



SKRIPSI

PREDIKSI HARGA BAWANG MERAH DI KOTA PROBOLINGGO MENGGUNAKAN *LONG SHORT TERM MEMORY-CATBOOST* DENGAN *OPTUNA OPTIMIZATION*

RAFANI BARDATUS SALSABILAH

NPM 21081010172

DOSEN PEMBIMBING

Yisti Vita Via, S.ST., M.Kom.

Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
SURABAYA
2025**



SKRIPSI

**PREDIKSI HARGA BAWANG MERAH DI KOTA
PROBOLINGGO MENGGUNAKAN *LONG SHORT
TERM MEMORY-CATBOOST* DENGAN *OPTUNA
OPTIMIZATION***

RAFANI BARDATUS SALSABILAH
NPM 21081010172

DOSEN PEMBIMBING

Yisti Vita Via, S.ST., M.Kom.

Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
SURABAYA
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

PREDIKSI HARGA BAWANG MERAH DI KOTA PROBOLINGGO MENGUNAKAN *LONG SHORT TERM MEMORY-CATBOOST* DENGAN *OPTUNA OPTIMIZATION*

Oleh :

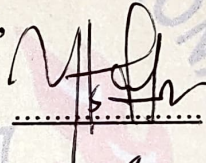
RAFANI BARDATUS SALSABILAH
NPM. 21081010172

Telah dipertahankan di hadapan dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur Pada tanggal 13 November 2025.

Menyetujui,

Yisti Vita Via, S.ST., M.Kom.

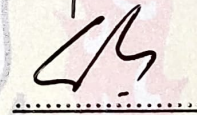
NIP. 19860425 202121 2 001



(Pembimbing I)

Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom.

NIP. 19890705 202121 2 002



(Pembimbing II)

Dr. Ir. Kartini, S.Kom., MT.

NIP. 19611110 199103 2 001



(Penguji I)

Firza Prima Aditiawan, S.Kom., MTI.

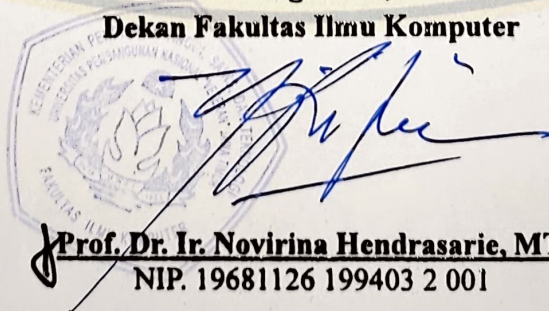
NIP. 19860523 202121 1 003



(Penguji II)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Ilmu Komputer



Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT.

