



**SKRIPSI**

# **PREDIKSI HARGA BITCOIN MENGGUNAKAN METODE HMM-LSTM**

**RAYYA RUWA'IM NAFIE**

NPM 21081010119

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Eng. Ir. Anggraini Puspita Sari, ST., MT.

Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
SURABAYA  
2025**





---

**SKRIPSI**

# **PREDIKSI HARGA BITCOIN MENGGUNAKAN METODE HMM-LSTM**

**RAYYA RUWA'IM NAFIE**

NPM 21081010119

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Eng. Ir. Anggraini Puspita Sari, ST., MT

Achmad Junaidi, S.Kom, M.Kom

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
SURABAYA  
2025**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LEMBAR PENGESAHAN

### PREDIKSI HARGA BITCOIN MENGGUNAKAN METODE HMM- LSTM

Oleh:  
RAYYA RUWA'IM NAFIE  
NPM. 21081010119

Telah dipertahankan dihadapan dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Prodi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur Pada tanggal 26 November 2025

Dr. Eng. Ir. Angraini Puspita Sari, ST., MT.  
NPT. 222198 60 816400

  
..... (Pembimbing I)

Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom.  
NIP. 19781110 202521 1 048

  
..... (Pembimbing II)

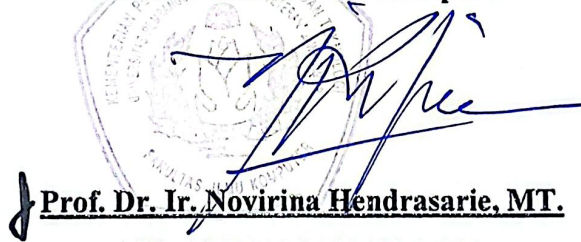
Eka Prakarsa Mandvartha, S.T., M.Kom.  
NIP. 19880525 201803 1 001

  
..... (Ketua Penguji)

Chrystia Aji Putra, S.Kom., M.T.  
NIP. 19861008 202121 1 001

  
..... (Anggota Penguji)

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Ilmu Komputer

  
Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT.  
NIP. 19681126 199403 2 001

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **LEMBAR PERSETUJUAN**

### **PREDIKSI HARGA BITCOIN MENGGUNAKAN METODE HMM- LSTM**

**Oleh:**

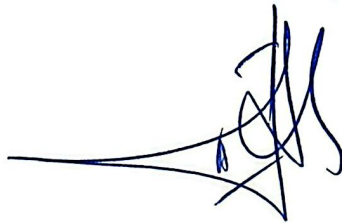
**RAYYA RUWA'IM NAFIE**

**NPM. 21081010119**

**Menyetujui,**

**Koordinator Program Studi Informatika**

**Fakultas Ilmu Komputer**



**Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom.**

**NIP. 19820211 202121 2 005**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Rayya Ruwa'im Nafie  
NPM : 21081010119  
Program : Sarjana (S1)  
Program Studi : Informatika  
Fakultas : Ilmu Komputer

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 3 Desember 2025

Yang Membuat Pernyataan,



Rayya Ruwa'im Nafie  
NPM. 21081010119

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM : RAYYA RUWA'IM NAFIE/ 21081010119  
Judul Skripsi : PREDIKSI HARGA BITCOIN  
MENGUNAKAN METODE HMM-LSTM  
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Eng. Ir. Anggraini Puspita Sari, ST., MT  
2. Achmad Junaidi, S.Kom, M.Kom

Pesatnya perkembangan teknologi telah mendorong munculnya aset digital seperti cryptocurrency yang membuka peluang dan tantangan baru di dunia investasi modern. Salah satu aset kripto paling populer adalah Bitcoin, yang sering disebut sebagai emas digital karena sifatnya yang langka dan terdesentralisasi. Namun, volatilitas harga Bitcoin yang tinggi membuat prediksi pergerakannya menjadi sulit dan berisiko bagi investor. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memprediksi harga Bitcoin menggunakan metode Hidden Markov Model–Long Short-Term Memory (HMM-LSTM) yang menggabungkan kemampuan HMM dalam mendeteksi perubahan rezim pasar dengan kemampuan LSTM dalam mempelajari pola non-linear pada data deret waktu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model HMM-LSTM memberikan performa yang lebih baik dibandingkan model LSTM tunggal dengan nilai MAE sebesar 1080.0855, RMSE sebesar 1594.6266, dan MAPE sebesar 2.00%, sedangkan model LSTM menghasilkan MAE sebesar 1678.2953, RMSE sebesar 2298.2291, dan MAPE sebesar 2.95%. Berdasarkan hasil tersebut, model HMM-LSTM terbukti lebih akurat dan stabil dalam memprediksi harga Bitcoin, sehingga dapat dijadikan acuan dalam pengembangan sistem analisis prediktif serta pengambilan keputusan di sektor keuangan dan investasi berbasis aset digital.

