

PREDIKSI BEBAN LISTRIK JANGKA PANJANG DI WILAYAH JAWA TENGAH MENGGUNAKAN ALGORITMA JARINGAN SYARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION*

Nurul Fadlilah¹, Imadudin Harjanto², Mega Novita³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

Gedung Pusat Lantai 3, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang

E-mail : nurulfadlilah108@gmail.com¹

Abstrak

Semakin meningkatnya populasi dan aktivitas manusia khususnya di wilayah Jawa Tengah, dapat mempengaruhi peningkatan kebutuhan energi listrik dengan permintaan yang tidak sama setiap tahunnya. Dalam bidang perencanaan, memprediksi beban puncak listrik jangka Panjang menggunakan jaringan syaraf tiruan berperan penting untuk merencanakan beban puncak listrik untuk beberapa tahun yang akan datang. Beberapa parameter yang digunakan untuk memodelkan hasil beban listrik adalah jumlah konsumsi dari pelanggan listrik dari sektor rumah tangga, bisnis, dan industri. Oleh karena kebutuhan tersebut, maka perlu di desain sistem prediksi secara tepat dan akurat agar mendapatkan nilai error yang kecil. Pada penelitian ini algoritma jaringan syaraf yang digunakan adalah backpropagation. Hasil uji validasi menunjukkan hasil error menggunakan jaringan syaraf tiruan lebih kecil daripada hasil prediksi PLN, yang berarti menggunakan algoritma jaringan syaraf tiruan backpropagation ini mampu bekerja dengan baik.

Kata Kunci : jaringan syaraf tiruan, beban puncak, *backpropagation*.

I. PENDAHULUAN

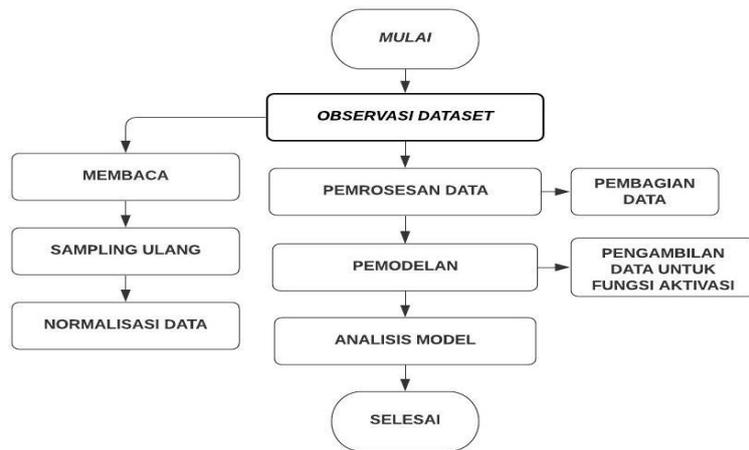
Semakin meningkatnya populasi dan aktivitas manusia khususnya di wilayah Jawa Tengah, dapat mempengaruhi peningkatan kebutuhan energi listrik dengan permintaan yang tidak sama setiap tahunnya. Tingginya kebutuhan energi listrik mengharuskan produsen menyediakan suplai energi listrik yang mampu memenuhi permintaan konsumen. Ketersediaan energi listrik merupakan aspek yang sangat penting, bahkan merupakan suatu parameter untuk mendukung keberhasilan pembangunan suatu daerah. Pengelolaan sumber daya energi listrik yang tepat akan menjadi potensi yang dimiliki suatu daerah berkembang secara optimal.

Berdasarkan pertimbangan untuk pemenuhan beban listrik, kebutuhan listrik pada tahun mendatang harus diprediksikan lebih dulu sebelum dibangun pusat-pusat pembangkit tenaga listrik. Prediksi jangka panjang sangat berguna untuk mempersiapkan infrastruktur pembangkit untuk suplai tenaga. Selain itu beban energi listrik memiliki banyak faktor yang kompleks, karakteristik non linier dan mudah dipengaruhi dengan faktor penambahan populasi setiap tahunnya. Maka dengan melakukan prediksi listrik dapat mempermudah perkerkiraan beban listrik dengan menggunakan pemodelan jenis data. Pemodelan yang disusun berdasarkan jenis data dan pola yang memiliki karakteristik yang sama dapat digunakan untuk memprediksi pemakaian energi [1].