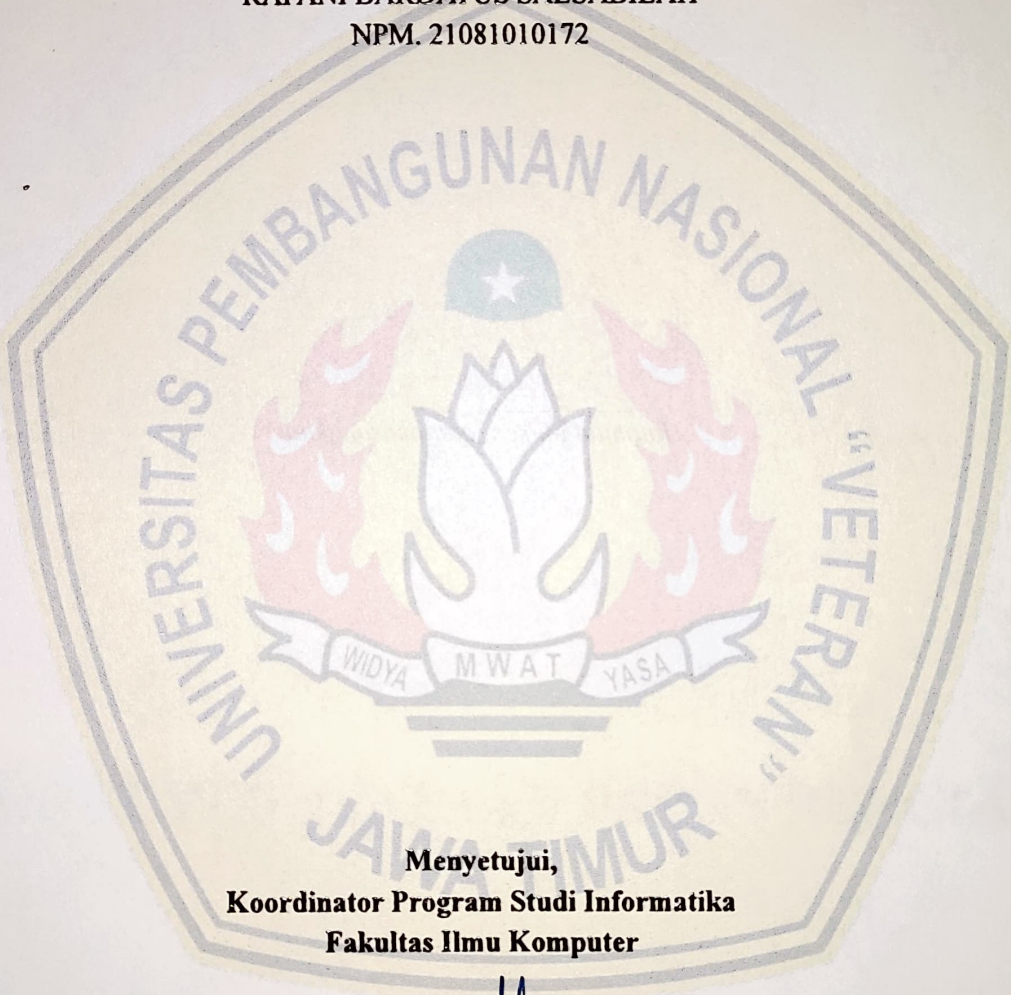
NIP. 19681126 199403 2 001

LEMBAR PERSETUJUAN

**PREDIKSI HARGA BAWANG MERAH DI KOTA PROBOLINGGO
MENGUNAKAN *LONG SHORT TERM MEMORY-CATBOOST* DENGAN
*OPTUNA OPTIMIZATION***

Oleh :

RAFANI BARDATUS SALSABILAH
NPM. 21081010172



Menyetujui,
Koordinator Program Studi Informatika
Fakultas Ilmu Komputer

Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19820211 202121 2 005

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa	: Rafani Bardatus Salsabilah
NPM	: 21081010172
Program	: Sarjana (S1)
Program Studi	: Informatika
Fakultas	: Ilmu Komputer

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 29 November 2025
Yang Membuat Pernyataan,



Rafani Bardatus Salsabilah
NPM. 21081010172

ABSTRAK

Nama mahasiswa / NPM : Rafani Bardatus Salsabilah / 21081010172
Judul Skripsi : Prediksi Harga Bawang Merah di Kota Probolinggo
Menggunakan *Long Short Term Memory-CatBoost*
dengan *Optuna Optimization*
Dosen Pembimbing : 1. Yisti Vita Via, S.ST., M.Kom.
2. Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom.

Indonesia memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah, salah satunya pada sektor pertanian dengan subsektor hortikultura. Bawang merah merupakan komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi yang sering mengalami fluktuasi harga, termasuk di Kota Probolinggo yang merupakan salah satu sentra produksi bawang merah terbesar di Jawa Timur. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan prediksi terhadap harga bawang merah di Kota Probolinggo menggunakan model berbasis *machine learning* dengan menggabungkan arsitektur *Long Short-Term Memory* (LSTM) yang memiliki keunggulan dalam mengelola data numerik dan *CatBoost* yang mampu menangani data kategorikal. Kedua model tersebut dioptimasi menggunakan *Optuna Optimization* untuk meningkatkan performa prediksi. Data penelitian mencakup variabel waktu, harga, produksi, curah hujan, inflasi, indeks harga konsumen (IHK), dan musim, dengan periode data Januari 2020 - Desember 2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model LSTM-*CatBoost* dengan optimasi *Optuna* menghasilkan nilai MAE sebesar 0.017381, RMSE sebesar 0.029236, MAPE sebesar 6%, dan R^2 sebesar 0.956387. Model ini terbukti mampu menangkap pola fluktuasi harga dengan akurasi tinggi serta berpotensi menjadi alat bantu analisis bagi pemerintah daerah dalam mendukung kebijakan stabilisasi harga bawang merah di Kota Probolinggo.

Kata kunci: Prediksi harga, bawang merah, LSTM, *CatBoost*, *Optuna*, *hyperparameter tuning*.

