



**KLASTERISASI EMISI GAS ATMOSFER AKIBAT
KEBAKARAN HUTAN DI KALIMANTAN MENGGUNAKAN
DATA SENTINEL-5P**

TUGAS AKHIR SKRIPSI



WAHYU BIKA SAPUTRA

41522010016

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



**KLASTERISASI EMISI GAS ATMOSFER AKIBAT
KEBAKARAN HUTAN DI KALIMANTAN MENGGUNAKAN
DATA SENTINEL-5P**

TUGAS AKHIR SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

WAHYU BIKI SAPUTRA
41522010016
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 : Wahyu Bika Saputra

NIM : 41522010016

Fakultas/Program Studi : Fakultas Ilmu Komputer / Teknik Informatika

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir berjudul: “KLAUSTERISASI EMISI GAS ATMOSFER AKIBAT KEBAKARAN HUTAN DI KALIMANTAN MENGGUNAKAN DATA SENTINEL-5P” 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.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 11 Agustus 2026



Wahyu Bika Saputra.

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 : Wahyu Bika Saputra
NIM /Student ID Number : 41522010016
Program Studi /Study Program : Teknik Informatika

Dengan Judul Tugas Akhir

The title

**“KLASTERISASI EMISI GAS ATMOSFER AKIBAT KEBAKARAN HUTAN DI
KALIMANTAN MENGGUNAKAN DATA SENTINEL-5P”**

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

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

22 Juli 2026

dengan nilai persentase sebesar :

with a percentage value of

22%

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/1Wl9NQpRkizBlnk8AQHqHdVUJsF2d8y_n/view?usp=drive_link



Jakarta, 22 Juli 2026
Admin Turnitin Fasilkom UMB

Agung Prawoto

Agung Prawoto, S.Kom., B.Sc

NIK : 322970503

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Wahyu Bika Saputra
NIM : 41522010016
Fakultas/Program Studi : Fakultas Ilmu Komputer / Teknik Informatika
Judul Tugas Akhir : Klasterisasi Emisi Gas Atmosfer Akibat Kebakaran
Hutan Di Kalimantan Menggunakan Data Sentinel-
5P

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 11 Agustus 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

Jakarta, 11 Agustus 2026

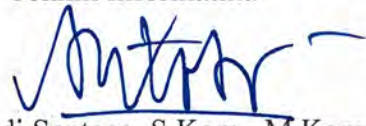
Mengetahui,

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 saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Informatika pada Fakultas Ilmu Komputer Universitas Mercu Buana. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya 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.
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 tugas akhir yang telah memberikan pengarahan, motivasi, menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran sehingga selama pembuatan tugas akhir ini terjadwal dengan baik.
5. Teruntuk Keluarga saya, Terima Kasih selalu mendoakan, mendukung, memotivasi selama menjalani masa studi sebagai Mahasiswa Universitas Mercu Buana. Sehingga saya dapat menyelesaikan masa studi saya dengan baik.
6. Teruntuk Stevi Liana, Kekasih sekaligus Teman berkeluh kesah saya, Terima Kasih atas segala doa, dukungan, kasih sayang, motivasi, cinta, semangat dalam penyusunan penulisan ini. Terima Kasih selalu hadir Terima kasih karena telah menjadi tempat keluh kesah, kebahagiaan, maupun rasa lelah selama menjalani proses perkuliahan dan menyelesaikan tugas akhir. Kehadiranmu memberikan warna tersendiri dalam perjalanan ini. Terima kasih karena selalu berusaha memberikan semangat ketika merasa lelah, dan tetap memberikan dukungan ketika proses yang dijalani terasa berat. Dan Terima Kasih telah menemani selama sepuluh Tahun,

Sejak Sekolah Menengah Pertama hingga saat ini.

7. Kepada Teman-Teman Teknik Informatika 22, Terima Kasih menjadi bagian dari perjalanan panjangselama menjalani masa perkuliahan. Banyak cerita, pengalaman, perjuangan, canda tawa, diskusi, tugas, kegiatan, serta berbagai momen yang telah kita lalui bersama. Masa perkuliahan mungkin akan berakhir, tetapi kenangan yang telah tercipta selama perjalanan tersebut akan selalu menjadi bagian yang tidak terlupakan. Terima kasih kepada teman-teman yang telah membantu ketika penulis mengalami kesulitan, berbagi ilmu ketika terdapat hal yang belum dipahami, serta saling memberikan semangat ketika menghadapi tugas dan berbagai tekanan selama perkuliahan. Semoga setelah kita menyelesaikan pendidikan ini, setiap dari kita dapat mencapai tujuan dan cita-cita masing-masing.

