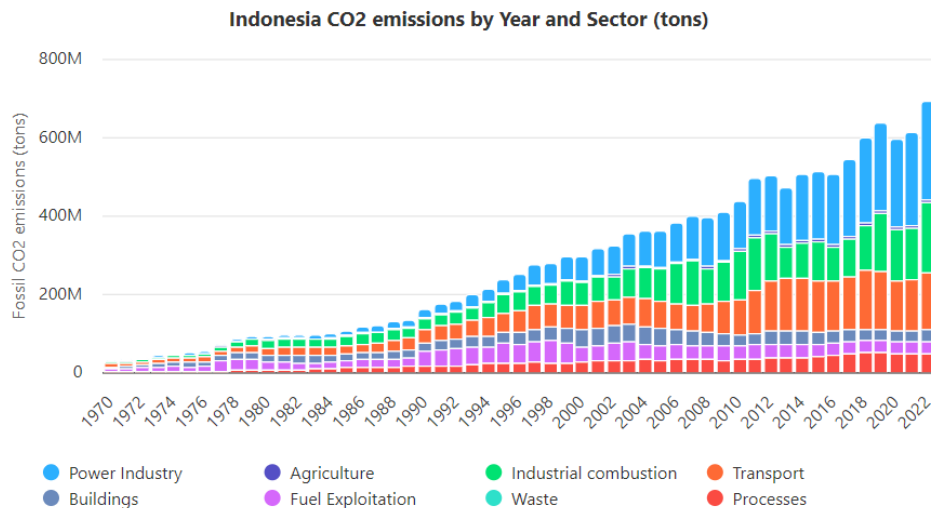


# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Menurut Alhindawi et al., (2020) Perubahan iklim global menjadi perhatian utama akibat meningkatnya konsentrasi *gas rumah kaca* (GRK) atau *greenhouse gass emission* (GHG). Dampak dari GHG/GRK emisi adalah peningkatan suhu global dan perubahan iklim ekstrem (Febriani Irma, 2024). Sektor transportasi merupakan salah satu kontributor utama terhadap emisi GRK. Di Amerika Serikat, transportasi jalan raya menyumbang sekitar 73% dari total emisi sektor transportasi (Alhindawi et al., 2020). Sedangkan menurut data dari *IESR (2021)* emisi transportasi secara global menyumbang 90% dengan total emisi di sektor energi yang mendekati 600 MtCO<sub>2</sub>eq dan berdasarkan data *Worldometer, (2025)* emisi dari sektor transportasi menempati peringkat ketiga secara nasional dalam kontribusinya terhadap emisi GRK.



**Gambar 1. 1** Data Tren Emisi CO<sub>2</sub> dari Berbagai Sektor Tahun-tahun di Indonesia

Sumber : *Worldometer, (2025)*

Perkembangan jumlah kendaraan bermotor yang pesat, pertumbuhan ekonomi, dan urbanisasi menjadi utama peningkatan emisi dari transportasi (Choi,

David C Roberts, et al., 2014). Sebuah studi oleh Arief Budihardjo et al., (2021) memperkirakan bahwa emisi kendaraan berat di Kota Semarang saja dapat mencapai lebih dari 22.000 Gg CO<sub>2</sub> atau tahun pada 2030 jika tidak ada intervensi kebijakan. Fenomena ini mencerminkan urgensi untuk melakukan proyeksi emisi guna mendukung perencanaan kebijakan pengendalian pencemaran udara yang lebih efektif dan penelitian yang dilakukan oleh Wahyu et al., (2024), peningkatan kapasitas jalan yang mendorong volume kendaraan lebih tinggi dapat memperburuk kualitas udara lokal. Studi simulasi di Jalan Imam Bonjol, Denpasar di Bali menemukan bahwa setelah jalan diperlebar untuk menampung lebih banyak kendaraan, emisi gas buang kendaraan meningkat signifikan. Kadar polutan *karbon monoksida* (CO) dan *nitrogen oksida* (Nox) tercatat melonjak hingga ~216% lebih tinggi dibandingkan kondisi sebelum pelebaran jalan. Oleh karena itu, upaya mitigasi seperti elektrifikasi kendaraan dan pengembangan transportasi publik menjadi penting dalam menurunkan emisi dari sektor ini (Alhindawi et al., 2020).

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk memproyeksikan emisi secara kuantitatif adalah dengan metode peramalan (*Forescasting*) (AlTalhoni et al., 2024). Model DES telah digunakan secara luas dalam berbagai bidang untuk memproyeksikan data deret waktu yang memiliki tren, termasuk emisi (Alhindawi et al., 2019). Metode ini memiliki keunggulan karena kesederhanaannya, kemampuannya dalam menangkap pola tren linier, serta hasil prediksi yang cukup akurat jika dibandingkan dengan model kompleks seperti ARIMA.