ABSTRACT

Student Name / NPM : Rafani Bardatus Salsabilah / 21081010172
Thesis Title : Price Prediction of Shallots in Probolinggo City
Using Long Short Term Memory-CatBoost with
Optuna Optimization
Advisor : 1. Yisti Vita Via, S.ST., M.Kom.
2. Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom.

Indonesia has abundant natural resources, one of which lies in the agricultural sector, particularly the horticultural subsector. Shallots are a high-value horticultural commodity that often experience price fluctuations, including in Probolinggo City, which is one of the largest shallot production centers in East Java. This study aims to develop a shallot price prediction model based on machine learning by combining the Long Short-Term Memory (LSTM) architecture, which excels in processing numerical data, and CatBoost, which effectively handles categorical data. Both models were optimized using Optuna Optimization to improve predictive performance. The dataset includes variables such as time, price, production, rainfall, inflation, consumer price index (CPI), and season, covering the period from January 2020 to December 2024. The results show that the LSTM-CatBoost model optimized with Optuna achieved an MAE of 0.017381, RMSE of 0.029236, MAPE of 6%, and R^2 of 0.956387. This indicates that the optimized LSTM-CatBoost model can effectively capture price fluctuation patterns with high accuracy and has the potential to serve as an analytical tool for local government agencies in supporting shallot price stabilization policies in Probolinggo City.

Keywords: Price prediction, shallot, LSTM, CatBoost, Optuna, hyperparameter tuning.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul **“Prediksi Harga Bawang Merah di Kota Probolinggo Menggunakan *Long Short Term Memory-CatBoost* dengan *Optuna Optimization*”**. Penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat penunjang dalam menyelesaikan masa perkuliahan untuk meraih gelar Sarjana Komputer pada Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Perjalanan yang penulis tempuh selama masa perkuliahan tentu tidaklah mudah. Sering kali penulis merasakan lelah, ragu, serta tekanan dalam proses penyelesaian studi ini. Namun, di antara berbagai tantangan tersebut, penulis bersyukur dikelilingi oleh orang-orang luar biasa yang senantiasa memberikan semangat, bimbingan, serta masukan yang sangat berarti. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom., selaku Koordinator Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Yisti Vita Via, S.ST., M.Kom., selaku Dosen Wali sekaligus Dosen Pembimbing I, yang senantiasa memberikan bimbingan, dukungan, serta masukan berharga sehingga penulis dapat menyelesaikan masa studi dan penelitian ini dengan baik.
4. Ibu Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing II, yang selalu meluangkan waktu untuk memberikan arahan, masukan, serta dukungan hingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan lancar.
5. Bapak Andreas Nugroho Sihananto, S.Kom., M.Kom., selaku PIC Skripsi Program Studi Informatika.

6. Ibu Dr. Ir. Kartini, S.Kom., MT., selaku Dosen Penguji I, atas bimbingan dan saran yang diberikan selama proses sidang skripsi sehingga penulis memahami kekurangan yang terdapat pada penelitian dan melakukan perbaikan terhadap kekurangan tersebut.
7. Bapak Firza Prima Aditiawan, S.Kom., MTL., selaku Dosen Penguji II, atas arahan, bimbingan, dan saran yang diberikan kepada penulis sehingga penulis menyadari akan kekurangan atas penelitian dan mampu memperbaiki hal tersebut dengan baik.
8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, yang telah memberikan ilmu, wawasan, serta pengalaman berharga selama penulis menempuh pendidikan.
9. Mama, Papa, Adik, serta seluruh keluarga besar, yang selalu memberikan dukungan, doa, dan kekuatan tanpa henti dalam setiap langkah perjalanan hidup penulis hingga mampu menyelesaikan studi dengan lancar.
10. Mbak Farra, Mbak Nabila, dan rekan-rekan lainnya yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, serta menjadi tempat berbagi cerita sejak awal proses pengembangan diri hingga saat ini.
11. Seluruh sahabat dan teman-teman penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas segala dukungan, kebersamaan, serta nasihat yang membantu penulis dalam menghadapi berbagai kesulitan selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa penelitian yang berjudul **“Prediksi Harga Bawang Merah di Kota Probolinggo Menggunakan *Long Short Term Memory-CatBoost* dengan *Optuna Optimization*”** ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang. Besar harapan penulis agar penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta pihak-pihak yang berkepentingan.

