

PERBANDINGAN PERFORMA METODE *MULTIPLE-INPUT MULTIPLE-OUTPUT* LSTM DAN GRU UNTUK PERAMALAN HARGA DAGING SAPI DI PULAU JAWA

APRILIA PERMATA PUTRI



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

@Hak cipta milik IPB University

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 SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Perbandingan Performa Metode *Multiple-Input Multiple-Output* LSTM dan GRU untuk Peramalan Harga Daging Sapi di Pulau Jawa” 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 skripsi ini.

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

Bogor, Januari 2025

Aprilia Permata Putri
NIM G1401201002



ABSTRAK

APRILIA PERMATA PUTRI. Perbandingan Performa Metode *Multiple-Input Multiple-Output* LSTM dan GRU untuk Peramalan Harga Daging Sapi di Pulau Jawa. Dibimbing oleh AKBAR RIZKI dan KUSMAN SADIK.

Metode *deep learning* semakin populer karena kemampuannya dalam menangani pola data yang kompleks melalui penggunaan *multiple layer* dalam algoritmanya. *Deep learning* juga dapat diterapkan pada data multivariat menggunakan pendekatan *Multiple-Input Multiple-Output* (MIMO). MIMO dirancang agar model menerima beberapa input dan menghasilkan beberapa *output* secara bersamaan. Permasalahannya adalah harga daging sapi memiliki karakteristik yang berfluktuasi, nonstasioner, dan nonlinear. Sebagai upaya mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini menggunakan metode MIMO LSTM dan MIMO GRU. Metode ini mampu mempertahankan informasi jangka panjang guna meningkatkan akurasi peramalan. Peramalan dilakukan untuk membantu pemerintah dan masyarakat dalam mengantisipasi perubahan harga daging sapi. Penelitian ini menggunakan data harga daging sapi mingguan mulai dari periode minggu pertama Januari 2019 hingga minggu pertama April 2024. Metode MIMO LSTM dan GRU menggunakan input dan *output* berupa harga daging sapi di 6 provinsi di Pulau Jawa. Metode MIMO GRU terbukti lebih efektif dalam meramalkan harga daging sapi di Pulau Jawa dibandingkan dengan metode MIMO LSTM karena memiliki performa model lebih baik. Model MIMO GRU terbaik adalah model dengan *time steps* 1, kombinasi *hyperparameter epoch* 100, *batch size* 64, dan *learning rate* 0,001. Model tersebut menghasilkan performa nilai RMSE sebesar 2987,46 dan MAPE sebesar 1,82% yang masuk dalam kategori model sangat baik untuk prediksi.

Kata kunci: harga daging sapi, MIMO GRU, MIMO LSTM, peramalan.

ABSTRACT

APRILIA PERMATA PUTRI. Comparison of Performance between Multiple-Input Multiple-Output LSTM and GRU Methods for Forecasting Beef Prices in Java Island. Supervised by AKBAR RIZKI and KUSMAN SADIK.

Deep learning methods are gaining popularity due to their ability to handle complex data patterns through multiple layers in their algorithms. Deep learning can also be applied to multivariate data using the Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) approach. MIMO is designed so that the model accepts multiple inputs and produces multiple outputs simultaneously. The challenge is that beef prices have fluctuating characteristics, are nonstationary, and nonlinear. To address these challenge, this study employs the MIMO LSTM and MIMO GRU methods. Which are capable of retaining long-term information to improve forecasting accuracy. The forecasts aim to assist the government and public in anticipating changes in beef prices. This study uses weekly beef price data starting from the first week of January 2019 to the first week of April 2024. Both the MIMO LSTM and GRU methods use inputs and outputs comprising beef prices from 6 provinces in Java Island. The MIMO GRU model outperforms MIMO LSTM in predicting prices due to better model performance. The best MIMO GRU model uses a time step of 1, a hyperparameter combination of epoch 100, batch size 64, and learning rate of 0,001. The model produces an RMSE value of 2987,46 and MAPE of 1,82%, placing it in the category of an excellent predictive model.

Keywords: beef price, forecasting, MIMO GRU, MIMO LSTM.



