

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
INTISARI	xvi
ABSTRACT	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Pembatasan Masalah	3
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.4. Tinjauan Pustaka	4
1.5. Metodologi Penelitian	7
1.6. Sistematika Penulisan	7
II LANDASAN TEORI	9
2.1. Vektor	9
2.2. Matriks	10
2.2.1. Pengertian Matriks	10
2.2.2. Operasi Matriks	12
2.2.3. <i>Transpose</i> Matriks	14
2.2.4. Determinan Matriks	15
2.2.5. Invers Matriks	16
2.2.6. Aturan Cramer	18
2.2.7. Operasi Hadamard	19
2.3. Variabel Random	20
2.3.1. Ekspektasi, Variansi, dan Korelasi	22
2.3.2. Distribusi	24
2.4. <i>Statistical Learning</i>	25
2.5. Peramalan	27

2.5.1. Pengertian Peramalan	27
2.5.2. Jenis-jenis Peramalan	27
2.6. Konsep Data Runtun Waktu	28
2.6.1. Pengertian Data Runtun Waktu	28
2.6.2. <i>Multiple Regression</i>	29
2.7. Normalitas Data	31
2.7.1. Uji D'Agostino-Pearson	32
2.8. Linearitas Data	33
2.8.1. Uji <i>Lagrange Multiplier</i>	33
2.9. Stasioneritas Data	35
2.9.1. Stasioneritas dalam mean	35
2.9.2. Stasioneritas dalam varian	36
2.9.3. Uji Stasioneritas	36
2.10. Model Runtun Waktu Stasioner	40
2.10.1. Proses <i>Autoregressive (AR)</i>	40
2.10.2. Proses <i>Moving Average (MA)</i>	43
2.10.3. <i>Autocorrelation Function</i>	44
2.10.4. <i>Partial Autocorrelation Function</i>	46
2.11. Proses <i>Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i>	48
2.12. <i>Machine Learning</i>	49
2.12.1. Pengertian <i>Machine Learning</i>	49
2.12.2. Jenis-jenis <i>Machine Learning</i>	49
2.12.3. Tujuan <i>Machine Learning</i>	50
2.12.4. <i>Data Splitting</i>	50
2.12.5. <i>Underfitting</i> dan <i>Overfitting</i>	51
2.12.6. <i>Hyperparameter</i>	51
2.12.7. Metrik Evaluasi	52
2.13. <i>Deep Learning</i>	53
2.14. <i>Artificial Neural Network (ANN)</i>	54
2.14.1. Pengertian	54
2.14.2. <i>Perceptron</i>	55
2.14.3. <i>Hyperparameter</i>	56
2.15. <i>Min-Max Normalization</i>	57
2.16. Algoritma Optimisasi	57
2.16.1. <i>Adaptive Gradient Optimizer (AdaGrad)</i>	58
2.16.2. <i>Root Mean Square Propagation (RMSProp)</i>	59

2.16.3. <i>Adaptive Moment Estimation (Adam)</i>	60
2.17. Fungsi Aktivasi	61
2.17.1. Fungsi Aktivasi <i>Rectified Linear Unit (ReLU)</i>	62
2.17.2. Fungsi Aktivasi <i>Hyperbolic Tangent (TanH)</i>	63
2.17.3. Fungsi Aktivasi Sigmoid	63
2.18. Regulasi dengan <i>Dropout</i>	64
2.19. Cuaca	65
2.19.1. Suhu	65
2.19.2. Titik Embun	66
2.19.3. Kelembaban	66
2.19.4. Angin	67
III AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE WITH	
EXOGENOUS VARIABLES (ARIMAX), MULTILAYER PERCEPTRON	
(MLP), CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN), DAN GATED	
RECURRENT UNIT (GRU) UNTUK PEMODELAN RUNTUN WAKTU	69
3.1. <i>Feature Selection</i> Berbasis <i>Random Forest</i>	69
3.2. <i>Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables</i>	
(ARIMAX)	70
3.3. <i>Multilayer Perceptron (MLP)</i>	71
3.4. <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	73
3.4.1. <i>Convolution</i>	73
3.4.2. <i>Pooling</i>	74
3.5. <i>Recurrent Neural Network (RNN)</i>	75
3.5.1. Jenis-jenis RNN	76
3.5.2. Struktur RNN	78
3.5.3. Keunggulan dan Kelemahan RNN	80
3.5.4. <i>Backpropagation Through Time</i> pada RNN	80
3.5.5. <i>Vanishing Gradient</i> dan <i>Exploding Gradient</i>	82
3.6. <i>Gated Recurrent Unit (GRU)</i>	83
3.7. <i>Flowchart</i>	89
3.7.1. <i>Flowchart Autoregressive Integrated Moving Average with</i>	
<i>Exogenous Variables (ARIMAX)</i>	89
3.7.2. <i>Flowchart Multilayer Perceptron (MLP)</i>	90
3.7.3. <i>Flowchart Convolutional Neural Network (CNN)</i>	92
3.7.4. <i>Flowchart Gated Recurrent Unit (GRU)</i>	93
IV STUDI KASUS	95
4.1. Deskripsi Data	95

