

Analisis Tren Historis Dan Prediksi Beban Listrik Pada Tenaga Listrik Menggunakan Artificial Neural Network Dengan Metode Backpropagation: Systematic Literature Review

Regina Septient Malini^{1*}, Alvin Sahroni², Hendra Setiawan³

Universitas Islam Indonesia^{1,2,3}

Jalan Kaliurang Km. 14.4 Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

Sur-el : septientregina@gmail.com¹, alvinsahroni@uii.ac.id², hendra.setiawan@uii.ac.id³

*) Corresponden Author

Received: 01 August 2025 Reviewed: 17 August 2025 Accepted: 09 September 2025

Abstract : Electric load forecasting is a critical step in ensuring the reliability of power systems amid rising energy demand driven by digitalization, industrialization, and urbanization. This article presents a Systematic Literature Review (SLR) on the application of Artificial Neural Networks (ANN) with backpropagation algorithms for load prediction based on historical data, employing the PRISMA framework for study screening and selection. The review analyzes nine relevant national journals to identify trends in accuracy, network configurations, and model effectiveness. Findings indicate that ANN with backpropagation can achieve low prediction error rates, such as a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 0.05% in industrial sectors and up to 99.88% accuracy in specific cases. ANN also demonstrates strong capability in capturing dynamic changes in energy consumption, making it a reliable method for supporting operational planning and efficient electricity distribution. Despite promising performance, several aspects remain underexplored, including more complex ANN architectures, hyperparameter tuning techniques, limited cross-regional validation, and insufficient comparative analysis with alternative methods such as ensemble learning or deep learning-based algorithms. This review offers comprehensive insights into the integration of artificial intelligence in power systems and lays the groundwork for developing more adaptive, precise, and broadly generalizable load forecasting strategies in the future.

Keywords: Artificial Neural Network, Electrical Load Forecasting, Backpropagation

Abstrak : Peramalan beban listrik merupakan langkah krusial dalam mendukung keandalan sistem tenaga listrik di tengah meningkatnya permintaan energi akibat digitalisasi, industrialisasi, dan urbanisasi. Artikel ini menyajikan Systematic literature Review (SLR) terhadap penggunaan Artificial Neural Network (ANN) dengan algoritma backpropagation dalam prediksi beban listrik berbasis data historis, dengan pendekatan PRISMA untuk penyaringan dan pemilihan studi. Studi ini mengidentifikasi tren akurasi, konfigurasi jaringan, serta efektivitas model ANN melalui analisis terhadap sembilan jurnal nasional yang relevan. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa ANN dengan backpropagation mampu menghasilkan tingkat kesalahan prediksi yang rendah, seperti nilai MAPE sebesar 0.05% di sektor industri dan akurasi hingga 99,88% dalam kasus tertentu. ANN juga mampu menangkap dinamika perubahan konsumsi energi dengan baik, sehingga metode ini dapat diandalkan untuk mendukung perencanaan operasional dan efisiensi distribusi listrik. Meski hasil studi menunjukkan kinerja yang menjanjikan, sejumlah aspek belum dieksplorasi terhadap arsitektur ANN yang lebih kompleks dan teknik hyperparameter tuning, minimnya validasi lintas wilayah, serta kurangnya perbandingan mendalam dengan metode alternatif seperti ensemble learning atau algoritma berbasis deep learning. Tinjauan ini memberikan wawasan komprehensif mengenai integrasi kecerdasan buatan dalam sistem ketenagalistrikan dan menjadi dasar bagi pengembangan strategi prediksi beban daya yang lebih adaptif, presisi, dan dapat digeneralisasi secara luas di masa depan.

Kata kunci: Artificial Neural Network, Prediksi Beban Listrik, Backpropagation

1. PENDAHULUAN

Kehidupan masyarakat modern yang semakin bergantung pada listrik menuntut PT. PLN (Persero) untuk merancang sistem tenaga dan perencanaan operasional yang efisien [1]. Dinamika industrialisasi, urbanisasi, dan digitalisasi menghadirkan tantangan bagi manajemen daya, sehingga diperlukan sistem prediksi beban yang andal guna mengoptimalkan pelayanan dan efisiensi operasional [2].