**Kata kunci:** Bitcoin, HMM, LSTM, *Time series* Forecasting, Regime Detection.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## ABSTRACT

Student Name / NPM : RAYYA RUWA'IM NAFIE/ 21081010119  
Thesis Title : BITCOIN PRICE PREDICTION USING THE  
HMM-LSTM METHOD  
Advisors : 1. Dr. Eng. Ir. Anggraini Puspita Sari, ST., MT  
2. Achmad Junaidi, S.Kom, M.Kom

The rapid advancement of technology has driven the emergence of digital assets such as cryptocurrencies, creating new opportunities and challenges in modern investment. One of the most prominent cryptocurrencies is Bitcoin, often referred to as digital gold due to its scarcity and decentralized nature. However, the high volatility of Bitcoin prices makes prediction difficult and risky for investors. Therefore, this study aims to predict Bitcoin prices using the Hybrid Hidden Markov Model–Long Short-Term Memory (HMM-LSTM) method, which combines the HMM's ability to detect market regime changes with the LSTM's capability to learn non-linear patterns in time-series data. The experimental results show that the HMM-LSTM model outperforms the standalone LSTM model, achieving MAE of 1080.0855, RMSE of 1594.6266, and MAPE of 2.00%, while the LSTM model produced MAE of 1678.2953, RMSE of 2298.2291, and MAPE of 2.95%. Based on these findings, the HMM-LSTM model demonstrates higher accuracy and stability in predicting Bitcoin prices and can serve as a reliable reference for developing predictive analysis systems and supporting decision-making in the financial and digital asset investment sectors.

**Keywords:** Bitcoin, HMM, LSTM, *Time series* Forecasting, Regime Detection.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**PREDIKSI HARGA BITCOIN MENGGUNAKAN METODE HMM-LSTM**” dengan baik.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, M.T., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Dr. Eng. Ir. Anggraini Puspita Sari, S.T., M.T. dan Bapak Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing, yang telah memberikan waktu, bimbingan, arahan, serta motivasi yang sangat berharga dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Eka Prakarsa Mandyartha, S.T., M.Kom. dan Bapak Chrystia Aji Putra, S.Kom., M.T. selaku Dosen Penguji, yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang membangun selama proses ujian skripsi sehingga penulis dapat memperbaiki dan menyempurnakan hasil penelitian ini.
5. Seluruh dosen dan staf Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan.
6. Kedua orang tua penulis, Bapak Mulyani dan Ibu Sumirah, serta kedua saudara penulis, Fawwaz dan Zamir, yang selalu memberikan doa, cinta, dan dukungan tanpa henti, baik secara moral maupun materi. Terima kasih atas setiap pengorbanan, semangat, dan kasih sayang yang menjadi sumber kekuatan penulis dalam menyelesaikan perjalanan akademik ini. Keluarga serta kerabat yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan semangat

kepada penulis dalam menghadapi setiap tahap kehidupan akademik maupun pribadi.

7. Seluruh teman-teman Teknik Informatika angkatan 2021, atas kebersamaan, bantuan, dan semangat yang turut mewarnai perjalanan penulis selama perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
8. Amel, Agnes, Irysad, dan Hafiyah, sebagai teman seperjuangan skripsi dari grup Lulus 2025, yang selalu saling mendukung dan berbagi semangat dalam menghadapi setiap proses penelitian dan revisi
9. Jasmine, Rangga, Finan, Putra, dan Sabrina atas dukungan, semangat, dan keceriaan yang selalu membantu penulis tetap termotivasi dan bersemangat selama proses penyusunan skripsi ini
10. Firman, Yudha, Etmin, dan seluruh teman-teman grup Info, atas bantuan, inspirasi, serta dukungan yang telah banyak membantu penulis dalam berbagai tahap penyusunan penelitian
11. Akmal Fikri Aditya, sebagai teman sepersahabatan, yang selalu menjadi tempat berbagi keluh kesah dan tawa di tengah perjalanan panjang menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan, masukan, serta bantuan demi kelancaran proses penelitian dan penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan skripsi ini banyak terdapat kekurangan. Untuk itu kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Akhirnya, dengan segala keterbatasan yang penulis miliki semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, 3 Desember 2025

