

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perubahan iklim global menjadi salah satu isu lingkungan yang paling mendesak di abad ke-21. Salah satu penyebab utamanya adalah peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer yang diakibatkan oleh aktivitas manusia, termasuk dari sektor transportasi (Alhindawi et al., 2020a). Di Indonesia, sektor transportasi menjadi salah satu penyumbang terbesar emisi gas rumah kaca, dengan kontribusi sekitar 27% terhadap total emisi dari sektor energi (Arisanti et al., 2024). Sedangkan di dunia, sektor transportasi merupakan penyumbang emisi karbon terbesar kedua, dengan jumlah lebih dari 8,4 miliar ton CO<sub>2</sub> pada tahun 2022, atau sekitar 23% dari total emisi karbon global (Jing et al., 2024). Di antara berbagai moda transportasi, transportasi jalan raya memberikan andil paling signifikan, terutama akibat pembakaran bahan bakar fosil oleh kendaraan bermotor (Alfaseeh et al., 2020). Di Amerika Serikat, transportasi jalan menyumbang sekitar 22% dari total emisi gas rumah kaca nasional, dan hampir 73% dari total emisi yang dihasilkan oleh sektor transportasi secara keseluruhan Alhindawi et al., (2016).

Menurut Huo et al., (2023) salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan emisi kendaraan adalah regresi multivariat, yaitu pendekatan statistik yang menganalisis pengaruh beberapa variabel bebas seperti jumlah kendaraan, konsumsi bahan bakar, jenis kendaraan, dan kecepatan rata-rata terhadap variabel dependen, yaitu jumlah emisi. Penggunaan metode ini memungkinkan analisis dampak variabel seperti umur kendaraan, perawatan, dan teknologi bahan bakar terhadap emisi (Nurdjanah N, 2014). Studi di Denpasar menunjukkan bahwa variabel-variabel ini bersama-sama menjelaskan sekitar 69–80 % variasi emisi CO, HC, dan opacity (Nilrit & Sampanpanish, 2012). Oleh karena itu, metode ini sangat cocok untuk memproyeksikan tren emisi di masa depan berdasarkan data historis. Studi oleh (Ye et al., 2025a) China yang menerapkan multiple linear regression dalam kerangka tiga-lapisan

(vehicle-road-driver) untuk mengestimasi faktor emisi CO<sub>2</sub> dari atribut kendaraan, kondisi jalan, dan perilaku pengemudi, serta penelitian *Influence of travel time on carbon dioxide emissions from urban traffic* yang menggunakan model regresi multivariat untuk menganalisis hubungan antara durasi perjalanan, tipe kendaraan, dan emisi CO<sub>2</sub> menunjukkan korelasi linear yang signifikan dan kuat (Sanchez-Balseca et al., n.d.). Oleh karena itu, metode ini sangat cocok untuk memproyeksikan tren emisi di masa depan berdasarkan data historis.

Namun demikian, analisis berbasis regresi multivariat umumnya lebih kuat untuk menjelaskan kondisi historis, sehingga untuk keperluan proyeksi emisi jangka panjang diperlukan pendekatan tambahan yang mampu menggambarkan pola pertumbuhan nonlinier. Salah satu model yang banyak digunakan dalam kajian transportasi dan energi adalah **model Gompertz**, yang merepresentasikan pola pertumbuhan berbentuk kurva-S dan mampu menangkap kecenderungan pertumbuhan serta kejenuhan jumlah kendaraan di masa depan. Dalam studi transportasi, **Dargay et al. (2007)** menggunakan fungsi Gompertz untuk memodelkan pertumbuhan kepemilikan kendaraan berdasarkan pendapatan per kapita dan menunjukkan bahwa model ini sesuai untuk proyeksi jangka panjang. Selain itu, **Wu et al. (2014)** secara eksplisit menerapkan model Gompertz untuk memproyeksikan pertumbuhan kendaraan dan kebutuhan energi sektor transportasi hingga tahun 2050. Oleh karena itu, model Gompertz dinilai relevan untuk digunakan dalam penelitian ini guna memproyeksikan emisi kendaraan hingga tahun 2050.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang ingin dicapai pada analisis ini yaitu akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Seberapa besar pengaruh rasio antara *Vehicle Kilometer by Mode* (VKM) dan *Number of Transportation Vehicles* (NTV) dalam mempengaruhi emisi dari sektor transportasi.
2. Seberapa besar moda transportasi yang paling signifikan mempengaruhi tingkat emisi berdasarkan hasil regresi linear multivariat.