Untuk menjawab tantangan tersebut, metode peramalan berbasis data historis, khususnya menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) *Artificial Neural Network* (ANN) dianggap efektif karena mampu mengenali pola konsumsi dan memperbaiki akurasi prediksi melalui algoritma *backpropagation* [3]. Dalam konteks prediksi beban listrik, algoritma *backpropagation* menjadi algoritma utama yang digunakan karena memiliki kemampuan tinggi dalam meminimalkan kesalahan prediksi melalui mekanisme propagasi balik dari output ke unit tersembunyi [4].

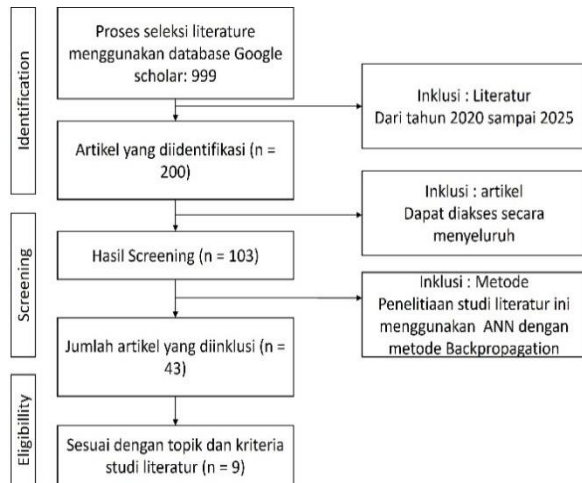
Penelitian dengan judul “*Utilization of Artificial Neural Network for Precise Electrical Load Prediction*” [5] memperkuat pendekatan ini dengan menunjukkan bahwa arsitektur BiLSTM, yang merupakan pengembangan dari JST, berhasil mencapai nilai RMSE serendah 0.022, menunjukkan akurasi tinggi dalam memproyeksi beban listrik secara dinamis dan responsive terhadap perubahan pola konsumsi Masyarakat.

Ketidak konsistenan beban listrik di Indonesia, yang dipengaruhi oleh aktivitas masyarakat, cuaca, dan waktu, menegaskan

perluunya sistem prediksi yang adaptif dan berbasis data yang kuat [6]. Oleh karena itu, kajian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas ANN dalam prediksi beban listrik dengan pendekatan data yang lebih komprehensif seperti jumlah beban, jumlah pelanggan, dan volume penjualan, guna mendukung perencanaan energi yang cerdas, responsive, dan berkelanjutan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam upaya mencari artikel berbahasa Indonesai yang relevan dengan topik, penelusuran dilakukan melalui beberapa basis data, termasuk Google Scholar. Dengan menggunakan kata kunci “Prediksi Beban Harian”, artikel yang ditemukan kemudian ditinjau untuk memilih yang sesuai dengan kriteria penelitian dari proses ini, diperoleh sembilan artikel yang akan dianalisis lebih lanjut. Beberapa diantaranya membahas pendekatan *Artificial Neural Network* (ANN) dengan metode *Backpropagation* dalam melakukan prediksi beban harian. Studi ini bertujuan untuk mengukur tingkat kesalahan yang terjadi saat menggunakan ANN sebagai alat bantu prediksi. Pertanyaan utama yang ingin dijawab adalah sejauh mana hasil prediksi mendekati data aktual. Diharapkan, penelitian ini dapat menjadi solusi terhadap lonjakan beban listrik yang tiba-tiba dan berpotensi menyebabkan gangguan seperti pemadaman listrik (*blackout*).



