

## Estimasi Beban Puncak Harian Berbasis Algoritma Self Organizing Map (SOM)

Yadi Mulyadi <sup>1)</sup> Ade Gafar Abdullah <sup>2)</sup> Risman Nurjaman <sup>3)</sup>

Electric Power System Research Group  
Program Studi Teknik Tenaga Elektrik FPTK UPI  
Jl. Dr. Setiabudhi 207 Bandung 40154

**Abstrak** : makalah ini memaparkan hasil penelitian tentang estimasi beban puncak listrik dengan menggunakan algoritma *self organizing map (SOM)* yang merupakan salah satu algoritma dalam jaringan syaraf tiruan. Untuk kebutuhan simulasi diperlukan data pengeluaran beban puncak listrik dari pusat pembagi beban PT. PLN (Persero) pukul 17.00 s/d 22.00 mulai hari senin s/d hari minggu, yang kemudian data – data tersebut akan dibelajarkan pada sistem perangkat lunak (*software*) yang sudah penulis rancang berbasis jaringan syaraf tiruan dengan algoritma *self organizing map (SOM)*. *Software* pendukung untuk merancang program digunakan MATLAB *version 7.1* dari *The MathWorks, Inc.* Melalui perhitungan dari hasil simulasi didapatkan rata – rata kesalahan (*error*) keseluruhan untuk metoda tersebut, yaitu 6,21 % untuk model prediksi koefisien beban PLN dan 2,47 % dengan menggunakan algoritma SOM.

**Kata Kunci** : estimasi, beban puncak, self organizing map.

### PENDAHULUAN

Tenaga listrik tidak dapat disimpan dalam skala besar, karenanya tenaga ini harus disediakan pada saat dibutuhkan. Akibatnya timbul persoalan dalam menghadapi kebutuhan daya listrik yang tidak tetap dari waktu ke waktu, bagaimana mengoperasikan suatu sistem tenaga listrik yang selalu dapat memenuhi permintaan daya pada setiap saat, dengan kualitas baik dan harga yang murah. Apabila daya yang dikirim dari bus-bus pembangkit jauh lebih besar daripada permintaan daya pada bus-bus beban, maka akan timbul persoalan pemborosan energi pada perusahaan listrik, terutama untuk pembangkit termal. Sedangkan apabila daya yang dibangkitkan dan dikirimkan lebih rendah atau tidak memenuhi kebutuhan beban konsumen maka akan terjadi pemadaman lokal pada bus-bus beban, yang akibatnya merugikan pihak konsumen. Oleh karena itu diperlukan penyesuaian antara pembangkitan dengan permintaan daya.

Syarat mutlak yang pertama harus dilaksanakan untuk mencapai tujuan itu adalah pihak perusahaan listrik mengetahui beban atau permintaan daya listrik dimasa depan. Karena itu prakiraan beban jangka pendek, menengah dan panjang merupakan tugas yang penting dalam perencanaan dan pengoperasian sistem daya. Prakiraan beban jangka pendek, yaitu beban setiap jam atau tiap hari digunakan untuk penjadualan dan pengontrolan sistem daya atau alokasi pembangkit cadangan berputar, juga digunakan untuk masukan dalam studi aliran daya.

Satu hal yang luput dari analisis kerugian PLN adalah masalah estimasi (prediksi) pengeluaran beban listrik. Padahal bahwa kemampuan pihak P2B (Pusat Pembagi Beban) PT. PLN (Persero) untuk memprediksi berapa besar beban listrik yang harus dikeluarkan setiap waktunya sangat diandalkan. Metoda Koefisien Beban yang sudah lama digunakan PLN ternyata masih memberikan error prediksi yang cukup besar yaitu rata-rata berkisar antara 5%-10%. Sehingga menimbulkan kerugian daya yang cukup besar bagi PLN untuk setiap satuan waktunya. Oleh sebab itu menjadi suatu tantangan bagi peneliti untuk mencari suatu

model prediksi beban listrik sehingga menghasilkan error prediksi yang lebih baik dari model prediksi yang selama ini dipakai PLN.

