

**ANALISIS PREDIKSI POLUTAN PM2.5 DENGAN REDUKSI
DIMENSI PCA DAN *DEEP LEARNING* LSTM PADA
DATA DERET WAKTU MULTIVARIAT**

TUGAS AKHIR



Alvira Angraini

NIM. 2201020046

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI KEMARITIMAN
UNIVERSITAS MARITIM RAJA ALI HAJI
TANJUNGPINANG
2026**

**ANALISIS PREDIKSI POLUTAN PM2.5 DENGAN REDUKSI
DIMENSI PCA DAN *DEEP LEARNING* LSTM PADA
DATA DERET WAKTU MULTIVARIAT**

Tugas Akhir

Skema Skripsi

Tugas Akhir diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana

Teknik pada Program Studi Teknik Informatika



Alvira Angraini

NIM. 2201020046

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI KEMARITIMAN
UNIVERSITAS MARITIM RAJA ALI HAJI
TANJUNGPINANG
2026**

PERNYATAAN MENGENAI TUGAS AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

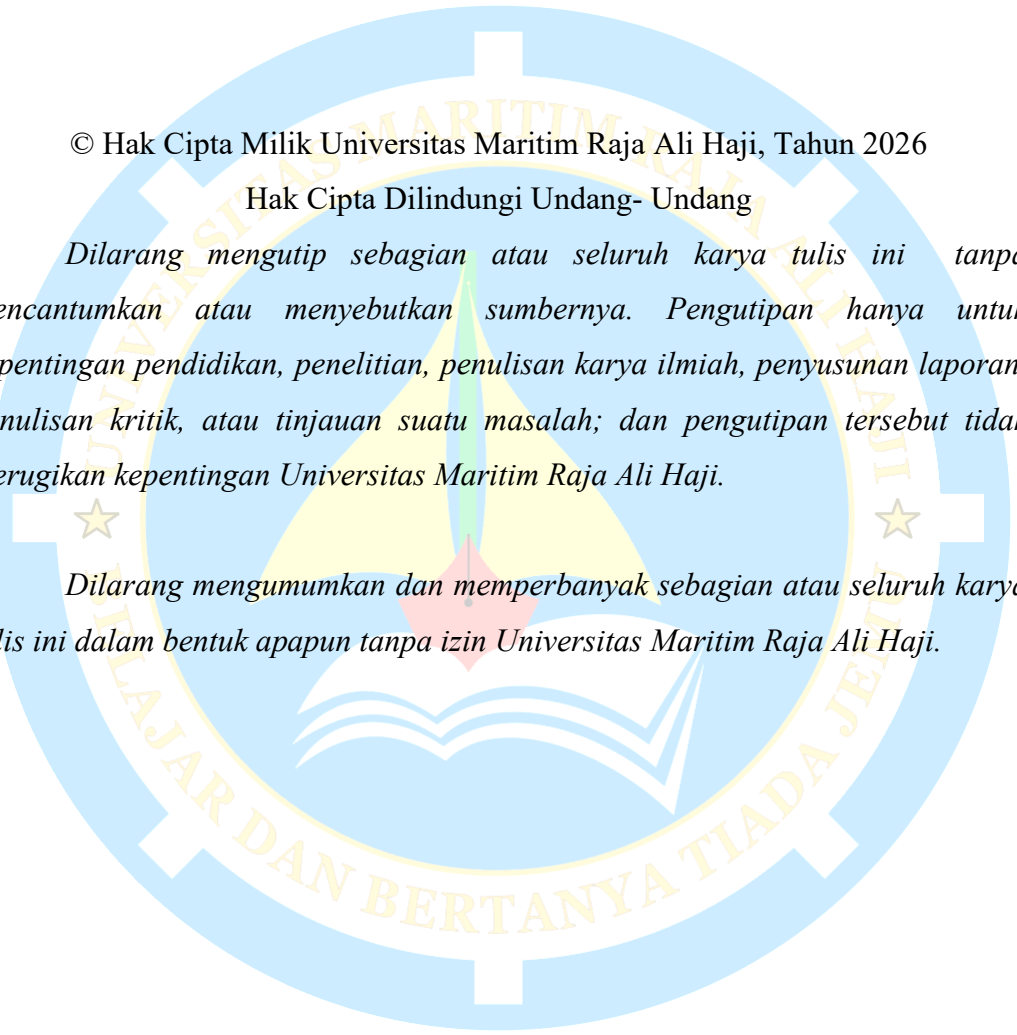
Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir berjudul “Analisis Prediksi Polutan PM2.5 dengan Reduksi Dimensi PCA dan *Deep Learning* LSTM Pada Data Deret Waktu Multivariat” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana 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.

Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar dan melanggar peraturan yang berlaku dalam karya tulis dan hak intelektual, maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Maritim Raja Ali Haji dan menerima sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Tanjungpinang, 03 Juni 2026



Alvira Angraini
NIM 2201020046



© Hak Cipta Milik Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tahun 2026

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 Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Maritim Raja Ali Haji.

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul : Analisis Prediksi Polutan PM2.5 dengan Reduksi
Dimensi PCA dan *Deep learning* LSTM pada Data
Deret Waktu Multivariat
Nama : Alvira Angraini
NIM : 2201020046
Program Studi : Teknik Informatika
Tanggal Persetujuan : 25 Mei 2026

Disetujui oleh,
Komisi Pembimbing



Hendra Kurniawan, S.Kom., M.Sc.Eng, Ph.D

(Ketua)



Ir. Muhamad Fadli, M.Kom

(Anggota)

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Analisis Prediksi Polutan PM2.5 dengan Reduksi Dimensi PCA dan *Deep Learning* LSTM Pada Data Deret Waktu Multivariat

Nama : Alvira Angraini

NIM : 2201020046

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Komisi Penguji sebagai bagian persyaratan yang diperlukan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknik Elektro dan Informatika, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji.

KOMISI PENGUJI

Ketua	: Tekad Matulatan, S.Kom., M.Info.Tech	(.....)
Anggota I	: Feri Irawan, S.Kom., M.Kom	(.....)
Anggota II	: Novrizal Fattah Fahmitra, S.Kom., M.Kom	(.....)
Anggota III	: Hendra Kurniawan, S.Kom., M.Sc.Eng, Ph.D	(.....)
Anggota IV	: Ir. Muhamad Fadli, M.Kom	(.....)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Informatika


Hollanda Arief Kusuma, S.IK., M.Si
NIP. 198904012019031016

Tanggal Ujian: 23 Juni 2026

Tanggal Lulus:

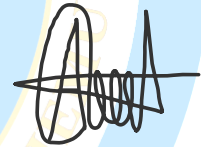
PRAKATA

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga laporan tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam tugas akhir yang telah dilaksanakan pada bulan Oktober hingga Mei 2026 ini ialah prediksi kadar udara, dengan judul **“Analisis Prediksi Polutan PM2.5 dengan Reduksi Dimensi PCA dan *Deep Learning* LSTM Pada Data Deret Waktu Multivariat”**.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Hendra Kurniawan, S.Kom., M.Sc.Eng, Ph.D. selaku pembimbing satu dan Bapak Ir. Muhamad Fadli, M.Kom. selaku pembimbing dua yang telah banyak memberi saran dan masukan. Di samping itu, ucapan terima kasih juga disampaikan untuk Papa, mama, kakak dan adik serta teman-teman terdekat, atas segala dukungan, doa dan kasih sayang.

Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi penulis dan para pembaca.

Tanjungpinang, 03 Juni 2026



Alvira Angraini

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
HALAMAN MOTTO	x
PRAKATA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	5
C. Batasan Penelitian	5
D. Tujuan Penelitian	6
E. Manfaat Penelitian	7
F. Keaslian Penelitian.....	7
BAB II KAJIAN LITERATUR	9
A. Tinjauan Pustaka	9
B. Landasan Teori.....	24
1. <i>Particulate Matter 2.5 (PM2.5)</i>	24
2. <i>Data deret waktu (time series)</i>	25
3. <i>Prediksi (forecasting)</i>	27
4. <i>Analisis Korelasi</i>	28