Dalam konteks transportasi jalan, penerapan model DES dapat membantu dalam memprediksi pola emisi CO<sub>2</sub> di masa depan berdasarkan data historis, seperti jumlah kendaraan, konsumsi bahan bakar, dan volume perjalanan kendaraan (Choi, David C. Roberts, et al., 2014). Hasil proyeksi ini penting bagi pembuat kebijakan dalam strategi mitigasi, seperti pengembangan kendaraan rendah emisi, perbaikan manajemen lalu lintas, serta pengembangan infrastruktur transportasi berkelanjutan (Alhindawi et al., 2020).

Namun, penerapan metode DES dalam konteks proyeksi emisi di sektor transportasi jalan di Indonesia masih sangat terbatas, oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan mengembangkan model peramalan

berbasis DES untuk memproyeksikan emisi dari transportasi jalan (Sekaryadi & Santosa, 2017).

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh proyeksi yang lebih akurat terhadap emisi CO<sub>2</sub> masa depan dari sektor transportasi jalan, sehingga dapat dijadikan dasar dalam penyusunan kebijakan lingkungan dan transportasi yang tepat guna menurunkan pencemaran udara dan mendukung komitmen Indonesia dalam pengurangan emisi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

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

1. Seberapa besar proyeksi tren emisi jika tidak ada perubahan signifikan dalam teknologi kendaraan atau kebijakan transportasi.
2. Seberapa besar model DES dalam menghasilkan prediksi yang akurat terhadap emisi transportasi dalam jangka waktu hingga tahun 2060.
3. Seberapa Proyeksi DES dapat digunakan untuk mengevaluasi dampak skenario penggantian kendaraan konvensional dengan kendaraan listrik terhadap penurunan emisi di sektor transportasi.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

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

1. Menganalisis besarnya proyeksi tren emisi jika tidak ada perubahan signifikan dalam teknologi kendaraan atau kebijakan transportasi.
2. Menganalisis besarnya model DES menghasilkan prediksi yang akurat terhadap emisi transportasi dalam jangka waktu hingga tahun 2060.
3. Menganalisis besarnya model DES dapat digunakan untuk mengevaluasi dampak skenario penggantian kendaraan konvensional dengan kendaraan listrik terhadap penurunan emisi di sektor transportasi.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Hasil proyeksi tren emisi dari sektor transportasi menggunakan model DES dapat memberikan informasi penting bagi pemerintah dan pembuat kebijakan mengenai tingkat kenaikan emisi apabila tidak ada perubahan signifikan dalam teknologi atau kebijakan.
2. Memberikan dasar ilmiah bagi penggunaan metode DES sebagai alat prediksi emisi transportasi untuk jangka panjang.
3. Penelitian ini bermanfaat dalam memberikan data simulasi skenario pengurangan emisi, misalnya jika kendaraan konvensional digantikan dengan kendaraan listrik atau hibrida. Hal ini dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam perumusan insentif atau regulasi adopsi kendaraan rendah emisi.

#### **1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian**

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

1. Penelitian ini hanya mencakup penelitian di indonesia
2. Proyeksi jangka waktu hingga 2060 sehingga asumsi tren masa lalu diasumsikan berlanjut ke masa depan, tanpa mempertimbangkan perubahan teknologi besar yang mungkin muncul setelah penelitian ini selesai.
3. DES hanya mengandalkan tren linier dua tingkat (*intersep dan slope*) dan tidak mencakup variabel eksternal seperti harga bahan bakar, kebijakan pemerintah, atau pola urbanisasi.
4. Tidak semua jenis kendaraan tercakup, terutama kendaraan khusus, kendaraan listrik, atau kendaraan baru yang mungkin muncul di masa depan.
5. Jenis emisi yang dikaji terbatas pada emisi (CO<sub>2</sub>) dari transportasi jalan.
6. Data yang dianalisis merupakan data tahunan historis dan diproyeksikan sesuai ketersediaan data di indonesia.
7. Model analisis yang digunakan hanya DES.

## **1.6 Metode Penelitian**

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode DES untuk memproyeksikan emisi CO<sub>2</sub> dari sektor transportasi jalan di Indonesia. Penelitian diawali dengan studi literatur untuk mengkaji konsep dasar emisi transportasi, metode peramalan, serta indikator jumlah kendaraan dan jarak tempuh kendaraan VKM dan NTV yang memengaruhi tingkat emisi. Data yang digunakan adalah data sekunder berupa data historis emisi CO<sub>2</sub>, jumlah kendaraan berdasarkan jenis, dan jarak tempuh kendaraan di Indonesia yang diperoleh dari instansi terkait. Data disusun dalam bentuk deret waktu tahunan, kemudian diolah menggunakan model DES dengan menentukan parameter pemulusan untuk menghitung level dan tren, sehingga menghasilkan proyeksi emisi di masa mendatang yang akurasi dievaluasi menggunakan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE)