

KAJIAN MODEL *META-STACKING* PADA DATA PERAMALAN PENGGUNAAN BEBAN LISTRIK DI JAWA BARAT

DENANDA AUFADLAN TSAQIF



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

- 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.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Kajian Model *Meta-Stacking* pada Data Peramalan Penggunaan Beban Listrik di Jawa Barat” 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.

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

Bogor, Januari 2026

Denanda Aufadlan Tsaqif
M0501241096

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.



RINGKASAN

DENANDA AUFADLAN TSAQIF. Kajian Model *Meta-Stacking* pada Data Peramalan Penggunaan Beban Listrik di Jawa Barat. Dibimbing oleh BAGUS SARTONO dan HARI WIJAYANTO.

Listrik merupakan salah satu aspek penting dalam kehidupan sehingga penting untuk menjaga keseimbangan antara jumlah pasokan dengan permintaannya. Salah satu Langkah untuk menjaga keseimbangan tersebut adalah dengan melakukan peramalan permintaan beban listrik ke depan. Kesalahan peramalan dapat berdampak pada efisiensi biaya operasional dan risiko ketidakseimbangan antara pasokan dan permintaan. Urgensi peramalan beban listrik yang akurat dikarenakan pola konsumsi listrik memiliki tren jangka panjang, fluktuatif, dan dipengaruhi peristiwa tertentu seperti hari besar serta gangguan eksternal (COVID-19) yang dapat memicu perubahan pola beban listrik. Ruang lingkup kajian pada penelitian ini difokuskan pada beban listrik di wilayah Jawa Barat dengan periode tahun 2006-2023, dengan evaluasi utama dilakukan pada data tahun 2023 untuk menilai performa model pada data yang belum teramati.

Objek yang dianalisis dalam penelitian ini adalah beban listrik harian di Jawa Barat. Data yang tersedia adalah dalam bentuk interval 30 menit dengan satuan Megawatt (MW), kemudian diagregasi menjadi data harian menggunakan penjumlahan. Peubah eksogen yang digunakan pada penelitian ini adalah cuaca dan faktor kalender. Data cuaca diambil dari beberapa stasiun BMKG di Jawa Barat yang kemudian dirata-ratakan untuk merepresentasikan kondisi Jawa Barat, sedangkan faktor kalender mencakup informasi hari libur nasional dan hari besar keagamaan. Faktor kalender tidak hanya diperlakukan sebagai peubah diskrit biner, melainkan dikodekan dengan fitur yang lebih beragam (kuarter, bulan, hari dalam minggu, weekend, hari libur, kode hari libur 0-16, serta kategori libur panjang/libur pendek) karena masing-masing hari libur memiliki kontribusi yang berbeda terhadap pola beban listrik.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membangun dan mengevaluasi model peramalan beban listrik berbasis *meta-stacking*, sekaligus membandingkannya dengan model individual pada beberapa skenario pemisahan data dan beberapa horizon peramalan. Evaluasi tidak hanya dilakukan berdasarkan MAPE, tetapi juga ketepatan arah tren (*trend accuracy*). Evaluasi juga dilakukan untuk menilai konsistensi performa model dalam kondisi data historis yang berbeda. Model *meta-stacking* terdiri atas dua *level*, yaitu *level* pertama adalah pemodelan *base-models*, di mana beberapa model dasar menghasilkan peramalan menggunakan skema peramalan *out-of-fold* (OOF), lalu *level* 1 di mana regresi linear berperan sebagai *meta-learner* yang akan menggabungkan informasi peramalan tersebut melalui pembobotan. *Meta-learner* diharapkan dapat memanfaatkan kelebihan yang komplementer dari setiap *base-models*.

