

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iii
HALAMAN MOTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
INTISARI.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang dan Permasalahan.....	1
1.2 Batasan Masalah.....	4
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	4
1.4 Tinjauan Pustaka .....	5
1.5 Metodologi Penelitian .....	7
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II LANDASAN TEORI .....	9
2.1 Konsep Dasar Runtun Waktu .....	9
2.1.1 Pengertian Data Runtun Waktu.....	9
2.1.2 Proses Stokastik .....	10
2.1.3 Proses <i>Wide-Sense</i> (W-S) Stasioner.....	11
2.2 Uji Stasioneritas.....	11
2.3 Pola Data Runtun Waktu .....	13
2.4 Model Runtun Waktu .....	13
2.4.1 Proses <i>White Noise</i> .....	13
2.4.2 Proses <i>Autoregressive</i> (AR) .....	14
2.4.3 Proses <i>Moving Average</i> (MA).....	14
2.4.4 Proses <i>Autoregressive Moving Average</i> (ARMA) .....	15
2.4.5 Model <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i> (ARIMA) .....	16

2.5	Fungsi Autokorelasi Parsial (PACF) .....	16
2.6	Uji <i>Lagrange Multiplier</i> (LM).....	17
2.7	<i>Hadamard Product</i> .....	19
2.8	Konsep <i>Machine Learning</i> .....	20
2.8.1	Tujuan <i>Machine Learning</i> .....	21
2.8.2	<i>Data splitting</i> ( <i>training, validation, testing</i> ).....	21
2.8.3	Metrik evaluasi performa .....	22
2.8.4	<i>Underfitting</i> dan <i>overfitting</i> .....	22
2.9	Konsep <i>Deep Learning</i> .....	23
2.10	Jaringan Saraf Tiruan ( <i>Artificial Neural Network</i> ).....	24
2.10.1	Komponen dan struktur <i>Artificial Neural Network</i> .....	24
2.10.2	Arsitektur <i>Artificial Neural Network</i> .....	26
2.10.3	<i>Multilayer Perceptron</i> (MLP) .....	28
2.11	<i>Min-Max Normalization</i> .....	29
2.12	<i>Hyperparameter</i> .....	30
2.13	Fungsi Aktivasi.....	31
2.13.1	<i>Hyperbolic Tangent</i> .....	31
2.13.2	<i>Rectified Linear Unit</i> (ReLU) .....	32
2.13.3	Sigmoid .....	32
2.14	<i>Gradient Descent</i> .....	33
2.15	<i>Adaptive Moment Estimation</i> (Adam) .....	33
2.16	Regularisasi .....	34
2.16.1	<i>Dropout</i> .....	34
BAB III METODE <i>LONG SHORT-TERM MEMORY</i> (LSTM), <i>GATED RECURRENT UNIT</i> (GRU), DAN <i>CONVOLUTIONAL LONG SHORT-TERM MEMORY</i> (CONV-LSTM) UNTUK PEMODELAN RUNTUN WAKTU .....		36
3.1	<i>Recurrent Neural Network</i> (RNN) .....	36
3.1.1	Jenis-jenis <i>Recurrent Neural Network</i> .....	38
3.1.2	Keunggulan dan kelemahan <i>Recurrent Neural Network</i> .....	42
3.2	<i>Long Short-Term Memory</i> (LSTM).....	42
3.3	<i>Gated Recurrent Unit</i> (GRU) .....	46
3.4	<i>Convolutional Long Short-Term Memory</i> (Conv-LSTM).....	49
3.5	Aplikasi Penggunaan <i>Dropout</i> .....	52

3.6	<i>Flowchart</i> .....	52
3.6.1	<i>Flowchart Long Short-Term Memory (LSTM)</i> .....	53
3.6.2	<i>Flowchart Gated Recurrent Unit (GRU)</i> .....	54
3.6.3	<i>Flowchart Convolutional Long Short-Term Memory (Conv-LSTM)</i> . .....	56
BAB IV STUDI KASUS .....		59
4.1	Deskripsi Data .....	59
4.2	Persiapan Data .....	59
4.3	Pemodelan Runtun Waktu menggunakan ARIMA .....	60
4.4	Transformasi Data, <i>Series to Supervised</i> , dan <i>Data Reshaping</i> .....	65
4.5	Pemodelan Runtun Waktu dengan Metode LSTM .....	66
4.5.1	Eksperimen 1: LSTM tanpa <i>dropout</i> dengan fungsi aktivasi <i>hyperbolic tangent</i> .....	66
4.5.2	Eksperimen 2: LSTM tanpa <i>dropout</i> dengan fungsi aktivasi ReLU69	
4.5.3	Eksperimen 3: LSTM dengan <i>dropout</i> dan fungsi aktivasi <i>hyperbolic tangent</i> .....	71
4.5.4	Eksperimen 4: LSTM dengan <i>dropout</i> dan fungsi aktivasi ReLU..	72
4.5.5	Model LSTM terbaik.....	73
4.6	Pemodelan Runtun Waktu dengan Metode GRU.....	76
4.6.1	Eksperimen 1: GRU tanpa <i>dropout</i> dengan fungsi aktivasi <i>hyperbolic tangent</i> .....	76
4.6.2	Eksperimen 2: GRU tanpa <i>dropout</i> dengan fungsi aktivasi ReLU .	79
4.6.3	Eksperimen 3: GRU dengan <i>dropout</i> dan fungsi aktivasi <i>hyperbolic tangent</i> .....	81
4.6.4	Eksperimen 4: GRU dengan <i>dropout</i> dan fungsi aktivasi ReLU....	82
4.6.5	Model GRU terbaik.....	83
4.7	Pemodelan Runtun Waktu dengan Metode Conv-LSTM .....	86
4.7.1	Eksperimen 1: Conv-LSTM tanpa <i>dropout</i> dengan fungsi aktivasi <i>hyperbolic tangent</i> .....	86
4.7.2	Eksperimen 2: Conv-LSTM tanpa <i>dropout</i> dengan fungsi aktivasi ReLU .....	89
4.7.3	Eksperimen 3: Conv-LSTM dengan <i>dropout</i> dan fungsi aktivasi <i>hyperbolic tangent</i> .....	91

4.7.4	Eksperimen 4: Conv-LSTM dengan <i>dropout</i> dan fungsi aktivasi ReLU .....	92
4.7.5	Model Conv-LSTM terbaik.....	93
4.8	Perbandingan Performa Model.....	96
4.9	Penerapan .....	97
BAB V	PENUTUP.....	98
5.1	Kesimpulan.....	98
5.2	Saran.....	99
DAFTAR PUSTAKA	.....	100
LAMPIRAN	.....	105