

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iv |
| HALAMAN MOTTO | v |
| PRAKATA | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| INTISARI | xv |
| ABSTRACT | xvi |
| I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 6 |
| 1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian | 6 |
| 1.4 Tinjauan Pustaka | 7 |
| 1.5 Metode Penelitian | 10 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 10 |
| II DASAR TEORI | 11 |
| 2.1 <i>Cryptocurrency</i> | 11 |
| 2.2 Bitcoin | 13 |
| 2.3 Peramalan | 16 |
| 2.4 <i>Time Series</i> | 18 |
| 2.4.1 Pengertian <i>Time Series</i> | 18 |
| 2.4.2 Pola <i>Time Series</i> | 18 |
| 2.5 <i>Machine Learning</i> | 19 |
| 2.5.1 Pengertian <i>Machine Learning</i> | 19 |
| 2.5.2 Proses Pembelajaran | 20 |
| 2.5.3 Pembagian <i>Dataset</i> | 21 |
| 2.6 <i>Artificial Neural Network</i> | 21 |
| 2.6.1 Definisi <i>Artificial Neural Network</i> | 21 |
| 2.6.2 Struktur <i>Artificial Neural Network</i> | 23 |
| 2.6.3 Fungsi Aktivasi | 24 |

| | | |
|--|--|------------|
| 2.6.4 | Arsitektur <i>Artificial Neural Network</i> | 25 |
| 2.7 | Ukuran Kesalahan Peramalan | 29 |
| III METODE MULTILAYER PERCEPTRON DAN LONG SHORT TERM-MEMORY | | 31 |
| 3.1 | Proses Peramalan dengan Arsitektur <i>Multilayer Perceptron</i> | 31 |
| 3.2 | Proses Peramalan dengan Arsitektur <i>Long Short Term-Memory</i> | 41 |
| 3.3 | <i>Adaptive Moment Estimation</i> (Adam) | 47 |
| IV HASIL PENELITIAN | | 48 |
| 4.1 | Deskripsi Data | 48 |
| 4.2 | Pemilihan Variabel | 52 |
| 4.3 | Normalisasi Data | 53 |
| 4.4 | Pembagian Data | 54 |
| 4.5 | <i>Multilayer Perceptron</i> | 55 |
| 4.5.1 | Pelatihan <i>Multilayer Perceptron</i> | 57 |
| 4.5.2 | Pengujian <i>Multilayer Perceptron</i> | 61 |
| 4.6 | <i>Long Short Term-Memory</i> | 64 |
| 4.7 | Pemilihan Metode Terbaik | 67 |
| 4.7.1 | <i>Time Frame</i> Bulanan | 67 |
| 4.7.2 | <i>Time Frame</i> Mingguan | 68 |
| 4.7.3 | <i>Time Frame</i> Harian | 69 |
| 4.7.4 | <i>Time Frame</i> Empat Jam | 69 |
| 4.7.5 | <i>Time Frame</i> Satu Jam | 70 |
| 4.8 | Denormalisasi | 71 |
| 4.8.1 | Denormalisasi Harga Bitcoin <i>Time Frame</i> Bulanan | 72 |
| 4.8.2 | Denormalisasi Harga Bitcoin <i>Time Frame</i> Mingguan | 78 |
| 4.8.3 | Denormalisasi Harga Bitcoin <i>Time Frame</i> Harian | 81 |
| 4.8.4 | Denormalisasi Harga Bitcoin <i>Time Frame</i> Empat Jam | 84 |
| 4.8.5 | Denormalisasi Harga Bitcoin <i>Time Frame</i> Satu Jam | 87 |
| V KESIMPULAN | | 91 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 94 |
| A DATASET HARGA BITCOIN | | 100 |
| 1.1 | <i>Dataset</i> Harga Bitcoin Bulanan | 100 |
| 1.2 | <i>Dataset</i> Harga Bitcoin Mingguan | 100 |
