

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. Pada tahun 2022, emisi CO₂ (Karbon Dioksida) global dari sektor energi tercatat melebihi 36,8 miliar ton, yang menunjukkan tingginya ketergantungan dunia terhadap energi fosil (Abdullah et al., 2024). Tingginya emisi dipengaruhi oleh aktivitas sektor transportasi berbahan bakar minyak dalam mendukung mobilitas masyarakat dan distribusi barang. Transportasi jalan raya mendominasi emisi transportasi global dengan kontribusi sebesar 5,87 Gt CO₂ dari total 8,1 Gt CO₂ pada tahun 2022 (Abdullah et al., 2024).

Kondisi serupa juga terjadi di Indonesia, di mana jumlah kendaraan bermotor terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk, perkembangan ekonomi, dan kebutuhan mobilitas masyarakat. Dominasi kendaraan berbahan bakar bensin dan solar menjadikan sektor transportasi darat sebagai salah satu penyumbang utama konsumsi energi fosil dan emisi gas rumah kaca (GRK) nasional. Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), sektor transportasi mengonsumsi sekitar 49% dari total konsumsi bahan bakar minyak nasional pada tahun 2023. Peningkatan aktivitas masyarakat turut mendorong pertumbuhan pergerakan dan volume lalu lintas. Kondisi tersebut menyebabkan meningkatnya tarikan perjalanan pada suatu kawasan, sehingga pemodelan pergerakan diperlukan dalam mendukung perencanaan transportasi (Hamzani, 2021). Kondisi tersebut turut terjadi di tingkat provinsi, termasuk Provinsi Aceh, yang setiap tahunnya juga mengalami peningkatan jumlah kendaraan bermotor dan konsumsi bahan bakar fosil untuk kebutuhan transportasi. Kondisi ini mendorong transformasi sistem transportasi melalui konversi kendaraan konvensional ke kendaraan Listrik atau *Electric Vehicle* (EV) sebagai alternatif transportasi yang lebih berkelanjutan. Selain mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan emisi GRK,

kendaraan listrik berpotensi menurunkan biaya operasional kendaraan (BOK) melalui penggunaan energi yang lebih efisien dan biaya perawatan yang lebih rendah dibandingkan kendaraan konvensional. Biaya operasional dan total biaya kepemilikan kendaraan listrik dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti pengeluaran energi, biaya pemeliharaan, karakteristik penggunaan kendaraan, serta akses terhadap fasilitas pengisian daya, termasuk *home charging* (Palmer et al., 2018; Woody et al., 2024). Oleh karena itu, konversi kendaraan konvensional ke kendaraan listrik tidak hanya mendukung pengurangan emisi, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan biaya operasional sebagai bagian dari upaya mewujudkan sistem transportasi yang berkelanjutan.

Tingkat konversi dan adopsi kendaraan listrik di Indonesia masih relatif rendah meskipun pemerintah telah menerapkan berbagai kebijakan untuk mendorong percepatan transisi dari kendaraan konvensional ke kendaraan listrik. Salah satu tantangan utama dalam proses tersebut adalah kesiapan infrastruktur pendukung, khususnya ketersediaan fasilitas pengisian daya. Ketersediaan Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) di Indonesia masih terbatas dan belum tersebar secara merata, sehingga belum mampu mendukung kebutuhan pengguna kendaraan listrik secara optimal (Wahyudi et al., 2024). Kondisi ini menjadi salah satu faktor yang memengaruhi keputusan masyarakat dalam beralih dari kendaraan konvensional ke kendaraan listrik. Oleh karena itu, pengembangan infrastruktur pengisian yang memadai dan berkelanjutan merupakan aspek penting dalam meningkatnya minat masyarakat terhadap kendaraan listrik. Tantangan tersebut turut dihadapi oleh Provinsi Aceh yang, sebagaimana daerah lain di Indonesia, hingga saat ini masih memiliki jumlah SPKLU yang terbatas untuk mendukung populasi kendaraan listrik yang diproyeksikan terus meningkat di masa mendatang.

