

## ***Multivariate Forecasting Harga Daging Ayam dan Sapi Melibatkan Faktor Cuaca, Ekonomi, dan Kesehatan Menggunakan GRU***

### ***Multivariate Forecasting of Chicken and Beef Prices Involving Weather, Economic, and Health Factors Using GRU***

MUHAMMAD IKHSAN ANANDA<sup>1\*</sup>

#### **Abstrak**

Ketahanan pangan terkhusus pada sektor peternakan berupa daging ayam broiler dan sapi potong merupakan isu strategis Indonesia untuk senantiasa dapat mengimbangi *supply* dan *demand* pada komoditas pangan tersebut. *Forecasting* harga pangan diperlukan untuk langkah mitigasi kenaikan harga pangan pada komoditas tersebut. Penelitian *forecasting* harga pangan sebelumnya hanya *univariate forecasting* dan perbandingan hasil *error* di antara algoritme *forecasting*. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan *multivariate forecasting* harga daging ayam broiler dan sapi potong di DKI Jakarta dengan melibatkan faktor cuaca, ekonomi, dan kesehatan menggunakan algoritme *Gated Recurrent Unit* (GRU) dimana untuk uji akurasi berdasarkan nilai MAPE. Algoritme GRU untuk *multivariate forecasting* harga daging ayam broiler dan sapi potong menghasilkan rata-rata MAPE terhadap latih dan uji sebesar 0.471% dan 1.150% yang menunjukkan bahwa seluruh model dalam kategori akurasi sangat baik untuk *multivariate forecasting* daging ayam broiler dan sapi potong yang diwakili. Selain itu, model juga menghasilkan deviasi antara nilai MAPE pada data latih dan data uji yang tidak terlalu berbeda sehingga model yang dikembangkan dengan masing-masing harga daging ayam broiler dan sapi potong dikategorikan dalam kategori *best fitting*.

Kata Kunci: *Gated Recurrent Unit*, harga daging ayam broiler, harga daging sapi potong, *multivariate forecasting*.

#### **Abstract**

*Food security, especially in the livestock sector in the form of broiler chicken and beef cattle, is a strategic issue for Indonesia always to be able to balance supply and demand for these food commodities. Food price forecasting is needed to mitigate rising food prices for these commodities. Previous research on food price forecasting was only univariate and compared error results between forecasting algorithms. This study aims to perform multivariate forecasting of broiler and beef cattle prices in DKI Jakarta by involving weather, economic, and health factors using the Gated Recurrent Unit (GRU) algorithm, where the accuracy test is based on the MAPE value. The GRU algorithm for multivariate forecasting of broiler and beef cattle prices yielded an average MAPE for training and testing of 0.471% and 1.150%, indicating that all models in the very good accuracy category for multivariate broiler and beef cattle forecasting were represented. In addition, the model also produces deviations between MAPE values in the training data and test data, which are similar so that the model developed with each price of broiler chicken and beef cattle is categorized in the best fitting category.*

Keywords: *beef cattle prices, broiler chicken prices, Gated Recurrent Unit, multivariate forecasting.*

---

<sup>1</sup>Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680  
\*Surel: ikhsanananda@apps.ipb.ac.id

## PENDAHULUAN

Ketahanan pangan dapat diartikan sebagai keadaan yang menggambarkan kemampuan individu untuk mengakses pangan sehat dan bergizi secara fisik, sosial, dan ekonomi (Ullirahmi dan Yazid 2022). Menurut GFSI (2022), Indonesia menempati peringkat ke-63 dalam hal ketahanan pangan dibandingkan 113 negara lainnya. Salah satu sektor yang berperan penting dalam ketahanan pangan adalah peternakan yaitu pada subsektor daging ayam broiler dan sapi potong. Menurut BIB Lembang (2011), *supply* dalam negeri belum mampu mengimbangi tingginya konsumsi penduduk Indonesia terhadap daging ayam broiler dan sapi potong sehingga kedua pangan tersebut mengalami fluktuasi harga. Fluktuasi harga tersebut disebabkan oleh beberapa faktor internal diantaranya produksi bahan pokok mengalami gagal produksi akibat cuaca, gangguan hama atau penyakit, serta terhambatnya jalur distribusi pangan (Rizaldy 2017). Selain faktor tersebut, faktor eksternal dalam bidang ekonomi dan kesehatan juga memengaruhi harga pangan. Menurut Bank Indonesia (2018), faktor ekonomi penyebab fluktuasi harga pangan adalah laju inflasi, kenaikan harga BBM, dan nilai tukar Rupiah terhadap US Dollar. Menurut Pramanik (2020), pandemi Covid-19 telah menurunkan daya beli masyarakat seiring lesunya perekonomian dan peningkatan belanja pada sektor kesehatan.

