

PREDIKSI BEBAN LISTRIK PADA GARDU INDUK SIDOARJO MENGUNAKAN METODE LONG SHORT-TERM MEMORY (LSTM)

Oleh:

RACHMAD MAULID SANTONI,

JAMAALUDDIN

SHAZANA DHIYA AYUNI

ARIEF WISAKSONO

AGUS HF

Progam Studi:

Teknik Elektro

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Oktober, 2026



LATAR BELAKANG

- Dalam dua tahun terakhir, konsumsi listrik di provinsi Jawa Timur menunjukkan tren peningkatan. Peningkatan kebutuhan listrik yang tidak diimbangi dengan perencanaan beban yang akurat dapat menyebabkan berbagai permasalahan, seperti kelebihan beban (overload), penurunan kualitas daya, hingga risiko gangguan pada peralatan gardu induk.
- Berdasarkan hasil telaah terhadap berbagai penelitian dalam lima tahun terakhir, dapat diketahui bahwa penerapan metode artificial intelligence, khususnya long short-term memory (LSTM), telah banyak digunakan dalam peramalan beban listrik dan menunjukkan tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan metode konvensional. Berdasarkan celah penelitian tersebut, kebaruan dari penelitian ini terletak pada penerapan metode artificial intelligence berbasis long short-term memory (LSTM) yang menekankan pada keterkaitannya hasil prediksi dengan kebutuhan operasional khususnya dalam mengantisipasi beban puncak dan kelebihan beban pada gardu induk.

Pertanyaan Penelitian (Rumusan Masalah)

1. Bagaimana karakteristik pola beban listrik pada gardu induk sidoarjo berdasarkan data historis operasional yang tersedia?
2. Bagaimana kinerja metode long short-term memory (LSTM) dalam memprediksi beban listrik pada gardu induk sidoarjo berbasis data deret waktu?
3. Seberapa akurat hasil prediksi beban listrik yang dihasilkan oleh model LSTM jika ditinjau menggunakan parameter evaluasi kesalahan (error) yang relevan?

Metode

1. PENDEKATAN PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Kuantitatif karena penelitian ini berfokus pada data numerik yang bersumber dari data historis beban Listrik gardu induk. Metode yang digunakan Adalah Deep Learning yaitu Long Short-Term Memory, yang mana metode ini mampu mempelajari ketergantungan temporal jangka pendek maupun jangka Panjang pada deret waktu, sehingga sesuai untuk meneliti pola beban Listrik yang bersifat dinamis.

2. Struktur dan Mekanisme LSTM

Mekanisme LSTM terdiri dari 3 gerbang utama, yaitu forget gate, input gate dan output gate.

Metode

- 1. Persamaan Forget gate :
- $f(t) = \sigma(w_{xf} \times x(t) + w_{hf} \times h(t-1) + b_f)$
- 2. Persamaan input gate adalah:
- $i(t) = \sigma(w_{xi} \times x(t) + w_{hi} \times h(t-1) + b_i)$
- 3. Nilai kandidat cell state dihitung menggunakan:
- $\tilde{C}(t) = \tanh(w_{xc} \times x(t) + w_{hc} \times h(t-1) + b_c)$
- 4. Selanjutnya, cell state diperbarui menggunakan:
- $C(t) = f(t) \odot c(t-1) + i(t) \odot \tilde{C}(t)$
- 5. Persamaan output gate adalah:
- $O(t) = \sigma(w_{xo} \times x(t) + w_{ho} \times h(t-1) + b_o)$
- 6. Sedangkan hidden state dihitung dengan:
- $H(t) = o(t) \odot \tanh(C(t))$

Metode

- 3. Pengumpulan dan Prapemrosesan Data
Data yang di gunakan merupakan data rekapitulasi beban Listrik selama periode Januari sampai Desember, proses pengolahan data menggunakan google colab berbasis python.
- Pemetaan bulan, yaitu mengubah informasi nama bulan Januari sampai Desember menjadi nilai numerik 1 sampai 12. Encoding sesi, yaitu mengubah informasi sesi pengukuran menjadi nilai numerik sehingga urutan data dapat diproses secara komputasional.
- 4. Pembentukan Data Time Series
Data hasil normalisasi kemudian diubah menjadi bentuk sekuensial menggunakan metode sliding window. Model menggunakan 3 pengamatan sebelumnya untuk memprediksi satu pengamatan berikutnya

Hasil

Model LSTM di evaluasi secara individual pada 17 titik pengukuran di Gardu Induk Sidoarjo menggunakan data pengujian bulan Desember.

