

PERBANDINGAN PERFORMA MODEL LSTM DAN GRU PADA DATA DERET WAKTU MULTIVARIAT DALAM PERAMALAN INDEKS HARGA SAHAM GABUNGAN

RAFLI RADITHYA



**PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
IPB UNIVERSITY
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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI LAPORAN AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan akhir dengan judul “Perbandingan Performa Model LSTM dan GRU pada Data Deret Waktu Multivariat dalam Peramalan Indeks Harga Saham Gabungan” 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 laporan akhir ini.

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

Bogor, Desember 2025

Rafli Radithya
G1401211044



ABSTRAK

RAFLI RADITHYA. Perbandingan Performa Model LSTM dan GRU pada Data Deret Waktu Multivariat dalam Peramalan Indeks Harga Saham Gabungan. Dibimbing oleh KUSMAN SADIK dan GERRY ALFA DITO

Penelitian ini membandingkan kinerja dua arsitektur deep learning, yaitu *long short-term memory* (LSTM) dan *gated recurrent unit* (GRU), dalam melakukan peramalan multivariat *multi-step* terhadap Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) menggunakan pendekatan *multi-input multi-output* (MIMO). Data historis periode 1 Juli 2000 hingga 8 Mei 2025, yang terdiri atas nilai IHSG dan 12 peubah eksternal, digunakan untuk memprediksi pergerakan IHSG pada horizon satu hingga lima hari. Validasi dilakukan menggunakan skema *expanding window*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua model menghasilkan akurasi prediksi yang baik, namun model GRU terbaik secara konsisten memberikan kinerja lebih unggul pada semua horizon. Model GRU terbaik mencapai nilai rata-rata MAPE 4,28% dan RMSE sebesar 235,42. Pada horizon prediksi satu hingga lima hari, nilai MAPE masing-masing adalah 10,715%, 5,885%, 1,748%, 1,847%, dan 1,216%. Sementara itu, nilai RMSE untuk horizon prediksi hari pertama hingga kelima berturut-turut adalah 467,309; 327,159; 125,928; 143,453; dan 113,265. Maka, model terbaik GRU dipilih sebagai model terbaik. Analisis *permutation feature importance* mengidentifikasi bahwa nilai IHSG satu hingga tiga hari sebelumnya merupakan peubah paling dominan, mencerminkan auto korelasi kuat pada deret waktu IHSG. Peubah lain yang berpengaruh signifikan adalah indeks saham kawasan Asia Tenggara dan harga emas.

Kata kunci: GRU, IHSG, LSTM, *multivariate time series*, *multi-step forecasting*

ABSTRACT

RAFLI RADITHYA. THE COMPARISON OF LSTM AND GRU MODEL PERFORMANCE ON MULTIVARIATE DATA IN FORECASTING OF JAKARTA STOCK EXCHANGE INDEKS. Supervised by KUSMAN SADIK and GERRY ALFA DITO.

This study compares the forecasting performance of two deep learning architectures—long short-term memory (LSTM) and gated recurrent unit (GRU)—for multivariate, multi-step prediction of the Jakarta Stock Exchange (JKSE) index using the multi-input multi-output (MIMO) approach. Historical data from 31 July 2000 to 8 May 2025, consisting of the JKSE index and twelve external predictors, were used to generate 1–5 day ahead forecasts. Model evaluation was conducted using an expanding-window validation strategy. The results indicate that both LSTM and GRU best models achieve strong predictive accuracy, with the GRU consistently outperforming LSTM across all forecasting horizons. The best GRU model achieved an average MAPE of 4.28% and an RMSE of 235.4229. For one-to five-day forecasting horizons, the MAPE values were 10,715%, 5,885%, 1,748%, 1,847%, and 1,216%, respectively. The corresponding RMSE values were 467,309; 327,159; 125,928; 143,453; and 113,265. Based on these results, making it the optimal model for this study. Permutation feature importance analysis reveals that the current JKSE value and its lags up to three days are the most influential predictors, reflecting strong autocorrelation patterns in the data. Southeast Asian stock indices and gold prices also contribute substantially to the model's predictive performance.

Keywords: GRU, JKSE, LSTM, multivariate time series, multi-step forecasting



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.

PERBANDINGAN PERFORMA MODEL LSTM DAN GRU PADA DATA DERET WAKTU MULTIVARIAT DALAM PERAMALAN INDEKS HARGA SAHAM GABUNGAN

RAFLI RADITHYA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Statistika dan Sains Data.

**PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
IPB UNIVERSITY
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 Skripsi:
Dr. Utami Dyah Syafitri, S.Si., M.Si.



Judul Skripsi : Perbandingan Performa Model LSTM dan GRU pada Data Deret Waktu Multivariat dalam Peramalan Indeks Harga Saham Gabungan

Nama : Rafli Raditya
NIM : G1401211044

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Kusman Sadik, S.Si., M.Si.



