



PREDIKSI BEBAN LISTRIK JANGKA PENDEK WILAYAH SUMBAGSEL BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN

Emidiana

Dosen Tetap Yayasan pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas PGRI Palembang
e-mail : emidianaal@yahoo.com

ABSTRAK

Dengan semakin meningkatnya kebutuhan tenaga listrik dan beragamnya karakteristik pelanggan, perusahaan penyedia tenaga listrik harus mampu memprediksi jumlah kebutuhan energi listrik pada periode tertentu agar pelayanan kepada pelanggan tetap handal dan ekonomis. Energi tenaga listrik tidak dapat disimpan dalam skala besar, berarti energi yang dibangkitkan dan disalurkan harus sesuai dengan kebutuhan. Jika listrik yang tersedia melebihi kebutuhan maka frekwensi sistem akan naik, sedangkan jika kurang maka frekwensi sistem akan turun. Karena kebutuhan listrik tidak linier, maka diperlukan suatu metode yang dapat memprediksi kebutuhan listrik dengan tepat. Salah satu metode tersebut adalah Artificial Neural Network (Jaringan Syaraf Tiruan) yang mempunyai kemampuan pendekatan yang baik terhadap ketidaklinieran. Pada penelitian ini dilakukan prediksi beban listrik jangka pendek di wilayah Sumbagsel menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan program Matlab. Hasil prediksi dibandingkan dengan data aktual. Rata-rata MAPE hasil prediksi adalah sebesar 3,2471%. Error peramalan masih dalam batas toleransi deviasi peramalan beban yang ditentukan oleh PLN yaitu sebesar $\pm 5\%$.

Kata Kunci : prediksi, kebutuhan listrik, jaringan syaraf tiruan, backpropagation

PENDAHULUAN

Pemakaian energi listrik sangat tinggi dan terus meningkat seiring dengan meningkatnya taraf ekonomi masyarakat. Energi listrik merupakan energi yang paling mudah diubah menjadi energi yang lain, sehingga sebagian besar mesin-mesin dan alat-alat elektronik menggunakan energi listrik sebagai sumber tenaga penggerakannya. Suatu perusahaan penyedia tenaga listrik harus mampu memprediksi kebutuhan listrik konsumannya yang sifatnya tidak linier, agar daya listrik yang disalurkan mempunyai kualitas yang handal namun tetap ekonomis. Prediksi kebutuhan listrik jangka panjang merupakan tahap awal dalam perencanaan, pembangunan dan pengoperasian sistem tenaga listrik, sedangkan hasil prediksi kebutuhan listrik jangka pendek berguna untuk penjadwalan dan pengontrolan sistem daya atau pengaturan pembangkit cadangan. Dalam penelitian ini dilakukan peramalan beban jangka pendek (per jam dalam 24 jam) selama 1 minggu (7 hari) di wilayah Sumbagsel. Prediksi dilakukan pada beban daya nyata (MW) yang dikonsumsi pelanggan selama 1 minggu, dengan menggunakan metode *artificial neural network* (jaringan syaraf tiruan)

TINJAUAN PUSTAKA

Prediksi Beban Listrik

Peramalan (Prediksi) pada dasarnya adalah suatu dugaan atau perkiraan mengenai kejadian atau peristiwa di masa yang akan datang. Peramalan merupakan proses awal dari

kegiatan perencanaan. (Daman Suswanto : 201). Salah satu faktor yang sangat menentukan dalam perencanaan operasi sistem tenaga listrik adalah prediksi beban yang akan disuplai oleh suatu sistem. Selama ini belum ada rumusan baku dalam memprediksi beban listrik, tetapi karena kebutuhan tenaga listrik konsumen umumnya bersifat periodik, maka grafik beban sistem tenaga listrik juga bersifat periodik. Oleh karena itu data beban masa lalu beserta analisisnya sangat diperlukan untuk memprediksi beban listrik yang akan datang (Rory Asrial, 2011). Untuk sistem yang memiliki beban yang besar, perkiraan beban harus dibuat seakurat mungkin, karena perkiraan beban merupakan dasar untuk perencanaan operasi selanjutnya, yang menyangkut biaya bahan bakar yang tinggi, yang dapat mencapai milyaran rupiah.

Daya yang dibangkitkan oleh suatu pembangkit tenaga listrik harus sama dengan daya yang digunakan oleh konsumen. Jika daya yang dibangkitkan tidak mencukupi kebutuhan konsumen, maka frekwensi dalam sistem tenaga listrik akan turun. Sebaliknya jika daya yang dibangkitkan lebih besar daripada kebutuhan konsumen, maka frekwensi sistem akan naik. Penyedia tenaga listrik, misalnya PLN, harus mampu menyediakan tenaga listrik dengan frekwensi yang konstan, yaitu 50 Hertz atau 60 Hertz, dalam batas penyimpangan yang masih diizinkan. (Djiteng Marsudi, 2005 : 152)

