

PERAMALAN NILAI TUKAR RUPIAH TERHADAP DOLAR AS DENGAN MODEL ENSEMBLE DARI ARIMA, RNN DAN LSTM

WINDY AYU PRATIWI



**PROGRAM STUDI MAGISTER STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “ Peramalan Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dolar AS Dengan Model *Ensemble* Dari ARIMA, RNN dan LSTM” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, September 2025

Windy Ayu Pratiwi
G1501231029



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

WINDY AYU PRATIWI. Peramalan Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar AS dengan Model *Ensemble* dari ARIMA, RNN dan LSTM. Dibimbing oleh I MADE SUMERTAJAYA dan KHAIRIL ANWAR NOTODIPUTRO

Perkembangan penelitian dalam bidang analisis statistika telah mendorong lahirnya berbagai metode prediktif yang lebih adaptif dan akurat, khususnya dalam menangani data deret waktu yang kompleks. Perkembangan ini tidak hanya mencakup metode statistika konvensional, tetapi juga integrasi dengan pendekatan berbasis *deep learning*. Salah satu pendekatan yang berkembang pesat dan banyak dibahas akhir-akhir ini adalah pengombinasian beberapa model tunggal, di antaranya *ensemble stacking* dan *ensemble averaging*.

Bentuk pengombinasian model yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mengintegrasikan model ARIMA, LSTM, dan RNN ke dalam kerangka kerja *ensemble*. Ketiga model tersebut dipilih karena memiliki karakteristik yang saling melengkapi dalam menangani data deret waktu. ARIMA unggul dalam memodelkan pola linier dan stasioner, sedangkan LSTM dan RNN mampu menangkap hubungan nonlinier serta ketergantungan jangka panjang. Melalui pendekatan *ensemble stacking* dan *ensemble averaging*, keluaran dari masing-masing model tunggal digabungkan untuk membentuk prediksi akhir yang lebih akurat dan *robust*. Kombinasi ini diharapkan dapat mengoptimalkan keunggulan setiap metode sekaligus meminimalkan kelemahannya, sehingga menghasilkan kinerja prediktif yang lebih baik dibandingkan penggunaan model tunggal.

Data dalam penelitian ini dibangkitkan dengan empat data berbeda, yaitu data tak stasioner, data musiman, data volatilitas, dan data dengan interaksi $y_t = y_{t-1} * y_{t-2}$. Seluruh data dibangkitkan dengan menggunakan AR(1) sebagai dasar, dengan pengulangan sebanyak 10 kali pada masing-masing data. Ukuran data yang digunakan terdiri atas dua jenis, yaitu 500 untuk mewakili sampel berukuran sedang dan 1000 untuk mewakili sampel berukuran besar. Bangkitan simulasi merupakan penggabungan dua karakteristik utama deret waktu, yaitu hubungan sistematis dan unsur acak

Hasil analisis simulasi menunjukkan bahwa model *ensemble stacking* memberikan kinerja terbaik pada seluruh skenario data, yaitu tak stasioner, musiman, volatilitas, dan interaksi. Untuk memastikan keunggulan model, dilakukan pengujian hipotesis dengan uji ANOVA. Hasil uji ANOVA memperlihatkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antar-model. Oleh karena itu, dilanjutkan dengan uji Tukey HSD untuk mengidentifikasi model yang tidak berbeda nyata pada setiap ukuran data, berdasarkan tiga metrik evaluasi, yaitu RMSE, MSE, dan MAPE. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model *stacking*, ARIMA, dan *averaging* secara konsisten termasuk dalam kelompok model yang tidak berbeda nyata pada hampir semua data bangkitan, sehingga dapat disimpulkan bahwa ketiganya memiliki kinerja yang stabil.

Perbandingan kinerja antara model *ensemble averaging* dan *ensemble stacking* pada data empiris diawali dengan tahap pra-pemrosesan. Data yang diperoleh dari situs web merupakan data harian yang kemudian dikonversi menjadi data mingguan dengan mengambil nilai tertinggi dari kurs jual setiap

minggu. Selanjutnya, dilakukan pengujian kestasioneran untuk memastikan karakteristik statistik dari data yang telah dikonversi.

Hasil analisis menunjukkan bahwa model *ensemble stacking* menghasilkan kinerja terbaik berdasarkan tiga metrik evaluasi, yaitu RMSE, MSE, dan MAPE. Keunggulan ini juga terlihat pada hasil peramalan periode mendatang, di mana model *ensemble stacking* mampu menangkap pola volatilitas yang sebelumnya ditangkap oleh ARIMA, serta pola tren yang ditangkap oleh RNN dan LSTM. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa model *ensemble stacking* merupakan pendekatan terbaik dalam meramalkan nilai tukar Rupiah terhadap Dolar Amerika Serikat pada data empiris.