Berbagai penelitian mengenai kendaraan listrik di Indonesia telah berkembang, tetapi pembahasannya masih cenderung berfokus pada aspek tertentu. (Juritika ; Fadhillah et al., 2025) mengkaji proyeksi emisi gas rumah kaca sektor transportasi di Kota Banda Aceh menggunakan Low Emission Analysis Platform (LEAP), namun belum mempertimbangkan perubahan mobil penumpang

konvensional menjadi kendaraan listrik dan implikasinya terhadap kebutuhan SPKLU. Putra et al., (2024) menilai keekonomian kendaraan listrik dan konvensional melalui pendekatan *Total Cost of Ownership* (TCO) dan *Equivalent Uniform Annualized Cost* (EUAC), yang menunjukkan periode keekonomian kendaraan listrik sekitar tujuh hingga sembilan tahun pada jarak tempuh 10.000–25.000 km per tahun. Sementara itu, Kristiana et al. (2024) memproyeksikan kebutuhan infrastruktur pengisian kendaraan listrik berdasarkan jumlah kendaraan, home charging, jenis pengisi daya, lokasi, dan investasi. Wahyudi et al. (2024) juga menemukan bahwa persebaran SPKLU di Indonesia masih belum merata dan lebih terkonsentrasi di Pulau Jawa. Di sisi lain, Doi et al., (2023) menunjukkan bahwa kendaraan listrik berpotensi lebih ekonomis dibandingkan kendaraan konvensional pada kondisi tertentu, tetapi analisisnya masih menggunakan cakupan nasional.

Sebagai upaya mempercepat transisi menuju transportasi berkelanjutan, pemerintah menetapkan Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Presiden Nomor 79 Tahun 2023 serta Keputusan Menteri ESDM Nomor 24.K/TL.01/MEM.L/2025 tentang Rencana Pengembangan SPKLU Tahun 2025–2030. Kebijakan tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan konversi kendaraan konvensional ke kendaraan listrik memerlukan kesiapan infrastruktur pengisian daya dan efisiensi biaya operasional. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis data historis (bottom-up) untuk menganalisis konversi mobil penumpang ke kendaraan listrik, memproyeksikan kebutuhan SPKLU, membandingkan biaya operasional kendaraan konvensional dan kendaraan listrik, serta mengevaluasi implikasinya terhadap pengembangan infrastruktur transportasi berkelanjutan di Provinsi Aceh hingga tahun 2050. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi dasar ilmiah bagi pemerintah daerah dalam merencanakan pengembangan infrastruktur kendaraan listrik yang berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar penurunan emisi CO₂ yang dihasilkan dari konversi mobil penumpang konvensional ke kendaraan listrik di Provinsi Aceh hingga tahun 2050, jika dibandingkan antara skenario *Business as Usual* (BAU) dan skenario *Net Zero Emission* (NZE)?
2. Seberapa besar kebutuhan jumlah SPKLU di Provinsi Aceh untuk mendukung proyeksi populasi kendaraan listrik pada skenario NZE, dibandingkan dengan ketersediaan SPKLU saat ini?
3. Seberapa besar perbedaan BOK per kilometer antara mobil konvensional dan mobil listrik di Provinsi Aceh?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun dengan rumusan masalah yang telah ditetapkan, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisis seberapa besar penurunan emisi CO₂ dari konversi mobil penumpang konvensional ke kendaraan listrik di Provinsi Aceh hingga tahun 2050 pada skenario BAU dan NZE.
2. Menganalisis seberapa besar kebutuhan jumlah SPKLU di Provinsi Aceh berdasarkan proyeksi populasi kendaraan listrik pada skenario NZE, dibandingkan dengan ketersediaan SPKLU eksisting.
3. Menganalisis perbedaan biaya operasional kendaraan per kilometer antara mobil penumpang konvensional berbahan bakar bensin dan kendaraan listrik di Provinsi Aceh.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian ilmiah di bidang transportasi berkelanjutan, khususnya yang mengintegrasikan proyeksi konversi kendaraan listrik, estimasi penurunan emisi CO₂ berbasis skenario (BAU dan NZE), proyeksi kebutuhan SPKLU, dan perbandingan biaya operasional kendaraan dalam satu kerangka analisis yang terpadu. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi dan bahan pembanding bagi penelitian selanjutnya mengenai transisi kendaraan listrik di wilayah lain di Indonesia.