Penulis,

Rayya Ruwa'im Nafie  
NPM.21081010119

## DAFTAR ISI

|                                              |          |
|----------------------------------------------|----------|
| LEMBAR PENGESAHAN.....                       | iii      |
| LEMBAR PERSETUJUAN .....                     | v        |
| SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....        | vii      |
| ABSTRAK.....                                 | ix       |
| ABSTRACT .....                               | xi       |
| KATA PENGANTAR.....                          | xiii     |
| DAFTAR ISI .....                             | xv       |
| DAFTAR GAMBAR .....                          | xxi      |
| DAFTAR TABEL.....                            | xxv      |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>               | <b>1</b> |
| 1.1. Latar Belakang.....                     | 1        |
| 1.2. Rumusan Masalah .....                   | 3        |
| 1.3. Tujuan Penelitian.....                  | 3        |
| 1.4. Manfaat Penelitian.....                 | 3        |
| 1.5. Batasan Masalah.....                    | 3        |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>          | <b>5</b> |
| 2.1 Penelitian Terdahulu .....               | 5        |
| 2.2 Investasi.....                           | 8        |
| 2.3 <i>Blockchain</i> .....                  | 8        |
| 2.4 <i>Cryptocurrency</i> .....              | 9        |
| 2.5 Bitcoin .....                            | 10       |
| 2.6 <i>Time series Forecasting</i> .....     | 10       |
| 2.7 <i>Hidden Markov Model</i> .....         | 10       |
| 2.7.1 <i>Transition Probability</i> .....    | 11       |
| 2.7.2 <i>Emission Probability</i> .....      | 11       |
| 2.7.3 <i>Initial State Probability</i> ..... | 12       |

|                                                     |           |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| 2.7.4 Algoritma <i>Baum Welch</i> .....             | 12        |
| 2.7.5 Algoritma Viterbi .....                       | 15        |
| 2.7.6 <i>Bayesian Information Criterion</i> .....   | 17        |
| 2.8 <i>Deep learning</i> .....                      | 17        |
| 2.9 <i>Recurrent Neural Network</i> .....           | 18        |
| 2.10 <i>Long-Short Term Memory</i> .....            | 20        |
| 2.10.1 Forget Gate .....                            | 21        |
| 2.10.2 <i>Input Gate</i> .....                      | 22        |
| 2.10.3 <i>Cell State</i> .....                      | 23        |
| 2.10.4 <i>Output Gate</i> .....                     | 24        |
| 2.10.5 <i>Dense layer</i> .....                     | 24        |
| 2.10.6 <i>Dropout Layer</i> .....                   | 25        |
| 2.11 Fungsi Aktivasi .....                          | 25        |
| 2.11.1 Fungsi Sigmoid .....                         | 26        |
| 2.11.2 Fungsi Tanh .....                            | 26        |
| 2.11.3 Fungsi ReLU .....                            | 26        |
| 2.12 <i>Min-Max Normalization</i> .....             | 27        |
| 2.13 <i>Adam Optimizer</i> .....                    | 28        |
| 2.14 Metrik Evaluasi .....                          | 28        |
| 2.14.1 <i>Mean Absolute Error</i> .....             | 28        |
| 2.14.2 <i>Mean Absolute Percentage Error</i> .....  | 29        |
| 2.14.3 <i>Root Mean Square Error</i> .....          | 29        |
| <b>BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM .....</b> | <b>31</b> |
| 3.1 Prosedur Penelitian .....                       | 31        |
| 3.2 Dataset .....                                   | 32        |
| 3.3 Preprocessing Data .....                        | 32        |