5. Penanganan Outlier pada Data Kualitas Udara.....	29
6. Normalisasi dan Denormalisasi Data.....	30
7. Reduksi Dimensi dengan <i>Principal Component Analysis</i> (PCA).....	31
8. <i>Long Short-Term Memory</i> (LSTM)	33
9. Pembentukan Data <i>Sequence</i> (<i>Windowing / Lookback</i>).....	36
10. Optimasi <i>Hyperparameter</i> (<i>Grid search</i>)	36
11. Teknik Regularisasi (<i>Early stopping</i>) dan Optimasi <i>ADAM</i>	37
12. Evaluasi Model	37
BAB III METODE PENELITIAN.....	40
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	40
B. Alat dan Bahan.....	40
C. Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	40
1. Studi Literatur	42
2. Pengumpulan Data	42
3. Pra-Pemrosesan Data	43
4. Analisis Data (EDA) dengan Korelasi Pearson	44
5. Pembagian Data (<i>Split Data</i>).....	44
6. Normalisasi Data.....	44
7. Penentuan <i>Lookback</i>	44
8. Pencarian Parameter Optimal Menggunakan <i>Grid Search</i>	45
9. Jalur A: Pelatihan dan Evaluasi Model LSTM Murni	45
10. Penerapan <i>Principal component analysis</i> (PCA).....	45
11. Jalur B: Model PCA-LSTM.....	45
12. Evaluasi Model terbaik dan Perbandingan LSTM Murni dan PCA-LSTM	46
13. Implementasi Model	46

14. Penyusunan Laporan / Skripsi.....	46
D. Perancangan Sistem	46
1. <i>Flowchart</i> Rancangan sistem	46
2. <i>Wireframe</i> Perencanaan Pembangunan Sistem.....	47
E. Analisis Data	49
1. Normalisasi Data.....	51
2. Seleksi Fitur dengan <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	52
3. Perhitungan Manual <i>Long Short-Term Memory</i> (LSTM) dengan <i>inputan</i> Fitur seleksi dari PCA.....	59
4. Denormalisasi hasil prediksi	65
F. Jadwal Penelitian.....	66
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	67
A. Deskripsi <i>Dataset</i>	67
B. Pra-Pemrosesan Data.....	67
1. Pengecekan <i>Missing value</i>	67
2. Transformasi Wind Direction (Sin dan Cos)	68
3. Analisis Data Variabel Target (PM2.5)	68
4. Analisis Korelasi Pearson	69
C. Pembagian Data (<i>Split Data</i>)	71
D. Normalisasi Data	73
E. Pencarian <i>Lookback</i>	73
F. Arsitektur dan Konfigurasi Model LSTM	74
G. Optimasi Hiperparameter (<i>Grid search</i>)	75
H. Hasil <i>Training</i> dan <i>Learning curve</i> Model LSTM Murni.....	77
I. Penerapan PCA sebagai Seleksi Fitur.....	79
1. Perhitungan Eigenvalue dan Penentuan Jumlah Komponen Signifikan ...	79

2. Analisis <i>Loading Factor</i> dan Seleksi Fitur	81
3. Penggabungan Fitur Terpilih dengan Historis PM2.5	82
J. Hasil <i>Training</i> dan <i>Learning curve</i> Model PCA-LSTM	83
K. Hasil, Evaluasi dan Perbandingan Model	85
1. Perbandingan Akurasi	85
2. Analisis Manfaat PCA	86
3. Perbandingan Data Aktual vs Data Prediksi	87
L. Implementasi Sistem.....	89
1. Halaman Beranda.....	89
2. Halaman Prediksi	90
3. Halaman Hasil Prediksi.....	91
4. Halaman <i>Upload Data</i>	92
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	93
A. Simpulan.....	93
B. Saran	94
DAFTAR PUSTAKA	95

