

PERBANDINGAN METODE GARCH, LSTM, GRU, DAN CNN PADA PERAMALAN VOLATILITAS KURS DAN HARGA MINYAK SAWIT

ADELINE VINDA SEPTIANI



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

BOGOR
2025

@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 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 “Perbandingan Metode GARCH, LSTM, GRU, dan CNN pada Peramalan Volatilitas Kurs dan Harga Minyak Sawit” 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, April 2025

Adeline Vinda Septiani
G1501221016



RINGKASAN

ADELINE VINDA SEPTIANI. Perbandingan Metode GARCH, LSTM, GRU, dan CNN pada Peramalan Volatilitas Kurs dan Harga Minyak Sawit. Dibimbing oleh FARIT MOCHAMAD AFENDI dan ANANG KURNIA.

Volatilitas kurs mata uang dan harga minyak kelapa sawit (CPO) merupakan faktor penting dalam analisis ekonomi dan keuangan, terutama bagi pelaku pasar, investor, dan pembuat kebijakan. Fluktuasi harga yang tinggi dapat menyebabkan ketidakpastian, yang berimplikasi pada keputusan perdagangan, investasi, serta kebijakan ekonomi. Oleh karena itu, pengembangan model prediksi volatilitas yang akurat menjadi suatu kebutuhan untuk memahami dinamika pasar secara lebih baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan beberapa metode prediksi volatilitas, yaitu GARCH, LSTM, GRU, dan CNN, dalam memodelkan volatilitas kurs dan harga CPO. Pemilihan metode terbaik didasarkan pada dua kriteria utama: nilai dugaan *Root Mean Square Error* (RMSE) yang paling kecil sebagai indikator akurasi prediksi, serta persentase data aktual yang berada dalam selang kepercayaan yang paling mendekati 95%, yang mencerminkan konsistensi dan keandalan model dalam memprediksi volatilitas.

Untuk mencapai tujuan ini, penelitian dilakukan dengan serangkaian tahapan analisis. Pertama, dilakukan pemilihan *hyperparameter* terbaik untuk masing-masing metode guna memastikan performa optimal. Selanjutnya, model yang telah dioptimasi diterapkan pada data volatilitas kurs dan harga CPO yang telah dibagi menjadi data *training* dan *testing*. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan nilai dugaan RMSE dan tingkat keakuratan prediksi dalam selang kepercayaan, guna menentukan metode yang paling unggul dalam setiap kategori volatilitas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode terbaik untuk memprediksi volatilitas kurs adalah GRU, dengan dugaan RMSE pada data *testing* sebesar 0,0000256 dan persentase data aktual dalam selang kepercayaan sebesar 78,52%. Model ini memiliki keseimbangan antara akurasi prediksi dan konsistensi, sehingga lebih unggul dibandingkan metode lainnya. Keunggulan utama GRU terletak pada efisiensinya dalam menangkap pola ketergantungan jangka pendek tanpa mengalami masalah *vanishing gradient* yang sering terjadi pada model RNN standar. Dengan dua gerbang utama (*update gate* dan *reset gate*), GRU dapat memproses informasi secara lebih sederhana dibandingkan LSTM, menjadikannya lebih cepat dalam proses pelatihan dan lebih hemat sumber daya komputasi. Selain itu, dibandingkan dengan model GARCH, GRU lebih mampu menangkap pola *non-linear* yang kompleks dalam volatilitas kurs, yang sering dipengaruhi oleh berbagai faktor pasar global yang dinamis.

Untuk volatilitas harga CPO, LSTM terbukti menjadi metode terbaik. Model ini memiliki dugaan RMSE paling kecil pada data *testing* sebesar 0,00253 dan persentase data aktual dalam selang kepercayaan sebesar 78,96%. Model LSTM juga memiliki keseimbangan antara akurasi dan keandalan dibandingkan metode lainnya. Dengan arsitektur tiga gerbang utama (*input*, *forget*, dan *output gate*), LSTM lebih unggul dalam menangkap pola fluktuasi jangka panjang dan hubungan kompleks dalam volatilitas harga CPO, yang cenderung memiliki pola musiman serta dipengaruhi oleh faktor fundamental dalam jangka waktu lebih panjang.