Surabaya, 13 November 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	1
DAFTAR TABEL	5
BAB I PENDAHULUAN.....	6
1.1 Latar Belakang	6
1.2 Rumusan Masalah	10
1.3 Tujuan Penelitian.....	11
1.4 Manfaat Penelitian.....	11
1.5 Batasan Masalah.....	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1 Penelitian Terdahulu	13
2.2 Landasan Teori	16
2.2.1 Komoditas Hortikultura : Bawang Merah	16
2.2.2 Prediksi Harga	17
2.2.3 <i>Machine Learning</i> (ML)	18
2.2.4 <i>Recurrent Neural Network</i> (RNN)	19
2.2.5 <i>Gradient Boosting Decision Tree</i> (GBDT).....	23
2.2.6 <i>Optuna Optimization</i>	26
2.2.7 <i>Pre-processing Data</i>	27
2.2.8 <i>Sliding Window</i>	32
2.2.9 <i>Splitting Data</i>	33
2.2.10 <i>Hyperparameter</i>	34
2.2.11 Evaluasi Model Prediksi	34
BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM	35
3.1 Tahapan Penelitian	35
3.2 Studi Literatur	36
3.3 Pengumpulan Data	37
3.3.1 Sumber Data	37

3.3.2	Variabel Penelitian	37
3.4	<i>Pre-processing</i> Data	38
3.4.1	<i>Input</i> Data	39
3.4.2	Penyelarasan Frekuensi dan Sinkronisasi Data	40
3.4.3	Pembersihan Data	42
3.4.4	Normalisasi Data	44
3.5	<i>Sliding Window</i>	45
3.6	<i>Splitting</i> Data.....	46
3.7	Perancangan Model LSTM-CatBoost dengan Optimasi <i>Optuna</i>	47
3.7.1	Penetapan dan Optimasi <i>Hyperparameter</i>	48
3.7.2	Perancangan Arsitektur Model LSTM	51
3.7.3	Perancangan Arsitektur Model <i>CatBoost Regressor</i>	56
3.8	Skenario Pengujian.....	60
3.9	Evaluasi Performa Model	62
3.10	Implementasi <i>User Interface</i> Model LSTM-CatBoost dengan Optimasi <i>Optuna</i>	62
3.10.1	Desain dan Fungsionalitas <i>User Interface</i> (UI).....	63
3.10.2	Integrasi <i>Backend</i> menggunakan <i>Flask API</i>	65
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		67
4.1	Persiapan <i>Dataset</i>	67
4.2	<i>Pre-processing</i> Data	68
4.2.1	<i>Input</i> Data	68
4.2.2	Penyelarasan Frekuensi dan Sinkronisasi Data	71
4.2.3	Pembersihan Data	74
4.2.4	Normalisasi Data	76
4.3	<i>Sliding Window</i>	77
4.4	<i>Splitting</i> Data.....	79
4.5	Pengembangan Model LSTM-CatBoost dengan Optimasi <i>Optuna</i>	80
4.5.1	Inisialisasi <i>Hyperparameter</i> pada Model LSTM-CatBoost dengan Optimasi <i>Optuna</i>	81
4.5.2	Pelatihan Model LSTM-CatBoost dengan Optimasi <i>Optuna</i>	83
4.6	Hasil Pengujian Model LSTM-CatBoost dengan Optimasi <i>Optuna</i>	88
4.6.1	Skenario Pengujian Rasio <i>Split</i> Data.....	89
4.6.2	Skenario Pengujian Jumlah <i>Unit</i> Model LSTM	97
4.6.3	Skenario Pengujian <i>Learning Rate</i> Model LSTM.....	106
4.6.4	Skenario Pengujian <i>Learning Rate</i> Model <i>CatBoost</i>	114

4.6.5	Skenario Pengujian <i>Depth</i> Model <i>CatBoost</i>	124
4.7	Evaluasi Performa Model	133
4.7.1	Evaluasi Performa Model LSTM.....	133
4.7.2	Evaluasi Performa Model LSTM- <i>CatBoost</i>	136
4.7.3	Evaluasi Performa Model LSTM- <i>CatBoost</i> dengan Optimasi <i>Optuna</i>	138
4.7.4	Analisis Perbandingan Evaluasi Model.....	141
4.8	Implementasi <i>User Interface</i> Model <i>LSTM-CatBoost</i> dengan Optimasi <i>Optuna</i>	143
4.9	Analisis Nilai Prediksi Harga Bawang Merah di Kota Probolinggo Menggunakan <i>User Interface</i> Model <i>LSTM-CatBoost</i> dengan Optimasi <i>Optuna</i> berbasis <i>Website</i>	146
BAB V PENUTUP.....		151
5.1	Kesimpulan	151
5.2	Saran	152
DAFTAR PUSTAKA		153
LAMPIRAN		158

