

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim global adalah fenomena lingkungan yang disebabkan oleh peningkatan gas rumah kaca (GRK) dari berbagai sektor, terutama pada sektor energi, transportasi, dan kegiatan ekonomi lainnya. Emisi karbon dioksida (CO₂) dari sektor transportasi menyumbang 8,1 Gigaton pada tahun 2022, dengan transportasi jalan raya menyumbang 5,87 Gt CO₂ emisi dan 3,53 Gt berasal dari kendaraan penumpang dan pribadi ([Abdullah et al., 2024](#)). Transportasi jalan menjadi kontributor terbesar dalam sektor transportasi karena pengaruh penggunaan kendaraan berbahan bakar fosil untuk mobilitas manusia dan distribusi barang. Lebih dari 56% populasi dunia memilih tinggal di kawasan perkotaan dan angka ini diprediksi meningkat hingga 68% pada tahun 2050 ([Charly and Caulfield, 2025](#)). Aktivitas ekonomi di kota-kota besar menyebabkan mobilitas menjadi komponen utama dalam sistem sosial modern. Oleh karena itu, sektor transportasi menjadi fokus utama dalam mitigasi perubahan iklim serta pembangunan transportasi berkelanjutan ([Hafli et al., 2026](#)).

Di Indonesia, emisi sektor transportasi menunjukkan tren peningkatan seiring pertumbuhan kendaraan bermotor dan urbanisasi yang luas. Bahwa jumlah kendaraan bermotor di Indonesia telah melebihi 152 juta unit pada tahun 2023, dengan sepeda motor lebih dari 83% dari total armada kendaraan nasional. Jumlah kendaraan jenis ini meningkat seiring dengan peningkatan kebutuhan masyarakat terhadap mobilitas di wilayah perkotaan yang semakin padat seperti Jakarta, Batam, Medan dan Makassar. Jakarta adalah salah satu kota di Asia Tenggara dengan kemacetan tertinggi, ini mengakibatkan peningkatan waktu perjalanan dan tingkat bahan bakar kendaraan. kondisi ini langsung meningkatkan emisi CO₂ per kilometer perjalanan ([Statistik Transportasi Darat, 2025](#)). Selain itu, pertumbuhan kota dan ekonomi membuat kebutuhan transportasi penting. Oleh karena itu, sektor

transportasi jalan di Indonesia memiliki peran penting dalam penggabungan dan juga merupakan sektor strategis dalam pengendalian emisi.

Emisi CO₂ dari kendaraan berbahan fosil terbesar di Indonesia terjadi pada tahun 2022 dengan nilai emisi yang meningkat 13,14% dari tahun sebelumnya. Emisi transportasi sangat berhubungan dengan volume lalu lintas kendaraan, jenis kendaraan, konsumsi bahan bakar, jarak tempuh kendaraan, serta faktor emisi yang dihasilkan oleh setiap jenis kendaraan. Misalnya mengkaji beban emisi CO₂ sektor transportasi darat di Provinsi Gorontalo melalui analisis pertumbuhan historis kendaraan bermotor pada periode 2017-2024 serta pemodelan proyeksi emisi hingga tahun 2030 menggunakan model Regresi Tren Linier dengan faktor emisi standar (Malik, Dunggio, and Rahim, 2025).

Di sisi lain, pertumbuhan wilayah metropolitan Indonesia seperti Jakarta, Batam, Medan, dan Makassar menunjukkan peningkatan volume lalu lintas dan tingkat kemacetan setiap tahunnya, yang mengakibatkan peningkatan emisi per kilometer perjalanan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa transportasi jalan memberikan kontribusi lingkungan yang signifikan di wilayah perkotaan karena mobilitas manusia dan distribusi barang merupakan komponen penting dari sistem sosial ekonomi modern (Abdou et al., 2025). Oleh karena itu, analisis faktor *emission greenhouse* pada sektor transportasi membutuhkan pendekatan kuantitatif. Pendekatan ini penting untuk menghasilkan estimasi yang lebih akurat terhadap kondisi nyata sistem transportasi perkotaan.

Secara umum, ada dua metode yang dapat digunakan untuk mengestimasi emisi karbon dioksida transportasi yaitu metode *top-down* menggunakan data agregat konsumsi pada tingkat nasional untuk memperkirakan total emisi, dan metode *bottom-up* menggunakan data aktivitas yang lebih spesifik, seperti jumlah kendaraan, jenis bahan bakar, jarak tempuh, serta faktor emisi jenis kendaraan berdasarkan kategori kendaraan. Dalam kajian terbaru, (Charly and Caulfield, 2025) menjelaskan bahwa metode *bottom-up* merupakan salah satu metode yang efektif untuk mengestimasi faktor emisi transportasi secara lebih rinci. Sejalan dengan itu (Abdou et al., 2025) menunjukkan bahwa metode ini mampu menghasilkan estimasi emisi karbon dioksida yang lebih akurat pada skala

