

SKRIPSI

**PREDIKSI BEBAN LISTRIK PADA SISTEM DISTRIBUSI
MENGUNAKAN MODEL *HYBRID* LSTM-GRU BERBASIS *DEEP
LEARNING* DI GI PLN SEDUDUK PUTIH**



Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Telah dipertahankan di depan dewan penguji
21 Agustus 2026

Dispersiapkan dan Disusun Oleh
ABIL DWIJUNICO
132022045

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2026**

SKRIPSI
PREDIKSI BEBAN LISTRIK PADA SISTEM DISTRIBUSI
MENGUNAKAN MODEL *HYBRID* LSTM-GRU BERBASIS *DEEP*
***LEARNING* DI GI PLN SEDUDUK PUTIH**



Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Telah dipertahankan di depan dewan penguji
21 Agustus 2026

Dipersiapkan dan Disusun Oleh
ABIL DWI JUNICO

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing 1

Dr. Bengawan Alfaresi S.T., M.T.
NIDN. 0205118504
Pembimbing 2

Taufik Barlian, S.T., M.Eng.
NIDN. 02180117202

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik



Dr. A. Junaidi, M.T.
NIDN. 0202026502

Penguji 1

Rika Noverianty, S.T., M.T.
NIDN. 0214117504
Penguji 2

Fadilah, S.T., M.T.
NIDN. 0215089003

Menyetujui
Kepala Program Studi Teknik Elektro



Dr. Irfan A. Adianto, S.T., M.Cs
NIDN. 0207038101

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Palembang, 21 Agustus 2026
Yang membuat pernyataan



10000
METERAI
TEMPEL
8668AAOX076627844

Abil Dwi Junico

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya jualah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **PREDIKSI BEBAN LISTRIK PADA SISTEM DISTRIBUSI MENGGUNAKAN MODEL *HYBRID* LSTM-GRU BERBASIS *DEEP LEARNING* DI GI PLN SEDUDUK PUTIH (PERSERO)** yang disusun guna untuk syarat mendapatkan gelar sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pada kesempatan ini penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada,

- Bapak Dr. Begawan Alfaresi S.T., M.T, selaku Pembimbing I
- Bapak Taufik Barlian, S.T., M.Eng, selaku Pembimbing II dan tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada,
 1. Bapak Prof. Dr. Abid Djazuli, S.E., M.M, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
 2. Bapak Ir. A. Junaidi, M.T, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
 3. Bapak Dr. Feby Ardianto, S.T., M.Cs, Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
 4. Bapak Muhammad Hurairah, S.T., M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
 5. Bapak dan Ibu Staf Dosen pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
 6. Bapak dan Ibu Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
 7. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang

Yang telah banyak membantu penulis baik secara moril maupun material dalam menyelesaikan skripsi ini, semoga amal baik yang diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan yang sesuai dari Allah SWT. Penulis menyadari penulisan skripsi ini jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca akan penulis terima sangat senang hati. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan umumnya bagi rekan-rekan pembaca di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Palembang, 21 Agustus

2026 Penulis,



Abil Dwi Junico

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Apabila engkau telah selesai dari suatu urusan, tetaplah bekerja keras untuk urusan yang lain”.

- QS. Asy-Syarh [94]: 7

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri”

- QS. Ar-Ra'd [13]: 11

The value of achievement lies in the achieving

- Albert Einstein

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, kesehatan, serta kemudahan yang diberikan, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Dengan segala kerendahan hati, karya sederhana ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua Orang Tua Tercinta

Ibunda Susiani dan Ayahanda Juniadi

Dua nama yang selalu menjadi alasan terbesar untuk terus melangkah.

Terimakasih atas setiap doa yang mungkin tidak pernah penulis dengar, tetapi selalu sampai kepada penulis. Terimakasih atas setiap pengorbanan yang mungkin tidak pernah penulis lihat seluruhnya, tetapi penulis rasakan dalam setiap kesempatan yang penulis miliki. Terimakasih telah memberikan lebih dari sekedar materi, yaitu kasih sayang, ketulusan, kesabaran, dan keyakinan bahwa penulis mampu menyelesaikan apa yang telah penulis mulai.

