

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
INTISARI.....	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Metodologi Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
BAB III LANDASAN TEORI.....	16
3.1 Jaringan Syaraf Tiruan.....	17
3.1.1 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan.....	18
3.1.2 Algoritme Pembelajaran.....	19
3.1.3 Faktor yang Mempengaruhi Pembelajaran.....	19
3.1.4 Arsitektur Mendalam.....	20
3.2 <i>Restricted Boltzmann Machines</i> .....	21
3.3 <i>Deep Belief Network</i> .....	24
3.4 Optimasi <i>Gradient Descent</i> .....	26
3.4.1 Momentum pada SGD.....	26
3.4.2 Adagard dan Rmsprop.....	28
3.4.3 Adam.....	29
3.5 Peramalan.....	31
3.6 Nilai Ukur Peramalan.....	32
3.6.1 RMSE ( <i>Root Mean Square Error</i> ).....	32
3.6.2 MAE ( <i>Mean Absolute Error</i> ).....	32
3.6.3 MAPE ( <i>Mean Absolute Percentage Error</i> ).....	32
3.6.4 DA ( <i>Directional Accuracy</i> ).....	33
3.6.5 R- <i>Squared</i> .....	33
BAB IV ANALISI DAN PERANCANGAN.....	35
4.1 Analisis dan Perancangan Penelitian.....	35
4.2 Perancangan Data.....	36
4.2.1 Pengumpulan Data.....	36
4.2.2 Pembagian Data.....	37
4.2.3 <i>Pre</i> -Pengelolaan Data.....	38

4.3 Perancangan Arsitektur.....	39
4.4 Proses <i>Pre-Training</i> .....	40
4.5 Proses <i>Fine-Tuning</i> .....	41
4.6 Proses Prediksi.....	42
4.7 Akselerasi Adam.....	43
4.8 Pengujian dan Evaluasi.....	45
4.8.1 Pengujian dengan Parameter Jumlah Unit Masukan dan Unit Tersembunyi .....	45
4.8.2 Pengujian dengan <i>Learning Rate</i> .....	45
4.8.3 Pengujian dengan Nilai $\beta_1$ dan $\beta_2$ .....	46
4.8.4 Pengujian Perbandingan Model DBN-Adam dan Model DBN-SGD.....	46
4.8.5 Pengujian Perbandingan Model DBN dan Model MLP.....	46
BAB V IMPLEMENTASI.....	47
5.1 Spesifikasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak.....	47
5.2 Pengelolaan Data.....	47
5.2.1 Pembagian Data.....	47
5.2.2 Normalisasi Data.....	48
5.3 Membangun Model <i>Deep Belief Network</i> (DBN).....	49
5.3.1 Implementasi <i>Pre-Training</i> .....	50
5.3.2 Implementasi <i>Fine-Tuning</i> .....	52
5.4 Implementasi Pengujian.....	54
5.5 Implementasi Pengujian Akurasi Peramalan.....	55
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN.....	56
6.1 Pemilihan Hyperparameter pada Model.....	56
6.2 Pemilihan Unit Masukan dan Unit Tersembunyi pada Lapisan.....	56
6.2.1 USD/IDR.....	56
6.2.2 SGD/IDR.....	59
6.2.3 Pengaruh Jumlah Variasi Unit Masukan dan Unit Tersembunyi.....	61
6.3 Pemilihan <i>Learning Rate</i> .....	60
6.4 Pengaruh Langkah Pembelajaran $\eta$ .....	62
6.5 Pengujian Model.....	68
6.5.1 Uji Kasus USD/IDR.....	68
6.5.2 Uji Kasus SGD/IDR.....	66
6.6 Pengaruh $\beta_1$ dan $\beta_2$ pada DBN-Adam.....	72
6.7 Akselerasi Adam.....	73
6.8 Perbandingan Model.....	75
6.8.1 Perbandingan DBN-Adam dan DBN-SGD.....	75
6.8.2 Perbandingan DBN dan MLP.....	82
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....	84
7.1 Kesimpulan.....	84
7.2 Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA.....	86

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Neuron Jaringan Syaraf.....	16
Gambar 3.2 Arsitektur <i>Single Layer Network</i> .....	17
Gambar 3.3 Arsitektur <i>Multi layer Network</i> .....	18
Gambar 3.4. Arsitektur RBM.....	22
Gambar 3.5 Arsitektur DBN.....	24
Gambar 3.6 Penggunaan Momentum.....	27
Gambar 4.1. Alur Penelitian.....	35
Gambar 4.2. Arsitektur DBN Pada Penelitian.....	36
Gambar 4.3. Grafik Nilai Tukar USD/IDR.....	37
Gambar 4.4. Grafik Nilai Tukar SGD/IDR.....	37
Gambar 4.5 <i>Pseudocode Pre-Training</i> .....	40
Gambar 4.6 Proses Pelatihan DBN.....	41
Gambar 4.7 <i>Pseudocode Fine-tuning</i> .....	41
Gambar 4.8 Proses Prediksi.....	42
Gambar 5.1 Potongan Kode <i>Split Data</i> .....	47
Gambar 5.2 Potongan Kode <i>Sliding Windows</i> pada Data Latih.....	48
Gambar 5.3 Potongan Kode Normalisasi.....	49
Gambar 5.4 Potongan Kode Renormalisasi.....	49
Gambar 5.5 Potongan Kode Inisiasi Lapisan RBM.....	50
Gambar 5.6 Potongan Kode Inisiasi Fungsi Aktivasi.....	50
Gambar 5.7 Potongan Kode <i>Pre-Training</i> di Lapisan RBM.....	51
Gambar 5.8 Potongan Kode <i>Contrastive Divergence</i> .....	51
Gambar 5.9 Potongan Kode Proses <i>Fine-Tuning</i> .....	52
Gambar 5.10 Potongan Kode Optimasi Adam.....	53
Gambar 5.11 Potongan Kode Proses Prediksi.....	54
Gambar 5.12 Potongan Kode Implementasi Pengukuran Akurasi.....	55
Gambar 6.1 Pengaruh Unit Masukan dan Unit Tersembunyi Terhadap DA.....	61
Gambar 6.2 Pengaruh Unit Masukan dan Unit Tersembunyi Terhadap RMSE...	62
Gambar 6.3 Grafik <i>Loss Model</i> dengan <i>Learning Rate</i> = 0.1.....	63
Gambar 6.4 Grafik <i>Loss Model</i> dengan <i>Learning Rate</i> = 0.01.....	63
Gambar 6.5 Grafik <i>Loss Model</i> dengan <i>Learning Rate</i> = 0.001.....	64
Gambar 6.6 Grafik <i>Loss Model</i> dengan <i>Learning Rate</i> = 0.0008.....	64
Gambar 6.7 Grafik <i>Loss Learning Rate</i> pada Model untuk Uji Peramalan SGD/IDR.....	65
Gambar 6.8 Model <i>Loss</i> Hasil Pengaruh $\eta$ (USD/IDR).....	66
Gambar 6.9 Model <i>Loss</i> Hasil Pengaruh $\eta$ (SGD/IDR).....	67
Gambar 6.10 Ilustrasi Peramalan USD/IDR.....	68
Gambar 6.11 Hasil Peramalan USD/IDR.....	69
Gambar 6.12 Model <i>Loss</i> USD/IDR.....	69
Gambar 6.13 Ilustrasi Peramalan SGD/IDR.....	70
Gambar 6.14 Hasil Peramalan SGD/IDR.....	71
Gambar 6.15 Model <i>Loss</i> SGD/IDR.....	71

Gambar 6.16 Perbandingan Adam Menggunakan Akselerasi.....	74
Gambar 6.17 Perbandingan Performa Model terhadap Nilai RMSE.....	76
Gambar 6.18 Perbandingan Performa Model terhadap Nilai MAE dan MAPE... ..	77
Gambar 6.19 Perbandingan Performa Model terhadap Nilai DA.....	77
Gambar 6.20 Perbandingan <i>Train Loss</i> USD/IDR.....	78
Gambar 6.21 Perbandingan Hasil <i>Loss</i> USD/IDR.....	79
Gambar 6.22 Perbandingan Terhadap Nilai Performa SGD/IDR.....	81
Gambar 6.23 Perbandingan <i>Train Loss</i> SGD/IDR.....	81
Gambar 6.24 Perbandingan terhadap Hasil <i>Loss</i> SGD/IDR.....	82

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka.....	11
Tabel 4.1 Pembagian Data.....	37
Tabel 4.2 Data Harian 3 Januari-16 Januari 2017 pada USD/IDR.....	38
Tabel 4.3 Ilustrasi <i>Sliding Windows</i> .....	38
Tabel 4.4 Contoh Normalisasi.....	39
Tabel 4.5 Parameter Pengujian.....	43
Tabel 6.1 Pengaruh Unit Masukan dan Unit Tersembunyi (USD/IDR.....	56
Tabel 6.2 Pengaruh Unit Masukan dan Unit Tersembunyi pada Lapisan Kedua (USD/IDR) .....	58
Tabel 6.3 Pengaruh Unit Masukan dan Unit Tersembunyi pada Lapisan Ketiga (USD/IDR) .....	58
Tabel 6.4 Pengaruh Unit Masukan dan Unit Tersembunyi (SGD/IDR).....	59
Tabel 6.5 Pengaruh Unit Masukan dan Unit Tersembunyi pada Lapisan Kedua (SGD/IDR).....	60
Tabel 6.6 Pengaruh Pengaruh Unit Masukan dan Unit Tersembunyi pada Lapisan Ketiga (SGD/IDR).....	61
Tabel 6.7 Pengaruh $\eta$ pada DBN-Adam (USD/IDR).....	66
Tabel 6.8 Pengaruh $\eta$ pada DBN- Adam (SGD/IDR).....	67
Tabel 6.9 Parameter yang Digunakan untuk Uji Peramalan.....	68
Tabel 6.10 Hasil Performa Data Uji USD/IDR.....	70
Tabel 6.11 Hasil Performa Data Uji SGD/IDR.....	72
Tabel 6.12 Pengaruh $\beta_1$ dan $\beta_2$ pada DBN-Adam (USD/IDR).....	72
Tabel 6.13 Pengaruh $\beta_1$ dan $\beta_2$ pada DBN- Adam (SGD/IDR).....	73
Tabel 6.14 Perbandingan Adam dengan Akselerasi.....	74
Tabel 6.15 Perbandingan Hasil Performa Model (USD/IDR).....	75
Tabel 6.16 Perbandingan Performa DBN dengan Percobaan Lain (USD/IDR)....	76
Tabel 6.17 Perbandingan Hasil Performa Mode (SGD/IDR).....	80
Tabel 6.18 Perbandingan Performa DBN dengan Percobaan Lain (SGD/IDR)....	80
Tabel 6.19 Perbandingan DBN dan MLP.....	83