

Peramalan Beban Listrik yang Tersambung pada Penyulang PT PLN (PERSERO) ULP Tanggul Tahun 2020-2024 Menggunakan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*

Andi Wahyudi

andiwahyudi1704@gmail.com
Universitas Jember

Moch. Gozali

gozali.teknik@unej.ac.id
Universitas Jember

Guido Dias Kalandro

guidokalandro89@unej.ac.id
Universitas Jember

Abstrak

Peramalan beban listrik yang tersambung pada PT PLN (Persero) ULP Tanggul menggunakan data beban bulanan 5 tahun kebelakang yaitu tahun 2015-2019 untuk meramalkan beban listrik pada tahun 2020-2024. Metode yang digunakan pada penelitian peramalan beban listrik ini adalah metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)* yang dirancang menggunakan software MatLab R2016b. Data beban listrik tahun 2015-2019 dibagi menjadi 2 yaitu sebagai data *training* dan data *testing*. *Training* data dilakukan dengan menggunakan 8 jenis fungsi keanggotaan yaitu *triangular* (trimf), *trapezoidal* (trapmf), *generalized-bell* (gbellmf), *Gaussian* (gaussmf), *Gaussian 2* (gauss2mf), *different between of two sigmoidal* (dsigmf), *pi-shape* (pimf) dan *product of two sigmoidal* (psigmf). Dari semua percobaan *training* menggunakan 8 jenis fungsi keanggotaan, 6 variasi jumlah fungsi keanggotaan, 2 tipe *output* fungsi keanggotaan dan 6 variasi jumlah *epoch* menghasilkan *error* paling kecil dan dikatakan struktur jaringan ANFIS terbaik hasil *training* ketika menggunakan fungsi keanggotaan *triangular*, 3 jumlah fungsi keanggotaan, tipe *output linear*, dan 2500 jumlah *epoch* yaitu sebesar $2,6544E-07$. *Testing* peramalan tahun 2018 menghasilkan nilai MAPE sebesar 0,0000103988%, sedangkan *testing* peramalan tahun 2019 menghasilkan nilai MAPE sebesar 0,0000158672%. Dari nilai MAPE hasil *testing* tahun 2018 dan tahun 2019 dapat diketahui bahwa nilai MAPE kurang dari 10% sehingga dapat dikatakan kemampuan prediksi sangat baik.

Kata Kunci — ANFIS, MAPE, Peramalan beban listrik.

Abstract

Forecasting the electricity load connected to PT PLN (Persero) ULP Tanggul uses data load for the past 5 years in 2015-2019 to predict the connected load in 2020-2024. The method used in this load forecasting research is the *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)* method designed using MatLab R2016b software. electricity load data in 2015-2019 is divided into 2 (two), which are training data and testing data. Data training is carried out using 8 types of membership function namely *triangular* (trimf), *trapezoidal* (trapmf), *generalized-bell* (gbellmf), *Gaussian* (gaussmf), *Gaussian 2* (gauss2mf), *different between of two*

sigmoidal (dsigmf), *pi-shape* (pimf) and *product of two sigmoidal* (psigmf). From all the training trials using 8 types of membership functions, 6 variations in the number of membership function, 2 types of membership function outputs and 6 variations in the number of epochs produced the smallest error and said the best ANFIS network structure training result when using *triangular* membership function, 3 number of membership functions, type *linear* output, and 2500 number of epoch which is equal to $2,6544E-07$. Forecasting testing in 2018 produces a MAPE percentage of 0,0000103988%, while the 2019 Forecasting testing generates MAPE percentage is 0,0000158672%. From the MAPE value of the 2018 and 2019 load forecasting testing result, it can be seen that the MAPE result is less than 10% so, it can be said that predictive ability is very good.