Gambar 1. PRISMA Flowchart Diagram Pencarian Literature

Peneliti awalnya menemukan sebanyak 999 artikel di *Google Scholar*. Jumlah tersebut kemudian disaring menjadi 200 artikel berdasarkan usia publikasi dalam lima tahun terakhir. Penyaringan berikutnya dilakukan dengan mempertimbangkan aksesibilitas penuh terhadap artikel, sehingga tersisa 103 artikel. Seleksi berdasarkan metode yang digunakan menghasilkan 43 artikel, hingga akhirnya teridentifikasi sembilan artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Proses seleksi dan alur penyaringan dilakukan mengikuti diagram PRISMA (Gambar 1).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. HASIL

Hasil analisis beberapa artikel maupun jurnal penelitian tentang prediksi listrik dengan menggunakan *Artificial Neural Network* pada metode *backpropagation* dalam kehidupan sehari-hari, diperoleh dari *publish or parish* yang dimana ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Jenis Data Berdasarkan Jumlah Beban

Penulis	Akurasi	Indikator		
		Error	Arsitektur	Epoch
[7]	93,02%	6,98%	4-1-1	-
[8]	95,36%	4,644%	10-50-1	13
[3]	96,71%	3,29%	24-24-24	-
[9]	87,63%	12,366%	12-12-1	-

Berdasarkan hasil jenis data jumlah beban, bahwa tabel 1 tersebut membandingkan performa beberapa model jaringan syaraf tiruan yang digunakan oleh beberapa penulis untuk mengolah data dengan berbagai jumlah beban. Terdapat lima aspek yang dibandingkan, yaitu: refrensi penulis, tingkat akurasi, tingkat kesalahan (*error*), arsitektur jaringan, dan jumlah epoch atau iterasi pelatihan.

Penulis yang dirujuk [7] menggunakan arsitektur sederhana 4-4-1 dan menghasilkan akurasi sebesar 93,02% dan eror 6,98%. Sementara itu, penulis [8] dengan arsitektur kompleks 10-50-1 dengan 13 epoch, yang menghasilkan akurasi sebesar 95,36% dan eror 4,644%. Pada artikel [3], ia menggunakan arsitektur lebih dalam yaitu 24-24-24 tanpa informasi jumlah epoch, dan memperoleh akurasi tertinggi yaitu 96,71% dengan eror terendah sebesar 3,29%. Penulis [9], dengan arsitektur 12-12-1 dan tanpa data epoch, menghasilkan akurasi terendah yaitu 87,63% dan eror tertinggi sebesar 12,366%. Dari informasi ini, dapat disimpulkan bahwa semakin kompleks arsitektur jaringan dan semakin optimal pelatihan (epoch), maka performa model cenderung meningkat. Akurasi tinggi dan eror rendah tampak berkorelasi dengan penggunaan struktur jaringan yang lebih dalam dan pelatihan

yang lebih banyak. Namun, penting juga untuk memperhatikan efisiensi dan kebutuhan komputasi, karena struktur yang kompleks bisa menuntut sumber daya lebih besar.

Tabel 2. Jenis Data Berdasarkan Jumlah Pelanggan

Penulis	Akurasi	Indikator		
		Error	Arsitektur	Epoch
[10]	91,92%	8,08%	12-1-1	10.000
[11]	90,56%	5,35%	6-18-1	1000
[12]	99,88%	0,12%	4-4-23	2000
[4]	99,6%	0,4%	6-30-1	10.000

Merujuk pada data dalam table 2 yang menggunakan jumlah pelanggan sebagai jenis data, ditampilkan perbandingan kinerja dari berbagai penelitian yang menerapkan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) *Backpropagation* untuk memprediksi konsumsi energi listrik. Terdapat lima kolom utama, yaitu: penulis, akurasi, eror, arsitektur jaringan, dan jumlah epoch pelatihan. Penulis yang dirujuk dengan [10] menggunakan arsitektur 12-1-1 dan melatih jaringan selama 10.000 epoch, menghasilkan akurasi sebesar 91,92% dan eror sebesar 8,08%, yang menunjukkan model cukup baik meskipun masih memiliki ruang untuk peningkatan. Penulis [11] menerapkan arsitektur 6-18-1 dengan 1000 epoch, menghasilkan akurasi 90,56% dan eror 5,35%, di mana jaringan dengan *hidden layer* lebih lebar dapat menangkap pola secara lebih kompleks namun perlu pelatihan lebih dalam. Penulis [12] memiliki hasil tertinggi dengan akurasi 99,88% dan eror sangat kecil yaitu 0,12% menggunakan arsitektur 4-4-23 serta 2000 epoch, menandakan konfigurasi ini sangat efektif dalam memetakan hubungan input dan output. Sedangkan penulis [4] menggunakan arsitektur 6-30-1 dengan