|                                                  |           |
|--------------------------------------------------|-----------|
| 3.3.1 <i>Cleaning Data</i> .....                 | 32        |
| 3.3.2 <i>Scaling data</i> .....                  | 33        |
| 3.3.3 <i>Split Data</i> .....                    | 34        |
| 3.3.4 <i>Create Train and Test Data</i> .....    | 34        |
| 3.3.5 <i>Reshape Data</i> .....                  | 35        |
| 3.4. Pelatihan Model HMM.....                    | 35        |
| 3.4.1 Pengaturan Variabel Input.....             | 36        |
| 3.4.2 Parameter Setting & Proses Pelatihan ..... | 36        |
| 3.4.3 Evaluasi Model.....                        | 41        |
| 3.4.4 Penyimpanan Model dan Hasil Training.....  | 41        |
| 3.5 Pelatihan Model LSTM.....                    | 42        |
| 3.5.1 Pengaturan Variable Input.....             | 42        |
| 3.5.2 Pengaturan Sequence.....                   | 42        |
| 3.5.3 Pengaturan Layer LSTM.....                 | 42        |
| 3.5.4 Proses Pelatihan.....                      | 44        |
| 3.5.5 Penyimpanan Model.....                     | 47        |
| 3.6. Evaluasi Model.....                         | 47        |
| 3.6.1 Prediksi.....                              | 47        |
| 3.6.2 Penghitungan Error .....                   | 48        |
| 3.6.3 Plot Hasil Prediksi.....                   | 49        |
| 3.7. Skenario Pengujian.....                     | 50        |
| 3.8. Evaluasi Hasil Prediksi.....                | 51        |
| 3.9 Pengembangan Website .....                   | 51        |
| <b>BAB IV HASIL dan PEMBAHASAN</b> .....         | <b>55</b> |
| 4.1 Dataset.....                                 | 55        |
| 4.2 Preprocessing Data.....                      | 57        |

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 4.2.1 <i>Cleaning Data</i> .....                | 57 |
| 4.2.2 <i>Scaling data</i> .....                 | 59 |
| 4.2.3 <i>Reshape Data</i> .....                 | 61 |
| 4.2.4 <i>Split Data</i> .....                   | 62 |
| 4.2.5 <i>Create Train &amp; Test Data</i> ..... | 63 |
| 4.3 HMM.....                                    | 64 |
| 4.3.1 Pengaturan Variabel Input.....            | 64 |
| 4.3.2 Parameter Setting .....                   | 65 |
| 4.3.3 Proses Pelatihan.....                     | 65 |
| 4.3.4 Evaluasi Model.....                       | 66 |
| 4.3.5 Penyimpanan Hasil Training.....           | 67 |
| 4.4 LSTM .....                                  | 68 |
| 4.4.1 Pengaturan Variabel Input.....            | 69 |
| 4.4.2 Pengaturan Sequence.....                  | 69 |
| 4.4.3 Pengaturan Layer LSTM.....                | 70 |
| 4.4.4 Proses Pelatihan.....                     | 71 |
| 4.4.5 Penyimpanan Model.....                    | 72 |
| 4.5 Evaluasi Model.....                         | 72 |
| 4.5.1 Prediksi.....                             | 72 |
| 4.5.2 Perhitungan Error .....                   | 73 |
| 4.5.3 Plot Hasil Prediksi.....                  | 74 |
| 4.6 Skenario Pengujian.....                     | 77 |
| 4.6.1 <i>Hidden State</i> .....                 | 77 |
| 4.6.2 LSTM Unit .....                           | 81 |
| 4.6.3 Layer LSTM.....                           | 91 |
| 4.6.4 Split Data.....                           | 99 |

