

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
PERSEMBAHAN DAN MOTTO	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR PERSAMAAN	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Landasan Teori	I - 1
1.2 Rumusan Masalah	I - 4
1.3 Batasan Masalah	I - 5
1.4 Tujuan Penelitian	I - 6
1.5 Manfaat Penelitian	I - 6
1.6 Metodologi Penelitian	I - 7
1.7 Sistematika Penulisan	I - 9

BAB II LANDASAN TEORI

2.1	Landasan Teori	II - 1
2.1.1	Pencemaran Udara	II - 1
2.1.2	Indeks Standar Pencemaran Udara	II - 2
2.1.3	Machine Learning	II - 6
2.1.4	Klasifikasi	II - 8
2.1.5	Artificial Neural Network	II - 8
2.1.5.1	Karakteristik Artificial Neural Network	II - 9
2.1.5.2	Cara Kerja Artificial Neural Network.....	II - 12
2.1.5.3	Multilayer Perceptron	II - 13
2.1.6	Random Forest	II - 14
2.1.7	Evaluasi Model	II - 16
2.1.7.1	<i>Confusion Matrix</i>	II - 16
2.2	Penelitian Terkait	II - 18
2.3	Matrik Penelitian.....	II - 26

BAB III METODOLOGI

3.1	Studi Pustaka	III - 2
3.2	Identifikasi Masalah	III - 2
3.3	Pengumpulan Data	III - 2
3.4	Praproses Data.....	III - 3
3.5	Model Klasifikasi	III - 4
3.6	Perbandingan Model Klasifikasi	III - 5
3.7	Evaluasi Model Untuk Prediksi Kategori ISPU	III - 5

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Pengumpulan Data	IV - 1
4.2	Praproses Data	IV - 3
4.2.1	Penggabungan Data.....	IV - 3
4.2.2	<i>Cleaning</i> Data.....	IV - 5
4.2.3	Label <i>Encoding</i>	IV - 9
4.2.4	Normalisasi Data.....	IV -10
4.2.5	Seleksi Data.....	IV - 11
4.3	Data Latih dan Data Uji	IV - 13
4.3.1	Data Latih	IV - 13
4.3.2	Data Uji	IV - 15
4.4	Klasifikasi dengan <i>Multilayer Perceptron</i>	IV - 16
4.4.1	Membangun Model Klasifikasi <i>Multilayer</i> <i>Perceptron</i>	IV - 16
4.4.1.1	Bobot Model MLP	IV -23
4.4.1.2	Bias Model MLP	IV - 24
4.4.2	Evaluasi Kinerja Model <i>Multilayer Perceptron</i>	IV - 24
4.4.2.1	<i>Accuracy</i> MLP 1	IV - 27
4.4.2.2	<i>Precision</i> MLP 1	IV - 27
4.4.2.3	<i>Recall</i> MLP 1	IV - 28
4.4.2.4	<i>F1-score</i> MLP 1	IV - 28
4.4.3	Percobaan Lanjutan Model Klasifikasi <i>Multilayer Perceptron</i>	IV - 29

4.4.3.1	Penambahan <i>Hidden Layer</i>	IV - 29
4.4.3.2	Penambahan Nilai <i>Epoch</i>	IV - 30
4.4.4	Perhitungan Manual Model Klasifikasi	
	<i>Multilayer Perceptron</i>	IV - 32
4.5	Klasifikasi dengan <i>Random Forest</i>	IV - 34
4.5.1	Membangun Model Klasifikasi <i>Random</i>	
	<i>Forest</i>	IV - 34
4.5.1.1	Nilai <i>Out Of Bag</i> Model <i>Random Forest</i>	IV - 35
4.5.1.2	<i>Feature Importance</i> <i>Random Forest</i>	IV - 36
4.5.2	Evaluasi Kinerja Model <i>Random Forest</i>	IV - 36
4.5.3	Percobaan Lanjutan Model Klasifikasi	
	<i>Random Forest</i>	IV - 40
4.5.4	Visualisasi estimator <i>Decision Tree</i>	IV - 41
4.6	Perbandingan Model Klasifikasi	IV - 44
4.7	Prediksi Kategori ISPU dengan <i>Random Forest</i>	IV - 46