10.000 epoch, menghasilkan akurasi 99,6% dan eror 0,4%, juga menunjukkan performa model sangat tinggi dan stabil. Dari keseluruhan data, terlihat bahwa semakin kompleks arsitektur dan semakin besar epoch pelatihan, hasil yang diperoleh cenderung lebih presisi, namun efisiensi komputasi dan *overfitting* juga perlu diperhatikan. Tabel ini memberikan gambaran penting tentang pengaruh konfigurasi JST terhadap kualitas prediksi dan memungkinkan evaluasi metode mana yang paling optimal dalam studi kebutuhan energi listrik.

Tabel 3. Jenis Data Berdasarkan Penjualan

Penulis	Akurasi	Indikator		
		Error	Arsitektur	Epoch
[13]	94%	6,15%	4-10-1	2000

Pada tabel 3 dengan jenis data berdasarkan penjualan dari sebuah model jaringan syaraf tiruan *backpropagation* dalam memprediksi kebutuhan listrik berdasarkan data penjualan. Tabel ini mencantumkan lima aspek penting: referensi penulis, nilai akurasi, tingkat kesalahan (*error*), arsitektur jaringan, dan jumlah epoch pelatihan. Penulis [13] menggunakan arsitektur 4-10-1, yang terdiri dari empat *neuron* input, satu *hidden layer* dengan sepuluh *neuron*, dan satu *neuron* output. Dengan konfigurasi ini dan pelatihan sebanyak 2000 epoch, model berhasil mencapai tingkat akurasi sebesar 94% dan menghasilkan eror sebesar 6,15%. Artinya, prediksi yang dihasilkan cukup presisi dan layak diaplikasikan dalam perencanaan daya listrik. Pemilihan arsitektur dan jumlah epoch tampaknya mampu menangkap pola dalam data penjualan secara efektif, meskipun masih ada potensi peningkatan untuk menekan eror lebih

lanjut. Secara keseluruhan, tabel ini menegaskan bahwa penggunaan JST dengan pendekatan *backpropagation* mampu menghasilkan prediksi yang kuat bila dikombinasikan dengan struktur yang tepat dan pelatihan yang memadai.

3.2. PEMBAHASAN

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) atau *Artificial Neural Network* (ANN) adalah suatu model jaringan *neural* yang meniru prinsip kerja dari *neuron* otak manusia. Pada studi ini digunakan adalah jaringan syaraf tiruan menggunakan algoritma *backpropagation* atau algoritma perambatan galat mundur yang merupakan metode algoritma untuk sistem pembelajaran *multiplayer* Jaringan Syaraf Tiruan. metode *Backpropagation* tersebut mempunyai dasar matematis yang kuat, objektif dan algoritma untuk mendapatkan bentuk persamaan dan nilai koefisien dalam formula dengan meminimalkan jumlah kuadrat galat eror melalui model yang dikembangkan. Berbagai studi dalam tabel 1,2, dan 3 menunjukkan bahwa metode *Artificial Neural Network* (ANN) dengan algoritma *backpropagation* memiliki performa prediksi yang tinggi dan akurat terhadap beban listrik. Ketiga hasil evaluasi pada tabel dengan model jaringan syaraf tiruan (JST) dalam memprediksi kebutuhan listrik dengan menggunakan jenis data yang berbeda, diantaranya: data jumlah beban listrik harian, data jumlah pelanggan, dan data jumlah penjualan. Dapat disimpulkan bahwa data jumlah penjualan pada penelitian [13] memberikan hasil prediksi terbaik. Hal ini didasarkan pada kombinasi nilai akurasi tertinggi (94%) dan

