

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan kemampuan untuk mengingat data jangka panjang, algoritma LSTM adalah jenis arsitektur Jaringan Saraf Tiruan (JST) yang dirancang untuk memproses dan memodelkan data urutan atau deret waktu. Dengan kata lain, menangkap pola jangka panjang dalam data deret waktu dapat membantu kita memahami tren emisi CO₂ kendaraan bermotor. Sebaliknya, algoritma ARIMA adalah model statistik yang digunakan untuk menganalisis dan meramalkan data deret waktu. AR terdiri dari tiga komponen utama, *Autoregressive* (AR), *Moving Average* (MA), dan operasi diferensiasi yang mengambil tren dan musiman dalam data. Arima dapat memberikan estimasi yang akurat tentang perbedaan emisi CO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor.

Sebelumnya sudah dilakukan penelitian terkait permodelan dan peramalan Emisi CO₂ di China menggunakan algoritma ARIMA + LSTM. Dalam penelitian tersebut, diusulkan model hibrida ARIMA + LSTM untuk memprediksi Emisi CO₂ di Cina secara keseluruhan dan di tiga wilayah. Dengan memilih 14 faktor pengaruh dan menggunakan metode Random Forest untuk menilainya, model ini terbukti lebih baik daripada LR, BPNN, ARIMA, dan LSTM. Hasilnya menunjukkan bahwa model ini lebih akurat dalam memprediksi tren Emisi CO₂, serta dapat diterapkan secara efektif dalam prediksi CO₂. Analisis faktor-faktor demografi, ekonomi, transportasi, dan teknologi menunjukkan bahwa kegiatan industri primer dan sekunder menjadi penyumbang terbesar Emisi CO₂, sehingga mengurangi bagian mereka dapat efektif dalam mengurangi emisi.

Urbanisasi yang pesat dan meningkatnya mobilitas masyarakat mendorong pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor, yang berkontribusi terhadap peningkatan Emisi CO₂. Sekitar 75% dari total Emisi CO₂ sektor transportasi global berasal dari kendaraan penumpang, menunjukkan besarnya kontribusi kendaraan bermotor dalam akumulasi karbon [13]. Untuk mendukung upaya mitigasi, diperlukan pemahaman yang komprehensif terhadap pola emisi serta kemampuan dalam

memprediksi tren di masa depan. Analisis yang akurat dapat menjadi landasan ilmiah bagi perumusan kebijakan yang terukur serta pengembangan strategi pengurangan emisi yang lebih tepat sasaran.

Di era globalisasi ekonomi, masalah Emisi CO₂ dan perubahan iklim telah muncul dan menarik perhatian para sarjana [1]. Menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), jumlah CO₂ di atmosfer meningkat dengan kecepatan 2% per tahun. Pada tahun 2014, Emisi CO₂ global mencapai 36,14 miliar ton, tiga kali lipat dari jumlah yang dihasilkan pada tahun 1960. Emisi CO₂ yang besar ini memperburuk proses pemanasan global dan tindakan yang kuat diperlukan untuk menjaga pembangunan global yang berkelanjutan [2].

Tren kenaikan emisi Gas Rumah Kaca atau GRK, menaik sekitar 4,3% dari 2010 hingga 2018 yang menjadikan sektor transportasi sebagai salah satu penghasil emisi karbon terbesar dengan persentase 96,36% atau 28.317 ton per tahun [3]. Karena konsekuensi negatif yang signifikan dari perubahan iklim, masalah lingkungan yang disebabkan oleh transportasi darat semakin memburuk seiring dengan percepatan urbanisasi. Sementara permintaan transportasi meningkat, sektor transportasi harus menghadapi kesulitan dalam mengurangi emisi [4]. Jumlah gas rumah kaca yang dilepaskan ke lingkungan telah turun secara signifikan akibat pandemi COVID-19 pada tahun 2020, namun suhu global masih terus meningkat sebagai akibat dari peningkatan tingkat polusi udara [5].

Dengan pertumbuhan urbanisasi yang dipercepat, isu lingkungan yang disebabkan oleh transportasi telah menjadi tantangan karena dampak negatif yang signifikan terhadap perubahan iklim [6]. Meskipun pandemi COVID-19 (dimulai pada 2020) telah sementara menurunkan jumlah gas rumah kaca yang dilepaskan ke atmosfer, suhu planet ini meningkat karena polutan udara yang terus meningkat [7]. Lebih lanjut, 20 hingga 30% gas rumah kaca global (GHG) dikeluarkan dari transportasi penumpang dan barang [8], dan 75% total emisi karbon dioksida berasal dari mobil penumpang [9]. Meskipun ada regulasi standar emisi bahan bakar dan gas rumah kaca yang ketat, jumlah kendaraan bekas telah meningkat secara signifikan, sejalan dengan peningkatan perjalanan mil kendaraan (VMT), yang mengarah ke persentase besar mereka dalam emisi polutan udara dan konsumsi sumber daya alam [10]. Seperti, dalam dekade terakhir, telah ada

kekhawatiran mendesak tentang perubahan iklim, model estimasi Emisi CO₂ dan konsumsi bahan bakar dari kendaraan menjadi semakin penting. Oleh karena itu, hal ini telah membangkitkan minat global dalam penelitian terapan (di bidang analitik data dan pembelajaran mesin) untuk keberlanjutan di antara peneliti dan insinyur global [11], [12].