Jika hari ini penulis berdiri di titik ini, ada perjuangan panjang ayah dan Ibu yang ikut mengantarkan penulis sampai disini. Tidak semua lelah Ayah dan Ibu dapat penulis balas, dan tidak semua pengorbanan dapat penulis ungkapkan dengan kata kata.

Skripsi ini mungkin hanya beberapa lembar tulisan, tetapi di baliknya terdapat doa dan perjuangan Ayah dan Ibu yang tidak ternilai harganya.

Semoga pencapaian kecil ini dapat menjadi salah satu alasan bagi Ayah dan Ibu untuk tersenyum dan merasa bangga.

2. Saudara Tercinta

Deko Rahmadi Agustino

Terimakasih atas perhatian, dukungan, semangat, dan kebersamaan yang telah diberikan. Kehadiran saudara menjadi bagian berharga dalam pendidikan penulis.

3. Untuk Keluarga Besar Bapak Zainudin.

Kepada Keluarga Besar Bapak Zainudin, terimakasih telah menjadi bagian dari perjalanan ini. Terimakasih atas perhatian, dukungan, doa, dan kehadiran yang membuat perjalanan panjang ini terasa lebih ringan.

Keluarga adalah tempat dimana penulis selalu menentukan alasan untuk kembali, bahkan ketika perjalanan terasa begitu melelahkan.

4. Untuk Bapak Dosen Pembimbing

Kepada Bapak Dosen Pembimbing Dr. Bengawan Alfaresi S.T., M.T. dan Bapak Dosen Pembimbing Taufik Barlian S.T., M.T. , terimakasih atas ilmu, waktu, kesabaran, arahan, serta setiap kritik dan saran yang diberikan.

Setiap bimbingan bukan hanya membantu menyelesaikan sebuah skripsi, tetapi juga mengajarkan penulis tentang ketelitian, tanggung jawab, kesabaran, dan bagaimana menghargai sebuah proses.

5. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika

Terimakasih kepada sekluruh dosen dan civitas akademia Universitas Muhammdiyah Palembang Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro atas ilmu, pengalaman, dan pembelajaran yang telah diberikan selama masa perkuliahan. Semoga ilmu yang diperoleh dapat menjadi bekal yang bermanfaat untuk masa depan.

6. Untuk Sahabat Squad Qo'naah

Kepada M Rio Ferdinan Powa, Jhassen Febriyansah Saputra, Rahmat Alfian Agustino, Randika Apriangga, Martriansyah, Panji Alfala Thorif, dan seluruh

teman yang telah menjadi bagian dari perjalanan ini, terimakasih karena telah hadir dalam cerita yang sama.

Terimakasih unyuk setiap bantuan yang diberikan, setiap percakapan ketika mulai lelah, setiap tawa di tengah tekanan, dan setiap kalimat sederhana yang membuat penulis kembali percaya bahwa perjalanan ini dapat diselesaikan.

Mungkin suatu hari nanti kita akan berjalan di jalan yang berbeda, tetapi cerita tentang perjuangan yang pernah kita lalui bersama akan selalu menjadi bagian dari perjalanan hidup kita.

7. Untuk Almamater Tercinta

Kepada Universitas Muhammdiyah Palembang, terimakasih telah menjadi tempat penulis belajar, bertumbuh, mengenal banyak orang, menghadapi tantangan, dan menemukan banyak hal tentang diri sendiri.

8. Untuk Kekasih Tercinta

Aulia Nadhila Terima kasih telah menjadi salah satu bagian dari perjalanan panjang ini. Terima kasih atas setiap perhatian, dukungan, kesabaran, dan semangat yang diberikan ketika proses penyusunan skripsi ini terasa melelahkan. Terima kasih telah hadir bukan hanya ketika semuanya berjalan dengan baik, tetapi juga ketika saya menghadapi keraguan, tekanan, dan berbagai kesulitan dalam menyelesaikan perjalanan ini. Mungkin tidak semua bantuan dan dukunganmu dapat penulis balas dengan kata-kata, tetapi penulis akan selalu mengingat bahwa pernah ada seseorang yang dengan tulus memberikan semangat ketika penulis hampir kehilangan keyakinan pada diri sendiri. Terima kasih telah menjadi bagian dari cerita di balik pencapaian ini. Semoga segala kebaikan, doa, dan dukungan yang telah diberikan menjadi bagian dari perjalanan indah yang selalu kita syukuri.