| 1.3 | <i>Dataset</i> Harga Bitcoin Harian | 101 |
| 1.4 | <i>Dataset</i> Harga Bitcoin Empat Jam | 101 |
| 1.5 | <i>Dataset</i> Harga Bitcoin Satu Jam | 102 |

| | | |
|----------|---|------------|
| B | SKRIP MULTILAYER PERCEPTRON | 103 |
| 2.1 | Skrip <i>Multilayer Perceptron</i> Satu <i>Hidden Layer</i> Inisialisasi Random | 103 |
| 2.2 | Skrip <i>Multilayer Perceptron</i> Satu <i>Hidden Layer</i> Inisialisasi Nguyen | |
| | Widrow | 109 |
| 2.3 | Skrip <i>Multilayer Perceptron</i> Dua <i>Hidden Layer</i> Inisialisasi Random | 115 |
| 2.4 | Skrip <i>Multilayer Perceptron</i> Dua <i>Hidden Layer</i> Inisialisasi Nguyen | |
| | Widrow | 122 |
| C | SKRIP LONG SHORT TERM-MEMORY | 130 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------|--|----|
| 4.1 | Variabel Input yang Digunakan Beserta Nilai Korelasinya | 52 |
| 4.2 | Pembagian Data <i>Training</i> dan Data <i>Testing</i> | 54 |
| 4.3 | Arsitektur MLP Satu <i>Hidden Layer</i> dan Dua <i>Hidden Layer</i> | 56 |
| 4.4 | RMSE Terkecil Data <i>Training</i> MLP Satu <i>Hidden Layer</i> Setiap <i>Time</i> Frame pada Output Harga Tertinggi | 58 |
| 4.5 | RMSE Terkecil Data <i>Training</i> MLP Dua <i>Hidden Layer</i> Setiap <i>Time</i> Frame pada Output Harga Tertinggi | 58 |
| 4.6 | RMSE Terkecil Data <i>Training</i> MLP Satu <i>Hidden Layer</i> Setiap <i>Time</i> Frame pada Output Harga Terendah | 59 |
| 4.7 | RMSE Terkecil Data <i>Training</i> MLP Dua <i>Hidden Layer</i> Setiap <i>Time</i> Frame pada Output Harga Terendah | 59 |
| 4.8 | RMSE Terkecil Data <i>Training</i> MLP Satu <i>Hidden Layer</i> Setiap <i>Time</i> Frame pada Output Harga Penutup | 60 |
| 4.9 | RMSE Terkecil Data <i>Training</i> MLP Dua <i>Hidden Layer</i> Setiap <i>Time</i> Frame pada Output Harga Penutup | 60 |
| 4.10 | RMSE Terkecil Data <i>Testing</i> MLP Satu <i>Hidden Layer</i> Setiap <i>Time</i> Frame pada Output Harga Tertinggi | 61 |
| 4.11 | RMSE Terkecil Data <i>Testing</i> MLP Dua <i>Hidden Layer</i> Setiap <i>Time</i> Frame pada Output Harga Tertinggi | 62 |
| 4.12 | RMSE Terkecil Data <i>Testing</i> MLP Satu <i>Hidden Layer</i> Setiap <i>Time</i> Frame pada Output Harga Terendah | 62 |
| 4.13 | RMSE Terkecil Data <i>Testing</i> MLP Dua <i>Hidden Layer</i> Setiap <i>Time</i> Frame pada Output Harga Terendah | 63 |
| 4.14 | RMSE Terkecil Data <i>Testing</i> MLP Satu <i>Hidden Layer</i> Setiap <i>Time</i> Frame pada Output Harga Penutup | 63 |
| 4.15 | RMSE Terkecil Data <i>Testing</i> MLP Dua <i>Hidden Layer</i> Setiap <i>Time</i> Frame pada Output Harga Penutup | 64 |
