

**PENERAPAN MODEL HIBRIDA CEEMDAN-LSTM PADA PREDIKSI
HARGA KOMODITAS PANGAN STRATEGIS HORTIKULTURA DI
INDONESIA**



**KRISTO JOSUA SIMANGUNSONG
NIM. 2110511111**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAKARTA
2026**

**PENERAPAN MODEL HIBRIDA CEEMDAN-LSTM PADA PREDIKSI
HARGA KOMODITAS PANGAN STRATEGIS HORTIKULTURA DI
INDONESIA**

**KRISTO JOSUA SIMANGUNSONG
NIM. 2110511111**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Komputer**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAKARTA
2026**

PERNYATAAN ORISINALITAS

PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas akhir ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Kristo Josua Simangunsong
NIM : 2110511111
Tanggal : 29 Juli 2026
Judul Skripsi : Penerapan Model Hibrida CEEMDAN-LSTM pada Prediksi Harga Komoditas Pangan Strategis Hortikultura di Indonesia

Bilamana pada kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 29 Juli 2026

Yang menyatakan,



Kristo Josua Simangunsong

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kristo Josua Simangunsong
NIM : 2110511111
Fakultas : Ilmu Komputer
Program Studi : S-1 Informatika

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan karya ilmiah saya kepada Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) untuk publikasi dengan judul:

PENERAPAN MODEL HIBRIDA CEEMDAN-LSTM PADA PREDIKSI HARGA KOMODITAS PANGAN STRATEGIS HORTIKULTURA DI INDONESIA

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta berhak menyimpan, mengalih media atau memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan artikel ilmiah selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Dengan pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 29 Juli 2026
Yang menyatakan,



Kristo Josua Simangunsong

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : PENERAPAN MODEL HIBRIDA CEEMDAN-LSTM PADA
PREDIKSI HARGA KOMODITAS PANGAN STRATEGIS
HORTIKULTURA DI INDONESIA
Nama : Kristo Josua Simangunsong
NIM : 2110511111
Program Studi : S1 Informatika

Disetujui oleh:

Penguji 1:
Muhammad Adrezo, S.Kom., M.Sc

Penguji 2:
Kharisma Wiati Gusti, S.T., M.T.

Pembimbing 1:
Dr. Nurul Chamidah, S.Kom., M.Kom.

Pembimbing 2:
Nurul Afifah Arifuddin, S.Pd., M.T.

Diketahui oleh:

Koordinator Program Studi:
Dr. Ridwan Raafi'udin, S.Kom., M.Kom.
NIP. 198805022021211001

Dekan Fakultas Ilmu Komputer:
Prof. Dr. Ir. Supriyanto, S.T., M.Sc., IPM
NIP. 197605082003121002

Tanggal Ujian Tugas Akhir:
20 Juli 2026

PENERAPAN MODEL HIBRIDA CEEMDAN-LSTM PADA PREDIKSI HARGA KOMODITAS PANGAN STRATEGIS HORTIKULTURA DI INDONESIA

KRISTO JOSUA SIMANGUNSONG

ABSTRAK

Penelitian ini mengusulkan model prediksi harga komoditas hortikultura, yaitu bawang merah, bawang putih, cabai merah, dan cabai rawit yang mengombinasikan metode *Complete Ensemble Empirical Mode Decomposition with Adaptive Noise* (CEEMDAN) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM). CEEMDAN memecah data harga menjadi beberapa komponen *Intrinsic Mode Function* (IMF) dan satu residual, memisahkan pola frekuensi tinggi yang acak dari tren frekuensi rendah yang lebih stabil, sehingga kualitas data input meningkat. Setiap komponen kemudian diprediksi secara independen menggunakan LSTM sebelum direkonstruksi menjadi prediksi harga akhir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model CEEMDAN-LSTM memberikan performa prediksi yang lebih baik dibandingkan model LSTM pada seluruh komoditas, ditunjukkan oleh penurunan nilai MAE, RMSE, dan MAPE serta peningkatan nilai R^2 . Dibandingkan model LSTM standar, pendekatan hibrida CEEMDAN-LSTM secara konsisten menurunkan MAE sebesar 7,28% hingga 48,37%, RMSE sebesar 19,37% hingga 52,02%, dan MAPE sebesar 4,17% hingga 47,83%. Model juga diimplementasikan untuk menghasilkan prediksi harga 14 hari ke depan menggunakan *recursive prediction* dengan *prediction interval* 95%. Pendekatan ini menawarkan wawasan yang berharga bagi petani dan pembuat kebijakan, tetapi juga berpotensi menjadi alat bantu pengambilan keputusan yang efektif di bidang agribisnis.