9. Untuk Diri Sendiri

Terima kasih kepada diri sendiri karena telah memilih untuk tetap melangkah, bahkan ketika perjalanan ini tidak selalu mudah. Terima kasih karena telah bertahan melewati hari-hari yang penuh keraguan, kelelahan, dan tekanan, serta tetap berusaha menyelesaikan apa yang telah dimulai.

Terima kasih karena tidak menyerah ketika hasil yang diharapkan belum datang, dan karena terus belajar dari setiap kesalahan yang ditemui sepanjang perjalanan. Hari ini, tidak perlu membandingkan perjalanan ini dengan perjalanan siapa pun. Setiap orang memiliki waktunya masing-masing, dan saya telah sampai di titik ini dengan perjalanan saya sendiri.

Skripsi ini menjadi pengingat bahwa setiap langkah kecil yang dilakukan dengan sabar pada akhirnya dapat membawa seseorang sampai pada tujuan.

Terima kasih telah bertahan sejauh ini. Semoga setelah halaman terakhir skripsi ini selesai, keberanian untuk memulai kembali selalu ada untuk setiap perjalanan yang menanti.

Ini bukan akhir dari perjalanan, melainkan bukti bahwa saya mampu menyelesaikan apa yang pernah saya mulai.

ABSTRAK

Prediksi beban listrik diperlukan untuk mendukung pemantauan dan perencanaan operasi sistem distribusi tenaga listrik. Penelitian ini menerapkan model *Hybrid LSTM-GRU, or Long Short-term Memory–Gated Recurrent Unit*, untuk peramalan beban aktif pada GI PLN Seduduk Putih. Data yang digunakan meliputi beban aktif (MW), suhu transformator sisi Oil dan Winding, arus Penyulang Kacer dan Beo, tanggal, serta jam. Tahapan penelitian meliputi preprocessing, normalisasi Min-Max Scaler, analisis *Moving average* 14 hari dan regresi linier, serta pembentukan sequence 24 jam menggunakan metode one-step forecasting. Performa *Hybrid LSTM-GRU* dibandingkan dengan model LSTM dan GRU memakai MAE, RMSE, dan MAPE. *Output* akhir pengujian menunjukkan *Hybrid LSTM-GRU* memperoleh MAE 0,9424 MW, RMSE 1,3787 MW, dan MAPE 6,8664%, lebih rendah dibandingkan LSTM tunggal dan GRU tunggal. Hasil tersebut menyatakan bahwa *Hybrid LSTM-GRU* merupakan model unggul dalam penelitian dan mampu memprediksi pola beban aktif dengan tingkat kesalahan yang relatif rendah.

Kata Kunci : peramalan beban listrik , penggabungan LSTM-GRU, *Deep learning, Time series, One step forecasting*, Sistem Distribusi Tenaga Listrik.

ABSTRACT

Electrical load forecasting plays an important role in supporting the monitoring and operational planning of electric power distribution systems. This study employs a Hybrid Long Short-term Memory–Gated Recurrent Unit (LSTM-GRU) model to predict active power load at GI PLN Seduduk Putih. The dataset comprises active load (MW), transformer oil and winding temperatures, Kacer and Beo feeder currents, as well as date and time variables. The research procedure involves data preprocessing, normalization using the Min-Max Scaler, 14-day Moving average and linear regression analyses, followed by the formation of 24-hour sequences using a one-step forecasting approach. The performance of the Hybrid LSTM-GRU model was evaluated against standalone LSTM and GRU models using MAE, RMSE, and MAPE metrics. The results demonstrate that the Hybrid LSTM-GRU obtained an MAE of 0.9424 MW, RMSE of 1.3787 MW, and MAPE of 6.8664%, outperforming both the LSTM and GRU models. These findings suggest that the Hybrid LSTM-GRU model delivers the most effective performance among the evaluated models and can forecast active power load with relatively low prediction errors.