Alur analisis dijalankan secara berurutan mulai dari penggabungan dan penyiapan data, kemudian dilanjutkan dengan pelatihan model individual sebagai pembanding model *meta-stacking*, lalu pelatihan *meta-stacking* yang diawali dengan melakukan ekstraksi fitur pada *base-models* melalui skema peramalan OOF berbasis *walk-forward validation*. Selanjutnya, seluruh hasil peramalan OOF digabungkan sebagai input *meta-learner*. Mekanisme OOF digunakan sebagai

strategi untuk mencegah *meta-learner* belajar dari peramalan yang sudah dilakukan pemodelan sebelumnya yang bisa menyebabkan model menjadi *overconfident* dan gagal menggeneralisir pada data *test*. Tahap evaluasi dilakukan pada periode data tahun 2023 dengan skenario pelatihan model yang berbeda, serta hasil pemodelan akan dievaluasikan pada beberapa horizon peramalan.

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat perbedaan keunggulan pada setiap model individual. Model *deep learning* (CNN-BiLSTM dan CNN-BiGRU) cenderung menghasilkan MAPE peramalan OOF yang lebih rendah pada 3 dari 5 skenario, sedangkan *Windowed-XGBoost* lebih unggul berdasarkan *trend accuracy* peramalan OOF pada seluruh skenario. Pada skenario 2018, terjadi *gap* yang signifikan antara performa *deep learning* dan *Windowed-XGBoost* karena MAPE peramalan OOF *deep learning* meningkat secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh *deep learning* terdampak pada keterbatasan data *train*, di mana pelatihan dimulai dari 1 Januari 2018-31 Desember 2018 dan OOF dilakukan pada 1 tahun berikutnya, yaitu dari 1 Januari 2019. Evaluasi tambahan dilakukan melalui analisis korelasi pearson antara peramalan OOF dengan nilai aktual untuk memastikan hubungan linear yang menjadi asumsi penting dalam model regresi linear. Hasil korelasi menunjukkan *Windowed-XGBoost* konsisten memiliki korelasi linear tertinggi terhadap nilai aktual beban listrik pada seluruh skenario, lalu pola ini dihubungkan dengan pembobotan *meta-learner* yang cenderung memberi bobot lebih besar pada *base-model* yang memiliki hubungan linear paling kuat dengan nilai aktual.

Evaluasi dilakukan dengan membandingkan nilai MAPE dan *trend accuracy*, serta menilai kemampuan generalisasi model. Hasil evaluasi menunjukkan rata-rata selisih *train-test* MAPE *meta-stacking* berada di angka 0,1% berdasarkan seluruh skenario, yang menunjukkan tingkat generalisasi yang sangat baik dan stabil pada setiap skenario. *Meta-stacking* secara konsisten menghasilkan performa yang baik pada seluruh skenario dibandingkan model individual. *Meta-stacking* mampu memberikan performa terbaik ketika dilatih pada skenario dengan periode pelatihan terpanjang, yaitu pada skenario 2006, dengan nilai MAPE sebesar 1,28% dan *trend accuracy* sebesar 87,40% pada data *test*.

Konsistensi generalisir model *meta-stacking* menunjukkan bahwa model tersebut dapat diandalkan saat meramalkan data yang belum pernah dilihat sebelumnya oleh model sehingga lebih berguna untuk digunakan dalam perencanaan operasional ke depan. Keterbatasan utama tetap muncul berkaitan dengan kompleksitas perubahan pola beban listrik yang disebabkan oleh faktor kalender sehingga perbaikan variabel faktor kalender menjadi krusial karena hari libur terbukti memengaruhi pola konsumsi beban listrik. *Meta-stacking* merupakan pendekatan yang baik untuk peramalan beban listrik harian di Jawa Barat. Namun, arah pengembangan selanjutnya dapat dilakukan melalui penguatan fitur faktor kalender, evaluasi antar skenario yang lebih banyak, pemodelan residual, dan strategi untuk menangani perubahan pola yang jarang terjadi (pemilu dan COVID-19).

Kata kunci: beban listrik, faktor kalender, *meta-stacking*, *trend-accuracy*.