Metode CNN dalam penelitian ini menunjukkan performa yang jauh lebih buruk dibandingkan metode lainnya, baik dalam prediksi volatilitas kurs maupun harga CPO. Hasil ini menunjukkan bahwa model CNN tidak mampu menangkap pola volatilitas secara efektif. Hal ini disebabkan oleh karakteristik CNN yang lebih cocok untuk data spasial, seperti citra, dan kurang optimal dalam menangani dependensi temporal dalam data deret waktu. Berdasarkan hasil peramalan untuk 30 hari ke depan, volatilitas kurs dan harga CPO diprediksi akan lebih stabil dibandingkan beberapa lonjakan ekstrem yang terjadi pada periode sebelumnya.

Kata kunci: CNN, GARCH, GRU, LSTM, volatilitas

- 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.

SUMMARY

ADELINE VINDA SEPTIANI. Comparison of GARCH, LSTM, GRU, and CNN Methods for Forecasting Exchange Rate Volatility and Crude Palm Oil Price. Supervised by FARIT MOCHAMAD AFENDI and ANANG KURNIA..

The volatility of exchange rates and Crude Palm Oil (CPO) prices is a crucial factor in economic and financial analysis, particularly for market participants, investors, and policymakers. High price fluctuations can lead to uncertainty, impacting trade decisions, investments, and economic policies. Therefore, developing an accurate volatility prediction model is essential for gaining a better understanding of market dynamics.

This study aims to evaluate and compare several volatility prediction methods, namely is GARCH, LSTM, GRU, and CNN, modeling exchange rate and CPO price volatility. The selection of the best method is based on two main criteria: the lowest estimated Root Mean Square Error (RMSE) as an indicator of prediction accuracy and the percentage of actual data within the confidence interval closest to 95%, which reflects the model's consistency and reliability in predicting volatility.

To achieve this objective, the study follows a series of analytical steps. First, the optimal hyperparameters for each method are selected to ensure optimal performance. Next, the optimized models are applied to exchange rate and CPO price volatility data, which are divided into training and testing datasets. The evaluation is conducted by comparing the estimated RMSE values and the accuracy of predictions within the confidence interval to determine the most effective method in each volatility category.

The results indicate that the best method for predicting exchange rate volatility is GRU, with an estimated RMSE of 0.0000256 on the testing data and 78.52% of actual data within the confidence interval. This model achieves a balance between prediction accuracy and consistency, making it superior to other methods. The main advantage of GRU lies in its efficiency in capturing short-term dependencies without experiencing the vanishing gradient problem commonly found in standard RNN models. With two main gates (the update gate and the reset gate), GRU processes information more simply than LSTM, making it faster in training and more computationally efficient. Additionally, compared to the GARCH model, GRU is better at capturing complex nonlinear patterns in exchange rate volatility, which is often influenced by various dynamic global market factors.

For CPO price volatility, LSTM has proven to be the best method. This model has the lowest estimated RMSE on testing data at 0.00253 and the highest percentage of actual data within the confidence interval at 78.96%. LSTM also demonstrates a balance between accuracy and reliability compared to other methods. With an architecture consisting of three main gates (input, forget, and output gates), LSTM excels at capturing long-term fluctuation patterns and complex relationships in CPO price volatility, which tends to exhibit seasonal patterns and is influenced by fundamental factors over longer time frames.

In this study, CNN performed significantly worse than the other methods in predicting both exchange rate and CPO price volatility. These results indicate that the CNN model is ineffective in capturing volatility patterns. This is due to CNN's characteristics, which are better suited for spatial data, such as images, and less

optimal for handling temporal dependencies in time-series data. Based on the 30-day forecasting results, exchange rate and CPO price volatility are predicted to be more stable compared to some of the extreme spikes observed in previous periods.

Keywords: CNN, GARCH, GRU, LSTM, volatility

@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 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.





PERBANDINGAN METODE GARCH, LSTM, GRU, DAN CNN PADA PERAMALAN VOLATILITAS KURS DAN HARGA MINYAK SAWIT

ADELINE VINDA SEPTIANI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister 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

IPB University

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tesis :
Dr. Yenni Angraini, S.Si., M.Si.

