyumbang sekitar 5,87 gigaton CO₂ dan sebagian besar berasal dari kendaraan penumpang serta kendaraan pribadi (Zulfhazli et al., 2024). Penggunaan kendaraan berbahan bakar fosil secara terus-menerus memberikan dampak terhadap lingkungan melalui peningkatan emisi. Kondisi ini mendorong berbagai negara untuk mempercepat transisi menuju sistem transportasi rendah emisi melalui pengembangan kendaraan listrik dan infrastruktur pendukungnya. Kendaraan listrik dinilai mampu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sekaligus menekan emisi karbon yang dihasilkan sektor transportasi (Abdullah et al., 2024). Di Indonesia, pertumbuhan kendaraan bermotor yang terus meningkat dari tahun ke tahun tidak hanya mencerminkan tingginya kebutuhan mobilitas masyarakat, tetapi juga berdampak pada meningkatnya konsumsi energi, khususnya bahan bakar fosil, yang pada akhirnya memberikan tekanan terhadap kualitas lingkungan seperti peningkatan emisi dan polusi udara.

Kondisi ini mendorong sistem transportasi yang lebih berkelanjutan melalui pemanfaatan kendaraan alternatif atau *Alternatif Vehicle* (AV) seperti kendaraan listrik/*Electrical Vehicle* (EV) ataupun kendaraan hidrogen/*Hidrogen Fuel Cell Vehicle* (HFCV). Kendaraan listrik memiliki keunggulan utama karena tidak menghasilkan emisi secara langsung selama proses penggunaannya, (Wahyudi, 2024). Pengembangan kendaraan listrik merupakan bagian dari strategi transisi energi nasional mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil serta mendukung sistem energi yang lebih berkelanjutan (Setiawan et al., 2025). Oleh

karena itu, kendaraan alternatif menjadi salah satu solusi dalam mewujudkan sistem transportasi berkelanjutan di Indonesia.

Tingkat adopsi kendaraan alternatif di Pulau Sumatera masih belum optimal meskipun berbagai kebijakan telah diterapkan untuk mendorong penggunaannya. Salah satu faktor utama yang memengaruhi kondisi tersebut adalah keterbatasan infrastruktur pengisian kendaraan listrik. Ketersediaan Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) di Pulau Sumatera masih terbatas dan persebarannya belum merata sehingga belum mampu mendukung penggunaan kendaraan listrik secara luas (Muchtari et al., 2023). Menurut (Anggriwan et al., 2025), menyatakan bahwa keberadaan infrastruktur pengisian menjadi faktor penting dalam meningkatnya minat masyarakat terhadap kendaraan listrik. Keterbatasan infrastruktur ini menyebabkan kekhawatiran terkait akses pengisian daya dan berdampak pada rendahnya tingkat adopsi kendaraan alternatif. Di Kota Medan menunjukkan bahwa ketersediaan SPKLU belum mampu menjangkau seluruh area potensial pengguna kendaraan listrik, sehingga diperlukan analisis spasial berdasarkan kepadatan penduduk dan aksesibilitas jaringan jalan untuk menentukan lokasi pengembangan yang lebih tepat (Veirrel et al., 2025). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengembangan SPKLU di Pulau Sumatera perlu direncanakan secara spasial agar fasilitas pengisian dapat ditempatkan pada wilayah yang memiliki kebutuhan dan potensi penggunaan kendaraan listrik yang lebih tinggi.

Aspek spasial juga menjadi faktor penting dalam pengembangan kendaraan alternatif dan infrastruktur pendukungnya. Persebaran infrastruktur yang tidak merata dapat menyebabkan ketimpangan akses antar wilayah, sehingga diperlukan perencanaan berbasis wilayah yang lebih cepat. Menurut (Febryansyah Hans Arieyantho et al., 2025) pemanfaatan *Geographic information system* (GIS) dapat digunakan untuk membantu menentukan lokasi optimal pembangunan SPKLU berdasarkan kebutuhan wilayah. Efektivitas pengembangan infrastruktur pengisian sangat dipengaruhi oleh faktor lokasi, kebutuhan pengguna, penyusunan strategi teknis untuk peningkatan efisiensi dan keandalan sistem dalam pencapaian target *Not Zero Emission* (Cornelis & Romadoni, 2024). Hal ini menunjukkan pendekatan

spasial sangat diperlukan dalam mendukung perencanaan transportasi yang lebih merata dan hemat.