Kata Kunci: *ensemble stacking* , *ensemble averaging*, nilai tukar rupiah

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

SUMMARY

WINDY AYU PRATIWI. Forecasting the Rupiah Exchange Rate Against the US Dollar Using Ensemble Models of ARIMA, RNN, and LSTM. Supervised by I MADE SUMERTAJAYA and KHAIRIL ANWAR NOTODIPUTRO.

The development of research in the field of statistical analysis has driven the emergence of various predictive methods that are more adaptive and accurate, particularly in handling complex time series data. This progress not only encompasses conventional statistical methods but also the integration of approaches based on deep learning. One approach that has been rapidly growing and widely discussed in recent years is the combination of several single models, including ensemble stacking and ensemble averaging.

The model combination employed in this study integrates ARIMA, LSTM, and RNN into an ensemble framework. These three models were selected because they complement one another in handling time series data. ARIMA excels in modeling linear and stationary patterns, while LSTM and RNN are capable of capturing nonlinear relationships and long-term dependencies. Through ensemble stacking and ensemble averaging, the outputs of each single model are combined to form a final prediction that is more accurate and robust. This combination is expected to optimize the strengths of each method while minimizing their weaknesses, thereby producing better predictive performance compared to using single models.

The data in this study were generated with four different characteristics: non-stationary data, seasonal data, volatility data, and interaction data ($y_t = y_{t-1} * y_{t-2}$). All data were generated using AR (1) as the basis, with ten replications for each type of data. The data sizes consisted of two types, namely 500 to represent medium samples and 1000 to represent large samples. In the simulation, two main characteristics of time series were combined, namely systematic relationships and random components.

The simulation analysis results show that the ensemble stacking model delivered the best performance across all data scenarios: non-stationary, seasonal, volatility, and interaction. To ensure the superiority of the model, hypothesis testing was carried out using ANOVA. The ANOVA results indicated significant differences among the models. Therefore, a Tukey HSD test was conducted to identify models that did not significantly differ for each data size, based on three evaluation metrics: RMSE, MSE, and MAPE. The results showed that stacking, ARIMA, and averaging consistently belonged to the group of models that were not significantly different in nearly all simulated datasets, leading to the conclusion that these three exhibited stable performance.

The comparison of performance between ensemble averaging and ensemble stacking models on empirical data began with a preprocessing stage. The data obtained from the website consisted of daily observations, which were then converted into weekly data by taking the highest selling exchange rate for each week. Subsequently, stationarity testing was performed to ensure the statistical characteristics of the converted data.

The analysis results indicate that the ensemble stacking model achieved the best performance based on three evaluation metrics: RMSE, MSE, and MAPE.

This superiority was also evident in the forecasting of future periods, where the ensemble stacking model was able to capture volatility patterns previously detected by ARIMA as well as trend patterns captured by RNN and LSTM. Based on these findings, it can be concluded that the ensemble stacking model is the most effective approach for forecasting the Indonesian Rupiah to US Dollar exchange rate in empirical data.

Keywords: ensemble stacking, ensemble averaging, rupiah exchange rate

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERAMALAN NILAI TUKAR RUPIAH TERHADAP DOLAR AS DENGAN MODEL *ENSEMBLE* DARI ARIMA, RNN DAN LSTM

WINDY AYU PRATIWI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Statistika dan Sains Data

**PROGRAM STUDI MAGISTER STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
Dr. Yenni Angraini S.Si., M.Si.





Judul Tesis : Peramalan Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar AS dengan
Model *Ensemble* dari ARIMA, RNN dan LSTM
Nama : Windy Ayu Pratiwi
NIM : G1501231029

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. I Made Sumertajaya, M.Si



Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Khairil Anwar Notodiputro, M.S.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Agus Mohamad Soleh, S.Si., M.T
NIP. 19750315 199903 1 004
Dekan Sekolah Sains Data, Matematika, dan Informatika
Prof. Dr. Ir. Agus Buono, M.Si., M.Kom.
NIP. 19660702 199302 1 001



