

PERBANDINGAN PERFORMA MODEL *DEEP LEARNING* DALAM PREDIKSI HARGA PROTEIN HEWANI DENGAN PENDEKATAN *MULTIPLE-INPUT MULTIPLE-OUTPUT*

NUR ANGGRAINI FADHILAH



**PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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 Model *Deep Learning* dalam Prediksi Harga Protein Hewani dengan Pendekatan *Multiple-Input Multiple-Output*” 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, Agustus 2026

Nur Anggraini Fadhilah
G1401221033



ABSTRAK

NUR ANGGRAINI FADHILAH. Perbandingan Performa Model *Deep Learning* dalam Prediksi Harga Protein Hewani dengan Pendekatan *Multiple-Input Multiple-Output*. Skripsi. Dibimbing oleh AKBAR RIZKI dan MOHAMMAD MASJKUR

Komoditas protein hewani, yaitu daging ayam, daging sapi, dan telur ayam, berperan penting dalam upaya penanggulangan stunting di Indonesia. Harga komoditas tersebut berfluktuasi akibat ketergantungan pada biaya pakan, gangguan rantai pasok, dan perubahan permintaan, sehingga prediksi harga yang akurat diperlukan untuk mendukung kebijakan stabilisasi harga. Penelitian ini bertujuan membandingkan performa model *recurrent neural network* (RNN), *long short-term memory* (LSTM), dan *gated recurrent unit* (GRU) menggunakan pendekatan *multiple-input multiple-output* (MIMO) dalam memprediksi harga harian ketiga komoditas secara simultan. Data yang digunakan berupa 2.922 amatan harian periode 1 Januari 2018 hingga 31 Desember 2025 dari laman Pusat Informasi Harga Pangan Strategis (PIHPS) Bank Indonesia, dioptimalkan menggunakan *time series 5-fold cross-validation* dengan skema *expanding window*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga model memberikan performa yang baik dengan MAPE yang lebih kecil dari 5%, namun model MIMO-GRU memberikan performa terbaik didasarkan nilai metrik evaluasi terkecil yaitu RMSE sebesar 1.112,686 dan MAPE sebesar 1,423%, lebih baik dibandingkan MIMO LSTM dan MIMO RNN pada data uji. Hasil peramalan 30 hari ke depan mengindikasikan keterbatasan model dalam mengantisipasi pembalikan arah tren, mengingat perubahan harga komoditas pangan secara aktual dapat terjadi sewaktu-waktu akibat faktor-faktor yang tidak sepenuhnya tercermin dalam data historis.

Kata kunci: *deep learning*, MIMO-GRU, MIMO-LSTM, MIMO-RNN, prediksi harga protein hewani

ABSTRACT

NUR ANGGRAINI FADHILAH. Comparison of Deep Learning Model Performance in Animal Protein Price Forecasting Using the Multiple-Input Multiple-Output Strategy. Supervised by AKBAR RIZKI and MOHAMMAD MASJKUR.

Animal protein commodities, namely broiler chicken, beef, and chicken eggs, play an important role in stunting prevention efforts in Indonesia. The prices of these commodities fluctuate due to dependence on feed costs, supply chain disruptions, and changes in demand, making accurate price prediction necessary to support price stabilization policies. This study aims to compare the performance of recurrent neural network (RNN), long short-term memory (LSTM), and gated recurrent unit (GRU) models using a multiple-input multiple-output (MIMO) approach in simultaneously predicting the daily prices of the three commodities. The data used consisted of 2,922 daily observations covering the period from January 1, 2018 to December 31, 2025, obtained from the Strategic Food Price Information Center (PIHPS) of Bank Indonesia, optimized using time series 5-fold cross-validation with an expanding window scheme. The results showed that all three models performed well with MAPE values below 5%; however, the MIMO GRU model achieved the best performance based on the smallest evaluation metric values, with an overall RMSE of 1,112.686 and MAPE of 1.423%, outperforming MIMO LSTM and MIMO RNN on the test data. The 30-day ahead forecasting results indicate limitations of the model in anticipating trend reversals, given that actual changes in food commodity price trends can occur at any time due to factors not fully reflected in historical data.

Keywords: animal protein price forecasting, deep learning, MIMO-GRU, MIMO-LSTM, MIMO-RNN



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 2026¹
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 MODEL *DEEP LEARNING* DALAM PREDIKSI HARGA PROTEIN HEWANI DENGAN PENDEKATAN *MULTIPLE-INPUT MULTIPLE-OUTPUT*

NUR ANGGRAINI FADHILAH

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Sekolah Sains Data, Matematika, dan Informatika

**PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA MATEMATIKA DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
— Bogor Indonesia —

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:
Aulia Rizki Firdawanti, S. Stat., M. Si.