Hal-hal yang dapat mempengaruhi beban atau kebutuhan daya listrik konsumen adalah suhu udara dan acara televisi, maka dapat dibuat perkiraan beban setiap jam untuk 1 minggu (7 x 24 jam = 128 jam) yang akan datang. Berdasarkan perkiraan beban ini, kemudian disusun rencana operasi pembangkitan untuk 1 minggu yang akan datang (Djiteng Marsudi, 2005 : 158)

Konsumen energi listrik mempunyai karakteristik yang berbeda-beda yang disebabkan perbedaan pola konsumsi energi listrik tersebut. Secara umum, konsumen energi listrik dikelompokkan menjadi :

1. Konsumen Rumah Tangga

Pola pembebanan ditunjukkan oleh adanya fluktuasi konsumsi energi listrik yang cukup besar, hal ini disebabkan konsumsi energi listrik tersebut dominan pada malam hari.

2. Konsumen Komersil.

Mempunyai beban puncak yang lebih tinggi pada malam hari.

3. Konsumen Publik

Konsumen pada sektor ini adalah semua konsumen yang tidak termasuk konsumen rumah tangga, komersil dan industri, diantaranya adalah : kantor-kantor pemerintah, rumah sakit, rumah ibadah, sekolah, badan sosial dan penerangan jalan.

4. Konsumen Industri

Fluktuasi konsumsi energi listrik sepanjang hari akan hampir sama, sehingga perbandingan beban rata-rata terhadap beban puncak hampir mendekati 1. (Daman Suswanto : 201)

Artificial Neural Network (Jaringan Syaraf Tiruan)

“Jaringan syaraf tiruan adalah suatu sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip jaringan syaraf biologi” (Jong jek Siang, 2009 : 2) Sistem ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer, yang dimaksudkan dapat meniru cara berfikir pada otak manusia. Artificial neural network (jaringan syaraf tiruan) tidak diprogram untuk menghasilkan output tertentu. Semua output yang didapat, didasarkan pada

pengalaman pembelajarannya (berupa input-input tertentu), lalu jaringan akan diajari untuk memberikan jawaban dengan cara menggeneralisasi input-input yang sudah diberikan.

Beberapa aplikasi jaringan syaraf tiruan adalah sebagai berikut :

1. Pengenalan pola (*Pattern Recognition*)

Jaringan syaraf tiruan dapat mengenali pola (misal : huruf, angka, suara atau tanda tangan) yang sudah sedikit berubah.

2. *Signal Processing*

Jaringan syaraf tiruan dapat dipakai untuk menekan noise dalam saluran telepon

3. Prediksi (Peramalan)

Jaringan syaraf tiruan dapat juga digunakan untuk meramalkan (memprediksi) apa yang akan terjadi di masa datang, berdasarkan pola kejadian di masa lalu. (Jong Jek Siang, 2009 : 5)

Metode-metode yang digunakan untuk memperbaiki proses pelatihan jaringan syaraf tiruan adalah :

1. Membatasi jaringan

Jaringan dibatasi maksimal 3 lapis dengan jumlah node kurang dari 300

2. Memperluas lapisan tengah

Pelatihan jaringan yang memakan waktu terlalu lama dapat diatasi dengan menambah node pada lapisan tengah, dengan ketentuan node < 300

3. Menggunakan momentum

Dengan menggunakan momentum, pelatihan dapat terus berlanjut, yaitu dengan cara mengupdate bobotnya dengan menambahkan pecahan bobot terakhir terhadap bobot.

4. Memperbesar nilai toleransi perbedaan nilai output terhadap nilai target yang diizinkan pada jaringan,

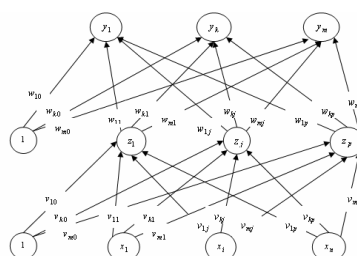
5. Mengatur jaringan.

6. Menambahkan data yang mengandung noise

7. Memulai lagi dari awal prosedur pelatihan jaringan syaraf tiruan (Diyah Puspitaningrum, 2006 : 148)

Backpropagation (Propagasi Balik)

Salah satu metode jaringan syaraf tiruan adalah *backpropagation*, yang menggunakan satu atau beberapa layer tersembunyi sebagai penyempurna tipe layer tunggal yang memiliki kelemahan dalam pengenalan pola. “ Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dengan banyak lapisan, yang mengubah bobot-bobot pada lapisan tersembunyinya” (Sri Kusumadewi, 2006 : 236)



Gambar 1. Arsitektur Backpropagation

Gambar tersebut merupakan jaringan syaraf tiruan backpropagation dengan n buah *input* (ditambah sebuah bias), sebuah *hidden layer* yang terdiri dari p unit (ditambah sebuah bias), serta m buah unit *output*.