*Multivariate forecasting* harga pangan perlu dilakukan untuk mencegah krisis pangan akibat ketidakseimbangan permintaan dan penawaran serta pelemahan daya beli seiring dengan peningkatan harga pangan. *Forecasting* harga pangan selama beberapa bulan ke depan telah dilakukan dengan menerapkan algoritme tertentu untuk mendukung kesiapan pihak terkait terhadap perubahan harga pangan (Dewi dan Listiowarni 2019). Algoritme ARIMA menghasilkan nilai RMSE 313.379 untuk *forecasting* harga pangan selama 30 hari (Mardianto *et al.* 2020). Selanjutnya, *forecasting* selama 12 hari dengan algoritme *Double Exponential Smoothing Holt and Brown* masing-masing menghasilkan nilai MSE sebesar 21,328.60 dan 188,086.86 (Gunaryati *et al.* 2018). Berikutnya, *forecasting* selama 8 bulan dengan algoritme *Holt-Winters Exponential Smoothing* menghasilkan nilai MAPE sebesar 1.2% (Dewi dan Listiowarni 2020). Kemudian, algoritme *Weighted Moving Average* untuk *forecasting* selama 1 bulan menghasilkan nilai MAPE sebesar 1.90% (Ramadania 2018). Berikutnya, algoritme *Naïve Bayes* yang dapat melakukan prediksi apakah harga suatu komoditas pangan cenderung naik atau turun dibandingkan periode berikutnya (Eden *et al.* 2018).

Implementasi algoritme *forecasting* pada penelitian sebelumnya hanya *univariate forecasting* atau hanya mempertimbangkan satu variabel penelitian dan perbandingan nilai *error* beberapa algoritme untuk *forecasting* harga pangan. Salah satu penelitian yang menggunakan algoritme *multivariate forecasting* adalah peramalan harga kedelai lokal dimana *multivariate* yang dilakukan hanya dalam bentuk 2 inputan dengan melihat harga dari dua hari sebelumnya (Fatkhuroji 2023). Oleh karena itu, dalam penelitian ini peneliti menggunakan data harga daging ayam broiler dan sapi potong sebagai variabel dependen, sementara faktor cuaca, ekonomi, dan kesehatan sebagai variabel independen untuk *multivariate forecasting* setiap harga daging ayam broiler dan sapi potong menggunakan algoritme *Gated Recurrent Unit* (GRU). Algoritme tersebut mampu mengingat kumpulan informasi yang telah disimpan dalam jangka waktu panjang serta menghapus informasi yang tidak lagi relevan dengan komputasi yang lebih sederhana dari LSTM, namun mempunyai akurasi yang setara dan masih cukup efektif untuk menghindari permasalahan *vanishing gradient*. Hasil dari *multivariate forecasting* harga daging ayam broiler dan sapi potong akan diuji akurasi dengan data aktual menggunakan nilai MAPE untuk menentukan kualitas akurasi model.

