

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, penulis mempersembahkan karya tulis ini dengan ketulusan hati kepada:

1. Kedua Orang Tua Tercinta, Bapak Nurhadi dan Ibu Masruroh, yang dengan penuh cinta, kesabaran, doa, serta dukungan yang selalu menjadi penyemangat dan alasan penulis untuk terus maju.
2. Dr. Dwiretno Istiyadi S., ST., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing, yang telah melimpahkan waktu dan perhatiannya demi mengarahkan, membimbing, serta memberikan berbagai masukan berharga sepanjang proses penyusunan tugas akhir ini.
3. Almater Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Jember, tempat penulis menimba ilmu, menempa diri, dan berkembang hingga saat ini.
4. Seluruh Pihak yang Tidak Dapat Disebutkan Satu Per Satu, yang telah turut membantu, memberikan semangat, dan berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Diri Saya Sendiri, Divo Tahta Imannulloh. Yang telah bertanggung jawab penuh menyelesaikan apa yang telah dimulai.

MOTTO

”Tiada kekayaan yang lebih utama daripada akal, tiada keadaan yang lebih menyedihkan daripada kebodohan, dan **tiada warisan yang lebih baik daripada pendidikan**”

(Ali Bin Abi Thalib)

”Hidup bukan saling mendahului, bermimpilah sendiri-sendiri.”

(Lagu: Besok Mungkin Kita Sampai - Hindia)

”Impian berubah menjadi komitmen ketika dilakukan.”

(Divo Tahta Imannulloh)

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Divo Tahta Imannulloh

NIM : 222410101083

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul *Sistem Prediksi Harga Bawang Merah di Jawa Timur Menggunakan Pendekatan Hybrid ARIMA-ES-LSTM* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 1 Juli 2026

Yang menyatakan,



Divo Tahta Imannulloh

NIM 222410101083

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul *Sistem Prediksi Harga Bawang Merah di Jawa Timur Menggunakan Pendekatan Hybrid ARIMA-ES-LSTM* telah diuji dan disetujui oleh Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 1 Juli 2026

Tempat : Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember

Tanda Tangan

Pembimbing

1. Pembimbing Utama

Nama : Dr. Dwiretno Istiyadi S., ST., M.Kom.

NIP : 197803302003121003

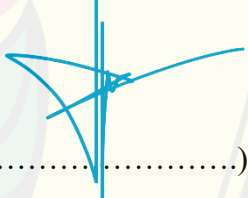

(.....)

Penguji:

1. Penguji Utama

Nama : Prof. Dr. Saiful Bukhori, ST., M.Kom.

NIP : 196811131994121001


(.....)

2. Penguji Anggota 1

Nama : Khoirunnisa' Afandi, M.Kom.

NIP : 199412282024062001


(.....)

ABSTRAK

Bawang merah merupakan komoditas hortikultura strategis di Indonesia dengan tingkat volatilitas harga tertinggi tercatat di Provinsi Jawa Timur. Fluktuasi harga yang tinggi, bersifat nonlinier, dan dipengaruhi pola musiman menyebabkan metode peramalan tunggal kurang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa model *Hybrid* ARIMA-ES-LSTM serta mengimplementasikannya dalam sistem prediksi harga bawang merah di Jawa Timur. Data yang digunakan adalah data harian harga bawang merah dari SISKAPERBAPO Jawa Timur periode Januari 2013 hingga Desember 2025 sebanyak 4.748 observasi, dilengkapi variabel eksogen suhu dan kelembapan dari BMKG Jawa Timur. Metode *Seasonal-Trend decomposition using Loess* (STL) diterapkan untuk memisahkan data menjadi komponen tren, musiman, dan residual. Komponen tren dimodelkan menggunakan ARIMA, komponen musiman menggunakan *Exponential Smoothing Holt-Winters* aditif, dan komponen residual menggunakan *Long Short-Term Memory* (LSTM) dengan variabel eksogen suhu dan kelembapan. Evaluasi dilakukan pada data uji periode 2024-2025 menggunakan metrik MAE, RMSE, dan MAPE. Hasil evaluasi menunjukkan model *Hybrid* ARIMA-ES-LSTM dengan variabel eksogen menghasilkan performa paling unggul secara komparatif dengan MAE 4.002,61, RMSE 5.805,81, dan MAPE 11,03%, lebih unggul dibandingkan model tunggal ARIMA (MAPE 19,99%), ES (MAPE 19,46%), dan LSTM (MAPE 19,36%). Sistem diimplementasikan sebagai aplikasi web menggunakan *Flask* dan *Laravel*.

Kata kunci: Prediksi Harga, Bawang Merah, *Seasonal-Trend Decomposition using Loess*, *Hybrid Model*, ARIMA, *Exponential Smoothing*, LSTM.

RINGKASAN

Sistem Prediksi Harga Bawang Merah di Jawa Timur Menggunakan Pendekatan *Hybrid* ARIMA-ES-LSTM; Divo Tahta Imannulloh; 222410101083; 2026; 53 halaman; Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Jember.

