

PENERAPAN METODE *HYBRID* GARCH-LSTM UNTUK MERAMALKAN HARGA BAWANG PUTIH NASIONAL

AKMAL RIZA WIBISONO



DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024

@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.

Perpustakaan 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 “Penerapan Metode *Hybrid* GARCH-LSTM untuk Meramalkan Harga Bawang Putih Nasional” 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, Juli 2024

Akmal Riza Wibisono
G1401201086

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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

AKMAL RIZA WIBISONO. Penerapan Metode *Hybrid* GARCH-LSTM untuk Meramalkan Harga Bawang Putih Nasional. Dibimbing oleh ITASIA DINA SULVIANTI dan AKBAR RIZKI.

Analisis deret waktu digunakan untuk menghasilkan ramalan terhadap kejadian yang akan datang dengan mengasumsikan data dalam kondisi stasioner dan linear. Namun, dalam kehidupan nyata, data sering kali bersifat nonstasioner, nonlinear, dan memiliki volatilitas tinggi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengombinasikan metode statistika klasik dan metode *deep learning*, yaitu *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH) dengan *Long Short-Term Memory* (LSTM), sebagai model *hybrid* GARCH-LSTM. Metode ini dapat mempertahankan kemampuan model GARCH dalam menginterpretasikan kondisi fluktuatif dan sekaligus meningkatkan akurasi ramalan dengan memodelkan sisaannya menggunakan model LSTM. Penelitian ini menggunakan data harian harga bawang putih nasional sejak Juli 2021 hingga Februari 2024 yang diperoleh dari *website* Badan Pangan Nasional. Model GARCH terbaik untuk memodelkan harga bawang putih nasional adalah model GARCH(1,1) dengan nilai MAPE sebesar 9,73%. Sisaan dari model GARCH(1,1) dimodelkan menggunakan model LSTM dengan skenario *learning rate* sebesar 0,005 dan *batch size* sebesar 16 yang diperoleh melalui langkah *hyperparameter tuning* menggunakan metode *time series k-fold cross validation*. Model *hybrid* GARCH-LSTM pada data harga bawang putih nasional menghasilkan ramalan yang sangat akurat dengan nilai MAPE sebesar 3,84%. Hasil ramalan harga bawang putih nasional menggunakan model *hybrid* GARCH-LSTM menunjukkan tren kenaikan yang disertai fluktuasi harga hingga menyentuh kisaran Rp45.000/kg pada akhir Juni 2024.

Kata kunci: GARCH, harga bawang putih, LSTM, *hybrid* GARCH-LSTM, volatilitas



@Hak Cipta milik IPB University

ABSTRACT

AKMAL RIZA WIBISONO. Application of the Hybrid GARCH-LSTM Method for Forecasting National Garlic Prices. Supervised by ITASIA DINA SULVIANTI and AKBAR RIZKI.

Time series analysis is employed to generate forecasts for future events assuming data are stationary and linear. However, in real-life scenarios, data are often nonstationary, nonlinear, and highly volatile. To address these challenges, this research combines classical statistics with deep learning, specifically Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH) and Long Short-Term Memory (LSTM), termed as hybrid GARCH-LSTM model. This method can maintain the GARCH model's ability to interpret fluctuating conditions while simultaneously improving forecasting accuracy by modeling the residuals using the LSTM model. The research uses national garlic price data from July 2021 to February 2024 sourced from the National Food Agency website. The optimal GARCH model obtained for modeling national garlic price is the GARCH(1,1) model achieving a MAPE of 9.73%. The residuals of the GARCH(1,1) model are modeled using LSTM with a learning rate scenario of 0.005 and a batch size of 16, determined through hyperparameter tuning using time series k-fold cross-validation. The hybrid GARCH-LSTM model applied to national garlic price data produces highly accurate forecasts, achieving a MAPE of 3.84%. The forecast of national garlic prices using this hybrid GARCH-LSTM model indicate an upward trend accompanied by price fluctuations, reaching approximately Rp45,000/kg by the end of June 2024.

Keywords: GARCH, garlic price, hybrid GARCH-LSTM, LSTM, volatility.

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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
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 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.

PENERAPAN METODE *HYBRID* GARCH-LSTM UNTUK MERAMALKAN HARGA BAWANG PUTIH NASIONAL

AKMAL RIZA WIBISONO

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

**DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

- 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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
1 Ir. Aam Alamudi, M.Si.



Judul Skripsi : Penerapan Metode *Hybrid* GARCH-LSTM untuk Meramalkan
Harga Bawang Putih Nasional

Nama : Akmal Riza Wibisono

NIM : G1401201086

© Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dra. Itasia Dina Sulvianti, M.Si.

Pembimbing 2:

Akbar Rizki, S.Stat., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Departemen Statistika:

Dr. Bagus Sartono, S.Si., M.Si.

NIP 19780411 200501 1002

Tanggal Ujian:

4 Juli 2024

Tanggal Lulus:



@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.



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 2024 hingga bulan Juli 2024 ini ialah peramalan data deret waktu, dengan judul “Penerapan Metode Hybrid GARCH-LSTM untuk Meramalkan Harga Bawang Putih Nasional”.