Dengan tidak adanya rumus eksak yang dapat memastikan besarnya beban untuk setiap saat, maka yang dapat dilakukan adalah hanya memperkirakan besarnya beban dengan melihat angka-angka statistik serta melakukan analisis terhadap perilaku konsumen. Mengacu pada hasil-hasil penelitian terkait pada beberapa jurnal internasional, saat ini banyak dikaji model prediksi beban listrik harian mengacu pada pendekatan teknologi *soft computing*. Berdasarkan pada perilaku konsumsi pemakaian listrik masyarakat Indonesia yang tentunya berbeda dengan perilaku konsumsi tenaga listrik negara lain, maka perlu dikembangkan suatu model prediksi beban listrik harian dengan model pengenalan pola yang lebih akurat. Pada makalah ini dipaparkan hasil penelitian tentang prediksi beban puncak listrik harian dengan menggunakan metoda *Self-Organizing Map (SOM)* yang merupakan salah satu algoritma dari jaringan syaraf tiruan.

Ada 3 tujuan yang ingin dipaparkan dalam makalah ini diantaranya : (1).membuat model estimasi (prediksi) beban listrik pada pukul 17.00 s/d 22.00 (beban puncak) harian dengan menggunakan metoda *SOM*. (2). Melakukan perbandingan hasil estimasi (prediksi) beban puncak listrik harian dengan menggunakan metoda koefisien beban yang digunakan oleh PLN dengan metode *SOM*. (3). Menghitung besarnya *error* (kesalahan) antara *output* hasil estimasi beban puncak aktual yang dikerjakan PLN dengan hasil perhitungan berbasis algoritma *SOM*.

## METODE

Sumber data yang diperlukan adalah data pengeluaran beban puncak listrik dari Pusat Pembagi Beban (P3B) PT. PLN (Persero) Jawa Bali Region Barat pada pukul 17.00 s/d 22.00 mulai hari senin sampai hari minggu sebanyak 4 minggu. Perangkat lunak pendukung untuk merancang program digunakan MATLAB ver. 7.1.0.246 dari *The MathWorks, Inc*.

Model *SOM* yang akan digunakan untuk proses estimasi beban puncak harian adalah sebagai berikut:

1. Data masukan sebagai pola digunakan data beban puncak listrik harian sebanyak 4 masukan, dari keempat masukan tersebut di pilih menjadi dua masukan saja berupa beban maksimum dan beban minimum.
2. Pembentukan pola pembelajaran untuk neuron *SOM* baru dengan dua masukan (beban minimum dan beban maksimum) untuk setiap jamnya, beban minimum sebagai pola sumbu x dan beban maksimum sebagai pola sumbu y.
3. Pembentukan jaringan neuron *SOM* dengan menggunakan topologi *gridtop* (segiempat) dan neuron keluaran sebanyak 6 buah neuron, serta menggunakan jarak pembelajaran *default* yaitu jarak *Euclidist*.
4. Menentukan parameter-parameter untuk pelatihan jaringan *SOM* diantaranya adalah parameter batas dan parameter proses pelatihannya dengan parameter yang berbeda untuk setiap harinya.

Langkah – langkah diatas dapat dibangun dengan suatu sistem penalaran jaringan syaraf tiruan dengan pola masukan dari data beban puncak listrik mulai hari senin hingga hari minggu. Data-data tersebut dapat dibangun suatu penalaran sistem jaringan syaraf tiruan dengan susunan *script* sebagai berikut:

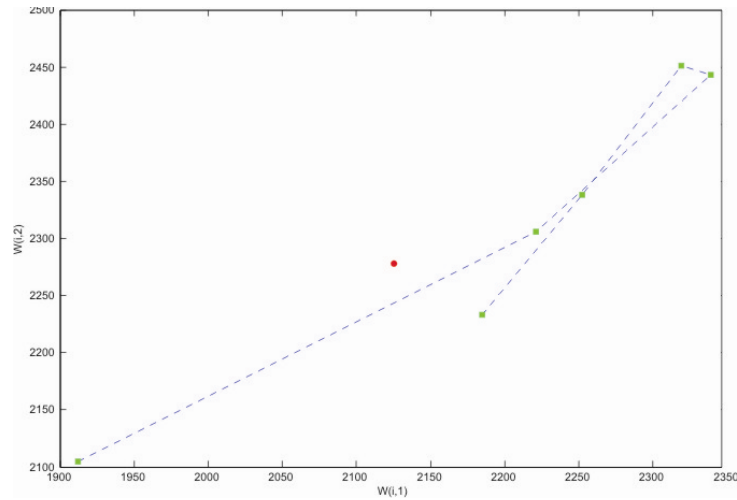
1. Mendefinisikan jaringan *SOM*

```
net = newsom(minmax(p), [1,6], 'gridtop');
```

Neuron awal jaringan ini memiliki bobot terkumpul di tengah-tengah pola masukan hal ini dapat dilihat pada gambar 1, dikarenakan belum dibentuknya parameter-parameter untuk pembelajaran mandiri dari neuron tersebut, titik berukuran agak besar di tengah merupakan bobot awal jaringan. Untuk menggambarannya

digunakan perintah `plotsom`. Agar pola grafik dan bobot jaringan berada dalam satu bidang gambar, digunakan perintah `hold on` dan `hold off`.

```
hold on
plotsom(net.iw{1,1},net.layers{1}.distances)
hold off
```



**Gambar 1.** Grafik Posisi Bobot Awal Neuron

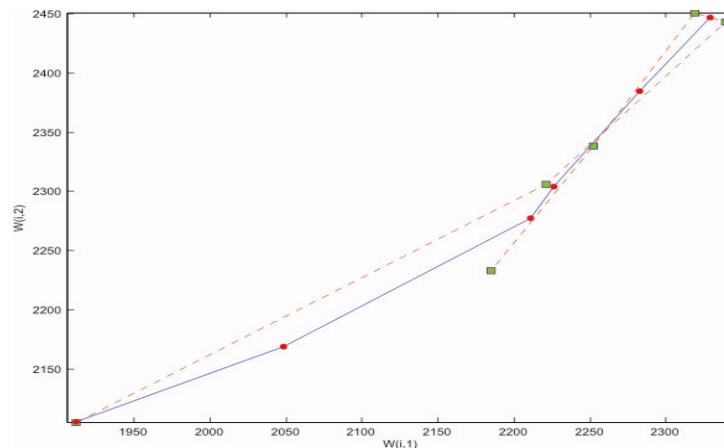
2. Membentuk parameter-parameter pembelajaran mandiri

```
net.trainParam.show=10;
net.trainParam.epochs=1000;
net=train(net,p);
```

3. Posisi neuron setelah pelatihan mandiri dapat dilihat dengan menggunakan `plotsom`. Agar pola grafik dan bobot jaringan berada dalam satu bidang gambar, digunakan kembali perintah `plot` sebelumnya dan dengan perintah `hold on` dan `hold off`. Dan akan terlihat pola jaringan setelah pelatihan akan mengikuti pola grafik pembelajaran.

```
plot(p(1,:),p(2,:), '--rs', 'LineWidth',1,...
      'MarkerEdgeColor','k',...
      'MarkerFaceColor','g',...
      'MarkerSize',8)
```

```
hold on
plotsom(net.iw{1,1},net.layers{1}.distances)
hold off
```



**Gambar 2.** Grafik Posisi Neuron Setelah Pelatihan

4. *Error* (kesalahan) yang diperoleh metoda SOM diolah untuk menentukan estimasi SOM. Dengan hasil estimasi SOM ini, maka akan diperoleh formula untuk menentukan data selanjutnya. Pendekatan yang digunakan dalam menentukan model matematis dari estimasi SOM yaitu dengan menggunakan perhitungan matriks *Gauss-Jordan Elimination*.