Bawang merah merupakan komoditas hortikultura strategis di Indonesia dengan karakteristik harga yang sangat fluktuatif dan bersifat musiman. Berdasarkan data SISKAPERBAPO, Jawa Timur memiliki tingkat volatilitas harga bawang merah tertinggi di Indonesia, sehingga memicu ketidakpastian bagi petani dan pemangku kebijakan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi performa model *Hybrid* ARIMA-ES-LSTM dengan variabel eksogen cuaca, serta mengimplementasikannya ke dalam sistem prediksi berbasis web. Data yang digunakan mencakup 4.748 observasi harga harian periode Januari 2013 hingga Desember 2025, ditambah data suhu dan kelembapan dari BMKG.

Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan tahapan dekomposisi *Seasonal-Trend decomposition using Loess* (STL) untuk memisahkan data menjadi komponen tren, musiman, dan residual. Komponen tren dimodelkan menggunakan ARIMA, komponen musiman dengan *Exponential Smoothing* (ES) *Holt-Winters* aditif, dan komponen residual dengan *Long Short-Term Memory* (LSTM) dua lapisan yang mengintegrasikan variabel eksogen cuaca.

Pengujian pada data uji (Januari 2024 - Desember 2025) menunjukkan model *Hybrid* ARIMA-ES-LSTM eksogen menghasilkan performa yang paling unggul secara komparatif dengan nilai MAE 4.002,61, RMSE 5.805,81, dan MAPE 11,03%. Hasil ini mengungguli model tunggal ARIMA (MAPE 19,99%), ES (MAPE 19,46%), LSTM (MAPE 19,36%), serta model *hybrid* tanpa variabel eksogen (MAPE 12,89%). Sistem ini diimplementasikan menggunakan *Flask* sebagai *backend API* dan *Laravel* sebagai *frontend* dengan basis data *MySQL* untuk visualisasi interaktif.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat serta karunia-Nya, naskah skripsi dengan judul “Sistem Prediksi Harga Bawang Merah di Jawa Timur Menggunakan Pendekatan *Hybrid* ARIMA-ES-LSTM” dapat terselesaikan sebagai salah satu syarat untuk mencapai derajat Sarjana Strata Satu (S1) pada Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Jember. Dengan penuh kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Drs. Antonius Cahya Prihandoko, M.App.Sc, Ph.D selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember;
2. Ibu Oktalia Juwita, S.Kom., M.MT. selaku Ketua Prodi Sistem Informasi;
3. Bapak Dr. Dwiretno Istiyadi S., ST., M.Kom., selaku dosen pembimbing yang telah mendampingi, membimbing, serta memberikan masukan maupun saran selama pengerjaan skripsi;
4. Prof. Dr. Saiful Bukhori, ST., M.Kom. selaku Dosen Penguji Utama dan Ibu Khoirunnisa’ Afandi M.Kom., selaku Dosen Penguji Anggota;
5. Segenap Bapak/Ibu dosen beserta civitas akademika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember;
6. Bapak Nurhadi dan Ibu Masruroh, orang tua penulis, yang selalu mengiringi dengan doa dan dukungan penuh;
7. Imroatun, S.Si kakak sepupu yang selalu memberikan semangat dalam menempuh pendidikan;
8. Keluarga besar UKM-O MACO, sebagai organisasi pertama penulis yang telah memberikan begitu banyak pengalaman berharga, pelajaran, serta motivasi dalam menjalani perkuliahan;
9. Teman-teman Demis Bos (UKM-O MACO Angkatan 22), yang telah membersamai perjuangan dan kebersamaan hingga akhir periode kepengurusan;
10. Sahabat selama masa perkuliahan, Altamis, Affan, Mamen, Alya, Shindi, dan Zenna, yang selalu saling mendukung;

11. Teman-teman PJM (Ali, Maul, Adit, Affan, Danu, Yuan, Akbar, dan Raihan) yang telah menemani sejak awal masa perkuliahan hingga lulus. Terima kasih atas kelucuan, keseruan, dan kebersamaan yang sangat asik;
12. Sahabat seperjuangan di Ekspansi ID (Nabila Anjani Rabi'atul Adawiyah, Jessica Adelia Saputri, dan Eva Oktaviana). Terima kasih atas ambisi positifnya yang telah menemani dari semester awal hingga perkuliahan usai; selalu bersama dalam mengerjakan tugas, berkeluh kesah, kerja kelompok hingga mengikuti lomba;
13. Teman-teman Jagang E Vario (Andin, Arinda, Citra, Diva, Fatimah, Firman, Rian, dan Zenna) yang selalu setia menemani selama masa pengerjaan skripsi, menjadi teman ngopi, dan tempat bertukar cerita;
14. Teman-teman SMA Kabinet Liburan Jaya, yang selalu memberikan dukungan, semangat, ucapan selamat, serta luangkan waktu untuk sekadar jalan-jalan dan melepas penat bersama;
15. Sahabat dan orang terdekat penulis yang senantiasa menemani, menyemangati, dan memotivasi hingga pengerjaan skripsi ini selesai;
16. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa naskah skripsi ini masih jauh dari penyusunan yang sempurna. Oleh karena itu, penulis memohon maaf dan mengharapkan kritik serta saran yang membangun dari pembaca agar naskah skripsi ini dapat dikembangkan menjadi lebih baik. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
ABSTRAK	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Harga Bawang Merah	7
2.3 Data Deret Waktu.....	8
2.4 <i>Seasonal-Trend decomposition using Loess (STL)</i>	9
2.5 <i>Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i>	9
2.6 <i>Exponential Smoothing</i>	10

