

Penggunaan Metode ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) untuk Prediksi Beban Listrik Jangka Pendek

Ainun Aziz¹, Mochammad Firman Arif², Muslim Alamsyah³

^{1,2}Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Merdeka Pasuruan, e-mail: ainun.aziz99@gmail.com

Penulis Korespondensi. Ainun Aziz, Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Merdeka Pasuruan, e-mail: ainun.aziz99@gmail.com

A B S T R A K

Objektif. Peningkatan kebutuhan listrik di masyarakat mengharuskan PT. PLN perlu melakukan perencanaan operasi dan perencanaan sistem pengembangan tenaga listrik untuk mengetahui seberapa besar daya listrik yang harus disalurkan ke konsumen agar daya listrik yang ditransmisikan tepat sasaran dan tepat ukuran. Oleh karena itu, dibuatlah metode ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) pada penelitian ini.

Material dan Metode. ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) adalah suatu penggabungan mekanisme sistem inferensi fuzzy yang digambarkan dalam arsitektur jaringan saraf. Dalam suatu penelitian, membutuhkan program yang dibuat menggunakan bahasa programan Matlab.

Hasil. Dalam hasil Analisis prakiraan konsumsi beban listrik menggunakan software aplikasi Matlab didapatkan perbandingan kesalahan untuk pelatihan (*training*) yang mampu mengikuti pola beban listrik harian dengan nilai MSE 0,2938 dan nilai MAPE 4,7892% dengan kriteria MAPE <10% yang di nilai 'sangat baik'. Sedangkan berdasarkan perbandingan pengujian (*testing*) dengan nilai MSE 0,4361 dan nilai MAPE 14,6062% dengan kriteria MAPE 10% - 20% yang di nilai 'baik' atau lebih rendah dari pelatihan.

Kesimpulan. Dengan hasil prediksi beban listrik di tanggal 18 November 2010 sampai dengan 25 November 2010, secara keseluruhan baik pelatihan (*training*) dan pengujian (*testing*) dengan model metode ANFIS memiliki performansi yang baik untuk meramalkan beban listrik di masa mendatang, untuk dapat sebagai langkah antisipasi permintaan daya listrik di waktu kedepan.

Kata kunci:

MATLAB, ANFIS, Prediksi, Beban Listrik, Perbandingan

A B S T R A C T

Objective. The increasing demand for electricity in the community requires PT. PLN needs to carry out operational planning and planning of electric power development systems to find out whatever electrical power must be supplied to consumers so that the electric power transmitted is right on target and on the correct size. Therefore, the ANFIS (*Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*) method was created in this study.

Materials and Methods. ANFIS (*Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*) is an integrated fuzzy inference system that is described in a neural network architecture. A study requires a program made using the Matlab program language.

Results. In the results of the analysis of electricity consumption forecasts using the Matlab application software, the comparison of errors for training which is able to follow the daily electrical load pattern with an MSE value of 0.4361 and a MAPE value of 4.7892% with MAPE criteria <10% which is rated 'very good.' Meanwhile, based on the comparison of testing (*testing*) with an MSE value of 0.2938 and a MAPE value of 14.6062% with the MAPE criteria of 10% - 20%, which scored 'good' or lower than training.

Conclusion. With the prediction results of electric loads from 18 November 2010 to 25 November 2010, overall, both training and testing with the ANFIS method model have good performance for predicting future electrical loads to be able to anticipate demand. Power in the future.

Keywords:

Matlab, ANFIS, Prediction, Electric Load, Comparison

1. PENDAHULUAN

Kehidupan masyarakat sangat bergantung kepada sumber daya energi, salah satunya adalah energi listrik. Pertumbuhan ekonomi, perkembangan dunia industri, pertambahan jumlah penduduk, serta pesatnya kemajuan teknologi merupakan penyebab utama dalam peningkatan jumlah penggunaan listrik di Indonesia. Fenomena peningkatan kebutuhan listrik di masyarakat saat ini mengharuskan PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara) selaku penyalur utama listrik ke masyarakat pada setiap harinya, perlu melakukan perencanaan operasi dan perencanaan sistem pengembangan tenaga listrik untuk mengetahui seberapa besar daya listrik yang harus disalurkan ke konsumen agar daya listrik yang ditransmisikan tepat sasaran dan tepat ukuran. (Kristiana, 2015)