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan memproyeksikan emisi karbon dioksida yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor di Indonesia dengan menggunakan teknik pemodelan deret waktu. Dengan mengintegrasikan algoritma hibrida LSTM dan ARIMA, pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi prediksi, sehingga memberikan kontribusi signifikan dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan emisi dan kebijakan lingkungan. Tidak hanya itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengeksplorasi potensi algoritma hibrida LSTM dan ARIMA dalam analisis dan prediksi Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor. Diharapkan pendekatan ini dapat meningkatkan akurasi dan ketepatan prediksi, serta memberikan kontribusi yang berharga dalam pengembangan strategi mitigasi emisi yang efektif dan berkelanjutan di sektor transportasi. Selain itu, hasil prediksi yang akurat juga dapat menjadi sumber motivasi bagi individu dan lembaga untuk mengambil langkah-langkah konkrit dalam mendukung keberlanjutan lingkungan dan kehidupan, serta mengurangi adanya dampak negatif dari Emisi CO₂ terhadap bumi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pernyataan latar belakang diatas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan algoritma Hibrida LSTM dan ARIMA dalam memprediksi Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor?
2. Bagaimana akurasi Hibrida LSTM dan ARIMA dalam memprediksi Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor?
3. Bagaimana hasil analisis prediksi yang diperoleh dengan menggunakan metode Hibrida LSTM dan ARIMA?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibahas diatas, maka tujuan dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Menganalisis efektivitas penerapan algoritma Hibrida LSTM dan ARIMA dalam memprediksi Emisi CO2 Kendaraan Bermotor.
2. Mengetahui akurasi dari penerapan Hibrida LSTM dan ARIMA dalam memprediksi Emisi CO2 Kendaraan Bermotor.
3. Mengetahui hasil analisis prediksi dan tingkat kesalahan yang dihasilkan dalam memprediksi Emisi CO2 Kendaraan Bermotor dengan menggunakan algoritma Hibrida LSTM dan ARIMA.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibahas, penelitian ini memiliki manfaat, di antaranya yaitu:

1. Bagi Penulis
 - a. Melalui penelitian ini, penulis memanfaatkan kompetensi yang telah dikuasai sepanjang perkuliahan di Program Studi Informatika, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
 - b. Mendapatkan pemahaman, perspektif, serta keahlian baru terkait aplikasi algoritma LSTM dan ARIMA guna melakukan prediksi terhadap emisi CO2 dari kendaraan bermotor.
 - c. Menyelesaikan salah satu tugas akhir sebagai prasyarat kelulusan program pendidikan Strata Satu (S1) di Program Studi Informatika, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Bagi Universitas
 - a. Mengetahui kemampuan mahasiswa dalam menguasai materi pelajaran yang telah diperoleh pada bangku kuliah.
 - b. Meningkatkan reputasi universitas dalam bidang penelitian lingkungan dan teknologi ramah lingkungan.
 - c. Menambah indeks hasil penelitian yang dapat dijadikan bahan bacaan peneliti lain yang berminat mengkaji masalah serupa.

3. Bagi Masyarakat
 - a. Mengetahui informasi prediksi Emisi CO₂ pada Kendaraan Bermotor.
 - b. Mendorong kesadaran masyarakat akan pentingnya pengurangan Emisi CO₂ pada Kendaraan Bermotor.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan yang sudah disebutkan diatas, diperlukan adanya batasan masalah agar penelitian ini tidak terlalu luas dan dapat berfokus pada permasalahan yang dikaji. Maka dibuatlah batasan pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut

- a. Penelitian ini hanya akan berfokus pada analisis prediksi Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor.
- b. Penelitian ini hanya menggunakan data historis Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor dengan spesifikasi ukuran mesin 250cc dan bahan bakar Pertamina. Data yang digunakan berjumlah 1000 entri, berasal dari Aplikasi Eco-Route dengan fitur data meliputi tanggal pemakaian, total waktu tempuh, total jarak tempuh, dan total emisi CO₂ yang dihasilkan. Variabel-variabel ini digunakan untuk mempengaruhi akurasi analisis prediksi tanpa mempertimbangkan faktor-faktor lain, seperti faktor cuaca, geografis, lalu lintas, kondisi mesin, dan sosial-ekonomi.