Oleh sebab itu, Jaringan syaraf tiruan *backpropagation* dapat diterapkan dalam prediksi beban listrik dan memberikan nilai akurasi yang tinggi. Kinerja jaringan syaraf tiruan dipengaruhi pada parameter tingkat pembelajaran masalah yang akan dimodelkan. Keuntungan dari hasil pembuatan sistem ini adalah mempunyai ketersediaan listrik untuk memprediksikan kebutuhan tenaga listrik sesuai dengan kebutuhan konsumen listrik. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar kebutuhan beban listrik di wilayah Jawa Tengah untuk 5 tahun yang akan datang dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan *backpropagation*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang ada pada Statistik PT. PLN (PERSERO).

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk memprediksi beban listrik PLN 5 tahun kedepan dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan *backpropagation*. Prosedur penelitian dalam penelitian ini menggunakan MATLAB yang mengacu pada konsep jaringan syaraf tiruan. Ada beberapa tahapan penelitian dalam metode ini : Tahapan Latihan (*Training Part*) dan Tahapan Percobaan (*Testing Part*). Urutan langkah dalam proses *training* data dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart proses *training* data

Penelitian dilakukan dengan menggunakan data beban puncak listrik Provinsi Jawa Tengah mulai dari bulan Januari 2015- Desember 2020, data tersebut diperoleh dari PLN UPJ Jateng dan DIY. Algoritma prediksi kebutuhan konsumsi beban listrik untuk bulan Januari 2021-Desember 2026 dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan adalah sebagai berikut :

- a. Penyeleksian Data
 - Data bulanan yang digunakan sebagai acuan pembelajaran adalah 60 bulan selama 2015-2020.
- b. Proses Training dan Testing data
 - Proses training menggunakan 36 inputan yaitu terdiri dari data bulan Januari 2015-Desember 2017 dan 1 target keluaran di tahun 2018. Proses tersebut kemudian di ulang terus-menerus dengan mengurangi 1 bulan terlama ditambah d1 bulan terbaru.
- c. Pengujian MSE
 - Sebelum melanjutkan proses perkiraan konsumsi beban listrik, hasil pembelajaran jaringan dilakukan pengujian akurasi, dengan cara pengujian MSE. Rumus pengujian MSE :
$$MSE \frac{\sum E^2}{n} \dots\dots\dots(1)$$
- d. Tahap perkiraan
 - Proses perkiraan menggunakan data input Januari 2019-Desember 2020.

Selanjutnya adalah praproses data. Praproses data berguna untuk mempersiapkan data beban listrik agar dapat diproses atau diterapkan pada model JST yang akan dikembangkan, beberapa tahapan sebagai berikut :

a. Normalisasi data

Normalisasi data diperlakukan dengan maksud untuk mempermudah proses perhitungan yaitu dengan mentransformasikan nilai data kedalam range tertentu. Penelitian ini menggunakan normalisasi data antara range 0 dan 1, artinya data minimal adalah 0 dan data maksimal adalah 1. Hal ini disesuaikan dengan kebutuhan metode aktivasi yang diterapkan pada model Jaringan Syaraf Tiruan yang di kembangkan.

b. Data training dan testing

Data yang sudah dikumpulkan akan dibagi menjadi dua, yaitu data training (pelatihan) dan data testing (pengujian) agar menjadi data sebagai input dan target yang sesuai dengan model jaringan syaraf tiruan. Rancangan model dengan Jaringan Syaraf Tiruan Rancangan model perkiraan beban puncak listrik jangn panjang dilakukan dengan membangun jaringan syaraf tiruan dengan metode backpropagation, kemudian melakukan perubahan pada learning rate dan jumlah neuron pada hidden layer.

c. Pengujian model

Pengujian model jaringan syaraf tiruan dilakukan untuk mengetahui ketepatan / akurasi hasil dari model prakiraan yang dibangun, dibandingkan dengan besar beban real yang sebenarnya.

