

## Prakiraan Produksi Energi Listrik PLTA di Sumatera Utara Menggunakan Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

Wisnu Alqadri Wardana<sup>1</sup>, Mawardi<sup>2</sup>, Yoga Tri Nugraha<sup>3</sup>, Sari Novalianda<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Al-Azhar. Medan

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Al-Azhar. Medan

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received: 20 November 2025

Revised: 28 November 2025

Accepted: 28 November 2025

#### Keywords:

Prediksi energi listrik,  
logika fuzzy,  
jaringan saraf tiruan,  
forecasting.

#### Published by

Impressio : Jurnal Teknologi dan Informasi

Copyright © 2025 by the Author(s) | This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### ABSTRACT

Kebutuhan energi listrik di Sumatera Utara terus mengalami fluktuasi seiring pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri, sehingga perencanaan konsumsi listrik yang akurat sangat diperlukan untuk menjaga keandalan pasokan. Penelitian ini menerapkan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) untuk memprediksi konsumsi energi listrik di wilayah Sumatera Utara dengan menggunakan data historis periode 2018–2024. Data aktual dibandingkan dengan hasil prediksi model untuk mengevaluasi akurasi menggunakan indikator *Mean Absolute Error* (MAE), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil evaluasi menunjukkan nilai MAE sebesar 0,00057, RMSE sebesar 0,00139, dan MAPE hanya 0,00012%, yang menandakan tingkat kesalahan prediksi sangat kecil. Proyeksi hingga tahun 2029 memperlihatkan tren konsumsi listrik yang cenderung meningkat kembali setelah mengalami penurunan pada tahun 2022–2023, dengan lonjakan signifikan pada tahun 2024. Hal ini menunjukkan bahwa ANFIS mampu mengikuti pola historis dengan baik serta memberikan hasil prakiraan yang presisi dan dapat diandalkan. Dengan demikian, metode ANFIS dapat digunakan sebagai dasar perencanaan energi jangka pendek untuk mendukung strategi penyediaan listrik yang efisien dan berkelanjutan di Sumatera Utara.

*The electricity demand in North Sumatra continues to fluctuate along with population growth and industrial development, so accurate electricity consumption planning is essential to maintain supply reliability. This study applies the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) to predict electricity consumption in the North Sumatra region using historical data for the 2018–2024 period. Actual data is compared with the model's prediction results to evaluate accuracy using the Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) indicators. The evaluation results show an MAE value of 0.00057, RMSE of 0.00139, and MAPE of only 0.00012%, indicating a very small level of prediction error. Projections until 2029 show a trend of electricity consumption that tends to increase again after experiencing a decline in 2022–2023, with a significant spike in 2024. This indicates that ANFIS is able to follow historical patterns well and provide precise and reliable forecast results. Thus, the ANFIS method can be used as a basis for short-term energy planning to support efficient and sustainable electricity supply strategies in North Sumatra.*

### Corresponding Author:

Mawardi

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Al-Azhar. Medan, Indonesia

Jl. Jalan Pintu Air IV No. 214, Kwala Bekala, Padang Bulan, Medan

Email: [mawardi.ipc@gmail.com](mailto:mawardi.ipc@gmail.com)

## PENDAHULUAN

Ketersediaan energi listrik merupakan faktor fundamental dalam mendukung pertumbuhan ekonomi dan pembangunan berkelanjutan. Seiring dengan meningkatnya aktivitas industri,

pertumbuhan penduduk, dan urbanisasi, kebutuhan energi listrik terus mengalami peningkatan, khususnya di wilayah Sumatera Utara. Kondisi ini menuntut adanya perencanaan energi yang tepat agar pasokan listrik dapat memenuhi kebutuhan secara optimal dan berkelanjutan.

Salah satu tantangan utama dalam perencanaan energi listrik adalah ketidakpastian dalam produksi energi yang dipengaruhi oleh berbagai faktor teknis dan non-teknis. Ketidakakuratan dalam prakiraan produksi listrik dapat menyebabkan ketidakseimbangan antara pasokan dan permintaan, yang berpotensi menimbulkan gangguan sistem kelistrikan. Oleh karena itu, diperlukan metode prakiraan yang mampu menangani karakteristik data yang bersifat nonlinier dan dinamis (Nugraha et al., 2025).