METODOLOGI PENELITIAN

Proses Simulasi Jaringan Syaraf Tiruan

Menurut Eliyani, 2007 : seluruh tahapan penelitian dalam prediksi beban listrik menggunakan *Artificial Neural Network* (Jaringan Syaraf Tiruan) adalah sbb:

- (i) Pengumpulan Data
Data yang digunakan adalah data beban listrik perjam, dan dikelompokkan sesuai dengan hari yang akan diprediksi
- (ii) Data Preprocessing / Normalisasi Data
Tujuannya agar JST dapat mengenali data yang menjadi masukan bobot-bobotnya. Normalisasi ini secara otomatis akan dilakukan oleh *toolbox neural network* yang disediakan Matlab.
- (iii) Fungsi Aktivasi / Fungsi Transfer
Fungsi aktivasi digunakan untuk menentukan bagaimana data output akan direpresentasikan.
- (iv) Perancangan Arsitektur Jaringan
Arsitektur jaringan terdiri dari input layer dengan 24 neuron (24 jam), hidden layer dengan 120 buah neuron, output layer dengan 1 neuron yaitu nilai beban listrik per jam yang akan dicari. Algoritma pelatihan yang digunakan adalah *Algoritma Levenberg-Marquardt*. Data input berupa data beban listrik perjam selama 15 hari (hari ke-1 sampai hari ke-15) dengan hari yang bersesuaian dengan hari yang akan diprediksi dan didapat $15 \times 24 = 360$ pola, sedangkan untuk target juga digunakan data beban listrik selama 15 hari (hari ke-2 sampai hari ke-16)
Data untuk Input berupa matrik 24×360 , sedangkan untuk Target berupa matrik 1×360 .
- (v) Pelatihan (Pembelajaran) Jaringan Syaraf Tiruan
Proses pelatihan menggunakan 60% dari total data (sesuai default). Pelatihan akan berhenti jika error < target error, atau pelatihan telah mencapai maksimum epoch yang dimasukkan, yaitu 1000.
- (vi) Validasi Jaringan Syaraf Tiruan
20% dari total data digunakan untuk mengetahui seberapa baik jaringan melakukan generalisasi. Proses pembelajaran akan terus dilakukan selama error data validasi terus menurun. Setelah jaringan menghafal data pelatihan, pelatihan dihentikan Teknik ini secara otomatis menghindari masalah overfitting. (Howard Demuth : 5-5)
- (vii) Pengujian Jaringan Syaraf Tiruan
Proses pengujian jaringan syaraf tiruan menggunakan 20% dari total data, data yang digunakan berbeda dengan data yang dipakai saat pelatihan. (Howard Demuth : 5-5)
- (viii) Data *Postprocessing* / Denormalisasi

Data postprocessing adalah pengubahan dari data hasil JST yang mempunyai range -1 sampai 1 menjadi data seperti nilai aslinya. Denormalisasi ini secara otomatis akan dilakukan oleh *toolbox neural network* yang disediakan oleh Matlab.

- (ix) Tahap Prediksi Beban Listrik Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan
Bobot-bobot yang diperoleh selama pelatihan digunakan untuk prediksi beban listrik harian per jam. Data yang digunakan untuk prediksi beban listrik adalah data rata-rata dari 3 hari terakhir sebelum hari yang akan diprediksi ditambah dengan data pada jam terakhir yang telah diketahui pada hari yang akan diprediksi.

Data yang akan digunakan adalah data beban per jam yang merupakan data runtun waktu (time series).

Data time series (runtun waktu) adalah suatu himpunan pengamatan yang dibuat secara berurutan dalam suatu waktu atau periode tertentu, dan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu:

1. Melalui sampling dari runtun waktu kontinu.
2. Melalui akumulasi suatu peubah dalam suatu waktu tertentu. (Siana Halim, 2006)

Evaluasi Hasil Prediksi Beban Listrik.

Untuk mengetahui besarnya error hasil prediksi beban listrik ditunjukkan oleh nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

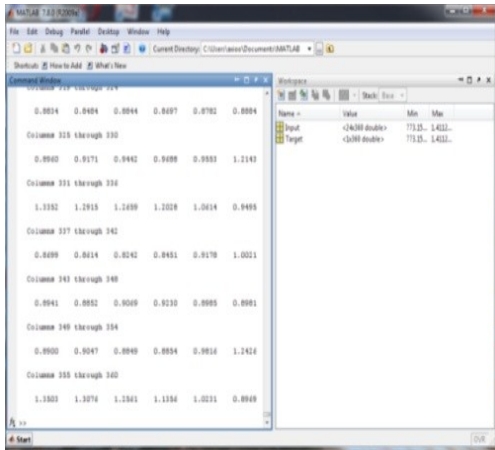
$$\text{MAPE (\%)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|P_A^i - P_F^i|}{P_A^i} \times 100\%$$

dimana :
 P_A = beban aktual
 P_F = beban hasil peramalan
 N = jumlah data
 (Dinar Atika Sari, 2010)