Keywords: Electrical Load Forecasting, Hybrid LSTM-GRU, Deep learning, Time series, One step forecasting, Power Distribution System.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR ISTILAH	xvi
 BAB 1 PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Penelitian	2
1.5 Sistematika penelitian	3
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	 19
2.1 Sistem Tenaga Listrik dan Sistem Distribusi.....	19
2.2 Konsep dan Karakteristik Beban Listrik	20
2.3 Pamalan Beban Listrik (<i>Load Forecasting</i>)	20
2.4 Metode Peramalan Konvensional	21
2.5 Teori <i>Moving average</i>	22
2.6 Teori Regresi Linear	23
2.7 Konsep Dasar <i>Deep learning</i>	25
2.7 <i>Deep learning</i> untuk <i>Time-Series Forecasting</i>	25
2.8 Arsitektur <i>Gated Recurrent Unit</i> (GRU).....	27
2.9 Arsitektur <i>Long Short-term Memory</i> (LSTM).....	28
2.10 Model <i>Hybrid</i> LSTM-GRU	29
2.11 Parameter Evaluasi Model (MAE, RMSE, MAPE)	30
2.11.1 Mean absolute error (MAE)	31
2.11.2 Mean Squared Error (MAPE)	31
2.11.3 Root mean squared error (RMSE).....	32
2.12 Penelitian Terdahulu	32
 BAB 3 METODE PENELITIAN.....	 34
3.1 Lokasi dan Objek Penelitian	34
3.2 Teknik Pengumpulan Data	34

3.3 Klasifikasi Variabel Penelitian.....	34
3.4 Flowchart Penelitian	35
3.4 Preprocessing Data.....	40
3.4.1 Pembentukan dataset model <i>Hybrid</i> LSTM-GRU	42
3.4.2 Pembangunan Model <i>Hybrid</i> LSTM-GRU	44
3.5 Deskripsi Data Penelitian	46
BAB 4 DATA, PERHITUNGAN, PEMBAHASAN DAN ANALISA	48
4.1 Data Penelitian	48
4.1.1 Single line diagram	48
4.1.2 Karakteristik data penelitian.....	50
4.1.3 Dataset penelitian	51
4.2 Perhitungan	52
4.2.1 Perhitungan trend menggunakan <i>moving average</i>	52
4.2.2 Perhitungan trend data menggunakan regresi linear	54
4.2.3 Pelatihan model <i>Hybrid</i> LSTM-GRU	55
4.3 Pembahasan dan Analisis Hasil.....	58
4.3.1 Hasil prediksi model <i>Hybrid</i> LSTM-GRU	58
4.3.2 Evaluasi kinerja model <i>Hybrid</i> LSTM-GRU.....	61
4.3.3 Perbandingan kinerja antar model.....	62
4.3.4 Pembahasan hasil penelitian.....	64
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA.....	67
LAMPIRAN	70

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Arsitektur GRU.....	27
Gambar 2. 2 Arsitektur LSTM	28
Gambar 2. 3 Arsitektur <i>Hybrid</i> LSTM-GRU	30
Gambar 3. 1 Flowchart riset	37
Gambar 4. 1 Diagram satu garis sistem distribusi Gi seduduk putih.....	49
Gambar 4. 2 Visualiasi data sebelum cleaning.....	51
Gambar 4. 3 tren data <i>moving average</i>	53
Gambar 4. 4 tren menggunakan regresi linier	55
Gambar 4. 5 Grafik Training loss dan validation loss	57
Gambar 4. 6 Grafik hasil prediksi beban Gi pada data testing 20%.....	60

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Tahapan preprocessing	40
Tabel 3. 2 Ukuran dataset hasil normalisasi	42
Tabel 3. 3 Ilustrasi pembentukan sequence	43
Tabel 3. 4 Hasil pembentukan sequence	43
Tabel 3. 5 Pembagian dataset setelah normalisasi	44
Tabel 3. 6 Konfigurasi arsitektur <i>Hybrid</i> LSTM-GRU	45
Tabel 3. 7 Variabel penelitian.....	47
Tabel 4. 1 Data perhitungan <i>Moving average</i> 14 hari (336 jam).....	52
Tabel 4. 2 Data regresi linier	54
Tabel 4. 3 Konfigurasi pelatihan model.....	56
Tabel 4. 4 perbandingan asli dan peramalan pada data 20% testing	59
Tabel 4. 5 Evaluasi kinerja model <i>Hybrid</i> LSTM-GRU.....	61
Tabel 4. 6 Perbandingan kinerja model	63