2.7 Long Short-Term Memory (LSTM)	11
2.8 Evaluasi Model.....	13
2.8.1 Root Mean Square Error (RMSE)	13
2.8.2 Mean Absolute Error (MAE)	13
2.8.3 Mean Absolute Percentage Error (MAPE).....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Jenis Penelitian.....	15
3.2 Objek Penelitian	15
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.4 Tahapan Penelitian	15
3.4.1 Pengumpulan Data	16
3.4.2 Prapemrosesan Data.....	16
3.4.3 Pembagian Data	18
3.4.4 Pembuatan Model <i>Hybrid</i>	18
3.4.5 Evaluasi Model.....	19
3.4.6 Prediksi.....	20
3.4.7 Deployment.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Pengumpulan Data	21
4.1.1 Data Harga Bawang Merah.....	21
4.1.2 Data Suhu	22
4.1.3 Data Kelembapan.....	22
4.2 Prapemrosesan Data	23
4.2.1 Pemeriksaan data hilang (missing values)	23
4.2.2 Dekomposisi Data	25

4.2.3 Pembagian Data	28
4.3 Pembuatan Model Tunggal	28
4.3.1 Pembuatan Model Tunggal ARIMA	28
4.3.2 Pembuatan Model Tunggal <i>ES</i>	29
4.3.3 Pembuatan Model Tunggal LSTM.....	29
4.4 Pembuatan Model <i>Hybrid</i>	30
4.4.1 Model Tren ARIMA	31
4.4.2 Model Musiman ES	32
4.4.3 Model Residual LSTM.....	32
4.5 Evaluasi Model.....	34
4.6 Prediksi.....	38
4.7 Deployment.....	40
4.7.1 Desain Sistem.....	40
4.7.2 Antarmuka Sistem.....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Analisis Gap Penelitian	6
Tabel 3.1 Parameter Uji Dekomposisi STL	17
Tabel 4.1 Dataset Sebelum Pembersihan	24
Tabel 4.2 Dataset Setelah Pembersihan	24
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Parameter Dekomposisi STL	26
Tabel 4.4 Data Komponen Tren, Musiman dan Residual	28
Tabel 4.5 Parameter ARIMA Tunggal	29
Tabel 4.6 Parameter ES	29
Tabel 4.7 Parameter LSTM	30
Tabel 4.8 Parameter Tren ARIMA	31
Tabel 4.9 Parameter Musiman Exponential Smoothing.....	32
Tabel 4.10 Parameter Residual LSTM	33
Tabel 4.11 Hasil Evaluasi Model	34
Tabel 4.12 Hasil Prediksi Harga Bawang Merah Periode 2026-2027.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Harga Bawang Merah Tahun 2013 - 2025	8
Gambar 2.2 Arsitektur LSTM	13
Gambar 3.1 Diagram Alur Tahapan Penelitian	16
Gambar 4.1 Harga Bawang Merah Periode 2013-2025	21
Gambar 4.2 Data Suhu Rata-rata di Provinsi Jawa Timur	22
Gambar 4.3 Data Kelembapan Udara Rata-rata Periode 2013-2025.....	23
Gambar 4.4 Grafik Hasil Dekomposisi STL	27
Gambar 4.5 Grafik Hasil Evaluasi Model ARIMA Tunggal.....	36
Gambar 4.6 Grafik Hasil Evaluasi Model Exponential Smoothing Tunggal	36
Gambar 4.7 Grafik Hasil Evaluasi Model LSTM Tunggal	37
Gambar 4.8 Grafik Hasil Evaluasi Model Hybrid Tanpa Variabel Eksternal	37
Gambar 4.9 Grafik Hasil Evaluasi Model Hybrid Dengan Variabel Eksternal...	38
Gambar 4.10 Grafik Visualisasi Prediksi Harga Bawang Merah	38
Gambar Lampiran 1 Use Case Diagram	48
Gambar Lampiran 2 Flow Diagram Sistem Prediksi Harga Bawang Merah ...	49
Gambar Lampiran 3 Halaman Register	50
Gambar Lampiran 4 Halaman Login	50
Gambar Lampiran 5 Halaman Data Harga	51
Gambar Lampiran 6 Halaman Data Cuaca	51
Gambar Lampiran 7 Halaman Train Testing.....	52
Gambar Lampiran 8 Halaman Hasil Prediksi	52