



SKRIPSI

ANALISIS PREDIKSI EMISI KARBON DIOKSIDA KENDARAAN BERMOTOR MENGGUNAKAN ALGORITMA HIBRIDA LSTM DAN ARIMA

MUHAMMAD HAKAM FARDANA
NPM 20081010198

DOSEN PEMBIMBING

Wahyu SJ Saputra, S.Kom., M.Kom.
Made Hanindia Prami S, S.Kom., M.Cs.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
SURABAYA
2025**

Halaman ini sengaja dikosongkan



SKRIPSI

ANALISIS PREDIKSI EMISI KARBON DIOKSIDA KENDARAAN BERMOTOR MENGUNAKAN ALGORITMA HIBRIDA LSTM DAN ARIMA

MUHAMMAD HAKAM FARDANA
NPM 20081010198

DOSEN PEMBIMBING
Wahyu SJ Saputra, S.Kom., M.Kom.
Made Hanindia Prami S, S.Kom., M.Cs.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
SURABAYA
2025**

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PREDIKSI EMISI KARBON DIOKSIDA KENDARAAN BERMOTOR MENGGUNAKAN ALGORITMA HIBRIDA LSTM DAN ARIMA

Oleh:
MUHAMMAD HAKAM FARDANA
NPM. 20081010198

Telah dipertahankan dihadapan dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Prodi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur Pada tanggal 16 Mei 2025.

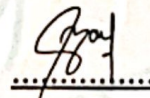
Menyetujui,

Wahyu SJ Saputra, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19860825 202121 1 003



(Pembimbing I)

Made Hanindia Prami S, S.Kom., M.Cs.
NIP. 19890205 201803 2 001



(Pembimbing II)

Budi Nugroho, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19800907 202121 1 005



(Ketua Penguji)

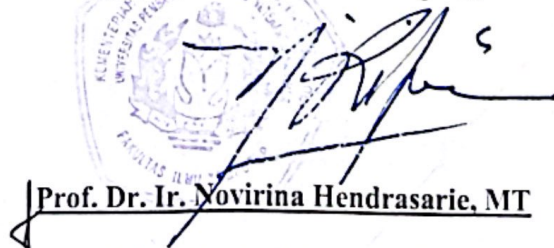
Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19890705 2021212 002



(Anggota Penguji II)

Mengetahui

Dekan Fakultas Ilmu Komputer



Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT

NIP. 19681126 199403 2 001

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS PREDIKSI EMISI KARBON DIOKSIDA KENDARAAN
BERMOTOR MENGGUNAKAN ALGORITMA HIBRIDA LSTM DAN
ARIMA**

Oleh:

MUHAMMAD HAKAM FARDANA

NPM. 20081010198

Menyetujui,

**Koordinator Program Studi Informatika
Fakultas Ilmu Komputer**



Fetty Tri Anggraeny, S.Kom. M.Kom

NIP. 19820211 2021212 005

Halaman ini sengaja dikosongkan

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Hakam Fardana
NPM : 20081010198
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Informatika
Fakultas : Ilmu Komputer

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



Surabaya, 12 Juni 2025

Yang Membuat pernyataan



Muhammad Hakam Fardana
20081010198

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRAK

Nama Mahasiswa : Muhammad Hakam Fardana / 20081010198
Judul Skripsi : Analisis Prediksi Emisi Karbon Dioksida
Kendaraan Bermotor menggunakan Algoritma
Hibrida LSTM dan ARIMA
Dosen Pembimbing : 1. Wahyu SJ Saputra, S.Kom., M.Kom.
2. Made Hanindia Prami S, S.Kom., M.Cs.

Emisi CO₂ dari kendaraan bermotor berkontribusi substansial terhadap perubahan iklim. Peramalan akurat tren emisi krusial untuk strategi mitigasi. Penelitian ini mengevaluasi performa model Hibrida *Long Short-Term Memory* (LSTM) dan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dalam memprediksi Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor. Model hibrida ini menggabungkan kapabilitas ARIMA (pola linier) dan LSTM (pola non-linier jangka panjang). Menggunakan 1000 data historis dari Aplikasi Eco-Route, model hibrida diuji dan dibandingkan dengan model tunggal. Hasil menunjukkan model hibrida mencapai akurasi baik dengan MAE 0.0941, MAPE 10.20%, dan RMSE 0.1081 pada skenario terbaiknya. Namun, pada dataset ini, model ARIMA tunggal menunjukkan performa terbaik (MAE 0.0835, MAPE 9.33%, RMSE 0.0975). Keterbatasan dataset memengaruhi kapabilitas hibrida. Disimpulkan, model Hibrida LSTM-ARIMA layak sebagai alternatif prediksi emisi CO₂ dan berpotensi signifikan pada dataset lebih komprehensif.

Kata Kunci: Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor, Algoritma Hibrida LSTM dan ARIMA, Peramalan

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRACT

Student Name / NPM : Muhammad Hakam Fardana / 20081010198
Thesis Title : Analysis and Prediction of Motor Vehicle Carbon
Dioxide Emissions Using a Hybrid LSTM and
ARIMA Algorithm
Advisors : 1. Wahyu SJ Saputra, S.Kom., M.Kom.
2. Made Hanindia Prami S, S.Kom., M.Cs.