Tanggal Ujian:
03 September 2025

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Mei 2024 sampai bulan September 2025 ialah data deret waktu, dengan judul “Peramalan Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar AS dengan Model *Ensemble* dari ARIMA, RNN dan LSTM”. Karya ilmiah ini penulis susun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Magister Sains pada Program Studi Statistika dan Sains Data. Penulisan Karya ilmiah ini dapat terselesaikan tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan berbagai pihak sehingga penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. I Made Sumertajaya, M.Si dan Prof. Dr. Ir Khairil Anwar Notodiputro, M.S. selaku komisi pembimbing yang senantiasa bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, masukan, dukungan, dan arahan kepada penulis;
2. Ibu Dr. Yenni Angraini, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji luar yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan karya ilmiah ini;
3. Seluruh dosen pengajar beserta Seluruh staf terutama staf tata usaha Program Studi Statistika dan sains data atas ilmu, bantuan, dan kerjasamanya selama perkuliahan.
4. Bapak Ali Gopri Harahap dan Ibu Suheryanti yang selalu memberikan dukungan dan selalu melimpahkan doa dan kasih sayangnya kepada penulis.
5. Rekan-rekan mahasiswa Pascasarjana Program Studi Statistika dan Sains Data angkatan 2023 yang telah memberikan semangat dan bantuan serta semua pihak yang telah banyak membantu dan tak sempat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan karya ilmiah ini masih banyak kekurangan. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, September 2025

Windy Ayu Pratiwi



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pertanyaan Penelitian	3
1.3 Tujuan	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Deret Waktu Non-Linear	4
2.2 Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)	4
2.3 <i>Recurrent Neural Network</i> (RNN)	5
2.4 <i>Long-Short Term Memory</i> (LSTM)	5
2.5 <i>Walk Forward Validation</i>	7
2.6 <i>Model Ensemble</i>	8
2.7 Ukuran Keakuratan Ramalan	9
III METODE	10
3.1 Pemodelan dan Penggabungan Prediksi (<i>Ensemble</i>)	10
3.2 Data Penelitian	10
3.3 Prosedur Analisis Data	13
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Simulasi	20
4.2 Data Empiris (Pra-pemrosesan dan Eksplorasi data)	46
4.3 Pemisahan Data Empiris	47
4.4 Kestasioneran data	48
4.5 Model SARIMA	48
4.6 Model RNN	54
4.7 <i>Ensemble Averaging</i>	57
4.8 <i>Ensemble Stacking</i>	58
4.9 Evaluasi Keseluruhan Model	59
4.10 Peramalan Periode Mendatang Model <i>ensemble</i>	60
V KESIMPULAN	65
5.1 Simpulan	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	69
RIWAYAT HIDUP	75



DAFTAR TABEL

1	Sepuluh data pertama data nilai tukar rupiah terhadap Dolar AS	12
2	Tabel ANOVA terhadap RMSE data tak stasioner	21
3	Uji Tukey RMSE ukuran 1000 data tak stasioner	22
4	Uji Tukey RMSE ukuran data 500 data tak stasioner	23
5	Tabel ANOVA terhadap MAPE data tak stasioner	24
6	Tabel Tukey MAPE ukuran 1000 data tak stasioner	25
7	Uji Tukey MAPE ukuran data 500 data tak stasioner	26
8	Evaluasi model berdasarkan RMSE dan MAPE pada data tak stasioner	27
9	Tabel ANOVA terhadap RMSE data musiman	28
10	Uji Tukey RMSE ukuran data 1000 data musiman	29
11	Uji Tukey RMSE ukuran data 500 data musiman	30
12	Tabel ANOVA terhadap MAPE data musiman	31
13	Tabel Tukey MAPE ukuran data 1000 data musiman	31
14	Uji Tukey MAPE ukuran data 500 data musiman	32
15	Evaluasi model berdasarkan RMSE dan MAPE pada data musiman	34
16	Tabel ANOVA terhadap RMSE data volatilitas tinggi	35
17	Tabel Tukey RMSE ukuran data 1000 data volatilitas tinggi	35
18	Uji Tukey RMSE ukuran data 500 data volatilitas tinggi	37
19	Tabel ANOVA terhadap MAPE data volatilitas	38
20	Uji Tukey MAPE ukuran data 1000 data volatilitas	38
21	Uji Tukey MAPE ukuran data 500 data volatilitas	39
22	Evaluasi model RMSE dan MAPE pada data volatilitas tinggi	40
23	Tabel ANOVA terhadap RMSE data interaksi	41
24	Uji Tukey RMSE ukuran data 1000 data interaksi	42
25	Uji Tukey RMSE data 500 interaksi $yt = yt - 1 * yt - 2$	43
26	Tabel ANOVA terhadap MAPE data interaksi	44
27	Evaluasi model RMSE dan MAPE pada data interkasi	45
28	Hasil data simulasi ukuran data 1000 dan 500 seluruh data	45
29	Evaluasi model ARIMA berdasarkan AIC, BIC dan, HQIC	49
30	Estimasi parameter model SARIMA	50
31	Evaluasi kinerja <i>sliding window</i> dan <i>ekspanding window</i>	51
32	Evaluasi model ARIMA pada data latih, validasi, dan uji	52
33	<i>Hyperparameter</i> model LSTM	53
34	<i>Hyperparameter</i> terbaik setiap skenario pergeseran jendela	53
35	Evaluasi model LSTM pada data latih, validasi, dan uji	54
36	<i>Hyperparameter</i> model RNN	55
37	<i>Hyperparameter</i> terbaik setiap skenario pergeseran jendela RNN	55
38	Evaluasi model RNN pada data latih, validasi, dan uji	56
39	Rata-rata bobot model dalam <i>ensemble averaging</i>	57
40	Evaluasi kinerja model tunggal dan <i>ensemble</i> pada data uji	59
41	Hasil peralaman menggunakan model <i>ensemble averaging</i> .	61
42	Hasil peralaman menggunakan model <i>ensemble stacking</i> terbaik.	62
43	Perbandingan data aktual dan hasil peramalan model terbaik	63