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	V - 1
5.2	Saran	V - 2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Konversi Nilai Konsentrasi Parameter ISPU	II - 4
Tabel 2.2	Rentang kategori nilai ISPU	II - 5
Tabel 2.3	<i>Confusion Matrix</i>	II - 16
Tabel 2.4	Penelitian Terkait	II - 18
Tabel 2.5	Matrik Penelitian	II - 26
Tabel 4.1	Perintah membaca data	IV - 4
Tabel 4.2	Perintah menggabungkan data	IV - 4
Tabel 4.3	Perintah memeriksa <i>missing value</i>	IV - 5
Tabel 4.4	Perintah mendapatkan kelas data unik	IV - 6
Tabel 4.5	Perintah membuang <i>string</i>	IV - 7
Tabel 4.6	Perintah membuang data <i>NaN</i>	IV - 8
Tabel 4.7	Perintah menampilkan data bersih	IV - 8
Tabel 4.8	Perintah seleksi data	IV - 13
Tabel 4.9	Perintah membagi data set menjadi data latih dan data uji	IV - 13
Tabel 4.10	<i>Hyperparameter</i> model MLP 1	IV - 17
Tabel 4.11	Perintah membangun arsitektur model MLP 1	IV - 17
Tabel 4.12	Perintah melatih model MLP	IV - 19
Tabel 4.13	<i>History</i> pelatihan dan validasi model MLP 1	IV - 20
Tabel 4.14	<i>Confusion matrix</i> model MLP 1	IV - 26
Tabel 4.15	<i>Hyperparameter</i> model MLP percobaan set <i>hidden layer</i>	IV - 29
Tabel 4.16	Percobaan jumlah <i>hidden layer</i> model MLP	IV - 30
Tabel 4.17	Hasil metrik evaluasi model MLP dengan set <i>hidden layer</i>	IV - 30

Tabel 4.18	<i>Hyperparameter</i> model MLP percobaan set <i>epoch</i>	IV - 31
Tabel 4.19	Percobaan nilai <i>epoch</i> model MLP	IV - 31
Tabel 4.20	Hasil metrik evaluasi model MLP dengan set nilai <i>epoch</i>	IV - 31
Tabel 4.21	Parameter model RF 1	IV - 34
Tabel 4.22	Perintah membangun model RF 1	IV - 35
Tabel 4.23	<i>Confusion matrix</i> model RF 1	IV - 37
Tabel 4.24	Parameter model <i>Random Forest</i> percobaan nilai <i>n_estimator</i>	IV - 40
Tabel 4.25	Hasil metrik evaluasi model Random Forest dengan set nilai <i>n_estimator</i>	IV - 40
Tabel 4.26	Perbandingan metrik evaluasi model MLP 7 dan RF 3	IV - 44
Tabel 4.27	Rentang nilai polutan pada data X_{test}	IV - 47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Arsitektur ANN	II - 10
Gambar 2.2	Desain umum ANN	II - 12
Gambar 2.3	<i>Random Forest</i>	II - 15
Gambar 3.1	Tahapan Penelitian	III - 4
Gambar 4.1	<i>Raw data</i> ISPU	IV - 1
Gambar 4.2	Grafik data ISPU DKI Jakarta selama tahun 2021	IV - 2
Gambar 4.3	Hasil data ISPU tahun 2021 yang sudah digabungkan	IV - 5
Gambar 4.4	Hasil cek <i>missing value raw data</i> ISPU.....	IV - 6
Gambar 4.5	Hasil cek kelas data unik	IV - 6
Gambar 4.6	Hasil data set tanpa data <i>string</i>	IV - 7
Gambar 4.7	Hasil cek nilai <i>NaN</i>	IV - 8
Gambar 4.8	Dimensi data bersih	IV - 9
Gambar 4.9	Kategori kelas target pada data bersih	IV - 9
Gambar 4.10	Hasil <i>label encoding</i>	IV - 10
Gambar 4.11	Hasil normalisasi data	IV - 11
Gambar 4.12	<i>Heatmap</i> koefisien korelasi variabel	IV - 12
Gambar 4.13	Dimensi data latih dan data uji	IV - 14
Gambar 4.14	Data latih (<i>X_train</i>)	IV - 14
Gambar 4.15	Data latih (<i>y_train</i>)	IV - 14
Gambar 4.16	Data kelas kategori ISPU pada data latih	IV - 14
Gambar 4.17	Data uji (<i>X_test</i>)	IV - 15
Gambar 4.18	Data uji (<i>y_test</i>)	IV - 15