## METODE

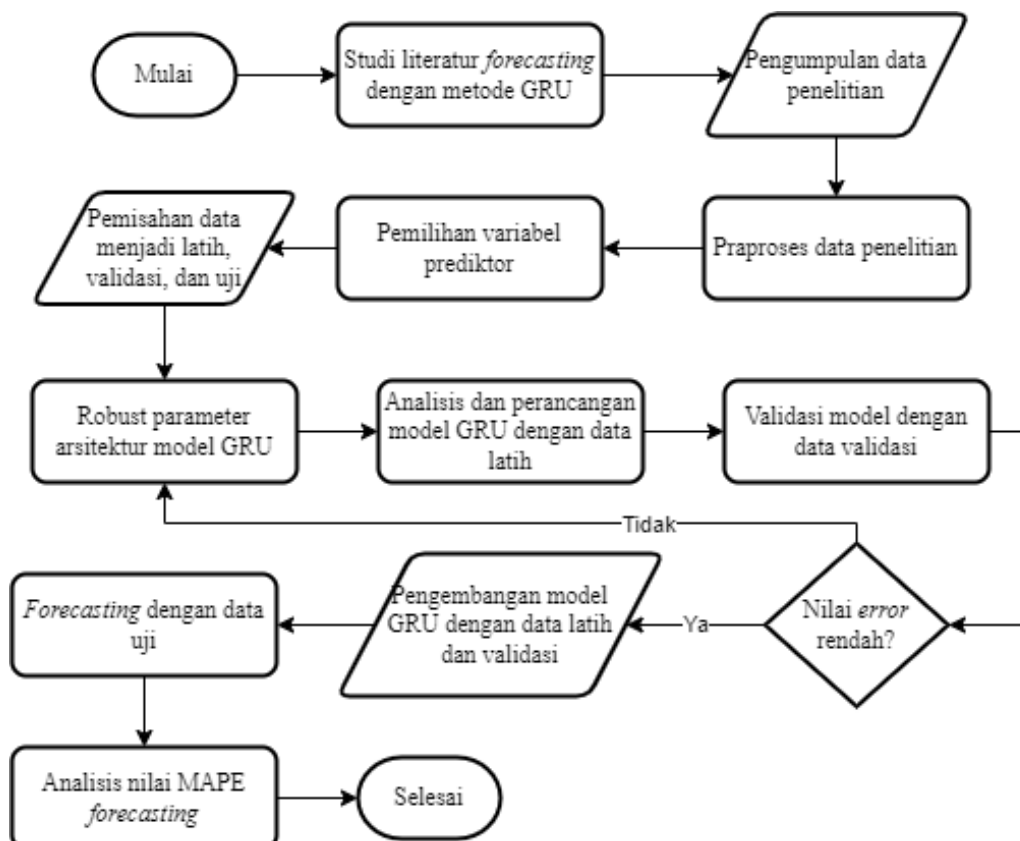
### Data Penelitian

Data utama penelitian yang digunakan adalah data harga pangan berupa daging ayam broiler, daging sapi 1 atau daging has luar, dan daging sapi 2 atau daging has dalam. Data tersebut bersumber dari hasil pencatatan harian Pusat Informasi Harga Pangan Strategis Nasional (PIHPSN) di Pasar Induk Jatinegara, Kramat Jati, dan Pasar Minggu dari 1 Januari 2017 sampai 28 Februari 2023.

Data pendukung penelitian yang digunakan sebagai prediktor adalah data cuaca, inflasi, harga BBM, nilai tukar rupiah, dan jumlah kasus positif Covid-19. Data cuaca berasal dari pencatatan harian Stasiun Meteorologi Halim Perdana Kusuma. Data inflasi berasal dari publikasi bulanan pada website resmi Bank Indonesia untuk melihat tingkat inflasi per-bulan di Indonesia. Data harga BBM berasal dari publikasi berita pada *website* resmi Pertamina apabila terjadi kenaikan atau penurunan harga Bahan Bakar Minyak (BBM) pada RON 90 dan RON 92. Data nilai tukar rupiah berasal dari publikasi tahunan nilai tukar Rupiah terhadap US Dollar pada *website* resmi Badan Pusat Statistik. Data jumlah kasus positif Covid-19 berasal dari publikasi harian Dinas Komunikasi Informatika dan Statistik DKI Jakarta pada *website* Corona Jakarta.

### Tahapan Penelitian

Pengembangan model *forecasting* dengan metode *Gated Recurrent Unit* terdiri dari lima tahapan secara sekuensial yaitu studi literatur, praproses data, inialisasi parameter arsitektur model GRU, analisis dan perancangan model GRU, dan evaluasi model GRU antara hasil *forecasting* terhadap harga aktual pangan daging ayam broiler dan sapi potong di DKI Jakarta. Tahapan metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Tahapan *forecasting* harga daging ayam broiler dan sapi potong

## Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari referensi dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Selain itu, tahapan tersebut juga untuk menganalisis hasil akurasi *forecasting* dengan metode-metode selain *Gated Recurrent Unit* dan meninjau tahapan-tahapan yang diperlukan sebelum menerapkan suatu algoritme untuk *forecasting*.