| 4.16 | RMSE Terkecil Data <i>Testing</i> Metode <i>Long Short Term-Memory</i> Se- tiap <i>Time Frame</i> pada Output Harga Tertinggi | 65 |
| 4.17 | RMSE Terkecil Data <i>Testing</i> Metode <i>Long Short Term-Memory</i> Se- tiap <i>Time Frame</i> pada Output Harga Terendah | 66 |
| 4.18 | RMSE Terkecil Data <i>Testing</i> Metode <i>Long Short Term-Memory</i> Se- tiap <i>Time Frame</i> pada Output Harga Penutup | 66 |
| 4.19 | Pemilihan Metode Terbaik pada <i>Time Frame</i> Bulanan | 67 |
| 4.20 | Pemilihan Metode Terbaik pada <i>Time Frame</i> Mingguan | 68 |

| | |
|--|----|
| 4.21 Pemilihan Metode Terbaik pada <i>Time Frame</i> Harian | 69 |
| 4.22 Pemilihan Metode Terbaik pada <i>Time Frame</i> Empat Jam | 70 |
| 4.23 Pemilihan Metode Terbaik pada <i>Time Frame</i> Satu Jam | 71 |
| 4.24 Denormalisasi Harga Tertinggi <i>Time Frame</i> Bulanan | 72 |
| 4.25 Denormalisasi Harga Terendah <i>Time Frame</i> Bulanan | 74 |
| 4.26 Denormalisasi Harga Penutup <i>Time Frame</i> Bulanan | 76 |
| 4.27 Denormalisasi Harga Tertinggi <i>Time Frame</i> Mingguan | 78 |
| 4.28 Denormalisasi Harga Terendah <i>Time Frame</i> Mingguan | 79 |
| 4.29 Denormalisasi Harga Penutup <i>Time Frame</i> Mingguan | 80 |
| 4.30 Denormalisasi Harga Tertinggi <i>Time Frame</i> Harian | 81 |
| 4.31 Denormalisasi Harga Terendah <i>Time Frame</i> Harian | 82 |
| 4.32 Denormalisasi Harga Penutup <i>Time Frame</i> Harian | 83 |
| 4.33 Denormalisasi Harga Tertinggi <i>Time Frame</i> Empat Jam | 84 |
| 4.34 Denormalisasi Harga Terendah <i>Time Frame</i> Empat Jam | 85 |
| 4.35 Denormalisasi Harga Penutup <i>Time Frame</i> Empat Jam | 86 |
| 4.36 Denormalisasi Harga Tertinggi <i>Time Frame</i> Satu Jam | 87 |
| 4.37 Denormalisasi Harga Terendah <i>Time Frame</i> Satu Jam | 88 |
| 4.38 Denormalisasi Harga Penutup <i>Time Frame</i> Satu Jam | 89 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| 1.1 Harga Penutupan Harian Bitcoin dan Persentase Penurunan Harga dari ATH | 2 |
| 2.1 Pola Data <i>Time Series</i> | 18 |
| 2.2 Elemen Dasar <i>Artificial Neural Network</i> | 23 |
| 2.3 Arsitektur <i>Single Perceptron</i> | 26 |
| 2.4 Arsitektur <i>Multilayer Perceptron</i> | 27 |
| 2.5 Arsitektur LSTM | 29 |
| 3.1 Arsitektur <i>Multilayer Perceptron</i> Dua <i>Hidden Layer</i> | 32 |
| 3.2 Modul pengulangan RNN yang berisi satu layer | 41 |
| 3.3 Modul pengulang dalam LSTM berisi empat layer | 41 |
| 3.4 Ilustrasi <i>cell state</i> | 42 |
| 3.5 Ilustrasi langkah pertama LSTM | 43 |
| 3.6 Ilustrasi langkah kedua LSTM | 44 |
| 3.7 Ilustrasi langkah ketiga LSTM | 45 |
| 3.8 Ilustrasi langkah keempat LSTM | 46 |
| 4.1 Grafik Harga Bitcoin <i>Time Frame</i> Bulanan dan Volume Transaksi | 49 |
