



**PERBANDINGAN PERFORMA LSTM, GRU DAN HYBRID
DENGAN XGBOOST UNTUK PREDIKSI KUALITAS UDARA
DI DKI JAKARTA**

**TUGAS AKHIR
SKRIPSI**

ADAM ROBBANI IMADUDDIN

41522010125

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

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



**PERBANDINGAN PERFORMA LSTM, GRU DAN HYBRID
DENGAN XGBOOST UNTUK PREDIKSI KUALITAS UDARA
DI DKI JAKARTA**

**TUGAS AKHIR
SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

ADAM ROBBANI IMADUDDIN

41522010125

**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 : Adam Robbani Imaduddin

NIM : 41522010125

Fakultas/Program Studi : Fakultas Ilmu Komputer / Teknik Informatika

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir berjudul:

“Perbandingan Performa LSTM, GRU dan Hybrid dengan XGBoost untuk Prediksi Kualitas Udara di DKI Jakarta” 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, 28 Juli 2026



Adam Robbani Imaduddin

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 : Adam Robbani Imaduddin
NIM /Student ID Number : 41522010125
Program Studi /Study Program : Teknik Informatika

Dengan Judul Tugas Akhir

/The title:

**“PERBANDINGAN PERFORMA LSTM, GRU DAN HYBRID DENGAN XGBOOST
UNTUK PREDIKSI KUALITAS UDARA DI DKI JAKARTA”**

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

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

23 Juli 2026

dengan nilai persentase sebesar :

/with a percentage value of:

19%

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.*

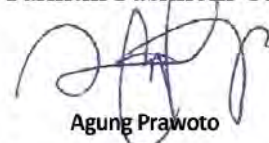
File hasil cek similarity turnitin:

/Turnitin similarity report file

https://drive.google.com/file/d/10SJcXu_uuWfq5BkNeIi6WhE_6LySDvKA/view?usp=drive_link



Jakarta, 23 Juli 2026
Admin Turnitin Fasikom UMB



Agung Prawoto, S.Kom., B.Sc
NIK : 322970503

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Adam Robbani Imaduddin
NIM : 41522010125
Fakultas/Program Studi : Fakultas Ilmu Komputer / Teknik Informatika
Judul Tugas Akhir : Perbandingan Performa LSTM, GRU dan Hybrid dengan XGBoost untuk Prediksi Kualitas Udara di DKI Jakarta

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



Saruni Dwiasnati S.T., M.M., M.Kom

NIDN/NUPTK: 0325128802

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 kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang merupakan salah satu persyaratan kelulusan Program Studi Strata Satu (S1) Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan penelitian ini. Penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan, motivasi, bantuan, bimbingan, serta doa 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.
3. Bapak Dr. Hadi Santoso, S.Kom., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Mercu Buana.
4. Ibu Saruni Dwiasnati, S.T, M.M, M.Kom selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan, motivasi, menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran sehingga proses penyusunan tugas akhir ini dapat berjalan dengan baik.
5. Kedua Orang Tua saya yang selalu mendukung saya selama menjalani masa studi sebagai mahasiswa Universitas Mercu Buana.
6. Semua teman kuliah yang selalu berbagi informasi dan memberikan dukungan dalam bentuk yang berbeda-beda.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tuhan yang Maha Esa membalas kebaikan dan selalu mencurahkan rahmat, hidayah, serta panjang umur kepada kita semua, aamiin. Terima Kasih.

Jakarta, 13 Juli 2026



Adam Robbani Imaduddin

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB**

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

Nama : Adam Robbani Imaduddin
NIM : 41522010125
Fakultas/Program Studi : Fakultas Ilmu Komputer / Teknik Informatika
Judul Laporan Skripsi : Perbandingan Performa LSTM, GRU dan Hybrid dengan XGBoost untuk Prediksi Kualitas Udara di DKI Jakarta