Keywords — ANFIS, MAPE, Electricity load forecasting.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Jember tiap tahun semakin meningkat. Jember mengalami perkembangan yang sangat pesat dalam segi pembangunan, instansi pendidikan yang semakin maju dan segi perekonomian dengan berkembangnya perindustrian yang tentunya juga membutuhkan pasokan energi listrik yang besar pula. Seperti salah satu daerah yang terdapat di kabupaten Jember yaitu Tanggul, dimana di daerah tersebut terdapat industri yang cukup besar yaitu pabrik gula Semboro. Oleh karena itu perlunya dilakukan prakiraan beban listrik yang tersambung pada penyulang ULP Tanggul dalam jangka waktu yang panjang. Upaya peramalan atau prakiraan tersebut guna membantu pihak penyalur energi listrik dalam merancang perencanaan pendistribusian listrik kedepannya. Untuk mengetahui beban yang tersambung pada masa yang akan datang dalam jangka waktu panjang, perusahaan listrik negara melakukan prakiraan beban pada jangka waktu diatas satu tahun. Hal ini digunakan untuk menentukan kapasitas sistem pembangkit, transmisi dan distribusi. Apabila prakiraan yang diperoleh tidak sesuai dengan yang diharapkan, maka hal ini dapat dioptimalkan.

Beberapa studi telah dilakukan dengan meneliti tentang peramalan beban puncak antara lain dalam prakiraan beban jangka panjang menggunakan metode *time series* model dekomposisi, peramalan beban jangka pendek menggunakan metode ANFIS. Seperti Pada penelitian yang dilakukan Anshar Affandy pada tahun 2012 yang berjudul "Prakiraan Daya Beban Listrik yang Tersambung Pada Gardu Induk Sengkaling Tahun 2012-2021 Menggunakan Metode *Time Series Model Dekomposisi*". Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data-data historis pada GI Sengkaling dimana data tersebut diolah dengan perhitungan manual menggunakan model dekomposisi dengan 4 komponen pendekatan yaitu *trend*, siklus, musiman dan *random*.

Pada banyak penelitian lainnya yang menggunakan metode *adaptive neuro fuzzy inference system*, hanya dilakukan dengan memprediksi beban jangka pendek. Salah satu penelitian yang menggunakan ANFIS yaitu seperti yang dilakukan Khasanah dkk pada tahun 2019 yang berjudul "Analisis Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*". Penelitian ini hanya meramalkan beban puncak dalam satu bulan dari tanggal 1 sampai dengan 28 September, dan data yang digunakan yaitu data beban listrik per setengah jam dari bulan Februari sampai dengan September 2018.

Oleh karena itu, pada penelitian ini membahas peramalan beban listrik yang tersambung pada ULP Tanggul pada tahun 2020 sampai dengan 2024. Penelitian ini menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* dengan menggunakan data *time series* (runtun waktu). Digunakan metode ANFIS karena mengacu pada jurnal-jurnal penelitian sebelumnya dengan metode lain, dibanding dengan metode lain hasil peramalan dengan metode ANFIS lebih akurat.

