

# **IMPLEMENTASI MODEL CNN-LSTM UNTUK PREDIKSI NILAI TUKAR RUPIAH TERHADAP DOLAR AMERIKA SERIKAT**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**MICHAEL  
NIM. 221110659  
DYLAN REVELIN  
NIM. 221110096  
FRENZ LUIZ  
NIM. 221111135**



**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS INFORMATIKA  
UNIVERSITAS MIKROSKIL  
MEDAN  
2026**

# **IMPLEMENTATION OF THE CNN-LSTM MODEL TO PREDICT THE RUPIAH EXCHANGE RATE AGAINST THE UNITED STATES DOLLAR**

**UNDERGRADUATE THESIS**

**By:**

**MICHAEL  
ID NUMBER. 221110659  
DYLAN REVELIN  
ID NUMBER. 221110096  
FRENZ LUIZ  
ID NUMBER. 221111135**



**UNDERGRADUATE PROGRAM OF COMPUTER SCIENCE  
FACULTY OF INFORMATICS  
UNIVERSITAS MIKROSKIL  
MEDAN  
2026**

## LEMBARAN PENGESAHAN

# IMPLEMENTASI MODEL CNN-LSTM UNTUK PREDIKSI NILAI TUKAR RUPIAH TERHADAP DOLAR AMERIKA SERIKAT

## SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Persyaratan Guna  
Mendapatkan Gelar Sarjana  
Program Studi S-1 Teknik Informatika

Oleh:

**MICHAEL**  
**NIM. 221110659**  
**DYLAN REVELIN**  
**NIM. 221110096**  
**FRENZ LUIZ**  
**NIM. 221111135**

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I,



Andri, S.Kom., M.T.I.

Dosen Pembimbing II,



Apriyanto Halim, S.Kom., M.Kom.

Medan, 16 Juli 2026

Diketahui dan Disahkan Oleh:

Ketua Program Studi  
S-1 Teknik Informatika



Carles Julandy, S.Kom., M.Kom.

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Informatika Universitas Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Michael  
NIM : 221110659

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Skripsi dengan judul dan tempat penelitian sebagai berikut:

Judul Skripsi : Implementasi Model CNN-LSTM untuk Prediksi Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar Amerika Serikat

Tempat Penelitian : -

Alamat Tempat Penelitian : -

No. Telp. Tempat Penelitian : -

Sehubungan dengan Skripsi tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penelitian dan penulisan Skripsi tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Mikroskil Medan, yakni pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas Skripsi saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Universitas Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya, secara keseluruhan atau hanya sebagian atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Skripsi saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak/sistem informasi.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 1 Juli 2026

Saya yang membuat pernyataan,



Michael



## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Informatika Universitas Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Frenz Luiz

NIM : 221111135

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Skripsi dengan judul dan tempat penelitian sebagai berikut:

Judul Skripsi : Implementasi Model CNN-LSTM untuk Prediksi Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar Amerika Serikat

Tempat Penelitian : -

Alamat Tempat Penelitian : -

No. Telp. Tempat Penelitian : -

Schubungan dengan Skripsi tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penelitian dan penulisan Skripsi tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Mikroskil Medan, yakni pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas Skripsi saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Universitas Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya, secara keseluruhan atau hanya sebagian atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Skripsi saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak/sistem informasi.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 1 Juli 2026

Saya yang membuat pernyataan,



Frenz Luiz

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Informatika Universitas Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Dylan Revelin  
NIM : 221110096

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Skripsi dengan judul dan tempat penelitian sebagai berikut:

Judul Skripsi : Implementasi Model CNN-LSTM untuk Prediksi Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar Amerika Serikat

Tempat Penelitian : -  
Alamat Tempat Penelitian : -  
No. Telp. Tempat Penelitian : -

Sehubungan dengan Skripsi tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa penelitian dan penulisan Skripsi tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Mikroskil Medan, yakni pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas Skripsi saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Universitas Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya, secara keseluruhan atau hanya sebagian atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Skripsi saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak/sistem informasi.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 1 Juli 2026