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.



SUMMARY

DENANDA AUFADLAN TSAQIF. Study of *Meta-Stacking* Models for Electricity Load Forecasting in West Java. Supervised by BAGUS SARTONO and HARI WIJAYANTO.

Electricity is an important aspect of life, so it is important to maintain a balance between supply and demand. One way to maintain this balance is to forecast future electricity demand. Forecasting errors can impact operational cost efficiency and the risk of imbalance between supply and demand. The urgency of accurate electricity load forecasting is due to the fact that electricity consumption patterns have long-term trends, are volatile, and are influenced by some events such as holidays and external disturbances (COVID-19) that can cause changes in electricity load patterns. The scope of this study focuses on electricity load in the West Java region for the period 2006-2023, with the main evaluation conducted on data from 2023 to evaluate the model's performance on unseen data.

The object analyzed in this study is the daily electricity load in West Java. The available data is in the form of 30-minute intervals in Megawatts (MW), which is then aggregated into daily data using summation. The exogenous variables used in this study are weather data and calendar factors. Weather data was taken from several BMKG stations in West Java, which was then averaged to represent conditions in West Java, while calendar factors included information on national holidays and religious holidays. Calendar factors are not only treated as discrete binary variables, but are encoded with more diverse features (quarter, month, day of the week, weekend, holiday, holiday code 0-16, and long/short holiday category) because each holiday has a different contribution to the electricity load pattern.

The purpose of this study is to develop and evaluate a meta-stacking-based electricity load forecasting model, while comparing it with individual models in several data splitting scenarios and several forecasting horizons. The evaluation is not only based on MAPE, but also on trend accuracy. The evaluation is also conducted to evaluate the consistency of the model performance in different scenarios. The meta-stacking model consists of two levels. The first level is base-model modeling, where several base-models generate forecasts using an out-of-fold (OOF) forecasting scheme. The second level is linear regression which acts as a meta-learner that combines the forecasted information through weighting. The meta-learner is expected to utilize the complementary strengths of each base-model.

The analysis flow is carried out sequentially, starting from data merging and preparation, followed by training individual models as meta-stacking model comparators, then meta-stacking training, which begins with feature extraction in base models through an OOF forecasting scheme based on walk-forward validation. Next, all OOF forecasting results are combined as meta-learner input. The OOF mechanism is used as a strategy to prevent the meta-learner from learning from previously modelled forecasts, which can cause the model to become overconfident and fail to generalize on test data. The evaluation stage is carried out on the 2023 data period with different model training scenarios, and the modeling results will be evaluated on several prediction horizons.

Based on the research results, there are differences in the advantages of each individual model. Deep learning models (CNN-BiLSTM and CNN-BiGRU) tend

to produce lower OOF forecasting MAPE in 3 out of 5 scenarios, while Windowed-XGBoost is superior based on OOF forecasting trend accuracy in all scenarios. In the 2018 scenario, there was a significant gap between the performance of deep learning and Windowed-XGBoost because the MAPE of deep learning OOF forecasting increased significantly. This was because deep learning was affected by the limitations of the training data, where training began from January 1, 2018, to December 31, 2018, and OOF was performed in the following year, which is from January 1, 2019. An additional evaluation was conducted through a Pearson correlation analysis between OOF forecasting and actual values to ensure a linear relationship, which is an important assumption in linear regression models. The correlation results show that Windowed-XGBoost consistently has the highest linear correlation with actual electricity load values in all scenarios. This pattern is linked to meta-learner weighting, which tends to give greater weight to base models that have the strongest linear relationship with actual values.

The evaluation was conducted by comparing the MAPE and trend accuracy values, as well as evaluating the model's generalization ability. The evaluation results show that the average train-test MAPE difference of meta-stacking is 0.1% based on all scenarios, which indicates an excellent and stable level of generalization in each scenario. Meta-stacking consistently produced good performance across all scenarios compared to individual models. Meta-stacking was able to provide the best performance when trained on the scenario with the longest training period, which is the 2006 scenario, with a MAPE value of 1.28% and a trend accuracy of 87.40% on the test data.