Besarnya permintaan listrik pada suatu rentang waktu tidak dapat dihitung secara pasti, akibatnya timbul permasalahan, yaitu bagaimana mengoperasikan suatu pembangkit sistem tenaga listrik secara terus menerus agar dapat memenuhi permintaan daya setiap saat. Apabila daya yang dikirim dari pembangkit jauh lebih besar daripada permintaan daya pada beban, maka akan timbul pemborosan biaya pembangkitan energi listrik pada perusahaan listrik. Sedangkan apabila daya yang dibangkitkan dan dikirimkan lebih rendah atau bahkan tidak memenuhi kebutuhan konsumen maka akan terjadi pemadaman lokal pada beban dan merugikan pihak konsumen. Dengan demikian diperlukan suatu usaha untuk memprediksi permintaan beban oleh konsumen melalui proses peramalan beban listrik yang pada akhirnya akan mempunyai peranan penting dalam hal ekonomi dan keamanan operasi sistem tenaga. Peramalan beban listrik jangka pendek bertujuan untuk meramalkan beban listrik pada jangka waktu menit, jam, hari atau minggu. (Adi Soeprijanto, 2012)

PT. PLN Persero telah melakukan mengumpulkan data-data beban listrik, dari data-data historis beban listrik yang ada, dapat dibangun suatu sistem peramalan time series. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS).

ANFIS merupakan sistem inferensi fuzzy yang diimplementasikan dalam jaringan adaptif. Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) adalah suatu penggabungan mekanisme sistem inferensi fuzzy yang digambarkan dalam arsitektur jaringan syaraf. (Ikhtari Haimi, 2010)

Dari penjelasan yang telah dikemukakan diatas, maka pada penelitian ini dibuat sebuah sistem penggunaan metode ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy inference System) untuk prediksi beban listrik untuk dapat memprediksi kebutuhan akan sumber daya listrik pada PLN dengan memanfaatkan data historis beban listrik.

2. MATERIAL DAN METODE

2.1 Periode Prediksi (Prediction Period)

Prediksi merupakan peramalan atau dugaan suatu kejadian tertentu pada masa yang akan datang. Beban yang diprediksikan disesuaikan dengan kebutuhan dengan jangka waktu tertentu. Menurut jangka waktunya, peramalan dibagi menjadi 3 periode yaitu : (Suryana, 2018)

- a. *Prediksi jangka panjang (Long-Term Prediction)*
Merupakan prediksi yang dilakukan dalam jangka waktu yang panjang, misalnya dalam beberapa tahun kedepan.
- b. *Prediksi jangka Menengah (Mid-Term Prediction)*
Merupakan prediksi yang dilakukan dalam waktu bulanan.
- c. *Prediksi jangka Pendek (Short-Term Prediction)*
Merupakan prediksi dalam jangka waktu harian hingga setiap jam atau periode mingguan.

2.2 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) adalah penggabungan dari logika fuzzy dan jaringan syaraf tiruan (JST). (Widodo, 2013)

Arsitektur ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) merupakan suatu metode inferensi yang arsitekturnya secara fungsional sama dengan fuzzy rule base model Sugeno. Misalkan ada 2 input x, y dan satu output \hat{y} . Ada 2 aturan pada basis aturan model sugeno:

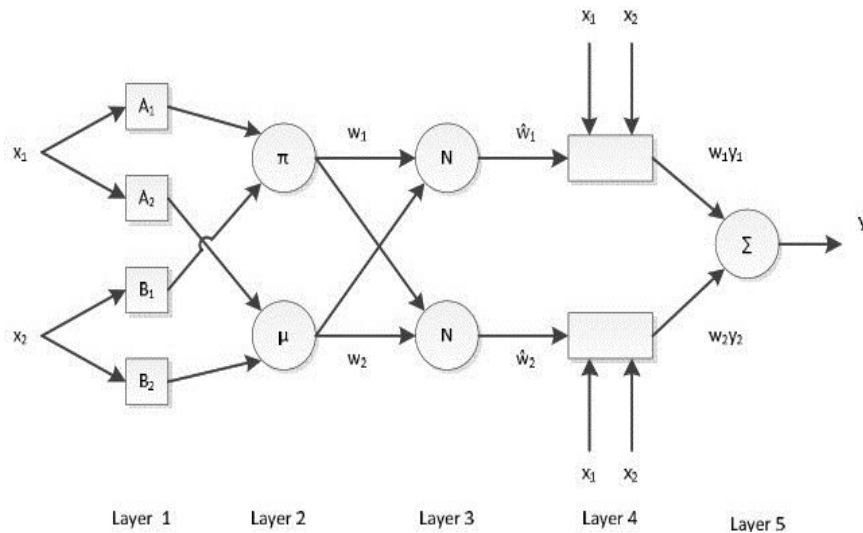
$$\text{If } x_1 \text{ is } A_1 \text{ and } x_2 \text{ is } B_1 \text{ then } \hat{y}_1 = p_1x_1+q_1x_2+r_1 \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{If } x_1 \text{ is } A_2 \text{ and } x_2 \text{ is } B_2 \text{ then } \hat{y}_2 = p_2x_1+q_2x_2+r_2 \dots\dots\dots (2)$$