Saya yang membuat pernyataan,

  
Dylan Revelin



# IMPLEMENTASI MODEL CNN-LSTM UNTUK PREDIKSI NILAI TUKAR RUPIAH TERHADAP DOLAR AMERIKA SERIKAT

## SKRIPSI

### Abstrak

Fluktuasi nilai tukar Rupiah terhadap Dolar AS (USD/IDR) memiliki pola pergerakan non-linear yang dinamis dan kompleks, sehingga menjadi tantangan tersendiri dalam pemodelan data time series. Penelitian ini bertujuan memprediksi USD/IDR untuk periode  $h+1$  menggunakan model Hybrid CNN-LSTM. Menggunakan data historis dari Investing.com dengan rentang 2016-2025, dilakukan perbandingan performa arsitektur LSTM murni dan CNN-LSTM berdasarkan penggunaan input berupa fitur internal (OHLC USD/IDR) murni serta kombinasinya dengan fitur eksternal (makroekonomi) yang meliputi harga penutupan WTI, Emas, dan IHSG. Prapemrosesan meliputi penggabungan dataset, penanganan nilai hilang menggunakan forward fill, pembagian data (70:15:15), normalisasi, dan pembentukan sliding window. Optimasi hyperparameter juga dilakukan melalui algoritma Bayesian Optimization pada masing-masing skenario. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model CNN-LSTM berbasis fitur internal menghasilkan performa terbaik (MAE = Rp51.61; RMSE = Rp69.33; MAPE = 0.32%), disusul oleh LSTM murni dengan fitur internal (MAE = Rp81.68; RMSE = Rp98.79; MAPE = 0.50%), CNN-LSTM dengan kombinasi fitur internal dan eksternal (MAE = Rp84.64; RMSE = Rp113.48; MAPE = 0.53%), dan LSTM dengan kombinasi fitur internal dan eksternal (MAE = Rp183.07; RMSE = Rp215.56; MAPE = 1.12%). Kesimpulannya, ekstraksi fitur lokal oleh CNN terbukti dapat meningkatkan kemampuan peramalan LSTM, sedangkan penambahan fitur eksternal (makroekonomi) justru memicu gangguan yang menurunkan kinerja model.

**Kata kunci:** Prediksi USD/IDR, Time Series, CNN-LSTM, Makroekonomi

### Abstract

The fluctuation of the Rupiah exchange rate against the US Dollar (USD/IDR) exhibits a dynamic and complex non-linear movement pattern, posing a distinct challenge in time series data modeling. This study aims to predict the USD/IDR for the  $h+1$  period using a Hybrid CNN-LSTM model. Utilizing historical data from Investing.com spanning 2016-2025, a performance comparison was conducted between pure LSTM and CNN-LSTM architectures based on the input of pure internal features (OHLC USD/IDR) and their combination with external (macroeconomic) features, which include the closing prices of WTI, Gold, and IHSG. Preprocessing involved dataset merging, handling missing values using forward fill, data splitting (70:15:15), normalization, and sliding window formation. Hyperparameter optimization was also performed using the Bayesian Optimization algorithm for each scenario. The test results indicated that the CNN-LSTM model based on internal features produced the best performance (MAE = Rp51.61; RMSE = Rp69.33; MAPE = 0.32%), followed by the pure LSTM with internal features (MAE = Rp81.68; RMSE = Rp98.79; MAPE = 0.50%), CNN-LSTM with combined internal and external features (MAE = Rp84.64; RMSE = Rp113.48; MAPE = 0.53%), and LSTM with combined internal and external features (MAE = Rp183.07; RMSE = Rp215.56; MAPE = 1.12%). In conclusion, local feature extraction by the CNN layer is proven to enhance the forecasting capability of LSTM, whereas the addition of external (macroeconomic) features triggers interference that degrades the model's performance.

