

PERBANDINGAN KINERJA MODEL *HYBRID* EEMD–LSTM DAN CEEMDAN–LSTM UNTUK DATA DERET WAKTU MUSIMAN YANG MENGANDUNG *NOISE*

WINDI PANGESTI



PROGRAM STUDI MAGISTER STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR
2026



@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 TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Perbandingan Kinerja Model *Hybrid* EEMD–LSTM dan CEEMDAN–LSTM untuk Data Deret Waktu Musiman yang Mengandung *Noise*” 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 tesis ini.

Dalam penyusunan karya ini, penulis menggunakan bantuan kecerdasan buatan berupa ChatGPT dan Claude untuk membantu penulisan, pemahaman konsep, penyusunan struktur teks, serta pengecekan tata bahasa dan logika dalam penulisan ilmiah. Setelah menggunakan alat/layanan tersebut, penulis meninjau dan menyunting konten sesuai kebutuhan serta bertanggung jawab penuh atas isi karya tugas akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Windi Pangesti
M0501241022



@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.

RINGKASAN

WINDI PANGESTI. Perbandingan Kinerja Model *Hybrid* EEMD–LSTM dan CEEMDAN–LSTM untuk Data Deret Waktu Musiman yang Mengandung *Noise*. Dibimbing oleh KUSMAN SADIK dan I MADE SUMERTAJAYA.

Peramalan deret waktu berperan penting dalam mendukung pengambilan keputusan di berbagai bidang, termasuk meteorologi. Data kecepatan angin umumnya memiliki karakteristik nonlinier, nonstasioner, musiman, dan mengandung fluktuasi acak sehingga sulit dimodelkan secara akurat. *Long Short-Term Memory* (LSTM) mampu mempelajari ketergantungan temporal dan pola kompleks dalam deret waktu, tetapi kinerjanya dapat menurun ketika data masukan terdiri atas komponen dengan karakteristik frekuensi dan kompleksitas yang beragam. Salah satu pendekatan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dekomposisi deret waktu, yaitu menguraikan deret waktu menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana sebelum dilakukan pemodelan.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi dan membandingkan kinerja model LSTM, *Ensemble Empirical Mode Decomposition*–LSTM (EEMD–LSTM), dan *Complete Ensemble Empirical Mode Decomposition with Adaptive Noise*–LSTM (CEEMDAN–LSTM) pada data empiris dan data simulasi deret waktu nonstasioner. EEMD dan CEEMDAN digunakan untuk menguraikan deret waktu menjadi sejumlah *Intrinsic Mode Function* (IMF). Tingkat kompleksitas setiap IMF diukur menggunakan *Sample Entropy*, kemudian IMF dikelompokkan dan direkonstruksi menjadi co-IMF. Pada data empiris, pengelompokan dilakukan menggunakan *K-Means* dan pendekatan interval, sedangkan pada data simulasi hanya digunakan *K-Means*. Setiap co-IMF dimodelkan secara terpisah menggunakan LSTM, kemudian seluruh hasil prediksi dijumlahkan untuk memperoleh prediksi akhir.

Data empiris yang digunakan berupa data kecepatan angin harian Kota Bogor periode 1 Januari 2023 hingga 31 Desember 2025 yang diperoleh dari NASA POWER. Data dibagi menjadi data latih periode Januari 2023–Mei 2025 dan data uji periode Juni–Desember 2025. Pemilihan *hyperparameter* dilakukan menggunakan *grid search* dengan skema *walk-forward validation*. Kajian simulasi menggunakan deret waktu sepanjang 1.095 observasi yang dibentuk dari komponen autoregresif AR(1), tren, musiman, dan *noise*. Empat skenario dibangun berdasarkan kombinasi pola musiman homogen dan heterogen serta tingkat *noise* rendah dan tinggi. Setiap skenario diulang sebanyak 50 kali sehingga diperoleh 200 data simulasi. Kinerja model dievaluasi menggunakan MAE, RMSE, dan MAPE. Pengaruh model, pola musiman, tingkat *noise*, serta interaksi antarfaktor dianalisis menggunakan *Aligned Rank Transform* ANOVA.