Jika a predikat untuk aturan kedua adalah w_1 dan w_2 , maka dapat dihitung rata-rata terbobot:

$$y = \frac{w_1\hat{y}_1 + w_2\hat{y}_2}{w_1 + w_2} = \hat{w}_1\hat{y}_1 + \hat{w}_2\hat{y}_2 \dots\dots\dots (3)$$

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) hamper sama dengan jaringan syaraf tiruan dengan fungsi radial dan sedikit batasan tertentu yang dapat terlihat dalam struktur dibawah ini :



Gambar 1. Struktur ANFIS

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa arsitektur ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) terdiri atas lima Layer/ lapisan, dan setiap lapis terdapat node/simpul. Terdapat dua macam node yaitu node adaptif (bersimbol kotak) dan node tetap (bersimbol lingkaran). Fungsi dari setiap lapis adalah sebagai berikut: (Suyanto, 2008)

1) *Lapisan 1*

Setiap neuron i pada layer/ lapisan ini adalah simpul adaptive dengan fungsi:

$$O_{1,i} = \mu_{A,i}(x_i) \text{ untuk } i = 1, 2 \text{ dan } \dots\dots\dots (4)$$

$$O_{1,i} = \mu_{B,i}(x_i) \text{ untuk } i = 3, 4 \dots\dots\dots (5)$$

Output dari tiap neuron pada layer 1 berupa derajat keanggotaan yang diberikan oleh fungsi keanggotaan dari input, yaitu $\mu_{A,1}(x_1)$, $\mu_{B,1}(x_2)$, $\mu_{A,2}(x_1)$ dan $\mu_{B,2}(x_2)$. Berikut merupakan pendekatan fungsi keanggotaan parameter menggunakan fungsi bell:

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^2} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

{a, b, c} : himpunan parameter premis yang adaptive

$\mu(x)$: derajat keanggotaan

2) Lapisan 2

Semua node pada lapisan ini adalah nonadaptif (parameter tetap). Fungsi node ini adalah mengalikan setiap sinyal masukan yang datang.

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{Ai}(x_1) \mu_{Bi}(x_2), i = 1, 2 \dots\dots\dots (7)$$

Tiap keluaran node menyatakan derajat pengaktifan (firing strength) tiap aturan fuzzy.

3) Lapisan 3

Lapisan Setiap node pada lapisan ini adalah node nonadaptif yang menampilkan fungsi derajat pengaktifan ternormalisasi (normalized firing strength) yaitu rasio keluaran node ke-i pada lapisan sebelumnya terhadap seluruh keluaran lapisan sebelumnya, dengan bentuk fungsi node:

$$\hat{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \dots\dots\dots (8)$$

Keluaran lapis ini disebut kuat penyulutan ternormalisasi (normalized firing strength).

4) *Lapisan 4*

Setiap node pada lapis ini adalah adaptif dengan fungsi node

$$O_{4,i} = \hat{w}_i \hat{y}_i = \hat{w}_i (p_i x_1 + q_i x_2 + r_i) \dots \dots \dots (9)$$

Dengan w_i : kuat penyulutan ternormalisasi dari lapisan 3 $\{p_i, q_i, r_i\}$: himpunan parameter dari node ini. Parameter pada lapis ini disebut parameter konsekuen.

5) *Lapisan 5*

Pada lapisan ini hanya ada satu node tetap yang fungsinya untuk menjumlahkan semua masukan. Fungsi simpulan:

$$O_{5,i} = \sum \hat{w}_i \hat{y}_i = \frac{\sum \hat{w}_i \hat{y}_i}{\sum \hat{w}_i} \dots \dots \dots (10)$$

Jaringan adaptif dengan lima lapisan tersebut ekuivalen dengan sistem inferensi fuzzy TSK (takaghi sugeno kang).

