



**SEGMENTASI TINGKAT KANDUNGAN NO<sub>2</sub> PADA LAPISAN  
TROPOSPHERE DENGAN MENGGUNAKAN ARTIFICIAL NEURAL  
NETWORK PADA DATA CITRA INSTRUMEN TROPOMI SENTINEL-5P  
NEAR REAL-TIME UNTUK MITIGASI DAMPAK PERUBAHAN IKLIM :  
STUDI KASUS PLTU SURALAYA**



**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**Raihan Akbar  
41520010030**

**UNIVERSITAS  
MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
2024**



**SEGMENTASI TINGKAT KANDUNGAN NO<sub>2</sub> PADA LAPISAN  
TROPOSPHERE DENGAN MENGGUNAKAN ARTIFICIAL NEURAL  
NETWORK PADA DATA CITRA INSTRUMEN TROPOMI SENTINEL-5P  
NEAR REAL-TIME UNTUK MITIGASI DAMPAK PERUBAHAN IKLIM :  
STUDI KASUS PLTU SURALAYA**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana**

**UNIVERSITAS  
Raihan Akbar  
41520010030  
MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
2024**

## HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : RAIHAN AKBAR

NIM : 41520010030

Program Studi : Teknik Informatika

Judul Proposal Penelitian : Segmentasi Tingkat Kandungan NO<sub>2</sub> Pada Lapisan Troposphere Dengan Menggunakan Artificial Neural Network pada Data Citra Instrumen TROPOMI Sentinel-5p Near Real-Time untuk Mitigasi Dampak Perubahan Iklim

Menyatakan bahwa Laporan Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan plagiat, serta semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Apabila ternyata ditemukan di dalam Laporan Skripsi saya terdapat unsur plagiat, maka saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 30 Juli 2024



UNIVERSITA  
MERCU BUANA  
RAIHAN AKBAR

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Raihan Akbar  
NIM : 41520010030  
Program Studi : Teknik Informatika  
Judul Laporan Skripsi : SEGMENTASI TINGKAT KANDUNGAN NO2 PADA LAPISAN TROPOSPHER MENGGUNAKAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK PADA DATA CITRA INSTRUMEN TROPOMI SENTINEL-5P NEAR REAL TIME UNTUK MITIGASI PERUBAHAN IKLIM : STUDI KASUS PLTU SURALAYA

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing	:	Mohamad Yusuf, S.Kom., M.C.S	(  )
NIDN	:	0307097606	
Ketua Penguji	:	Ratna Mutu Manikam, S.Kom., M.T.	(  )
NIDN	:	0308017101	
Penguji 1	:	Anis Cherid, S.E., M.TI	(  )
NIDN	:	0328127203	
Penguji 2	:	Ida Farida, S.T., M.Kom.	(  )
NIDN	:	0324018301	

Jakarta, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Dekan

Ketua Program Studi

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

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

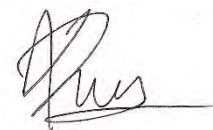
## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Penulisan Laporan ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk disidangkan pada sidang Tugas Akhir. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Laporan ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Andi Andriansyah, M.Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana
2. Bapak Dr. Bambang Jokonowo, S.Si, M.T.I selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer / Direktur Program Pascasarjana.
3. Bapak Dr. Hadi Santoso, S.Kom, M.Kom selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika
4. Bapak Mohamad Yusuf, S.Kom, M.C.S selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Proposal Penelitian ini;
5. Ibu Ratna Mutu Manikam, S.Kom., MT selaku Ketua Dosen Penguji Laporan Skripsi atas koreksi dan arahan serta masukannya.
6. Bapak Anis Cherid, SE., MTI dan Ibu Ida Farida, ST, M.Kom selaku Dosen Penguji Laporan Skripsi atas koreksi dan arahan serta masukannya.
7. Orang tua saya yang serta mendoakan dan menyemangati untuk menyelesaikan penulisan ini.
8. Dan Sabrina Widya Utami yang telah menemani dan mensupport saya untuk menyelesaikan penelitian ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Proposal Penelitian ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 30 Juli 2024



Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Raihan Akbar  
NIM : 41520010030  
Program Studi : Teknik Informatika  
Judul Laporan Skripsi : SEGMENTASI TINGKAT KANDUNGAN NO2 PADA LAPISAN TROPOSPHER MENGGUNAKAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK PADA DATA CITRA INSTRUMEN TROPOMI SENTINEL-5P NEAR REAL TIME UNTUK MITIGASI PERUBAHAN IKLIM : STUDI KASUS PLTU SURALAYA

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 Laporan Magang/Skripsi/Tesis/Disertasi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 30 Juli 2024