**Keywords:** USD/IDR Prediction, Time Series, CNN-LSTM, Macroeconomics

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan Rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Implementasi Model CNN-LSTM untuk Prediksi Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar Amerika Serikat”** sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan strata satu teknik informatika di Universitas Mikroskil Medan.

Melalui kata pengantar ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membimbing, mendukung, dan mengarahkan dalam penulisan Tugas Akhir ini sehingga penulis dapat menyelesaikannya dengan baik dan tepat waktu.

Ucapan terima kasih penulis sebesar-besarnya disampaikan kepada:

1. Bapak Andri, S.Kom., M.T.I., selaku Dosen Pembimbing I.
2. Bapak Apriyanto Halim, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing II.
3. Bapak Hardy, S.Kom., M.Sc., Ph.D., selaku Rektor Universitas Mikroskil Medan.
4. Bapak Sunaryo Winardi, S.Kom., M.T., selaku Dekan Fakultas Informatika Universitas Mikroskil Medan.
5. Bapak Carles Juliandy, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Informatika Fakultas Informatika Universitas Mikroskil Medan.
6. Semua dosen dan staf dari Universitas Mikroskil Medan yang telah mendidik dan memberikan bimbingan kepada penulis selama berkuliah.
7. Orang tua dan keluarga penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak dalam menyempurnakan serta mengembangkan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap Tugas Akhir ini dapat menjadi hal yang berguna dan bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang membutuhkan.

Medan, 1 Juli 2026

Penulis,

Michael

Dylan Revelin

Frenz Luiz

# DAFTAR ISI

|                                                                   |            |
|-------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ABSTRAK.....</b>                                               | <b>i</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                                       | <b>ii</b>  |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                           | <b>iii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                        | <b>v</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                         | <b>vii</b> |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                                    | <b>1</b>   |
| 1.1 Latar Belakang.....                                           | 1          |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                                          | 3          |
| 1.3 Tujuan.....                                                   | 3          |
| 1.4 Manfaat.....                                                  | 4          |
| 1.5 Ruang Lingkup .....                                           | 4          |
| <b>BAB II KAJIAN LITERATUR.....</b>                               | <b>5</b>   |
| 2.1 Analisis Data Eksploratif.....                                | 5          |
| 2.1.1 Statistik Deskriptif.....                                   | 5          |
| 2.1.2 Visualisasi Runtun Waktu.....                               | 7          |
| 2.1.3 Analisis Korelasi dan Hubungan Antarvariabel.....           | 7          |
| 2.2 Prapemrosesan Data .....                                      | 8          |
| 2.2.1 Penanganan Data Hilang dan Imputasi .....                   | 9          |
| 2.2.2 <i>Min-Max Scaling</i> .....                                | 10         |
| 2.2.3 Transformasi <i>Sliding Window</i> .....                    | 11         |
| 2.3 Pembelajaran Mesin ( <i>Machine Learning</i> ).....           | 12         |
| 2.4 Peramalan Deret Waktu ( <i>Time Series Forecasting</i> )..... | 13         |
| 2.5 <i>Deep Learning</i> .....                                    | 14         |
| 2.5.1 <i>Dense Layer</i> .....                                    | 15         |
| 2.5.2 <i>Forward Propagation</i> .....                            | 16         |
| 2.5.3 <i>Backpropagation</i> .....                                | 17         |
| 2.6 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> .....               | 18         |
| 2.7 <i>Long Short-Term Memory (LSTM)</i> .....                    | 19         |
| 2.8 <i>Hybrid CNN-LSTM</i> .....                                  | 20         |
| 2.9 Metrik Evaluasi.....                                          | 22         |
| 2.10 Uang.....                                                    | 23         |
| 2.11 Nilai Tukar ( <i>Exchange Rate</i> ).....                    | 24         |