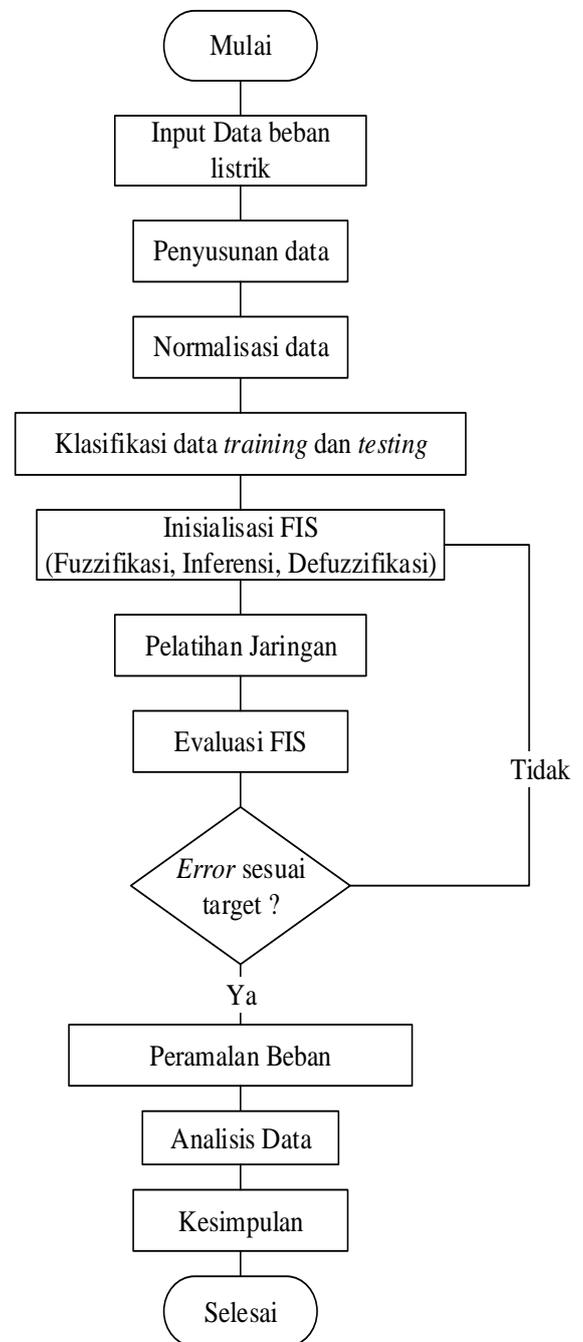
II. METODELOGI PENELITIAN

Peramalan beban pada penelitian ini menggunakan metode *adaptive neuro fuzzy inference system* dimana untuk melakukan peramalan tersebut menggunakan data beban historis dari tahun 2015-2019 yang diperoleh dari PT PLN (Persero) UP3 Jember, untuk memudahkan dalam proses pengolahan data maka data-data nantinya dinormalisasi terlebih dahulu, setelah didapatkan data normalisasi maka data-data selanjutnya dibagi menjadi dua data yaitu data *training* dan data *testing*.

Kemudian sebelum dilakukan peramalan beban, perlu dilakukan pelatihan jaringan menggunakan data-data historis. Pelatihan jaringan ini dilakukan dengan mencari nilai RMSE (*Root Mean Squared Error*). RMSE tersebut merupakan metode prakiraan alternatif untuk mengevaluasi teknik peramalan yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi hasil suatu model prakiraan. Pelatihan jaringan bertujuan untuk mengetahui struktur jaringan yang paling optimal atau yang menghasilkan nilai *error* terkecil, struktur jaringan dengan nilai *error* terkecil yang nantinya digunakan untuk peramalan beban. Pelatihan jaringan tersebut dilakukan dengan cara menyeleksi fungsi keanggotaan, setelah didapatkan fungsi keanggotaan terbaik selanjutnya menyeleksi jumlah fungsi keanggotaan dengan mencoba beberapa variasi

jumlah fungsi keanggotaan, setelah didapatkan jumlah fungsi keanggotaan terbaik, selanjutnya menyeleksi tipe *output* fungsi keanggotaan apakah lebih baik menggunakan *constant* atau linier, dan langkah yang terakhir yaitu seleksi jumlah *epoch* dengan mencoba beberapa variasi jumlah *epoch*.

Setelah semua tahapan pelatihan jaringan dilakukan dan memperoleh struktur jaringan paling optimal maka struktur jaringan tersebut digunakan untuk melakukan peramalan beban yang tersambung pada penyulang Tanggul tahun 2020-2024.



Gbr 1. Flowchart Peramalan Beban Dengan Metode ANFIS

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas mengenai data-data hasil peramalan beban listrik pada PT PLN (Persero) ULP Tanggul dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Data-data yang akan dibahas meliputi data *error training* beban dengan perhitungan *Root Mean Squared Error* (RMSE). *Training* data tersebut menggunakan 8 jenis *member function*, beberapa variasi jumlah *member function* dan beberapa variasi jumlah *epoch*, dimana hal tersebut dilakukan untuk menghasilkan struktur jaringan ANFIS dengan nilai *error* terkecil. Jaringan ANFIS dengan nilai *error* terkecil yang nantinya akan digunakan sebagai testing data dan peramalan data beban tahun 2020-2024.