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Keaslian Penelitian.....	8
Tabel 2. Penelitian terdahulu.....	14
Tabel 3. Ambang batas PM2.5	25
Tabel 4. Nilai Interpretasi Kekuatan hubungan Variabel.....	29
Tabel 5. Keterangan Variabel	49
Tabel 6. Data <i>training</i> (perhitungan manual).....	50
Tabel 7. Data <i>testing</i> (perhitungan manual).....	50
Tabel 8. Hasil normalisasi data pelatihan	51
Tabel 9. Hasil normalisasi data pengujian	52
Tabel 10. Hasil rata-rata keseluruhan variabel.....	52
Tabel 11. Hasil dari hitung selisih tiap fitur data pelatihan	53
Tabel 12. Matriks kovarians.....	54
Tabel 13. <i>Eigenvalues</i> (λ)	55
Tabel 14. <i>Eigenvector</i> (v).....	55
Tabel 15. Hasil perhitungan total <i>influence</i>	56
Tabel 16. Hasil PCA pelatihan.....	58
Tabel 17. Hasil PCA data pengujian.....	58
Tabel 18. Inisialisasi bobot awal.....	59
Tabel 19. Data baris pertama <i>training</i> (Normalisasi Min Max).....	60
Tabel 20. Hasil perhitungan <i>forward</i> pakai model yang sudah dilatih	65
Tabel 21. Jadwal penelitian.....	66
Tabel 22. Karakteristik <i>Dataset</i>	67
Tabel 23. Gambaran lima data teratas.....	67
Tabel 24. Hasil Transformasi Wind Direction.....	68
Tabel 25. Pembagian data	72
Tabel 26. Contoh Data Hasil Normalisasi.....	73
Tabel 27. Pencarian <i>Lookback</i>	74
Tabel 28. Arsitektur dan Konfigurasi Model LSTM	74
Tabel 29. Parameter <i>Grid search</i>	75
Tabel 30. Hasil <i>Grid search</i> 10 baris terbaik	76
Tabel 31. Parameter Terbaik	76

Tabel 32. Hasil Evaluasi Model LSTM Murni	78
Tabel 33. Hasil Perhitungan <i>Eigenvalue</i> Tiap Komponen.....	80
Tabel 34. Rincian variansi tiap komponen.....	81
Tabel 35. Fitur Input Akhir untuk Model PCA-LSTM.....	82
Tabel 36. Hasil Evaluasi Model PCA-LSTM	84
Tabel 37. Perbandingan Metrik Evaluasi Kedua Model	86
Tabel 38. Perbandingan Data Aktual vs Data Prediksi Kedua Model	88



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pola horizontal atau stasioner.....	26
Gambar 2. Pola data trend.....	26
Gambar 3. Pola data musiman (<i>seasonal</i>).....	27
Gambar 4. Pola data siklik (<i>cyclical</i>).....	27
Gambar 5. Arsitektur Umum LSTM.....	34
Gambar 6. <i>Flowchart</i> Prosedur Pelaksanaan Penelitian	41
Gambar 7. <i>Flowchart</i> Perancangan Sistem.....	47
Gambar 8. <i>Wireframe Dashboard</i>	48
Gambar 9. <i>Wireframe</i> Prediksi.....	49
Gambar 10. Distribusi Timestamp Hilang	68
Gambar 11. Grafik data PM2.5	69
Gambar 12. Korelasi Pearson PM2.5.....	71
Gambar 13. <i>Split</i> Data Grafik PM2.5.....	73
Gambar 14. Arsitektur LSTM Penelitian.....	75
Gambar 15. Grafik <i>Loss</i> Validasi Model LSTM Murni.....	78
Gambar 16. Grafik Perbandingan Aktual dan <i>Testing</i> LSTM Murni	79
Gambar 17. <i>Scree Plot</i> dan Grafik <i>Eigenvalue</i> Tiap Komponen.....	81
Gambar 18. Grafik <i>Loss</i> Validasi Model PCA-LSTM	84
Gambar 19. Grafik Perbandingan Aktual dan <i>Testing</i> PCA-LSTM.....	85
Gambar 20. Grafik Perbandingan Kedua model.....	89
Gambar 21. Halaman Beranda <i>Website</i>	90
Gambar 22. Halaman Prediksi	91
Gambar 23. Halaman Hasil Prediksi.....	91
Gambar 24. Halaman <i>Upload</i> Data Manual.....	92