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

Jakarta, 11 Agustus 2026

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Wahyu Bika Saputra

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB

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

Nama : Wahyu Bika Saputra
NIM : 41522010016
Fakultas/Program Studi : Fakultas Ilmu Komputer / Teknik
Informatika
Judul Laporan Skripsi : Klasterisasi Emisi Gas Atmosfer Akibat
Kebakaran Hutan Di Kalimantan
Menggunakan Data Sentinel-5P

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.

Jakarta, 11 Agustus 2026

Yang menyatakan,



Wahyu Bika Saputra

KLASTERISASI EMISI GAS ATMOSFER AKIBAT KEBAKARAN HUTAN DI KALIMANTAN MENGGUNAKAN DATA SENTINEL-5P

WAHYU BIKI SAPUTRA

ABSTRAK

Kebakaran hutan dan lahan di wilayah Kalimantan dapat menghasilkan emisi gas atmosfer yang berpotensi memengaruhi kualitas lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan karakteristik emisi gas atmosfer serta faktor lingkungan yang berkaitan dengan aktivitas kebakaran hutan dan lahan menggunakan algoritma K-Means dan HDBSCAN. Data utama berupa emisi gas NO₂, CO, dan SO₂ diperoleh dari Sentinel-5P dan diolah menggunakan *Google Earth Engine*, sedangkan data pendukung berupa *hotspot*, tutupan lahan, curah hujan, dan kecepatan angin diperoleh dari VIIRS, *ESA WorldCover*, CHIRPS, dan ERA5-Land. Dataset penelitian terdiri atas 52 wilayah kabupaten/kota di Kalimantan. Tahapan pengolahan data meliputi *Exploratory Data Analysis* (EDA), transformasi logaritmik, standarisasi, dan *Principal Component Analysis* (PCA). Proses klasterisasi dilakukan menggunakan K-Means dan HDBSCAN, sedangkan evaluasi hasil klasterisasi menggunakan *Silhouette Score*, *Davies-Bouldin Index* (DBI), dan *Calinski-Harabasz Index* (CHI). Berdasarkan *Elbow Method*, K-Means menggunakan tiga *cluster*, sedangkan HDBSCAN menghasilkan sembilan *cluster* dan 17 data yang dikategorikan sebagai *noise*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa HDBSCAN menghasilkan kinerja klasterisasi yang lebih baik dengan *Silhouette Score* sebesar 0,385645, DBI sebesar 0,756857, dan CHI sebesar 19,956910, dibandingkan K-Means dengan *Silhouette Score* sebesar 0,307256, DBI sebesar 1,208669, dan CHI sebesar 19,015555. Hasil klasterisasi divisualisasikan menggunakan peta klaster, *heatmap* karakteristik klaster, dan distribusi jumlah anggota klaster untuk memperlihatkan persebaran serta perbedaan karakteristik wilayah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa HDBSCAN mampu memberikan pengelompokan yang lebih rinci serta mengidentifikasi wilayah yang memiliki karakteristik berbeda sebagai *noise*.

Kata kunci: HDBSCAN, K-MEANS, Emisi Gas Atmosfer, Kebakaran Hutan, Sentinel-5P, Clustering.

**CLUSTERING OF ATMOSPHERIC GAS EMISSIONS CAUSED BY
FOREST FIRES IN KALIMANTAN USING SENTINEL-5P DATA**

WAHYU BIKA SAPUTRA

ABSTRACT

Forest and land fires in Kalimantan can generate atmospheric gas emissions that may affect environmental conditions. This study aims to cluster areas based on the characteristics of atmospheric gas emissions and environmental factors associated with forest and land fire activities using the K-Means and HDBSCAN algorithms. The main data consist of NO₂, CO, and SO₂ emissions obtained from Sentinel-5P and processed using Google Earth Engine, while supporting data consisting of hotspots, land cover, rainfall, and wind speed were obtained from VIIRS, ESA WorldCover, CHIRPS, and ERA5-Land. The research dataset consists of 52 districts and cities in Kalimantan. The data processing stages include Exploratory Data Analysis (EDA), logarithmic transformation, standardization, and Principal Component Analysis (PCA). Clustering was performed using K-Means and HDBSCAN, while the clustering results were evaluated using the Silhouette Score, Davies-Bouldin Index (DBI), and Calinski-Harabasz Index (CHI). Based on the Elbow Method, K-Means was configured with three clusters, while HDBSCAN produced nine clusters and 17 data points classified as noise. The evaluation results show that HDBSCAN achieved better clustering performance, with a Silhouette Score of 0.385645, a DBI of 0.756857, and a CHI of 19.956910, compared with K-Means, which obtained a Silhouette Score of 0.307256, a DBI of 1.208669, and a CHI of 19.015555. The clustering results were visualized using cluster maps, heatmaps of cluster characteristics, and cluster membership distributions to illustrate the spatial distribution and differences in regional characteristics. The results indicate that HDBSCAN provides more detailed clustering and is capable of identifying areas with distinct characteristics as noise.

