

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR SINGKATAN.....	xi
INTISARI.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
BAB I Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori .....	6
2.1 Tinjauan Pustaka .....	6
2.2 Dasar Teori .....	13
2.2.1 Parameter Iklim .....	13
2.2.2 Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) .....	15
2.2.3 <i>Data Preprocessing</i> .....	15
2.2.4 <i>Machine Learning</i> .....	16
2.2.5 Model Klasifikasi <i>Machine Learning</i> .....	17
2.2.5.1 Decision Tree .....	18
2.2.5.2 Random Forest .....	20
2.2.5.3 Extra Trees .....	21
2.2.5.4 CatBoost .....	22
2.2.5.5 LightGBM .....	23
2.2.6 <i>Imbalanced Data Handling</i> .....	24
2.2.6.1 Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE) .....	24
2.2.6.2 Adaptive Synthetic Sampling (ADASYN) .....	24
2.2.6.3 <i>Random Oversampling</i> .....	25
2.2.6.4 <i>Random Undersampling</i> .....	25
2.2.7 Model <i>Time Series Forecasting</i> .....	26



2.2.7.1	Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) .....	27
2.2.7.2	Prophet .....	28
2.2.7.3	Holt-Winters Exponential Smoothing .....	28
2.2.7.4	Long Short-Term Memory Network (LSTM) .....	29
2.2.8	Evaluasi Model Klasifikasi .....	30
2.2.9	Evaluasi Model <i>Forecasting</i> .....	32
2.3	Analisis Perbandingan Metode .....	33
2.3.1	Analisis Metode Indeks Kekeringan .....	34
2.3.2	Analisis Metode <i>Imbalanced Data Handling</i> .....	35
2.3.3	Analisis Metode Klasifikasi .....	36
2.3.4	Analisis Metode <i>Time Series Forecasting</i> .....	39
2.4	Pertanyaan Penelitian .....	39
BAB III Metode Penelitian.....		41
3.1	Alat dan Bahan Tugas Akhir .....	41
3.1.1	Alat Tugas akhir.....	41
3.1.2	Bahan Tugas akhir .....	43
3.2	Metode yang Digunakan.....	44
3.2.1	Metode <i>Data Preprocessing</i> .....	45
3.2.2	Metode Pengindeksan Kekeringan Menggunakan SPEI .....	45
3.2.3	Metode <i>Imbalanced Data Handling</i> .....	46
3.2.4	Metode Klasifikasi .....	47
3.2.5	Metode <i>Time Series Forecasting</i> .....	48
3.2.6	Metode Pengujian Performa .....	49
3.3	Alur Tugas Akhir .....	49
3.3.1	Alur <i>Data Preprocessing</i> .....	51
3.3.2	Alur Pengindeksan Kekeringan .....	51
3.3.3	Alur Pembuatan Model Klasifikasi.....	52
3.3.4	Alur Pembuatan Model <i>Time Series Forecasting</i> .....	53
3.4	Keterbatasan Penelitian .....	54
BAB IV Hasil dan Pembahasan.....		56
4.1	<i>Data Preprocessing</i> .....	56
4.2	Pengindeksan Kekeringan .....	57
4.3	<i>Imbalanced Data Handling</i> .....	59
4.3.1	Teknik SMOTE .....	59
4.3.2	Teknik ADASYN .....	60
4.3.3	Teknik <i>Random Oversampling</i> .....	61
4.3.4	Teknik <i>Random Undersampling</i> .....	62
4.4	Pembuatan Model Klasifikasi .....	63



4.4.1	Decision Tree.....	64
4.4.2	Random Forest .....	66
4.4.3	Extra Trees .....	67
4.4.4	CatBoost.....	69
4.4.5	LightGBM.....	71
4.4.6	Perbandingan Model Klasifikasi .....	72
4.5	Hasil Fitur Terbaik Model Klasifikasi .....	74
4.5.1	Signifikansi Fitur Model Decision Tree.....	75
4.5.2	Signifikansi Fitur Model Random Forest .....	75
4.5.3	Signifikansi Fitur Model Extra Trees .....	76
4.5.4	Signifikansi Fitur Model CatBoost .....	77
4.5.5	Signifikansi Fitur Model LightGBM .....	77
4.6	Hasil Analisis Temporal Potensi Kekeringan.....	78
4.7	Pembuatan Model <i>Time Series Forecasting</i> .....	79
4.7.1	Prophet.....	80
4.7.2	Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA)..	82
4.7.3	Holt-Winters Exponential Smoothing.....	84
4.7.4	Long Short-Term Memory (LSTM).....	86
4.8	Kelebihan dan Kekurangan Penelitian .....	90
4.9	Perbandingan Hasil Penelitian dengan Hasil Terdahulu .....	91
BAB V	Kesimpulan dan Saran.....	93
5.1	Kesimpulan.....	93
5.2	Saran.....	94
	DAFTAR PUSTAKA.....	96
	LAMPIRAN .....	L-1
L.1	<i>Web Interface</i> Giovanni NASA.....	L-1
L.2	<i>Kode Data Preprocessing</i> .....	L-1
L.3	Pengindeksan Kekeringan .....	L-2
L.4	<i>Imbalanced Data Handling</i> .....	L-3
L.5	Pembuatan Model Klasifikasi .....	L-5
L.6	Penentuan Signifikansi Parameter.....	L-12
L.7	Pembuatan Model <i>Time Series Forecasting</i> .....	L-12