Pembimbing 2:
Gerry Alfa Dito, S.Si., M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Bagus Sartono, S.Si., M.Si.
NIP 19780411 200501 1002



Tanggal Ujian:
5 November 2025

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 Februari 2025 sampai bulan Agustus 2025 ini ialah *deep learning*, dengan judul “Perbandingan Performa Model LSTM dan GRU pada Data Deret Waktu Multivariat dalam Peramalan Indeks Harga Saham Gabungan”. Penulisan karya ilmiah ini tidak luput atas bantuan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga karya ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik. Maka dari itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Kusman Sadik, S.Si., M.Si. dan Bapak Gerry Alfa Dito, S.Si., M.Si. selaku komisi pembimbing yang telah memberikan arahan, saran, waktu, ilmu, dan motivasi selama penulisan karya ilmiah ini.
2. Almarhum Bapak Teguh Sumaryanto selaku papah dari penulis, Ibu Suciati Intantyas Sari selaku mamah dari penulis, Fasya Fidelya Shafira selaku adik dari penulis, Mbah Sumiati selaku nenek dari penulis, Almarhum Mbah Suwito Wahono selaku kakek dari penulis, beserta keluarga besar penulis lainnya yang telah memberikan dukungan restu, doa, kasih sayang, hingga finansial selama penulis melakukan proses menyelesaikan studinya di Program Studi Statistika dan Sains Data, IPB University.
3. Ibu Cici Suhaeni S.Si., M.Si., Ph.D selaku moderator kolokium dan Ibu Pika Silvianti S.Si., M.Si selaku moderator seminar hasil yang telah memberikan arahan dan saran dalam pengerjaan karya ilmiah ini.
4. Ibu Dr. Utami Dyah Syafitri, S.Si., M.Si selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan saran dalam rangka perbaikan karya ilmiah ini.
5. Rheyhan Fahri, Doni Oktavianto, Ubaidilah Al-Hakim, Rafi Akbar Wibawa, Farik Firsetiyadi Haristiyanto, dan teman-teman Statistika Angkatan 58 yang telah menyertai serta menemani langkah penulis selama proses perkuliahan hingga penyelesaian studi.

Penulis menyadari masih adanya kekurangan dalam karya ilmiah ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan untuk meningkatkan kualitas penulisan laporan berikutnya. Semoga tulisan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Desember 2025

Rafli Radithya



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG)	3
2.2 <i>Long Short-Term Memory</i> (LSTM)	4
2.3 <i>Gated Recurrent Unit</i> (GRU)	6
2.4 Analisis Data Deret Waktu Multivariat	7
2.5 Peramalan <i>Multi-Step ahead</i> dengan <i>Multi-Input Multi-Output</i> (MIMO)	8
2.6 Optimasi Tuning <i>Hyperparameter</i> dengan Pustaka Optuna	8
2.7 Algoritma Optimasi <i>Adaptive Moment Estimation</i> (ADAM)	10
2.8 Pembagian Data <i>Expanding Window</i>	10
2.9 Metrik Evaluasi	11
2.10 Peubah Penting	12
III METODE	14
3.1 Data	14
3.2 Prosedur Analisis	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Pra proses Data	17
4.2 Eksplorasi Data	18
4.3 Pembuatan Skenario <i>Expanding Window</i>	19
4.4 Deskripsi Proses Penyesuaian Bentuk Data MIMO	20
4.5 Inisiasi Arsitektur dan Penetapan <i>Hyperparameter</i> Model	22
4.6 Evaluasi Model LSTM pada <i>Expanding Window</i>	24
4.7 Evaluasi Model GRU pada <i>Expanding Window</i>	25
4.8 Pemodelan LSTM	26
4.9 Pemodelan GRU	27
4.10 Perbandingan Performa Model LSTM dan GRU	28
4.10.1 Perbandingan Berdasarkan Prediksi Keseluruhan	28
4.10.2 Perbandingan Performa pada Prediksi per Horizon dan per <i>Fold</i>	29
4.11 Peramalan dengan Model Terbaik	31
4.12 Peubah Penting	32
V SIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Simpulan	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	40

DAFTAR TABEL

1	Tabel 1 Kriteria nilai MAPE	11
2	Tabel 2 Daftar peubah yang digunakan	14
3	Tabel 3 Kombinasi hyperparameter setiap model	16
4	Tabel 4 Tanggal pembagian data latih dan data uji	20
5	Tabel 5 Ruang kandidat kombinasi <i>hyperparameter</i> model LSTM dan GRU	23
6	Tabel 6 Kombinasi <i>hyperparameter</i> model LSTM terbaik	25
7	Tabel 7 Kombinasi <i>hyperparameter</i> model GRU terbaik	25
8	Tabel 8 Evaluasi prediksi model LSTM terbaik selama lima hari ke depan	27
9	Tabel 9 Evaluasi prediksi selama lima hari ke depan	28
10	Tabel 10 Metrik evaluasi model dengan kombinasi <i>hyperparameter</i> terbaik	29
11	Tabel 11 Hasil peramalan selama lima hari ke depan	32