Gambar 4.19	Data kelas kategori ISPU pada data uji	IV - 15
Gambar 4.20	Hasil konversi y_{train} dan y_{test} untuk model MLP	IV - 16
Gambar 4.21	Arsitektur model MLP 1	IV - 18
Gambar 4.22	<i>Summary</i> model MLP 1	IV - 18
Gambar 4.23	<i>History</i> model MLP 1	IV - 20
Gambar 4.24	Grafik akurasi <i>train</i> dan validasi MLP 1	IV - 21
Gambar 4.25	Grafik <i>loss train</i> dan validasi MLP 1	IV - 21
Gambar 4.26	Grafik <i>train accuracy & loss</i> MLP 1	IV - 22
Gambar 4.27	Grafik <i>validation accuracy & loss</i> MLP 1	IV - 22
Gambar 4.28	Bobot model MLP 1	IV - 23
Gambar 4.29	Bias model MLP 1	IV - 24
Gambar 4.30	Probabilitas pada <i>output layer</i> model MLP 1	IV - 25
Gambar 4.31	Hasil evaluasi model MLP 1	IV - 25
Gambar 4.32	<i>Confusion matrix</i> model MLP 1	IV - 26
Gambar 4.33	Paramater model RF 1	IV - 35
Gambar 4.34	OOB <i>score</i> model RF 1	IV - 36
Gambar 4.35	Nilai <i>feature importance</i> model RF 1	IV - 36
Gambar 4.36	Hasil evaluasi model RF 1	IV - 37
Gambar 4.37	<i>Confusion marix</i> model RF 1	IV - 37
Gambar 4.38	Visualisasi model RF 3 dengan nilai $n_{estimator}$ 100	IV - 42
Gambar 4.39	Potongan <i>decision tree</i> 2 model RF 3 $n_{estimator}$ 100	IV - 43
Gambar 4.40	Grafik perbandingan metrik evaluasi model MLP 7 dan RF 3	IV - 44

Gambar 4.41	<i>Confusion matrix</i> MLP 7	IV - 45
Gambar 4.42	<i>Confusion matrix</i> RF 3	IV - 45
Gambar 4.43	Persebaran data polutan pada data <i>X_{test}</i>	IV - 46
Gambar 4.44	Data sintetis untuk evaluasi prediksi kategori ISPU	IV - 47
Gambar 4.45	Hasil evaluasi prediksi ISPU data sintetis dengan metode <i>Random Forest</i>	IV - 48

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1	Konversi Konsentrasi Parameter Polutan Menjadi Nilai ISPU	II - 4
Persamaan 2.2	Fungsi Linear <i>Artificial Neural Network</i>	II - 11
Persamaan 2.3	Fungsi Tangga Biner <i>Artificial Neural Network</i>	II - 11
Persamaan 2.4	Fungsi Sigmoid Biner <i>Artificial Neural Network</i>	II - 11
Persamaan 2.5	Fungsi Sigmoid Bipolar <i>Artificial Neural Network</i>	II - 12
Persamaan 2.6	Perhitungan <i>Artificial Neural Network</i> (1)	II - 13
Persamaan 2.7	Perhitungan <i>Artificial Neural Network</i> (2)	II - 13
Persamaan 2.8	Perhitungan <i>Artificial Neural Network</i> (3)	II - 13
Persamaan 2.9	Perhitungan <i>Artificial Neural Network</i> (4)	II - 14
Persamaan 2.10	Evaluasi Nilai <i>Accuracy</i>	II - 17
Persamaan 2.11	Evaluasi Nilai <i>Precision</i>	II - 17
Persamaan 2.12	Evaluasi Nilai <i>Recall</i>	II - 17
Persamaan 2.13	Evaluasi Nilai <i>f1-score</i>	II - 17

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 *History* pelatihan dan validasi model klasifikasi *Multilayer Perceptron* MLP 7
- Lampiran 2 Metrik evaluasi model klasifikasi *Multilayer Perceptron* MLP 7
- Lampiran 3 Bobot (*weights*) pada model klasifikasi *Multilayer Perceptron* 7
- Lampiran 4 Visualisasi *Decision Tree* Estimator pada model *Random Forest* 3
- Lampiran 5 Surat Keputusan Pembimbing Tugas Akhir
- Lampiran 6 Lembar Konsultasi Tugas Akhir Pembimbing I
- Lampiran 7 Lembar Konsultasi Tugas Akhir Pembimbing II
- Lampiran 8 Lembar Revisi Laporan Sidang Usulan Penelitian Tugas Akhir
- Lampiran 9 Lembar Revisi Seminar Tugas Akhir
- Lampiran 10 Lembar Daftar Hadir Seminar Tugas Akhir
- Lampiran 11 Lembar Revisi Laporan Sidang Tugas Akhir