Model prakiraan yang telah dilakukan pengujian, telah siap untuk melakukan prakiraan beban puncak listrik beberapa waktu kedepan dengan menginputkan data baru pada proses training. Penelitian ini adalah data peramalan beban puncak listrik setiap satuan Provinsi di Jawa Tengah untuk tahun 2015 hingga tahun 2020.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pemodelan Jaringan Syaraf Tiruan

Data beban puncak yang digunakan sebagai data latih/training adalah beban puncak listrik ditahun 2015-2016 dan sebagai data uji/testing adalah beban puncak listrik tahun 2016-2020. Data tersebut akan dikembangkan dengan arsitektur multilayer net yang terdiri 3 lapisan/layer :

- a. Satu lapisan input yang terdiri dari beberapa neuron yang jumlahnya disesuaikan pola input.
- b. Satu lapisan tersembunyi dengan beberapa neuron yang jumlahnya dilakukan dengan coba-coba atau diulang-ulang, yang dipilih adalah yang menghasilkan jumlah iterasi atau epoch yang paling sedikit dan mengeluarkan grafik regresi yang mendekati nilai terbaik (best performance) / linier.
- c. Satu lapisan output/keluaran yang terdiri dari beberapa neuron tergantung pola keluaran yang di inginkan.

2. Penentuan Pola

a. Pola input/masukan

Data beban puncak listrik per tahun yang memperlihatkan beban listrik dalam setiap satu tahun sekali. beban listrik/pola beban puncak listrik tahun yang akan datang di pengaruhi oleh pola beban puncak listrik tahun sebelumnya. Jumlah variable yang menjadi input bagi model jaringan syarf tiruan adalah 6. Jumlah data atau banyaknya pola beban puncak yang akan digunakan/sebagai parameter pada penelitian ini antara lain : Jumlah konsumsi rumah tangga, Jumlah konsumsi bisnis, Jumlah konsumsi industri, Beban puncak listrik/provinsi Jawa Tengah.

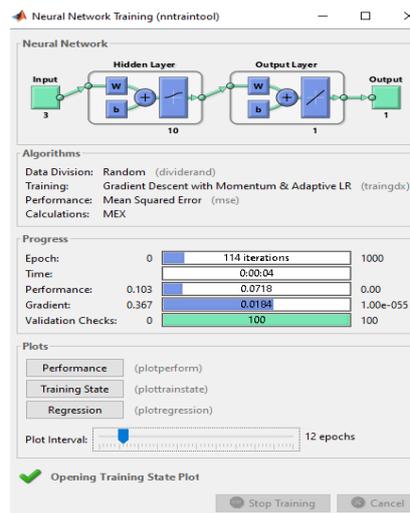
b. Pola Output

Keluaran yang diharapkan dari jaringan adalah berupa prediksi pola beban puncak mendatang/tahun yang akan datang. Dengan demikian jumlah neuron keluaran jaringan adalah 6 neuron.

3. Hasil Data Pelatihan Model JST

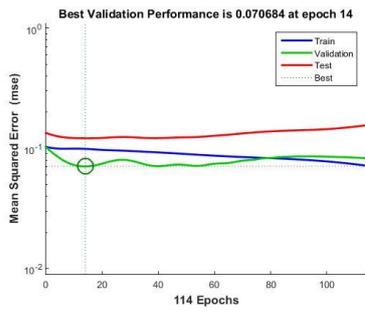
Pelatihan backpropagation menggunakan metode pencarian titik minimum untuk mencari bobot dengan error minimum. Pada proses pencarian ini dikenal 2 macam mode yaitu metode incremental dan metode kelompok (batch). Dalam metode incremental, bobot diubah setiap kali pola masukan diberikan ke jaringan. Sebaliknya, dalam mode kelompok, bobot diubah setelah semua pola masukan diberikan ke jaringan. Error yang terjadi dalam setiap pola masukan dijumlahkan untuk menghasilkan bobot baru. Metode yang paling sederhana untuk merubah bobot adalah metode penurunan gradien (gradient descent). Bobot dan bias diubah pada arah kerja fungsi menurun paling cepat, yaitu dalam arah negatif gradiennya. Untuk mencapai konvergensi yang lebih cepat model yang dikembangkan diatur pada learning rate, jumlah neuron pada lapisan tersembunyi (hidden layer) serta dengan mengubah fungsi pelatihan atau training functions (traingdx, traingcb, trainglm).