## Praproses Data

Praproses data diperlukan untuk menangani *missing values* dan meminimalkan *error* sehingga meningkatkan akurasi data hasil *multivariate forecasting*. Penanganan *missing values* pada data *time series* harga daging ayam broiler dan sapi potong menggunakan metode *Next Observation Carried Backward* (NOCB). Metode tersebut cocok digunakan untuk menangani *missing values* yang terdapat pada data awal pencatatan. Sementara itu, penanganan *missing values* pada data lainnya menggunakan *spline interpolation*. Selanjutnya, upaya untuk meminimalkan *error* menggunakan metode normalisasi dengan teknik *min-max scaling* pada dataset dengan mengubah nilai untuk variabel independen dan dependen menjadi interval 0 sampai 1. Selanjutnya, data hasil praproses akan dibagi menjadi data latih, validasi, dan uji masing-masing sebesar 60%, 20%, dan 20%.

## Inisialisasi Parameter Arsitektur Model GRU

Inisialisasi parameter yang diperlukan untuk mengembangkan model algoritme GRU adalah pada parameter jumlah *hidden layer*, *input layer*, *output layer*, *epochs*, dan *batches*. Tahapan ini diperlukan untuk melihat hubungan yang terjadi antara perubahan setiap nilai parameter terhadap *validation loss* dengan data validasi. Oleh karena itu, tahapan ini dilakukan secara berulang-ulang guna mendapatkan parameter terbaik dimana parameter yang dipilih adalah parameter dengan *validation loss* terkecil untuk menghasilkan model *multivariate forecasting* harga pangan daging ayam broiler dan sapi potong.

## Analisis dan Perancangan Model GRU

Analisis dan perancangan model GRU dilakukan setelah tahapan praproses data dan inisialisasi parameter arsitektur GRU selesai. Pengembangan model GRU menggunakan data latih untuk melatih model GRU dengan fungsi *sequential*. Selanjutnya, model tersebut dikembangkan dengan parameter terbaik yang telah diperoleh pada tahapan inisialisasi parameter GRU. Kemudian, model GRU yang telah dihasilkan diuji dengan *loss function* RMSE dan *optimizer Adam*. Berikutnya, model yang telah dihasilkan dilatih dengan fungsi fit untuk *fitting* model dengan data validasi.

## Evaluasi Model GRU

Tahap evaluasi model GRU dilakukan setelah tahapan analisis dan perancangan model GRU selesai yang ditandai dengan telah dihasilkannya nilai *validation loss* minimum dari beberapa kali percobaan penggunaan parameter model GRU. Metode yang digunakan adalah mencari nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk mengukur akurasi antara data *testing* dengan data hasil *forecasting*. Data *testing* yang digunakan diperoleh pada tahapan *preprocessing data* dimana data tersebut tidak digunakan untuk pelatihan dan optimasi model pada tahapan sebelumnya. Setelah mendapatkan nilai MAPE, nilai tersebut dianalisis dengan kondisi apabila berada dibawah 10% maka akurasi model sangat baik, jika berada di antara 10% hingga 20% maka akurasi model bernilai baik, jika berada diantara 20% hingga 50% maka akurasi model bernilai cukup, dan jika berada diatas 50% maka akurasi model bernilai buruk (Chang *et al.* 2007).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Praproses Data

Praproses data diperlukan untuk menangani *missing values* pada dataset dengan metode *Next Observation Carried Backward* (NCOB) dan *spline interpolation*. Imputasi *missing values* melalui metode *Next Observation Carried Backward* dilakukan dengan mengganti nilai data yang *missing values* dengan nilai data pada indeks terdekat data yang tidak memiliki *missing values* dari indeks data yang *missing values*. Sementara itu, *spline interpolation* dilakukan menggunakan fungsi polinom penghubung untuk aproksimasi nilai *missing values*. Jumlah *missing values* untuk harga daging ayam broiler dan sapi potong dan variabel pada faktor cuaca, ekonomi, serta kesehatan terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Jumlah *missing values* pada setiap variabel

Variabel	Jumlah <i>Missing Values</i>	Jumlah Data
Rata-Rata Temperatur	16	2250
Rata-Rata Kelembaban	17	2250
Rata-Rata Kecepatan Angin	13	2250
Curah Hujan	472	2250
Lama Penyinaran Matahari	31	2250
Inflasi	0	2250
Pertalite	0	2250
Pertamax	0	2250
Kurs Tengah USD	727	2250
Positif Covid Harian	0	2250
Positif Covid Aktif	0	2250
Daging Ayam	395	2250
Daging Sapi 1	395	2250
Daging Sapi 2	395	2250