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 PERFORMA METODE *MULTIPLE-INPUT
MULTIPLE-OUTPUT* LSTM DAN GRU UNTUK PERAMALAN
HARGA DAGING SAPI DI PULAU JAWA**

APRILIA PERMATA PUTRI

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

**PROGRAM STUDI 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.

Judul Skripsi : Perbandingan Performa Metode *Multiple-Input Multiple-Output* LSTM dan GRU untuk Peramalan Harga Daging Sapi di Pulau Jawa

Nama : Aprilia Permata Putri
NIM : G1401201002

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Akbar Rizki, S.Stat., M.Si.

Pembimbing 2:
Dr. Kusman Sadik, S.Si., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Bagus Sartono, S.Si., M.Si.
NIP 197804112005011002

Tanggal Ujian:
18 Desember 2024

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga karya ilmiah dengan judul “Perbandingan Performa Metode *Multiple-Input Multiple-Output* LSTM dan GRU untuk Peramalan Harga Daging Sapi di Pulau Jawa” ini berhasil diselesaikan. Selama proses penulisan karya ilmiah ini, penulis banyak sekali mendapatkan doa, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Ibu Akbar Rizki, S.Stat., M.Si. dan Bapak Dr. Kusman Sadik, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, saran, waktu, dan motivasi kepada penulis selama penulisan karya ilmiah ini.
2. Bapak Ir. Mohammad Masjkur, M.S selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan terhadap karya ilmiah ini.
3. Bapak Y. Fadjar Radyanto dan Ibu Rosalia Astuti Indrawati selaku orang tua, Novian Kresna Putra selaku adik, dan keluarga penulis yang selalu memberikan doa terbaik, dukungan, dan kasih sayang kepada penulis.
4. Seluruh dosen, tenaga pendidik, dan staf Departemen Statistika dan Sains Data yang telah memberikan ilmu yang berharga dan bermanfaat, serta menyediakan fasilitas bagi penulis hingga dapat menempuh gelar sarjana di IPB University.
5. Sahabat-sahabat penulis, Ervina, Nana, Nabila, Duwi, Angel, Irsyad, Nabil, Akmal, Ireno, Alam, Nachnoer, Rosy, Ainaini, Raffael, Annisa, Citra, dan Aulia yang senantiasa membantu, menemani, dan mendukung penulis dalam masa penyusunan karya ilmiah ini.
6. Teman-teman Statistika angkatan 57 dan seluruh pihak terkait yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang senantiasa mendukung dan kebersamai penulis dalam penyusunan karya ilmiah ini.

Penulis berharap karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Januari 2025

Aprilia Permata Putri



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 <i>Long Short-Term Memory (LSTM)</i>	3
2.2 <i>Gated Recurrent Unit (GRU)</i>	5
2.3 <i>Strategi Multiple-Input Multiple-Output (MIMO)</i>	7
2.4 <i>Hyperparameter LSTM dan GRU</i>	8
2.5 <i>Time Series K-Fold Cross Validation</i>	8
2.6 Evaluasi Model	9
III METODE	11
3.1 Data	11
3.2 Tahapan Analisis Data	11
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Praproses Data	14
4.2 Eksplorasi Data	14
4.3 Normalisasi Data	18
4.4 Pembagian Data dan Perubahan Bentuk Data	18
4.5 Pemodelan MIMO LSTM dan MIMO GRU	19
4.6 Evaluasi Model MIMO LSTM dan MIMO GRU	22
4.7 Peramalan Menggunakan Model Terbaik	27
V SIMPULAN DAN SARAN	30
5.1 Simpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	34
RIWAYAT HIDUP	44