Pada penelitian ini banyaknya data (pola data) yang digunakan untuk training adalah 36 pola. Dengan mencoba berbagai nilai atau besaran untuk learning rate dan jumlah neuron hidden layer, dimulai dengan learning rate 0.01, 0.02,...,1 kemudian jumlah neuron pada hidden layer menggunakan kelipatan 10 (10, 20, 30,...,280) sedangkan training function yang digunakan adalah Traingdx. Selanjutnya dengan cara atau kombinasi yang sama digunakan training functions trainglm dan traingcb. Dari hasil coba-coba (trial and error) didapat nilai 0.01 untuk learning rate dan 10 untuk jumlah neuron hidden layer. Pada nilai tersebut ketika training dilakukan, proses iterasi yang terjadi pada model JST menghasilkan nilai MSE yang semakin baik. Garis besar pada tujuan penelitian ini yaitu bertujuan melakukan perkiraan konsumsi beban puncak listrik dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan metode backpropagation, maka dilakukan pemrosesan data seperti langkah diatas, untuk menguji prediksi beban listrik. Data uji yang digunakan adalah data 2018-2019, dan data validasi adalah data di tahun 2020. Berikut hasil pemrosesan data pada Gambar 2.

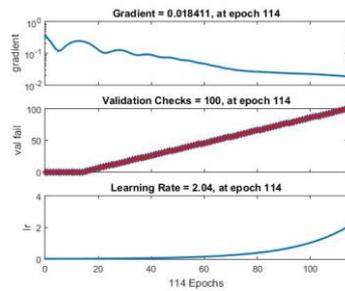


Gambar 2. Pemrosesan data

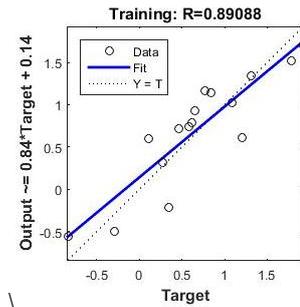
Tampilan utama proses pengujian pada program jaringan syaraf backpropagation diatas, menunjukkan arsitektur jaringan dan konfigurasi yang digunakan dalam proses pengujian beban puncak listrik. Hasil pengujian menunjukkan hasil uji dengan performa 0,0718. Hasil pengujian telah mencapai target error yaitu sebesar 0.0706 , target error telah tercapai dalam 114 iterasi. Setelah selesai melakukan pemrosesan data, langkah selanjutnya adalah melihat plot-plot yang menampilkan grafik performa data yang telah diproses. Plot tersebut antara lain : Plot Performance, Plot Training State, dan Plot Regresi pada Gambar 3-5.



Gambar 3. Plot performance data pengujian



Gambar 4. Plot training state data pengujian



Gambar 5. Plot regresi data pengujian.

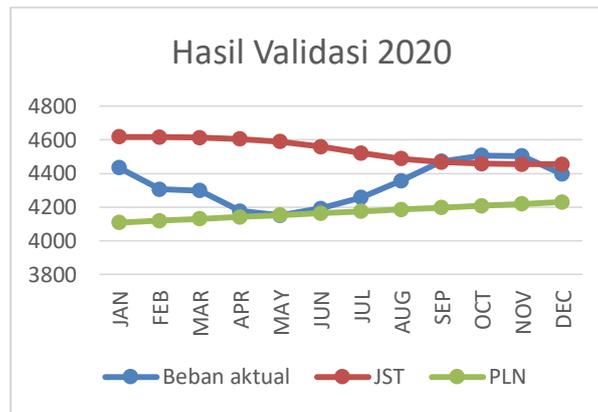
Tampilan grafik perubahan gradient pada Gambar 4. menunjukkan jumlah validation checks dan perubahan learning rate pada proses training pada program neural network backpropagation peramalan beban listrik Indonesia. Grafik terhenti pada epoch 114 karena pada epoch 114 target error proses training telah tercapai. Gradient 0,018411 pada epoch 114, validation checks 100 pada epoch 144 dan learning rate 2.04 pada epoch 114.