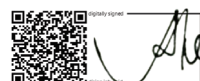


- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan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

Judul Tesis : Perbandingan Metode GARCH, LSTM, GRU, dan CNN pada
Peramalan Volatilitas Kurs dan Harga Minyak Sawit
Nama : Adeline Vinda Septiani
NIM : G1501221016

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Farit Mochamad Afendi, S.Si., M.Si



Pembimbing 2:
Prof. Dr. Anang Kurnia, S.Si., M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Agus Mohamad Soleh, S.Si., M.T.
NIP. 197503151999031004



Dekan Sekolah Sains Data, Matematika, dan Informatika :
Prof. Dr. Ir. Agus Buono, M.Si., M.Kom
NIP. 196607021993021001



Tanggal Ujian:
18 Maret 2025

Tanggal Lulus:



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 ialah peramalan *time series*, dengan judul “Perbandingan Metode GARCH, LSTM, GRU, dan CNN pada Peramalan Volatilitas Kurs dan Harga Minyak Sawit”. Tesis ini penulis susun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Statistika dan Sains Data.

Selama proses penyusunan tesis ini, penulis mendapatkan bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak sehingga tesis ini dapat terselesaikan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Farit Mochamad Afendi, S.Si., M.Si. dan Bapak Prof. Dr. Anang Kurnia, S.Si., M.Si. selaku komisi pembimbing tesis yang senantiasa bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, dukungan, masukan, saran, dan arahan yang sangat berarti bagi penulis dalam penyusunan tesis ini.
2. Seluruh dosen pengajar Departemen Statistika IPB University atas ilmu yang telah diberikan.
3. Keluarga penulis, Papa, Mama, Adek, Mbah tercinta yang selalu mendoakan, mendukung, dan memotivasi setiap langkah penulis.
4. Seluruh Staf Tata Usaha Departemen Statistika IPB University yang membantu dalam segala proses administrasi.
5. Teman-teman mahasiswa Pascasarjana Program Studi Statistika dan Sains Data angkatan 2022 atas dukungan, semangat, dan kerjasama yang diberikan kepada penulis.

Semoga tesis ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, April 2025

Adeline Vinda Septiani



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR	ii
DAFTAR LAMPIRAN	iii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Return</i>	4
2.2 <i>Autoregressive Conditional Heteroskedasticity-Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH-GARCH)</i>	4
2.3 <i>Long Short Term Memory (LSTM)</i>	4
2.4 <i>Gated Recurrent Unit (GRU)</i>	5
2.5 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	6
2.6 Ukuran Keباikan Model	7
III METODE	9
3.1 Data	9
3.2 Perangkat Lunak dan Alat Analisis	9
3.3 Tahapan Analisis	9
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Eksplorasi Data	13
4.2 Pengujian Efek Heteroskedastisitas	16
4.3 Pemodelan GARCH	17
4.4 Pra-pemrosesan <i>Deep Learning</i>	19
4.5 Pemodelan LSTM	20
4.6 Pemodelan GRU	23
4.7 Pemodelan CNN	25
4.8 Evaluasi Performa Model	29
4.9 Peramalan Data Volatilitas Kurs Berdasarkan Metode Terbaik	37
V SIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Simpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	44
RIWAYAT HIDUP	53

DAFTAR TABEL

1	Pembagian Data Kurs Menggunakan <i>Sliding Window Cross-Validation</i>	10
2	<i>Hyperparameter Model LSTM</i>	11
3	<i>Hyperparameter Model GRU</i>	11
4	<i>Hyperparameter Model CNN</i>	11
5	Hasil ARCH-LM Test	16
6	Hasil Dugaan RMSE Model GARCH untuk Volatilitas Kurs	17
7	Hasil Dugaan RMSE Model GARCH untuk Volatilitas Harga CPO	17
8	Hasil Dugaan Parameter Model GARCH (1,1) untuk Kurs	18
9	Hasil Dugaan Parameter Model GARCH (1,1) untuk Harga CPO	19
10	Hasil Dugaan RMSE Kombinasi <i>Hyperparameter Model LSTM</i> untuk Kurs	21
11	Hasil Dugaan RMSE Kombinasi <i>Hyperparameter Model LSTM</i> untuk Harga CPO	22
12	Hasil Dugaan RMSE Kombinasi <i>Hyperparameter Model GRU</i> untuk Kurs	24
13	Hasil Dugaan RMSE Kombinasi <i>Hyperparameter Model GRU</i> untuk Kurs	25
14	Hasil Dugaan RMSE Kombinasi <i>Hyperparameter Model CNN</i> untuk Kurs	27
15	Hasil Dugaan RMSE Kombinasi <i>Hyperparameter Model CNN</i> untuk CPO	29
16	Penentuan Metode Terbaik pada Volatilitas Kurs dengan Dugaan RMSE	30
17	Penentuan Metode Terbaik pada Volatilitas Kurs dengan Persentase Data Aktual dalam Selang Kepercayaan	30
18	Persentase Data Aktual di Luar Selang Kepercayaan pada Volatilitas Kurs	30
19	Penentuan Metode Terbaik pada Volatilitas Harga CPO dengan Dugaan RMSE	34
20	Penentuan Metode Terbaik pada Volatilitas Harga CPO <i>Testing</i> dengan Persentase Data Aktual dalam Selang Kepercayaan	34
21	Persentase Data Aktual di Luar Selang Kepercayaan pada Volatilitas Harga CPO	34