|                       |                               |            |
|-----------------------|-------------------------------|------------|
| 4.6.5                 | Dropout .....                 | 108        |
| 4.6.6                 | Batch Size.....               | 117        |
| 4.7                   | Evaluasi Hasil Prediksi.....  | 126        |
| 4.7.1.                | Pengujian LSTM Baseline ..... | 128        |
| 4.7.2.                | Perbandingan Model .....      | 130        |
| 4.8                   | Pengembangan Website .....    | 132        |
| <b>BAB V</b>          | <b>PENUTUP.....</b>           | <b>135</b> |
| 5.1                   | Kesimpulan.....               | 135        |
| 5.2                   | Saran.....                    | 136        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> | <b>.....</b>                  | <b>137</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>       | <b>.....</b>                  | <b>140</b> |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Arsitektur RNN .....                            | 19 |
| Gambar 2.2 Perbedaan arsitektur antara RNN dan LSTM.....   | 20 |
| Gambar 2.3 <i>Forget Gate</i> .....                        | 21 |
| Gambar 2.4 <i>Input Gate</i> .....                         | 22 |
| Gambar 2.5 <i>Cell State</i> .....                         | 23 |
| Gambar 2.6 <i>Output Gate</i> .....                        | 24 |
| Gambar 3.1 Alur Penelitian.....                            | 31 |
| Gambar 3.2 Alur Pre-Processing Data .....                  | 32 |
| Gambar 3.3 Alur Pelatihan Model HMM .....                  | 35 |
| Gambar 3.4 Alur Pelatihan Model LSTM.....                  | 42 |
| Gambar 3.5 Arsitektur LSTM .....                           | 43 |
| Gambar 3.6 Contoh Plot Hasil Prediksi .....                | 50 |
| Gambar 3.7 Wireframe Dashboard Prediksi .....              | 52 |
| Gambar 4.1 Tren Harga Bitcoin.....                         | 56 |
| Gambar 4.2 Hasil Filtering Data .....                      | 59 |
| Gambar 4.3 Hasil <i>Scaling data</i> .....                 | 60 |
| Gambar 4.4 Hasil <i>Reshape Data</i> .....                 | 62 |
| Gambar 4.5 Hasil <i>Create Train &amp; Test Data</i> ..... | 64 |
| Gambar 4.6 Kalkulasi BIC 2 <i>State</i> .....              | 78 |
| Gambar 4.7 Visualisasi Grafik 2 <i>States</i> .....        | 78 |
| Gambar 4.8 Kalkulasi BIC 2 <i>State</i> .....              | 79 |
| Gambar 4.9 Visualisasi Grafik 3 <i>States</i> .....        | 79 |
| Gambar 4.10 Kalkulasi BIC 4 <i>State</i> .....             | 80 |
| Gambar 4.11 Visualisasi Grafik 4 <i>States</i> .....       | 80 |
| Gambar 4.12 Error Calculation 100 Unit Neuron .....        | 82 |
| Gambar 4.13 Grafik Fungsi Loss 100 Unit .....              | 83 |
| Gambar 4.14 Grafik Prediksi 100 Unit .....                 | 84 |
| Gambar 4.15 Error Calculation 150 Unit Neuron .....        | 85 |
| Gambar 4.16 Grafik Fungsi Loss 150 Unit .....              | 85 |
| Gambar 4.17 Grafik Prediksi 150 Unit .....                 | 86 |

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.18 Error Calculation 200 Unit Neuron .....                | 87  |
| Gambar 4.19 Grafik Fungsi Loss 200 Unit .....                      | 87  |
| Gambar 4.20 Grafik Prediksi 200 Unit .....                         | 88  |
| Gambar 4.21 Perbandingan Hasil Prediksi Pengujian Neuron.....      | 90  |
| Gambar 4.22 Error Calculation 2 Layer LSTM .....                   | 91  |
| Gambar 4.23 Grafik Fungsi Loss 2 Layer.....                        | 92  |
| Gambar 4.24 Grafik Prediksi 2 Layer .....                          | 93  |
| Gambar 4.25 Error Calculation 3 Layer LSTM .....                   | 94  |
| Gambar 4.26 Grafik Fungsi Loss 3 Layer.....                        | 94  |
| Gambar 4.27 Grafik Prediksi 3 Layer .....                          | 95  |
| Gambar 4.28 Error Calculation 4 Layer LSTM .....                   | 96  |
| Gambar 4.29 Grafik Fungsi Loss 4 Layer.....                        | 96  |
| Gambar 4.30 Grafik Prediksi 4 Layer .....                          | 97  |
| Gambar 4.31 Perbandingan Hasil Prediksi Pengujian Layer .....      | 99  |
| Gambar 4.32 Error Calculation Split Data 70:30 .....               | 100 |
| Gambar 4.33 Grafik Fungsi Loss Split Data 70:30.....               | 101 |
| Gambar 4.34 Grafik Prediksi 70:30 .....                            | 101 |
| Gambar 4.35 Error Calculation Split Data 80:20 .....               | 102 |
| Gambar 4.36 Grafik Fungsi Loss Split Data 80:20.....               | 103 |
| Gambar 4.37 Grafik Prediksi 80:20 .....                            | 104 |
| Gambar 4.38 Error Calculation Split Data 90:10 .....               | 105 |
| Gambar 4.39 Grafik Fungsi Loss Split Data 90:10 .....              | 105 |
| Gambar 4.40 Grafik Prediksi Split Data 90:10 .....                 | 106 |
| Gambar 4.41 Perbandingan Hasil Prediksi Pengujian Split Data ..... | 108 |
| Gambar 4.42 Error Calculation Dropout 0.....                       | 109 |
| Gambar 4.43 Grafik Fungsi Loss Dropout 0.....                      | 110 |
| Gambar 4.44 Grafik Prediksi Dropout 0 .....                        | 111 |
| Gambar 4.45 Error Calculation Dropout 0.1 .....                    | 112 |
| Gambar 4.46 Grafik Fungsi Loss Dropout 0.1 .....                   | 112 |
| Gambar 4.47 Grafik Prediksi Dropout 0.1 .....                      | 113 |
| Gambar 4.48 Error Calculation Dropout 0.2.....                     | 114 |
| Gambar 4.49 Grafik Fungsi Loss Dropout 0.2.....                    | 114 |