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya karya ilmiah ini tidak terlepas dari adanya dukungan, bimbingan, dan nasehat dari berbagai pihak. Melalui prakata ini, penulis hendak menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada:

1. Bapak Budi Harsono, Ibu Siwi Aryantini, Octiani Rissa Widianti, dan Nidia Windy Carissa selaku orang tua dan adik yang tidak henti memberikan doa, dukungan, dan motivasi;
2. Ibu Dra. Itasia Dina Sulvianti, M.Si. dan Ibu Akbar Rizki, S.Stat., M.Si. selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan arahan yang diberikan selama proses penyusunan karya ilmiah;
3. Bapak Aam Alamudi, M.Si. selaku dosen penguji sekaligus moderator seminar hasil dan Ibu Rahma Anisa, S.Stat. selaku moderator kolokium atas saran dan masukan yang diberikan dalam rangka perbaikan karya ilmiah;
4. Ibu Laily Nissa Atul Mualifah, S.Si., M.Si. atas kesediaannya memberikan penjelasan dan pemahaman terkait tema dan metode yang penulis gunakan dalam karya ilmiah;
5. seluruh pengurus Himpro GSB IPB Kabinet Inference yang telah memberi kepercayaan dan warna bagi kehidupan perkuliahan penulis;
6. Hanung, Aldi, Steven, Alfi, Nachnoer, Zahid, Dicky, Nabil, Alwi, Fadhlán, Nabila, Irma, Nana, April, Duwi, Eryina, dan teman-teman Statistika Angkatan 57 yang telah sama-sama berjuang dan saling menguatkan;
7. Bang Adit dan Bang Asyraf selaku kakak tingkat yang telah bersedia memberikan motivasi, saran, dan ilmu dalam penyusunan karya ilmiah;
8. sosok yang telah memberi dukungan dan motivasi kepada penulis untuk menjadi pribadi yang lebih baik; dan
9. seluruh rekan dan pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu yang telah mendukung penyusunan karya ilmiah ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa karya ilmiah ini masih jauh dari kata sempurna. Meskipun demikian, penulis berharap karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2024

Akmal Riza Wibisono

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Harga Bawang Putih	3
2.2 <i>Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH)</i>	3
2.3 <i>Long Short-Term Memory (LSTM)</i>	4
2.4 <i>Time Series k-fold Cross Validation</i>	5
2.5 <i>Hybrid GARCH-LSTM</i>	6
III METODE	7
3.1 Data	7
3.2 Prosedur Analisis Data	7
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1 Eksplorasi Data	12
4.2 Kestasioneran Data	12
4.3 Heterogenitas Ragam	15
4.4 Pemodelan GARCH	15
4.5 Pemodelan <i>Hybrid GARCH-LSTM</i>	18
4.6 Peramalan	21
V SIMPULAN DAN SARAN	23
5.1 Simpulan	23
5.2 Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN	27
RIWAYAT HIDUP	33



DAFTAR TABEL

1	Klasifikasi nilai MAPE	10
2	Skenario <i>hyperparameter</i>	10
3	Ringkasan uji ARCH-Lagrange <i>Multiplier</i>	15
4	Dugaan nilai parameter model GARCH	16
5	Hasil diagnostik sisaan model GARCH(1,1)	17
6	Sisaan model GARCH(1,1) setelah langkah normalisasi	18
7	Hasil <i>cross validation</i> pada tiap <i>fold</i> berdasarkan nilai RMSE	20
8	Hasil peramalan model <i>hybrid</i> GARCH-LSTM	21

DAFTAR GAMBAR

1	Ilustrasi arsitektur LSTM (Mahjoub <i>et al.</i> 2022)	4
2	Ilustrasi time series k-fold cross validation dengan $k = 5$ (Packt 2019 dalam Assaad dan Hayek 2021)	5
3	Grafik pembagian data latih dan uji pada data harga bawang putih nasional periode Juli 2021 s.d. Februari 2024	12
4	Plot Box-Cox data harga bawang putih nasional periode Juli 2021 s.d. Februari 2024	13
5	Plot ACF data harga bawang putih nasional periode Juli 2021 s.d. Februari 2024	13
6	Grafik deret waktu data w_t	14
7	Plot Box-Cox (a) dan plot ACF (b) data w_t	14
8	Perbandingan nilai aktual dan dugaan pada data w_t^* berdasarkan model GARCH(1,1)	17
9	Perbandingan data aktual dan dugaan pada data harga asli bawang putih nasional berdasarkan model GARCH(1,1)	18
10	Grafik sisaan model GARCH(1,1)	18
11	Skenario <i>time series k-fold cross validation</i> pada <i>fold</i> ke-5	19
12	Perbandingan data aktual dan dugaan pada sisaan model GARCH(1,1) berdasarkan model LSTM	20
13	Perbandingan data aktual dan dugaan pada data harga bawang putih nasional berdasarkan model <i>hybrid</i> GARCH-LSTM	21
14	Grafik hasil peramalan harga bawang putih nasional	22

DAFTAR LAMPIRAN

1	Skenario <i>time series k-fold cross validation</i> dengan $k = 5$	28
2	Hasil peramalan model <i>hybrid</i> GARCH-LSTM 120 hari ke depan	29



@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.