



**PREDIKSI SPATIOTEMPORAL KONSENTRASI KARBON
MONOKSIDA BERBASIS MACHINE LEARNING**

**TUGAS AKHIR
SKRIPSI**

**MUTIARA ADHISTYA PUTRI
41522010082**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**



**PREDIKSI SPATIOTEMPORAL KONSENTRASI KARBON
MONOKSIDA BERBASIS MACHINE LEARNING**

**TUGAS AKHIR
SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

MUTIARA ADHISTYA PUTRI

41522010082

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**

HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mutiara Adhistya Putri

NIM : 41522010082

Fakultas/Program Studi : Fakultas Ilmu Komputer / Teknik Informatika

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir berjudul:

“Prediksi *Spatiotemporal* Konsentrasi Karbon Monoksida Berbasis *Machine Learning*” adalah hasil karya saya sendiri, tidak mengandung unsur *plagiarisme*, pelanggaran hak cipta, atau konten ilegal dalam bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menanggung seluruh konsekuensi hukum dan membebaskan Universitas Mercu Buana dari segala bentuk tuntutan hukum dan saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 28 Juli 2026

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Mutiara Adhistya Putri

HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN



072.423.4.03.01

PERNYATAAN SIMILARITY CHECK **/SIMILARITY CHECK STATEMENT**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh
/The undersigned, hereby declare that the scientific work written by

Nama /Name : Mutiara Adhistya Putri
NIM /Student ID Number : 41522010082
Program Studi /Study Program : Teknik Informatika

Dengan Judul Tugas Akhir

/The title:

“Prediksi Spatiotemporal Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Berbasis Machine Learning untuk Peringatan Dini Karhutla di Kalimantan”

telah dilakukan pengecekan *similarity* dengan sistem Turnitin pada tanggal:

/Similarity checks have been carried out with the Turnitin system on the date:

16 Juli 2026

dengan nilai persentase sebesar :

/with a percentage value of:

9%

dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan berlaku di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Mercu Buana. */declared to meet standards in accordance with applicable regulations at the Faculty of Computer Science, Universitas Mercu Buana.*

File hasil cek similarity turnitin:

/Turnitin similarity report file

https://drive.google.com/file/d/1ksHuZv3mePt3JCR_V5BE0mF1bleGiEVL/view?usp=drive_link



Jakarta, 16 Juli 2026
Admin Turnitin Fasilkom UMB

Agung Prawoto

Agung Prawoto, S.Kom., B.Sc

NIK : 322970503

Fakultas Ilmu Komputer

KAMPUS MENARA BHAKTI

Jl. Raya Meruya Selatan No. 1 Kembangan, Jakarta Barat 11650

Telp. 021-5840816 (Hunting), Psw : 5700 Fax. 021-5840813

<http://www.mercubuana.ac.id>, e-mail : fasilkom@mercubuana.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

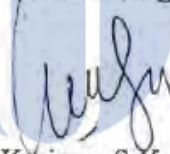
Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : MUTIARA ADHISTYA PUTRI
NIM : 41522010082
Fakultas/Program Studi : Fakultas Ilmu Komputer / Teknik Informatika
Judul Tugas Akhir : Prediksi *Spatiotemporal* Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Berbasis *Machine Learning*

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 28 Juli 2026 dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing



Inna Sabily Karima, S.Kom., M.Kom.

NIDN/NUPTK: 0324018902

MERCU BUANA

Jakarta, 28 Juli 2026

Mengetahui,

Dekan Fakultas Ilmu Komputer



Dr. Bambang Jokonowo, S.Si., MTI
NIDN/NUPTK: 0320037002

Ketua Program Studi
Teknik Informatika



Dr. Hadi Santoso, S.Kom., M.Kom
NIDN/NUPTK: 0225067701

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Informatika pada Fakultas Ilmu Komputer Universitas Mercu Buana. Dalam penyusunannya, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Andi Adriansyah, M.Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Dr. Bambang Jokonowo, S.Si., MTI selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Dr. Hadi Santoso, S.Kom., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Mercu Buana.
4. Ibu Inna Sabily Karima, S.Kom., M.Kom. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, motivasi, serta meluangkan waktu selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Kedua orang tua tercinta yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, dan semangat kepada penulis.
6. Teman-teman yang telah memberikan bantuan, motivasi, dan semangat selama proses penyusunan Tugas Akhir.
7. Laki-laki yang selalu memberikan dukungan, doa, perhatian, serta semangat kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan.

Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Jakarta, 28 Juli 2026



Mutiara Adhistya Putri

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mutiara Adhistya Putri
NIM : 41522010082
Fakultas/Program Studi : Fakultas Ilmu Komputer / Teknik Informatika
Judul Laporan Skripsi : Prediksi *Spatiotemporal* Konsentrasi Karbon Monoksida Berbasis *Machine Learning*

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 28 Juli 2026

Yang menyatakan,



Mutiara Adhistya Putri

PREDIKSI SPATIOTEMPORAL KONSENTRASI KARBON MONOKSIDA BERBASIS MACHINE LEARNING

MUTIARA ADHISTYA PUTRI

ABSTRAK

Kebakaran hutan dan lahan di wilayah Kalimantan menyebabkan meningkatnya kadar karbon monoksida (CO) di udara, yang berdampak negatif terhadap kualitas udara serta kesehatan masyarakat. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model prediksi konsentrasi CO yang bersifat *spatiotemporal* menggunakan pendekatan *machine learning*. Data tersebut diperoleh menggunakan *Google Earth Engine* dengan sumber data Sentinel-5P TROPOMI untuk mengukur konsentrasi CO, MODIS untuk mengidentifikasi titik panas dan suhu permukaan daratan (LST), CHIRPS untuk menghitung curah hujan, serta ERA5-Land untuk mengukur kecepatan angin selama periode Januari 2019 hingga Desember 2025. Tahapan dalam penelitian mencakup proses pra pemrosesan data, pembuatan fitur, pemilihan fitur yang relevan, pembentukan horizon prediksi untuk H+1 dan H+7, pembuatan model menggunakan metode Random Forest dan XGBoost, serta penilaian kinerja model dengan menggunakan metrik RMSE, MAE, dan R². Penelitian menunjukkan bahwa kedua algoritma berhasil memprediksi kadar CO secara akurat, dan model yang paling baik dipilih berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan. Penelitian ini diharapkan dapat menyediakan informasi yang memprediksi distribusi spasial dan temporal konsentrasi karbon monoksida (CO) di wilayah Kalimantan, sehingga dapat dijadikan acuan dalam pemantauan kualitas udara serta penelitian mengenai kebakaran hutan dan lahan.

Kata kunci: Karbon Monoksida, *Machine Learning*, Random Forest, XGBoost, *Spatiotemporal*, Kebakaran Hutan dan Lahan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

SPATIOTEMPORAL PREDICTION OF CARBON MONOXIDE CONCENTRATION BASED ON MACHINE LEARNING

MUTIARA ADHISTYA PUTRI

ABSTRACT

Forest and land fires in the Kalimantan region have led to increased concentrations of carbon monoxide (CO) in the atmosphere, adversely affecting air quality and public health. This study aims to develop a spatiotemporal prediction model for CO concentrations using machine learning approaches. The dataset was obtained through Google Earth Engine, utilizing Sentinel-5P TROPOMI data to measure CO concentrations, MODIS data to identify hotspots and land surface temperature (LST), CHIRPS data to estimate precipitation, and ERA5-Land data to measure wind speed during the period from January 2019 to December 2025.

The research methodology consisted of data preprocessing, feature engineering, relevant feature selection, the construction of prediction horizons for one-day-ahead ($H+1$) and seven-day-ahead ($H+7$) forecasting, model development using the Random Forest and XGBoost algorithms, and model performance evaluation using the Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), and coefficient of determination (R^2) metrics. The results demonstrate that both algorithms were able to accurately predict CO concentrations, with the best-performing model selected based on the evaluation results. This study is expected to provide reliable information for predicting the spatial and temporal distribution of carbon monoxide (CO) concentrations across the Kalimantan region, thereby serving as a valuable reference for air quality monitoring and research on forest and land fires.