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur model <i>Recurrent Neural Network</i> (RNN) [30].....	19
Gambar 2.2 Arsitektur <i>hidden layer</i> pada model <i>Long Short Term Memory</i> (LSTM) [31]	20
Gambar 2.3 Arsitektur model <i>Gradient Boosting Decision Tree</i> (GBDT) [32]	23
Gambar 2.4 Arsitektur pohon keputusan pada model <i>Categorical Boosting</i> (CatBoost) [33]	24
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> tahapan penelitian	35
Gambar 3.2 <i>Flowchart pre-processing</i> data	39
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> model LSTM-CatBoost dengan optimasi <i>Optuna</i>	47
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> model <i>Optuna hyperparameter search</i>	50
Gambar 3.5 <i>Flowchart</i> model LSTM.....	52
Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> model CatBoost.....	57
Gambar 3.7 <i>Wireframe website section</i> unggah <i>dataset</i> yang digunakan untuk menghasilkan nilai prediksi.....	63
Gambar 3.8 <i>Wireframe website section</i> nilai hasil prediksi yang telah terproses oleh model di <i>backend</i>	64
Gambar 3.9 Integrasi <i>backend</i> pada model LSTM-CatBoost dengan optimasi <i>Optuna</i> ...	65
Gambar 4.1 <i>Dataset</i> prediksi harga bawang merah dengan periode Januari 2020 - Desember 2024	67
Gambar 4.2 Beberapa deret baris awal <i>dataset</i>	69
Gambar 4.3 Hasil inisialisasi kolom <i>dataset</i> serta konversi tipe data variabel	71
Gambar 4.4 Hasil dari proses penyesuaian frekuensi dan sinkronisasi data	74
Gambar 4.5 Hasil dari proses pembersihan data.....	76
Gambar 4.6 Hasil dari proses normalisasi data	77
Gambar 4.7 Hasil dari proses pembentukan <i>sliding window</i>	78
Gambar 4.8 Hasil dari proses <i>splitting data</i>	80
Gambar 4.9 Grafik <i>train loss</i> model LSTM-CatBoost pada pengujian rasio <i>split</i> data 90:10	90
Gambar 4.10 Evaluasi performa model LSTM-CatBoost pada pengujian rasio <i>split</i> data 90:10	91
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi pada pengujian rasio <i>split</i> data 90:10	91
Gambar 4.12 Grafik <i>train loss</i> model LSTM-CatBoost pada pengujian rasio <i>split</i> data 80:20	92

Gambar 4.13 Evaluasi performa model LSTM-CatBoost pada pengujian rasio <i>split</i> data 80:20	93
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi pada pengujian rasio <i>split</i> data 80:20	93
Gambar 4.15 Grafik <i>train loss</i> model LSTM-CatBoost pada pengujian rasio <i>split</i> data 70:30	94
Gambar 4.16 Evaluasi performa model LSTM-CatBoost pada pengujian rasio <i>split</i> data 80:20	95
Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi pada pengujian rasio <i>split</i> data 80:20	95
Gambar 4.18 Grafik <i>train loss</i> model LSTM-CatBoost pada pengujian jumlah <i>unit</i> 32 - 64 <i>interval</i> 4	98
Gambar 4.19 Evaluasi performa model LSTM-CatBoost pada pengujian jumlah <i>unit</i> 32 - 64 <i>interval</i> 4	99
Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi pada pengujian jumlah <i>unit</i> 32 - 64 <i>interval</i> 4	99
Gambar 4.21 Grafik <i>train loss</i> model LSTM-CatBoost pada pengujian jumlah <i>unit</i> 64 - 128 <i>interval</i> 8	100
Gambar 4.22 Evaluasi performa model LSTM-CatBoost pada pengujian jumlah <i>unit</i> 64 - 128 <i>interval</i> 8	101
Gambar 4.23 Grafik Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi pada pengujian jumlah <i>unit</i> 64 - 128 <i>interval</i> 8	101
Gambar 4.24 Grafik <i>train loss</i> model LSTM-CatBoost pada pengujian jumlah <i>unit</i> 128 - 256 <i>interval</i> 16	102
Gambar 4.25 Evaluasi performa model LSTM-CatBoost pada pengujian jumlah <i>unit</i> 128 - 256 <i>interval</i> 16	103
Gambar 4.26 Grafik Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi pada pengujian jumlah <i>unit</i> 128 - 256 <i>interval</i> 16	104
Gambar 4.27 Grafik <i>train loss</i> model LSTM-CatBoost pada pengujian <i>learning rate</i> 0.00001 - 0.0001	107
Gambar 4.28 Evaluasi performa model LSTM-CatBoost pada pengujian <i>learning rate</i> 0.00001 - 0.0001	107
Gambar 4.29 Grafik Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi pada pengujian <i>learning rate</i> 0.00001 - 0.0001	108