DAFTAR ISTILAH

ISTILAH/AKRONIM	KETERANGAN
<i>Deep learning</i>	bagian dari kelompok kecerdasan buatan (AI). Pada dasarnya, pembelajaran mendalam menggunakan jaringan saraf tiruan dengan banyak lapisan (<i>deep layers</i>) untuk belajar dari banyak data.
LSTM (<i>Long Short Term Memory</i>)	jenis jaringan saraf dalam <i>deep learning</i> yang dirancang khusus untuk mengatasi data berurutan (<i>time series</i>) dan menangani kelemahan pada <i>Recurrent Neural Network</i> biasa, yaitu sulit mengingat informasi jangka panjang.
GRU (<i>Gated Recurrent Unit</i>)	Pengembangan <i>Recurrent Neural Network</i> adalah salah satu jenis model <i>deep learning</i> . GRU dimaksudkan untuk mengatasi masalah RNN seperti vanishing gradient, tetapi memiliki struktur yang lebih sederhana daripada <i>Long Short-term Memory</i> (LSTM).
<i>Hybrid</i>	Menggabungkan lebih dari satu lebih model/metode untuk mendapatkan performa yang lebih
Prophet	Model/alat <i>time series</i> forecasting yang dibuat oleh Meta (<i>Facebook</i>). Prophet dirancang untuk merancang prediksi data berbasis waktu dengan cara yang mudah, cepat, dan cukup akurat, bahkan untuk pengguna yang tidak terlalu mendalam di statistik.
CNN	Salah satu model <i>deep learning</i> yang sangat baik untuk mengolah data berbentuk grid, terutama gambar, adalah <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN).

	(<i>image</i>), tetapi juga bisa digunakan untuk <i>time series</i> dan sinyal.
BiLSTM	Peningkatan memori jangka panjang jangka pendek yang dapat mengoprasikan data dalam dua arah (maju dan mundur), sehingga mampu menangkap konteks lebih lengkap dan meningkatkan akurasi, terutama pada data berurutan.
MAE	Menilai selisih absolut rata-rata antara nilai aktual dan prediksi digunakan sebagai metrik evaluasi yang dikenal sebagai MAE.
RMSE	Metrik evaluasi yang disebut RMSE menghitung akar dari rata-rata kuadrat selisih antara nilai prediksi dan nilai aktual.
MSE	MSE Salah satu metrik evaluasi adalah nilai rata-rata kuadrat selisih antara nilai aktual dan predik
ARIMA	Model statistik Autoregressive Integrated <i>Moving average</i> (ARIMA) menggabungkan tiga komponen utama: <i>autoregressive</i> , <i>differencing</i> , dan <i>moving average</i> . Model ini digunakan untuk memprediksi data rentang waktu.
RNN	Model <i>deep learning</i> , <i>Recurrent Neural Network</i> (RNN), menggunakan data berurutan (<i>time series</i>) dengan data dari langkah sebelumnya.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketergantungan energi listrik yang terus meningkat menyebabkan beban di sistem distribusi mengalami fluktuasi yang dinamis secara berkala. Perubahan beban pada Gardu Induk (GI) dan penyulang dipengaruhi oleh pola pemakaian pelanggan, waktu, kondisi lingkungan, serta karakteristik operasi sistem. Kondisi tersebut menjadi tantangan bagi PT PLN dalam menjaga keseimbangan antara *supply* dan demand, sehingga diperlukan prediksi beban yang akurat untuk membantu perencanaan operasi, pengelolaan pembebanan, dan menjaga keandalan penyaluran listrik. Dalam penelitian ini, beban aktif pada GI Seduduk Putih serta kondisi arus pada penyulang digunakan sebagai informasi historis untuk dipelajari oleh model dalam menghasilkan prediksi beban berikutnya.

