



**OPTIMASI LONG SHORT TERM MEMORY DENGAN ADAM
MENGUNAKAN DATA UDARA KOTA DKI JAKARTA**

SKRIPSI

ARVI ARKADIA

1810511081

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS ILMU KOMPUTER

PROGRAM STUDI INFORMATIKA

2022



**OPTIMASI LONG SHORT TERM MEMORY DENGAN ADAM
MENGUNAKAN DATA UDARA KOTA DKI JAKARTA**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

ARVI ARKADIA

1810511081

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS ILMU KOMPUTER

PROGRAM STUDI INFORMATIKA

2022

PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Arvi Arkadia

NIM : 1810511081

Tanggal : 31 Mei 2022

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 1 Juni 2022

Yang Menyatakan,



Arvi Arkadia

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arvi Arkadia
NIM : 1810511081
Fakultas : Ilmu Komputer
Program Studi : S1 Informatika

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah Saya yang berjudul : Optimasi Long Short Term Memory Dengan Adam Menggunakan Data Udara Kota DKI Jakarta. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini Universitas Pembangunan Nasional Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, 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.

Dibuat di : Jakarta
Pada Tanggal : 31 Mei 2022

Yang Menyatakan,



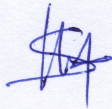
Arvi Arkadia

PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh :

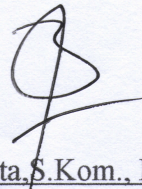
Nama : Arvi Arkadia
NIM : 1810511081
Program Studi : S1 Informatika
Judul Skripsi : Optimasi Long Short Term Memory Dengan Adam
Menggunakan Data Udara Kota DKI Jakarta

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Henki Bayu Seta, S.Kom, MTI.

Penguji 1



Jayanta, S.Kom., M.Si

Penguji 2



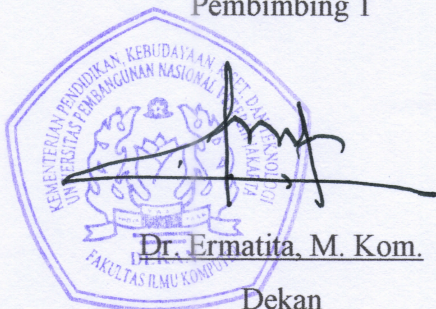
Bayu Hananto, S.Kom, M.Kom.

Pembimbing 1



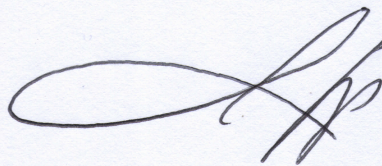
Desta Sandya Prasvita, S.Kom, M.Kom

Pembimbing 2



Dr. Ermatita, M. Kom.

Dekan



Desta Sandya Prasvita, S.Kom, M.Kom

Kaprodi

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : Senin, 4 Juli 2022



Optimasi Long Short Term Memory Dengan Adam Menggunakan Data Udara Kota DKI Jakarta

ARVI ARKADIA

ABSTRAK

Udara merupakan elemen penting bagi kehidupan manusia dalam proses bernapas. Pertumbuhan ekonomi dan urbanisasi yang terjadi di daerah kota besar berpotensi meningkatkan penggunaan energi listrik, air, dan minyak bumi. Hal tersebut mengakibatkan pencemaran udara yang membuat buruk kualitas udara di daerah kota besar seperti Jakarta. Di Indonesia memutuskan lima parameter yang dipergunakan sebagai zat polutan yang mengakibatkan pencemaran udara, zat polutan tersebut diantaranya Nitrogen Dioksida (NO_2), Sulfur Dioksida (SO_2), Partikel Debu (PM_{10}), Ozon (O_3), dan Karbon Monoksida (CO). Kelima zat polutan ini menjadi tolak ukur pada penentuan taraf udara yang ada di Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU). Metode *Long Short Term Memory* digunakan pada penelitian ini sebagai model yang digunakan dalam pengolahan data *time series*. Model LSTM digunakan untuk prediksi mengenai kualitas udara dengan kesalahan komputasi yang minimum. Penggunaan model LSTM dengan menggunakan *Adam Optimizer* untuk pengoptimalan nilai setiap layer agar menghasilkan prediksi yang akurat. Hasil prediksi dengan tingkat akurasi MAPE pada parameter PM_{10} sebesar 4,37%, parameter SO_2 sebesar 5,02%, parameter CO sebesar 18,50%, parameter O_3 sebesar 5,23%, dan parameter NO_2 sebesar 37,28%.