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.50 Grafik Prediksi Dropout 0.2 .....                      | 115 |
| Gambar 4.51 Perbandingan Hasil Prediksi Pengujian Dropout .....    | 117 |
| Gambar 4.52 Error Calculation Batch Size 16 .....                  | 118 |
| Gambar 4.53 Grafik Fungsi Loss Batch Size 16 .....                 | 119 |
| Gambar 4.54 Grafik Prediksi Batch Size 16 .....                    | 120 |
| Gambar 4.55 Error Calculation Batch Size 32 .....                  | 121 |
| Gambar 4.56 Grafik Fungsi Loss Batch Size 32 .....                 | 121 |
| Gambar 4.57 Grafik Prediksi Batch Size 32 .....                    | 122 |
| Gambar 4.58 Error Calculation Batch Size 64 .....                  | 123 |
| Gambar 4.59 Grafik Fungsi Loss Batch Size 64 .....                 | 123 |
| Gambar 4.60 Grafik Prediksi Batch Size 64 .....                    | 124 |
| Gambar 4.61 Perbandingan Hasil Prediksi Pengujian Batch Size ..... | 126 |
| Gambar 4.62 Hasil Evaluasi LSTM .....                              | 128 |
| Gambar 4.63 Plot Loss LSTM .....                                   | 129 |
| Gambar 4.64 Plot Prediksi LSTM .....                               | 129 |
| Gambar 4.65 Perbandingan Kedua Model .....                         | 131 |
| Gambar 4.66 Dashboard Website Prediksi Harga Bitcoin .....         | 132 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 3.1 Data Harga Historis BTC .....               | 32  |
| Tabel 3.2 Hasil <i>Cleaning Data</i> .....            | 33  |
| Tabel 3.3 Hasil <i>Scaling data</i> .....             | 33  |
| Tabel 3.4 Skenario Pembagian Data .....               | 34  |
| Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Seluruh Timestep.....     | 46  |
| Tabel 3.6 Variabel Perhitungan Metrik Evaluasi .....  | 48  |
| Tabel 3.7 Skenario Pelatihan.....                     | 50  |
| Tabel 4.1 Hasil Skenario Pengujian <i>State</i> ..... | 80  |
| Tabel 4.2 Hasil Skenario Pengujian Unit Neuron .....  | 89  |
| Tabel 4.3 Hasil Skenario Pengujian Layer .....        | 98  |
| Tabel 4.4 Hasil Skenario Pengujian Split Data .....   | 106 |
| Tabel 4.5 Hasil Skenario Pengujian Dropout .....      | 115 |
| Tabel 4.6 Hasil Skenario Pengujian Batch Size .....   | 124 |
| Tabel 4.7 Hasil Skenario Pengujian .....              | 127 |
| Tabel 4.8 Perbandingan Model .....                    | 130 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*