Kata Kunci: komoditas hortikultura, prediksi harga, deret waktu, CEEMDAN, LSTM

PENERAPAN MODEL HIBRIDA CEEMDAN-LSTM PADA PREDIKSI HARGA KOMODITAS PANGAN STRATEGIS HORTIKULTURA DI INDONESIA

KRISTO JOSUA SIMANGUNSONG

ABSTRACT

This study proposes a hybrid forecasting model for the prices of strategic horticultural commodities, namely shallots, garlic, red chili peppers, and cayenne peppers, by integrating Complete Ensemble Empirical Mode Decomposition with Adaptive Noise (CEEMDAN) and Long Short-Term Memory (LSTM). CEEMDAN decomposes the price series into several Intrinsic Mode Functions (IMFs) and one residual component, separating high-frequency irregular fluctuations from more stable low-frequency trends, thereby improving the quality of the input data. Each decomposed component is then independently predicted using an LSTM model before being reconstructed to obtain the final price forecast. The results demonstrate that the proposed CEEMDAN-LSTM model consistently outperforms the conventional LSTM model across all commodities, as indicated by lower MAE, RMSE, and MAPE values, along with higher R^2 values. Compared with the standard LSTM model, the proposed hybrid approach reduces MAE by 7.28%–48.37%, RMSE by 19.37%–52.02%, and MAPE by 4.17%–47.83%. Furthermore, the model is employed to generate 14-day-ahead price forecasts using a recursive prediction strategy with a 95% prediction interval to quantify forecasting uncertainty. The proposed approach provides valuable insights for farmers and policymakers while also serving as an effective decision-support tool for agribusiness.

Keywords: *horticultural commodities, price prediction, time series, CEEMDAN, LSTM*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih karunia dan penyertaan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penerapan Model Hibrida CEEMDAN-LSTM pada Prediksi Harga Komoditas Pangan Strategis Hortikultura di Indonesia” dengan baik. Skripsi ini merupakan sebuah rancangan penelitian yang disusun penulis untuk menyelesaikan studi di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta.

Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis menerima banyak dukungan dan dorongan, baik secara moral maupun material, dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, terutama kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga besar penulis. Terima kasih telah memberikan kepercayaan serta tidak pernah lelah memberikan dukungan penuh bagi penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Supriyanto, S.T., M.Sc., IPM selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta yang telah memberikan kesempatan dan dukungan dalam proses akademik.
3. Bapak Dr. Ridwan Raafi’udin, S.Kom, M.Kom. selaku Koordinator Program Studi Informatika. Terima kasih atas motivasi serta ilmu yang telah Bapak berikan kepada penulis.
4. Ibu Dr. Nurul Chamidah, S.Kom, M.Kom. dan Ibu Nurul Afifah Arifuddin, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing dalam penyusunan skripsi penulis. Terima kasih atas bimbingan, arahan, waktu luang, dan ilmu yang telah Ibu berikan selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
5. Seluruh dosen Informatika Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta. Terima kasih atas waktu dan ilmu yang telah Bapak dan Ibu berikan selama penulis menempuh studi di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta.
6. Rekan-rekan penulis dalam Program Studi Informatika atas dukungan sejak awal perkuliahan hingga saat ini, serta seluruh pihak yang selalu membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Secara khusus, penulis mengucapkan terima kasih kepada The Pikmi dan I'm Kenough selaku kelompok pertemanan penulis yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, semangat, serta kebersamaan selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas segala bantuan, doa, dan motivasi yang telah diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan di masa mendatang. Penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Jakarta, Juli 2026

Kristo Josua Simangunsong

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR RUMUS.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Kajian Teoretis.....	6
2.1.1. Komoditas Pangan Strategis.....	6
2.1.2. Fluktuasi Harga Komoditas Pangan	6
2.1.3. Prediksi (<i>Forecasting</i>)	7
2.1.4. Deret Waktu (<i>Time Series</i>).....	8
2.1.5. <i>Brock-Dechert-Scheinkman</i> (BDS)	8
2.1.6. <i>Pre-processing</i>	9
2.1.6.1. Pembagian Data.....	10
2.1.6.2. Transformasi Data	10
2.1.6.3. <i>Data Cleaning</i>	10
2.1.6.4. <i>Missing Value</i>	10
2.1.6.5. Normalisasi Data	11
2.1.7. Denormalisasi Data	12