Kata Kunci : Pencemaran Udara, ISPU, LSTM, Adam

Optimization of Long Short Term Memory with Adam on Data Air of DKI Jakarta City

ARVI ARKADIA

ABSTRACT

Air is an important element for human life in the process of breathing. Economic growth and urbanization that occur in large urban areas have the potential to increase the use of electricity, water, and petroleum energy. This results in air pollution which causes poor air quality in big city areas such as Jakarta. In Indonesia, five parameters are used as pollutants that cause air pollution, these pollutants include Nitrogen Dioxide (NO₂), Sulfur Dioxide (SO₂), Dust Particles (PM₁₀), Ozone (O₃), and Carbon Monoxide (CO). These five pollutant substances become benchmarks for determining the air level in the Air Pollution Standard Index (ISPU). The Long Short Term Memory method is used in this study as a model used in processing time series data. The LSTM model is used for prediction of air quality with minimum computational error. The use of the LSTM model by using the Adam Optimizer to optimize the value of each layer to produce accurate predictions. Prediction results with MAPE accuracy on PM₁₀ parameter is 4,37%, SO₂ parameter is 5,02%, CO parameter is 18,50%, O₃ parameter is 5,23%, and NO₂ parameter is 37,28%.

Keywords: Air Pollution, ISPU, LSTM, Adam

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, karunia dan ridho-Nya, sehingga Skripsi yang berjudul “Optimasi Long Short Term Memory Dengan Adam Menggunakan Data Udara Kota DKI Jakarta” berhasil diselesaikan. Dan ucapan terima kasih yang ingin penulis ucapkan kepada :

1. Kedua orang tua penulis, Wiji Narto Suwito (Bapak) dan Suwarti (Ibu), serta anggota keluarga lain yang selalu memberikan doa dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Desta Sandya P., S.Kom, M.Kom dan Bapak Bayu Hananto, S.Kom, , M.Kom, selaku dosen pembimbing yang telah membimbing serta memberikan saran serta feedback yang membangun.
3. Ibu Dr. Ermatita, M. Kom. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
4. Bapak Desta Sandya P., S.Kom, M.Kom. selaku Ketua Program Studi Informatika Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
5. Bapak Desta Sandya P., S.Kom, M.Kom selaku dosen pembimbing akademik.
6. Bapak/Ibu dosen Informatika Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang telah memberikan ilmunya kepada Saya.
7. Teman-teman Informatika angkatan 2018, dan rekan sepergaulan selama Saya berkuliah di UPN Veteran Jakarta.

Akhir kata penulis ucapkan terima kasih dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jakarta, 31 Mei 2022

Arvi Arkadia

Lembar Persetujuan Skripsi

Dengan ini menyatakan bahwa proposal berikut:

Nama : Arvi Arkadia

NIM : 1810511081

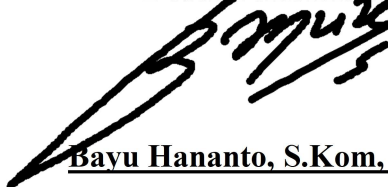
Program Studi : S1 Informatika

Judul : Optimasi Long Short Term Memory Dengan Adam Menggunakan Data Udara Kota DKI Jakarta

Sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk mengikuti ujian Sidang Tugas Akhir/Skripsi pada Program Studi S1 Informatika Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

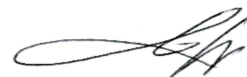
Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1


Bayu Hananto, S.Kom,



Dosen Pembimbing 2


Desta Sandya P., S.Kom, M.Kom

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Desta Sandya P., S.Kom, M.Kom

Ditetapkan : Jakarta

Tanggal Persetujuan : 4 Juni 2022

DAFTAR ISI

COVER	i
JUDUL	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.4 Tujuan	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Luaran Yang Diharapkan	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pencemaran Udara	7
2.2 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)	8
2.3 Long Short Term Memory (LSTM)	9
2.3.1 Struktur Long Short Term Memory (LSTM)	12
2.3.2 Cara Kerja Long Short Term Memory (LSTM)	13
2.3.3 Perbedaan LSTM dengan LSTMCell	18
2.4 Adaptive Moment Estimation (ADAM)	21
2.4.1 Algoritma Adaptive Moment Estimation	24
2.4.2 Algoritma Adamax	27
2.4.3 Algoritma AdamW	28
2.4.4 Algoritma Nadam	29
2.4.5 Algoritma RAdam	30
2.5 Studi Literatur	31
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1 Kerangka Pikir	33
3.2 Identifikasi Masalah	34
3.3 Studi Literatur	34
3.4 Akuisisi Data	34
3.5 Pra Proses Data	35

3.4.1	Data Sequence.....	35
3.6	Pemodelan LSTM dan Optimasi ADAM.....	38
3.7	Pengujian Model.....	38
3.8	Evaluasi Model.....	39
3.9	Akurasi Model.....	40
4.0	Alat Bantu Penelitian.....	41
1.	Perangkat Keras	41
2.	Perangkat Lunak.....	41
4.1	Jadwal Penelitian.....	41
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1	Pengumpulan Data	43
4.2	Praproses Data.....	46
4.3	Pemodelan Long Short Term Memory (LSTM)	60
4.4	Proses model LSTM.....	63
4.5	Hasil Perbandingan Optimasi.....	104
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	113
5.1	Kesimpulan.....	113
5.1	Saran.....	114
DAFTAR PUSTAKA		116
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		120
LAMPIRAN.....		121
Lampiran 1		122
Lampiran 2		180
Lampiran 3		181
Lampiran 4.....		193
Lampiran 5		204
Lampiran 6		215
Lampiran 7		226
Lampiran 8		237