Gambar 4.30 Grafik <i>train loss</i> model LSTM-CatBoost pada pengujian <i>learning rate</i> LSTM 0.0001 - 0.001	109
Gambar 4.31 Evaluasi performa model LSTM-CatBoost pada pengujian <i>learning rate</i> 0.0001 - 0.001	109
Gambar 4.32 Grafik Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi pada pengujian <i>learning rate</i> 0.0001 - 0.001	110
Gambar 4.33 Grafik <i>train loss</i> model LSTM-CatBoost pada pengujian <i>learning rate</i> 0.001 - 0.01	111
Gambar 4.34 Evaluasi performa model LSTM-CatBoost pada pengujian <i>learning rate</i> 0.001 - 0.01	111
Gambar 4.35 Grafik Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi pada <i>learning rate</i> 0.001 - 0.01	112
Gambar 4.36 Grafik <i>train loss</i> model LSTM-CatBoost pada pengujian <i>learning rate</i> 0.01 - 0.02	115
Gambar 4.37 Evaluasi performa model LSTM-CatBoost pada pengujian <i>learning rate</i> CatBoost 0.01 - 0.02	116
Gambar 4.38 Grafik Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi pada pengujian <i>learning rate</i> 0.01 - 0.02	117
Gambar 4.39 Grafik <i>train loss</i> model LSTM-CatBoost pada pengujian <i>learning rate</i> 0.02 - 0.1	118
Gambar 4.40 Evaluasi performa model LSTM-CatBoost pada pengujian <i>learning rate</i> CatBoost 0.02 - 0.1	118
Gambar 4.41 Grafik Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi pada pengujian <i>learning rate</i> 0.02 - 0.1	119
Gambar 4.42 Grafik <i>train loss</i> model LSTM-CatBoost pada pengujian <i>learning rate</i> 0.1 - 0.2	120
Gambar 4.43 Evaluasi performa model LSTM-CatBoost pada pengujian <i>learning rate</i> 0.1 - 0.2.....	121
Gambar 4.44 Grafik Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi pada <i>learning rate</i> 0.1 - 0.2	122
Gambar 4.45 Grafik <i>train loss</i> model LSTM-CatBoost pada pengujian <i>depth</i> 1 - 5.....	125
Gambar 4.46 Evaluasi performa model LSTM-CatBoost pada pengujian <i>depth</i> 1 - 5....	126
Gambar 4.47 Grafik Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi pada pengujian <i>depth</i> 1 - 5	127
Gambar 4.48 Grafik <i>train loss</i> model LSTM-CatBoost pada pengujian <i>depth</i> 6 - 10.....	128