Tampilan grafik regresi proses training pada Gambar 5. program neural network backpropagation peramalan beban listrik Indonesia. menunjukkan hubungan output pada proses training dengan target. Pada Gambar terlihat bahwa perbedaan output dengan target sangat kecil. Tingkat keakuratan output dengan target ditunjukkan dengan nilai R yang sebesar 0,89088. Nilai R yang hampir mencapai nilai 1 menunjukkan bahwa proses training berjalan dengan sangat baik. Dari pemrosesan data diatas, maka langkah selanjutnya adalah memunculkan hasil uji dengan fungsi traingdx dan validasi data, data tersebut pada Tabel 1 dan akan di tampilkan grafik validasi data antara PLN dan JST pada Gambar 6.

Tabel 1 Perbandingan validasi uji PLN dan JST

Bulan	Validasi Pred 2020			Real JST	Real PLN	%	
	Beban aktual (MW)	JST (MW)	PLN (MW)			Error JST	Error PLN
JAN	4435	4618	4109	-183	326	-0,0412	0,0735
FEB	4307	4617	4120	-310	187	-0,0719	0,0434
MAR	4299	4613	4131	-314	168	-0,0730	0,0390
APR	4177	4605	4142	-428	35	-0,1024	0,0083
MAY	4152	4589	4153	-437	-1	-0,1052	-0,0002
JUN	4193	4559	4164	-366	29	-0,0872	0,0069
JUL	4258	4521	4175	-263	83	-0,0617	0,0194
AUG	4357	4488	4186	-131	171	-0,0300	0,0392
SEP	4473	4468	4197	5	276	0,0011	0,0617
OCT	4508	4459	4208	49	300	0,0108	0,0665
NOV	4505	4455	4219	50	286	0,0110	0,0634
DEC	4397	4455	4230	-58	167	-0,0131	0,0379
Rata-rata error						-0,0469	0,0382

Tabel 1 memperlihatkan besar beban puncak listrik yang sebenarnya terjadi pada tahun 2020 di wilayah Jawa Tengah atau yang disebut dengan beban aktual. Sedangkan prediksi jaringan syaraf tiruan adalah perkiraan atau prediksi tentang besar beban puncak listrik yang dilakukan oleh model jaringan syaraf tiruan yang dikembangkan dalam penelitian ini, dan prediksi PLN adalah perkiraan atau prediksi yang dibuat oleh PLN. Selisih antara beban beban real dengan beban hasil prediksi jaringan syaraf tiruan diperlihatkan pada kolom Real JST. Tanda minus (-) menunjukkan bahwa beban hasil prediksi lebih besar dari beban real, sedangkan yang tidak bertanda () adalah plus yang berarti kebalikkannya yaitu beban lebih besar dari hasil prediksi. Secara grafis besar beban listrik yang merupakan beban real, prakiraan atau prediksi jaringan syaraf tiruan dan prakiraan PLN pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6 Grafik hasil uji

Rata-rata error dalam satu tahun (12 bulan) adalah -0,046%. Perbedaan terbesar antara beban real dengan beban hasil prediksi PLN terjadi pada bulan Mei yaitu sebesar -1 MW, sedangkan perbedaan terkecil terjadi pada bulan Juni yaitu sebesar 29 MW. Jika dirata-ratakan error hasil prediksi PLN adalah 0,038%, dengan demikian jika kedua hasil validasi pada tahun 2020 dibandingkan, ternyata hasil prediksi model JST lebih baik dari prediksi PLN. Berikut ini adalah hasil-hasil prakiraan beban listrik tahunan wilayah Jawa Tengah menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST) dari tahun 2021-2026 dalam bentuk Tabel 2.