$$\begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{13} & X_{14} \\ X_{21} & X_{22} & X_{23} & X_{24} \\ X_{31} & X_{32} & X_{33} & X_{34} \\ X_{41} & X_{42} & X_{43} & X_{44} \\ X_{51} & X_{52} & X_{53} & X_{54} \\ X_{61} & X_{62} & X_{63} & X_{64} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ Y_4 \\ Y_5 \\ Y_6 \end{pmatrix}$$

Keterangan:

$X_{11}; X_{12}; X_{13}; X_{14}$  = Koefisien model beban listrik pukul 17.00 dan setiap minggu.

$X_{21}; X_{22}; X_{23}; X_{24}$  = Koefisien model beban listrik pukul 18.00 dan setiap minggu.

$X_{31}; X_{32}; X_{33}; X_{34}$  = Koefisien model beban listrik pukul 19.00 dan setiap minggu.

$X_{41}; X_{42}; X_{43}; X_{44}$  = Koefisien model beban listrik pukul 20.00 dan setiap minggu.

$X_{51}; X_{52}; X_{53}; X_{54}$  = Koefisien model beban listrik pukul 21.00 dan setiap minggu.

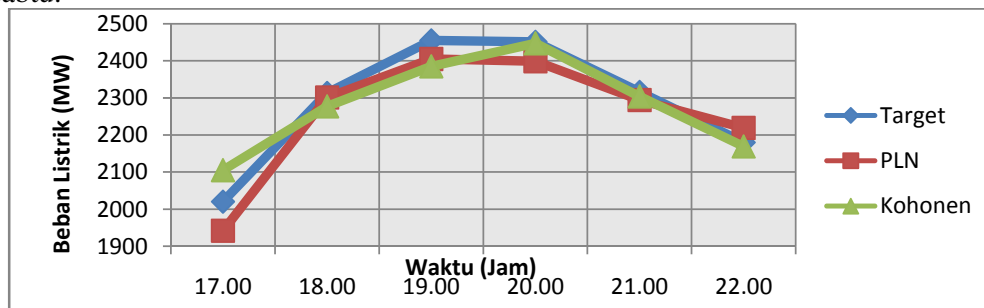
$X_{61}; X_{62}; X_{63}; X_{64}$  = Koefisien model beban listrik pukul 22.00 dan setiap minggu.

$a_1; a_2; a_3; a_4$  = Koefisien model yang akan dicari.

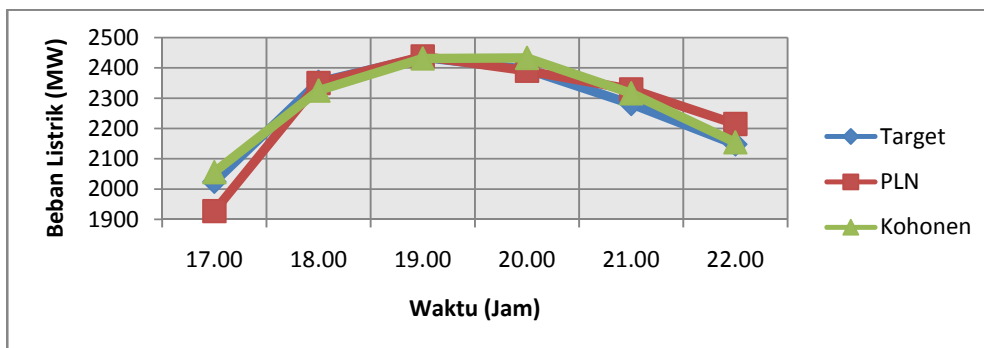
$Y_1; Y_2; Y_3; Y_4; Y_5; Y_6$  = Koefisien target pada pukul 17.00 s/d 22.00.