Gambar 4.49 Evaluasi performa model LSTM- <i>CatBoost</i> pada pengujian <i>depth</i> 6 - 10..	128
Gambar 4.50 Grafik Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi pada pengujian <i>depth CatBoost</i> 6 - 10	129
Gambar 4.51 Grafik <i>train loss</i> model LSTM- <i>CatBoost</i> pada pengujian <i>depth</i> 11 - 15...	130
Gambar 4.52 Evaluasi performa model LSTM- <i>CatBoost</i> pada pengujian <i>depth</i> 11 - 15	130
Gambar 4.53 Grafik Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi pada <i>depth CatBoost</i> 11 - 15	131
Gambar 4.54 Grafik <i>train loss</i> evaluasi model LSTM	134
Gambar 4.55 Evaluasi performa model LSTM	134
Gambar 4.56 Grafik Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi Model LSTM.....	135
Gambar 4.57 Grafik <i>train loss</i> evaluasi model LSTM- <i>CatBoost</i>	136
Gambar 4.58 Evaluasi performa model LSTM- <i>CatBoost</i>	137
Gambar 4.59 Grafik Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi Model LSTM- <i>CatBoost</i> ..	137
Gambar 4.60 Grafik <i>train loss</i> model LSTM- <i>CatBoost</i> dengan optimasi <i>Optuna</i>	139
Gambar 4.61 Evaluasi performa model LSTM- <i>CatBoost</i> dengan <i>Optuna</i>	139
Gambar 4.62 Grafik Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi model LSTM- <i>CatBoost</i> dengan optimasi <i>Optuna</i>	140
Gambar 4.63 Perbandingan Harga Aktual vs Prediksi dari setiap Model	142
Gambar 4.64 Halaman utama <i>website</i> prediksi HarBaPro Forecast	144
Gambar 4.65 Halaman <i>website</i> yang menampilkan grafik nilai prediksi.....	144
Gambar 4.66 Halaman <i>website</i> yang menampilkan tabel nilai prediksi harga 60 hari ke depan dari periode waktu pada <i>dataset</i>	145
Gambar 4.67 Kerangka <i>dataset</i> yang digunakan pada proses analisis model prediksi ...	146
Gambar 4.68 Tampilan grafik nilai prediksi pada halaman <i>website</i> yang digunakan untuk proses analisis nilai prediksi terhadap performa model LSTM- <i>CatBoost</i> dengan optimasi <i>Optuna</i>	147
Gambar 4.69 Tampilan halaman pertama tabel nilai prediksi pada halaman <i>website</i> yang digunakan untuk proses analisis nilai prediksi terhadap performa model LSTM- <i>CatBoost</i> dengan optimasi <i>Optuna</i>	148

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis dan fungsi <i>hyperparameter</i> terhadap performa model	34
Tabel 3.1 Jenis, frekuensi, dan sumber data penelitian	38
Tabel 3.2 Kerangka awal <i>dataset</i>	39
Tabel 3.3 <i>Sample dataset</i> sebelum proses penyelarasan frekuensi dan sinkronisasi waktu	40
Tabel 3.4 <i>Sample dataset</i> setelah proses penyelarasan frekuensi dan sinkronisasi waktu	40
Tabel 3.5 Pola estimatif periode aktivitas musim tanam dan panen	41
Tabel 3.6 Representasi pola estimatif pada variabel musim	42
Tabel 3.7 <i>Sample data</i> pada variabel curah hujan sebelum proses pembersihan data	43
Tabel 3.8 <i>Sample data</i> pada variabel curah hujan setelah proses pembersihan data	43
Tabel 3.9 <i>Sample data</i> pada variabel harga bawang merah sebelum proses normalisasi data	44
Tabel 3.10 <i>Sample data</i> pada variabel harga bawang merah setelah proses normalisasi	45
Tabel 3.11 <i>Sample</i> hasil transformasi <i>sliding window</i> pada variabel harga bawang merah	46
Tabel 3.12 <i>Sample data</i> untuk perhitungan model LSTM	54
Tabel 3.13 Nilai bobot, bobot <i>hidden</i> u dan bias untuk perhitungan nilai gate hidden layer model LSTM.....	54
Tabel 3.14 <i>Sample data</i> untuk perhitungan model <i>CatBoost</i>	58
Tabel 3.15 <i>Sample data</i> musim dengan label “Hujan” untuk perhitungan model <i>CatBoost</i>	59
Tabel 3.16 Ruang pencarian <i>hyperparameter</i> yang digunakan oleh <i>Optuna</i>	61
Tabel 4.1 Ringkasan variabel pada <i>dataset</i>	68
Tabel 4.2 Ringkasan hasil evaluasi performa model pada skenario pengujian rasio <i>split</i> data	96
Tabel 4.3 Ringkasan hasil evaluasi performa model pada skenario pengujian jumlah <i>unit</i> model LSTM.....	104
Tabel 4.4 Ringkasan hasil evaluasi performa model pada skenario pengujian <i>learning rate</i> model LSTM.....	113
Tabel 4.5 Ringkasan hasil evaluasi performa model pada skenario pengujian <i>learning rate</i> model <i>CatBoost</i>	122
Tabel 4.6 Ringkasan hasil evaluasi performa model pada skenario pengujian <i>depth</i> model <i>CatBoost</i>	132
Tabel 4.7 Ringkasan hasil evaluasi performa model.....	141