Keywords: Carbon Monoxide, Machine Learning, Random Forest, XGBoost, Spatiotemporal, Forest and Land Fires.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	0
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI	ii
HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Gap Penelitian	14
2.3 Teori Pendukung.....	15
2.3.1 <i>Google Earth Engine (GEE)</i>	15
2.3.2 Satelit Sentinel-5P dan Instrumen TROPOMI.....	16
2.3.3 Algoritma Random Forest	17
2.3.4 Algoritma <i>eXtreme Gradient boosting (XGBoost)</i>	20
2.3.5 Pemodelan <i>Spatiotemporal</i>	24
2.3.6 Peramalan (<i>Forecasting</i>).....	25
2.3.7 Rekayasa Fitur (<i>Feature Engineering</i>)	26
2.3.8 Metrik Evaluasi (<i>Evaluation Metrics</i>)	27

BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Lokasi Penelitian.....	28
3.1.1 Pulau Kalimantan.....	28
3.1.2 Letak Geografis.....	28
3.1.3 Topografi	28
3.1.4 Iklim.....	29
3.1.5 Luas Wilayah	29
3.1.6 Karakteristik Wilayah Penelitian	29
3.1.7 Titik Koordinat	30
3.2 Teknik Pengumpulan Data.....	31
3.2.1 Penentuan Wilayah dan Periode Pengamatan.....	32
3.2.2 Akuisisi Sumber Data	32
3.2.4 Pembentukan Titik Sampel dan Ekstraksi Data.....	38
3.2.5 Konversi Tabular dan Ekspor Matriks Data	39
3.3 Tahapan Penelitian.....	40
3.3.1 Alur Penelitian	40
3.3.2 Arsitektur Random Forest dan XGBoost.....	47
3.4 Tahapan Pemodelan	51
3.4.1 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional.....	51
3.4.2 Pra-pemrosesan Data	55
3.4.3 Pembentukan Fitur Spasial dan Temporal	56
3.4.4 Pemilihan Model <i>Machine Learning</i>	61
3.4.5 Pembentukan Horizon dan Pembagian Data	61
3.4.6 Evaluasi Model	63
BAB IV PEMBAHASAN	66
4.1 Hasil Akuisisi dan PraPemrosesan Data	66
4.1.1 <i>Dataset</i> Penelitian	66
4.1.2 PraPemrosesan Data.....	68
4.2 <i>Exploratory data analysis</i> (EDA)	69
4.2.1 Analisis Temporal CO dan <i>Hotspot</i>	69
4.2.2 Analisis Temporal CO dan LST	70
4.2.3 Analisis Temporal CO dan Curah Hujan	71
4.2.4 Analisis Temporal CO dan Kecepatan Angin.....	71
4.3 Hasil <i>Feature engineering</i>	73
4.4 Feature selection	74
4.5 Hasil Pemodelan <i>Machine Learning</i>	76
4.5.1 Pembentukan Horizon Prediksi	76
4.5.2 Hasil Pemodelan Horizon H+1	77
4.5.3 Hasil Pemodelan Horizon H+7	78
4.6 Evaluasi dan Perbandingan Model.....	80
4.7 Analisis Hasil Prediksi	83
4.7.1 Aktual vs Prediksi Model	83

4.7.2 <i>Feature Importance</i>	85
4.7.3 <i>Correlation heatmap</i> terhadap CO	90
4.8 <i>Forecasting</i> dan Visualisasi Peta Interaktif	92
4.8.1 Perbedaan Hasil Forecasting Horizon Harian dan Mingguan	95
4.8.2 Visualisasi Peta Spasial	98
4.8.3 Analisis Distribusi Berdasarkan Zona Kalimantan.....	100
4.8.4 Detail Prediksi Berdasarkan Kota/Daerah	102
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	106
5.1 Kesimpulan	106
5.2 Saran	107
DAFTAR PUSTAKA	108
LAMPIRAN	113