2.3 *Mean Square Error (MSE)*

Mean Squared Error (MSE) adalah metode lain untuk mengevaluasi metode prediksi. Masing-masing kesalahan atau sisa dikuadratkan. Kemudian dijumlahkan dan ditambahkan dengan jumlah observasi. Pendekatan ini mengatur kesalahan prediksi yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadratkan. Metode itu menghasilkan kesalahan-kesalahan sedang yang kemungkinan lebih baik untuk kesalahan kecil. Mean Squared Error merupakan rata-rata selisih kuadrat antara nilai yang diramalkan dan yang diamati, atau jika dituliskan dalam bentuk rumus adalah: (Pakaja, 2012)

$$MSE = \frac{\sum (X_t - S_t)^2}{n} \dots \dots \dots (11)$$

Keterangan rumus:

- MSE = Rata-rata kuadrat kesalahan
- X_t = Data aktual
- S_t = Data hasil prediksi
- n = Jumlah periode

2.4 *Mean Absolute Percentage Errors (MAPE)*

Mean absolute percentage error (MAPE) adalah cara yang paling akurat untuk menghitung error, karena menyatakan persentase kesalahan hasil ramalan terhadap keadaan aktual selama periode tertentu yang memberikan informasi persentase terlalu tinggi atau terlalu rendah. (Pradhana, 2012)

Rumus Mean absolute percentage error (MAPE): (Sumayang, 2003).

$$e_t = X_t - WMA_t \dots \dots \dots (12)$$

$$\%E_{n+1} = \frac{e}{X} + 100\% \dots \dots \dots (13)$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{X_t}}{n} \dots \dots \dots (14)$$

Keterangan rumus:

e_t = Error untuk periode waktu t
 n = Banyak data

$X_t - WMA_t$ = Error untuk perbedaan hasil ramalan nilai dengan nilai yang sesungguhnya.
 %E = Persen error
 MAPE = Rata-rata persen error

Semakin kecil nilai MAPE, maka akan menunjukkan performa model yang semakin baik. Nilai yang dihasilkan melalui evaluasi, ini menunjukkan kemampuan hasil peramalan seperti yang ditunjukkan pada table di bawah ini: (Uswatun Khasanah, 2019)

Tabel 1. Kriteria MAPE

MAPE	Kategori Kemampuan Prediksi
< 10%	Sangat Baik
10% - 20%	Baik
20% - 50%	Cukup Baik
> 50%	Buruk

2.5 Time Series dan Prediksi

Data time series (runtun waktu) merupakan jenis data waktu yang apabila dipandang bersifat diskrit maka frekuensinya dapat berupa detik, menit, jam, hari, minggu, bulan, ataupun tahun dimana data yang dikumpulkan dalam suatu rentan tertentu menurut urutan waktu.

Prediksi data time series merupakan suatu prediksi menggunakan analisa dari plot ke variable yang akan diprediksi dengan variable waktu.

Untuk melakukan prediksi data time series, terlebih dahulu melakukan normalisasi data dalam bentuk $0 \leq x \leq 1$ dengan menggunakan rumus: (Thomas Sri Widodo, 2005)

$$t_i = \frac{z_i - \min(\text{data})}{\text{maks}(\text{data}) - \min(\text{data})} \dots\dots\dots (15)$$

Keterangan:

t_i = data hasil normalisasi
 z_i = data beban listrik
 min (data) = nilai minimum data beban listrik
 maks (data) = nilai maksimum data beban listrik

2.6 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. (Putra, 2016)