Selain pembahasan mengenai data *training* beban akan dibahas juga mengenai data-data hasil *testing*. *Testing* data dilakukan untuk mengetahui performansi struktur jaringan ANFIS yang sudah dilatih. *Testing* beban meliputi data beban tahun 2018 dan 2019. Dari hasil *testing* beban tersebut akan dianalisis perbandingan antara data aktual beban tahun 2018 dan 2019 dengan data beban hasil peramalan menggunakan metode ANFIS.

A. *Training Jaringan ANFIS*

Sebagaimana yang sudah dijelaskan pada sebelumnya, pelatihan atau *training* data dilakukan untuk menemukan struktur jaringan ANFIS yang menghasilkan nilai *error* paling kecil. Parameter yang digunakan pada pelatihan jaringan ANFIS adalah *Root Mean Squared Error* (RMSE). Pelatihan ini dilakukan dengan mencoba 8 jenis *member function* dengan beberapa variasi jumlah *member function* dan *epoch*. Berikut merupakan hasil *error* menggunakan parameter RMSE dari 8 jenis *member function*.

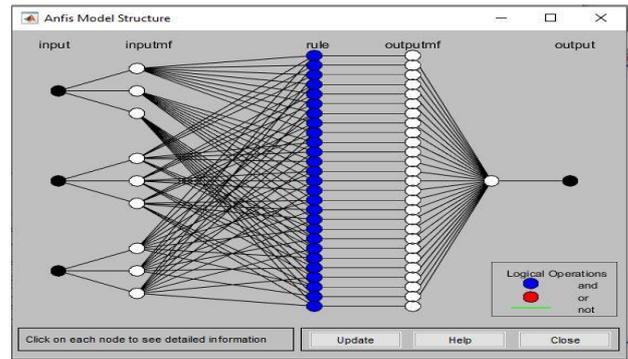
TABEL I
ERROR TERKECIL DARI 8 JENIS FUNGSI KEANGGOTAAN

MF	Jumlah MF	Type Output MF	Epoch	Error
Trimf	3	Linear	2500	2,65E-07
Trapmf	6	Linear	100	3,53E-07
Gbellmf	5	Linear	500	3,23E-07
Gaussmf	6	Linear	500	3,16E-07
Gauss2mf	5	Linear	500	3,24E-07
Dsigmf	5	Linear	500	3,16E-07
Pimf	6	Linear	500	3,19E-07
psigmf	5	Linear	100	3,16E-07

Dari tabel hasil *error* diatas diketahui bahwa fungsi keanggotaan yang menghasilkan *error* paling kecil dibandingkan dengan fungsi keanggotaan lainnya adalah fungsi keanggotaan *triangle* (trimf). Maka struktur jaringan terbaik yang akan digunakan untuk pengujian dan peramalan beban adalah struktur jaringan dengan fungsi keanggotaan *triangle* (trimf) dengan 3 jumlah fungsi keanggotaan dan epoch sebanyak 2500 yaitu dengan error sebesar 2,65E-07.

Untuk struktur jaringan ANFIS yang dihasilkan dari pelatihan terbaik yaitu dengan fungsi keanggotaan *triangle* menggunakan 3 jumlah fungsi keanggotaan dan epoch sebanyak 2500 yang akan digunakan pada pengujian data dan

peramalan data beban tahun 2020 sampai dengan tahun 2024 dapat dilihat pada gambar berikut.



Gbr 2. Struktur Jaringan ANFIS Terbaik

B. *Testing Peramalan Tahun 2018*

Pengujian peramalan data beban listrik menggunakan metode *adaptive neuro fuzzy inference system* dengan data beban sejak bulan Januari tahun 2015 sampai dengan bulan Desember tahun 2019. Pengujian data beban tahun 2018 menggunakan 3 tahun data beban historis untuk data masukan, dimana untuk pengujian peramalan data beban tahun 2018 digunakan input dari bulan Januari 2015 sampai dengan bulan Desember 2017.