2.1.8. <i>Long Short-Term Memory (LSTM)</i>	12
2.1.8.1. Mekanisme Kerja LSTM.....	14
2.1.9. <i>Intrinsic Mode Function (IMF)</i>	18
2.1.10. <i>Complete Ensemble Empirical Mode Decomposition with Adaptive Noise (CEEMDAN)</i>	18
2.1.11. <i>Recursive Prediction</i>	20
2.1.12. <i>Prediction Interval</i>	21
2.1.13. Evaluasi Performa	22
2.1.13.1. <i>Mean Absolute Error (MAE)</i>	22
2.1.13.2. <i>Root Mean Squared Error (RMSE)</i>	22
2.1.13.3. <i>Mean Absolute Percentage Error (MAPE)</i>	23
2.1.13.4. <i>R-squared (R²)</i>	23
2.2. Penelitian Terdahulu	24
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	29
3.1. Tahapan Penelitian.....	29
3.1.1. Identifikasi Masalah	29
3.1.2. Studi Literatur.....	30
3.1.3. Pengumpulan Data	30
3.1.4. <i>Preprocessing</i>	31
3.1.4.1. Pembagian Data.....	31
3.1.4.2. Transformasi Data	31
3.1.4.3. <i>Data Cleaning</i>	32
3.1.4.4. Penanganan <i>Missing Value</i>	32
3.1.5. Analisis Karakteristik Data	32
3.1.6. Dekomposisi Data CEEMDAN.....	33
3.1.7. Normalisasi Data	33
3.1.8. Pemodelan CEEMDAN-LSTM	33
3.1.9. Evaluasi Kinerja Model.....	35
3.1.10. <i>Recursive Prediction</i>	35
3.2. Perangkat Penelitian	36
3.2.1. Perangkat Keras.....	36
3.2.2. Perangkat Lunak.....	36
3.3. Jadwal Penelitian	36
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Pengumpulan Data.....	38

4.2. <i>Preprocessing</i>	38
4.2.1. Pembagian Data.....	38
4.2.2. Transformasi Data	39
4.2.3. <i>Data Cleaning</i>	39
4.2.4. Penanganan <i>Missing Value</i>	40
4.3. Analisis Karakteristik Data.....	42
4.3.1. Visualisasi Data	42
4.3.2. Statistik Deskriptif.....	43
4.3.3. Uji Linieritas (<i>Brock-Dechert-Scheinkman</i>).....	46
4.4. Dekomposisi & Normalisasi.....	47
4.4.1. Dekomposisi CEEMDAN	47
4.4.2. Normalisasi <i>Z-Score</i>	50
4.5. Skenario Pengujian.....	52
4.5.1. Skenario Pengujian Bawang Merah	52
4.5.1.1. Pengujian <i>Hidden Layer</i>	52
4.5.1.2. Pengujian <i>Units</i>	53
4.5.1.3. Pengujian <i>Time Steps</i>	53
4.5.1.4. Pengujian <i>Epoch</i>	54
4.5.1.5. Pengujian <i>Batch Size</i>	55
4.5.1.6. Pengujian <i>Dropout</i>	55
4.5.2. Skenario Pengujian Bawang Putih	56
4.5.2.1. Pengujian <i>Hidden Layer</i>	56
4.5.2.2. Pengujian <i>Units</i>	56
4.5.2.3. Pengujian <i>Time Steps</i>	57
4.5.2.4. Pengujian <i>Epoch</i>	57
4.5.2.5. Pengujian <i>Batch Size</i>	58
4.5.2.6. Pengujian <i>Dropout</i>	58
4.5.3. Skenario Pengujian Cabai Merah	59
4.5.3.1. Pengujian <i>Hidden Layer</i>	59
4.5.3.2. Pengujian <i>Units</i>	60
4.5.3.3. Pengujian <i>Time Steps</i>	60
4.5.3.4. Pengujian <i>Epoch</i>	61
4.5.3.5. Pengujian <i>Batch Size</i>	61
4.5.3.6. Pengujian <i>Dropout</i>	62
4.5.4. Skenario Pengujian Cabai Rawit.....	63