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,



Adam Robbani Imaduddin

PERBANDINGAN PERFORMA LSTM, GRU DAN HYBRID DENGAN XGBOOST UNTUK PREDIKSI KUALITAS UDARA DI DKI JAKARTA

ADAM ROBBANI IMADUDDIN

ABSTRAK

Peningkatan konsentrasi polutan PM2.5 di wilayah DKI Jakarta menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang berdampak terhadap kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan sistem prediksi kualitas udara yang mampu memberikan informasi secara akurat sebagai dasar mitigasi dan peringatan dini. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa model *Long Short-Term Memory* (LSTM), *Gated Recurrent Unit* (GRU), serta model hybrid dengan *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost) dalam memprediksi konsentrasi PM2.5 di DKI Jakarta. Penelitian ini menggunakan data historis kualitas udara dan faktor meteorologi yang diperoleh dari *Copernicus Atmosphere Monitoring Service* (CAMS) melalui layanan Open-Meteo. Data diproses melalui tahapan *preprocessing*, *feature engineering*, normalisasi, serta pembentukan data time series menggunakan metode *sliding window*. Selanjutnya, dilakukan pengembangan beberapa model prediksi, yaitu LSTM, GRU, Hybrid LSTM-XGBoost, dan Hybrid GRU-XGBoost. Evaluasi performa model dilakukan menggunakan metrik Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), dan R^2 . Hasil penelitian menunjukkan bahwa model GRU memiliki performa yang lebih baik dibandingkan LSTM dalam memprediksi pola perubahan konsentrasi PM2.5. Selain itu, penerapan pendekatan hybrid dengan XGBoost mampu meningkatkan akurasi prediksi melalui mekanisme koreksi residual terhadap hasil prediksi model dasar. Berdasarkan hasil perbandingan, model Hybrid LSTM-XGBoost menghasilkan performa terbaik dibandingkan model lainnya dan memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai dasar sistem prediksi serta peringatan dini kualitas udara.

Kata kunci: PM2.5, Kualitas Udara, Deep Learning, LSTM, GRU, XGBoost.

PERBANDINGAN PERFORMA LSTM, GRU DAN HYBRID DENGAN XGBOOST UNTUK PREDIKSI KUALITAS UDARA DI DKI JAKARTA

ADAM ROBBANI IMADUDDIN

ABSTRACT

The increasing concentration of PM_{2.5} pollutants in DKI Jakarta has become a significant environmental issue that affects public health. Therefore, an accurate air quality prediction system is needed to support mitigation efforts and early warning mechanisms. This study aims to compare the performance of Long Short-Term Memory (LSTM), Gated Recurrent Unit (GRU), and hybrid models integrated with Extreme Gradient Boosting (XGBoost) for predicting PM_{2.5} concentrations in DKI Jakarta. This research utilizes historical air quality and meteorological data obtained from the Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) through the Open-Meteo service. The data undergoes several preprocessing stages, including feature engineering, normalization, and time series sequence formation using the sliding window approach. Subsequently, four prediction models are developed, consisting of LSTM, GRU, Hybrid LSTM-XGBoost, and Hybrid GRU-XGBoost. The performance of each model is evaluated using several metrics, including Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), and R^2 . The results indicate that the GRU model achieves better performance than LSTM in capturing PM_{2.5} concentration patterns. Furthermore, the integration of XGBoost in the hybrid approach improves prediction performance by applying residual correction to the outputs of the base deep learning models. Among all tested models, the Hybrid LSTM-XGBoost model provides the best overall performance, demonstrating its potential as a foundation for developing an air quality prediction and early warning system.

Keywords: PM_{2.5}, Air Quality, Deep Learning, LSTM, GRU, XGBoost.

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	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Teori Pendukung	15
2.2.1 Kualitas Udara dan PM2.5	15
2.2.2 Particulate Matter 2.5	16
2.2.3 Deep Learning	17
2.2.4 Long Short-Term Memory (LSTM).....	17
2.2.5 Gated Recurrent Unit (GRU).....	20
2.2.6 Extreme Gradient Boosting (XGBoost)	23
2.2.7 Evaluasi Model.....	25
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Jenis Penelitian.....	28