The consistency of the meta-stacking model's generalization shows that the model is reliable when forecasting data that has never been seen before by the model, making it more useful for future operational planning. The main limitation remains related to the complexity of changes in electricity load patterns caused by calendar factors, so improving calendar factor variables is crucial because holidays have been proven to affect consumption electricity load patterns. Meta-stacking is a good approach for forecasting daily electricity load in West Java. However, further development can be pursued through strengthening calendar factor features, evaluating more scenarios, residual modeling, and strategies for handling rare pattern changes (such as elections and COVID-19).

Keywords: calendar factors, electricity load, *meta-stacking*, Trend accuracy





© 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 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.

**KAJIAN MODEL *META-STACKING*
PADA DATA PERAMALAN PENGGUNAAN BEBAN LISTRIK
DI JAWA BARAT**

DENANDA AUFADLAN TSAQIF

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

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Dr. Yenni Angraini, S.Si., M.Si.



@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 : Kajian Model *Meta-Stacking* pada Data Peramalan Penggunaan
Beban Listrik di Jawa Barat
Nama : Denanda Aufadlan Tsaqif
NIM : M0501241096

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Bagus Sartono, M.Si.

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Hari Wijayanto, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Agus Mohamad Soleh, S. Si., M. T.
NIP. 197503151999031000

Dekan Sekolah Sains Data, Matematika, dan Informatika:
Prof. Dr. Ir. Agus Bueno, M.Si., M.Kom.
NIP. 196607021993021001

Tanggal Ujian:
19 Januari 2026

Tanggal Lulus:



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 2025 sampai bulan Januari 2026 ini ialah peramalan data deret waktu, dengan judul “Kajian Model *Meta-Stacking* pada Data Peramalan Penggunaan Beban Listrik di Jawa Barat”. Karya ilmiah ini penulis susun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Magister Sains pada Program Studi Statistika dan Sains Data. Penulisan Karya ilmiah ini dapat terselesaikan tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Bagus Sartono, M.Si. dan Prof. Dr. Ir. Hari Wijayanto, M.Si. selaku komisi pembimbing yang senantiasa bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, masukan, dukungan, dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan karya ilmiah ini dengan sangat baik;
2. Ibu Dr. Yenni Angraini, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji luar;
3. PLN UIP2B JAMALI dan BMKG Indonesia sebagai instansi yang telah menyediakan data yang digunakan dalam penelitian ini;
4. Seluruh dosen dan tenaga pendidik Program Studi Statistika dan Sains Data yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat serta membantu kebutuhan administrasi penulis selama masa perkuliahan dan penyusunan karya ilmiah ini;
5. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang sudah memberikan hibah dana penelitian tesis magister (PTM) melalui program Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Tahun Anggaran 2025;
6. Annisa Permata Sari selaku teman seperjuangan yang telah berkontribusi besar dalam memberikan semangat kepada penulis dan tempat berdiskusi dengan penulis pada saat penulisan karya ilmiah ini;
7. Almarhumah Ibu Siti Salamah selaku orang tua penulis, Denia Alya Tsary dan Achmad Hafiz Wahdah selaku saudara kandung penulis, yang turut memberikan dukungan melalui doa, motivasi, dan pemberian dukungan dengan memenuhi kebutuhan penulis;
8. Teman-teman mahasiswa Pascasarjana Program Studi Statistika dan Sains Data angkatan 2023 yang telah kebersamai, memberikan dukungan dan berjuang bersama selama perkuliahan.
9. Seluruh pihak terkait yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang sudah memberikan dukungan dan bantuan dalam penyelesaian karya ilmiah ini.