perkotaan karena mempertimbangkan karakteristik operasional sistem transportasi secara lebih detail. Metode *bottom-up* dianggap lebih spesifik dalam analisis emisi transportasi jalan karena menggabungkan berbagai faktor kuantitatif, seperti komposisi kendaraan, jarak tempuh rata-rata, konsumsi bahan bakar, dan faktor emisi unik masing-masing jenis kendaraan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Seberapa besar emisi gas rumah kaca pada sektor transportasi jalan berdasarkan metode *bottom-up*?
2. Seberapa besar kontribusi masing masing jenis kendaraan terhadap total emisi gas rumah kaca?
3. Seberapa besar hubungan antara jumlah kendaraan, VKT, dan konsumsi bahan bakar terhadap besaran emisi gas rumah kaca?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang telah disebutkan maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis besaran emisi gas rumah kaca pada sektor transportasi jalan menggunakan metode *bottom-up*.
2. Mengidentifikasi dan menganalisis masing-masing jenis kendaraan terhadap total emisi gas rumah kaca.
3. Menganalisis hubungan antara jumlah kendaraan, Vehicle Kilometers Traveled, dan konsumsi bahan bakar terhadap besaran emisi gas rumah kaca pada sektor transportasi jalan di Indonesia.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian dari pada penelitian ini maka manfaat penelitian adalah sebagai berikut :

1. Secara praktis, bisa memberikan data estimasi emisi gas rumah kaca sektor transportasi jalan sebagai dasar perumusan kebijakan pengendalian emisi di perkotaan.

2. Secara akademis, bisa menambah referensi ilmiah terkait penggunaan metode *bottom-up* dalam analisis emisi transportasi.
3. Secara sosial, bisa meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap dampak transportasi terhadap lingkungan.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Untuk mempermudah penyelesaian masalah dan menghindari penelitian yang terlalu luas sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka diperlukan batasan penelitian sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya mencakup penelitian di Indonesia.
2. Penelitian ini hanya di fokuskan pada sektor transportasi jalan dalam sistem mobilitas perkotaan.
3. Penelitian ini hanya mengestimasi emisi gas rumah kaca menggunakan metode *bottom-up*.
4. Data yang dianalisis merupakan data tahunan historis dan diproyeksikan sesuai ketersediaan data di Indonesia.
5. Jenis emisi yang dikaji terbatas pada emisi (CO₂) dari transportasi jalan.
6. Penelitian hanya berfokus pada jenis kendaraan bermotor.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif dengan analisis deskriptif, yang bertujuan untuk mengukur dan menganalisis besaran emisi gas rumah kaca pada sektor transportasi jalan di kawasan perkotaan. Metode ini dipilih karena mampu menggambarkan kondisi empiris secara numerik berdasarkan data aktivitas transportasi, seperti jumlah kendaraan, jarak tempuh, konsumsi bahan bakar, dan faktor emisi. Metode *bottom-up* digunakan sebagai metode utama dalam estimasi emisi karena dinilai lebih rinci dan mampu merepresentasikan kondisi nyata di lapangan berdasarkan karakteristik masing-masing jenis kendaraan.

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder yang diperoleh dari instansi resmi, seperti Badan Pusat Statistik Indonesia, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, serta Kementerian

Energi dan Sumber Daya Mineral. Data yang digunakan meliputi jumlah kendaraan berdasarkan jenis, jarak tempuh kendaraan (*vehicle kilometers traveled*), konsumsi bahan bakar, serta faktor emisi. Data tersebut kemudian diolah dan diklasifikasikan sesuai kategori kendaraan untuk mendukung proses analisis emisi secara lebih terstruktur.

Tahap analisis dilakukan dengan menghitung emisi GRK menggunakan metode *bottom-up*, yaitu dengan mengalikan data aktivitas transportasi dengan faktor emisi untuk setiap jenis kendaraan. Hasil perhitungan tersebut kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui kontribusi masing-masing jenis kendaraan terhadap total emisi serta hubungan antara mobilitas perkotaan dan tingkat emisi yang dihasilkan. Dengan demikian, metode penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang sistematis dan akurat mengenai kondisi emisi transportasi jalan di Indonesia.

1.7 Hasil Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah kendaraan bermotor di Indonesia terus mengalami peningkatan selama periode 2015–2024 dan diproyeksikan terus bertambah hingga tahun 2040. Peningkatan jumlah kendaraan tersebut menyebabkan aktivitas transportasi jalan semakin tinggi sehingga konsumsi bahan bakar dan emisi gas rumah kaca juga terus meningkat. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode *Bottom-Up*, sepeda motor menjadi jenis kendaraan yang memberikan kontribusi emisi CO₂ terbesar dibandingkan mobil penumpang, bus, dan truk karena memiliki jumlah kendaraan yang paling dominan.

Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara aktivitas transportasi yang diwakili oleh *Vehicle Kilometers Travelled* dengan emisi gas rumah kaca. Semakin tinggi aktivitas kendaraan, maka konsumsi bahan bakar dan emisi CO₂ yang dihasilkan juga semakin besar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pertumbuhan kendaraan bermotor menjadi faktor utama yang memengaruhi peningkatan emisi GRK pada sektor transportasi jalan, sehingga diperlukan upaya pengelolaan transportasi yang lebih berkelanjutan untuk mengurangi dampak lingkungan di masa mendatang.