DAFTAR TABEL

1	Tabel 1 Perbedaan input dan <i>output</i> pada model <i>single</i> LSTM dan MIMO LSTM	4
2	Tabel 2 Perbedaan input dan <i>output</i> pada model <i>single</i> GRU dan MIMO GRU	6
3	Tabel 3 Klasifikasi nilai MAPE (Wibawa <i>et al.</i> 2021)	10
4	Tabel 4 Kombinasi <i>hyperparameter</i>	12
5	Tabel 5 Statistik deskriptif setiap peubah	16
6	Tabel 6 Data hasil normalisasi	18
7	Tabel 7 Arsitektur dan <i>hyperparameter</i>	20
8	Tabel 8 Lima peringkat teratas kombinasi <i>hyperparameter</i> model MIMO LSTM berdasarkan rata-rata nilai MSE	22
9	Tabel 9 Lima peringkat teratas kombinasi <i>hyperparameter</i> model MIMO GRU berdasarkan rata-rata nilai MSE	22
10	Tabel 10 Nilai MAPE dan RMSE (data uji) dari model MIMO LSTM dan GRU masing-masing provinsi	26
11	Tabel 11 Perbandingan MAPE dan RMSE hasil validasi model MIMO LSTM dan GRU	26

DAFTAR GAMBAR

1	Arsitektur LSTM (Fan <i>et al.</i> 2021)	3
2	Arsitektur GRU (Yurtsever 2023)	5
3	Skema peramalan dengan strategi MIMO	8
4	Ilustrasi <i>time series k-fold cross validation</i>	9
5	Bagan alir dari tahapan analisis data	11
6	Plot deret waktu harga daging sapi di Provinsi (a) DKI Jakarta, (b) Jawa Barat, (c) Jawa Tengah, (d) D.I Yogyakarta, (e) Jawa Timur, dan (f) Banten	15
7	Plot ACF Provinsi (a) DKI Jakarta, (b) Jawa Barat, (c) Jawa Tengah, (d) D.I Yogyakarta, (e) Jawa Timur, dan (f) Banten	17
8	Plot <i>Box-Cox</i> Provinsi (a) DKI Jakarta, (b) Jawa Barat, (c) Jawa Tengah, (d) D.I Yogyakarta, (e) Jawa Timur, dan (f) Banten	17
9	Plot pembagian data harga daging sapi di Pulau Jawa	19
10	Skema pembagian data latih menggunakan <i>time series k-fold cross</i>	21
11	Plot perbandingan data aktual (latih) dengan data prediksi (latih) dari model MIMO LSTM dan MIMO GRU di Provinsi DKI Jakarta	23
12	Plot perbandingan data aktual (latih) dengan data prediksi (latih) dari model MIMO LSTM dan MIMO GRU di Provinsi D.I Yogyakarta	24
13	Plot perbandingan data aktual (uji) dengan data prediksi (uji) dari model MIMO LSTM dan MIMO GRU di Provinsi DKI Jakarta	24
14	Plot perbandingan data aktual (uji) dengan data prediksi (uji) dari model MIMO LSTM dan MIMO GRU di Provinsi D.I Yogyakarta	25
15	Plot hasil peramalan harga daging sapi di Pulau Jawa	27

16	Plot perbandingan hasil peramalan dengan data aktual di Provinsi DKI Jakarta	28
17	Plot perbandingan hasil peramalan dengan data aktual di Provinsi D.I Yogyakarta	28

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Rata-rata nilai MSE untuk setiap kombinasi <i>hyperparameter</i> model MIMO LSTM	35
2	Lampiran 2 Rata-rata nilai MSE untuk setiap kombinasi <i>hyperparameter</i> model MIMO GRU	36
3	Lampiran 3 Plot perbandingan data aktual (latih) dengan data prediksi (latih) dari model MIMO LSTM dan MIMO GRU di Provinsi (a) Jawa Barat, (b) Jawa Tengah, (c) Jawa Timur, dan (d) Banten	37
4	Lampiran 4 Plot perbandingan data aktual (uji) dengan data prediksi (uji) dari model MIMO LSTM dan MIMO GRU di Provinsi (a) Jawa Barat, (b) Jawa Tengah, (c) Jawa Timur, dan (d) Banten	39
5	Lampiran 5 Hasil peramalan harga daging sapi di Pulau Jawa menggunakan metode MIMO GRU	41
6	Lampiran 6 Perbandingan hasil peramalan dengan data aktual di Provinsi (a) Jawa Barat, (b) Jawa Tengah, (c) Jawa Timur, dan (d) Banten	42