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

Bogor, Januari 2026

Denanda Aufadlan Tsaqif



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
PENDAHULUAN	2
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Tujuan	5
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Peramalan Beban Listrik	6
2.2 <i>Windowed XGBoost</i>	7
2.3 XGBoost	8
2.4 <i>Convolutional Neural Network</i>	9
2.5 <i>Long Short-Term Memory</i>	10
2.6 <i>Gated Recurrent Unit</i>	12
2.7 Fungsi Aktivasi	13
2.8 Analisis Regresi Linear	14
2.9 <i>Meta-Stacking</i>	15
2.10 <i>Walk-Forward Validation</i>	16
2.11 Pengukuran Kinerja Peramalan	16
III METODE	18
3.1 Data	18
3.2 Prosedur Analisis Data	20
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Penanganan <i>Missing Values</i> pada Beban Listrik	26
4.2 Analisis Eksplorasi Data	29
4.3 Pra-Proses Data	36
4.4 <i>Hyperparameter Tuning</i>	39
4.5 Pemodelan <i>Meta-Stacking</i>	41
4.6 Optimisasi Model <i>Meta-Stacking</i>	49
4.7 Evaluasi Model <i>Meta-Stacking</i> Teroptimisasi	52
4.8 Evaluasi Model Terbaik dalam Penelitian Ini	61
V SIMPULAN DAN SARAN	66
5.1 Simpulan	66
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	74

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

DAFTAR TABEL

1	Formula <i>memory cells</i> GRU	13
2	Formula <i>memory cells</i> GRU	17
3	Daftar data penelitian yang digunakan	19
4	Daftar kode hari libur	20
5	Pembagian kelima skenario pemisahan data penelitian	22
6	Mekanisme lengkap pendekatan peramalan <i>out-of-fold</i> beban listrik pada seluruh skenario	24
7	Pembagian sembilan horizon peramalan beban listrik pada data <i>test</i>	25
8	Periode dengan <i>missing values</i> beban listrik yang signifikan	26
9	Akurasi pemodelan beban listrik untuk imputasi <i>missing values</i>	28
10	Hasil analisis deskriptif pada seluruh peubah	29
11	Hasil analisis deskriptif beban listrik (MW) pada data hari libur vs hari biasa	31
12	Hasil analisis deskriptif beban listrik (MW) pada setiap nama hari libur dan hari biasa	32
13	Contoh Nilai pada Peubah Hari Libur Sebelum Dilakukan <i>One-Hot Encoding</i>	37
14	Contoh Nilai pada Peubah Hari Libur Setelah Dilakukan <i>One-Hot Encoding</i>	38
15	Hasil peramalan OOF pada kelima skenario menggunakan <i>base-models</i>	42
16	Hasil analisis korelasi pearson antara hasil peramalan OOF terhadap beban listrik aktual di Jawa Barat	43
17	Hasil bobot regresi linear yang terbentuk pada kelima skenario	44
18	MAPE dan <i>trend accuracy</i> seluruh model pada seluruh skenario berdasarkan data <i>train</i> (2018 - 2022) dan data <i>test</i> (2023)	46
19	Hasil pemodelan <i>meta-learner</i> sebelum dan sesudah penambahan fitur faktor kalender pada hari libur	50
20	MAPE dan <i>trend accuracy</i> seluruh model pada seluruh skenario (performa data <i>train</i> dan data <i>test</i>)	52
21	Evaluasi performa setiap model dalam menggeneralisir <i>unseen data</i> pada seluruh skenario berdasarkan mape	53
22	Evaluasi performa setiap model dalam menggeneralisir <i>unseen data</i> pada seluruh skenario berdasarkan <i>trend accuracy</i> (TA)	55

DAFTAR GAMBAR

23	Ilustrasi mekanisme <i>windows</i> dalam melakukan pemodelan	8
24	Arsitektur <i>convolutional neural network</i> (Rahman <i>et al.</i> 2021)	9
25	Ilustrasi arsitekur pada model LSTM	11
26	Struktur gerbang GRU	12
27	Grafik fungsi aktivasi (a) linear, (b) sigmoid, (c) tanh, dan (d) ReLU	14
28	Alur metode <i>Meta-stacking</i>	15
29	Ilustrasi <i>5-Fold Walk-Forward Validation</i>	16

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.