Karakteristik perubahan beban listrik yang berbentuk time series memiliki pola temporal, fluktuasi harian, serta hubungan yang kompleks dan tidak selalu linier. Kondisi tersebut menjadi tantangan bagi metode konvensional dalam menghasilkan prediksi yang konsisten. Pendekatan *deep learning* melalui *Long Short-term Memory* (LSTM)(Yuniarti et al., 2022) dan *Gated Recurrent Unit* (GRU) dapat digunakan untuk mempelajari pola tersebut. LSTM memiliki kemampuan dalam mempertahankan informasi jangka panjang, sedangkan GRU memiliki struktur yang lebih sederhana sehingga proses pembelajarannya relatif efisien. Penggunaan kedua arsitektur secara berurutan dalam model *Hybrid* LSTM-GRU diharapkan dapat memanfaatkan kelebihan masing-masing dalam mempelajari pola perubahan beban listrik.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini merancang model *Hybrid* LSTM-GRU berbasis *deep learning* untuk melakukan peramalan beban listrik pada GI Seduduk Putih, dengan memanfaatkan data beban aktif GI, suhu transformator, serta arus Penyulang Kacer dan Penyulang Beo sebagai informasi pembelajaran

model. Model yang dikembangkan diharapkan mampu mengenali pola historis dan fluktuasi beban sehingga memperoleh peramalan yang lebih stabil dan akurat. Hasil prediksi tersebut selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai pendukung dalam mengantisipasi perubahan beban, menjaga keseimbangan *supply* -demand, serta meningkatkan pengelolaan sistem distribusi tenaga listrik di GI Seduduk Putih.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan model *Hybrid LSTM-GRU* berbasis *Deep learning* untuk melakukan peramalan beban listrik pada sistem distribusi di Gardu Induk (GI) Seduduk Putih PLN?
2. Bagaimana tingkat akurasi model *Hybrid LSTM-GRU* dalam melakukan peramalan beban listrik dibandingkan dengan model *Deep learning* tunggal, yaitu LSTM dan GRU?
3. Faktor atau karakteristik data apa saja yang memengaruhi kinerja model dalam melakukan peramalan beban listrik, serta bagaimana pengaruh faktor-faktor tersebut terhadap akurasi hasil peramalan yang dihasilkan oleh model?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian:

- 1) Merancang dan mengimplementasikan model *Hybrid LSTM-GRU* berbasis *Deep learning* yang mampu melakukan prediksi beban listrik pada sistem distribusi di GI PLN Seduduk Putih.
- 2) Menganalisis dan mengevaluasi tingkat akurasi model *Hybrid LSTM-GRU* dalam meramalkan beban listrik, serta membuat perbandingan dengan model tunggal seperti LSTM dan GRU menggunakan parameter evaluasi yang sesuai (MAE, RMSE, dan MAPE).
- 3) Menentukan dan menganalisis unsur-unsur yang berdampak pada kinerja model saat prediksi beban listrik, serta mengetahui pengaruhnya terhadap hasil prediksi yang dihasilkan.

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian difokuskan pada prediksi beban listrik jangka pendek (harian atau per

jam). Data yang digunakan berupa data historis dari satu sistem distribusi tertentu, Variabel input terbatas pada data time-series seperti beban listrik, waktu, dan suhu. Model yang digunakan adalah *Hybrid* LSTM-GRU tanpa perbandingan mendalam dengan model lain. Pengujian dilakukan secara *offline*, tanpa implementasi *real-time*. Evaluasi kinerja menggunakan metrik MAE, RMSE, dan MAPE. Tidak membahas aspek implementasi sistem secara langsung maupun faktor eksternal kompleks

1.5 Sistematika penelitian

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini menggambarkan tahapan awal penelitian yang diawali dengan penyusunan latar belakang yang menjelaskan pentingnya prediksi beban listrik pada gardu induk Seduduk Putih PLN serta permasalahan yang terjadi. Selanjutnya dirumuskan masalah penelitian yang menjadi dasar arah studi, diikuti dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai untuk menjawab permasalahan tersebut. Isi bab juga dijelaskan kegunaan riset baik secara teoritis maupun praktis, batasan permasalahan untuk memperjelas ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan sebagai pedoman alur keseluruhan skripsi.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini memuat kajian literatur dan landasan konseptual yang mendukung riset. Tahapannya mencakup pembahasan tentang sistem tenaga listrik khususnya sistem distribusi dan peran gardu induk, konsep prediksi beban listrik, serta metode-metode yang digunakan seperti *Gated Recurrent Unit* (GRU) dan *Long Short-term Memory* (LSTM). Selain itu, dibahas juga konsep *deep learning*, model *Hybrid* LSTM-GRU, serta penelitian terdahulu yang relevan sebagai pembanding dan dasar pengembangan penelitian. Pada akhir bab disusun kerangka pemikiran yang menggambarkan hubungan antar variabel dan pendekatan yang digunakan kerangka pikir yang menjelaskan bagaimana metode yang digunakan dan variabel berhubungan satu sama lain