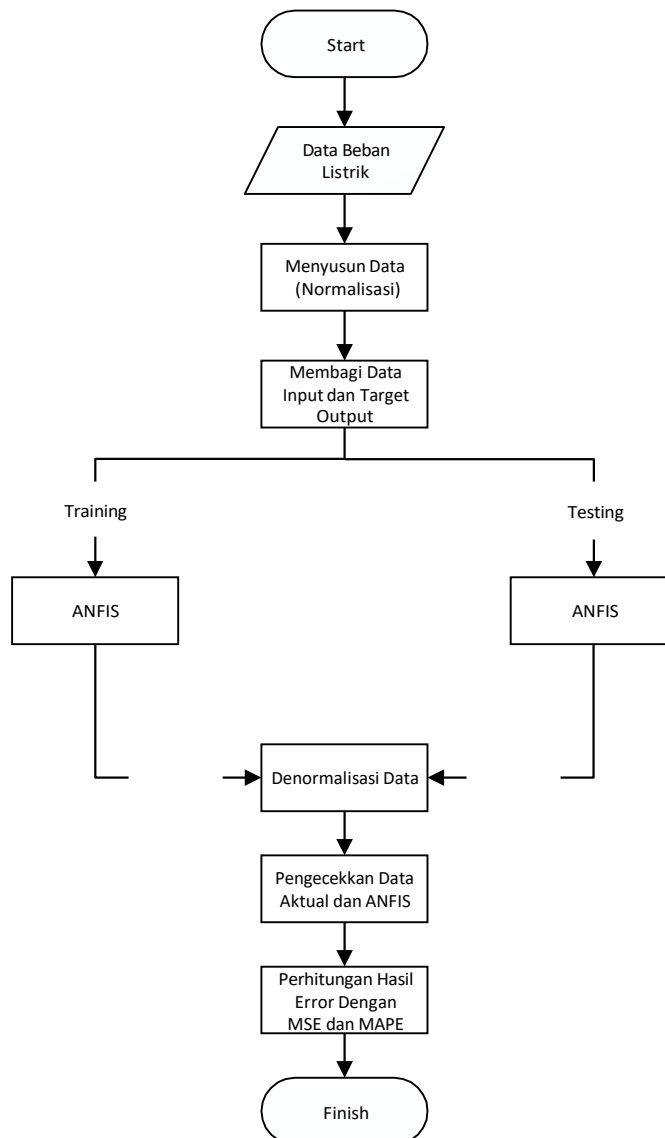
Dalam penelitian ini data yang digunakan merupakan data sekunder. Data sekunder adalah data yang mengacu pada informasi yang dikumpulkan dari sumber yang telah ada, sumber datanya yang diperoleh bisa berupa catatan perusahaan, publikasi, website dan internet (Sekaran, 2011). Data didapatkan dari data publik di website UCI (Universitas California Irvine), berada di Amerika Serikat dan di dalam websate tersebut memiliki data konsumsi daya listrik yang terletak di kota Sceaux, Paris, Prancis. Variable yang digunakan untuk memprediksi yaitu menggunakan metode ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) untuk prediksi beban listrik jangka pendek, pada 8 (delapan) hari selama periode harian tanggal 18 November 2010 sampai dengan tanggal 25 November 2010. Berikut adalah gambar peta tempat kota Sceaux, Paris, Prancis:



Gambar 2. Peta kota Sceaux

2.7 Tahap Analisis Data

Tahapan analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini dapat digambarkan dengan gambar berikut:



Gambar 3. Tahap Analisis Data

2.8 *Penyiapan Data*

Daya beban listrik yang digunakan sebagai data dalam pengolahan data penelitian ini merupakan data daya beban listrik yang terdapat pada interkoneksi daya listrik yang dinyatakan dalam suatu Mega Wall (MW). (Bagus Dwiantoro, 2012)

Data historis yang digunakan adalah di luar Negeri kota Sceaux, Paris, Perancis yang digunakan sebagai data acuan untuk pengolahan data dalam penelitian ini merupakan data beban listrik pada tanggal 18 November 2010 sampai dengan tanggal 25 November 2010. Pengambilan sampel dalam rentang waktu tersebut cukup untuk melihat dan mengetahui karakteristik serta berdasarkan hasil prediksi.

Tabel 2. Data Historis Beban Listrik Sektor Sceaux

Waktu	Data Aktual (MW)							
Operasi	18/11/10	19/11/10	20/11/10	21/11/10	22/11/10	23/11/10	24/11/10	25/11/10
01.00	243940	244260	244630	241380	243640	243100	244400	240910
02.00	242510	243490	243140	242530	242180	242480	244140	244680
03.00	241570	244090	242420	244920	244840	244610	241020	242660
04.00	242770	243190	244580	243940	245820	244610	243710	241400
05.00	243070	244960	245190	247680	247790	244430	244310	241090
06.00	244150	242280	245350	244980	244600	244670	245990	242710
07.00	238550	238460	239930	241960	235700	237720	241700	240490
08.00	241100	240610	241630	243530	236060	235170	238860	238410
09.00	241310	240880	241430	242040	238090	233540	238840	240340
10.00	241370	240970	241740	241340	238180	233980	239700	240810
11.00	239020	240880	239990	239070	235410	241420	239920	241660
12.00	239720	240470	241620	239080	239310	238730	240910	241080
13.00	240660	243460	241530	241600	237840	240800	237890	244310
14.00	240680	240660	238280	242340	236620	240510	243900	240520
15.00	243720	239080	243660	244930	242320	245330	238350	247620
16.00	243050	235330	241230	242250	242650	244660	240580	246100
17.00	237750	233170	237550	237660	239510	242230	234650	240450
18.00	238490	233290	236100	235060	237550	236320	237680	237100
19.00	236960	235090	229320	236180	231330	234040	233790	235420
20.00	236110	235610	236330	234900	232790	239070	234850	240210
21.00	239150	233420	238330	237600	238870	235640	230540	242350
22.00	237960	231940	236560	235370	240790	239990	236390	239020
23.00	243240	242330	243100	243740	242830	244410	240430	243620
24.00	242400	245460	243660	244070	241900	243270	240090	244100