Metode konvensional dalam prakiraan energi sering kali memiliki keterbatasan dalam memodelkan kompleksitas data energi. Pendekatan berbasis kecerdasan buatan, khususnya Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS), telah banyak digunakan dalam berbagai bidang prakiraan karena kemampuannya menggabungkan keunggulan jaringan saraf tiruan dan sistem fuzzy. ANFIS mampu melakukan pembelajaran adaptif serta menangani ketidakpastian data secara efektif.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ANFIS memiliki kinerja yang baik dalam prakiraan energi listrik dan energi terbarukan. Namun, kajian yang secara spesifik membahas penerapan ANFIS pada prakiraan produksi energi listrik di wilayah Sumatera Utara masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja metode ANFIS dalam melakukan prakiraan produksi energi listrik di Sumatera Utara sebagai dasar pendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan energi regional.

## KAJIAN TEORI

### Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

ANFIS adalah metode hibrida yang mengombinasikan sistem inferensi fuzzy dengan kemampuan pembelajaran jaringan saraf tiruan. Struktur ANFIS terdiri dari beberapa lapisan yang merepresentasikan fungsi keanggotaan fuzzy, aturan inferensi, dan proses defuzzifikasi. Keunggulan utama ANFIS terletak pada kemampuannya memodelkan hubungan nonlinier secara adaptif berdasarkan data pelatihan.

Berbagai studi menunjukkan bahwa ANFIS mampu menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi dalam prakiraan energi listrik dan energi terbarukan. Metode ini dinilai unggul dibandingkan metode statistik konvensional, terutama dalam menghadapi pola data yang kompleks dan fluktuatif (Nugraha et al., 2021).

Dalam *Journal of Electronics, Telecommunication, Electrical, and Physics Science* "Forecasting of Electrical Energy Consumption in Aceh 2028 Using the Adaptive Neuro Fuzzy Inference System". ANFIS memperkirakan konsumsi energi listrik di Aceh pada tahun 2028 mencapai sekitar 5 578,02 GWh, dengan rata-rata kenaikan tahunan sebesar 2,07 %.

### Prakiraan Produksi Energi Listrik

Prakiraan produksi energi listrik merupakan proses estimasi jumlah energi listrik yang dihasilkan dalam periode tertentu berdasarkan data historis dan variabel pendukung lainnya. Prakiraan yang akurat sangat penting untuk menjaga keandalan sistem tenaga listrik dan efisiensi operasional (Sholeha & Zambak, 2022). Produksi energi listrik di Sumatera Utara memiliki tantangan yang cukup besar seiring dengan meningkatnya kebutuhan listrik sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan populasi. Sistem kelistrikan di Sumatera Utara terdiri dari berbagai jenis pembangkit, transmisi, dan distribusi energi yang saling terkait. Untuk menjaga kestabilan pasokan listrik dan mengoptimalkan penggunaan energi, sangat diperlukan sistem peramalan (*forecasting*) yang akurat.

#### a. Kondisi Sistem Kelistrikan Sumatera Utara

Sistem kelistrikan di Sumatera Utara mengandalkan beberapa jenis pembangkit, baik dari sumber terbarukan maupun non-terbarukan. Pembangkit listrik terbesar di wilayah ini adalah:

1. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang mengandalkan batu bara, seperti PLTU Pangkalan Susu dan PLTU Nagan Raya (Karaeng et al., 2019; Setyoko & Luthfie, 2022).
2. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang memanfaatkan sumber daya alam seperti sungai dan danau, misalnya PLTA Sigura-gura dan PLTA Asahan.
3. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) yang berpotensi besar mengingat daerah ini memiliki sumber panas bumi, seperti PLTP Sarulla (Zayyinun & Widyartono, 2020).

4. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) digunakan di daerah-daerah yang belum terjangkau oleh jaringan utama, namun dengan biaya operasional tinggi (Liemena, 2013).
- b. Permasalahan dalam Produksi Energi Listrik di Sumatera Utara (Miqrad, 2021)
  1. Fluktuasi Permintaan, Permintaan energi listrik di Sumatera Utara sangat dipengaruhi oleh faktor ekonomi, sosial, dan musim. Fluktuasi ini seringkali menyebabkan ketidakseimbangan antara pembangkitan dan konsumsi energi, yang mempengaruhi kualitas pasokan listrik.
  2. Keterbatasan Infrastruktur, Meskipun telah ada upaya untuk memperluas jaringan transmisi dan distribusi, masih terdapat wilayah yang tidak terjangkau oleh listrik secara stabil. Hal ini menyebabkan kesulitan dalam pendistribusian energi secara merata, terutama di daerah pedalaman atau pulau-pulau terluar.
  3. Ketergantungan pada Energi Fosil, Sebagian besar pembangkit listrik di Sumatera Utara mengandalkan bahan bakar fosil, terutama batu bara dan diesel. Penggunaan energi fosil ini menambah tantangan terhadap keberlanjutan energi dan masalah lingkungan, karena emisi karbon yang tinggi.
  4. Integrasi Energi Terbarukan, Walaupun ada potensi besar dari energi terbarukan, seperti energi air dan panas bumi, namun integrasi energi terbarukan yang tidak dapat diprediksi (*intermittent*) ke dalam sistem energi yang lebih besar menambah kompleksitas. Hal ini menuntut adanya sistem peramalan yang lebih canggih untuk memastikan keberlanjutan pasokan energi. (Nugraha et al., n.d.)
- c. Kebutuhan Akan Prakiraan Produksi Energi Listrik
 

Untuk memastikan kelancaran operasional dan kestabilan sistem kelistrikan, dibutuhkan peramalan produksi energi listrik yang akurat. Prakiraan ini membantu dalam berbagai hal, seperti:

  1. Perencanaan Operasional Jangka Pendek dan Panjang
 

Dalam jangka pendek, prakiraan energi membantu memprediksi beban puncak dan penyesuaian daya pembangkit, sementara dalam jangka panjang, peramalan berfungsi untuk perencanaan pembangkit baru dan pengelolaan jaringan transmisi. (Sholeha et al., 2022)
  2. Manajemen Beban dan Efisiensi Sistem
 

Dengan adanya prakiraan yang akurat, sistem dapat disesuaikan dengan perubahan beban, baik itu beban puncak maupun beban rendah, untuk menghindari pemborosan energi dan meningkatkan efisiensi operasional.
  3. Mendukung Integrasi Energi Terbarukan
 

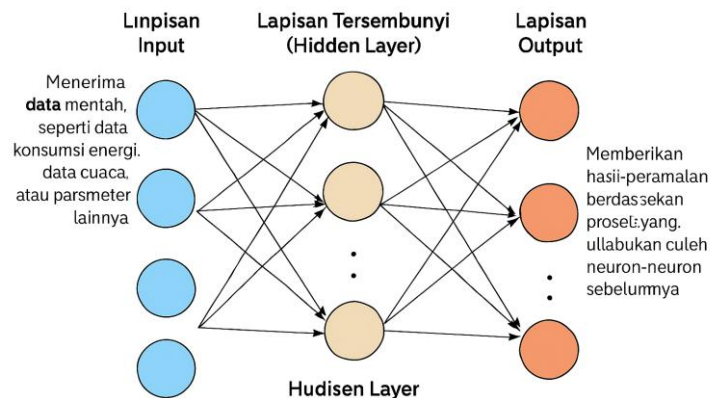
Dengan ketidakpastian yang melekat pada pembangkit energi terbarukan seperti PLTA dan PLTS, peramalan menjadi sangat penting untuk menyeimbangkan pasokan energi dari berbagai sumber, terutama saat pembangkit terbarukan mengalami penurunan produksi akibat cuaca atau musim (Miqrad, 2021).

### Evaluasi Model Peramalan Energi Listrik

Akurasi prakiraan adalah aspek utama dalam evaluasi model peramalan. Model peramalan energi listrik harus mampu memprediksi kebutuhan energi dan produksi energi dengan tingkat kesalahan yang minimal. Akurasi ini diukur menggunakan beberapa indikator statistik:

- a. *Mean Absolute Error* (MAE): Mengukur rata-rata deviasi absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual.
- b. *Mean Squared Error* (MSE): Mengukur rata-rata kuadrat kesalahan antara prediksi dan nilai aktual.
- c. *Root Mean Squared Error* (RMSE): Mengukur akar dari rata-rata kuadrat kesalahan, memberikan gambaran yang lebih baik tentang seberapa besar kesalahan model dalam satuan yang sama dengan data asli.
- d. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE): Mengukur kesalahan relatif antara nilai prediksi dan aktual dalam bentuk persentase. (Nugraha et al., 2020)

ANFIS mengadaptasi parameter-parameter fuzzy untuk meningkatkan kemampuan jaringan syaraf tiruan dalam menangani masalah yang lebih kompleks dan nonlinear. Seperti yang diperlihatkan pada gambar



Gambar 1. Struktur Jaringan Saraf Tiruan (Artificial Neural Network/ANN)

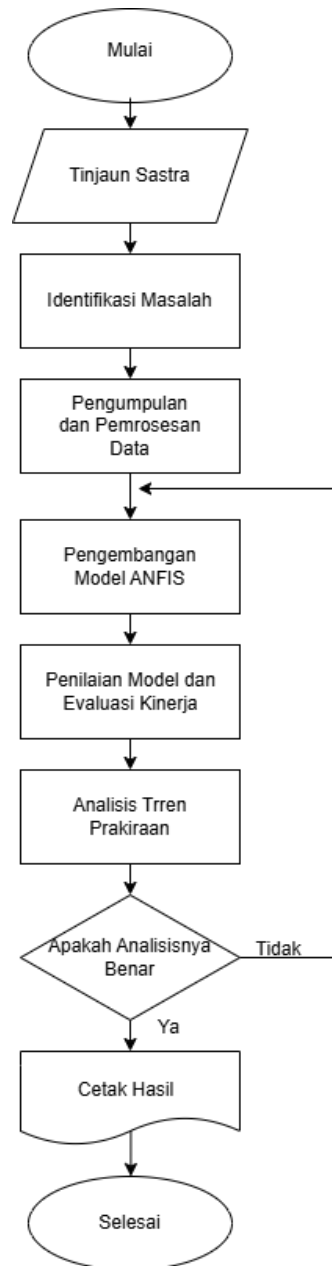
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode pemodelan berbasis kecerdasan buatan. Data yang digunakan berupa data historis produksi energi listrik di Provinsi Sumatera Utara. Data tersebut diproses dan dibagi menjadi data pelatihan dan data pengujian.

Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, pra-proses data, perancangan arsitektur ANFIS, proses pelatihan model, dan evaluasi hasil prakiraan. Model ANFIS dibangun dengan menentukan jumlah fungsi keanggotaan dan aturan fuzzy yang sesuai. Kinerja model dievaluasi menggunakan indikator kesalahan untuk mengukur tingkat akurasi prakiraan.

Penelitian ini dilaksanakan di *laboratorium* teknik elektro Universitas Al-Azhar, dengan fokus pada analisis data produksi energi listrik dari berbagai pembangkit listrik yang beroperasi di wilayah tersebut. Lokasi ini dipilih karena Sumatera Utara memiliki sistem kelistrikan yang cukup kompleks dengan kontribusi signifikan terhadap sistem interkoneksi Sumatera. Selain itu, Sumatera Utara juga memiliki beragam jenis pembangkit, termasuk PLTA.

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari sumber resmi seperti PT. INALUM, Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian ESDM, dan instansi pemerintah terkait lainnya. Pengumpulan dan pengolahan data dilakukan dari bulan Januari hingga April 2025, sedangkan proses analisis, pelatihan model ANFIS, validasi, dan evaluasi hasil dilakukan pada bulan Mei hingga Juni 2025. Seluruh proses pengolahan data dan pengujian model dilakukan menggunakan perangkat lunak MATLAB dan Microsoft Excel.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

## HASIL PENELITIAN

### Analisa Data

Tabel 1. Data Aktual Produksi Energi Listrik di PLTA PT. INALUM

Tahun	Konsumsi Energi Listrik (MW)
2018	457,1
2019	467,6
2020	457,8
2021	478,6

2022	439,2
2023	411,6
2024	518,1

Energi listrik selama periode 2018–2024 menunjukkan adanya fluktuasi yang cukup signifikan. Konsumsi listrik meningkat dari 457,1 MW pada tahun 2018 menjadi 478,6 MW pada tahun 2021. Namun, pada tahun 2022 dan 2023 terjadi penurunan hingga mencapai titik terendah sebesar 411,6 MW. Selanjutnya, pada tahun 2024 konsumsi listrik kembali melonjak tajam hingga 518,1 MW, yang merupakan angka tertinggi dalam periode pengamatan. Berdasarkan data tersebut, model ANFIS diterapkan untuk menghasilkan nilai prediksi pada periode yang sama guna mengevaluasi tingkat akurasi model terhadap data aktual.

Tabel 2. Data variabel *input* dan *output* yang digunakan dalam sistem prediksi konsumsi energi listrik

Tahun (t)	$X_{1,t}$ (MW)	$y_{t+1}$ (MW)
2018	457,1	467,6
2019	467,6	457,8
2020	457,8	478,6
2021	478,6	439,2
2022	439,2	411,6
2023	411,6	518,1
2024	518,1	–

Proses pelatihan dilakukan menggunakan variabel *input* dari tahun 2018–2023 dan variabel *output* dari tahun 2019–2024. Data tahun 2024 tidak digunakan dalam proses pelatihan karena tidak memiliki pasangan output (tahun 2025).

### Perhitungan Error Per Tahun dengan Metode ANFIS

Tabel 3. Perbandingan Data Aktual, Prediksi ANFIS, dan Nilai Error Kapasitas PLTA PT. INALUM (2020–2024)

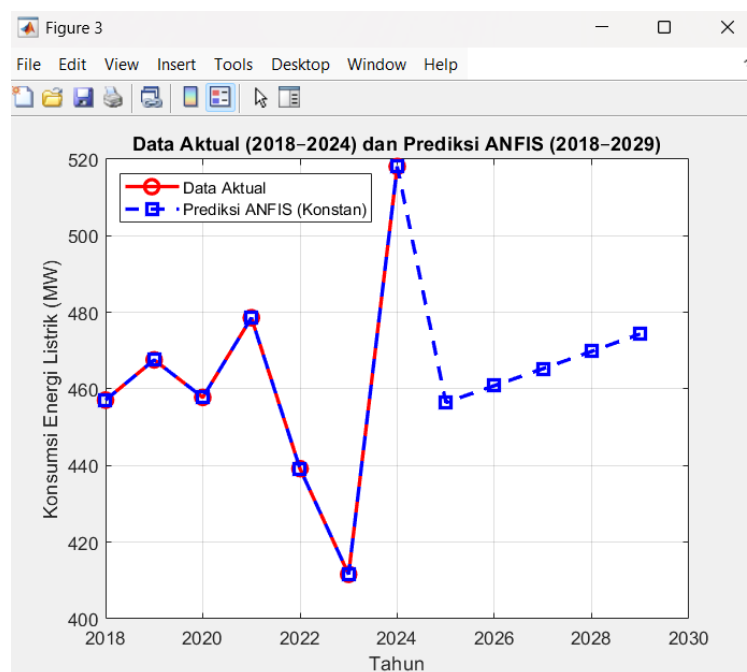
Tahun	Konsumsi Energi Listrik (MW)	Prediksi ANFIS (MW)	$MAPE = \frac{1}{n} \sum \left  \frac{y_i - y_{pi}}{y_i} \right  100\%$
2019	467.6	467.5966	0.0034
2020	457.8	457.8000	0
2021	478.6	478.6000	0
2022	439.2	439.2000	0

2023	411.6	411.6000	0
------	-------	----------	---

Dari data aktual dan hasil ANFIS, dilakukan proyeksi produksi energi listrik pada PLTA PT. INALUM hingga 5 tahun ke depan.

Tabel 4. Prediksi ANFIS (2025–2029)

Tahun	Prediksi ANFIS (MW)
2025	456.4
2026	460.9
2027	465.3
2028	469.8
2029	474.4



Gambar 3. Grafik Perbandingan Hasil Perkiraan Produksi Energi listrik PLTA Sigura-Gura dan Tangga menggunakan Data dari PT. INALUM dengan perolehan ANFIS menggunakan MATLAB

Penelitian ini menghasilkan model prakiraan produksi energi listrik di Provinsi Sumatera Utara menggunakan metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS). Model dikembangkan berdasarkan data historis produksi energi listrik yang telah melalui tahapan praproses, termasuk normalisasi data dan pembagian dataset ke dalam data pelatihan dan data pengujian. Tahapan ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang digunakan memiliki kualitas yang baik dan representatif terhadap kondisi sistem kelistrikan yang dianalisis. Hasil Analisa pada proses pelatihan ANFIS dilakukan dengan menentukan struktur sistem inferensi fuzzy, fungsi keanggotaan, serta parameter pembelajaran yang sesuai. Model dilatih secara iteratif hingga mencapai tingkat konvergensi yang optimal, ditandai dengan penurunan nilai kesalahan selama proses pelatihan.

Hasil pelatihan menunjukkan bahwa ANFIS mampu mempelajari pola hubungan nonlinier

antara variabel input dan output produksi energi listrik dengan baik.

Hasil prakiraan yang dihasilkan oleh model ANFIS menunjukkan kecenderungan tren yang sejalan dengan data aktual produksi energi listrik. Hal ini terlihat dari pola grafik hasil prakiraan yang mengikuti fluktuasi produksi listrik pada periode pengamatan. Kemampuan model dalam mengikuti pola data aktual mengindikasikan bahwa ANFIS memiliki performa yang baik dalam memodelkan sistem kelistrikan yang bersifat dinamis dan kompleks.

Selain itu, hasil pengujian model menggunakan data yang tidak dilibatkan dalam proses pelatihan menunjukkan bahwa model ANFIS memiliki kemampuan generalisasi yang baik. Nilai prakiraan yang dihasilkan tidak menunjukkan penyimpangan yang signifikan terhadap data aktual, sehingga model dapat dikatakan stabil dan andal untuk digunakan dalam prakiraan jangka menengah. Temuan ini memperkuat bahwa ANFIS tidak hanya efektif dalam mempelajari data historis, tetapi juga mampu memberikan estimasi yang akurat untuk periode selanjutnya.

## PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini mengonfirmasi bahwa metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) merupakan pendekatan yang efektif dalam prakiraan produksi energi listrik di Provinsi Sumatera Utara. Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa ANFIS memiliki keunggulan dalam memodelkan sistem kompleks dengan karakteristik nonlinier dan ketidakpastian data.

Dibandingkan dengan metode prakiraan konvensional, ANFIS menawarkan fleksibilitas yang lebih tinggi karena mampu menggabungkan pengetahuan berbasis aturan fuzzy dengan kemampuan pembelajaran adaptif dari jaringan saraf tiruan. Hal ini memungkinkan model untuk menyesuaikan diri terhadap perubahan pola data secara otomatis selama proses pelatihan. Dalam konteks produksi energi listrik, kemampuan ini sangat penting mengingat adanya variasi beban dan faktor eksternal yang memengaruhi sistem kelistrikan.

Penerapan ANFIS dalam penelitian ini juga memberikan kontribusi praktis bagi perencanaan energi di tingkat regional. Dengan hasil prakiraan yang akurat, pihak terkait dapat melakukan perencanaan produksi energi listrik secara lebih efektif, sehingga potensi ketidakseimbangan antara pasokan dan permintaan dapat diminimalkan. Selain itu, hasil prakiraan dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan terkait pengembangan infrastruktur energi dan optimalisasi sumber daya energi yang tersedia.

Meskipun hasil yang diperoleh menunjukkan kinerja yang baik, penelitian ini masih memiliki keterbatasan. Model ANFIS yang dikembangkan hanya menggunakan data historis produksi energi listrik tanpa mempertimbangkan variabel eksternal lain seperti faktor cuaca, pertumbuhan ekonomi, atau kebijakan energi. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan variabel tambahan atau mengombinasikan ANFIS dengan metode optimasi guna meningkatkan akurasi dan ketahanan model.

## PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis prakiraan produksi energi listrik di Provinsi Sumatera Utara menggunakan Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) dengan data historis periode 2018–2024, diperoleh bahwa konfigurasi ANFIS dengan fungsi keanggotaan *generalized bell* dan tipe output konstan memberikan kinerja terbaik pada data pengujian, dengan nilai kesalahan yang relatif rendah (MAPE = 0.00073%, MAE = 0.00057, dan RMSE = 0.00139). Hasil ini menunjukkan bahwa model mampu merepresentasikan pola data produksi energi listrik secara akurat.

Prakiraan untuk periode 2025–2029 menunjukkan adanya tren peningkatan produksi energi listrik yang stabil, dari 455.48 MW pada tahun 2025 menjadi 474.39 MW pada tahun 2029. Temuan ini mengindikasikan bahwa ANFIS berpotensi digunakan sebagai alat bantu perencanaan penyediaan energi listrik jangka menengah, khususnya dalam mendukung pengambilan keputusan di tingkat regional. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena hanya menggunakan data historis



produksi energi listrik sebagai variabel input. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan penambahan variabel eksternal, seperti pertumbuhan penduduk, jumlah pelanggan, dan indikator ekonomi, guna meningkatkan kemampuan generalisasi dan ketahanan model prakiraan.

## REFERENSI

- Karaeng, C. T., Iswandi, I., Firman, F., & Nuzul, M. (2019). Analisis Kinerja Boiler Pada PLTU Unit 1 PT. SEMEN Tonasa. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 11(1). <https://doi.org/10.31963/sinergi.v11i1.1098>
- Miqrad, S. (2021). Analisis Efisiensi Penggunaan Energi Listrik Dengan Audit Energi. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 1(3).
- Nugraha, Y. T., Cahyadi, C. I., Rida, R., Ningsih, M. S., Sholeha, D., & Roza, I. (2025). Application of the adaptive neuro-fuzzy inference system for the prediction of the electrical energy production in Jakarta. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 14(3), 1790-1798. <https://doi.org/10.11591/ijai.v14.i3.pp1790-1798>
- Nugraha, Y. T., Fitra Zambak, M., & Hasibuan, A. (2020). Perkiraan Konsumsi Energi Listrik di Aceh pada Tahun 2028 Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Interference System (Vol. 5, Issue 1).
- Nugraha, Y. T., Ghabriel, K., & Dharmawan, I. F. (2021). Implementasi ANFIS Dalam Prakiraan Konsumsi Energi Listrik Di Kota Medan Pada Tahun 2030. *Universitas Prima Indonesia Jl. Sekip, Simpang Sikambing Medan*, 4578890(061). <https://doi.org/10.30596/rele.v4i1.7826>
- Nugraha, Y. T., Simanjuntak, P. M., Irwanto, M., Rida, R., & Othman, M. A. (n.d.). ANALYSIS OF FORECAST OF RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT IN NORTH SUMATRA USING ANFIS. *Jurnal Media Elektro*. <https://doi.org/10.35508/jme.v13i1.15310>
- Setyoko, P., & Luthfie, A. A. (2022). Analisis Kadar Gas Emisi Co-Firing Pada Boiler PLTU Indramayu Menggunakan Campuran Sawdust. *Jurnal Teknik Mesin*, 11(3).
- Sholeha, D., & Zambak, M. F. (2022). The Implementasi ANFIS Dalam Prakiraan Perkembangan Energi Baru dan Terbarukan di Indonesia Pada Tahun 2030. *Jurnal Sistem Informasi ...*, 5(2).
- Zayyinun, A., & Widyartono, M. (2020). Prototipe Mesin Stirling Menggunakan Panas Sinar Matahari Sebagai Energi Alternatif. *Teknik Elektro*, 09(2).