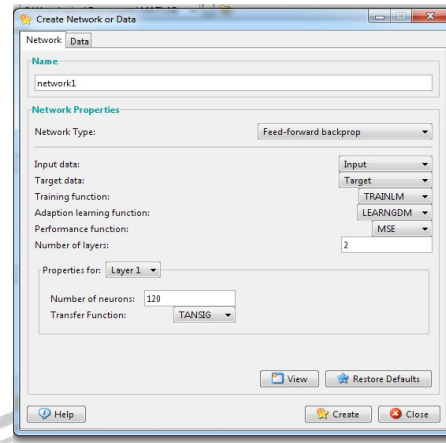
Data diperoleh dari PT PLN (Persero) Unit Pengatur Beban Sumatera Bagian Selatan (PLN UPB Sumbagsel). Prediksi dilakukan selama 1 minggu dari hari Senin (19 September 2012) sampai dengan Minggu (25 September 2012)

Contoh proses untuk program prediksi hari Selasa, 20 September 2012

1. Masukkan data Input dan Target untuk hari Selasa pada software matlab
2. Ketik nn tool, kemudian import data Input dan Target
3. Bangun arsitektur jaringan.



Gambar 2. Tampilan Input dan Target

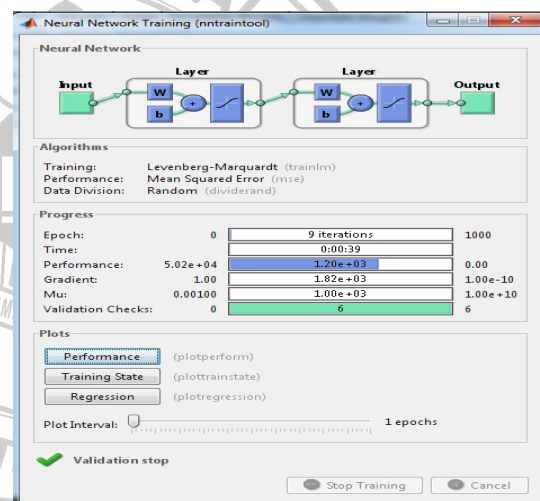


Gambar 3. Tampilan Arsitektur Jaringan

4. Isi training info dan training parameter
5. Klik train network

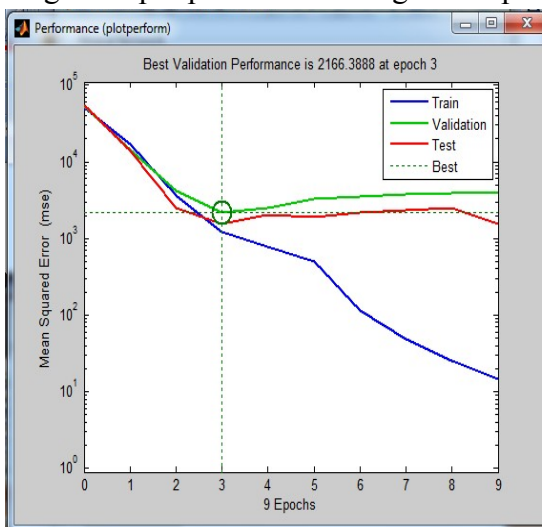
Hasil *training* (pelatihan) adalah sbb :

Epoch : 9 iteration
Time : 0:00:39
Seperti ditunjukkan pada gambar 4.

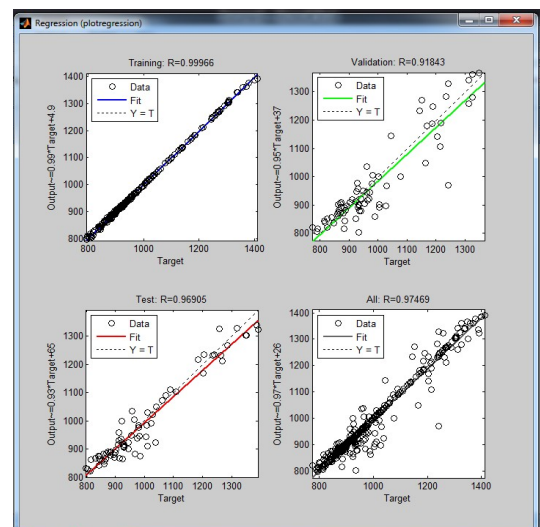


Gambar 4. Tampilan Hasil Pelatihan

Dengan output performa dan regresi seperti gambar dibawah ini



Gambar 5. Tampilan Performa Performa terbaik pada epoch ke 3



Gambar 6. Tampilan Regresi Nilai *Regression* sebesar:

Training	R = 0.99966
Validation	R = 0.91843
Testing	R = 0.96905
All	R = 0.97469

HASIL DAN ANALISA

Hasil Prediksi Beban Listrik Selama Seminggu dari Senin (19 September 2012) sampai Minggu (25 September 2012)