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 *Pengujian Sistem*

Pengujian dilakukan pada dua pos daya listrik dengan klasifikasi data tiap posnya adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Klasifikasi Data Training dan Testing

Data Training	tanggal 18/11/2010 jam 01.00 s.d tanggal 25/11/2010 18.00
Data Testing	tanggal 18/11/2010 jam 19.00 s.d tanggal 25/11/2010 jam 24.00

3.2 Normalisasi Data

Untuk mereduksi perhitungan komputasi yang terlalu besar, maka dilakukan normalisasi data ke dalam range $0 \leq x \leq 1$ menggunakan persamaan berikut:

$$X' = \frac{X-b}{a-b} \dots\dots\dots (1)$$

Di mana:

X' = data hasil normalisasi

X = data asli/data awal

a = nilai maksimum data asli

b = nilai minimum data asli

Dengan menggunakan source code Matlab dapat diperoleh data hasil normalisasi seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini:

Tabel 4. Normalisasi Data

1.	0.7916	0.8089	0.8289	0.6530	0.7753	0.7461	0.8165	0.6275
2.	0.7141	0.7672	0.7482	0.7152	0.6963	0.7125	0.8024	0.8316
3.	0.6632	0.7997	0.7093	0.8446	0.8403	0.8278	0.6335	0.7223
4.	0.7282	0.7509	0.8262	0.7916	0.8933	0.8278	0.7791	0.6540
5.	0.7445	0.8468	0.8592	0.9940	1	0.8181	0.8116	0.6372
6.	0.8029	0.7017	0.8679	0.8479	0.8273	0.8311	0.9025	0.7250
7.	0.4997	0.4949	0.5744	0.6844	0.3454	0.4548	0.6703	0.6048
8.	0.6378	0.6113	0.6665	0.7694	0.3649	0.3167	0.5165	0.4921
9.	0.6492	0.6259	0.6557	0.6887	0.4748	0.2285	0.5154	0.5966
10.	0.6524	0.6308	0.6724	0.6508	0.4797	0.2523	0.5620	0.6221
11.	0.5252	0.6259	0.5777	0.5279	0.3297	0.6551	0.5739	0.6681
12.	0.5631	0.6037	0.6659	0.5284	0.5409	0.5095	0.6275	0.6367
13.	0.6140	0.7656	0.6611	0.6649	0.4613	0.6215	0.4640	0.8116
14.	0.6151	0.6140	0.4851	0.7049	0.3952	0.6058	0.7894	0.6064
15.	0.7796	0.5284	0.7764	0.8452	0.7038	0.8668	0.4889	0.9908
16.	0.7434	0.3254	0.6448	0.7001	0.7217	0.8305	0.6096	0.9085
17.	0.4564	0.2084	0.4456	0.4515	0.5517	0.6990	0.2886	0.6026
18.	0.4965	0.2149	0.3671	0.3108	0.4456	0.3790	0.4526	0.4212
19.	0.4136	0.3124	0	0.3714	0.1088	0.2555	0.2420	0.3303
20.	0.3677	0.3406	0.3796	0.3021	0.1879	0.5279	0.2994	0.5896
21.	0.5322	0.2220	0.4878	0.4483	0.5171	0.3422	0.0661	0.7055
22.	0.4678	0.1419	0.3920	0.3276	0.6210	0.5777	0.3828	0.5252
23.	0.7537	0.7044	0.7461	0.7807	0.7315	0.8170	0.6015	0.7742
24.	0.7082	0.8738	0.7764	0.7986	0.6811	0.7553	0.5831	0.8002

3.3 Proses Latih (training set)

Pada pemrograman ini, beban listrik diprediksikan berdasarkan data beban listrik 4 tanggal yang di hitung sebelumnya. Dalam menggunakan data pembelajaran (learning data), Data latih yang digunakan adalah data beban listrik dari tanggal 18/11/2010 jam 01.00 sampai dengan tanggal 25/11/2010 jam 18.00. Sedangkan target latih dari tanggal 22/11/2010 jam 01.00 sampai dengan tanggal 25/11/2010 jam 18.00.