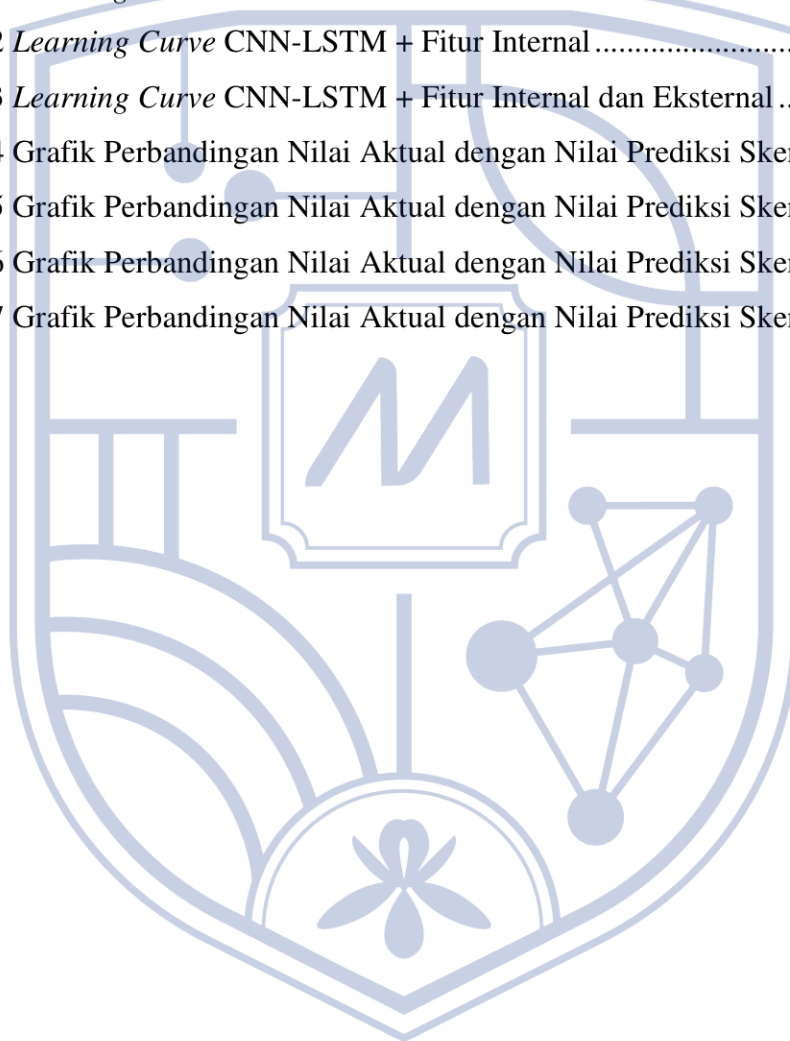


|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.11.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Nilai Tukar .....                      | 24        |
| 2.11.2 Hubungan Harga Minyak Mentah (WTI) terhadap Nilai Tukar .....          | 25        |
| 2.11.3 Hubungan Harga Emas Dunia terhadap Nilai Tukar .....                   | 26        |
| 2.11.4 Hubungan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) terhadap Nilai Tukar ..... | 27        |
| <b>BAB III TAHAPAN PELAKSANAAN .....</b>                                      | <b>29</b> |
| 3.1 Kerangka Tahapan Pelaksanaan .....                                        | 29        |
| 3.2 Analisis .....                                                            | 30        |
| 3.2.1 Analisis Proses .....                                                   | 30        |
| 3.2.2 Analisis Kebutuhan Fungsional .....                                     | 54        |
| 3.2.3 Analisis Kebutuhan Non-Fungsional .....                                 | 58        |
| 3.3 Perancangan .....                                                         | 59        |
| 3.3.1 Perancangan Tampilan Aplikasi .....                                     | 59        |
| 3.3.2 Perancangan Basis Data .....                                            | 64        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                      | <b>66</b> |
| 4.1 Hasil .....                                                               | 66        |
| 4.2 Pembahasan .....                                                          | 71        |
| 4.2.1 <i>Dataset</i> .....                                                    | 71        |
| 4.2.2 Hasil <i>Hyperparameter Tuning</i> .....                                | 73        |
| 4.2.3 Hasil <i>Training Model</i> .....                                       | 74        |
| 4.2.4 Hasil Pengujian Model .....                                             | 79        |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>                                                    | <b>83</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                                                          | 83        |
| 5.2 Saran .....                                                               | 83        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                                   | <b>84</b> |
| <b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....</b>                                             | <b>90</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Ilustrasi identifikasi celah data pada <i>dataset</i> multivariat dan mekanisme pengisian nilai menggunakan metode <i>Forward Fill</i> [30] .....                                     | 9  |
| Gambar 2.2 Distribusi rata-rata skor R2 pada berbagai model regresi yang menunjukkan stabilitas dan konsistensi performa hasil akurasi saat menggunakan metode <i>Min-Max Scaling</i> [33] ..... | 10 |
| Gambar 2.3 Implementasi Teknik <i>Sliding Window</i> [35] .....                                                                                                                                  | 11 |
| Gambar 2.4 Visualisasi Peramalan Deret Waktu [22] .....                                                                                                                                          | 13 |
| Gambar 2.5 Arsitektur <i>CNN 1D</i> [45] .....                                                                                                                                                   | 18 |
| Gambar 2.6 Arsitektur LSTM [48] .....                                                                                                                                                            | 19 |
| Gambar 2.7 Arsitektur <i>Hybrid CNN-LSTM</i> [49] .....                                                                                                                                          | 21 |
| Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Analisis Proses .....                                                                                                                                                | 30 |