### Pemilihan Variabel Faktor Ekonomi dan Kesehatan

Variabel yang tergolong pada faktor ekonomi adalah nilai inflasi, harga bahan bakar baik Pertalite (RON 90) dan Pertamax (RON 92), serta nilai tukar tengah Rupiah terhadap US Dollar. Sementara itu, variabel yang tergolong pada faktor kesehatan adalah jumlah positif kasus Covid-19 harian dan aktif di DKI Jakarta. Pemilihan variabel pada faktor ekonomi dan kesehatan dilakukan pada variabel harga bahan bakar dan jumlah kasus Covid-19 DKI Jakarta. Metode yang digunakan adalah koefisien korelasi *pearson* dimana variabel yang terpilih merupakan variabel dengan rata-rata nilai korelasi tertinggi harga daging ayam broiler dan sapi potong.

Hasil dari pemilihan tersebut menunjukkan bahwa variabel Pertamax dan jumlah kasus covid aktif memiliki rata-rata koefisien korelasi yang lebih tinggi dibandingkan Pertalite dan jumlah kasus covid harian terhadap harga daging ayam broiler dan sapi potong sebagaimana terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai rata-rata korelasi *pearson*

Variabel	Nilai Rata-Rata Korelasi
Pertalite	0,38017
Pertamax	0,58977
Jumlah Kasus Covid-19 Harian	0,28226
Jumlah Kasus Covid-19 Aktif	0,28755

## Normalisasi Data

Normalisasi data bertujuan untuk *re-scaling* data sehingga seluruh nilai berada pada rentang 0 sampai 1. Metode yang digunakan adalah *min-max scaling*. Selain itu, normalisasi juga bertujuan untuk menjaga data agar tidak terlalu menyebar sehingga meningkatkan kinerja dan akurasi luaran model *machine learning*.

## Baris Masukan Data *Time Series*

Masukan data untuk daging ayam broiler dan sapi potong terlebih dahulu disesuaikan dengan dimensi data yang diterima oleh model GRU. GRU menerima masukan apabila data memiliki tiga dimensi. Dimensi pertama merupakan jumlah *samples*, dimensi kedua merupakan *time-steps*, dimensi ketiga merupakan *features*. Pada tahapan ini nilai yang diinisialisasikan untuk *samples*, *time-steps*, dan *features* masing-masing sebesar 2250, 1, dan 12.

## Robust Parameter Arsitektur Model GRU

Robust parameter arsitektur model merupakan usaha untuk mendapatkan parameter arsitektur terbaik model dengan melakukan percobaan yang diulang beberapa kali, kemudian memilih model terbaik dengan melihat nilai *validation loss* minimum. Selain itu, tahapan ini juga bertujuan untuk memaksimalkan hasil *forecast* dengan harapan agar nilai MAPE yang dihasilkan semakin kecil sehingga meningkatkan kualitas model. Alur robust parameter arsitektur model GRU diawali dengan inisialisasi nilai *layer*, *epochs*, dan *batches*, inisialisasi parameter *callback early stopping* dan *model check point*, dan diakhiri dengan pemilihan parameter model terbaik berdasarkan *validation loss* minimum. Parameter yang dicoba secara berulang kali adalah *layer*, *epochs*, dan *batches* dengan nilai *layers* dan *epochs* pada rentang 10 sampai 250 serta *batches* pada rentang 8 sampai 512. Ilustrasi dari tahapan ini adalah setiap *layers* akan diuji dengan masing-masing nilai *epochs* dan *batches*. Hal tersebut juga berlaku pada *epochs* dimana setiap *epochs* akan diuji masing-masing dengan nilai *batches*.