TABEL II
PERBANDINGAN DATA AKTUAL DAN PERAMALAN TAHUN 2018
MENGUNAKAN ANFIS

Bulan	Data 2018			MAPE %
	Aktual (Amp)	Peramalan (Amp)	Error %	
Januari	401	400,99991625	0,0000208	0,0000103
Februari	422	421,99994761	0,0000124	
Maret	394	394,00001685	0,0000042	
April	354	353,99992412	0,0000214	
Mei	388	387,99997492	0,0000064	
Juni	371	371,00000050	0,0000001	
Juli	384	383,99995193	0,0000125	
Agustus	387	386,99998767	0,0000031	
September	307	307,00000026	0,0000001	
Oktober	318	317,99999651	0,0000010	
November	415	414,99989704	0,0000248	
Desember	361	360,99993690	0,0000174	
\sum Error%			0,0001247	

Dari tabel diatas dapat diketahui besarnya error persen dan nilai MAPE pengujian peramalan tahun 2018. Nilai *error* persen dan MAPE pengujian peramalan tahun 2018 tidak melebihi 10%, nilai MAPE yang dihasilkan sebesar 0,0000103988% sehingga dapat dikatakan bahwa nilai MAPE sangat baik. Berikut gambar grafik perbandingan data aktual tahun 2018 dengan data peramalan menggunakan metode ANFIS.

C. Peramalan Tahun 2019

Untuk pengujian peramalan beban tahun 2019 digunakan input dari bulan Januari tahun 2016 sampai dengan bulan Desember tahun 2018.

TABEL III
PERBANDINGAN DATA AKTUAL DAN PERAMALAN TAHUN 2018
MENGUNAKAN ANFIS

Bulan	Data Tahun 2019			MAPE%
	Aktual (Amp)	Peramalan (Amp)	Error %	
Januari	425	424,99993818	0,0000145	0,000015
Februari	462	461,99990821	0,0000198	
Maret	437	436,99997318	0,0000061	
April	405	404,99988761	0,0000277	
Mei	411	410,99990984	0,0000219	
Juni	423	422,99990984	0,0000213	
Juli	436	435,99995805	0,0000096	
Agustus	423	422,99995828	0,0000098	
September	408	407,99987884	0,0000296	
Oktober	400	399,99999744	0,0000006	
November	472	471,99987686	0,0000260	
Desember	446	445,99998687	0,0000029	
\sum Error %			0,0001904	

Dari tabel diatas dapat dianalisis bahwa nilai error persen dan nilai MAPE dari pengujian peramalan tahun 2019 menggunakan metode *adaptive neuro fuzzy inference system* juga tidak melebihi 10% yaitu nilai MAPE yang dihasilkan sebesar 0,0000158672%, sehingga dapat dikatakan bahwa nilai MAPE sangat baik. Berikut gambar grafik perbandingan data aktual tahun 2019 dengan data peramalan menggunakan metode ANFIS.

D. Peramalan Beban Listrik Tahun 2020-2024

Dari pengujian peramalan beban tahun 2018 dan 2019 terbukti bahwa struktur jaringan hasil pelatihan data menghasilkan *error* MAPE yang sangat baik yaitu dibawah 10%.

Pada peramalan tahun 2020 sampai dengan 2024 langkah-langkah yang dilakukan hampir sama dengan pengujian peramalan tahun 2018 dan tahun 2019. Peramalan beban tahun 2020 sampai dengan 2024 juga menggunakan 3 tahun data sebagai *input* namun tanpa target data. Untuk peramalan tahun 2020 data beban yang digunakan sebagai *input* 1 adalah data beban tahun 2017, *input* 2 adalah data beban tahun 2018 dan *input* 3 adalah data beban tahun 2019. Dari ketiga *input* tersebut akan menghasilkan data beban peramalan tahun 2020. Hasil data peramalan tahun 2020 tersebut nantinya akan digabung dengan data-data beban tahun 2015 sampai dengan 2019, kemudian data-data tersebut akan dinormalisasi kembali dan nantinya data beban tahun 2020 akan menjadi data *input* peramalan beban tahun 2021.