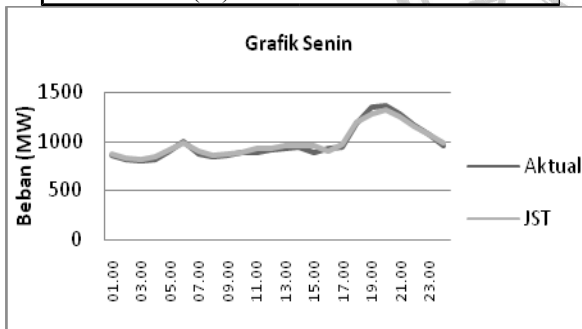


Tabel 1. Perbandingan Hasil Prediksi dan Beban Aktual Hari Senin, 19 September 2012

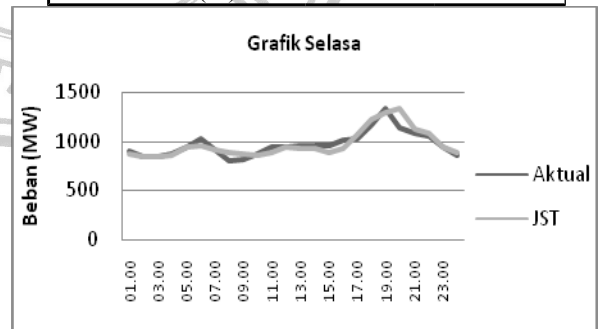
Jam	Aktual	JST	Error JST (%)
1	862.7	866.0972	0.3903
2	820.7	829.7034	1.0958
3	804.3	812.1772	0.9756
4	813.1	838.7314	3.1548
5	897.8	905.5923	0.8646
6	994.6	978.263	1.6465
7	876.1	893.5596	1.9929
8	846.5	850.813	0.5083
9	853.2	872.7766	2.3005
10	889.3	884.7232	0.5191
11	891.5	919.2482	3.1172
12	917	925.6555	0.9428
13	928.8	948.2012	2.091
14	936.9	953.6797	1.7877
15	889.1	946.1551	6.4172
16	926.8	901.6011	2.7179
17	940.7	964.7146	2.555
18	1,182.10	1,185.70	0.3071
19	1,342.70	1,274.00	5.1144
20	1,361.20	1,318.00	3.1722
21	1,276.50	1,249.60	2.1096
22	1,164.50	1,152.00	1.0717
23	1,071.20	1,060.10	1.0334
24	956.5	973.7848	1.806
MAPE (%)		1.9872	

Tabel 2. Perbandingan Hasil Prediksi dan Beban Aktual Hari Selasa, 20 September 2012

Jam	Aktual	JST	Error JST (%)
1	896.3	871.4333	2.7765
2	842.2	848.0082	0.6896
3	850.8	842.6661	0.9584
4	868.4	859.0767	1.0736
5	943.1	941.9967	0.117
6	1,026.70	951.4324	7.3319
7	922.8	915.7634	0.7625
8	804.3	888.0636	10.4158
9	814.8	875.5094	7.4508
10	872.3	856.0034	1.8682
11	947.4	878.7985	7.2371
12	938.2	943.5992	0.5744
13	951.6	921.4882	3.1633
14	964.5	931.8479	3.3884
15	963.8	887.1072	7.9592
16	1,008.10	928.1563	7.9338
17	1,033.40	1,075.70	4.0923
18	1,168.40	1,218.70	4.3077
19	1,334.80	1,296.10	2.8993
20	1,135.80	1,338.00	17.7993
21	1,080.20	1,129.90	4.5991
22	1,057.10	1,076.20	1.8116
23	943.4	942.3851	0.1065
24	860.8	885.0538	2.8164
MAPE (%)		4.2555	



Gambar 7. Grafik Perbandingan Hasil Prediksi dan Beban Aktual Hari Senin, 19 September 2012



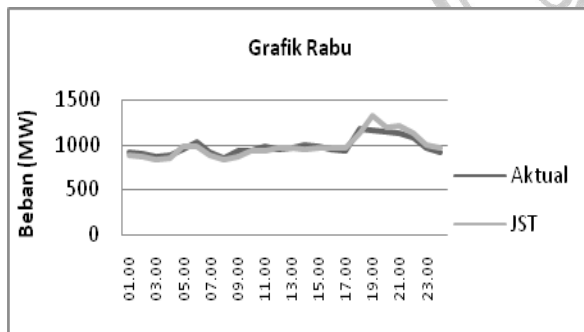
Gambar 8. Grafik Perbandingan Hasil Prediksi dan Beban Aktual Hari Selasa, 20 September 2012

Tabel 3. Perbandingan Hasil Prediksi dan Beban Aktual Hari Rabu, 21 September 2012