4.5.4.1. Pengujian <i>Hidden Layer</i>	63
4.5.4.2. Pengujian <i>Units</i>	63
4.5.4.3. Pengujian <i>Time Steps</i>	64
4.5.4.4. Pengujian <i>Epoch</i>	64
4.5.4.5. Pengujian <i>Batch Size</i>	65
4.5.4.6. Pengujian <i>Dropout</i>	65
4.6. Evaluasi Kinerja Model	66
4.6.1. Hasil Evaluasi Komoditas Bawang Merah	66
4.6.2. Hasil Evaluasi Komoditas Bawang Putih	70
4.6.3. Hasil Evaluasi Komoditas Cabai Merah	72
4.6.4. Hasil Evaluasi Komoditas Cabai Rawit	73
4.7. Perbandingan Model CEEMDAN-LSTM dengan LSTM	74
4.8. <i>Recursive Prediction</i> untuk <i>Multi-Step Forecasting</i>	76
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	80
5.1. Kesimpulan	80
5.2. Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Sepuluh Besar Komoditas Penyumbang Inflasi Nasional Tahun 2025 (Santika 2026).....	2
Gambar 2.1 Grafik Fluktuasi Harga Rata-rata Bulanan Komoditas Pangan Hortikultura Periode Januari 2020 – Desember 2025	7
Gambar 2.2 Arsitektur RNN (Donges 2024).....	12
Gambar 2.3 Arsitektur LSTM (Bukaita <i>et al.</i> 2025)	13
Gambar 2.4 Ilustrasi Stuktur Internal <i>Cell</i> LSTM (Franzese <i>et al.</i> 2025).....	13
Gambar 2.5 Fungsi Aktivasi Sigmoid (Akbar <i>et al.</i> 2023).....	14
Gambar 2.6 Fungsi Aktivasi Tanh (Akbar <i>et al.</i> 2023)	15
Gambar 2.7 Tahapan proses LSTM (Liu <i>et al.</i> 2023)	15
Gambar 2.8 Diagram Alir CEEMDAN-LSTM	20
Gambar 2.9 Tahapan <i>Recursive Prediction</i>	20
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian.....	29
Gambar 4.1 Grafik Pergerakan Harga Harian Keempat Komoditas Hortikultura	43
Gambar 4.2 Data Harga Aktual dan Hasil Dekomposisi CEEMDAN – Bawang Merah	49
Gambar 4.3 Visualisasi Komponen Hasil Dekomposisi CEEMDAN Sebelum dan Sesudah Normalisasi pada Komoditas Bawang Merah	51
Gambar 4.4 Visualisasi Arsitektur Model CEEMDAN-LSTM Bawang Merah	67
Gambar 4.5 Hasil Prediksi Setiap Komponen Hasil Dekomposisi CEEMDAN pada Komoditas Bawang Merah.....	68
Gambar 4.6 Perbandingan Harga Aktual dan Prediksi Model CEEMDAN-LSTM Bawang Merah	70
Gambar 4.7 Visualisasi Arsitektur Model CEEMDAN-LSTM Bawang Putih	71
Gambar 4.8 Perbandingan Harga Aktual dan Prediksi Model CEEMDAN-LSTM Bawang Putih	71
Gambar 4.9 Visualisasi Arsitektur Model CEEMDAN-LSTM Cabai Merah.....	72
Gambar 4.10 Perbandingan Harga Aktual dan Prediksi Model CEEMDAN-LSTM Cabai Merah	72
Gambar 4.12 Visualisasi Arsitektur Model CEEMDAN-LSTM Cabai Rawit.....	73
Gambar 4.13 Perbandingan Harga Aktual dan Prediksi Model CEEMDAN-LSTM Cabai Rawit	74
Gambar 4.14 <i>Forecasting</i> Harga Bawang Merah Selama 14 Hari.....	77
Gambar 4.15 <i>Forecasting</i> Harga Bawang Putih Selama 14 Hari.....	77