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan teknis pelaksanaan penelitian secara sistematis. Dimulai dari jenis dan pendekatan penelitian yang digunakan, lokasi dan objek

penelitian yaitu gardu induk di PT PLN, serta jenis dan sumber data yang digunakan. Selanjutnya dijelaskan proses pengolahan data (*preprocessing*), perancangan rancangan model *Hybrid* LSTM-GRU, beserta tahapan proses pembelajaran dan pengujian model. Pada bab ini juga dijelaskan metode evaluasi kinerja model menggunakan metrik seperti MAE, MSE, dan RMSE, serta disajikan flowchart atau diagram alur penelitian sebagai gambaran proses secara keseluruhan. **BAB 4 DATA PERHITUNGAN, PEMBAHASAN DAN ANALISA**

Bab ini merupakan inti penelitian yang berisi hasil implementasi model dan analisisnya. Tahapannya meliputi penyajian data beban listrik yang digunakan, hasil *preprocessing* data, serta proses pelatihan model *Hybrid* LSTM-GRU. Selanjutnya disajikan hasil prediksi, dan perbandingan nilai aktual dan hasil prediksi, dan evaluasi kinerja model dengan metrik yang telah ditentukan. Studi dilakukan untuk mengetahui keakuratan model serta membandingkan performanya dengan model tunggal (GRU atau LSTM). Pembahasan juga mencakup interpretasi hasil dan implikasinya terhadap sistem distribusi listrik di gardu induk seduduk putih PLN. **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi rangkuman hasil penelitian yang diperoleh berdasarkan tujuan yang sudah ditetapkan. Kesimpulan dibuat untuk menentukan solusi masalah. secara ringkas dan jelas, terutama terkait efektivitas model *Hybrid* LSTM-GRU dalam prediksi beban listrik. Selain itu, disampaikan juga saran untuk penelitian lanjutan, seperti perbaikan model, penambahan

variabel, atau penerapan di sistem yang lebih universal. Bab ini menjadi penutup yang menegaskan kontribusi penelitian terhadap bidang prediksi beban listrik dan pengelolaan sistem distribusi tenaga listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abumohsen, M., Owda, A. Y., & Owda, M. (2023). Electrical Load Forecasting Using LSTM, GRU, and RNN Algorithms. *Energies*, 16(5). <https://doi.org/10.3390/en16052283>
- Alrasheedi, A., & Almalaq, A. (2022). *Hybrid Deep learning Applied on Saudi Smart Grids for Short-term Load Forecasting*. *Mathematics*, 10(15). <https://doi.org/10.3390/math10152666>
- Bashir, T., Haoyong, C., Tahir, M. F., & Liqiang, Z. (2022). Short term electricity load forecasting using *Hybrid prophet-LSTM* model optimized by BPNN. *Energy Reports*, 8, 1678–1686. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.12.067>
- Carlos García-Díaz, J., & Trull, Ó. (2021). *Advanced Methods of Power Load Forecasting*. Retrieved www.mdpi.com/journal/applsci
- Dakheel, F., & Çevik, M. (2025). Electric Load Forecasting and Management in Smart Grids Using Optimized *Long Short-term Memory* Network: A Real-World Evaluation. *International Journal of Energy Production and Management*, 10(3), 371–383. <https://doi.org/10.56578/ijepm100302>
- Eckhoff, J., Wadhwa, S., Fette, M., Wulfsberg, J. P., & Wanigasekara, C. (2026). Electrical Load Forecasting in the Industrial Sector: A Literature Review of Machine Learning Models and Architectures for Grid Planning. In *Energies* (Vol. 19, Number 2). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/en19020538>
- Gaber, A., Aly, H. H., Ghatwary, N., & Abdelsalam, A. K. (2025). Electrical Load Forecasting using a Novel BI-GRU Encoder Decoder Model. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 51(1), 1–14. <https://doi.org/10.37934/araset.51.1.114>
- Haben, S., Voss, M., & Holderbaum, W. (2022.). *Core Concepts and Methods in Load Forecasting With Applications in Distribution Networks*.
- Liao, Y., & Xu, K. (2024.). *mdpi.com/journal/energies Special Issue Reprint Power System Analysis, Operation and Control Edited by*.
Mukkamala, R. B., & Sunku, V. S. R. P. (2025). *Short-term Power Load*