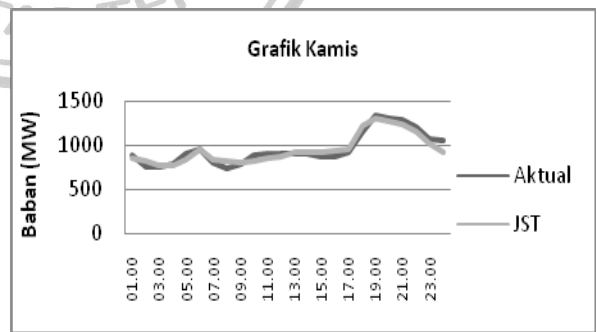
Jam	Aktual	JST	Error JST (%)
1	918.6	885.0668	3.6463
2	899.6	866.3764	3.6932
3	868.8	832.5652	4.174
4	883	847.9057	3.9701
5	951.4	984.2331	3.4521
6	1,030.00	973.5325	5.4777
7	920.8	880.9456	4.3272
8	849.6	835.7626	1.6229
9	925.6	863.0772	6.7548
10	929.9	934.6632	0.5133
11	975.7	933.8066	4.2927
12	949.6	961.8085	1.2835
13	956.9	958.9739	0.2167
14	988.2	950.3283	3.8275
15	978.2	963.4242	1.5115
16	939.6	972.0502	3.4558
17	931.5	956.3209	2.6635
18	1,168.10	1,137.00	2.6608
19	1,149.00	1,326.60	15.4569
20	1,138.00	1,195.80	5.0791
21	1,124.80	1,213.10	7.8503
22	1,071.90	1,136.10	5.9894
23	968.5	1,004.60	3.7274
24	912.4	956.436	4.8264
MAPE (%)			4.1864

Tabel 4. Perbandingan Hasil Prediksi dan Beban Aktual Hari Kamis, 22 September 2012

Jam	Aktual	JST	Error JST (%)
1	871.8	862.2806	1.0919
2	743.5	823.8045	10.8009
3	740.5	771.4635	4.1814
4	772	773.8842	0.2441
5	898.7	841.6539	6.3476
6	944.4	954.8148	1.1028
7	802	845.788	5.4599
8	729.1	815.8143	11.8933
9	779.1	811.5814	4.1691
10	871.6	828.496	4.9454
11	901.4	862.6843	4.2951
12	899.1	863.6988	3.9374
13	899.6	921.6361	2.4495
14	893.2	917.8876	2.7639
15	868.2	914.8242	5.3702
16	864.3	931.6107	7.7879
17	915.9	947.7324	3.4755
18	1,147.90	1,217.20	6.0371
19	1,326.30	1,305.40	1.5758
20	1,295.80	1,275.20	1.5898
21	1,278.10	1,234.30	3.427
22	1,186.80	1,153.80	2.7806
23	1,054.20	1,020.70	3.1778
24	1,048.00	919.386	12.2723
MAPE (%)			4.6323



Gambar 9. Grafik Perbandingan Hasil Prediksi dan Beban Aktual Hari, Rabu 21 September 2012



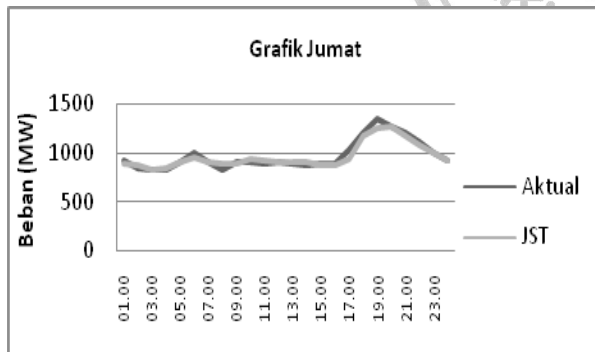
Gambar 10. Grafik Perbandingan Hasil Prediksi dan Beban Aktual Hari, Kamis 22 September 2012

Tabel 5. Perbandingan Hasil Prediksi dan Beban Aktual Hari Jumat, 23 September 2012

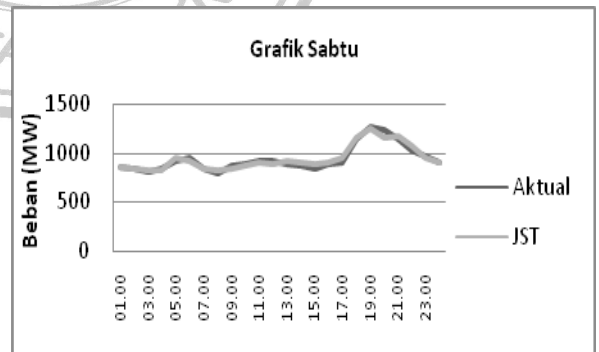
Jam	Aktual	JST	Error JST (%)
1	910.6	891.4921	2.0984
2	836.4	877.3408	4.8949
3	824.3	831.6609	0.8954
4	822	848.655	3.2452
5	904	904.4552	0.0459
6	983.1	949.8907	3.3741
7	895.5	912.1714	1.8617
8	817.4	897.9641	9.8535
9	901.8	893.0451	0.9675
10	896	932.8314	4.1165
11	888.1	920.5249	3.6499
12	893	901.5249	0.9603
13	881.1	912.5646	3.5734
14	859.3	900.26	4.7642
15	881.8	873.8084	0.9007
16	883.4	875.0872	0.9376
17	1,020.60	938.6925	8.0236
18	1,190.80	1,165.80	2.1027
19	1,337.50	1,239.90	7.2965
20	1,252.50	1,258.10	0.4479
21	1,200.50	1,170.50	2.499
22	1,094.10	1,069.20	2.2794
23	989	995.6486	0.6723
24	913.4	916.0375	0.291
MAPE (%)			2.9063

