

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iv
SURAT PERNYATAAN KARYA ASLI TUGAS AKHIR	v
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR PERSAMAAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Tahapan Penelitian.....	3
1.6.1 Metodologi Penelitian.....	3
1.6.2 Metodologi Pengembangan Sistem	4
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN LITERATUR	7
2.1 Landasan Teori.....	7
2.1.1 Zat Polutan.....	7
2.1.2 Meteorologi.....	9
2.1.3 <i>Data Spatiotemporal</i>	11
2.1.4 <i>Machine Learning</i>	13
2.1.5 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	15
2.1.6 <i>Residual Network (ResNet)</i>	17
2.1.7 <i>Long Short-Term Memory (LSTM)</i>	18
2.1.8 Interpolasi Linear	20
2.1.9 <i>Pearson Coefficient Correlation</i>	21
2.1.10 <i>Z-Score Normalization</i>	21

2.1.11	<i>Vanishing Gradient</i>	22
2.1.12	Mean Absolute Percentage Error (MAPE)	23
2.2	Studi Literatur.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SISTEM		30
3.1	Metodologi Penelitian	30
3.1.1	Identifikasi Masalah.....	31
3.1.2	<i>Data Understanding</i>	31
3.1.3	<i>Data Preprocessing</i>	33
3.1.4	Pembangunan Model	45
3.1.5	Pelatihan Model	52
3.1.6	Analisis dan Evaluasi Hasil	53
3.2	Metodologi Pengembangan Sistem	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		61
4.1	Hasil Penelitian.....	61
4.1.1	<i>Data Understanding</i>	62
4.1.2	<i>Data Preprocessing</i>	63
4.1.3	Pembangunan Model	70
4.1.4	Pelatihan Model	72
4.1.5	Analisis dan Evaluasi Hasil	73
4.1.6	Pengembangan Sistem	80
4.2	Pembahasan	84
BAB V PENUTUP		86
5.1	Kesimpulan.....	86
5.2	Saran	86
DAFTAR PUSTAKA		87

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. State of the Art	26
Tabel 2.2. Lanjutan State of the Art	27
Tabel 2.3. Ringkasan State-of-the-Art	28
Tabel 2.4. Lanjutan Ringkasan State-of-the-Art	29
Tabel 3.1. Detail Parameter Data Konsentrasi Polutan.....	32
Tabel 3.2. Detail Parameter Data Meteorologi	32
Tabel 3.3. Contoh Missing Value pada Data Konsentrasi Polutan.....	34
Tabel 3.4. Jarak Stasiun Target dan Stasiun Lainnya.....	39
Tabel 3.5. Konsentrasi PM ₁₀	40
Tabel 3.6. Pearson Correlation Coefficient Polutan antara Stasiun	40
Tabel 3.7. Layer Konvolusi ResNet.....	49
Tabel 3.8. Skenario Pengujian Black Box.....	59
Tabel 4.1. Training Error Value.....	75
Tabel 4.2. Validation Error Value	75
Tabel 4.3. Testing Error Value.....	75
Tabel 4.4. Model Comparison.....	79
Tabel 4.5. Hasil Skenario Pengujian Black Box	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tabel Konversi Nilai Konsentrasi Parameter ISPU	8
Gambar 2.2. Data Spasial: Peta Penggunaan Lahan Kec. Pagelaran Utara 2017	12
Gambar 2.3. Data Temporal: Kasus Influenza Terkonfirmasi di AS 2010 – 2014.....	13
Gambar 2.4. Tipe dan Algoritma Machine Learning	14
Gambar 2.5. Arsitektur Convolutional Neural Network (CNN).....	15
Gambar 2.6. Proses Konvolusi pada Convolutional Layer	16
Gambar 2.7. Proses Spatial Pooling pada Pooling Layer	16
Gambar 2.8. Arsitektur Convolutional Neural Network untuk Time Series.....	17
Gambar 2.9. Blok Residual	18
Gambar 2.10. Struktur Recurrent Neural Network (RNN).....	19
Gambar 2.11. Struktur Long Short-Term Memory (LSTM).....	20
Gambar 3.1. Tahapan Penelitian	30
Gambar 3.2. Flowchart Remove Unused Data	33
Gambar 3.3. Flowchart Fill Missing Value	34
Gambar 3.4. Flowchart Analisis Korelasi Spatiotemporal.....	35
Gambar 3.5. Grafik Perubahan Konsentrasi Polutan Tahun 2019 – 2021 dari 5 Stasiun Pemantauan Kualitas Udara, (a) PM ₁₀ , (b) SO ₂ , (c) CO, dan (d) O ₃	36
Gambar 3.6. Grafik Perubahan Konsentrasi Polutan Tahun 2019 – 2021 dari 5 Stasiun Pemantauan Kualitas Udara (e) NO ₂ , dan (f) ISPU.....	37
Gambar 3.7. Grafik Perubahan Faktor Meteorologi Tahun 2019 – 2021 dari 5 Stasiun Meteorologi (a) Suhu Rata-rata, (b) Kelembaban Rata-rata, dan (c) Arah Angin	38
Gambar 3.8. Grafik Perubahan Faktor Meteorologi Tahun 2019 – 2021 dari 5 Stasiun Meteorologi (d) Kecepatan Angin	39
Gambar 3.9. Lokasi Stasiun Pemantauan Kualitas Udara DKI Jakarta	39
Gambar 3.10. Flowchart Reshaping Array.....	42
Gambar 3.11. Flowchart Splitting Data	43
Gambar 3.12. Flowchart Feature Scaling.....	44
Gambar 3.13. Flowchart Utama	45
Gambar 3.14. Perhitungan Konvolusi Channel 1 dengan Kernel	46
Gambar 3.15. Perhitungan Konvolusi Channel 2 dengan Kernel	47
Gambar 3.16. Perhitungan Konvolusi Channel 3 dengan Kernel	47
Gambar 3.17. Hasil Konvolusi Lapisan Pertama	48
Gambar 3.18. Ilustrasi Batch Normalization	49
Gambar 3.19. Ilustrasi Fungsi Aktivasi ReLU	49
Gambar 3.20. Ilustrasi Operasi Elementwise Addition.....	50
Gambar 3.21. Arsitektur Sistem.....	54
Gambar 3.22. DFD Level 0.....	55
Gambar 3.23. DFD Level 1	55
Gambar 3.24. Rancangan Halaman Modeling	56
Gambar 3.25. Rancangan Halaman Predict City/Area	57
Gambar 3.26. Rancangan Halaman Predict All City	57
Gambar 3.27. Rancangan Halaman Trend Graphic	58
Gambar 3.28. Rancangan Halaman Dataset.....	59