CO₂ emissions from motor vehicles contribute substantially to climate change. Accurate prediction of emission trends is thus crucial for mitigation strategies. This research evaluates the performance of a Hybrid *Long Short-Term Memory* (LSTM) and *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) model for predicting Motor Vehicle CO₂ Emissions. This hybrid model integrates ARIMA's capability in handling linear patterns and LSTM's in capturing long-term non-linear dependencies. Using 1000 historical data entries from the Eco-Route Application, the hybrid model was tested and compared with single models. Results show the hybrid model achieved good prediction accuracy with MAE 0.0941, MAPE 10.20%, and RMSE 0.1081 in its best scenario. However, on this specific dataset, the single ARIMA model demonstrated the best overall performance (MAE 0.0835, MAPE 9.33%, RMSE 0.0975). Dataset limitations were identified as affecting the hybrid's capability. The Hybrid LSTM-ARIMA model is determined to be a promising option for CO₂ emission prediction, especially when larger datasets are available.

Keywords: Motor Vehicle CO₂ Emissions, Emission Prediction, Hybrid Algorithm LSTM and ARIMA, LSTM, ARIMA, Forecasting

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, berkat rahmat dan anugerah-Nya, penulis mampu menuntaskan skripsi berjudul **“Analisis Prediksi Emisi Karbon Dioksida Kendaraan Bermotor menggunakan Algoritma Hibrida LSTM dan ARIMA”**. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi prasyarat perolehan gelar Sarjana di Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Penghargaan yang setulusnya disampaikan kepada Bapak Wahyu SJ Saputra, S.Kom., M.Kom. dalam kapasitasnya sebagai Dosen Pembimbing Pertama, dan Ibu Made Hanindia Prami S, S.Kom., M.Cs. sebagai Dosen Pembimbing Kedua, atas segala bimbingan, arahan, dan dorongan yang telah diberikan. Penulis juga menyadari besarnya dukungan yang diterima dari berbagai pihak, baik itu berupa bantuan moral, spiritual, maupun materiil. Dengan demikian, ucapan terima kasih yang tulus penulis tujukan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom., selaku Koordinator Program Studi Informatika Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Andreas Nugroho Sihananto, S.Kom., M.Kom., selaku Koordinator Skripsi Program Studi Informatika Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
4. Bapak Wahyu SJ Saputra, S.Kom., M.Kom., dan Ibu Made Hanindia Prami S, S.Kom., M.Cs., selaku dosen pembimbing saya yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir saya dengan memberikan kritik, saran, dan pengarahan kepada Penulis dalam proses penulisan skripsi ini.
5. Kedua orang tua dan seluruh saudara saya yang telah mendoakan, memberikan dukungan moril dan materiil, serta menjadi sumber semangat utama dalam setiap langkah penulis.

6. rekan-rekan seperjuangan serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan secara individual, atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan selama proses penyelesaian skripsi ini.

Surabaya, 26 Mei 2025

Muhammad Hakam Fardana

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	v
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 <i>Gap Analysis</i>	11
2.3 Emisi Karbon Dioksida	13
2.4 Kendaraan Bermotor	14
2.5 <i>Machine Learning</i>	14
2.6 <i>Forecasting</i>	15
2.7 <i>Time Series</i>	16
2.8 <i>Long Short-Term Memory (LSTM)</i>	16
2.9 <i>Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i>	21
2.10 Normalisasi Data	22
2.10.1 <i>Min-Max Normalization</i>	23
2.11 Evaluasi Nilai Error	23
2.11.1 <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	24
2.11.2 <i>Mean Absolute Error (MAE)</i>	25