Pada data empiris kecepatan angin harian Kota Bogor, model berbasis dekomposisi memberikan performa yang lebih baik dibandingkan LSTM tanpa dekomposisi. LSTM menghasilkan MAE sebesar 0,364, RMSE sebesar 0,513, dan MAPE sebesar 17,67%. EEMD–LSTM dengan pengelompokan co-IMF menggunakan pendekatan interval menghasilkan MAE sebesar 0,263, RMSE sebesar 0,350, dan MAPE sebesar 12,82%, sedangkan CEEMDAN–LSTM dengan pengelompokan *K-Means* memberikan performa terbaik dengan MAE sebesar 0,199, RMSE sebesar 0,259, dan MAPE sebesar 9,62%. Dengan demikian, CEEMDAN–LSTM merupakan model terbaik pada data empiris yang digunakan,

sedangkan perbedaan pendekatan pengelompokan co-IMF terbaik pada EEMD dan CEEMDAN menunjukkan bahwa metode pengelompokan masih perlu dikaji lebih lanjut.

Pada data simulasi deret waktu nonstasioner, model, pola musiman, tingkat *noise*, serta interaksi antarfaktor berpengaruh signifikan terhadap performa peramalan. Model berbasis dekomposisi secara konsisten menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan LSTM tanpa dekomposisi pada berbagai kondisi simulasi. CEEMDAN–LSTM secara umum memberikan performa terbaik pada seluruh kombinasi pola musiman dan tingkat *noise*, termasuk pada kondisi data yang cenderung lebih kompleks, yaitu pola musiman heterogen dengan *noise* tinggi. Pada kondisi tersebut, CEEMDAN–LSTM menghasilkan MAE sebesar 0,4224, RMSE sebesar 0,5235, dan MAPE sebesar 28,4691. Meskipun peningkatan *noise* dan perubahan amplitudo musiman meningkatkan tingkat kesulitan peramalan, CEEMDAN–LSTM tetap menghasilkan kesalahan paling rendah dibandingkan model lainnya. Dengan demikian, CEEMDAN–LSTM merupakan model yang paling konsisten dalam menangani deret waktu nonstasioner dengan karakteristik pola musiman dan tingkat *noise* yang dikaji. Model tersebut selanjutnya digunakan untuk meramalkan kecepatan angin Kota Bogor periode 1–14 Januari 2026 dan menghasilkan pola peramalan yang cenderung meningkat secara bertahap.

Kata kunci: CEEMDAN, EEMD, kecepatan angin, LSTM, peramalan deret waktu.

SUMMARY

WINDI PANGESTI. Performance Comparison of Hybrid EEMD–LSTM and CEEMDAN–LSTM Models for Noisy Seasonal Time Series Data. Supervised by KUSMAN SADIK and I MADE SUMERTAJAYA.

Time-series forecasting plays an important role in supporting decision-making across various fields, including meteorology. Wind speed data generally exhibit nonlinear, nonstationary, seasonal, and randomly fluctuating characteristics, making them difficult to model accurately. Long Short-Term Memory (LSTM) networks are capable of learning temporal dependencies and complex patterns in time-series data. However, their performance may decline when the input data comprise components with varying frequency characteristics and levels of complexity. One approach to addressing this issue is to decompose the time series into simpler components prior to modeling.

This study aimed to evaluate and compare the forecasting performance of LSTM, Ensemble Empirical Mode Decomposition–LSTM (EEMD–LSTM), and Complete Ensemble Empirical Mode Decomposition with Adaptive Noise–LSTM (CEEMDAN–LSTM) using empirical data and simulated nonstationary time-series data. EEMD and CEEMDAN were used to decompose the time series into a number of Intrinsic Mode Functions (IMFs). The complexity of each IMF was measured using Sample Entropy, after which the IMFs were grouped and reconstructed into co-IMFs. For the empirical data, the grouping process was performed using K-Means and an interval-based approach, whereas only K-Means was applied to the simulated data. Each co-IMF was modeled separately using LSTM, and the resulting forecasts were subsequently summed to obtain the final forecast.

The empirical data consisted of daily wind speed observations for Bogor City from January 1, 2023, to December 31, 2025, obtained from NASA POWER. The data were divided into a training set covering January 2023 to May 2025 and a testing set covering June to December 2025. Hyperparameter selection was conducted using grid search with a walk-forward validation scheme. The simulation study used time series consisting of 1,095 observations generated from autoregressive AR(1), trend, seasonal, and noise components. Four scenarios were constructed based on combinations of homogeneous and heterogeneous seasonal patterns and low and high noise levels. Each scenario was replicated 50 times, resulting in 200 simulated datasets. Model performance was evaluated using MAE, RMSE, and MAPE. The effects of the model, seasonal pattern, noise level, and their interactions were analyzed using Aligned Rank Transform ANOVA.