Keywords: HDBSCAN, K-MEANS, Atmospheric Gas Emissions, Forest Fire, Sentinel-5P, Clustering.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	0
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI	ii
PERNYATAAN SIMILARITY CHECK	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
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.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Teori Pendukung	10
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Lokasi Penelitian	18
3.2 Teknik Pengumpulan Data	21
3.3 Pre-Processing Data.....	26
3.4 Pemodelan K-Means	29
3.5 Pemodelan HDBSCAN	31
3.6 Evaluasi Model <i>Clustering</i>	33
BAB IV PEMBAHASAN.....	34

4.1 Dataset	34
4.2 Pre-processing	36
4.3 Pembuatan Model.....	39
4.4 Visualisasi Hasil <i>Clustering</i>	42
4.5 Analisis Hasil	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN.....	57



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terkait	6
Tabel 3.1 Garis Lintang Pulau Kalimantan.....	21



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Perekaman Sensor penginderaan Jauh.....	11
Gambar 2. 2 Platform Google Earth Engine untuk menyimpan ,memproses, dan menganalisis data geospasial dalam skala besar.....	13
Gambar 2. 3 Workflow K-MEANS dalam proses pengelompokan data berdasarkan kemiripan karakteristik data.	16
Gambar 2. 4 Workflow HDBSCAN yang menunjukkan tahapan proses pengelompokan data berdasarkan kepadatan. Sumber: Fangqing Zhang et al.	17
Gambar 3. 1 Peta Pulau Kalimantan	18
Gambar 3. 2 Sebaran Titik Hotspot Di Pulau Kalimantan.....	23
Gambar 3. 3 Data Tutupan lahan Pulau Kalimantan Per Kabupaten/Kota	24
Gambar 3. 4 Data Curah Hujan Pulau kalimantan Per Kabupaten/Kota	25
Gambar 3. 5 Alur Penggunaan Dataset.....	26
Gambar 3. 6 Alur Proses Klasterisasi Algoritma K-Means	30
Gambar 3. 7 Alur Proses klasterisasi Algoritma HDBSCAN.....	32
Gambar 4. 1 Proses Pengumpulan & Ekspor Dataset Penelitian.....	34
Gambar 4. 2 Hasil Penggabungan Seluruh Variabel penelitian.....	35
Gambar 4. 3 Hasil Exploratory Data Analysis pada Variabel Penelitian	36
Gambar 4. 4 Visualisasi PCA Hasil Clustering K-Means.....	38
Gambar 4. 5 Visualisasi PCA Hasil Clustering HDBSCAN.....	38
Gambar 4. 6 Hasil Elbow Method untuk Penentuan Jumlah Cluster K-Means	39
Gambar 4. 7 Hasil Evaluasi K-Means.....	40
Gambar 4. 8 Hasil Evaluasi HDBSCAN.....	41
Gambar 4. 9 Hasil Evaluasi Model Clustering K-Means Dan HDBSCAN.....	42
Gambar 4. 10 Visualisasi Klastering Pulau Kalimantan Dengan Algoritma HDBSCAN	43
Gambar 4. 11 Label Cluster Emisi Gas Dengan Algoritma HDBSCAN.....	44
Gambar 4. 12 Peta Klaster K-Means Emisi Gas Atmosfer di Kalimantan....	45
Gambar 4. 13 Label Cluster Emisi Gas Dengan Algoritma K-Means.....	46
Gambar 4. 14 Heatmap Karakteristik Cluster HDBSCAN.....	47

Gambar 4. 15 Distribusi Jumlah Anggota Cluster HDBSCAN.....48



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kartu Asistensi	57
Lampiran 2 Curriculum Vitae	58
Lampiran 3 Surat Pernyataan & Pengalihan HAKI	59
Lampiran 4 Surat Keterangan BNSP	61