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penelitian Terkait	7
Tabel 2. Spesifikasi <i>Dataset Google Earth Engine</i>	33
Tabel 3. Metode Agregasi Harian Variabel Penelitian	37
Tabel 4. Struktur Data Hasil Ekstraksi.....	39
Tabel 5. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional.....	51
Tabel 6. Contoh Hasil Ekstraksi Data.....	66
Tabel 7. Ringkasan <i>Dataset</i>	67
Tabel 8. Tahapan PraPemrosesan	68
Tabel 9. <i>Feature engineering</i>	73
Tabel 10. Jumlah Fitur Sebelum dan Sesudah Seleksi	74
Tabel 11. Kategori Fitur Hasil <i>Feature selection</i>	75
Tabel 12. Horizon Prediksi	76
Tabel 13. Hasil Pemodelan Horizon H+1	77
Tabel 14. Hasil Pemodelan Horizon H+7	78
Tabel 15. Hasil Prediksi CO	83



DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 1. Arsitektur Random Forest.....</i>	18
<i>Gambar 2. Arsitektur XGBoost Sumber: Researchgate.net.....</i>	21
<i>Gambar 3. Persebaran titik pengambilan data pada wilayah penelitian di Pulau Kalimantan.....</i>	31
<i>Gambar 4. Alur Penelitian.....</i>	47
<i>Gambar 5. Alur Pemodelan Random Forest untuk Prediksi Konsentrasi CO</i>	50
<i>Gambar 6. Arsitektur Pemodelan XGBoost pada Prediksi Konsentrasi Karbon Monoksida (CO).....</i>	51
<i>Gambar 7. Hasil PraPemrosesan</i>	69
<i>Gambar 8. Hasil Grafik Hubungan Temporal CO & Hotspot</i>	70
<i>Gambar 9. Hasil Grafik Hubungan Temporal CO & LST.....</i>	70
<i>Gambar 10. Hasil Grafik Hubungan Temporal CO & Rain</i>	71
<i>Gambar 11. Hasil Grafik Hubungan Temporal CO & Wind.....</i>	73
<i>Gambar 12. Hasil Feature engineering</i>	74
<i>Gambar 13. Perbandingan Nilai R², RMSE, dan MAE Antar Model</i>	83
<i>Gambar 14. Time Series Aktual vs Prediksi</i>	85
<i>Gambar 15. Feature Importance Pada XGB Tuned Horizon Hari</i>	87
<i>Gambar 16. Feature Importance Pada XGB Tuned Horizon Minggu</i>	89
<i>Gambar 17. Correlation Heatmap</i>	92
<i>Gambar 18. Antarmuka Kontrol Recursive forecasting Horizon H+1.....</i>	94
<i>Gambar 19. Antarmuka Kontrol Recursive forecasting Horizon H+7.....</i>	95
<i>Gambar 20. Pemetaan Spasial dan Distribusi Risiko CO Horizon Harian</i>	97
<i>Gambar 21. Pemetaan Spasial dan Distribusi Risiko CO Horizon Mingguan</i>	98
<i>Gambar 22. Visualisasi Spasial Pemetaan Prediksi CO Horizon Harian</i>	99
<i>Gambar 23. Visualisasi Spasial Pemetaan Prediksi CO Horizon Mingguan</i>	99
<i>Gambar 24. Analisis Distribusi Berdasarkan Zona Kalimantan Horizon Harian</i>	101
<i>Gambar 25. Analisis Distribusi Berdasarkan Zona Kalimantan Horizon Mingguan</i>	101
<i>Gambar 26. Detail Analisis Wilayah Administratif Kalimantan Pada Horizon Harian</i>	102
<i>Gambar 27. Detail Analisis Wilayah Administratif Kalimantan Pada Horizon Mingguan</i>	103

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kartu Asistensi	113
Lampiran 2. Curriculum Vitae (CV)	114
Lampiran 3. Surat Pernyataan & Pengalihan HAKI	115
Lampiran 4. Sertifikat BNSP	117