DAFTAR GAMBAR

1	Struktur LSTM (Olah 2015)	5
2	Struktur GRU (Gao <i>et al.</i> 2020)	6
3	Ilustrasi Cara Kerja CNN (Zafar <i>et al.</i> 2018)	7
4	Diagram Alir Tahapan Analisis Data	12
5	Plot nilai kurs harian pada periode bulan Januari 2015-Maret 2024	13
6	Plot harga CPO harian pada periode bulan Januari 2015-Maret 2024	14

7	Volatilitas nilai kurs harian pada periode bulan Januari 2015-Maret 2024	15
8	Volatilitas harga CPO harian pada periode bulan Januari 2015-Maret 2024	15
9	PACF Volatilitas Kurs dan Harga CPO	20
10	Perbandingan Kinerja Data <i>Training</i> Kurs	32
11	Perbandingan Kinerja Data <i>Testing</i> Kurs	33
12	Selang Kepercayaan Data <i>Training</i> Kurs	33
13	Selang Kepercayaan Data <i>Testing</i> Kurs	33
14	Perbandingan Kinerja Data <i>Training</i> Volatilitas Harga CPO	36
15	Perbandingan Kinerja Data <i>Testing</i> Volatilitas Harga CPO	36
16	Selang Kepercayaan Data <i>Training</i> Harga CPO	37
17	Selang Kepercayaan Data <i>Testing</i> Harga CPO	37
18	Peramalan Volatilitas Kurs	38
19	Peramalan Volatilitas Harga CPO	38

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data <i>Return</i> Kurs Dollar dan CPO yang Digunakan	45
2	Dugaan RMSE Model GARCH untuk Kurs <i>Training</i>	46
3	Dugaan RMSE Model GARCH untuk Kurs <i>Testing</i>	46
4	Dugaan RMSE Model GARCH untuk Harga CPO <i>Training</i>	46
5	Dugaan RMSE Model GARCH untuk Harga CPO <i>Testing</i>	46
6	Dugaan RMSE Kombinasi <i>Hyperparameter</i> Model LSTM untuk Kurs <i>Training</i>	47
7	Dugaan RMSE Kombinasi <i>Hyperparameter</i> Model LSTM untuk Kurs <i>Testing</i>	47
8	Dugaan RMSE Kombinasi <i>Hyperparameter</i> Model LSTM untuk Harga CPO <i>Training</i>	48
9	Dugaan RMSE Kombinasi <i>Hyperparameter</i> Model LSTM untuk Harga CPO <i>Testing</i>	48
10	Dugaan RMSE Kombinasi <i>Hyperparameter</i> Model GRU untuk Kurs <i>Training</i>	49
11	Dugaan RMSE Kombinasi <i>Hyperparameter</i> Model GRU untuk Kurs <i>Testing</i>	49
12	Dugaan RMSE Kombinasi <i>Hyperparameter</i> Model GRU untuk Harga CPO <i>Training</i>	50
13	Dugaan RMSE Kombinasi <i>Hyperparameter</i> Model GRU untuk Harga CPO <i>Testing</i>	50
14	Dugaan RMSE Kombinasi <i>Hyperparameter</i> Model CNN untuk Kurs <i>Training</i>	51
15	Dugaan RMSE Kombinasi <i>Hyperparameter</i> Model GRU untuk Kurs <i>Testing</i>	51
16	Dugaan RMSE Kombinasi <i>Hyperparameter</i> Model CNN untuk Harga CPO <i>Training</i>	52
17	Dugaan RMSE Kombinasi <i>Hyperparameter</i> Model CNN untuk Harga CPO <i>Testing</i>	52



@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.