Selanjutnya, untuk peramalan beban tahun 2021 yang digunakan sebagai *input* 1 adalah data beban tahun 2018, *input* 2 adalah data beban tahun 2019 dan *input* 3 adalah data beban tahun 2020 hasil peramalan menggunakan ANFIS. Sama seperti halnya data beban tahun 2020, setelah data peramalan beban tahun 2021 didapatkan data tersebut akan digabung dengan data beban pada tahun-tahun sebelumnya, dan dilakukan normalisasi data kembali. Data hasil peramalan beban tahun 2021 tersebut nantinya menjadi data *input* peramalan beban tahun 2022. Kemudian untuk peramalan beban tahun 2022 yang digunakan sebagai *input* 1 adalah data beban tahun 2019, *input* 2 adalah data beban tahun 2020 dan *input* 3 adalah data beban hasil peramalan tahun 2021. Hasil peramalan beban tahun 2022 nantinya juga akan menjadi data *input* untuk peramalan tahun selanjutnya, hal ini juga berlaku untuk peramalan tahun 2023 dan 2024. Data *input* yang digunakan juga data beban 3 tahun sebelumnya, untuk peramalan beban tahun 2023 yang digunakan sebagai *input* 1 adalah data beban tahun 2020, *input* 2 adalah data beban tahun 2021 dan *input* 3 adalah data beban tahun 2022. Untuk peramalan tahun 2024 yang digunakan sebagai *input* 1 adalah data beban tahun 2021, *input* 2 adalah data beban tahun 2022 dan *input* 3 adalah data beban tahun 2023.

Data beban tahun 2020 sampai dengan 2024 menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

TABEL IV
HASIL PERAMALAN BEBAN LISTRIK TAHUN 2020

Tahun	Bulan	Hasil Peramalan Beban ANFIS (Amp)	Jumlah (Amp)
2020	Januari	394,43053922	4.982,50537315
	Februari	535,66077382	
	Maret	353,06132769	
	April	426,03307807	
	Mei	484,99337292	
	Juni	430,56372044	
	Juli	489,22870579	
	Agustus	333,56384738	
	September	439,77865033	
	Oktober	409,51229391	
	November	278,73629612	

TABEL V
HASIL PERAMALAN BEBAN LISTRIK TAHUN 2021

Tahun	Bulan	Hasil Peramalan Beban ANFIS (Amp)	Jumlah (Amp)
2021	Januari	446,17644384	4.869,39294981
	Februari	407,19853497	
	Maret	407,19853497	
	April	365,17956686	
	Mei	504,73664561	
	Juni	452,59588308	
	Juli	550,20056828	
	Agustus	407,19853497	
	September	268,36376274	
	Oktober	317,79036345	
	November	407,19853497	

TABEL VI
HASIL PERAMALAN BEBAN LISTRIK TAHUN 2022

Tahun	Bulan	Hasil Peramalan Beban ANFIS (Amp)	Jumlah (Amp)
2022	Januari	268,36376274	4.490,32368779
	Februari	409,28216551	
	Maret	409,28216551	
	April	404,63743663	
	Mei	373,80425245	
	Juni	372,89121321	
	Juli	414,60580521	
	Agustus	409,28216551	
	September	319,31247346	
	Oktober	358,91480929	
	November	409,28216551	

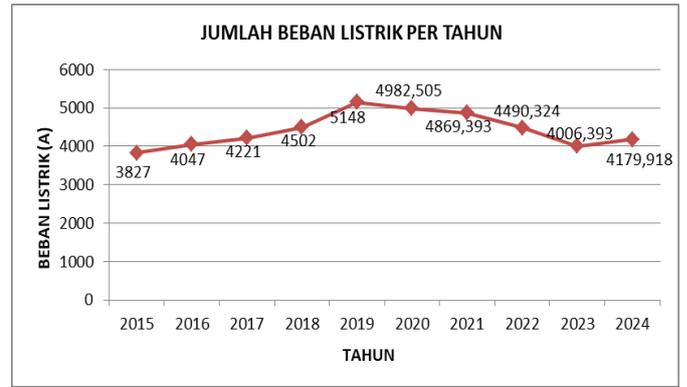
TABEL VII
HASIL PERAMALAN BEBAN LISTRIK TAHUN 2023

Tahun	Bulan	Hasil Peramalan Beban ANFIS (Amp)	Jumlah (Amp)
2023	Januari	319,40221153	4.006,39312016
	Februari	341,48478397	
	Maret	341,48478397	
	April	388,60588066	
	Mei	280,98184765	
	Juni	447,29818960	
	Juli	282,24636379	
	Agustus	341,48478397	
	September	345,63169893	
	Oktober	279,80149647	
	November	341,48478397	