No	Titik Pengukuran	Rata-rata Beban Aktual (A)	RMS E (A)	MAPE (%)	Kategori
1	Klurak Bali	121,76	5,50	3,41	Sangat Tinggi
2	Tenggulunan	144,02	11,11	4,91	Sangat Tinggi
3	Incoming 1	1.271,06	116,50	7,12	Tinggi
4	Kepadangan	104,70	13,71	9,49	Tinggi
5	Mutiara Citra Asri	149,95	16,20	9,52	Tinggi
6	Graha Kota	198,27	24,92	10,57	Baik
7	Candi Pari	139,83	20,09	10,76	Baik
8	Gempolsari	181,41	23,20	11,25	Baik
9	Bumi Mulyo	181,56	23,92	11,42	Baik
10	Incoming 2	1.239,97	171,02	12,19	Baik
11	Sumokali	193,11	30,84	13,29	Cukup Baik
12	Jiken	146,68	25,16	15,29	Cukup Baik
13	Ecco	157,77	29,18	15,89	Cukup Baik
14	Permisian	174,90	33,92	15,96	Cukup Baik
15	Umsida	131,77	28,73	17,52	Cukup Baik
16	Jimbaran	210,40	52,43	18,91	Cukup Baik
17	Heaven Land	148,52	40,13	23,64	Fluktuatif Sedang

Hasil Pengujian menunjukkan bahwa penyulang Klurak Bali menghasilkan performa prediksi terbaik dengan RMSE sebesar 5,50 A dan MAPE sebesar 3,41%. Hasil Tersebut menunjukkan bahwa model LSTM dapat menangkap pola temporal dengan lebih baik pada data yang memiliki karakteristik relative stabil atau memiliki pola yang berulang

Pada Penyulang yang memiliki data beban fluktuasi tinggi maka kinerja model akan menurun, dapat dilihat pada P. Jimbaran dengan RMSE 52,43 dan MAPE 18,91 sedangkan Heaven Land RMSE 40,13 dan MAPE 23,64

Pembahasan

ANALISIS HASIL

- Berdasarkan Data pada tabel, hasil prediksi menunjukkan variasi kinerja antar penyulang. 2 Penyulang menghasilkan MAPE di bawah 5%, 5 Titik Pengukuran berikutnya menghasilkan MAPE antara 7,12% - 11,42%, sedangkan beberapa penyulang lainnya memiliki MAPE di atas 15%.
- Variasi tersebut menunjukkan bahwa karakteristik beban merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi performa prediksi. Model yang sama dapat menghasilkan tingkat kesalahan yang berbeda ketika diterapkan pada data dengan pola temporal yang berbeda. Oleh sebab itu, evaluasi individual pada setiap penyulang diperlukan agar hasil prediksi tidak hanya dilihat berdasarkan nilai rata-rata seluruh sistem.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

- Penelitian ini menerapkan pendekatan deep learning dengan arsitektur long short-term memory (LSTM) untuk memprediksi beban listrik jangka pendek pada 17 titik pengukuran yang terdiri atas incoming dan penyulang distribusi di gardu induk sidoarjo. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa performa model berbeda pada setiap penyulang. Kinerja terbaik diperoleh pada penyulang klurak bali dengan RMSE sebesar 5,50 A dan MAPE sebesar 3,41%, diikuti penyulang tenggulunan dengan RMSE sebesar 11,11 A dan MAPE sebesar 4,91%. Sementara itu, error tertinggi diperoleh pada penyulang heaven land dengan RMSE sebesar 40,13 A dan MAPE sebesar 23,64%.

B. Saran

- Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model dengan menambahkan variabel eksternal yang berpotensi memengaruhi beban listrik, seperti jam pengukuran, hari kerja dan hari libur, kondisi cuaca, temperatur, serta karakteristik konsumsi pelanggan. Selain itu, performa LSTM dapat dibandingkan dengan arsitektur lain seperti GRU, CNN-LSTM, atau model *transformer* untuk mengetahui pendekatan yang lebih sesuai terhadap karakteristik beban masing-masing penyulang.

