

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	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	3
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
1.5. Tinjauan Pustaka	5
1.6. Metodologi Penelitian	8
1.7. Sistematika Penulisan	8
II LANDASAN TEORI	10
2.1. Probabilitas	10
2.2. Variabel <i>Random</i>	11
2.3. Matriks	12
2.3.1. Operasi Matriks	13
2.3.2. Matriks Persegi	14
2.3.3. Invers Matriks	15
2.3.4. Aturan Cramer	17
2.3.5. Nilai Eigen dan Vektor Eigen	17
2.3.6. Matriks Diagonal	18
2.3.7. Matriks Simetris	18
2.3.8. Matriks Identitas	19
2.3.9. Matriks Ortogonal	19
2.3.10. Bentuk Kuadrat Matriks	19

2.3.11.	<i>Hadamard Product</i>	20
2.4.	Distribusi Data	21
2.4.1.	Distribusi Normal	21
2.4.2.	Distribusi Normal Standar	22
2.4.3.	Fungsi Pembangkit Momen dan Metode Momen	23
2.4.4.	<i>Skewness</i>	24
2.4.5.	Kurtosis	25
2.4.6.	Distribusi <i>Power-Law</i>	26
2.5.	Konsep Dasar Runtun Waktu	27
2.5.1.	Pengertian Runtun Waktu	27
2.5.2.	Proses Stokastik	29
2.5.3.	Proses <i>Wide-Sense</i> (W-S) Stasioner dan <i>Strictly</i> Stasioer	30
2.5.4.	Pola Data Runtun Waktu	30
2.5.5.	Proses <i>White Noise</i>	31
2.5.6.	Fungsi Autokorelasi Parsial	32
2.5.7.	Uji Ljung-Box	33
2.6.	<i>Machine Learning</i>	35
2.6.1.	<i>Data Splitting</i>	37
2.7.	<i>Deep Learning</i>	38
2.7.1.	Arsitektur <i>Deep Learning</i>	39
2.8.	<i>Artificial Neural Network</i>	41
2.9.	Optimasi Adam	43
2.10.	Transformasi <i>Min-Max</i>	44
2.11.	Metrik Evaluasi Prediksi	45
2.12.	Anomali	46
2.12.1.	Jenis-Jenis Anomali	47
2.12.2.	Metode Deteksi Anomali	49
2.13.	<i>Cryptocurrency</i>	50
2.13.1.	Teknologi <i>Blockchain</i>	50
2.13.2.	Karakteristik Harga <i>Cryptocurrency</i>	50
III DETEKSI ANOMALI HARGA BITCOIN DENGAN <i>ERROR</i> PREDIKSI LONG SHORT-TERM MEMORY (LSTM) MENGGUNAKAN Z-SCORE, ONE-CLASS SVM, DAN ISOLATION FOREST SERTA <i>ERROR</i> RE-KONSTRUKSI LSTM-AUTOENCODER		
3.1.	<i>Recurrent Neural Network</i>	52
3.1.1.	Struktur RNN	53
3.1.2.	<i>Backpropagation Through Time</i> pada RNN	55

3.1.3.	<i>Vanishing dan Exploding Gradients</i> pada RNN	56
3.2.	<i>Long Short-Term Memory</i>	58
3.2.1.	Struktur LSTM	58
3.2.2.	<i>Rolling Window</i> Untuk Prediksi Runtun Waktu	61
3.3.	<i>Z-Score</i> Untuk Deteksi Anomali	62
3.4.	<i>Rolling Z-Score</i> untuk Deteksi Anomali	64
3.4.1.	<i>Simulasi Rolling Z-Score</i>	66
3.5.	<i>One-Class SVM</i>	67
3.5.1.	Kernel	70
3.6.	<i>Isolation Forest</i>	72
3.6.1.	<i>Isolation Tree</i> dan <i>Isolation Forest</i>	73
3.6.2.	<i>Abnormality Assesment</i>	73
3.6.3.	<i>Abnormality Identification</i>	74
3.6.4.	Simulasi dengan Data Sederhana	77
3.7.	<i>Autoencoder</i>	80
3.8.	<i>LSTM-Autoencoder</i>	82
3.9.	Metode Evaluasi Deteksi Anomali	83
3.9.1.	Proporsi Anomali	83
3.9.2.	<i>Excess Kurtosis</i>	84
3.9.3.	<i>Power-Law Exponent</i>	85
IV	STUDI KASUS	90
4.1.	Deskripsi Data	90
4.2.	Prapemrosesan Data	91
4.2.1.	Pembagian Data	92
4.2.2.	Normalisasi Data	92
4.2.3.	Transformasi dengan <i>Rolling Window</i>	92
4.3.	Permodelan Data Runtun Waktu dengan LSTM Univariat	93
4.3.1.	Evaluasi Performa Model LSTM	93
4.3.2.	Uji Diagnostik Autokorelasi <i>Error</i> Model LSTM	94
4.3.3.	Model LSTM Terbaik	97
4.4.	Deteksi Anomali dengan <i>Error</i> LSTM	99
4.4.1.	<i>Z-Score</i> Pada <i>Error</i> LSTM	100
4.4.2.	<i>One-Class SVM</i> Pada <i>Error</i> LSTM	102
4.4.3.	<i>Isolation Forest</i> Pada <i>Error</i> LSTM	106
4.5.	Deteksi Anomali dengan LSTM <i>Autoencoder</i>	110
4.5.1.	Pembentukan Model LSTM <i>Autoencoder</i>	110

4.5.2.	Evaluasi Model LSTM <i>Autoencoder</i>	111
4.5.3.	Deteksi Anomali Pada <i>Error</i> Rekonstruksi	112
4.6.	Perbandingan Metode Deteksi Anomali	114
4.6.1.	Perbandingan Karakteristik Metode Deteksi Anomali	114
4.6.2.	Perbandingan Titik Anomali Bitcoin Terdeteksi	116
V	PENUTUP	118
5.1.	Kesimpulan	118
5.2.	Saran	120
	DAFTAR PUSTAKA	121
A	Data	127
B	Syntax Python	128