

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. Pembatasan Masalah	6
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	6
1.4. Tinjauan Pustaka	8
1.5. Metodologi Penelitian	10
1.6. Sistematika Penulisan	11
II LANDASAN TEORI	13
2.1. Gempa Bumi	13
2.1.1. Jenis Gempa Bumi	14
2.1.2. Parameter Gempa Bumi	15
2.2. Variabel Random	18
2.3. Peramalan	19
2.3.1. Jenis Peramalan	20
2.4. Runtun Waktu (<i>Time Series</i>)	22
2.4.1. Klasifikasi Data Runtun Waktu	23
2.4.2. Proses Stokastik	25
2.4.3. Proses <i>Wide-Sense</i> (W-S) Stasioner dan <i>Strictly</i> Stasioner	26
2.5. Model Runtun Waktu	28
2.5.1. Proses <i>Autoregressive</i> (AR)	28
2.5.2. Proses <i>Moving Average</i> (MA)	29
2.5.3. Proses <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i> (ARIMA)	30
2.6. Stasioneritas	30
2.6.1. Uji Stasioneritas <i>Augmented Dickey Fuller</i> (ADF)	31
2.7. Fungsi Autokorelasi (ACF) dan Fungsi Autokorelasi Parsial (PACF)	33

2.8. Lagrange Multiplier (LM)	36
2.9. Operasi Hadamard	37
2.10. Machine Learning	38
2.10.1. Jenis Machine Learning	39
2.10.2. Data Latih dan Uji	40
2.10.3. Underfitting dan Overfitting	41
2.10.4. Hyperparameter Tuning	42
2.11. Jaringan Saraf Tiruan	42
2.11.1. Struktur dan Komponen Jaringan Saraf Tiruan	43
2.11.2. Hyperparameter	44
2.11.3. Multilayer Perceptron (MLP)	45
2.12. Konsep Deep Learning	46
2.13. Konsep Ensemble Learning	48
2.14. Min-Max Normalization	50
2.15. Fungsi Aktivasi	51
2.15.1. Hyperbolic Tangent (Tanh)	51
2.15.2. Sigmoid	52
2.15.3. Rectified Linear Unit (ReLU)	52
2.16. Gradient Descent	53
2.17. Adaptive Moment Estimation (Adam)	54
2.18. Regressor	55
2.18.1. Random Forest	55
2.18.2. Decision Tree	56
2.18.3. Extreme Gradient Boosting (XGBoost)	58
2.19. Cross Validation	59
2.19.1. Train-Test Split	59
2.19.2. K-Fold cross validation	59
2.20. Feature Selection	60
2.20.1. Jenis Feature Selection	61
2.21. Metriks Evaluasi Performa	62
III METODE AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE EXOGENOUS (ARIMAX), LONG SHORT-TERM MEMORY (LSTM), DAN EXTREME GRADIENT BOOSTING (XGBOOST) UNTUK PEMODELAN RUNTUN WAKTU	64
3.1. Model Autoregressive Integrated Moving Average Exogenous (ARIMAX)	64
3.2. Recurrent Neural Network (RNN)	64
3.2.1. Jenis Recurrent Neural Network (RNN)	67
3.2.2. Keunggulan dan Kelemahan Recurrent Neural Network (RNN)	70
3.3. Long Short-Term Memory (LSTM)	70
3.4. Metode Boosting	75
3.5. Gradient Boosting	76

3.5.1. Gradient Tree Boosting	77
3.6. Classification and Regression (CART)	78
3.7. Extreme Gradient Boosting (XGBoost)	79
3.7.1. Shrinkage dan Column Subsampling	81
3.7.2. Split Finding Algorithm	82
3.7.3. Hyperparameter Model XGBoost	83
3.7.4. Optimasi Hyperparameter Model	84
3.7.5. Feature Selection dengan Random Forest	85
3.8. Flowchart	86
3.8.1. Flowchart Autoregressive Integrated Moving Average Exogenous (ARIMAX)	86
3.8.2. Flowchart Long Short-Term Memory (LSTM)	88
3.8.3. Flowchart Extreme Gradient Boosting (XGBoost)	90
IV STUDI KASUS	93
4.1. Deskripsi Data	93
4.2. Persiapan Data	98
4.3. Pembagian Data	99
4.4. Pemodelan Runtun Waktu dengan Metode ARIMAX	100
4.5. Normalisasi Data	106
4.6. Series to Supervised	106
4.7. Pemodelan Runtun Waktu dengan Metode LSTM	108
4.7.1. Eksperimen 1: Model LSTM Satu Hidden Layer dengan Fungsi Aktivasi Hyperbolic Tangent (Tanh)	108
4.7.2. Eksperimen 2: Model LSTM Satu Hidden Layer dengan Fungsi Aktivasi Sigmoid	111
4.7.3. Eksperimen 3: Model LSTM Satu Hidden Layer dengan Fungsi Aktivasi Rectified Linear Unit (ReLU)	113
4.7.4. Pemilihan Model LSTM Terbaik	115
4.8. Pemodelan Runtun Waktu dengan Metode XGBoost	117
4.8.1. Feature Importance	117
4.8.2. Hasil Model Prediksi dengan XGBoost	118
4.9. Perbandingan Performa Model ARIMAX, LSTM, XGBoost	121
4.10. Penerapan Model Terbaik	121
V PENUTUP	125
5.1. Kesimpulan	125
5.2. Saran	126
DAFTAR PUSTAKA	127
A Data	135
1.1. Dataset Penelitian	135
B Sintaks	172



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Perbandingan Metode Autoregressive Integrated Moving Average Exogenous (ARIMAX), Long Short-Term Memory (LSTM), dan Extreme Gradient Boosting (XGBoost) dalam Peramalan Data Runtun Waktu (Studi

Kasus: Data Seismik Gempa Bumi di Indonesia Tahun 2004 - 2024)

Nalwala Parvika Azkarrula, Prof. Dr. Drs. Gunardi, M.Si.

Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

2.1. Sintaks ARIMA	172
2.2. Sintaks LSTM	177
2.3. Sintaks XGBoost	185