Gambar 4.16 <i>Forecasting</i> Harga Cabai Merah Selama 14 Hari	78
Gambar 4.17 <i>Forecasting</i> Harga Cabai Rawit Selama 14 Hari	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tingkat Akurasi Model Berdasarkan Nilai MAPE	23
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu	24
Tabel 3.1 Contoh Data Mentah Harian Komoditas Hortikultura	31
Tabel 3.2 <i>Hyperparameter</i> CEEMDAN.....	33
Tabel 3.3 <i>Hyperparameter</i> Arsitektur LSTM.....	34
Tabel 3.4 Jadwal Penelitian	36
Tabel 4.1 Data Historis Harian Komoditas Hortikultura.....	38
Tabel 4.2 Pembagian Data Latih dan Data Uji Pada Data Awal	39
Tabel 4.3 Data Historis Harian Komoditas Hortikultura dalam Format <i>Long</i>	39
Tabel 4.4 Data Historis Harian Komoditas Hortikultura Setelah Proses <i>Data Cleaning</i>	40
Tabel 4.5 Pembagian Data Latih dan Data Uji Setelah Reindeks Kalender Harian Penuh.....	41
Tabel 4.6 Contoh Hasil Interpolasi pada Awal dan Tengah Periode (Data Bawang Merah)....	41
Tabel 4.7 Statistik Deskriptif Harga Bawang Merah per Tahun.....	43
Tabel 4.8 Statistik Deskriptif Harga Bawang Putih per Tahun.....	44
Tabel 4.9 Statistik Deskriptif Harga Cabai Merah per Tahun	44
Tabel 4.10 Statistik Deskriptif Harga Cabai Rawit per Tahun	45
Tabel 4.11 Hasil Uji BDS pada Data Harga Komoditas	46
Tabel 4.12 Jumlah Komponen Hasil Dekomposisi CEEMDAN	47
Tabel 4.13 Contoh Hasil Dekomposisi CEEMDAN pada Observasi Pertama Data Latih Komoditas Bawang Merah.....	48
Tabel 4.14 Contoh Hasil Normalisasi <i>Z-Score</i> pada Observasi Pertama Data Latih Komponen Hasil Dekomposisi Bawang Merah.....	50
Tabel 4.15 Konfigurasi Dasar Model	52
Tabel 4.16 Hasil Pengujian <i>Hidden Layer</i> pada Komoditas Bawang Merah.....	53
Tabel 4.17 Hasil Pengujian <i>Units</i> pada Komoditas Bawang Merah	53
Tabel 4.18 Hasil Pengujian <i>Time Steps</i> pada Komoditas Bawang Merah.....	54
Tabel 4.19 Hasil Pengujian <i>Epoch</i> pada Komoditas Bawang Merah.....	54
Tabel 4.20 Hasil Pengujian <i>Batch Size</i> pada Komoditas Bawang Merah	55
Tabel 4.21 Hasil Pengujian <i>Dropout</i> pada Komoditas Bawang Merah.....	55
Tabel 4.22 Hasil Pengujian <i>Hidden Layer</i> pada Komoditas Bawang Putih.....	56
Tabel 4.23 Hasil Pengujian <i>Units</i> pada Komoditas Bawang Putih	56

Tabel 4.24 Hasil Pengujian <i>Time Steps</i> pada Komoditas Bawang Putih.....	57
Tabel 4.25 Hasil Pengujian <i>Epoch</i> pada Komoditas Bawang Putih.....	57
Tabel 4.26 Hasil Pengujian <i>Batch Size</i> pada Komoditas Bawang Putih	58
Tabel 4.27 Hasil Pengujian <i>Dropout</i> pada Komoditas Bawang Putih.....	59
Tabel 4.28 Hasil Pengujian <i>Hidden Layer</i> pada Komoditas Cabai Merah.....	59
Tabel 4.29 Hasil Pengujian <i>Units</i> pada Komoditas Cabai Merah	60
Tabel 4.30 Hasil Pengujian <i>Time Steps</i> pada Komoditas Cabai Merah.....	60
Tabel 4.31 Hasil Pengujian <i>Epoch</i> pada Komoditas Cabai Merah.....	61
Tabel 4.32 Hasil Pengujian <i>Batch Size</i> pada Komoditas Cabai Merah	61
Tabel 4.33 Hasil Pengujian <i>Dropout</i> pada Komoditas Cabai Merah	62
Tabel 4.34 Hasil Pengujian <i>Hidden Layer</i> pada Komoditas Cabai Rawit.....	63
Tabel 4.35 Hasil Pengujian <i>Units</i> pada Komoditas Cabai Rawit.....	63
Tabel 4.36 Hasil Pengujian <i>Time Steps</i> pada Komoditas Cabai Rawit	64
Tabel 4.37 Hasil Pengujian <i>Epoch</i> pada Komoditas Cabai Rawit	64
Tabel 4.38 Hasil Pengujian <i>Batch Size</i> pada Komoditas Cabai Rawit.....	65
Tabel 4.39 Hasil Pengujian <i>Dropout</i> pada Komoditas Cabai Rawit	65
Tabel 4.40 Contoh Proses Denormalisasi dan Rekonstruksi Hasil Prediksi Bawang Merah pada Observasi Pertama Data Uji.....	69
Tabel 4.41 Hasil Evaluasi Model CEEMDAN-LSTM Bawang Merah	70
Tabel 4.42 Hasil Evaluasi Model CEEMDAN-LSTM Bawang Putih	71
Tabel 4.43 Hasil Evaluasi Model CEEMDAN-LSTM Cabai Merah.....	73
Tabel 4.44 Hasil Evaluasi Model CEEMDAN-LSTM Cabai Rawit.....	74
Tabel 4.45 Perbandingan Metrik CEEMDAN-LSTM vs LSTM	75
Tabel 4.46 Persentase Peningkatan Kinerja Model CEEMDAN-LSTM terhadap LSTM Standar.....	75