Sehingga susunan data latih dan target latih yang diperoleh menggunakan source code adalah:

Tabel 5. Data Latih dan Target Latih

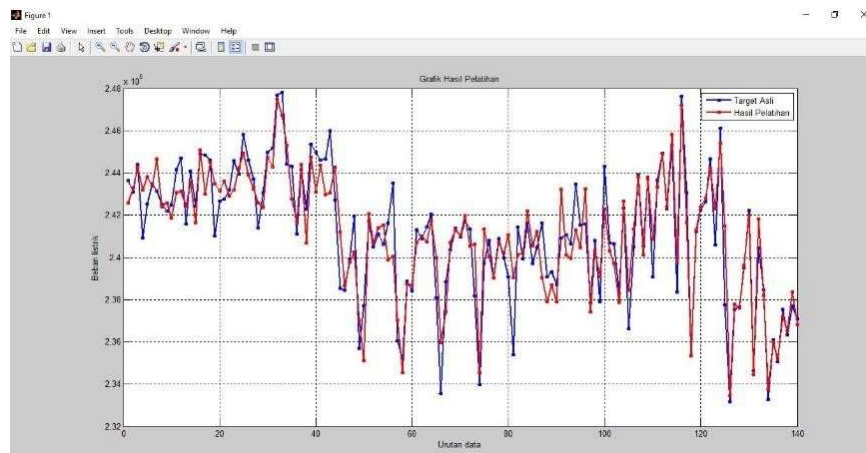
Data Ke	Data Latih				Target Latih
	x1	X2	X3	X4	

1.	0.7916	0.8089	0.8289	0.6530	0.4456
2.	0.8089	0.8289	0.6530	0.7753	0.3790
3.	0.8289	0.6530	0.7753	0.7461	0.4527
4.	0.6530	0.7753	0.7461	0.8165	0.4213
5.	0.7753	0.7461	0.8165	0.6275	0.4137
...
...
...
136.	0.6026	0.4965	0.2149	0.3671	0.7807
137.	0.4965	0.2149	0.3671	0.3108	0.7315
138.	0.2149	0.3671	0.3108	0.4456	0.8170
139.	0.3671	0.3108	0.4456	0.3790	0.6015
140.	0.3108	0.4456	0.3790	0.4526	0.7742

Pada tahap prosesi ANFIS inilah dapat digunakan dan siap dijalankan untuk men-training data yang sudah disiapkan sebelumnya. Hingga hasil source code sebagai berikut:

Number of nodes: 55
Number of linear parameters: 80
Number of nonlinear parameters: 32
Total number of parameters: 112
Number of training data pairs: 140
Number of checking data pairs: 0
Number of fuzzy rules: 16
Epoch: 20

Grafik keluaran yang dihasilkan dari proses pelatihan adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Pelatihan Grafik

Sehingga menghasilkan tingkat error adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Tingkat Error Pelatihan	
Tingkat Error Pelatihan	
MSE	MAPE
0.2938	4.7892%

3.4 Proses Uji (testing set)

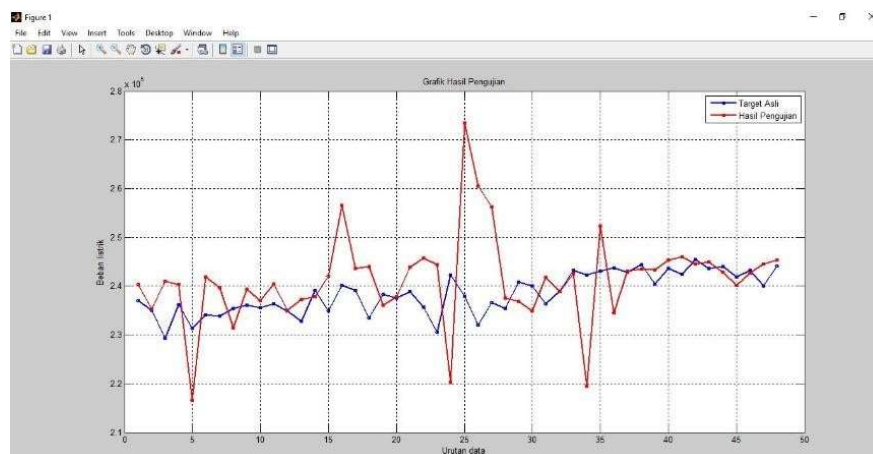
Mempersiapkan data uji (testing data) dan target uji. Pada proses pengujian, target uji digunakan hanya untuk memvalidasikan hasil pengujian. Data uji yang digunakan adalah data beban listrik dari tanggal 18/11/2010 jam 19.00 sampai dengan tanggal 25/11/2010 jam 24.00. Sedangkan target uji dari tanggal 22/11/2010 jam 19.00 sampai dengan tanggal 25/11/2010 jam 24.00.