Tabel 6. Perbandingan Hasil Prediksi dan Beban Aktual Hari Sabtu, 24 September 2012

Jam	Aktual	JST	Error JST (%)
1	861.6	857.3177	0.4993
2	843.8	842.202	0.187
3	819.4	822.6338	0.3971
4	838.2	828.0961	1.2007
5	920.1	940.2032	2.1893
6	953.3	916.7198	3.8332
7	842.1	840.2032	0.2276
8	798.2	826.7365	3.5712
9	874.4	844.1349	3.4623
10	887.3	868.1301	2.1561
11	919.6	895.6153	2.605
12	914.1	881.7021	3.5464
13	892	923.3789	3.5178
14	870.3	906.1705	4.1204
15	843	891.544	5.761
16	883.5	906.5439	2.6106
17	911.5	950.7639	4.3099
18	1,129.30	1,145.70	1.4531
19	1,258.20	1,242.30	1.2653
20	1,228.50	1,154.20	6.0457
21	1,132.70	1,169.60	3.2595
22	1,026.10	1,074.70	4.7384
23	959.9	947.0395	1.3377
24	905.4	893.3248	1.3315
MAPE (%)			2.6511



Gambar 11. Grafik Perbandingan Hasil Prediksi dan Beban Aktual Hari Jumat, 23 September 2012

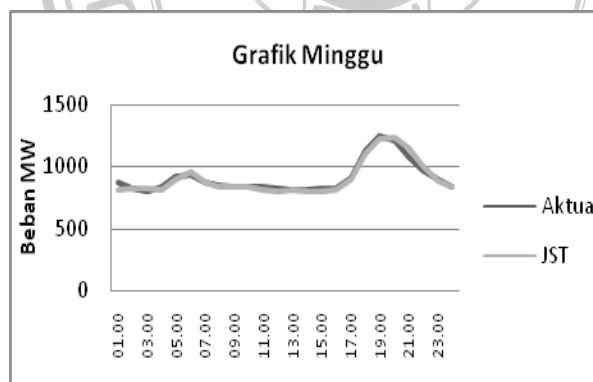


Gambar 12. Grafik Perbandingan Hasil Prediksi dan Beban Aktual Hari Sabtu, 24 September 2012

Tabel 7. Perbandingan Hasil Prediksi dan Beban Aktual Hari Minggu, 25 September 2012

Jam	Aktual	JST	Error JST (%)
-----	--------	-----	---------------

1	871.7	813.1408	6.7178
2	825.8	831.246	0.6595
3	804.4	826.1738	2.7068
4	839.3	816.2167	2.748
5	928.8	896.8012	3.4452
6	932.9	957.0593	2.5875
7	878.7	871.6325	0.8054
8	851.7	846.1046	0.657
9	842.7	836.3711	0.7546
10	835.3	835.3401	0.0048
11	841.2	813.3055	3.316
12	824.8	804.6911	2.4321
13	815	813.2769	0.2065
14	819	809.6894	1.1356
15	824	805.8131	2.2071
16	829.2	812.7736	1.9786
17	917.5	899.9423	1.9169
18	1,123.00	1,103.80	1.7097
19	1,245.40	1,221.30	1.9351
20	1,212.90	1,232.80	1.639
21	1,081.30	1,148.20	6.1919
22	968.6	1,001.70	3.413
23	895.3	884.6376	1.1942
24	845	842.5207	0.2969
MAPE (%)			2.1108



Gambar 13. Grafik Perbandingan Hasil Prediksi dan Beban Aktual Hari Minggu, 25 September 2012

Sehingga didapat tabel rata-rata MAPE, error minimum dan error maksimum selama 1 minggu tersebut, seperti pada tabel berikut :

Tabel 8. Rata-rata MAPE, error minimum dan error maksimum Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Hari	MAPE	Error	Error
	(%)	min. (%)	maks. (%)
Senin	1.9871	0.3071	6.4172
Selasa	4.2555	0.1065	17.7993
Rabu	4.1864	0.2167	15.4569
Kamis	4.6323	0.2441	12.2723
Jumat	2.9063	0.0459	9.8535
Sabtu	2.6511	0.187	6.0457
Minggu	2.1108	0.0048	6.7178
Rata-rata	3.2471	0.1589	10.6518