3.2 Tahapan Penelitian	29
3.2.1 Identifikasi Masalah	30
3.2.2 Pengumpulan Data	30
3.2.3 Preprocessing.....	30
3.2.4 Pembagian Data (Splitting Data).....	32
3.2.5 Normalisasi Data.....	32
3.2.6 Sliding Window	33
3.2.7 Implementasi Model.....	33
3.2.8 Evaluasi Model.....	34
3.2.9 Perbandingan Model.....	34
3.2.10 Kesimpulan	34
BAB IV PEMBAHASAN	35
4.1 Pengumpulan Data	35
4.2 Preprocessing Data.....	36
4.2.1 Penanganan Missing Value dan Duplikat	37
4.2.2 Feature Engineering	38
4.2.3 Seleksi Fitur.....	40
4.3 Pembagian Data (Splitting Data)	41
4.4 Normalisasi	42
4.5 Sliding Window	42
4.6 Hyperparameter Tuning Model.....	43
4.6.1 Ruang Pencarian LSTM dan GRU	44
4.6.2 Hasil Tuning LSTM	45
4.6.3 Hasil Tuning GRU.....	46
4.6.4 Pemilihan Konfigurasi Final	47
4.7 Pelatihan Model Final dan Model Hybrid.....	48
4.7.1 Pelatihan LSTM dan GRU Final	48
4.7.2 Eksperimen dengan Beberapa Random Seed.....	49
4.7.3 Perhitungan Residual.....	50
4.7.4 Hyperparameter Tuning XGBoost	51
4.7.5 Pelatihan Model Hybrid.....	53
4.8 Hasil Prediksi dan Evaluasi Model	54
4.8.1 Hasil Eksperimen Beberapa Random Seed	54
4.8.2 Ringkasan Mean dan Standard Deviation.....	56
4.8.3 Perbandingan LSTM dan GRU.....	57
4.8.4 Pengaruh XGBoost terhadap LSTM.....	58
4.8.5 Pengaruh XGBoost terhadap GRU	59
4.8.6 Uji Signifikansi Wilcoxon	60
4.8.7 Penentuan Model Terbaik	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	64
5.1 Kesimpulan	64

5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA.....	67
LAMPIRAN.....	72



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait	6
Tabel 2. 2 Kategori PM2.5.....	16
Tabel 4. 1 Fitur yang digunakan.....	40
Tabel 4. 2 Ruang Pencarian Hyperparameter LSTM dan GRU	44
Tabel 4. 3 Lima Hasil Hyperparameter Tuning Terbaik Model LSTM.....	45
Tabel 4. 4 Lima Hasil Hyperparameter Tuning Terbaik Model GRU.....	46
Tabel 4. 5 Perbandingan Konfigurasi Final LSTM dan GRU	47
Tabel 4. 6 Konfigurasi Model LSTM dan GRU Final.....	48
Tabel 4. 7 Random Seed Eksperimen Final.....	50
Tabel 4. 8 Ruang Pencarian Hyperparameter XGBoost	51
Tabel 4. 9 Bentuk data setelah flattening.....	52
Tabel 4. 10 Konfigurasi XGBoost Terbaik.....	52
Tabel 4. 11 Hasil Evaluasi Model pada Setiap Random Seed	55
Tabel 4. 12 Ringkasan Performa Model dalam Mean $\pm$ Standard Deviation	56
Tabel 4. 13 Perubahan Performa LSTM Setelah Dikombinasikan dengan XGBoost	58
Tabel 4. 14 Perubahan Performa GRU Setelah Dikombinasikan dengan XGBoost	59
Tabel 4. 15 Hasil Wilcoxon Signed-Rank Test.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Desain Penelitian.....	29
Gambar 4. 1 Tampilan website Open-Meteo.....	36
Gambar 4. 2 Dataset.....	36
Gambar 4. 3 Kode pengecekan missing value dan duplicate.....	37
Gambar 4. 4 Visualisasi Pembagian Data.....	41
Gambar 4. 5 Kode normalisasi.....	42
Gambar 4. 6 Kode sliding windows.....	43
Gambar 4. 7 Kode Perhitungan Residual Model Dasar	51
Gambar 4. 8 Perbandingan Nilai Aktual dan Prediksi Model LSTM-XGBoost ..	62



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kartu Asistensi	72
Lampiran 2. Curriculum Vitae	73
Lampiran 3. Surat Pernyataan & Pengalihan HAKI	74
Lampiran 4. Sertifikat BNSP	76