- Forecasting for a 33/11 KV Sub-Station by Utilizing Attention-Based *Hybrid Deep learning* Architectures. *Problems of the Regional Energetics*, 3(67), 13–23. <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2025.3-67.02>
- Musbah, H., & Elsaraiti, M. (2025). Forecasting load consumption: a comprehensive evaluation of *deep learning* and machine learning techniques. *Electric Power Systems Research*, 247, 111834. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2025.111834>
- Rob J. Hyndman George Athanasopoulos. (2021). *Forecasting: Principles and Practice* (3rd ed.). OTexts.
- Satyapal, K. S., Patil, A., Samad, K., & Diggikar, S. (2024). Short Term Load Forecasting for Smart Distribution System Planning Using Deep Neural Networks: A *Hybrid* Approach. *SSRG International Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 11(5), 138–149. <https://doi.org/10.14445/23488379/IJEEE-V11I5P113>
- Sivakumar, A. (2022.). *Basics of power system, protection and introduction to power system designing*.
- Smyl, S., Dudek, G., & Pełka, P. (2024). ES-dRNN: A *Hybrid Exponential Smoothing* and Dilated *Recurrent Neural Network* Model for *Short-term* Load Forecasting. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 35(8), 11346–11358. <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2023.3259149>
- Sulandari, W., Yudhanto, Y., Subanti, S., Setiawan, C. D., Hapsari, R., & Rodrigues, P. C. (2023). Comparing the Simple to Complex Automatic Methods with the Ensemble Approach in Forecasting Electrical *Time series* Data. *Energies*, 16(22), 7495. <https://doi.org/10.3390/en16227495>
- Sun, H., Yu, Z., & Zhang, B. (2024). Research on *short-term* power load forecasting based on VMD and GRU. *PLOS ONE*, 19(7), e0306566. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0306566>
- Tziolis, G., Spanias, C., Theodoride, M., Theocharides, S., Lopez-Lorente, J., Livera, A., Makrides, G., & Georghiou, G. E. (2023). *Short-term* electric net load forecasting for solar-integrated distribution systems based on Bayesian neural networks and statistical post-processing. *Energy*, 271, 127018.

- <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127018>
- Wang, Y., Li, H., Jahanger, A., Li, Q., Wang, B., & Balsalobre-Lorente, D. (2024). A novel ensemble electricity load forecasting system based on a decomposition-selection-optimization strategy. *Energy*, 312, 133524. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.133524>
- Xu, S., Sun, H., Li, B., Zhao, D., Li, H., Wang, K., Liu, J., & Wang, X. (2024). Bi-LSTM-based load forecasting for power grid. *Journal of Physics: Conference Series*, 2781(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2781/1/012002>
- Yang, X., Zhao, S., Li, K., Chen, W., Zhang, S., & Chen, J. (2025). An optimized method for *short-term* load forecasting based on feature fusion and ConvLSTM-3D neural network. *Frontiers in Energy Research*, 12. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2024.1501963>
- Yuniarti, E., Nurmaini, S., & Suprpto, B. Y. (2022). Indonesian load prediction estimation using long short term memory. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 11(3), 1026–1032. <https://doi.org/10.11591/ijai.v11.i3.pp1026-1032>
- Zhou, Y., Su, Z., Gao, K., Wang, Z., Ye, W., & Zeng, J. (2024). A *short-term* electricity load forecasting method integrating empirical modal decomposition with SAM-LSTM. *Frontiers in Energy Research*, 12. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2024.1423692>