For the empirical daily wind speed data of Bogor City, decomposition-based models performed better than LSTM without decomposition. LSTM produced an MAE of 0.364, an RMSE of 0.513, and a MAPE of 17.67%. EEMD–LSTM with interval-based co-IMF grouping produced an MAE of 0.263, an RMSE of 0.350, and a MAPE of 12.82%, whereas CEEMDAN–LSTM with K-Means grouping achieved the best performance, with an MAE of 0.199, an RMSE of 0.259, and a MAPE of 9.62%. Thus, CEEMDAN–LSTM was the best-performing model for the empirical data, while the different co-IMF grouping approaches that yielded the best results for EEMD and CEEMDAN indicate that the grouping method requires further investigation.

For the simulated nonstationary time series data, the model, seasonal pattern, noise level, and their interactions significantly affected forecasting performance. Decomposition-based models consistently outperformed LSTM without decomposition across the different simulation conditions. CEEMDAN–LSTM generally achieved the best performance across all combinations of seasonal patterns and noise levels, including the relatively more complex condition of a heterogeneous seasonal pattern with high noise. Under this condition, CEEMDAN–LSTM produced an MAE of 0.4224, an RMSE of 0.5235, and a MAPE of 28.4691. Although higher noise levels and changes in seasonal amplitude increased forecasting difficulty, CEEMDAN–LSTM consistently produced the lowest errors compared with the other models. Therefore, CEEMDAN–LSTM was the most consistent model for handling nonstationary time series with the seasonal and noise characteristics examined in this study. This model was subsequently used to forecast wind speed in Bogor City for January 1–14, 2026, producing a gradually increasing forecast pattern.

Keywords: CEEMDAN, EEMD, LSTM, time series forecasting, wind speed.

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin 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.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
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 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.

PERBANDINGAN KINERJA MODEL *HYBRID* EEMD–LSTM DAN CEEMDAN–LSTM UNTUK DATA DERET WAKTU MUSIMAN YANG MENGANDUNG *NOISE*

WINDI PANGESTI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Statistika dan Sains Data

**PROGRAM STUDI MAGISTER STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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.



Judul Tesis : Perbandingan Kinerja Model *Hybrid* EEMD–LSTM dan CEEMDAN–LSTM untuk Data Deret Waktu Musiman yang Mengandung *Noise*.

Nama : Windi Pangesti

NIM : M0501241022

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Kusman Sadik, M.Si.

Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ir. I Made Sumertajaya, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Agus Mohamad Soleh, S.Si, MT.

NIP 19750315199903 1 004

Dekan Sekolah Sains Data, Matematika, dan Informatika:

Prof. Dr. Ir. Agus Buono, M.Si., M.Kom.

NIP 19660702 199302 1 001

Tanggal Ujian: 4 Agustus 2026

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 ke hadirat Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala limpahan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Perbandingan Kinerja Model *Hybrid* EEMD–LSTM dan CEEMDAN–LSTM untuk Data Deret Waktu Musiman yang Mengandung *Noise*”. Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Magister Statistika dan Sains Data. Penyusunan tesis ini tidak terlepas dari bantuan, arahan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Kusman Sadik, M.Si. dan Bapak Prof. Dr. Ir. I Made Sumertajaya, M.Si. selaku dosen pembimbing yang selalu membimbing dengan baik serta menjelaskan dan memberikan arahan selama proses penyusunan karya ilmiah ini.
2. Keluarga tercinta, terutama Ayah, Ibu, dan adik tercinta yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, semangat, serta dukungan moral dan spiritual yang tidak pernah putus selama penulis menempuh studi.
3. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan melalui beasiswa pendidikan kepada penulis.
4. Dosen dan tenaga pendidik Program Studi Magister Statistika dan Sains Data yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat serta membantu penulis dalam kebutuhan administrasi selama masa perkuliahan dan penyusunan karya ilmiah ini.
5. Teman-teman mahasiswa Magister Statistika dan Sains Data angkatan 2024 yang telah menjadi rekan diskusi, belajar bersama, dan saling mendukung sepanjang masa studi.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan serta bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Windi Pangesti



@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.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Angin	4
2.2 <i>Empirical Mode Decomposition</i> (EMD)	4
2.3 <i>Ensemble Empirical Mode Decomposition</i> (EEMD)	5
2.4 <i>Complete Ensemble Empirical Mode Decomposition with Adaptive Noise</i> (CEEMDAN)	6
2.5 <i>Sample Entropy</i>	7
2.6 <i>K-Means</i>	8
2.7 <i>Long Short-Term Memory</i>	9
2.8 <i>Walk Forward Validation</i>	10
2.9 Evaluasi Hasil Peramalan	11
2.10 <i>Factorial Completely Randomized Design</i>	12
2.11 Uji Tukey	12
III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Data	14
3.2 Tahapan Penelitian	17
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Hasil Analisis Data Empiris	20
4.2 Kajian Data Simulasi	39
V SIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Simpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	53
RIWAYAT HIDUP	60