TABEL VIII
HASIL PERAMALAN BEBAN LISTRIK TAHUN 2024

Tahun	Bulan	Hasil Peramalan Beban ANFIS (Amp)	Jumlah (Amp)
2024	Januari	335,76064009	4.179,91773412
	Februari	430,38075650	
	Maret	430,38075650	
	April	370,09921496	
	Mei	268,36376274	
	Juni	365,94545166	
	Juli	268,36376274	
	Agustus	430,38075650	
	September	268,36376274	
	Oktober	284,91485081	
	November	430,38075650	

Pada tabel IV sampai dengan tabel VIII diatas dapat dilihat hasil dari peramalan beban tahun 2020 sampai dengan tahun 2024 setiap bulannya tidak selalu mengalami kenaikan beban. Peramalan beban yang dihasilkan kadang mengalami kenaikan dan kadang mengalami penurunan beban setiap bulannya. Selanjutnya Pada grafik berikut juga dapat dilihat akumulasi jumlah beban setiap tahunnya dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2024.



Gbr 3. Grafik Jumlah Beban Listrik Per Tahun

Dari data aktual yang diperoleh dari PT PLN (Persero) UP3 Jember data beban selalu mengalami pertumbuhan dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2019. Pada tahun 2019 jumlah beban listrik yang tersambung pada PT PLN (Persero) ULP Tanggul sebesar 5148 Amp, namun dari hasil peramalan beban menggunakan metode ANFIS pada tahun 2020 jumlah beban yang tersambung sebesar 4982,5053715 Amp yang berarti jumlah beban penurunan sebesar 3,2147%.

Selanjutnya data beban hasil peramalan pada tahun 2021 yaitu sebesar 4869,39294981 Amp. Jumlah beban pada tahun 2021 kembali mengalami penurunan dibandingkan dengan jumlah beban pada tahun 2020. Jumlah beban yang tersambung pada tahun 2021 mengalami penurunan sebesar 2,2701%. Pada tahun 2022 data beban hasil peramalan yaitu sebesar 4490,32368779 Amp. Jumlah data tersebut kembali mengalami penurunan dibandingkan dengan jumlah data beban yang tersambung pada tahun sebelumnya. Jumlah beban yang tersambung pada tahun 2022 mengalami penurunan sebesar 7,7847%. Kemudian pada tahun 2023 data beban hasil peramalan yaitu sebesar 4006,39312016 Amp. Sama halnya dengan tahun sebelumnya, jumlah tersebut kembali mengalami penurunan dibandingkan dengan jumlah beban tahun sebelumnya. Jumlah beban yang tersambung pada tahun 2023 mengalami penurunan sebesar 10,7771%. Sedangkan untuk hasil peramalan beban tahun 2024 yaitu sebesar 4179,91773412 Amp. Jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya jumlah tersebut mengalami kenaikan beban. Jumlah beban yang tersambung pada tahun 2024 mengalami kenaikan beban sebesar 4,3311%.

E. Analisis Kapasitas Penyulang

Untuk jumlah arus setting penyulang yang tersedia pada ULP Tanggul saat ini adalah 1760 Amp. Pembebanan listrik pada penyulang jika terlalu tinggi atau melebihi dari jumlah arus setting yang tersedia maka harus dilakukan pemindahan beban atau pembagian beban listrik ke penyulang yang pembebanannya rendah.

Berdasarkan data beban hasil peramalan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dapat dikatakan bahwa tidak perlu dilakukan pemindahan beban atau pembagian beban listrik ke penyulang lain

dikarenakan pembebanan pada penyulang PT PLN (Persero) ULP Tanggul tidak ada yang melebihi jumlah arus *setting* penyulang. Dan jika dilihat dari data hasil peramalan beban listrik kemungkinan untuk 5 tahun kedepan jumlah beban yang tersambung pada transformator tidak mengalami overload atau tidak melebihi 60% dari kapasitas transformator sehingga tidak perlu dilakukan penambahan kapasitas transformator pada GI Tanggul.