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Sebelumnya .....	11
Tabel 2.2	Perbandingan Indeks Kekeringan .....	35
Tabel 2.3	Perbandingan Model Klasifikasi .....	38
Tabel 3.1	Spesifikasi Dataset .....	43
Tabel 3.2	Kategorisasi SPEI .....	46
Tabel 3.3	<i>Hyperparameter Tuning</i> Model Klasifikasi .....	47
Tabel 4.1	Persebaran <i>Imbalanced Data</i> .....	59
Tabel 4.2	Persebaran Data setelah Aplikasi Teknik SMOTE .....	60
Tabel 4.3	Persebaran Data setelah Aplikasi Teknik ADASYN .....	61
Tabel 4.4	Persebaran Data setelah Aplikasi Teknik <i>Random Oversampling</i> ....	62
Tabel 4.5	Persebaran Data setelah Aplikasi Teknik <i>Random Undersampling</i> ...	63
Tabel 4.6	Nilai <i>Hyperparameter</i> Terbaik Model Decision Tree .....	65
Tabel 4.7	Hasil Performa Model Decision Tree .....	65
Tabel 4.8	Nilai <i>Hyperparameter</i> Terbaik Model Random Forest .....	67
Tabel 4.9	Hasil Performa Model Random Forest .....	67
Tabel 4.10	Nilai <i>Hyperparameter</i> Terbaik Model Extra Trees .....	68
Tabel 4.11	Hasil Performa Model Extra Trees .....	69
Tabel 4.12	Nilai <i>Hyperparameter</i> Terbaik Model CatBoost .....	70
Tabel 4.13	Hasil Performa Model CatBoost .....	70
Tabel 4.14	Nilai <i>Hyperparameter</i> Terbaik Model LightGBM .....	71
Tabel 4.15	Hasil Performa Model LightGBM .....	72
Tabel 4.16	Hasil Akurasi Model Klasifikasi .....	73
Tabel 4.17	Perbandingan Performa Metode Time Series Forecasting .....	89

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Arsitektur LSTM.....	30
Gambar 3.1	Contoh Data Variabel <i>Air Temperature</i> .....	44
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian .....	50
Gambar 3.3	Diagram Alir <i>Data Preprocessing</i> .....	51
Gambar 3.4	Diagram Alir Pengindeksan Kekeringan.....	52
Gambar 3.5	Diagram Alir Pembuatan Model Klasifikasi.....	53
Gambar 3.6	Diagram Alir Pembuatan Model <i>Time Series Forecasting</i> .....	54
Gambar 4.1	Gabungan Data .....	57
Gambar 4.2	Data <i>Input</i> SPEI Calculator.....	57
Gambar 4.3	Data Gabungan dengan Hasil SPEI .....	58
Gambar 4.4	Dataframe Setelah Kategorisasi .....	58
Gambar 4.5	Signifikansi Fitur Model Decision Tree.....	75
Gambar 4.6	Signifikansi Fitur Model Random Forest .....	76
Gambar 4.7	Signifikansi Fitur Model Extra Trees .....	76
Gambar 4.8	Signifikansi Fitur Model CatBoost.....	77
Gambar 4.9	Signifikansi Fitur Model LightGBM.....	77
Gambar 4.10	Rata-Rata Nilai SPEI Bulanan .....	78
Gambar 4.11	Rata-Rata Nilai <i>Rain Precipitation</i> Bulanan.....	79
Gambar 4.12	Variabel SPEI Seiring Waktu .....	80
Gambar 4.13	Variabel <i>Rain Precipitation</i> Seiring Waktu .....	80
Gambar 4.14	Perbandingan Data Asli dan Prediksi Prophet Variabel SPEI .....	81
Gambar 4.15	Perbandingan Data Asli dan Prediksi Prophet Variabel <i>Rain Pre- cipitation</i> .....	82
Gambar 4.16	Perbandingan Data Asli dan Prediksi SARIMA Variabel SPEI ...	83
Gambar 4.17	Perbandingan Data Asli dan Prediksi SARIMA Variabel <i>Rain Precipitation</i> .....	84
Gambar 4.18	Perbandingan Data Asli dan Prediksi Holt-Winters Exponential Smoothing Variabel SPEI.....	85
Gambar 4.19	Perbandingan Data Asli dan Prediksi Holt-Winters Exponential Smoothing Variabel <i>Rain Precipitation</i> .....	86
Gambar 4.20	<i>Train Loss</i> dan <i>Validation Loss</i> Model LSTM untuk Variabel SPEI	87
Gambar 4.21	Perbandingan Data Asli dan Prediksi LSTM Variabel SPEI.....	88
Gambar 4.22	<i>Train Loss</i> dan <i>Validation Loss</i> Model LSTM untuk Variabel <i>Rain Precipitation</i> .....	88
Gambar 4.23	Perbandingan Data Asli dan Prediksi LSTM Variabel <i>Rain Pre- cipitation</i> .....	89
Gambar 1	<i>Web Interface</i> Giovanni NASA.....	L-1