Perpustakaan IPB University



Judul Skripsi : Perbandingan Performa Model *Deep Learning* dalam Prediksi
Harga Protein Hewani dengan Pendekatan *Multiple-Input*
Multiple-Output

Nama : Nur Anggraini Fadhilah
NIM : G1401221033

Disetujui oleh

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

Pembimbing 2:
Ir. Mohammad Masjkur, M.S.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Bagus Sartono, S.Si., M.Si.
NIP 19780411 200501 1 002



Tanggal Ujian:
31 Juli 2026

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 yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2026 sampai bulan Juli 2026 ini ialah prediksi harga pangan, dengan judul “Perbandingan Performa Model *Deep Learning* dalam Prediksi Harga Protein Hewani dengan Pendekatan *Multiple-Input Multiple-Output*”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang telah memberikan doa, bimbingan, serta dukungan dalam penyusunan karya ilmiah ini. Oleh karenanya penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Histori dan Ibu Susi Sulistiana selaku orangtua, dan Teteh Riana Adisti Fadhilah, Aa Fakhri Muhammad, Aa Oki, serta Lula, selaku keluarga penulis yang selalu memberikan doa terbaik, dukungan, dan kasih sayang kepada penulis.
2. Ibu Akbar Rizki, S.Stat., M.Si., dan Bapak Ir. Mohammad Masjkur, M.S. selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, saran, waktu, dan motivasi kepada penulis selama penulisan karya ilmiah ini.
3. Seluruh dosen dan tenaga pendidik Program Studi Statistika dan Sains Data yang telah memberi ilmu bermanfaat dan menunjang segala kebutuhan penulis selama perkuliahan dan penyusunan karya ilmiah ini
4. Sahabat-sahabat penulis yang sudah kebersamaian penulis selama 11 tahun, yaitu Timiri, Icak, Kiki, Jalap, Jaher, Dipa, Uha, Etha, yang selalu dan tetap ada di setiap fase kehidupan, bertumbuh, serta menjadi tempat pulang yang paling nyaman, serta H, sahabat SMP yang tidak bisa penulis sebutkan disini dengan jelas namanya.
5. Sahabat penulis sejak di bangku sekolah dasar, Nuril, selalu ada dan menjadi *911* bagi penulis ketika berada di kesulitan, dan selalu merayakan ketika berada di kebahagiaan
6. Njanti, Nduy, dan Jonge, sahabat atau teman seperjuangan penulis selama ada di bangku perkuliahan, yang telah membuat setiap proses yang berat terasa lebih ringan dan setiap langkah di jurusan ini tidak pernah penulis lalui sendirian.
7. Oxxxygen, sahabat-sahabat penulis sejak bangku sekolah menengah atas, Tibe, Iceh, Afi, Azki, Fifi, Caca, Aini, Kipam, Amma, Jua, Fira, Sotun, dan Jemai, yang telah mengubah salah satu fase paling tidak nyaman dalam hidup penulis menjadi salah satu kenangan paling berarti.
8. Ghoni, Oci, dan teman-teman Marinestic 59 yang namanya tidak dapat disebutkan penulis satu persatu, yang telah menjadi bagian dari perjalanan, perjuangan, dan kenangan selama perkuliahan.

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

Bogor, Agustus 2026

Nur Anggraini Fadhilah

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>Recurrent Neural Network (RNN)</i>	3
2.2 <i>Long Short-Term Memory (LSTM)</i>	4
2.3 <i>Gated Recurrent Unit (GRU)</i>	6
2.4 Pendekatan <i>Multiple-Input Multiple-Output (MIMO)</i>	8
2.5 <i>Time Series K-Fold Cross validation</i>	8
2.6 <i>Hyperparameter Tuning</i>	9
2.7 Metrik Evaluasi	10
III METODE	12
3.1 Data	12
3.2 Tahapan Analisis Data	12
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Praproses Data	15
4.2 Eksplorasi Data	16
4.3 Normalisasi Data	18
4.4 Pembagian dan Perubahan Bentuk Data	18
4.5 Arsitektur Model	20
4.6 <i>K-Fold Cross validation</i>	21
4.7 <i>Hyperparameter Tuning</i>	23
4.8 Evaluasi Model	24
4.9 Peramalan Harga Protein Hewani	28
V SIMPULAN DAN SARAN	30
5.1 Simpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	35
RIWAYAT HIDUP	48