IV. KESIMPULAN

Dari analisis pengujian peramalan beban yang tersambung pada PT PLN (Persero) ULP Jember didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dapat diketahui dari tabel II dan III hasil pengujian peramalan beban yang tersambung pada PT PLN (Persero) ULP Tanggul tahun 2018 dan 2019 menghasilkan nilai *error* MAPE yang sangat kecil, pada tahun 2018 menghasilkan *error* MAPE sebesar 0,0000103988% dan pada tahun 2019 menghasilkan nilai *error* MAPE sebesar 0,0000158672%. Nilai *error* MAPE tersebut <10% sehingga dapat dikatakan sangat baik.
2. Dari tabel IV sampai dengan tabel VIII dapat diketahui bahwa beban hasil peramalan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) tahun 2020 sampai dengan 2024 tidak selalu mengalami peningkatan beban. Buktinya pada tahun 2020 mengalami penurunan beban sebesar 3,2147%, pada tahun 2021 kembali mengalami penurunan beban sebesar 2,2701%, pada tahun 2022 juga mengalami penurunan beban sebesar 7,7847%, dan pada tahun 2023 juga kembali mengalami penuruna beban sebesar 10,7771%, sedangkan pada tahun 2024 beban mengalami peningkatan sebesar 4,3311%.
3. Dari data-data beban peramalan tahun 2020-2024 menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dapat diketahui bahwa beban yang tersambung pada bulan Januari tahun 2020 sampai dengan bulan Desember tahun 2024 tidak ada yang melebihi jumlah arus *setting* dari kelima penyulang pada PT PLN (Persero) ULP Tanggul yang tersedia. Sehingga tidak perlu dilakukan pemindahan beban atau pembagian beban listrik ke penyulang lain.

REFERENSI

- [1] Ahmad Ardiansyah, E. (2017). *Aplikasi Peramalan Kebutuhan Beban Listrik Menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*.
- [2] Anshar Affandy. (2012). *Prakiraan Daya Beban Listrik Yang Tersambung Pada Gardu Induk Sengkaling Tahun 2012- 2021 Menggunakan Metode Time Series Dengan Model Dekomposisi. Prakiraan Daya Beban Listrik Yang Tersambung Pada Gardu Induk Sengkaling Tahun 2012- 2021 Menggunakan Metode Time Series Dengan Model Dekomposisi*.
- [3] Ikhtari Khaimi. (2010). *Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Dengan Menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (Anfis) (Studi Kasus: PT. PLN (Persero) Sektor Pembangkit Pekanbaru)*. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
- [4] Khasanah, U., Novitasari, D. C. R., Utami, W. D., & Intan, P. K. (2019). Analisis Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (Studi Kasus : Pt. Pln (Persero) Area Pengaturan Distribusi Jawa Timur). *Math Vision*, 01(01), 17–24.
- [5] Lutfi Salisa Setiawati. (2016). Penerapan Fuzzy Inference System Takagi-Sugeno-Kang Pada Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Gigi. *Penerapan Fuzzy Inference System Takagi-Sugeno-Kang Pada Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Gigi*.
- [6] Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral. (2016). *Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia*.
- [7] Wang, L. X. (1997). *A Course in Fuzzy Systems and Control* (Internatio).
- [8] Wisnu Sri Nugroho. (2017). *Mengenal Sistem Tenaga Listrik*. 11 November. <https://catatanwsn.wordpress.com/2017/11/11/mengenal-sistem-tenaga-listrik/>
- [9] Via Andhiae. (2019). *Cara Menghitung Root Mean Squared Error (RMSE) dengan Excel*. 22 Oktober. [https://aindhae.blogspot.com/2019/10/cara-menghitung-root-mean-squared-error.html#:~:text=Root Mean Squared Error \(RMSE\) merupakan salah satu cara untuk,-rata\)%2C lalu diakarkan.](https://aindhae.blogspot.com/2019/10/cara-menghitung-root-mean-squared-error.html#:~:text=Root Mean Squared Error (RMSE) merupakan salah satu cara untuk,-rata)%2C lalu diakarkan.)