DAFTAR TABEL

1	Faktor dan taraf kajian simulasi	14
2	Kombinasi skenario kajian simulasi	15
3	<i>Hyperparameter</i> LSTM	22
4	Hasil evaluasi model LSTM	23
5	Statistik deskriptif Setiap IMF	24
6	<i>Hyperparameter</i> optimal model LSTM pada setiap co-IMF	28
7	Hasil evaluasi prediksi model EEMD-LSTM	29
8	Hasil evaluasi model pada data uji	30
9	Statistik deskriptif Setiap IMF	32
10	<i>Hyperparameter</i> optimal model LSTM pada setiap co-IMF	35
11	Hasil evaluasi prediksi model CEEMDAN-LSTM	36
12	Hasil evaluasi model pada data uji	37
13	Peramalan kecepatan angin 14 hari ke depan	39
14	Statistik deskriptif dan hasil uji ADF data simulasi	41
15	Hasil ANOVA ART	44
16	Hasil uji lanjut perbandingan model	45
17	Hasil uji lanjut interaksi model, pola musiman, dan tingkat <i>noise</i>	47
18	Ringkasan peringkat kinerja model	47

DAFTAR GAMBAR

1	Arsitektur LSTM (Olah 2015)	9
2	Ilustrasi <i>walk-forward validation</i> (Yang 2018)	11
3	Diagram alir pembangkitan data simulasi	16
4	Diagram alir prosedur analisis data empiris	18
5	Diagram alir prosedur analisis data simulasi	19
6	Kecepatan angin harian di Kota Bogor periode 2023–2025.	20
7	Distribusi kecepatan angin perbulan	21
8	Plot (a) ACF dan (b) PACF data kecepatan angin	21
9	Grafik prediksi data latih dan data uji	23
10	Hasil dekomposisi EEMD	24
11	Pengelompokan IMF hasil EEMD berdasarkan nilai <i>Sample Entropy</i> : (a) <i>K-Means</i> dan (b) interval	25
12	Hasil rekonstruksi co-IMF menggunakan <i>K-Means</i>	26
13	Hasil rekonstruksi co-IMF menggunakan pendekatan interval	27
14	Hasil prediksi model <i>Hybrid</i> EEMD-LSTM	29
15	Hasil prediksi model LSTM dan EEMD-LSTM pada Data Uji	30
16	Hasil dekomposisi CEEMDAN	31
17	Pengelompokan IMF hasil CEEMDAN berdasarkan nilai <i>Sample Entropy</i> : (a) <i>K-Means</i> dan (b) interval	33
18	Hasil rekonstruksi co-IMF CEEMDAN menggunakan <i>K-Means</i>	33
19	Hasil rekonstruksi co-IMF CEEMDAN menggunakan pendekatan interval	34
20	Hasil prediksi model CEEMDAN-LSTM pada data uji	36
21	Prediksi model EEMD-LSTM dan CEEMDAN-LSTM pada data uji	37

22	Peramalan kecepatan angin 14 hari ke depan	39
23	Plot deret waktu empat data simulasi: (a) skenario 1, (b) skenario 2, (c) skenario 3, dan (d) skenario 4	40
24	komponen <i>noise</i> rendah dan <i>noise</i> tinggi pada data simulasi	41
25	Distribusi nilai MAE pada setiap skenario simulasi	42
26	Distribusi nilai RMSE pada setiap skenario simulasi	43
27	Distribusi nilai MAPE pada setiap skenario simulasi	43
28	Interaksi model, pola musiman, dan tingkat <i>noise</i> terhadap MAPE	44

DAFTAR LAMPIRAN

29	Skema <i>sliding window</i> pada data empiris	54
30	Hasil dekomposisi EEMD pada data latih kecepatan angin	54
31	Prediksi co-IMF EEMD–LSTM dengan <i>K-Means</i>	55
32	Prediksi co-IMF EEMD–LSTM dengan pendekatan interval	55
33	Hasil dekomposisi CEEMDAN pada data latih kecepatan angin	56
34	Prediksi co-IMF CEEMDAN–LSTM dengan <i>K-Means</i>	56
35	Prediksi co-IMF CEEMDAN–LSTM dengan pendekatan interval	57
36	Hasil uji asumsi ANOVA	57
37	Hasil ART ANOVA untuk MAE	57
38	Hasil ART ANOVA untuk RMSE	58
39	Hasil ART ANOVA untuk MAPE	58
40	Interaksi model, pola musiman, dan <i>noise</i> terhadap MAE dan RMSE	58
41	Plot hasil uji lanjut perbandingan antarmodel	59