2.11.3 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)	26
BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM	27
3.1 Metode Penelitian	27
3.2 Desain Sistem	28
3.2.1 Pengumpulan Data (<i>Dataset Historis Emisi CO2</i>)	28
3.2.2 Pra-Pemrosesan Data (<i>Data Pre-Processing</i>).....	30
3.2.3 LSTM.....	31
3.2.4 ARIMA	38
3.2.5 Hibrida LSTM dan ARIMA	41
3.2.6 Analisis Hasil	44
3.2.7 Skenario Pengujian Model	46
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	48
4.1 Metode Pengujian.....	48
4.2 Hasil Pengujian.....	49
4.2.1 Pengumpulan Data	49
4.2.2 LSTM.....	50
4.2.3 ARIMA	56
4.2.4 Hibrida LSTM dan ARIMA	61
4.3 Analisis Hasil Pengujian	67
4.3.1 Hibrida LSTM dan ARIMA (Skenario 1-9)	67
4.3.2 LSTM (Skenario 10-18)	77
4.3.3 ARIMA (Skenario 19-21).....	87
4.4 Perbandingan Hasil Pengujian Skenario	90
BAB V PENUTUP.....	94
5.1 Kesimpulan.....	94
5.2 Saran Pengembangan	95
DAFTAR PUSTAKA	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arsitektur LSTM	17
Gambar 2. 2 <i>Forget Gate</i>	17
Gambar 2. 3 <i>Input Gate</i>	18
Gambar 2. 4 <i>Cell State</i>	19
Gambar 2. 5 <i>Output Gate</i>	20
Gambar 3. 1 Diagram Blok Analisis Prediksi Emisi CO2	27
Gambar 3. 2 Blok Diagram Pra-Pemrosesan Data	30
Gambar 3. 3 Diagram Blok Pemodelan LSTM	31
Gambar 3. 4 Blok Diagram Pemodelan ARIMA	38
Gambar 3. 5 Blok Diagram Pemodelan Hibrida LSTM dan ARIMA.....	41
Gambar 4. 1 Hasil Pengumpulan Data	50
Gambar 4. 2 Uji Stasioneritas.....	57
Gambar 4. 3 Hasil Penentuan Model ARIMA Terbaik.....	59
Gambar 4. 4 Grafik Pengujian Model Skenario 1	68
Gambar 4. 5 Evaluasi Pengujian Model Skenario 1	68
Gambar 4. 6 Grafik Pengujian Model Skenario 2	69
Gambar 4. 7 Evaluasi Pengujian Model Skenario 2	69
Gambar 4. 8 Grafik Pengujian Model Skenario 3	70
Gambar 4. 9 Evaluasi Pengujian Model Skenario 3	70
Gambar 4. 10 Grafik Pengujian Model Skenario 4	71
Gambar 4. 11 Evaluasi Pengujian Model Skenario 4.....	71
Gambar 4. 12 Grafik Pengujian Model Skenario 5	72
Gambar 4. 13 Evaluasi Pengujian Model Skenario 5.....	72
Gambar 4. 14 Grafik Pengujian Model Skenario 6	73
Gambar 4. 15 Evaluasi Pengujian Model Skenario 6.....	73
Gambar 4. 16 Grafik Pengujian Model Skenario 7	74
Gambar 4. 17 Evaluasi Pengujian Model Skenario 7.....	74
Gambar 4. 18 Grafik Pengujian Model Skenario 8	75
Gambar 4. 19 Evaluasi Pengujian Model Skenario 8.....	75
Gambar 4. 20 Grafik Pengujian Model Skenario 9	76

Gambar 4. 21 Evaluasi Pengujian Model Skenario 9	76
Gambar 4. 22 Grafik Pengujian Model Skenario 10.....	77
Gambar 4. 23 Evaluasi Pengujian Model Skenario 10	78
Gambar 4. 24 Grafik Pengujian Model Skenario 11	78
Gambar 4. 25 Evaluasi Pengujian Model Skenario 11	79
Gambar 4. 26 Grafik Pengujian Model Skenario 12.....	79
Gambar 4. 27 Evaluasi Pengujian Model Skenario 13	80
Gambar 4. 28 Grafik Pengujian Model Skenario 13.....	80
Gambar 4. 29 Evaluasi Pengujian Model Skenario 13	81
Gambar 4. 30 Grafik Pengujian Model Skenario 14.....	81
Gambar 4. 31 Evaluasi Pengujian Model Skenario 14	82
Gambar 4. 32 Grafik Pengujian Model Skenario 15.....	82
Gambar 4. 33 Evaluasi Pengujian Model Skenario 15	83
Gambar 4. 34 Grafik Pengujian Model Skenario 16.....	83
Gambar 4. 35 Evaluasi Pengujian Model Skenario 16	84
Gambar 4. 36 Visualisasi Iterasi Pelatihan Data.....	84
Gambar 4. 37 Grafik Pengujian Model Skenario 17.....	85
Gambar 4. 38 Evaluasi Pengujian Model Skenario 17	85
Gambar 4. 39 Grafik Pengujian Model Skenario 18.....	86
Gambar 4. 40 Hasil Pengujian Model Skenario 18.....	87
Gambar 4. 41 Grafik Pengujian Model Skenario 19.....	87
Gambar 4. 42 Evaluasi Pengujian Model Skenario 19	88
Gambar 4. 43 Grafik Pengujian Model Skenario 20.....	88
Gambar 4. 44 Evaluasi Pengujian Model Skenario 20	89
Gambar 4. 45 Grafik Pengujian Model Skenario 21	89
Gambar 4. 46 Evaluasi Pengujian Model Skenario 21	90

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	6
Tabel 3. 1 Tabel <i>Dataset</i> Historis Emisi CO2	29
Tabel 3. 2 Contoh Pembentukan Sekuens	32
Tabel 3. 3 Contoh Konfigurasi Pemodelan LSTM.....	33
Tabel 3. 4 Contoh <i>Log</i> Pelatihan Model LSTM	35
Tabel 3. 5 Contoh Hasil Evaluasi Model.....	37
Tabel 3. 6 Skenario Pengujian Model Hibrida LSTM dan ARIMA	46
Tabel 3. 7 Skenario Pengujian Model LSTM.....	47
Tabel 3. 8 Skenario Pengujian Model ARIMA	47
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Skenario Hibrida LSTM dan ARIMA	90
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Skenario Model Tunggal LSTM dan ARIMA.....	92

Halaman ini sengaja dikosongkan