Sehingga susunan data uji dan target uji yang diperoleh menggunakan source code adalah:

Tabel 7. Data Uji dan Target Uji

Data Ke	Data uji				Target uji
	x1	X2	X3	X4	
1.	0.4456	0.3790	0.4526	0.4212	0.4136
2.	0.3790	0.4526	0.4212	0.4136	0.3124
3.	0.4526	0.4212	0.4136	0.3124	0
4.	0.4212	0.4136	0.3124	0	0.3714
5.	0.4136	0.3124	0	0.3714	0.1088
...
...
...
44.	0.7742	0.7082	0.8738	0.7764	0.7986
45.	0.7082	0.8738	0.7764	0.7986	0.6811
46.	0.8738	0.7764	0.7986	0.6811	0.7553
47.	0.7764	0.7986	0.6811	0.7553	0.5831
48.	0.7986	0.6811	0.7553	0.5831	0.8002

Grafik keluaran yang dihasilkan dari proses pelatihan adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Pengujian Grafik

Sehingga menghasilkan tingkat error pengujian adalah sebagai berikut:

Tabel 8. Tingkat Error Pengujian

Tingkat Error Pengujian	
MSE	MAPE
0.4361	14.6062%

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisa tersebut maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

- Analisis prakiraan konsumsi beban listrik menggunakan software Matlab didapatkan perbandingan kesalahan untuk pelatihan (training) yang mampu mengikuti pola beban listrik harian dengan nilai MSE 0,2938 dan nilai MAPE 4,7892% dengan kriteria MAPE <10% yang di nilai 'sangat baik'. Sedangkan berdasarkan perbandingan pengujian (testing) dengan nilai MSE 0,4361 dan nilai MAPE 14,6062% dengan kriteria MAPE 10% - 20% yang di nilai 'baik' atau lebih rendah dari pelatihan.
- Dengan hasil prediksi beban listrik di tanggal 18 November 2010 sampai dengan 25 November 2010, secara keseluruhan baik pelatihan (training) dan pengujian (testing), model metode ANFIS memiliki performansi yang baik untuk memprediksi beban listrik di masa mendatang, sebagai langkah antisipasi permintaan daya listrik di waktu kedepan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad. Lincolin, "*Peramalan Bisnis Edisi Pertama*", BPFE-YOGYAKARTA, Yogyakarta, 2001.
- AR, Margunadi, "*Pengantar Umum Elektro Teknik* ", PT Dian Rakyat, Jakarta, 1983.
- Feinberg, Eugene A dan Genethliou. Dora, "*Load Forecasting*", Stony Brook, State University of New York, 2001.
- Hasan, M. Iqbal, "*Pokok-pokok Materi Statistik I (Statistik Deskriptif)*", Bumi Aksara, Jakarta, 1999.
- H.P. Satpathy, P.K. Dash dan Liew, AC and Rahman, S, "*A Real -Time Shorth-Term Load Forecasting System Using Functional Link Network*", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 12, No. 2, May 1997.
- Hutauruk," *Transmisi Daya Listrik*", Erlangga, Jakarta, 1985.
- Jang, JRS, Sun, dan Mizutani. E," *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*", Prentice Hall, London, 1993.
- Kusumadewi, Sri," *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan MATLAB & EXCEL LINK*", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2004.
- Kusumadewi, Sri, dan Sri Hartati," *Neuro-Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2006.
- Kusumadewi, Sri dan Hari Purnomo," *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2004.
- Marsudi, Djiteng," *Operasi Sistem Tenaga Listrik*", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2006.

Ross, Timothy J, " *Fuzzy Logic with Engineering Applications*", John Wiley & Sons Inc, Inggris, Edisi Ke-2

Widodo, TS, " *Sistem Neuro Fuzzy Untuk Pengolahan Informasi, Pemodelan, dan Kendali*", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2005.

A. Nurlifa dan S. Kusumadewi, " *Sistem Peramalan Jumlah Penjualan Menggunakan Metode Moving Average Pada Rumah Jilbab Zaky*", J. Invotek Polbeng -Seri Inform., vol.2, no. 1, pp. 18-25, 2017.

Irawan, Feriza A. " *Buku Pintar Pemrograman MATLAB*". Mediakom, Yogyakarta, 2012.

Jek Siang, J. " *Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrogramannya Menggunakan MATLAB*". Andi, Yogyakarta, 2005.

Widodo, P. P. dan Handayanto, R. T. " *Penerapan Soft Computing dengan MATLAB*". Rekayasa Sains, Bandung, 2012.