3. Seberapa besar model regresi linear multivariat dalam memprediksi tingkat emisi berdasarkan data rasio VKM terhadap NTV pada berbagai moda transportasi jalan.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada analisis ini yaitu akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Menganalisis besarnya pengaruh rasio antara VKM dan NTV terhadap emisi dari sektor transportasi.
2. Menganalisis kontribusi masing-masing jenis transportasi terhadap total emisi berdasarkan hubungan statistik antar variabel yaitu kendaraan berat dan kendaraan ringan.
3. Menganalisis besarnya efektivitas model regresi linear multivariat dalam memprediksi tingkat emisi berdasarkan data rasio VKM terhadap NTV pada berbagai moda transportasi jalan.

### **1.4 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. Moda transportasi yang dianalisis meliputi kendaraan ringan dan kendaraan berat.
3. Variabel yang digunakan terbatas pada rasio antara jarak tempuh kendaraan (VKM) dan jumlah kendaraan (NTV).
4. Model analisis yang digunakan hanya regresi multivariat dan gompertz
5. Data yang dianalisis merupakan data tahunan historis dan diproyeksikan sesuai ketersediaan data di Indonesia.
6. Jenis emisi yang dikaji terbatas pada emisi (CO<sub>2</sub>) dari transportasi jalan.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian yang ingin dicapai pada analisis ini yaitu akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan dasar ilmiah bagi kebijakan pengurangan emisi, dengan fokus pada kendaraan yang paling berpengaruh.
2. Menyediakan informasi yang akurat bagi pengambil kebijakan, peneliti, dan perencana transportasi untuk memprioritaskan strategi intervensi berdasarkan jenis kendaraan yang paling berpengaruh terhadap peningkatan emisi.
3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam menyediakan dasar ilmiah dan praktis bagi perumusan strategi pengendalian emisi sektor transportasi jalan di negara Indonesia.

## **1.6 Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis statistik dan pemodelan matematis untuk memproyeksikan emisi CO<sub>2</sub> sektor transportasi jalan di Indonesia. Metode yang digunakan terdiri dari regresi linear multivariat dan model Gompertz, yang diaplikasikan secara berurutan sesuai dengan tujuan penelitian.

Data yang digunakan merupakan data sekunder tahunan yang mencakup jumlah kendaraan, jarak tempuh kendaraan, serta data emisi CO<sub>2</sub> sektor transportasi jalan. Data tersebut diperoleh dari instansi resmi dan sumber literatur yang relevan.

Tahap awal penelitian dilakukan dengan menghitung rasio VKM terhadap NTV untuk masing-masing moda transportasi. Rasio ini selanjutnya digunakan sebagai variabel independen dalam model regresi linear multivariat, sedangkan emisi CO<sub>2</sub> digunakan sebagai variabel dependen. Model regresi ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh masing-masing moda transportasi terhadap emisi serta mengidentifikasi moda yang paling dominan berkontribusi terhadap peningkatan emisi.

Selanjutnya, untuk keperluan proyeksi jangka panjang, digunakan model Gompertz guna memodelkan tren pertumbuhan aktivitas transportasi dan emisi hingga tahun 2050. Model Gompertz dipilih karena mampu merepresentasikan pola

pertumbuhan nonlinier dan kejenuhan sistem transportasi, sehingga menghasilkan proyeksi yang lebih realistis dibandingkan model linear.

Hasil pemodelan kemudian dianalisis melalui evaluasi statistik, interpretasi koefisien model, serta visualisasi grafik guna menggambarkan tren emisi dan implikasinya terhadap perencanaan transportasi berkelanjutan.