30	Diagram alir penelitian	21
31	Ekstraksi fitur <i>meta-stacking</i> menggunakan metode <i>out-of-fold prediction</i>	23
32	Penggabungan hasil peramalan <i>out-of-fold prediction</i> pada seluruh iterasi yang akan digunakan sebagai <i>input meta-learner</i>	25
33	Visualisasi periode dengan <i>missing values</i> yang signifikan pada (a) 24 Februari 2006, (b) 6 Maret 2006, (c) 29 Juni 2006, (d) 29 Desember 2006, dan (e) 30 November 2008	27
34	Hasil <i>feature selection</i>	27
35	Visualisasi hasil imputasi <i>missing values</i> pada (a) 24 Februari 2006, (b) 6 Maret 2006, (c) 29 Juni 2006, (d) 29 Desember 2006, dan (e) 30 November 2008	28
36	Penggunaan beban listrik di Jawa Barat pada tahun 2006 hingga 2023	31
37	Plot ACF terhadap data beban listrik di Jawa Barat	33
38	Plot korelasi antara <i>lag l</i> antara peubah (a) rata-rata kecepatan angin, (b) rata-rata kelembaban relatif, (c) curah hujan, (d) durasi penyinaran matahari, dan (e) rata-rata temperatur terhadap penggunaan beban listrik <i>lag 0</i>	34
39	Rata-rata residual absolut pada (a) hari libur dan (b) hari biasa, serta pada (c) kedua jenis hari pada data <i>test</i> berdasarkan skenario dan model sebelum penambahan fitur kalender pada <i>meta-learner</i>	47
40	Analisis hasil (a) residual peramalan (dengan penanda warna ungu adalah hari raya idul fitri dan hari kuning adalah hari libur lainnya) dan (b) autokorelasi pada residual <i>meta-stacking</i>	48
41	Rata-rata residual absolut pada hari libur (a) dan hari biasa (b), serta pada kedua jenis hari (c) pada data <i>test</i> berdasarkan skenario dan model setelah penambahan fitur kalender pada <i>meta-learner</i>	51
42	Perbandingan performa setiap model dalam menggeneralisir <i>unseen data</i> pada seluruh skenario berdasarkan MAPE	54
43	Perbandingan performa setiap model dalam menggeneralisir <i>unseen data</i> pada seluruh skenario berdasarkan <i>trend accuracy</i>	56
44	Perbandingan nilai MAPE (a) dan <i>trend accuracy</i> (b) seluruh model pada seluruh skenario	58
45	Rata-rata MAPE (a) dan <i>trend accuracy</i> (b) dari kelima skenario untuk setiap horizon peramalan dan model	60
46	Beban listrik aktual vs beban listrik yang diramalkan (a) dan residual (b) dengan penanda hari libur (warna ungu merupakan penanda hari idul fitri, sedangkan warna kuning merupakan penanda hari libur selainnya) pada data <i>testing</i> tahun 2023	62
47	Grafik analisis autokorelasi residual pada model terbaik	63
48	Rata-rata residual absolut pada setiap hari libur	64

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 LAMPIRAN

49	Lampiran 1 Tabel ruang pencarian <i>Hyperparameter</i> model (a) CNN-BiLSTM, (b) CNN-BiGRU, dan (c) <i>Windowed-XGBoost</i>	75
----	---	----



50 Lampiran 2 Hasil *hyperparameter tuning* menggunakan *bayesian optimization* pada (a) skenario 2006, (b) skenario 2009, (c) skenario 2012, (d) skenario 2015, dan (e) skenario 2018

76

© Hak cipta milik IPB University

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.