Hasil optimasi parameter arsitektur terbaik model GRU tersebut dilakukan berdasarkan nilai *validation loss* minimum antara data latih dengan data validasi. Model dengan parameter terbaik untuk daging ayam broiler dan sapi potong beserta informasi *validation loss* dan MAPE antara model data latih terhadap data validasi terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil optimasi parameter GRU

Komoditas Pangan	<i>Layer</i>	<i>Epoch</i>	<i>Batch</i>	<i>Validation Loss</i>
Daging Ayam	10	50	8	0.021958
Daging Sapi 1	300	170	16	0.054219
Daging Sapi 2	90	200	16	0.060131

Tabel 3 menunjukkan bahwa parameter terbaik model GRU untuk daging ayam broiler dan sapi potong tidaklah sama seluruhnya. Hal tersebut disebabkan pergerakan harga pangan yang berbeda-beda sehingga parameter arsitektur model menyesuaikan pola pergerakan masing-masing komoditas pangan.

## Analisis Model GRU Terhadap Data Latih

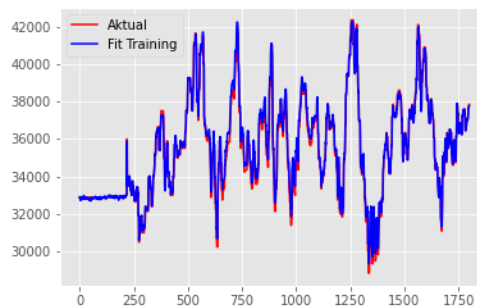
Model GRU yang telah dikembangkan dengan nilai *layers*, *epochs*, dan *batches* terbaik di daging ayam broiler dan sapi potong, selanjutnya dilakukan analisis terhadap data latih. Analisis tersebut bertujuan untuk melihat persentase kesalahan luaran model terhadap data latih. Metode analisis yang digunakan adalah model GRU melakukan

*forecast* dengan data latih kemudian melihat nilai MAPE yang dihasilkan. Nilai MAPE terhadap data latih terlihat pada Tabel 4.

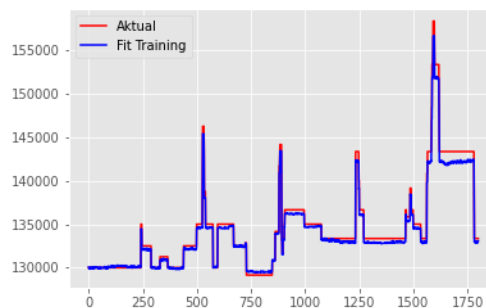
Tabel 4 Nilai MAPE terhadap data latih

Komoditas Pangan	MAPE (%)
Daging Ayam	0.487
Daging Sapi 1	0.314
Daging Sapi 2	0.613
Rata-rata MAPE	0.471

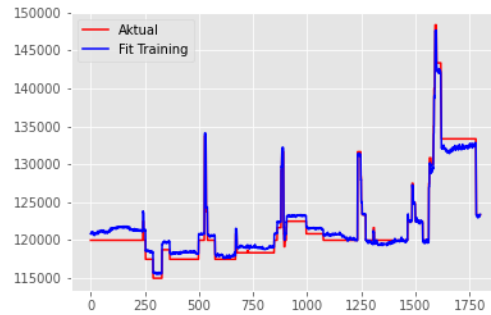
Rata-rata nilai MAPE terhadap data latih sebesar 0.471% menunjukkan rata-rata kesalahan luaran model berupa luaran model lebih besar atau kecil 0.471% terhadap data latih. Selain itu, pada Tabel 4 juga menunjukkan bahwa nilai MAPE di setiap komoditas pangan daging ayam, daging sapi 1, dan daging sapi 2 seluruhnya di bawah 10% memberikan makna bahwa model GRU yang telah dihasilkan dalam kategori sangat baik untuk *multivariate forecasting* harga daging ayam broiler dan sapi potong. Selain itu, visualisasi hasil analisis model GRU terhadap data latih daging ayam broiler dan sapi potong terlihat pada Gambar 2 sampai 4. Visualisasi pada Gambar 2 sampai 4 juga merepresentasikan model GRU dengan kategori sangat baik yang ditandai dengan hasil *fit training* berwarna biru yang sangat mendekati data aktual berwarna merah.