Dari hasil perhitungan untuk prediksi hari Senin, didapat MAPE 1,9872%. Sedangkan MAPE untuk prediksi Hari Selasa sebesar 4,2555%, dimana : pada pukul 08.00 dan 09.00 terjadi penurunan konsumsi listrik menjadi 804,3 MW dan 814,8 MW. Error maksimum sebesar 17,7993% terjadi pada pukul 20.00, hal ini disebabkan terjadinya penurunan beban listrik pada jam tersebut. Penurunan beban listrik tersebut dapat disebabkan terjadinya pemadaman listrik karena pemadaman bergilir atau karena terjadinya gangguan. MAPE untuk prediksi beban listrik Hari Rabu adalah sebesar 4,1864%. Error yang cukup besar terjadi selama beban puncak yaitu pada pukul 19.00, 20.00 dan 21.00. Hasil prediksi untuk Hari Kamis mempunyai MAPE sebesar 4,6323%. Error yang cukup besar terjadi pada : Pukul 02.00, 03.00, 08.00 dan 09.00 karena terjadi penurunan beban sekitar 100 MW dari beban biasanya pada jam-jam tersebut, dan pada pukul 24.00 terjadi kenaikan. Kenaikan beban listrik pada jam-jam tertentu dapat disebabkan meningkatnya penonton televisi karena ada acara yang menarik, misalnya sepak bola. Hasil prediksi untuk Hari Jumat menggunakan JST mempunyai MAPE 2,9063%. Hasil prediksi untuk hari Sabtu, dengan menggunakan JST mempunyai MAPE sebesar 2,6511%. Hasil prediksi untuk Hari Minggu dengan menggunakan JST mempunyai MAPE sebesar 2,1108%. Secara keseluruhan, MAPE rata-rata untuk prediksi selama 1 minggu tersebut adalah 3,2471%, dibawah toleransi yang ditetapkan PLN yaitu $\pm 5\%$, dengan rata-rata error minimum 0,1589% dan rata-rata error maksimum 10,6518%. Error prediksi beban listrik tersebut dapat diperkecil dengan cara :

1. Menyempurnakan model Jaringan Syaraf Tiruan, yaitu dengan memperbaiki pola hubungan antar neuron (arsitektur jaringan), metode pembelajaran, fungsi aktivasi dan penentuan parameter-parameter jaringan yang tepat.
2. Mempertimbangkan variabel-variabel lain (selain beban aktual) seperti : suhu, kondisi gangguan sistem kelistrikan, dll sebagai variabel pembelajaran jaringan.

KESIMPULAN

Dari tahap perancangan, pelatihan, peramalan hingga pengujian sistem prediksi beban menggunakan Artificial Neural Network (ANN) atau Jaringan Syaraf Tiruan (JST), maka didapat kesimpulan sbb:

1. Rata-rata MAPE hasil prediksi adalah 3,2471%.
2. Rata-rata error minimum sebesar 0,1589%.
3. Rata-rata error maksimum sebesar 10,6518%
4. Dalam memprediksi kebutuhan listrik harian per jam, Artificial Neural Network (ANN) atau Jaringan Syaraf Tiruan (JST) memiliki rata-rata MAPE dan error yang kecil, karena Jaringan Syaraf Tiruan memiliki kemampuan pendekatan yang lebih baik terhadap ketidaklinieran.
5. MAPE peramalan JST masih dalam batas toleransi deviasi peramalan beban yang ditentukan oleh PLN yaitu sebesar $\pm 5\%$.

DAFTAR PUSTAKA

1. Djiteng Marsudi, "*Pembangkitan Energi Listrik*", Penerbit Erlangga, Edisi Pertama, 2005

2. Daman Suswanto, " *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*", daman48.files.wordpress.com, diakses 22 Mei 2011
3. Jong Jek Siang. " *Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrogramannya menggunakan MATLAB*", Penerbit Andi, Yogyakarta, 2009
4. Diyah Puspitaningrum. " *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*", Penerbit Andi, Yogyakarta, 2006
5. Howard Demuth, Mark beale, Martin Hagan, " *Neural Network Toolbox User's Guide*" <https://www.mathworks.com>, diakses 12 Februari 2011
6. Sri Kusumadewi, " *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*", Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta, 2006
7. Dinar Atika Sari, " *Peramalan Kebutuhan Beban Jangka Pendek Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation*", eprints.undip.ac.id/25280/1/ML2F002572.pdf, diakses 3 Juni 2011
8. Eliyani. " *Peramalan Harga Saham Perusahaan Menggunakan Artificial Neural Network dan Akaike Information Criterion*". Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2007 (SNATI 2007), Yogyakarta, 16 Juni 2007
9. Siana Halim, *Diktat Time Series Analysis*, 19 Januari 2006, faculty.petra.ac.id/halim/index_files/... diakses 27 April 2011
10. Galang Jiwo Syeto, Arna Fariza, Setiawardana, " *Peramalan Beban Listrik Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Metode Kohonen*", core.ac.uk/download/pdf/12342954, diakses 22 Mei 2011
11. Rory Asrial, Almizan Abdullah, dan Irrine B. Sulistiawati, " *Perbandingan Penggunaan Metode Radial Basis Function Network (RBFN) Dari Metode Fuzzy Neural Netwok (FNN) Dalam Memperkirakan Beban Jangka Pendek di GI. Gondang Wetan Pasuruan*", Jurnal Elektro ELTEK Vol. 2, No. 1, April 2011, diakses 31 Oktober 2015