Gambar 4.1. Tampilan Aplikasi Prediksi Konsentrasi Polutan DKI Jakarta.....	61
Gambar 4.2. Proses Import Data dan Pembuatan Dataframe Data Polutan.....	63
Gambar 4.3. Proses Import Data dan Pembuatan Dataframe Data Meteorologi.....	63
Gambar 4.4. Proses Remove Unused Data Polutan.....	64
Gambar 4.5. Proses Remove Unused Data Meteorologi.....	64
Gambar 4.6. Proses Konkatenasi Data.....	65
Gambar 4.7. Proses Fill Missing Data.....	65
Gambar 4.8. Proses Analisis Grafik Polutan dan Meteorologi.....	66
Gambar 4.9. Proses Analisis Korelasi Data Polutan.....	67
Gambar 4.10. Proses Penentuan Array Fitur dan Label.....	68
Gambar 4.11. Proses Splitting Data.....	69
Gambar 4.12. Proses Feature Scaling.....	70
Gambar 4.13. Proses Pelatihan Model.....	73
Gambar 4.14. Grafik Loss dan Metric Evaluasi.....	74
Gambar 4.15. Grafik Evaluasi Model.....	74
Gambar 4.16. Halaman Model Performance.....	81
Gambar 4.17. Halaman Pollutant Predictions.....	81
Gambar 4.18. Halaman ISPU Predictions.....	82
Gambar 4.19. Halaman Graphs.....	82
Gambar 4.20. Halaman Dataset.....	82

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1.	8
Persamaan 2.2.	11
Persamaan 2.3.	11
Persamaan 2.4.	11
Persamaan 2.5.	19
Persamaan 2.6.	20
Persamaan 2.7.	20
Persamaan 2.8.	20
Persamaan 2.9.	20
Persamaan 2.10.	20
Persamaan 2.11.	20
Persamaan 2.12.	21
Persamaan 2.13.	21
Persamaan 2.14.	21
Persamaan 2.15.	21
Persamaan 2.16.	22
Persamaan 2.17.	22
Persamaan 2.18.	22
Persamaan 2.19.	22
Persamaan 2.20.	22
Persamaan 2.21.	23

DAFTAR MODUL

Modul Program 4.1. Proses Import Library	61
Modul Program 4.2. Proses Import Data.....	62
Modul Program 4.3. Proses Pembuatan Dataframe	62
Modul Program 4.4. Proses Remove Unused Data	63
Modul Program 4.5. Proses Konkatenasi Data.....	65
Modul Program 4.6. Proses <i>Fill Missing Data</i>	65
Modul Program 4.7. Proses Analisis Grafik Polutan dan Meteorologi	66
Modul Program 4.8. Proses Analisis Korelasi Data Polutan.....	67
Modul Program 4.9. Proses Penentuan <i>Array</i> Fitur dan Label	68
Modul Program 4.10. Proses <i>Splitting Data</i>	68
Modul Program 4.11. Proses <i>Feature Scaling</i>	69
Modul Program 4.12. ResNet-LSTM.....	72
Modul Program 4.13. <i>Hyperparameter Tuning</i>	73
Modul Program 4.14. <i>Model Compiling</i>	73
Modul Program 4.15. <i>Model Fitting</i>	73
Modul Program 4.16. <i>Model Evaluation</i>	74
Modul Program 4.17. <i>Real-Time Testing</i>	80