| Gambar 3.2 Visualisasi Grafik <i>Close</i> USD/IDR .....                                                                                                                                         | 32 |
| Gambar 3.3 Visualisasi Grafik <i>Close</i> Minyak WTI .....                                                                                                                                      | 32 |
| Gambar 3.4 Visualisasi Grafik <i>Close</i> Emas .....                                                                                                                                            | 33 |
| Gambar 3.5 Visualisasi Grafik <i>Close</i> IHSG .....                                                                                                                                            | 33 |
| Gambar 3.6 <i>Heatmap</i> Korelasi Hubungan Antarvariabel .....                                                                                                                                  | 34 |
| Gambar 3.7 <i>Flowchart</i> Tahapan <i>Preprocessing</i> Data .....                                                                                                                              | 35 |
| Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> Tahapan Normalisasi Data .....                                                                                                                                       | 39 |
| Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> Training Model .....                                                                                                                                                 | 42 |
| Gambar 3.10 Proses <i>Forward Propagation</i> .....                                                                                                                                              | 44 |
| Gambar 3.11 <i>Use Case Diagram</i> Sistem Prediksi Nilai Tukar .....                                                                                                                            | 54 |
| Gambar 3.12 Rancangan Halaman <i>Login</i> .....                                                                                                                                                 | 60 |
| Gambar 3.13 Rancangan Sidebar .....                                                                                                                                                              | 61 |
| Gambar 3.14 Rancangan Halaman Melihat Evaluasi Model .....                                                                                                                                       | 62 |
| Gambar 3.15 Rancangan Halaman Simulasi Prediksi .....                                                                                                                                            | 63 |
| Gambar 3.16 Rancangan Halaman Riwayat Prediksi .....                                                                                                                                             | 64 |
| Gambar 3.17 Rancangan <i>Entity Relationship Diagram</i> .....                                                                                                                                   | 65 |
| Gambar 4.1 Tampilan Halaman <i>Login</i> .....                                                                                                                                                   | 66 |
| Gambar 4.2 Tampilan Halaman Evaluasi Model Bagian Pemilihan Rentang Tanggal .....                                                                                                                | 67 |
| Gambar 4.3 Tampilan Halaman Evaluasi Model Bagian Data Sebelum dan Sesudah Normalisasi .....                                                                                                     | 67 |
| Gambar 4.4 Tampilan Halaman Evaluasi Model Bagian Grafik Aktual dan Prediksi .....                                                                                                               | 68 |

