

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	5
1.4. Batasan Masalah	6
1.5. Tinjauan Pustaka	6
1.6. Metodologi Penelitian	8
1.7. Sistematika Penulisan	9
II LANDASAN TEORI	11
2.1. Variabel Random	11
2.1.1. Variabel Random Diskret	11
2.1.2. Variabel Random Kontinu	12
2.1.3. Ekspektasi Variabel Random	13
2.1.4. Variansi Variabel Random	16
2.1.5. Kovariansi Variabel Random	16
2.1.6. Korelasi Variabel Random	18
2.2. Runtun Waktu (<i>Time Series</i>)	19
2.2.1. Konsep Dasar Data Runtun Waktu	19
2.2.2. Pola Data Runtun Waktu	19
2.2.3. Proses Stokastik	20
2.2.4. <i>Wide-Sense</i> (W-S) Stasioner dan <i>Strictly</i> Stasioner	22
2.3. Stasioneritas	22

2.3.1.	Uji Augmented Dickey-Fuller (ADF)	22
2.3.2.	Stasioneritas dalam Mean	23
2.3.3.	Stasioneritas dalam Varians	24
2.4.	<i>Autocorrelation Function</i> (ACF) dan <i>Partial Autocorrelation Function</i> (PACF)	24
2.4.1.	<i>Autocorrelation Function</i> (ACF)	24
2.4.2.	<i>Partial Autocorrelation Function</i> (PACF)	25
2.5.	Model Runtun Waktu	29
2.5.1.	Prose <i>White Noise</i>	29
2.5.2.	Proses <i>Autoregressive</i> (AR)	30
2.5.3.	Proses <i>Moving Average</i> (MA)	31
2.5.4.	Proses <i>Autoregressive Moving Average</i> (ARMA)	31
2.5.5.	<i>Integrated</i> (I)	32
2.5.6.	Proses <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i> (ARIMA)	32
2.5.7.	Proses <i>Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables</i> (ARIMAX)	33
2.6.	Uji Asumsi Klasik	34
2.6.1.	Uji <i>White-Noise Residual</i>	34
2.6.2.	Uji Normalitas Residual	35
2.7.	Kriteria Pemilihan Model Terbaik	35
2.7.1.	<i>Akaike's Information Criterion</i> (AIC)	36
2.7.2.	<i>Bayesian Information Criterion</i> (BIC)	36
2.8.	Matriks	37
2.8.1.	Operasi Matriks	37
2.8.2.	<i>Hadamard Product</i>	39
2.9.	<i>Machine Learning</i>	40
2.9.1.	<i>Data Splitting</i>	41
2.9.2.	<i>Data Scaling</i>	42
2.9.3.	<i>Overfitting Underfitting</i>	43
2.10.	<i>Deep Learning</i>	43
2.11.	<i>Artificial Neural Network</i> (ANN)	44
2.12.	<i>Recurrent Neural Network</i> (RNN)	46
2.12.1.	Arsitektur <i>Recurrent Neural Network</i> (RNN)	48
2.12.2.	Jenis Jenis <i>Recurrent Neural Network</i>	49
2.12.3.	<i>Backpropagation Through Time</i> (BPTT)	51
2.13.	<i>Hyperparameter</i>	54

2.13.1. Hyperparameter Penyusun Kompleksitas Struktur Model . .	54
2.13.2. Hyperparameter Learning Technique	55
2.14. Fungsi Aktivasi	56
2.15. Regularisasi	57
2.15.1. Dropout	58
2.16. Adaptive Moment Estimation (ADAM)	58
2.17. Metrik Evaluasi Peforma Model	60
III OPTIMASI HYPERPARAMETER MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA PADA PEMODELAN RUNTUN WAKTU DENGAN LONG SHORT-TERM MEMORY	61
3.1. Analisis Fitur	61
3.1.1. Analisis Korelasi	61
3.1.2. Fungsi <i>SelectKBest</i>	62
3.2. Long Short Term Memory (LSTM)	63
3.2.1. Forget Gate	65
3.2.2. Input Gate dan Candidate Cell State	66
3.2.3. Cell State Update	67
3.2.4. Output Gate dan Hidden State	68
3.2.5. Dense Layer (Fully Connected Layer)	69
3.3. Hyperparameter Optimization (HPO)	69
3.4. Metaheuristics Algorithm	70
3.4.1. Evaluation Based Algorithm	71
3.5. Genetic Algorithm	71
3.5.1. Representasi Kromosom	72
3.5.2. Penentuan Fungsi <i>Fitness</i>	72
3.5.3. Penentuan Parameter Algoritma Genetika	73
3.5.4. Proses Seleksi	74
3.5.5. Proses Pindah Silang (<i>Crossover</i>)	74
3.5.6. Proses Mutasi	76
3.5.7. Proses Elitisme	78
3.6. Flowchart	78
3.6.1. Flowchart LSTM	79
3.6.2. Flowchart Algoritma Genetika	81
IV STUDI KASUS	83
4.1. Deskripsi Data	83
4.1.1. Variabel Dependen	83

4.1.2. Variabel Independen	84
4.2. <i>Data Splitting</i>	86
4.3. <i>Data Scaling dan Data Reshaping</i>	87
4.4. Pemodelan dengan <i>Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable</i> (ARIMAX)	88
4.4.1. Uji Stasioneritas Data	88
4.4.2. Identifikasi Model ARIMA	89
4.4.3. Model ARIMAX	92
4.4.4. Uji Statistik Model Terbaik	93
4.4.5. Evaluasi Pemodelan	94
4.5. Pemodelan dengan <i>Multivariate Long-Short Term Memory</i> (LSTM) <i>Trial and Error</i>	95
4.5.1. Deklarasi <i>Hyperparameter</i> Model	95
4.5.2. Evaluasi Pemodelan	97
4.6. Pemodelan <i>Multivariate</i> LSTM dengan Optimasi <i>Hyperparameter</i> Menggunakan Algoritma Genetika	99
4.6.1. Deklarasi <i>Hyperparameter Model</i>	100
4.6.2. Penentuan <i>Hyperparameter</i> Terbaik Menggunakan Algoritma Genetika	100
4.6.3. Evaluasi Pemodelan	105
4.7. Perbandingan Performa Model	106
4.8. Peramalan dengan Model Terbaik	107
V PENUTUP	109
5.1. Kesimpulan	109
5.2. Saran	110
DAFTAR PUSTAKA	111
A Data	117
B Syntax Python	127