Berbagai penelitian terdahulu telah membahas kendaraan Listrik dan infrastruktur pengisiannya di Indonesia (Anggriwan et al., 2025; Cornelis & Romadoni, 2024; Febryansyah Hans Ariejantho et al., 2025; Muchtari et al., 2023) namun masih terdapat keterbatasan dalam membahas keterkaitan keduanya secara kuat. Sebagian besar hanya berfokus pada satu aspek saja, seperti infrastruktur atau tingkat adopsi kendaraan, tanpa menggabungkan analisis spasial secara menyeluruh. Pemanfaatan GIS dalam penelitian terkait masih terbatas pada pemetaan belum digunakan secara optimal untuk menganalisis kebutuhan infrastruktur berdasarkan persebaran kendaraan alternatif. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang menggabungkan analisis spasial berbasis GIS dengan menentukan kebutuhan infrastruktur pengisian secara menyeluruh untuk mendukung perencanaan transportasi yang lebih optimal.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara spasial tingkat adopsi kendaraan alternatif serta kebutuhan infrastruktur pengisian dalam mendukung perencanaan transportasi berkelanjutan di Pulau Sumatera. Penelitian ini difokuskan pada keterkaitan keduanya menggunakan pendekatan GIS.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, maka ditemukan permasalahan yang akan dibahas peneliti adalah sebagai berikut :

1. Seberapa besar tingkat adopsi kendaraan alternatif di Pulau Sumatera berdasarkan persebaran wilayah?
2. Seberapa merata persebaran SPKLU di Pulau Sumatera?
3. Bagaimana kebutuhan pengembangan SPKLU untuk mendukung *sustainable transportation* berbasis GIS?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui seberapa besar tingkat adopsi kendaraan alternatif di Pulau Sumatera berdasarkan persebaran wilayah.
2. Untuk mengetahui seberapa merata persebaran SPKLU di Pulau Sumatera

3. Untuk mengetahui bagaimana kebutuhan pengembangan SPKLU untuk mendukung *sustainable transportation* berbasis GIS?

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, maka manfaat yang dapat dirangkumkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dalam bidang transportasi berkelanjutan, khususnya yang berkaitan dengan penggunaan kendaraan alternatif dan perencanaan wilayah. Penelitian ini juga dapat memberikan gambaran tentang bagaimana GIS dapat dimanfaatkan untuk menganalisis tingkat adopsi kendaraan alternatif dan ketersediaan infrastruktur pengisian.

2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi yang lebih jelas mengenai persebaran kendaraan alternatif dan infrastruktur pengisian di Pulau Sumatera. Informasi tersebut dapat membantu pemerintah atau pihak terkait dalam merencanakan pembangunan infrastruktur pengisian kendaraan listrik agar lebih merata dan sesuai dengan kebutuhan di setiap wilayah. Hasil penelitian ini juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi wilayah yang menjadi prioritas dalam pengembangan SPKLU dengan bantuan analisis berbasis GIS.

3. Manfaat Sosial

Penelitian ini dapat memberikan pemahaman masyarakat tentang pentingnya penggunaan kendaraan alternatif dalam mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Dengan adanya informasi mengenai ketersediaan infrastruktur pengisian, masyarakat juga dapat merasa lebih yakin untuk mulai beralih ke kendaraan ramah lingkungan. Hal ini diharapkan dapat mendukung terciptanya lingkungan yang lebih bersih dan sehat.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Penelitian ini berfokus pada analisis spasial adopsi kendaraan alternatif dan kebutuhan infrastruktur pengisian dalam mendukung perencanaan transportasi berkelanjutan di Pulau Sumatera dengan menggunakan pendekatan GIS. Untuk

menjaga fokus penelitian agar tidak menyimpang dari tujuan utama, maka ditetapkan beberapa ruang lingkup dan batasan penelitian sebagai berikut.

1. Wilayah dalam penelitian ini mencakup wilayah Pulau Sumatera dengan analisis berdasarkan wilayah provinsi sesuai ketersediaan data.
2. Objek penelitian ini adalah kendaraan alternatif (khususnya kendaraan listrik) serta infrastruktur pengisian kendaraan listrik berupa SPKLU.
3. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang mencakup jumlah kendaraan alternatif dan infrastruktur pengisian, yang diperoleh dari sumber resmi serta terpercaya.
4. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis spasial berbasis GIS untuk melihat persebaran dan keterkaitan antar variabel.
5. Penelitian ini tidak membahas aspek teknis kendaraan listrik, seperti performa, desain, maupun teknologi baterai secara mendalam.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian dalam studi ini dilakukan melalui tahapan yang tersusun secara sistematis. Penelitian diawali dengan studi literatur untuk memahami konsep kendaraan listrik, infrastruktur pengisian, serta pemanfaatan GIS. Tahap berikutnya berupa pengumpulan data sekunder yang meliputi jumlah kendaraan listrik, jumlah dan lokasi SPKLU, serta data wilayah administrasi Pulau Sumatera dari sumber resmi. Fokus penelitian berada pada wilayah Pulau Sumatera dengan pemilihan provinsi yang memenuhi kriteria analisis. Tahap analisis dilakukan melalui pendekatan spasial untuk melihat pola persebaran. Analisis *Buffer* digunakan untuk mengidentifikasi jangkauan layanan. Analisis *nearest neighbor* digunakan untuk mengetahui pola distribusi fasilitas. Analisis *overlay* digunakan untuk melihat kesesuaian antara kebutuhan dan ketersediaan infrastruktur. Seluruh proses dilakukan dengan bantuan GIS menggunakan perangkat lunak ArcGIS sehingga menghasilkan visualisasi peta yang mendukung penarikan kesimpulan penelitian.