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.5 Tampilan Halaman Evaluasi Model Bagian Tabel Perbandingan Aktual dan Prediksi ..... | 68 |
| Gambar 4.6 Tampilan Halaman Simulasi Prediksi Bagian Upload Data .....                         | 69 |
| Gambar 4.7 Tampilan Halaman Simulasi Prediksi Bagian Hasil Prediksi.....                       | 70 |
| Gambar 4.8 Tampilan Halaman Riwayat Prediksi .....                                             | 70 |
| Gambar 4.9 <i>Dataset</i> Hasil Merging dan Cleaning .....                                     | 72 |
| Gambar 4.10 <i>Learning Curve</i> LSTM + Fitur Internal.....                                   | 75 |
| Gambar 4.11 <i>Learning Curve</i> LSTM + Fitur Internal dan Eksternal.....                     | 76 |
| Gambar 4.12 <i>Learning Curve</i> CNN-LSTM + Fitur Internal .....                              | 77 |
| Gambar 4.13 <i>Learning Curve</i> CNN-LSTM + Fitur Internal dan Eksternal .....                | 78 |
| Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Nilai Aktual dengan Nilai Prediksi Skenario 1 .....            | 80 |
| Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Nilai Aktual dengan Nilai Prediksi Skenario 2 .....            | 80 |
| Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Nilai Aktual dengan Nilai Prediksi Skenario 3 .....            | 81 |
| Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Nilai Aktual dengan Nilai Prediksi Skenario 4 .....            | 81 |





## DAFTAR TABEL

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 3.1 Statistik Deskriptif Data .....                                      | 31 |
| Tabel 3.2 Hasil <i>Merging Dataset</i> .....                                   | 35 |
| Tabel 3.3 Hasil <i>Sorting Ascending</i> .....                                 | 36 |
| Tabel 3.4 <i>Dataset</i> sebelum <i>forward filling</i> .....                  | 37 |
| Tabel 3.5 <i>Dataset</i> setelah <i>forward filling</i> .....                  | 37 |
| Tabel 3.6 <i>Dataset</i> Setelah Penghapusan Baris Kosong .....                | 38 |
| Tabel 3.7 Data Sebelum Dinormalisasi .....                                     | 40 |
| Tabel 3.8 Data Hasil Normalisasi .....                                         | 41 |
| Tabel 3.9 Ilustrasi Pembentukan <i>Sliding Window</i> .....                    | 42 |
| Tabel 3.10 Arsitektur Model .....                                              | 43 |
| Tabel 3.11 Konfigurasi Pelatihan Model .....                                   | 43 |
| Tabel 3.12 <i>Weight</i> dan Bias Neuron LSTM .....                            | 47 |
| Tabel 3.11 Contoh data aktual dan hasil prediksi .....                         | 52 |
| Tabel 3.14 <i>Use Case Login</i> .....                                         | 55 |
| Tabel 3.15 <i>Use Case</i> Melihat Evaluasi Model .....                        | 56 |
| Tabel 3.16 <i>Use Case</i> Melakukan Prediksi dengan Data Simulasi .....       | 57 |
| Tabel 3.17 <i>Use Case</i> Melihat Riwayat Prediksi .....                      | 58 |
| Tabel 3.18 Analisis Kebutuhan Non Fungsional .....                             | 59 |
| Tabel 3.19 Tabel <i>users</i> .....                                            | 65 |
| Tabel 4.1 Jumlah Data Hasil <i>Splitting</i> .....                             | 72 |
| Tabel 4.2 Dimensi Fitur Prediktor dan Target Hasil <i>Sliding Window</i> ..... | 73 |
| Tabel 4.3 Hasil <i>Hyperparameter Tuning</i> untuk Semua Skenario .....        | 74 |
| Tabel 4.4 Hasil Pengujian Model pada Semua Skenario .....                      | 79 |