Yang menyatakan,



Raihan Akbar

## ABSTRAK

Nama : Raihan Akbar  
NIM : 41520010030  
Program Studi : Teknik Informatika  
Judul Laporan Skripsi : SEGMENTASI TINGKAT KANDUNGAN NO<sub>2</sub> PADA LAPISAN TROPOSPHER MENGGUNAKAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK PADA DATA CITRA INSTRUMEN TROPOMI SENTINEL-5P NEAR REAL TIME UNTUK MITIGASI PERUBAHAN IKLIM : STUDI KASUS PLTU SURALAYA  
Dosen Pembimbing : Mohamad Yusuf, S.Kom., M.C.S

Penelitian ini mengevaluasi performa model Artificial Neural Network (ANN) dalam segmentasi tingkat kandungan NO<sub>2</sub> pada lapisan troposphere menggunakan data citra TROPOMI Sentinel-5P, dengan fokus di sekitar PLTU Suralaya. Data sebanyak 18.526 baris dibagi menjadi 70% untuk pelatihan dan 30% untuk pengujian. Arsitektur ANN terdiri dari satu layer input dan dua hidden layers dengan fungsi aktivasi ReLU, serta satu layer output dengan fungsi aktivasi softmax. Model dilatih selama 400 epoch menggunakan Adam optimizer dan learning rate 0.001, menghasilkan nilai accuracy 0.85194, precision 0.85093, recall 0.85194, F1 score 0.85104, dan Cohen's Kappa 0.75078. Segmentasi menunjukkan wilayah dengan kategori "High Density" NO<sub>2</sub> sebesar 11.22%, "Medium Density" 44.49%, dan "No Matters" 44.29%, dengan distribusi polusi lebih tinggi di barat laut Selat Sunda dan Anyer. Penelitian ini memberikan rekomendasi untuk mengurangi polusi NO<sub>2</sub> melalui pemantauan, teknologi bersih, dan kebijakan ketat, serta berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim melalui analisis data satelit dan teknologi ANN.

**Kata kunci:** TROPOMI, Artificial Neural Network, Sentinel 5P, NO<sub>2</sub>, Polusi

## ABSTRACT

Name : Raihan Akbar  
NIM : 41520010030  
Study Program : Teknik Informatika  
Title Thesis : SEGMENTATION OF NO<sub>2</sub> LEVELS IN THE TROPOSPHERE USING AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK ON TROPOMI SENTINEL-5P NEAR REAL-TIME IMAGERY DATA FOR CLIMATE CHANGE MITIGATION: A CASE STUDY OF THE SURALAYA COAL-FIRED POWER PLANT  
Counsellor : Mohamad Yusuf, S.Kom., M.C.S

This study evaluates the performance of an Artificial Neural Network (ANN) model in segmenting NO<sub>2</sub> levels in the troposphere using TROPOMI Sentinel-5P satellite imagery data, focusing on the area around the Suralaya coal-fired power plant. A dataset of 18,526 rows was split into 70% for training and 30% for testing. The ANN architecture consists of one input layer and two hidden layers with ReLU activation functions, and an output layer with a softmax activation function. The model was trained over 400 epochs using the Adam optimizer with a learning rate of 0.001, achieving an accuracy of 0.85194, precision of 0.85093, recall of 0.85194, F1 score of 0.85104, and Cohen's Kappa of 0.75078. Segmentation results indicated that areas with "High Density" NO<sub>2</sub> accounted for 11.22%, "Medium Density" for 44.49%, and "No Matters" for 44.29%, with higher pollution distribution in the northwest Sunda Strait and Anyer. This study provides recommendations to reduce NO<sub>2</sub> pollution through monitoring, clean technology, and strict policies, contributing to climate change mitigation through satellite data analysis and ANN technology.

**Keywords:** TROPOMI, Artificial Neural Network, Sentinel 5P, NO<sub>2</sub>, Pollution



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1 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 Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Teori Utama .....	7
A. Machine Learning .....	7
B. Deep Learning.....	8
C. Segmentasi .....	9
D. Artificial Neural Network Algorithm .....	10
E. Remote Sensing.....	12
F. Satelit Sentinel 5P .....	14
G. Troposper .....	15
H. Nitrogen Dioxide (NO <sub>2</sub> ).....	16
I. Data Preprocessing.....	17