DAFTAR GAMBAR

1	Gambar 1 Arsitektur model LSTM (dimodifikasi dari Tian <i>et al.</i> 2021)	4
2	Gambar 2 Arsitektur model GRU (dimodifikasi dari Bibi <i>et al.</i> 2024)	6
3	Gambar 3 Skenario prediksi <i>multivariat input – univariat output</i>	7
4	Gambar 4 Skenario prediksi <i>multivariat input – multivariat output</i>	8
5	Gambar 5 Ilustrasi <i>expanding window</i> sebanyak lima <i>fold</i>	11
6	Gambar 6 Skenario pembagian data <i>expanding window</i>	15
7	Gambar 7 Perbandingan peubah IHSG sebelum (a) dan setelah diinterpolasi (b)	17
8	Gambar 8 Perbandingan peubah SSE sebelum (a) dan setelah diinterpolasi (b)	18
9	Gambar 9 Plot deret waktu peubah IHSG	18
10	Gambar 10 Plot deret waktu peubah indeks saham beberapa negara regional Asia, seperti Indeks Saham Singapura (a), Indeks Saham Malaysia (b), Indeks Saham Thailand (c), dan Indeks Saham Korea Selatan (d)	19
11	Gambar 11 Skenario pembagian data dengan <i>expanding window</i> sebanyak lima <i>fold</i> pada peubah IHSG	20
12	Gambar 12 Ilustrasi skema MIMO dengan <i>timesteps in 2</i> dan <i>timesteps out 2</i>	21
13	Gambar 13 Ilustrasi penyesuaian format data <i>array</i> untuk data <i>input</i>	22
14	Gambar 14 Ilustrasi penyesuaian format data <i>array</i> untuk data <i>output</i>	22



15	Gambar 15 Arsitektur model LSTM dan GRU (dimodifikasi dari Garg <i>et al.</i> 2023)	23
16	Gambar 16 Pemodelan LSTM terhadap keseluruhan data uji lima <i>fold</i> pada horizon hari pertama (a), hari kedua (b), hari ketiga (c), hari keempat (d), dan hari kelima (e)	26
17	Gambar 17 Pemodelan GRU untuk keseluruhan data uji IHSG lima <i>fold</i> pada horizon hari pertama (a), hari kedua (b), hari ketiga (c), hari keempat (d), dan hari kelima (e)	27
18	Gambar 18 Plot perbandingan metrik evaluasi MAPE (a) dan RMSE (b) pada model LSTM dan GRU per hari	29
19	Gambar 19 Plot rata-rata evaluasi MAPE (a) dan RMSE (b) prediksi selama lima hari ke depan per <i>fold</i>	30
20	Gambar 20 Peramalan lima hari ke depan dengan model GRU terbaik	32
21	Gambar 21 Urutan 10 peubah penting dengan metode <i>permutation importance</i>	33

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
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	Lampiran 1 Hasil interpolasi linear untuk setiap peubah	41
2	Lampiran 2 Pembagian data dengan <i>expanding window</i> pada setiap peubah	43
3	Lampiran 3 Daftar evaluasi setiap kombinasi <i>hyperparameter</i> model LSTM pada pustaka Optuna yang telah diurutkan berdasarkan rata-rata RMSE	48
4	Lampiran 4 Riwayat optimisasi fungsi objektif RMSE setiap kombinasi <i>hyperparameter</i> model LSTM dengan pustaka Optuna	49
5	Lampiran 5 Daftar evaluasi setiap kombinasi <i>hyperparameter</i> model GRU pada pustaka Optuna yang telah diurutkan berdasarkan rata-rata RMSE	50
6	Lampiran 6 Riwayat optimisasi fungsi objektif RMSE setiap kombinasi <i>hyperparameter</i> model GRU dengan Pustaka Optuna	51
7	Lampiran 7 Nilai MAPE prediksi model terbaik LSTM per hari di setiap <i>fold</i>	52
8	Lampiran 8 Nilai RMSE prediksi model terbaik LSTM per hari di setiap <i>fold</i>	52
9	Lampiran 9 Nilai MAPE prediksi model terbaik GRU per hari di setiap <i>fold</i>	52
10	Lampiran 10 Nilai RMSE prediksi model terbaik GRU per hari di setiap <i>fold</i>	53
11	Lampiran 11 Skor peubah penting yang diukur berdasarkan perubahan RMSE relatif	53
12	Lampiran 12 Kode program yang digunakan	55