Tabel 2. Hasil prediksi tahun 2021-2026

Tahun	Beban Puncak (MW)
2021	4438,2
2022	4410,8
2023	4443,4
2024	4451,7
2025	4455,6
2026	4456,2

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal yaitu semakin banyak data historis atau pola beban listrik yang digunakan untuk mencoba model jaringan syaraf tiruan, maka akan menghasilkan tingkat pengenalan pola beban listrik menjadi semakin lebih baik pada kemampuan model jaringan syaraf tiruan dalam memprediksi beban. Perbedaan data antara prediksi dari jaringan syaraf tiruan dan prediksi dari PLN hampir sama pada tahun 2021-2023, namun pada tahun 2024-2026 prediksi dari jaringan syaraf tiruan meningkat lebih stabil daripada prediksi dari PLN yang menghasilkan perbedaan data sebesar 58% pada tahun 2026. Hasil prediksi beban puncak listrik selama 5 tahun yaitu mulai tahun 2021-2026 memberikan hasil prediksi jaringan syaraf tiruan lebih baik untuk di tahun 2021 dan relatif sebanding atau sama pada tahun 2022-2023. Sedangkan hasil prediksi PLN lebih baik pada tahun 2024-2026. Secara umum hasil prediksi beban puncak listrik dengan jaringan syaraf tiruan mampu untuk melakukan prediksi beban puncak listrik jangka panjang dengan baik.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. PLN UNIT JATENG & DIY yang berkenan memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian dan mengembangkan implementasi algoritma jaringan syaraf tiruan untuk memprediksi beban puncak listrik di wilayah Jawa Tengah.

VI. REFERENSI

- [1] Ardian, Ricky. 2014. Peramalan Beban Listrik Jangka Panjang Provinsi DIY menggunakan Neural Network Backpropagation. Yogyakarta.
- [2] Behm, C, dkk. 2020. Forecasting Long-Term Electricity Demand Time Series Using Artificial Neural Networks. Jurnal : SSRN Electronic Journal · January 2020.
- [3] Faisal, Fachri, & Jose, Rizal. 2011. Penerapan Model Analisis Time Series Dalam Peramalan Pemakaian Kwh Listrik untuk n-Bulan ke depan yang Optimal Di Kota Bengkulu. Bengkulu.
- [4] Hasim, Agus. 2008. Prakiraan Beban Listrik Kota Pontianak Dengan Jaringan Syaraf Tiruan(Artificial Neural Network). Pontianak.
- [5] Kusumadewi, S. 2004. Membangun Jaringan Syaraf Tiruan. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [6] Danus, Muhar. 2019. Aplikasi Metode Moving Terhadap Peramalan Beban Listrik Jaringan Distribusi 20 KV Pada Penyulang Simpng Tiga Satu Di Gardu Induk Keramasan. Palembang.
- [7] Mahardiko, Riko. 2019. Evaluasi Perhitungan Beban Tenaga Listrik Pada Sektor Industri Wilayah Suakarta. Surakarta.
- [8] Saija, S., Lesnussa, Y. 2017. Application of Artificial Neural Network Backpropagation to Predict Household Consumption of Electricity in Ambon. Proceeding of the 3rd International Seminar of Basic Science. 131-138.
- [9] Setiabudi, Dodi. 2015. Sistem Informasi Peramalan Beban Listrik Jangka Panjang di Kabupaten Jember Menggunakan JST Backpropagation. Jember. Jember.
- [10] Syafruddin, M., Lukmanul Hakim, and Dikpride Despa. "Metode Regresi Linier Untuk Prediksi Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang (Studi Kasus Provinsi Lampung)." Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan 2.2, 2014.
- [11] Romadoni, S. 2018. Application of Artificial Neural Network for Power Transformer Peak Load Prediction. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 96(22). 7643-7653.