### Hasil dan Pembahasan

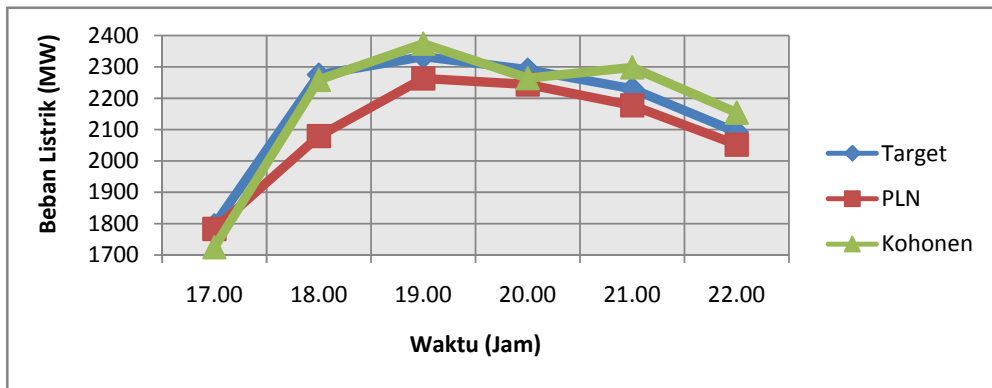
Perbandingan hasil estimasi SOM dan PLN dengan data aktual dari hari senin sampai dengan hari sabtu:



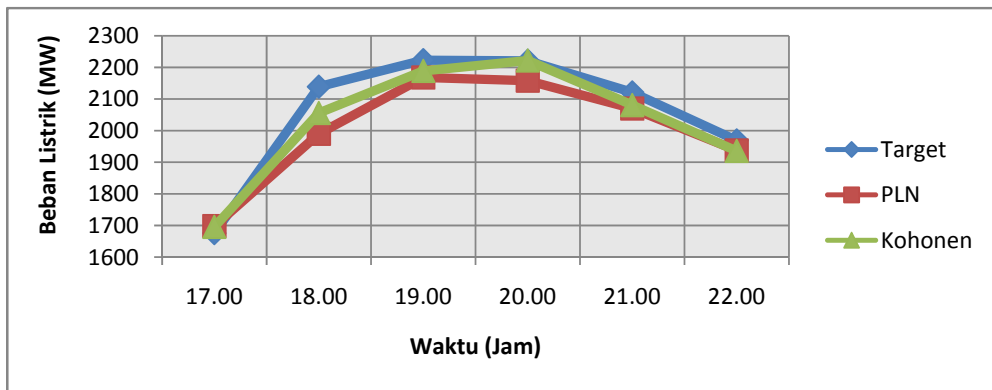
**Gambar 3.** Grafik Perbandingan Estimasi dan Data Aktual Hari Senin



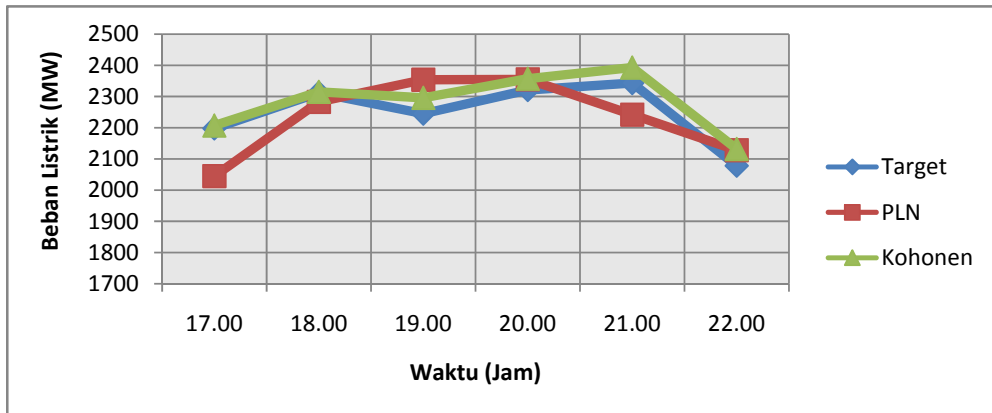
**Gambar 4.** Grafik Perbandingan Estimasi dan Data Aktual Hari Selasa