tingkat eror terendah (6,15%) yang dicapai menggunakan arsitektur JST 4-10-1 dengan 2000 epoch. Sementara data jumlah beban harian dan data jumlah pelanggan juga menunjukkan performa yang cukup baik, hasilnya sedikit tertinggal dari segi akurasi dan tingkat kesalahan. Dominasi data penjualan kemungkinan besar disebabkan oleh keterkaitan yang lebih langsung antara aktivitas konsumsi dan kebutuhan energi. Hal ini memungkinkan model untuk mengenali pola secara lebih jelas dan konsisten. Oleh karena itu, dalam konteks peramalan kebutuhan energi listrik, penggunaan data penjualan dapat dianggap sebagai pendekatan paling optimal dibandingkan dengan dua jenis data lainnya. Temuan ini turut diperkuat oleh [14][15], yang menunjukkan bahwa penggunaan data historis penjualan sebagai variabel utama menghasilkan prediksi kebutuhan listrik yang lebih akurat, khususnya untuk keperluan perencanaan dan pengelolaan pasokan. Penelitian tersebut juga mengindikasikan bahwa variabel penjualan mampu merepresentasikan tren, pola musiman, dan komponen residual konsumsi energi secara lebih efektif, sehingga meningkatkan ketepatan dalam peramalan dibandingkan dengan variabel lain yang bersifat tidak langsung.

Permasalahan umum dari seluruh jurnal adalah rendahnya akurasi metode konvensional dalam memprediksi beban listrik yang fluktuatif, terbatasnya data historis dan fitur yang digunakan, belum adanya eksplorasi arsitektur dan *tuning* model ANN secara mendalam, serta minimnya validasi lintas wilayah dan perbandingan dengan metode lain. Akibatnya,

meskipun ANN menunjukkan performa menjanjikan, masih banyak tantangan dalam aspen generalisasi dan optimasi model.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka peneliti melakukan tinjauan *systematic literature review* guna untuk melihat dan membandingkan jenis data apa yang menghasilkan akurasi terbaik dengan tingkat kesalahan yang kecil.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan tinjauan terhadap sembilan jurnal nasional, dapat disimpulkan bahwa metode *Artificial Neural Network* (ANN) dengan algoritma *backpropagation* merupakan pendekatan yang sangat efektif dalam memprediksi beban listrik berbasis data historis. Hasil studi menunjukkan tingkat akurasi tinggi hingga 99,88% dan nilai kesalahan (MAPE) yang rendah, bahkan mencapai 0,05% di sektor industri. ANN mampu menangkap dinamika konsumsi energi secara adaptif, baik untuk kebutuhan harian maupun proyeksi tahunan, serta menunjukkan kinerja lebih unggul dibanding metode lain. Selain itu, data penjualan terbukti sebagai variabel input paling menjanjikan karena memberikan hasil prediksi terbaik dibandingkan data jumlah beban dan jumlah pelanggan. Dengan konfigurasi jaringan dan jumlah epoch yang optimal, ANN berkontribusi nyata terhadap efisien perencanaan energi, keandalan distribusi, dan pengembangan sistem kelistrikan yang lebih presisi dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. P. S. Gunawan and W. Ariwibowo, "Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Metode Feed Forward Backpropagation Neural Network," *J. Tek. Elektro*, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/35265>
- [2] E. Yuniarti, W. Wardiman, W. Wirangga, and B. Alfarezi, "Peningkatan Akurasi pada Prediksi Beban Listrik Menggunakan Metode Moving Average," *J. Serambi Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 1516–1521, 2021, doi: 10.32672/jse.v6i1.2605.
- [3] F. Rohman, "Prediksi Beban Listrik Dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Metode Backpropagation," *J. Surya Energy*, vol. 5, no. 2, pp. 55–60, 2022, doi: 10.32502/jse.v5i2.3092.
- [4] D. Setyowati and S. Sunardiyo, "Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Dengan Jaringan Saraf Tiruan (Artificial Neural Network) Metode Backpropagation Tahun 2020-2025," *J. EECCIS (Electrics, Electron. Commun. Control. Informatics, Syst.)*, vol. 14, no. 1, pp. 6–9, 2020, doi: 10.21776/jeccis.v14i1.604.
- [5] C. Pavlatos, E. Makris, G. Fotis, V. Vita, and V. Mladenov, "Utilization of Artificial Neural Networks for Precise Electrical Load Prediction," *Technologies*, vol. 11, no. 3, pp. 1–14, 2023, doi: 10.3390/technologies11030070.
- [6] R. Adolph, "Oversupply Perusahaan Listrik Negara," *Pus. Anal. Anggar. Dan Akuntabilitas Keuang. Negara*, pp. 1–23, 2016.
- [7] W. Kholis, Nur. Agung, Imam. Aribowo, "PERAMALAN BEBAN PUNCAK MENGGUNAKAN METODE FEED FORWARD BACKPROPAGATION DAN GENERALIZED REGRESSION NEURAL NETWORK Yunus Alam Suryatna Nur Kholis, Imam Agung, Widi Aribowo," 2021.
- [8] M. Muhtar, Novie Ayub Windarko, Setiawardhana, and Kadek Reda Setiawan Suda, "Short Term Forecasting Beban Listrik Menggunakan Artificial Neural Network," *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 20, no. 1, pp. 13–22,

- 2023, doi: 10.23887/jptkundiksha.v20i1.53919.
- [9] M. N. Fadilah, A. Yusuf, and N. Huda, "Prediksi Beban Listrik Di Kota Banjarbaru Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation," *J. Mat. Murni Dan Terap. Epsil.*, vol. 14, no. 2, p. 81, 2021, doi: 10.20527/epsilon.v14i2.2961.
- [10] S. Arif *et al.*, "SNESTIK Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika Analisa Prediksi Beban Listrik Menggunakan Artificial Neural Network (Ann)," *SNESTIK Semin. Nas. Tek. Elektro, Sist. Informasi, dan Tek. Inform.*, pp. 104–111, 2023, [Online]. Available: <https://ejurnal.itats.ac.id/snestikdanhttps://snestik.itats.ac.id>
- [11] H. Hartono, Y. Muharni, I. Setiawan, I. Saraswati, and A. Maulana, "Load Forecasting Energi Listrik Provinsi Banten Tahun 2022-2030 Menggunakan Metode Backpropagation Neural Network," *J. Syst. Eng. Manag.*, vol. 2, no. 1, p. 45, 2023, doi: 10.36055/joseam.v2i1.19265.
- [12] Akbar Alfin Aulia, "Magister Teknik Elektro_20602200001_fullpdf," *Progr. Stud. Magister Tek. Elektro*, no. PREDIKSI KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK KOTA SEMARANG TAHUN 2025-2030 BERBASIS BACKPROPAGATION DAN REGRESI LINEAR, pp. 1–86, 2025.
- [13] A. H. Wijaya, "Artificial Neural Network Untuk Memprediksi Beban Listrik Dengan Menggunakan Metode Backpropagation (Studi Kasus PT.PLN Regional Sumatera Barat)," *J. CoreIT*, vol. 5, no. 2, pp. 61–70, 2019, doi: 10.58466/entries.
- [14] G. R. Sosa, M. Z. Falah, D. F. L, A. P. Wibawa, A. N. Handayani, and J. A. H. Hammad, "Forecasting electrical power consumption using ARIMA method based on kWh of sold energy," *Sci. Inf. Technol. Lett.*, vol. 2, no. 1, pp. 9–15, 2021, doi: 10.31763/sitech.v2i1.637.
- [15] Rido Safaryansyah, Alda Cendekia Siregar, and Istikoma, "Prediction of Electricity kWh Sales in Pontianak City Using Linear Regression Method," *J. Artif. Intell. Eng. Appl.*, vol. 4, no. 3, pp. 1778–1781, 2025, doi: 10.59934/jaiea.v4i3.1011.