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2.1 FASE POLUSI UDARA	8
GAMBAR 2.2 GATE DALAM LSTM.....	13
GAMBAR 2.3 FORGET GATE	14
GAMBAR 2.4 INPUT GATES	16
GAMBAR 2.5 OUTPUT GATE	17
GAMBAR 2.6 PERBEDAAN LAYER LSTM DAN LSTMCELL	19
GAMBAR 2.7 PERBEDAAN PSEUDO CODE LSTM DAN LSTMCELL.....	19
GAMBAR 2.8 FUNGSI LSTM	20
GAMBAR 2.9 FUNGSI LSTMCELL.....	20
GAMBAR 2.10 ALGORITMA ADAM.....	25
GAMBAR 2.11 ALGORITMA ADAMAX	27
GAMBAR 2.12 ALGORITMA ADAMW	28
GAMBAR 2.13 ALGORITMA NADAM.....	29
GAMBAR 2.14 ALGORITMA RADAM	30
GAMBAR 3.1 FLOWCHART PENELITIAN.....	33
GAMBAR 3.2 WINDOWING PREDIKSI 24 HARI.....	36
GAMBAR 3.3 DATA WINDOWING UNTUK PREDIKSI 1 SATU HARI.....	36
GAMBAR 3.4 DATA WINDOWING UNTUK PREDIKSI 1 SATU HARI.....	37
GAMBAR 4.1 DATASET ISPU	43
GAMBAR 4.2 PARAMETER ISPU.....	48
GAMBAR 4.3 HASIL NORMALISASI PARAMETER PM10.....	51
GAMBAR 4.4 HASIL NORMALISASI PARAMETER SO2	51
GAMBAR 4.5 HASIL NORMALISASI PARAMETER CO	52
GAMBAR 4.6 HASIL NORMALISASI PARAMETER O3.....	53
GAMBAR 4.7 HASIL NORMALISASI PARAMETER NO2.....	53
GAMBAR 4.8 FITUR DAN TARGET DARI PM10 PADA DATA TRAINING	54
GAMBAR 4.9 PREDIKSI PARAMETER PM10	79
GAMBAR 4.10 PREDIKSI PARAMETER SO2	80
GAMBAR 4.11 PREDIKSI PARAMETER CO.....	80
GAMBAR 4.12 PREDIKSI PARAMETER O3	81
GAMBAR 4.13 PREDIKSI PARAMETER NO2	82
GAMBAR 4.14 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL PM10 DAN DATA PREDIKSI PM10 PADA OPTIMASI ADAM	85
GAMBAR 4.15 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL PM10 DAN DATA PREDIKSI PM10 PADA OPTIMASI ADAMAX.....	85
GAMBAR 4.16 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL PM10 DAN DATA PREDIKSI PM10 PADA OPTIMASI ADAMW.....	86
GAMBAR 4.17 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL PM10 DAN DATA PREDIKSI PM10 PADA OPTIMASI RADAM.....	86
GAMBAR 4.18 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL PM10 DAN DATA PREDIKSI PM10 PADA OPTIMASI NADAM	87

GAMBAR 4.19 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL SO ₂ DAN DATA PREDIKSI SO ₂ PADA OPTIMASI ADAM	89
GAMBAR 4.20 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL SO ₂ DAN DATA PREDIKSI SO ₂ PADA OPTIMASI ADAMAX.....	89
GAMBAR 4.21 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL SO ₂ DAN DATA PREDIKSI SO ₂ PADA OPTIMASI ADAMW.....	90
GAMBAR 4.22 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL SO ₂ DAN DATA PREDIKSI SO ₂ PADA OPTIMASI RADAM.....	90
GAMBAR 4.23 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL SO ₂ DAN DATA PREDIKSI SO ₂ PADA OPTIMASI NADAM.....	91
GAMBAR 4.24 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL CO DAN DATA PREDIKSI CO PADA OPTIMASI ADAM.....	93
GAMBAR 4.25 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL CO DAN DATA PREDIKSI CO PADA OPTIMASI ADAMW.....	93
GAMBAR 4.26 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL CO DAN DATA PREDIKSI CO PADA OPTIMASI ADAMAX	94
GAMBAR 4.27 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL CO DAN DATA PREDIKSI CO PADA OPTIMASI RADAM.....	95
GAMBAR 4.28 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL CO DAN DATA PREDIKSI CO PADA OPTIMASI NADAM	95
GAMBAR 4.29 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL O ₃ DAN DATA PREDIKSI O ₃ PADA OPTIMASI ADAM.....	97
GAMBAR 4.30 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL O ₃ DAN DATA PREDIKSI O ₃ PADA OPTIMASI ADAMAX	98
GAMBAR 4.31 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL O ₃ DAN DATA PREDIKSI O ₃ PADA OPTIMASI ADAMW.....	98
GAMBAR 4.32 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL O ₃ DAN DATA PREDIKSI O ₃ PADA OPTIMASI RADAM.....	99
GAMBAR 4.33 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL O ₃ DAN DATA PREDIKSI O ₃ PADA OPTIMASI NADAM	100
GAMBAR 4.34 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL NO ₂ DAN DATA PREDIKSI NO ₂ PADA OPTIMASI ADAM	102
GAMBAR 4.35 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL NO ₂ DAN DATA PREDIKSI NO ₂ PADA OPTIMASI ADAMAX.....	102
GAMBAR 4.36 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL NO ₂ DAN DATA PREDIKSI NO ₂ PADA OPTIMASI ADAMW.....	103
GAMBAR 4.37 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL NO ₂ DAN DATA PREDIKSI NO ₂ PADA OPTIMASI RADAM.....	103
GAMBAR 4.38 PERBANDINGAN HASIL DATA AKTUAL NO ₂ DAN DATA PREDIKSI NO ₂ PADA OPTIMASI NADAM.....	104

