

MODEL PREDIKSI KONSENTRASI PM2.5 DI JAKARTA MENGUNAKAN LSTM BERDASARKAN DATA AOD HIMAWARI

STEVEN HESANG



**PROGRAM SARJANA ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Model Prediksi Konsentrasi PM2.5 di Jakarta Menggunakan LSTM Berdasarkan Data AOD Himawari” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2025

Steven Hesang
G6401211044

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

STEVEN HESANG. Model Prediksi Konsentrasi PM2.5 di Jakarta Menggunakan LSTM Berdasarkan Data AOD Himawari. Dibimbing oleh IMAS SUKAESIH SITANGGANG dan HENDRA RAHMAWAN.

Peningkatan polusi udara di Jakarta, khususnya konsentrasi PM2.5, menjadi perhatian utama karena dampaknya terhadap kesehatan masyarakat. Menurut Kementerian Kesehatan, Daerah Jakarta tercatat terdapat 638.291 kasus dari Januari hingga Juni 2023. Penelitian ini bertujuan membangun model prediksi konsentrasi PM2.5 menggunakan data *Aerosol Optical Depth* (AOD) dari satelit Himawari dan model *Long Short-Term Memory* (LSTM) dalam rentang waktu data 1 Januari 2022 hingga 31 Desember 2024 dengan resolusi spasial 5,5 km. Data pendukung meliputi AOD satelit Himawari, PM2.5 dari situs Rendah Emisi Jakarta, serta variabel cuaca dari Visual Crossing. Setelah ketiga data digabungkan, data dipraproses menggunakan metode interpolasi linear dan dinormalisasi dengan metode *MinMaxScaler*, kemudian dilakukan pembagian data menjadi tiga bagian, yaitu data latih, data validasi, dan data uji. *Hyperparameter tuning* menggunakan *grid search* dengan parameter *learning rate*, *optimizer*, jumlah unit LSTM, dan *dropout rate*, serta evaluasi menggunakan R^2 , MSE, dan MAE. Hasil terbaik diperoleh di stasiun DKI2 Kelapa Gading dengan R^2 sebesar 77,74%, RMSE 0,0875, dan MAE 0,0638 dengan parameter optimalnya 0.01 *learning rate*, Adam *optimizer*, 16 unit LSTM, dan 0 *dropout rate*. Model pada stasiun Jakarta GBK memiliki performa kurang baik akibat banyaknya *missing value*. Penelitian ini menunjukkan bahwa LSTM efektif dalam memprediksi PM2.5 jika data berkualitas tersedia.

Kata kunci: AOD, Himawari, Jakarta, LSTM, PM2.5

ABSTRACT

STEVEN HESANG. Prediction Model for PM2.5 Concentration in Jakarta Using LSTM Based on Himawari AOD Data. Supervised by IMAS SUKAESIH SITANGGANG and HENDRA RAHMAWAN.

The increasing air pollution in Jakarta, particularly PM2.5 concentrations, has become a major concern due to its impact on public health. There is 638,291 cases recorded from January to June 2023 according to the Ministry of Health. This research aims to develop a model for predicting PM2.5 concentrations using Himawari satellite Aerosol Optical Depth (AOD) data and a Long Short-Term Memory (LSTM) model in the period of January 1, 2022, to December 31, 2024, with a spatial resolution of 5.5 km. Supporting data includes AOD from Himawari satellite, PM2.5 from the Jakarta Rendah Emisi website, and weather variables from Visual Crossing. After merging the datasets, preprocessing was conducted using linear interpolation and MinMaxScaler normalization, followed by data splitting, hyperparameter tuning using grid search on learning rate, optimizer, number of LSTM units, and dropout rate, and evaluation using R^2 , MSE, and MAE. The best results were obtained at the DKI2 Kelapa Gading station, with an R^2 of 77.74%, an RMSE of 0.0875, and an MAE of 0.0638, using optimal parameters of a 0.01

learning rate, Adam optimizer, 16 LSTM units, and a dropout rate of 0. The model at the Jakarta GBK station performed less optimally due to a significant number of missing values. This research demonstrates that LSTM is effective in predicting PM2.5 when quality data is available.

Keywords: AOD, Himawari, Jakarta, LSTM, PM2.5

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

MODEL PREDIKSI KONSENTRASI PM2.5 DI JAKARTA MENGUNAKAN LSTM BERDASARKAN DATA AOD HIMAWARI

STEVEN HESANG

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Ilmu Komputer

**PROGRAM SARJANA ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
Muhammad Asyhar Agmalaro, S.Si., M.Kom.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Skripsi : Model Prediksi Konsentrasi PM2.5 di Jakarta Menggunakan
LSTM Berdasarkan Data AOD Himawari

Nama : Steven Hesang
NIM : G6401211044

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Imas Sukaesih Sitanggang, S.Si., M.Kom.

Pembimbing 2:
Dr. Hendra Rahmawan, S.Kom., M.T.

Diketahui oleh

Ketua Program Sarjana Ilmu Komputer:
Dr. Sony Hartono Wijaya, S.Kom., M.Kom.
19810809 200812 1 002

Tanggal Ujian:
8 Juli 2025

Tanggal Lulus:
(tanggal penandatanganan oleh Dekan
Fakultas/Sekolah ...)

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2025 sampai bulan Juli 2025 ini ialah tentang penggunaan algoritma *machine learning* untuk membuat model prediksi PM2.5, dengan judul “Model Prediksi Konsentrasi PM2.5 di Jakarta Menggunakan LSTM Berdasarkan Data AOD Himawari”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada orang tua yang terkasih, yaitu Bapak Herry dan Ibu Lily serta para pembimbing Prof. Dr. Imas Sukaesih Sitanggang, S.Si., M.Kom. dan Dr. Hendra Rahmawan, S.Kom., M.T. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing.