| 4.2 Grafik Harga Bitcoin <i>Time Frame</i> Mingguan dan Volume Transaksi | 49 |
| 4.3 Grafik Harga Bitcoin <i>Time Frame</i> Harian dan Volume Transaksi | 50 |
| 4.4 Grafik Harga Bitcoin <i>Time Frame</i> Empat Jam dan Volume Transaksi | 51 |
| 4.5 Grafik Harga Bitcoin <i>Time Frame</i> Satu Jam dan Volume Transaksi | 51 |
| 4.6 Ilustrasi Arsitektur <i>Multilayer Perceptron</i> Satu <i>Hidden Layer</i> | 56 |
| 4.7 Ilustrasi Arsitektur <i>Multilayer Perceptron</i> Satu <i>Hidden Layer</i> | 57 |
| 4.8 Grafik Perbandingan Prediksi dan Aktual Harga Tertinggi Bitcoin <i>time frame</i> Bulanan | 72 |
| 4.9 Grafik Pergerakan Harga Tertinggi Bitcoin dari Mei 2020 sampai Desember 2020 | 73 |
| 4.10 Grafik Pergerakan Harga Tertinggi Bitcoin dari Januari 2021 sampai September 2021 | 74 |
| 4.11 Grafik Perbandingan Prediksi dan Aktual Harga Terendah Bitcoin <i>time frame</i> Bulanan | 75 |
| 4.12 Grafik Pergerakan Harga Terendah Bitcoin dari Mei 2020 sampai Desember 2020 | 75 |

| | |
|---|----|
| 4.13 Grafik Pergerakan Harga Terendah Bitcoin dari Januari 2021 sam- pai September 2021 | 76 |
| 4.14 Grafik Perbandingan Prediksi dan Aktual Harga Penutup Bitcoin <i>time frame</i> Bulanan | 77 |
| 4.15 Grafik Pergerakan Harga Penutup Bitcoin dari Mei 2020 sampai Desember 2020 | 77 |
| 4.16 Grafik Pergerakan Harga Penutup Bitcoin dari Januari 2021 sampai September 2021 | 78 |
| 4.17 Grafik Perbandingan Harga Tertinggi Prediksi dan Aktual Harga Bi- tcoin <i>time frame</i> Mingguan | 79 |
| 4.18 Grafik Perbandingan Harga Terendah Prediksi dan Aktual Harga Bi- tcoin <i>time frame</i> Mingguan | 80 |
| 4.19 Grafik Perbandingan Harga Penutup Prediksi dan Aktual Harga Bi- tcoin <i>time frame</i> Mingguan | 81 |
| 4.20 Grafik Perbandingan Harga Tertinggi Prediksi dan Aktual Harga Bi- tcoin <i>time frame</i> Harian | 82 |
| 4.21 Grafik Perbandingan Harga Terendah Prediksi dan Aktual Harga Bi- tcoin <i>time frame</i> Harian | 83 |
| 4.22 Grafik Perbandingan Harga Penutup Prediksi dan Aktual Harga Bi- tcoin <i>time frame</i> Harian | 84 |
| 4.23 Grafik Perbandingan Harga Tertinggi Prediksi dan Aktual Harga Bi- tcoin <i>time frame</i> Empat Jam | 85 |
| 4.24 Grafik Perbandingan Harga Terendah Prediksi dan Aktual Harga Bi- tcoin <i>time frame</i> Empat Jam | 86 |
| 4.25 Grafik Perbandingan Harga Penutup Prediksi dan Aktual Harga Bi- tcoin <i>time frame</i> Empat Jam | 87 |
| 4.26 | 88 |
| 4.27 Grafik Perbandingan Harga Terendah Prediksi dan Aktual Harga Bi- tcoin <i>time frame</i> Satu Jam | 89 |
| 4.28 Grafik Perbandingan Harga Penutup Prediksi dan Aktual Harga Bi- tcoin <i>time frame</i> Satu Jam | 90 |