Gambar 2 Visualisasi model terhadap data latih daging ayam



Gambar 3 Visualisasi model terhadap data latih daging sapi 1



Gambar 4 Visualisasi model terhadap data latih daging sapi 2

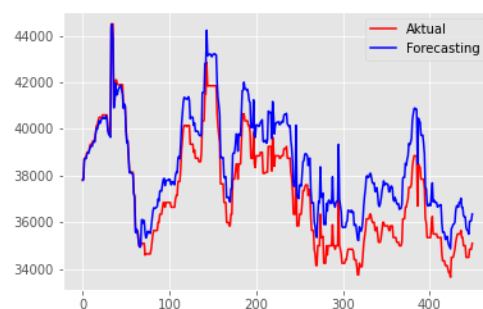
### Analisis Model GRU Terhadap Data Uji

Analisis model GRU menggunakan data uji bertujuan untuk melihat akurasi *forecasting* harga daging ayam broiler dan sapi potong. Metode yang digunakan adalah melihat nilai MAPE antara luaran model dengan data uji. Nilai MAPE terhadap data uji terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Nilai MAPE terhadap data uji

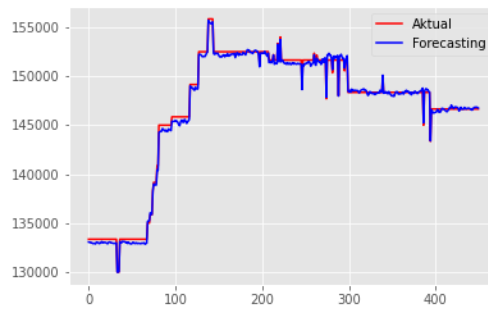
Komoditas Pangan	MAPE (%)
Daging Ayam	3.342
Daging Sapi 1	0.184
Daging Sapi 2	1.005
Rata-rata MAPE	1.510

Rata-rata nilai MAPE terhadap data uji sebesar 1.510% menunjukkan rata-rata kesalahan luaran model berupa luaran model lebih besar atau kecil 1.510% terhadap data uji. Selain itu, pada Tabel 5 juga menunjukkan bahwa nilai MAPE di setiap komoditas pangan daging ayam, daging sapi 1, dan daging sapi 2 seluruhnya di bawah 10% memberikan makna bahwa model GRU yang telah dihasilkan dalam kategori sangat baik untuk melakukan *multivariate forecasting* harga daging ayam broiler dan sapi potong. Visualisasi hasil analisis model GRU terhadap data uji daging ayam broiler dan sapi potong terlihat pada Gambar 5 sampai 7. Visualisasi pada Gambar 5 sampai 7 merepresentasikan model GRU dengan kategori sangat baik yang ditandai dengan hasil *forecasting* berwarna biru yang sangat mendekati data aktual berwarna merah.

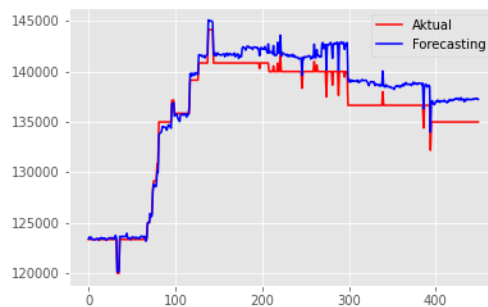


Gambar 5 Visualisasi model terhadap data uji daging ayam





Gambar 6 Visualisasi model terhadap data uji daging sapi 1



Gambar 7 Visualisasi model terhadap data uji daging sapi 2

### Analisis Akurasi Model GRU Terhadap Data Latih dan Data Uji

Analisis akurasi model GRU terhadap data latih dan data uji bertujuan untuk melihat kondisi model yang telah dihasilkan apakah *underfitting*, *overfitting*, atau *best fitting*. Analisis ini dilakukan dengan melihat deviasi antara nilai MAPE pada data latih dengan MAPE pada data uji. Justifikasi kondisi model *underfitting* apabila nilai akurasi data latih rendah diikuti dengan nilai akurasi data uji yang rendah. Kondisi model *overfitting* apabila nilai akurasi pada data latih tinggi, namun nilai akurasi data uji rendah. Kondisi model *best fitting* apabila nilai akurasi baik pada data latih maupun data uji keduanya sama-sama tinggi. Perbandingan nilai MAPE terhadap data latih dan uji terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Deviasi antara MAPE data latih dan uji

Komoditas Pangan	Nilai MAPE (%)		
	Latih	Uji	Deviasi
Daging Ayam	0.487	3.342	2.855
Daging Sapi 1	0.314	0.184	0.130
Daging Sapi 2	0.613	1.005	0.392

Tabel 6 menunjukkan bahwa deviasi antara nilai MAPE pada data latih dan data uji tidak terlalu berbeda. Selain itu, nilai MAPE baik terhadap data latih maupun uji seluruhnya di bawah 10% yang menunjukkan bahwa keduanya sangat baik dalam memahami dan melakukan *multivariate forecasting* harga daging ayam broiler dan sapi potong.