4.2. Data <i>Preprocessing</i>	96
4.2.1. Pengecekan <i>Missing Value</i>	96
4.2.2. <i>Feature Selection</i> Berbasis <i>Random Forest</i>	97
4.3. Data <i>Splitting</i>	98
4.4. Pemodelan Runtun Waktu dengan Metode ARIMAX	99
4.4.1. Uji Asumsi Normalitas	100
4.4.2. Uji Asumsi Linearitas	100
4.4.3. Uji Asumsi Stasioneritas	101
4.4.4. Transformasi Data	102
4.4.5. Identifikasi Model ARIMAX	102
4.4.6. Pembentukan Model	104
4.4.7. Hasil Peramalan dan Evaluasi Performa	107
4.5. Pemodelan Runtun Waktu dengan Metode MLP	108
4.5.1. Model MLP tanpa <i>Dropout Rate</i>	108
4.5.2. Model MLP dengan <i>Dropout Rate</i> 0,01	109
4.5.3. Model MLP dengan <i>Dropout Rate</i> 0,05	110
4.5.4. Model MLP dengan <i>Dropout Rate</i> 0,1	111
4.5.5. Model MLP dengan <i>Dropout Rate</i> 0,15	112
4.5.6. Model MLP dengan <i>Dropout Rate</i> 0,2	112
4.5.7. Model MLP Terbaik	113
4.6. Pemodelan Runtun Waktu dengan Metode CNN	115
4.6.1. Model CNN tanpa <i>Dropout Rate</i>	116
4.6.2. Model CNN dengan <i>Dropout Rate</i> 0,01	117
4.6.3. Model CNN dengan <i>Dropout Rate</i> 0,05	119
4.6.4. Model CNN dengan <i>Dropout Rate</i> 0,1	120
4.6.5. Model CNN dengan <i>Dropout Rate</i> 0,15	122
4.6.6. Model CNN dengan <i>Dropout Rate</i> 0,2	123
4.6.7. Model CNN Terbaik	125
4.7. Pemodelan Runtun Waktu dengan Metode GRU	126
4.7.1. Model GRU tanpa <i>Dropout Rate</i>	127
4.7.2. Model GRU dengan <i>Dropout Rate</i> 0,01	128
4.7.3. Model GRU dengan <i>Dropout Rate</i> 0,05	130
4.7.4. Model GRU dengan <i>Dropout Rate</i> 0,1	131
4.7.5. Model GRU dengan <i>Dropout Rate</i> 0,15	133
4.7.6. Model GRU dengan <i>Dropout Rate</i> 0,2	134
4.7.7. Model GRU Terbaik	136

4.8. Perbandingan Performa Model	137
4.9. Prediksi Data <i>Out-Sample</i> dengan Model Terbaik	138
V PENUTUP	140
5.1. Kesimpulan	140
5.2. Saran	141
DAFTAR PUSTAKA	143
A Lampiran Data	149
B Lampiran <i>Syntax Python Data Preprocessing</i>	150
C Lampiran <i>Syntax Python ARIMAX</i>	157
D Lampiran <i>Syntax Python MLP</i>	163
E Lampiran <i>Syntax Python CNN</i>	178
F Lampiran <i>Syntax Python GRU</i>	191