DAFTAR TABEL

1	Klasifikasi nilai MAPE	11
2	<i>Hyperparameter</i> yang digunakan pada setiap model	13
3	Statistik deskriptif setiap komoditas	17
4	Harga harian protein hewani sebelum dan sesudah normalisasi	18
5	Perbedaan dimensi model single <i>deep learning</i> dan model MIMO	20
6	Arsitektur dan <i>hyperparameter</i> MIMO-RNN, MIMO-LSTM, dan MIMO-GRU	20
7	Periode amatan data latih dan uji pada <i>5-fold cross validation</i>	22
8	Lima kombinasi <i>hyperparameter</i> MIMO-RNN dengan rata-rata MSE terkecil	23
9	Lima kombinasi <i>hyperparameter</i> MIMO-LSTM dengan rata-rata MSE terkecil	23
10	Lima kombinasi <i>hyperparameter</i> MIMO-GRU dengan rata-rata MSE terkecil	24
11	Kinerja model MIMO-RNN, MIMO-LSTM, dan MIMO-GRU	25
12	Koefisien korelasi antara nilai aktual dan nilai prediksi pada data uji MIMO-GRU	27

DAFTAR GAMBAR

1	Ilustrasi arsitektur RNN	3
2	Ilustrasi arsitektur LSTM	5
3	Ilustrasi arsitektur GRU	7
4	Ilustrasi <i>5-fold cross validation</i>	13
5	Grafik data harga harian daging ayam (a) sebelum dan (b) sesudah penanganan data hilang.	15
6	Grafik data harga harian (a) daging ayam, (b) daging sapi, dan (c) telur ayam di Indonesia pada tahun 2018-2025	17
7	Grafik pembagian data latih dan uji harga protein hewani	19
8	Skema penerapan pendekatan MIMO pada arsitektur RNN, LSTM, dan GRU	21
9	<i>Time series 5-fold cross validation</i> pada data latih harga daging ayam	22
10	Kurva <i>loss function</i> model MIMO-GRU sebagai model terbaik	26
11	Grafik perbandingan nilai prediksi dengan nilai aktual pada data uji model MIMO-GRU pada harga (a) daging ayam (b) daging sapi (c) telur ayam	27
12	Grafik hasil peramalan harga protein hewani (a) daging ayam, (b) daging sapi, dan (c) telur ayam untuk 30 hari berikutnya	28

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Grafik data harga harian daging sapi (a) sebelum dan (b) sesudah penanganan data hilang	36
2	Lampiran 2 Grafik data harga harian telur ayam (a) sebelum dan (b) sesudah penanganan data hilang	37
3	Lampiran 3 Plot CCF dan ACF setiap komoditas	38
4	Lampiran 4 Hasil <i>hyperparameter tuning</i> MIMO-RNN	39
5	Lampiran 5 Hasil <i>hyperparameter tuning</i> MIMO-LSTM	40
6	Lampiran 6 Hasil <i>hyperparameter tuning</i> MIMO-GRU	41
7	Lampiran 7 Kurva <i>loss function</i> model MIMO-RNN dengan <i>hyperparameter</i> terbaik	42
8	Lampiran 8 Kurva <i>loss funtion</i> model MIMO-LSTM dengan <i>hyperparameter</i> terbaik	42
9	Lampiran 9 Grafik perbandingan nilai prediksi model MIMO-RNN dengan nilai aktual pada data latih harga (a) daging ayam, (b) daging sapi, dan (c) telur ayam	43
10	Lampiran 10 Grafik perbandingan nilai prediksi model MIMO-RNN dengan nilai aktual pada data uji harga (a) daging ayam, (b) daging sapi, dan (c) telur ayam	44
11	Lampiran 11 Grafik perbandingan nilai prediksi model MIMO-LSTM dengan nilai aktual pada data latih harga (a) daging ayam, (b) daging sapi, dan (c) telur ayam	45
12	Lampiran 12 Grafik perbandingan nilai prediksi model MIMO-LSTM dengan nilai aktual pada data uji harga (a) daging ayam, (b) daging sapi, dan (c) telur ayam	46
13	Lampiran 13 Grafik perbandingan nilai prediksi model MIMO-GRU dengan nilai aktual pada data latih harga (a) daging ayam, (b) daging sapi, dan (c) telur ayam	47