J. Visualisasi Data.....	17
2.2 Teori Pendukung.....	22
A. Confusion Matrix .....	22
B. Penelitian Terdahulu .....	25
C. Critical Review.....	39
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN .....</b>	<b>44</b>
3.1 Lokasi Penelitian.....	44
3.2 Teknik Pengumpulan Data.....	45
3.3 Pendekatan Penelitian .....	46
3.4 Instrumen Penelitian.....	47
3.5 Prosedur Penelitian.....	48
3.6 Timeline Penelitian .....	49
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>50</b>
4.1 Dataset.....	50
4.2 Melihat Distribusi Data.....	51
4.3 Normalisasi Rentang Nilai .....	53
4.4 Melihat korelasi antar kolom .....	54
4.5 Pelabelan Data.....	56
4.6 Pemodelan.....	57
4.7 Evaluasi model .....	59
4.8 Hasil Segmentasi NO2.....	61
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>66</b>
5.1 Kesimpulan .....	66
5.2 Saran.....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>68</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>70</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> NO2 Density range.....	16
<b>Tabel 2. 2</b> Penelitian terdahulu.....	25
<b>Tabel 2. 3</b> Jurnal yang digunakan untuk Critical Review .....	40
<b>Tabel 3. 1</b> Perangkat keras .....	47
<b>Tabel 3. 2</b> Perangkat lunak.....	47
<b>Tabel 4. 1</b> Sebelum dan sesudah penghapusan outlier .....	51
<b>Tabel 4. 2</b> Ketentuan Pelabelan.....	56
<b>Tabel 4. 3</b> Pembagian data train dan test.....	57
<b>Tabel 4. 4</b> Skor Evaluasi Model.....	61



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b>	Ranking kota paling tinggi polusi di indonesia Maret 2024.....	2
<b>Gambar 2. 1</b>	Dua jenis klasifikasi .....	10
<b>Gambar 2. 2</b>	Layer Pada Neural Network .....	11
<b>Gambar 2. 3</b>	Proses pengambilan data spasial .....	13
<b>Gambar 2. 4</b>	Satelit Sentinel 5P.....	14
<b>Gambar 2. 5</b>	Lapisan-Lapisan pada atmosfer .....	15
<b>Gambar 2. 6</b>	Contoh Visualisasi Heatmap .....	19
<b>Gambar 2. 7</b>	Contoh Visualisasi Scatter plot .....	20
<b>Gambar 2. 8</b>	Contoh Visualisasi Histogram.....	21
<b>Gambar 2. 9</b>	Contoh Visualisasi Line Chart.....	21
<b>Gambar 2. 10</b>	Contoh Visualisasi Staked Bar Chart .....	22
<b>Gambar 2. 11</b>	Confusin Matrix.....	22
<b>Gambar 2. 12</b>	Confusin Matrix.....	23
<b>Gambar 2. 13</b>	Alur Critical Review.....	39
<b>Gambar 2. 14</b>	Analisis menggunakan VOSViewer.....	41
<b>Gambar 2. 15</b>	Gap penelitian.....	42
<b>Gambar 3. 1</b>	Lokasi Penelitian .....	44
<b>Gambar 3. 2</b>	Diagram alir penelitian .....	48
<b>Gambar 3. 3</b>	Timeline penelitian.....	49
<b>Gambar 4. 1</b>	Ringkasan Dataset .....	50
<b>Gambar 4. 2</b>	Kolom Data Numerik .....	51
<b>Gambar 4. 3</b>	Sebaran data sebelum dinormalisasi.....	52
<b>Gambar 4. 4</b>	Sebaran data setelah dinormalisasi.....	54
<b>Gambar 4. 5</b>	Korelasi antar kolom .....	55
<b>Gambar 4. 6</b>	Korelasi antaa kolom dengan threshold .....	55
<b>Gambar 4. 7</b>	Spesifikasi Arsitektur ANN pada penelitian ini .....	58
<b>Gambar 4. 8</b>	Acuracy dan Loss selama training.....	59
<b>Gambar 4. 9</b>	Confusion matrix .....	60
<b>Gambar 4. 10</b>	Segmentasi rata-rata tingkat kandungan NO2 diudara periode 3 bulan .....	62

<b>Gambar 4. 11</b> Segmentasi rata-rata tingkat kandungan NO2 diudara perbulannya .....	63
<b>Gambar 4. 12</b> Pembagian wilayah penelitian .....	64
<b>Gambar 4. 13</b> Hasil segmentasi berdasarkan pembagian wilayah .....	65



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Kartu Asistensi .....	70
<b>Lampiran 2</b> Surat Pernyataan Luaran.....	71
<b>Lampiran 3</b> Sertifikat BNSP .....	72
<b>Lampiran 4</b> SP Hak Cipta .....	73
<b>Lampiran 5</b> Surat Pernyataan HAKI.....	73
<b>Lampiran 6</b> Curriculum Vitae .....	73
<b>Lampiran 7</b> Surat Izin Observasi Data .....	73
<b>Lampiran 8</b> Lembar Revisi Dosen Penguji .....	73
<b>Lampiran 9</b> Hasil Cek Turnitin .....	73



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA