

Implementasi ANFIS Dalam Prakiraan Konsumsi Energi Listrik Di Kota Medan Pada Tahun 2030

Yoga Tri Nugraha, Kelvin Ghabriel, Iman Faisal Dharmawan

Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi dan Ilmu Komputer, Universitas Prima Indonesia
Jl. Sekip, Simpang Sikambing Medan, Sumatera Utara, Telp. (061) 4578890, 20111
e-mail: yogatrinugraha@unprimdn.ac.id

Abstrak— Konsumsi energi listrik di Kota Medan semakin meningkat dari tahun ke tahun. Faktor penyebab peningkatan tersebut adalah pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi (PDRB HK 2010) dan industri. Untuk memenuhi kebutuhan konsumsi energi listrik di kota Medan yang dimana setiap tahunnya meningkat. Pada penelitian ini dilakukan prakiraan konsumsi energi listrik selama 10 tahun kedepan yaitu pada tahun 2030 di Kota Medan. Untuk mendukung prakiraan konsumsi energi listrik ini memerlukan metode yang handal atau tingkat keberhasilannya mendekati dengan hasil aslinya yaitu metode ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*). Hasil prakiraan konsumsi energi listrik di Kota Medan pada tahun 2030 sebesar 3476,90 GWh atau meningkat 5,99 % setiap tahunnya. Metode ANFIS ini memiliki tingkat kesalahan (MAPE) sebesar 0,0059 % dari hasil realisasi atau prakiraan konsumsi listrik yang dibuat oleh PT. PLN (Persero).

Kata kunci : Prakiraan Konsumsi Energi Listrik, Penduduk, Ekonomi PDRB HK 2010, Industri, ANFIS

Abstract— *The consumption of electrical energy in the Medan city is increasing from year to year. Factors causing this increase are population growth, economic growth (GDP HK 2010) and industry. To meet the needs of electrical energy consumption in the Medan city which is increasing every year. In this study, an estimate of electrical energy consumption for the next 10 years, namely in 2030 in the Medan city, was carried out. To support this electrical energy consumption forecast, a reliable method or the success rate is close to the original result, namely the ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) method. The result of the forecasted electrical energy consumption in Medan City in 2030 is 3476.90 GWh or an increase of 5.99% every year. This ANFIS method has an error rate (MAPE) of 0.0059% of the realization or forecast of electricity consumption made by PT. PLN (Persero).*

Keywords : *Forecast of Electrical Energy Consumption, Population, Economy GDP HK 2010, Industry, ANFIS*

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah penduduk dari tahun ke tahun semakin meningkat dan mengakibatkan kebutuhan energi listrik juga meningkat. Hal ini juga sangat mempengaruhi kehidupan masyarakat yang sangat bergantung dengan kebutuhan energi listrik. Maka dari itu, penyediaan pasokan energi listrik dalam jumlah yang cukup dan memadai dengan harga yang terjangkau sangat dibutuhkan bagi kehidupan masyarakat.

Untuk mewujudkan kebutuhan tersebut, perlu dilakukan prakiraan kebutuhan (*demand forecasting*) energi listrik. Prakiraan kebutuhan energi listrik merupakan tahap awal dalam penyusunan perencanaan sistem kelistrikan. Dalam proses melakukan forecasting (prakiraan), sebaiknya menggunakan metode yang hasilnya dapat mendekati dengan hasil nyata atau *real condition* dan dapat dipertanggungjawabkan. Hasil prakiraan yang terlalu

rendah dapat mengakibatkan hal yang cukup fatal yaitu, pemadaman listrik yang bergilir dan kebutuhan energi listrik untuk masyarakat tidak terpenuhi. Dan apabila hasil prakiraan yang terlalu tinggi mengakibatkan kerugian pada perusahaan yang menginvestasi.

Prakiraan (*forecasts*) adalah suatu prediksi mengenai kejadian-kejadian atau kondisi-kondisi yang akan terjadi di masa yang akan datang. Sedangkan kegiatan dalam memprediksi kejadian-kejadian atau kondisi - kondisi yang akan terjadi di masa yang akan datang disebut prakiraan.

Oleh karena itu, prakiraan kebutuhan energi listrik ini sangat penting dan mendasar dalam menyusun rencana pengembangan sistem ketenagalistrikan di kota Medan. Untuk mendukung perencanaan tersebut perlu menggunakan metode yang mudah dan sesuai untuk perhitungannya. Metode yang akan diusulkan adalah metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*.

Berdasarkan uraian di atas, dalam penelitian ini membahas tentang “Implementasi ANFIS Dalam Prakiraan Konsumsi Energi Listrik Di Kota Medan Pada Tahun 2030”.

II. STUDI PUSTAKA

A. Konsep Dasar Prakiraan (Forecasting)

Prakiraan atau *forecast* pada dasarnya merupakan dugaan atau prakiraan mengenai terjadinya suatu kejadian atau peristiwa di waktu yang akan datang. Secara umum terdapat empat kelompok besar metode prakiraan yang biasa digunakan oleh banyak perusahaan kelistrikan yaitu sebagai berikut :

1. Metode Analitis (*End Use*).
2. Metode Ekonometri.
3. Metode Kecenderungan (*Black Box*).
4. Metode Gabungan.

Pada beberapa tulisan mengenai *forecasting*, terkadang diartikan sebagai peramalan atau prakiraan atau perkiraan, namun sebenarnya mempunyai pengertian yang sama yaitu memprediksi suatu nilai dimasa yang akan datang. Memprediksi masa depan itu pada dasarnya sangat sulit (Nils Bohr). Membuat prakiraan (*forecasting*) kebutuhan tenaga listrik merupakan langkah awal dari suatu rangkaian kegiatan dalam membuat rencana pengembangan sistem ketenagalistrikan yang meliputi pembangkit, penyaluran dan distribusi. Kebutuhan tenaga listrik dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain pertumbuhan jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi, energi substitusi, kemampuan disisi pasokan, dan di beberapa negara dipengaruhi juga oleh harga jual listrik kepada pelanggan, faktor musim, perubahan struktur ekonomi, dan sebagainya. Bila dilihat dari horizon waktu, maka perkiraan kebutuhan listrik dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu:

1. Jangka pendek sampai dengan 2 tahun, yaitu mulai harian, mingguan, bulanan, hingga tahunan, biasa digunakan untuk perencanaan operasional. Sedangkan periode 1 sampai dengan 2 tahunan biasa digunakan untuk perencanaan anggaran (RKAP).
2. Jangka menengah 3 sampai 5 tahun, digunakan untuk perencanaan strategi korporat, pembangkit skala kecil dan untuk *masterplan* sistem distribusi.
3. Jangka panjang 10 tahun, digunakan untuk perencanaan pengembangan sistem pembangkitan, transmisi dan gardu induk, sebagaimana produk RUPTL. Jangka panjang 20 sampai 50 tahun, digunakan untuk menyusun master plan pengembangan sistem.

B. Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Sistem Neuro Fuzzy berstruktur ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* atau biasa disebut juga *Adaptive Network based Fuzzy Inference System*) termasuk dalam kelas jaringan neural namun berdasarkan fungsinya sama dengan *Fuzzy Inference System*. Pada sistem Neuro Fuzzy, proses belajar pada neural network dengan sejumlah pasangan data yang berguna untuk memperbaharui parameter-parameter *Fuzzy Inference System*.

Sebagai contoh, untuk model fuzzy Sugeno Orde-Satu, aturan yang umum dengan dua aturan fuzzy IF THEN sebagai berikut:

RULE 1 : IF x is A_1 AND y is B_1 , THEN $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$;

RULE 2 : IF x is A_2 AND y is B_2 , THEN $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$;

dengan x dan y adalah masukan tegas pada node ke i, A_i dan B_i adalah label linguistik (rendah, sedang, tinggi, dan lain-lain) yang dinyatakan dengan fungsi keanggotaan yang sesuai, sedangkan p_i , q_i , dan r_i adalah parameter consequent ($i = 1$ atau 2).

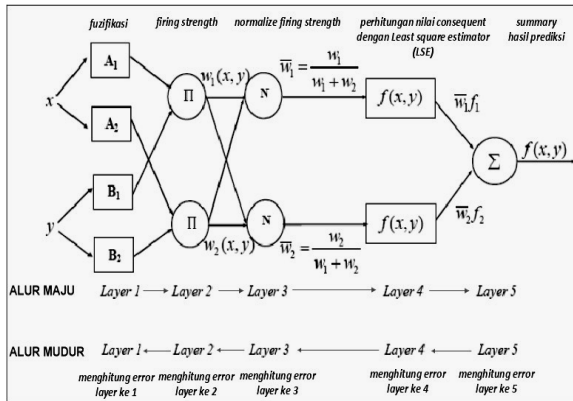
Data yang digunakan untuk proses pembelajaran (*training*) terdiri dari data masukan, parameter ANFIS, dan data test yang berada pada periode *training* ANFIS yang kemudian dilakukan proses pembelajaran terhadap data-data tersebut sehingga nantinya diperoleh output berupa hasil prediksi.

Training dengan ANFIS menggunakan algoritma belajar hybrid, dimana dilakukan penggabungan metode *Least-Squares Estimator* (LSE) untuk menghitung nilai consequent pada alur maju dan menggunakan *Error Backpropagation* (EBP) dan *gradient descent* pada alur mundur untuk menghitung error yang terjadi pada tiap layer.

ANFIS terdiri dari lima layer. Pada layer pertama terdiri dari proses fuzzifikasi dimana data masukan dan target dipetakan dalam derajat keanggotaannya. Pada layer kedua dan ketiga dilakukan proses inferensi yang digunakan untuk menentukan aturan fuzzy menggunakan inferensi Sugeno dimana hasilnya akan diproses pada perhitungan selanjutnya. Pada layer 4 dilakukan proses pencarian nilai consequent dengan menggunakan LSE. Pada layer 5 dilakukan proses summary dari dua keluaran pada layer 4. Pada ANFIS, *Fuzzy Inference System* (FIS) terletak pada layer 1, 2, 3 dan 4 dimana FIS adalah sebagai penentu hidden node yang terdapat pada sistem *neural network*.

Setelah perhitungan alur maju dilakukan perhitungan alur mundur untuk menghitung nilai error tiap layer dan mengubah nilai parameter masukan menggunakan *gradient descent*. Proses perhitungan di atas akan berulang terus menerus sampai nilai error memenuhi nilai error maksimum yang telah ditentukan. Alur proses dari sebuah sistem

ANFIS yang terdiri dari lima layer digambarkan pada gambar 1.



Gambar 1. Struktur ANFIS

Setelah mendapatkan hasil akhir, maka akan mencari nilai kesalahan pada hasil akhir tersebut dengan menggunakan rumus :

$$MAPE = \frac{\sum \frac{a-b}{a}}{n} \times 100 \% \dots\dots\dots 1$$

Dimana :

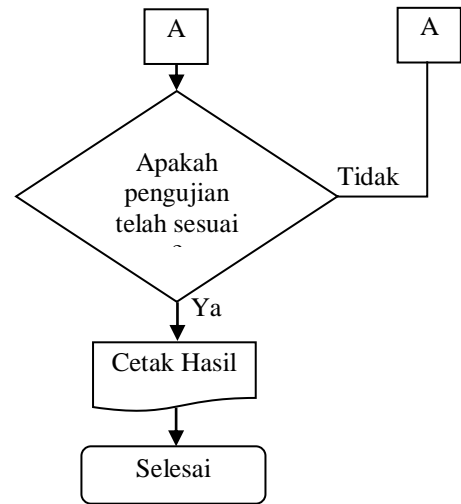
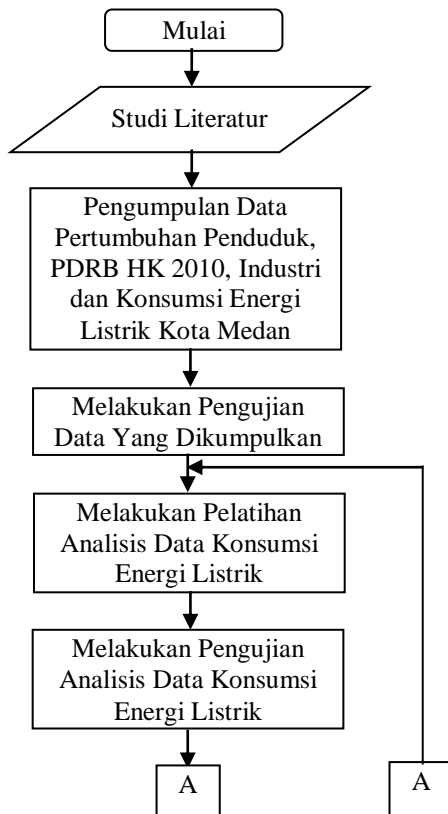
a = Data aktual;

b = Hasil data prediksi;

c = Jumlah tahun perkiraan.

III. METODE

Adapun proses berlangsungnya pelaksanaan penelitian ini akan dijelaskan pada gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Penelitian

Adapun data penelitian yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik dan PT. PLN (Persero) dapat terlihat pada tabel 1,2,3 dan 4.

Tabel 1. Data Pertumbuhan Penduduk di Kota Medan

Tahun	Jumlah Penduduk (Ribu Jiwa)
2016	2229,40
2017	2247,42
2018	2264,14
2019	2279,89
2020	2435,25

Tabel 2. Data Pertumbuhan Industri di Kota Medan

Tahun	Jumlah Industri
2016	328
2017	338
2018	348
2019	358
2020	368

Tabel 3. Data Pertumbuhan Ekonomi PDRB Harga Konstan 2010 di Kota Medan

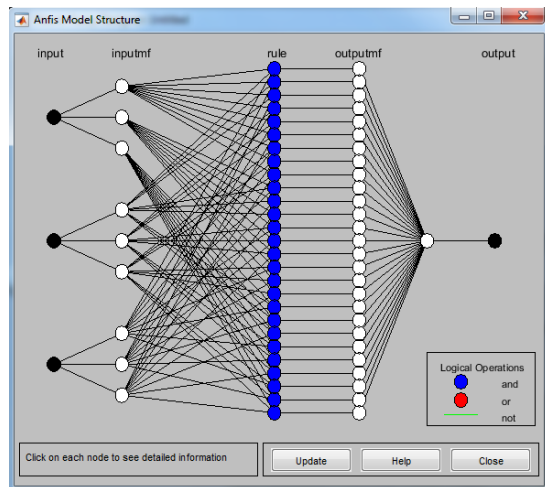
Tahun	Jumlah PDRB HK 2010 (Triliun Rupiah)
2016	132,06
2017	139,73
2018	148,00
2019	156,78
2020	153,66

Tabel 4. Data Konsumsi Energi Listrik Kota Medan

Tahun	Konsumsi Energi Listrik (GWh)
2016	3653,60
2017	3827,52
2018	4143,94
2019	2063,95
2020	1943,37

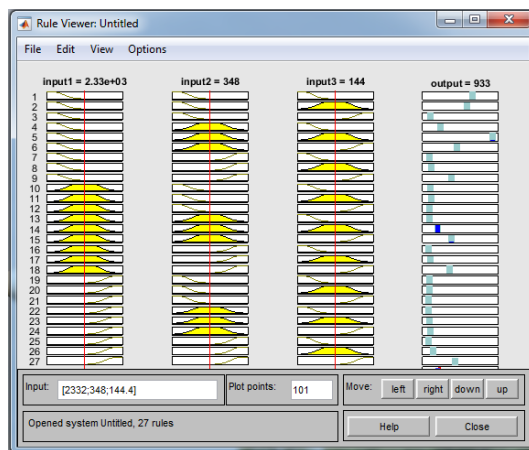
B. Prakiraan Konsumsi Energi Listrik Di Kota Medan

Ketika memasukkan data ke dalam program ANFIS untuk melakukan pengujian, maka akan membentuk sebuah blok diagram ANFIS. Dapat dilihat pada gambar 3.



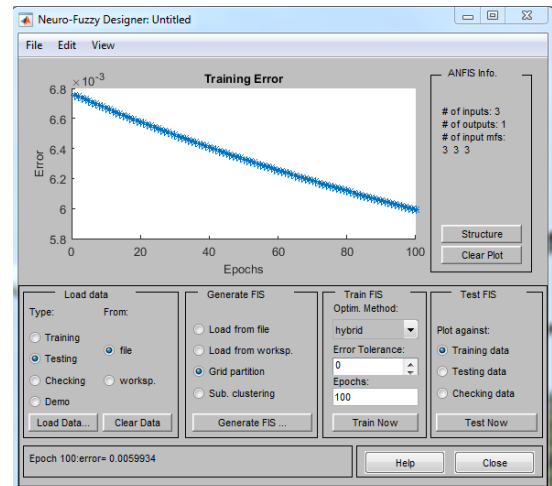
Gambar 3. Struktur ANFIS

Pada gambar 3, menunjukkan bahwa ANFIS menghasilkan jumlah node : 78, jumlah parameter linier : 27, jumlah parameter nonliniern: 27, jumlah total parameter : 54, jumlah pasangan data pelatihan : 5, jumlah pasangan data pengecekan : 0, jumlah aturan fuzzy: 27. Aturan fuzzy dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Aturan Fuzzy

Pada gambar 4, aturan fuzzy menunjukkan adanya 27 aturan yang dibentuk dari pengujian data konsumsi energi listrik di Kota Medan. Dari 27 aturan yang dibentuk oleh fuzzy, terdapat 1 aturan yang memiliki hasil yang tepat yaitu terdapat pada aturan fuzzy yang ke 14. Sehingga pada saat melakukan pengujian data, memiliki kesalahan (*error*) sebesar 0,0059934 %. Hasil kesalahan (*error*) dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil ANFIS

Berdasarkan gambar 5, bahwasannya hasil prakiraan ANFIS memiliki nilai kesalahan yang sangat kecil dengan data aktual. Dan menghasilkan pertumbuhan sebesar 5,99 %. Sehingga hasil prakiraan konsumsi energi listrik di Kota Medan pada tahun 2020-2030 dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Prakiraan Konsumsi Energi Listrik Di Kota Medan Tahun 2020-2030

Tahun	Hasil Prakiraan Konsumsi Energi Listrik Kota Medan (GWh)
2020	1943,36
2021	2059,76
2022	2183,13
2023	2313,89
2024	2452,49
2025	2599,39
2026	2755,09
2027	2920,11
2028	3095,02
2029	3280,41
2030	3476,90

Hasil prakiraan konsumsi energi listrik di Kota Medan pada tahun 2020-2030 telah disajikan dalam tabel 5. Kemudian akan menghitung nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) akan dihitung antara hasil ANFIS dan data aktual atau perkiraan konsumsi listrik dari PT. PLN (Persero) dengan menggunakan persamaan :

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^{10} \frac{1943,37 - 1943,36}{1943,37}}{10} \times 100 \% = 0,0059 \%$$

V. KESIMPULAN

Penelitian ini memberikan hasil yaitu faktor yang mempengaruhi konsumsi energi listrik di Kota Medan adalah pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi PDRB HK 2010 dan pertumbuhan industri. Metode yang digunakan pada prakiraan konsumsi

energi listrik di Kota Medan pada tahun 2030 yaitu *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Hasil prakiraan konsumsi energi listrik di Kota Medan pada tahun 2030 sebesar 3476,90 GWh atau meningkat 5,99 % setiap tahunnya. Metode ANFIS ini memiliki tingkat kesalahan (MAPE) sebesar 0,0059 % dari hasil realisasi atau prakiraan konsumsi listrik yang dibuat oleh PT. PLN (Persero).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Hasibuan and W. V. Siregar, "Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Kota Subulussalam Sampai Tahun 2020 Menggunakan Metode Analisis Regresi," *R E L E (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 1, pp. 0–4, 2019.
- [2] P. Agung, D. Hartono, and A. A. Awirya, "Pengaruh Urbanisasi Terhadap Konsumsi Energi Dan Emisi CO₂: Analisis Provinsi di Indonesia," *J. Ekon. Kuantitatif Terap.*, pp. 9–18, 2018.
- [3] R. Finata, "Prakiraan Konsumsi Energi Listrik Di Sumatera Utara Pada Tahun 2025 Menggunakan Metode Regresi Dalam Aplikasi Simple E," *Tugas Akhir UMSU*, 2015.
- [4] I. Haimi, "Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Dengan Menggunakan Metode ANFIS," *UINSUSKA*, 2010.
- [5] A. Azadeh, M. Saberi, V. Nadimi, M. Iman, and A. Behrooznia, "An Integrated Intelligent Neuro-Fuzzy Algorithm for Long-Term Electricity Consumption: Cases of Selected EU Countries," *Acta Polytech. Hungarica*, vol. 7, no. 4, pp. 71–90, 2010.
- [6] L. K. Widyapatriwi, I. P. A. Mertasana, and I. G. D. Arjana, "Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Di Bali Menggunakan Pendekatan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System," *Teknologi Elektro*, vol. 11, no. 1, 2012.
- [7] Y. T. Nugraha, M. F. Zambak, dan A. Hasibuan, "Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Di Aceh Pada Tahun 2028 Menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System," *CESS*, vol. 5, no. 1, pp. 104-108, 2020.
- [8] Y. T. Nugraha, "Analisis Prakiraan Konsumsi Energi Listrik Di Sumatera Utara Pada Tahun 2032 Menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System," Tesis, UMSU, 2019.
- [9] E. G. Dennis, T. Utomo, dan L. Ardheta, "Studi Perbandingan Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Indonesia Menggunakan ANN dan ANFIS," *Semnas. Teknik Elektro, Fortei*, pp. 111-115, 2018.
- [10] I. Sampurna, "Analisis dan Peramalan Konsumsi Energi Listrik Dengan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) di Area Kabupaten Banyumas," Skripsi, UNSOED, 2020.