DAFTAR RUMUS

Persamaan <i>Correlation Integral</i> pada Dimensi m (2.1)	8
Hubungan <i>Correlation Integral</i> pada Data IID (2.2)	9
Persamaan Statistik Uji BDS (2.3)	9
Persamaan Interpolasi Linear (2.4)	11
Persamaan Normalisasi <i>Z-Score</i> (2.5)	11
Persamaan Denormalisasi <i>Z-Score</i> (2.6)	12
Fungsi Aktivasi Sigmoid (2.7)	14
Fungsi Aktivasi Tanh (2.8)	15
Persamaan <i>Forget Gate</i> LSTM (2.9)	16
Persamaan <i>Input Gate</i> LSTM (2.10)	16
Persamaan <i>Candidate Gate</i> LSTM (2.11)	16
Persamaan Pembaruan <i>Cell State</i> LSTM (2.12)	17
Persamaan <i>Output Gate</i> LSTM (2.13)	17
Persamaan Pembaruan <i>Hidden State</i> LSTM (2.14)	17
Persamaan <i>Output Layer (Dense Layer)</i> LSTM (2.15)	18
Penambahan <i>White Noise</i> pada Sinyal Asli (2.16)	19
Penghitungan IMF Pertama (2.17)	19
Penghitungan Residual Pertama (2.18)	19
Penambahan <i>White Noise</i> pada Residual Pertama (2.19)	19
Penghitungan IMF Kedua (2.20)	19
Penghitungan Residual Kedua (2.21)	19
Penghitungan IMF ke- k (2.22)	19
Penghitungan Residual ke- k (2.23)	19
Rekonstruksi Data CEEMDAN (2.24)	19
Persamaan <i>Prediction Interval</i> (2.25)	21
Persamaan <i>Prediction Interval</i> 95% (2.26)	21
Persamaan <i>Standar Error</i> pada Periode Prediksi ke- h (2.27)	21
Persamaan <i>Prediction Interval</i> 95% dengan Akumulasi Error (2.28)	22
Persamaan <i>Mean Absolute Error</i> (MAE) (2.29)	22
Persamaan <i>Root Mean Squared Error</i> (RMSE) (2.30)	23
Persamaan <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE) (2.31)	23

Persamaan Koefisien Determinasi (R^2) (2.32)	24
--	----

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Harga Aktual dan Hasil Dekomposisi CEEMDAN – Bawang Putih.....	92
Lampiran 2. Data Harga Aktual dan Hasil Dekomposisi CEEMDAN – Cabai Merah.....	93
Lampiran 3. Data Harga Aktual dan Hasil Dekomposisi CEEMDAN – Cabai Rawit	94
Lampiran 4. Visualisasi Komponen Hasil Dekomposisi CEEMDAN Sebelum dan Sesudah Normalisasi pada Komoditas Bawang Putih.....	95
Lampiran 5. Visualisasi Komponen Hasil Dekomposisi CEEMDAN Sebelum dan Sesudah Normalisasi pada Komoditas Cabai Merah.....	96
Lampiran 6. Visualisasi Komponen Hasil Dekomposisi CEEMDAN Sebelum dan Sesudah Normalisasi pada Komoditas Cabai Rawit.....	97
Lampiran 7. Hasil Prediksi Setiap Komponen Hasil Dekomposisi CEEMDAN pada Komoditas Bawang Putih.....	98
Lampiran 8. Hasil Prediksi Setiap Komponen Hasil Dekomposisi CEEMDAN pada Komoditas Cabai Merah.....	99
Lampiran 9. Hasil Prediksi Setiap Komponen Hasil Dekomposisi CEEMDAN pada Komoditas Cabai Rawit	100