Penelitian ini juga memberikan manfaat praktis berupa hasil angka proyeksi kuantitatif berupa estimasi jumlah kebutuhan SPKLU serta perbandingan tingkat emisi antar-skenario, yang dapat menjadi bahan pertimbangan awal bagi pemerintah daerah dalam merencanakan pengembangan jumlah unit SPKLU di Provinsi Aceh.

Dari sisi sosial, hasil kajian ini diharapkan memberikan gambaran kepada masyarakat mengenai potensi penghematan biaya operasional per kilometer jika beralih dari mobil konvensional ke mobil listrik, sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan untuk beralih ke kendaraan listrik. Selain itu, hasil penelitian ini dapat meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai kontribusi konversi kendaraan listrik terhadap penurunan emisi gas rumah kaca di Provinsi Aceh.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Ruang lingkup dan batasan penelitian dengan judul “Analisis Konversi Kendaraan Konvensional ke Kendaraan Listrik Terhadap Infrastruktur Berkelanjutan” sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di Provinsi Aceh dengan objek kajian berupa mobil penumpang berbahan bakar bensin
2. Jenis kendaraan alternatif yang dianalisis dalam penelitian ini hanya mencakup *Battery Electric Vehicle* (BEV) hingga tahun 2050 menggunakan skenario BAU dan NZE.
3. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang mencakup jumlah kendaraan, infrastruktur pengisian, dan Biaya Operasional Kendaraan (BOK), yang diperoleh dari sumber resmi serta terpercaya.
4. Kajian hanya meliputi analisis penurunan emisi CO₂, proyeksi kebutuhan SPKLU, dan BOK.
5. Penelitian dibatasi pada analisis teknis kendaraan penumpang dan tidak mencakup pembahasan aspek ekonomi pasar, industri kendaraan listrik, maupun analisis finansial di luar ruang lingkup penelitian.

1.6 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *bottom-up* berdasarkan data sekunder untuk menganalisis konversi mobil penumpang konvensional ke kendaraan listrik di Provinsi Aceh. Data yang digunakan meliputi jumlah mobil penumpang, pertumbuhan kendaraan, jarak tempuh tahunan (VKT), konsumsi energi, faktor emisi, harga bahan bakar minyak, tarif listrik, jumlah (SPKLU), serta data pendukung lainnya yang diperoleh dari instansi pemerintah, lembaga terkait, dan literatur ilmiah. Data tersebut kemudian diolah untuk memproyeksikan jumlah kendaraan hingga tahun 2050 menggunakan regresi linear, yang selanjutnya menjadi dasar penyusunan dua skenario, yaitu BAU dan NZE. Berdasarkan kedua skenario tersebut dilakukan analisis penurunan emisi CO₂, proyeksi kebutuhan SPKLU, serta perbandingan BOK antara mobil konvensional berbahan bakar bensin dan mobil listrik.

1.7 Hasil Penelitian

Penelitian ini diharapkan menghasilkan suatu model analisis konversi mobil penumpang konvensional menjadi kendaraan listrik di Provinsi Aceh hingga tahun 2050 yang dapat digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi dampak transisi menuju transportasi rendah emisi. Model tersebut diharapkan mampu memberikan gambaran mengenai besarnya potensi penurunan emisi CO₂ melalui perbandingan antara skenario BAU dan NZE, sehingga dapat menunjukkan efektivitas peningkatan adopsi kendaraan listrik dalam menekan emisi sektor transportasi jalan hingga akhir periode proyeksi.

Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memproyeksikan kebutuhan SPKLU secara bertahap sesuai dengan pertumbuhan populasi kendaraan listrik hingga tahun 2050, sehingga dapat menjadi acuan dalam perencanaan penyediaan infrastruktur pendukung yang lebih terarah. Berdasarkan keseluruhan hasil tersebut, penelitian ini diharapkan menghasilkan rekomendasi pengembangan infrastruktur transportasi berkelanjutan yang dapat menjadi bahan pertimbangan bagi Pemerintah Provinsi Aceh dalam merumuskan kebijakan percepatan elektrifikasi kendaraan serta mendukung terwujudnya sistem transportasi yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan rendah emisi.