Ungkapan terima kasih penulis sampaikan kepada saudara serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Teman-teman satu penelitian, teman dekat, beserta orang-orang baik yang sudah menemani dan kebersamaan selama kuliah di IPB. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2025

Steven Hesang



DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 PM2.5	4
2.2 AOD Himawari	4
2.3 Praproses Data Temporal	5
2.4 Long Short Term Memory (LSTM)	6
2.5 <i>Optimizer</i>	9
III METODE	11
3.1 Data Penelitian	11
3.2 Tahapan Penelitian	11
3.3 Peralatan Penelitian	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Pengumpulan Data	16
4.2 Praproses Data	17
4.3 Pembuatan Model LSTM	18
V SIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Simpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	39
RIWAYAT HIDUP	43

DAFTAR TABEL

1	Refrensi beberapa penelitian sebelumnya mengenai model PM2.5 menggunakan LSTM	8
2	<i>Longitude</i> dan <i>latitude</i> stasiun pengukuran di Jakarta	12
3	Total <i>missing value</i> dari data AOD dan PM2.5	17
4	Rangkuman statistik sebelum praproses data	17
5	Rangkuman statistik setelah praproses data	18
6	<i>Hyperparameter tuning</i> yang digunakan	19
7	Ringkasan hasil <i>hyperparameter tuning</i> dari masing-masing stasiun	35

DAFTAR GAMBAR

1	Kosentrasi PM2.5 harian pada tahun 2023	4
2	Arsitektur LSTM	7
3	Tahapan Penelitian	11
4	Pemrosesan data setelah data dikumpulkan	13
5	Bagan Model LSTM	14
6	Visualisasi <i>heatmap</i> AOD	16
7	Grafik nilai MSE pada proses pelatihan stasiun US Embassy 1 sebelum praproses AOD	20
8	Hasil Prediksi PM2.5 stasiun US Embassy 1 sebelum praproses AOD	20
9	Grafik nilai MSE pada proses pelatihan stasiun US Embassy 1 setelah praproses AOD	20
10	Hasil Prediksi PM2.5 stasiun US Embassy 1 setelah praproses AOD	21
11	Grafik nilai MSE pada proses pelatihan stasiun US Embassy 2 sebelum praproses AOD	22
12	Hasil prediksi PM2.5 stasiun US Embassy 2 sebelum praproses AOD	22
13	Grafik nilai MSE pada proses pelatihan stasiun US Embassy 2 setelah praproses AOD	22
14	Hasil prediksi PM2.5 stasiun US Embassy 2 setelah praproses AOD	23
15	Grafik nilai MSE pada proses pelatihan stasiun Jakarta GBK sebelum praproses AOD	23
16	Hasil prediksi PM2.5 stasiun Jakarta GBK sebelum praproses AOD	24
17	Grafik nilai MSE pada proses pelatihan stasiun Jakarta GBK setelah praproses AOD	24
18	Hasil prediksi PM2.5 stasiun Jakarta GBK sebelum setelah praproses AOD	24
19	Grafik nilai MSE pada proses pelatihan stasiun DKI1 Bundaran HI sebelum praproses AOD	25
20	Hasil prediksi PM2.5 stasiun DKI1 Bundaran HI sebelum praproses AOD	26
21	Grafik nilai MSE pada proses pelatihan stasiun DKI1 Bundaran HI setelah praproses AOD	26
22	Hasil prediksi PM2.5 stasiun DKI1 Bundaran HI setelah praproses AOD	26

23	Grafik nilai MSE pada proses pelatihan stasiun DKI2 Kelapa Gading sebelum praproses AOD	27
24	Hasil prediksi PM2.5 stasiun DKI2 Kelapa Gading sebelum praproses AOD	28
25	Grafik nilai MSE pada proses pelatihan stasiun DKI2 Kelapa Gading setelah praproses AOD	28
26	Hasil prediksi PM2.5 stasiun DKI2 Kelapa Gading setelah praproses AOD	28
27	Grafik nilai MSE pada proses pelatihan stasiun DKI3 Jagakarsa sebelum praproses AOD	29
28	Hasil prediksi PM2.5 stasiun Jagakarsa sebelum praproses AOD	30
29	Grafik nilai MSE pada proses pelatihan stasiun DKI3 Jagakarsa setelah praproses AOD	30
30	Hasil prediksi PM2.5 stasiun Jagakarsa setelah praproses AOD	30
31	Grafik nilai MSE pada proses pelatihan stasiun DKI4 Lubang Buaya sebelum praproses AOD	31
32	Hasil prediksi PM2.5 stasiun DKI4 Lubang Buaya sebelum praproses AOD	32
33	Grafik nilai MSE pada proses pelatihan stasiun DKI4 Lubang Buaya setelah praproses AOD	32
34	Hasil prediksi PM2.5 stasiun DKI4 Lubang Buaya setelah praproses AOD	32
35	Grafik nilai MSE pada proses pelatihan stasiun DKI5 Kebun Jeruk sebelum praproses AOD	33
36	Hasil prediksi PM2.5 stasiun DKI5 Kebun Jeruk sebelum praproses AOD	34
37	Grafik nilai MSE pada proses pelatihan stasiun DKI5 Kebun Jeruk setelah praproses AOD	34
38	Hasil prediksi PM2.5 stasiun DKI5 Kebun Jeruk setelah praproses AOD	34

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.