DAFTAR TABEL

TABEL 2.1 KATEGORI ISPU BAGI KESEHATAN.....	9
TABEL 3.1 TINGKAT AKURASI MAPE	40
TABEL 3.2 JADWAL PENELITIAN	42
TABEL 4.1 LOKASI STASIUN PEMANTAUAN PARAMETER ISPU	44
TABEL 4.2 DATASET ISPU YANG DIGUNAKAN DALAM MODEL LSTM	44
TABEL 4.3 RINCIAN DATASET ISPU DKI JAKARTA	45
TABEL 4.4 RENTANG NILAI KUALITAS UDARA	45
TABEL 4.5 PARAMETER ISPU DALAM PRA PROSES.....	47
TABEL 4.6 HASIL NORMALISASI PARAMETER DALAM PRA PROSES	50
TABEL 4.7 DATA PM10 DARI DATA NORMALISASI PADA INDEKS KOLOM KE-0	55
TABEL 4.8 PERULANGAN SPLIT SEQUENCE PADA INDEKS KE-0 PARAMETER PM10	57
TABEL 4.9 HASIL SEQUENCE PARAMETER PM10 DALAM PRA PROSES	58
TABEL 4.10 DATA TRAINING PADA PM10	59
TABEL 4.11 DATA TESTING PADA PM10.....	60
TABEL 4.12 HASIL PERHITUNGAN LSTM PADA NILAI INPUT X.....	73
TABEL 4.13 HASIL NILAI LOSS PADA NILAI INPUT X.....	74
TABEL 4.14 HASIL NILAI MAPE PADA NILAI INPUT X	75
TABEL 4.15 PENGUJIAN HIPER PARAMETER MODEL LSTM	76
TABEL 4.16 PERHITUNGAN AKURASI MAPE PADA SALAH SATU PARAMETER PM10..	78
TABEL 4.17 HASIL AKURASI MAPE MODEL LSTM.....	78
TABEL 4.18 HASIL LOSS PM10	83
TABEL 4.19 HASIL AKTUAL DAN PREDIKSI PADA DATA TEST PM10	84
TABEL 4.20 HASIL LOSS SO2.....	88
TABEL 4.21 HASIL AKTUAL DAN PREDIKSI PADA DATA TEST SO2.....	88
TABEL 4.22 HASIL LOSS CO	92
TABEL 4.23 HASIL AKTUAL DAN PREDIKSI PADA DATA TEST CO	92
TABEL 4.24 HASIL LOSS O3.....	96
TABEL 4.25 HASIL AKTUAL DAN PREDIKSI PADA DATA TEST O3	97
TABEL 4.26 HASIL LOSS NO2	101
TABEL 4.27 HASIL AKTUAL DAN PREDIKSI PADA DATA TEST NO2	101
TABEL 4.28 PERHITUNGAN MAE PADA SALAH SATU PARAMETER PM10	105
TABEL 4.29 PERHITUNGAN RMSE PADA SALAH SATU PARAMETER PM10	105
TABEL 4.30 PERHITUNGAN R2 PADA SALAH SATU PARAMETER PM10.....	106
TABEL 4.31 HASIL EVALUASI PERFORMA MODEL PADA PARAMETER ISPU	107
TABEL 4.32 HASIL AKURASI MAPE MODEL LSTMCELL	110