### SIMPULAN

Parameter yang dihasilkan untuk setiap komoditas pangan daging ayam, daging sapi 1, dan daging sapi 2 tidaklah sama, sebab menyesuaikan pola pergerakan harga masing-masing komoditas pangan daging ayam, daging sapi 1, dan daging sapi 2. Algoritme GRU menghasilkan rata-rata MAPE terhadap data latih dan uji masing-masing sebesar 0.471%

dan 1.150%, menunjukkan bahwa model yang dihasilkan dalam kondisi *best fitting* serta memiliki akurasi sangat baik untuk *multivariate forecasting* pangan daging ayam broiler dan sapi potong yang diwakili, sebab nilai MAPE yang dihasilkan untuk seluruh model dibawah 10%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [BIB] Balai Inseminasi Buatan. 2011. Laporan Tahunan Balai Inseminasi Buatan Lembang Tahun 2011. Bandung (ID).
- [Bank Indonesia] Bank Indonesia. 2018. Laporan Inflasi (Indeks Harga Konsumen) Berdasarkan Perhitungan Inflasi Bulan Juni 2017 sampai dengan Juli 2018. Jakarta: Bank Indonesia.
- Chang YF, Lin CJ, Chyan JM., Chen IM, Chang JE. 2007. Multiple regression models for the lower heating value of municipal solid waste in Taiwan. *Journal of Environmental Management*. 85(4):891-899.
- Dewi NP, Listiowarni I. 2020. Implementasi Holt-Winters Exponential Smoothing untuk Peramalan Harga Bahan Pangan di Kabupaten Pamekasan. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*. 11(2):219-231.
- Dewi NP, Listiowarni I. 2019. Peramalan Harga Bahan Proyek Menggunakan Metode Least Square (Studi Kasus : CV Rizky Mulya). *Jurnal Teknik Informatika*. 2(1):28-33.
- Eden B, Asrul W, Zuhriyah S. 2018. Sistem Informasi Peramalan Harga Pangan Dengan Menggunakan Metode Naïve Bayes di Kota Makassar. *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*. 7(2):163–171.
- Fatkuroji, Santosa S, Pramunendar RA. 2019. Prediksi Harga Kedelai Lokal Dan Kedelai Impor Dengan Metode Support Vector Machine Berbasis Forward Selection. *Jurnal Teknologi Informasi dan Teknologi Informasi*. 15(1):61-77.
- [GFSI] Global Food Security Index. 2022. The 11th Global Food Security Index shows a deterioration in the global food environment for the third year, threatening food security. London: The Economist Group.
- Gunaryati A, Fauziah F, Andryana S. 2020. Perbandingan Metode-metode Peramalan Statistika untuk Data Indeks Harga Pangan. 2(3):241-248.
- Mardianto I, Gunawan MI, Sugiarto D, Rochman A. 2020. Perbandingan Peramalan Harga Beras Menggunakan Metode ARIMA pada *Amazon Forecast* dan Sagemaker. *Jurnal Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi*. 4(3):537-543.
- Pramanik ND. 2020. Dampak Bantuan Paket Sembako dan Bantuan Langsung Tunai Terhadap Kelangsungan Hidup Masyarakat Padalarang Pada Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Ekonomi, Sosial, dan Humaniora*. 1(12):113-120.
- Ramadania R. 2018. Peramalan Harga Beras Bulanan di Tingkat Penggilingan dengan Metode Weighted Moving Average. *Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*. 7(4):329-334.
- Rizaldy DZ. 2017. Pengaruh Harga Komoditas Pangan Terhadap Inflasi di Kota Malang Tahun 2011-2016. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*. 15(2):171-183.
- Ullirahmi F, Yazid A. 2022. Wakaf Berbasis Akad Muamalah Untuk Meningkatkan Ketahanan Pangan di Indonesia. *Al-Mustashfa: Jurnal Penelitian Hukum Ekonomi Islam*. 4(2):230-243.