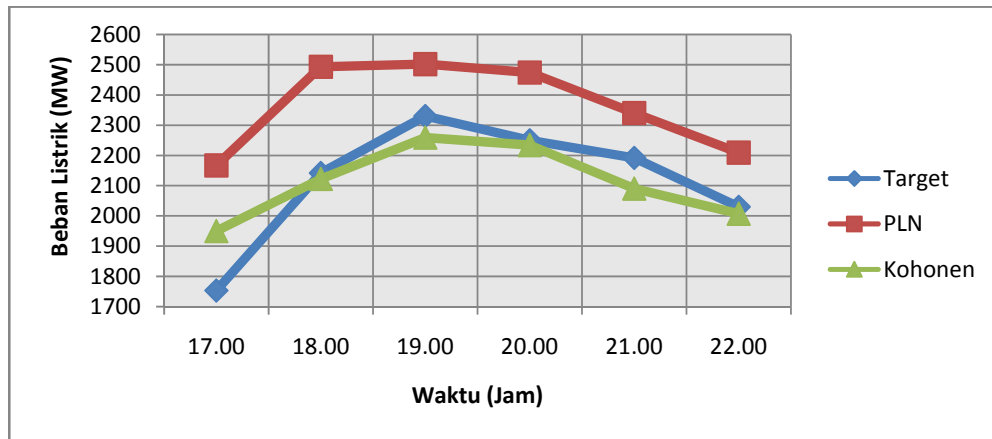
**Gambar 5.** Grafik Perbandingan Estimasi dan Data Aktual Hari Rabu



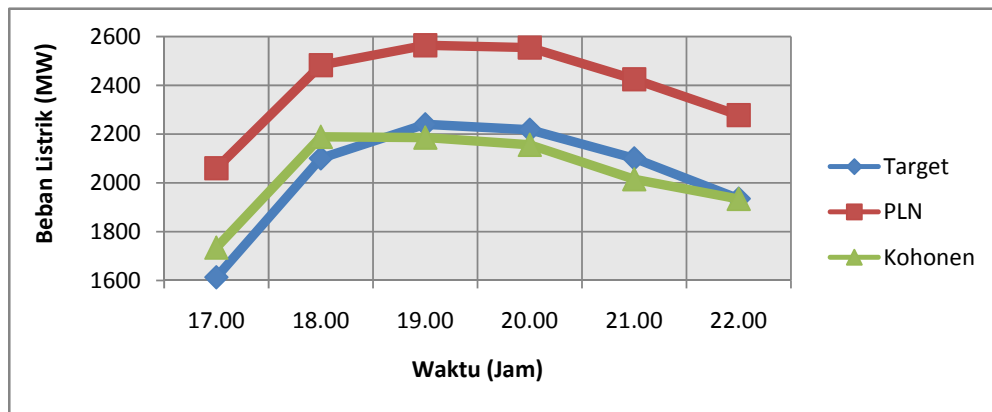
**Gambar 6.** Grafik Perbandingan Estimasi dan Data Aktual Hari Kamis



**Gambar 7.** Grafik Perbandingan Estimasi dan Data Aktual Hari Jum'at



**Gambar 8.** Grafik Perbandingan Estimasi dan Data Aktual Hari Sabtu



**Gambar 9.** Grafik Perbandingan Estimasi dan Data Aktual Hari Minggu

Adapun model matematis yang diperoleh untuk menentukan prediksi data selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Estimasi Hari Senin  