DAFTAR GAMBAR

1	Struktur sederhana RNN	5
2	Arsitektur LSTM	6
3	Ilustrasi <i>sliding window</i> (a) dan <i>expanding window</i> (b)	7
4	Ilustrasi <i>walk forward validation</i> data latih	14
5	Ilustrasi (a) <i>expanding</i> dan (b) <i>sliding window</i> tanpa data uji	15
6	<i>Flowchat</i> untuk bangkitan data dan analisis data simulasi	18
7	<i>Flowchat</i> untuk analisis data empiris	19
8	Plot deret waktu empat data skenario (a) 1000 dan (b) 500	20
9	Kinerja model tak stasioner dengan ukuran data (a) 500 dan (b) 1000.	21
10	Visualisasi uji Tukey RMSE ukuran data 1000 tak stasioner	23
11	Visualisasi uji Tukey RMSE Pada ukuran 500 tak stasioner	24
12	Visualisasi Uji Tukey dengan MAPE ukuran 1000 tak stasioner	25
13	Uji Tukey dengan MAPE ukuran 500 tak stasioner	27
14	Kinerja model data musiman ukuran (a) 500 dan (b) 1000	28
15	Visualisasi Uji Tukey dengan RMSE ukuran 1000 musiman	29
16	Uji Tukey dengan RMSE ukuran 500 data musiman	30
17	Visualisasi Uji Tukey dengan MAPE ukuran 1000 musiman	32
18	Visualisasi uji Tukey MAPE ukuran 500 data musiman	33
19	Kinerja model volatilitas tinggi ukuran (a) 500. dan (b) 1000 data	34
20	Uji Tukey dengan RMSE ukuran 1000 data volatilitas tinggi	36
21	Hasil uji Tukey berdasarkan RMSE ukuran 500 data volatilitas	37
22	Visualisasi Uji Tukey MAPE ukuran 1000 data volatilitas tinggi	39
23	Visualisasi Uji Tukey MAPE ukuran 500 data volatilitas tinggi	40
24	Kinerja model interaksi ukuran (a) 500 dan (b) 1000 data	41
25	Uji Tukey RMSE ukuran 1000 data interaksi	43
26	Visualisasi uji Tukey RMSE ukuran data 500 data interaksi	44
27	Plot data kurs jual nilai tukar rupiah terhadap Dolar AS	46
28	Plot dekomposisi data nilai tukar rupiah terhadap Dolar AS	47
29	Plot pembagian data latih dan data uji	47
30	Plot (a) ACF dan (b) PACF sebelum <i>differencing</i>	48
31	Plot <i>time series</i> plot data <i>differencing</i> pertama	48
32	Plot (a) ACF dan (b) PACF dengan <i>differencing</i> pertama	49
33	Visualisasi diagnostik residual: (a) plot residual, (b) histogram residual dengan kurva normal, (c) Q-Q plot residual.	50
34	Prediksi model SARIMA (1,1,0)(2,1,1) ⁵² untuk data uji	52
35	Grafik hasil validasi model LSTM pada data uji	54
36	Grafik hasil validasi model RNN pada data uji	56
37	Grafik hasil validasi model <i>ensemble averaging</i> pada data uji	58
38	Grafik hasil validasi model <i>ensemble stacking</i> pada data uji	59
39	Grafik <i>averaging</i> (a) data latih-forecasting, (b) data uji-forecasting	60
40	Grafik <i>stacking</i> data latih-forecasting (a) data uji-forecasting (b)	61
41	Perbandingan data aktual dan hasil peramalan <i>ensemble stacking</i>	63

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR LAMPIRAN

1	Plot prediksi model ARIMA pada pendekatan <i>sliding window</i> jendela validasi 1, 2, dan 3	70
2	Plot prediksi model ARIMA pada pendekatan <i>expanding window</i> jendela validasi 1, 2, dan 3	71
3	Hasil prediksi model ARIMA untuk 53 periode ke depan	72
4	Hasil Prediksi model LSTM untuk 53 periode ke depan	73
5	Hasil Prediksi model RNN untuk 53 periode ke depan	74

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.