$$Y = -0.7255X_1 + 1.9961X_2 + 1.5753X_3 - 1.8221X_4$$
2. Estimasi Hari Selasa  

$$Y = 1.6181X_1 - 2.3705X_2 + 0.5056X_3 + 1.3158X_4$$
3. Estimasi Hari Rabu  

$$Y = -1.5906X_1 + 0.8057X_2 + 0.9954X_3 + 0.8936X_4$$
4. Estimasi Hari Kamis  

$$Y = -0.1312X_1 + 0.1029X_2 + 0.1734X_3 + 0.8158X_4$$
5. Estimasi Hari Jum'at  

$$Y = 3.8095X_1 - 4.4587X_2 - 0.9283X_3 + 2.6174X_4$$
6. Estimasi Hari Sabtu  

$$Y = 0.7958X_1 + 0.6781X_2 - 0.8882X_3 + 0.4060X_4$$
7. Estimasi Hari Minggu  

$$Y = -0.3620X_1 + 0.3582X_2 - 1.1595X_3 + 2.0312X_4$$

Dari simulasi dan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa informasi sebagai berikut:

1. Estimasi beban puncak dengan metoda PLN menghasilkan rata – rata *error* secara keseluruhan sebesar 6,21 %, prosentase rata – rata *error* PLN terbesar pada hari senin

yaitu 18,11 %, sedangkan rata – rata *error* PLN terkecil pada hari Selasa yaitu 1,75 %.

2. Estimasi beban puncak dengan metoda SOM menghasilkan rata – rata *error* secara keseluruhan sebesar 2,47 %, prosentase rata – rata *error* Kohonen terbesar pada hari Rabu yaitu 4,26 %, sedangkan rata – rata *error* Kohonen terkecil pada hari Selasa yaitu 1,06%.
3. Dengan perbandingan rata – rata dari Hari Senin sampai Minggu adalah 2,47 % untuk SOM dan 6,21 % untuk PLN, maka tampak jelas bahwa SOM mempunyai kemampuan yang lebih baik dalam memprediksikan beban puncak listrik. Hasil rata – rata *error* sebesar 2,47 % ini sebenarnya masih belum maksimal, artinya masih memungkinkan untuk menghasilkan yang lebih baik. Karena pada penelitian ini hanya menggunakan data-data numerik saja dari beban – beban masa lalu, tanpa memperhitungkan faktor– faktor eksternal seperti pengaruh keadaan cuaca, curah hujan, pertumbuhan ekonomi, keadaan politik negara, dan faktor – faktor lainnya yang dapat mempengaruhi estimasi. Selain itu faktor internal yang mempengaruhi hasil estimasi diantaranya pengenalan pola masukan tanpa menambah variabel faktor eksternal.

### **Kesimpulan**

1. Metoda prediksi beban listrik yang selama ini digunakan PLN menggunakan metode konvensional melalui pendekatan statistik berbasis deret waktu (*times series*) yang diberi nama Metoda Koefisien Beban, ternyata dapat dikembangkan dengan melalui pendekatan model komputasi berbasis Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Network*) salah satunya menggunakan algoritma Kohonen (*Self Organizing Map*).
2. Kelebihan Jaringan Syaraf Tiruan dengan algoritma SOM terletak pada kemampuan belajar mandiri yang dimilikinya. Dengan kemampuan tersebut pengguna tidak perlu merumuskan kaidah atau fungsinya. Dengan demikian SOM mampu digunakan untuk menyelesaikan masalah yang rumit dan atau masalah yang terdapat kaidah atau fungsi yang tidak diketahui (seperti estimasi beban listrik).
3. Kode komputer yang digunakan untuk membuat rancangan awal model estimasi beban puncak listrik harian berbasis Jaringan Syaraf Tiruan dikembangkan dengan menggunakan bahasa pemrograman Matlab. Hasil *running* program mengeluarkan data prediksi beban berupa garfik pola dan hasil pembelajaran sekitar pola masukan.
4. Hasil prakiraan beban listrik dengan menggunakan SOM telah dihasilkan dimana prediksi dengan SOM lebih mendekati data aktualnya dan memberikan arti yang signifikan dibandingkan dengan metode koefisien beban PLN. Melalui perhitungan secara statistik didapatkan tingkat akurasi rata-rata prediksi dengan menggunakan metode koefisien beban PLN sebesar 93,79% sedangkan tingkat akurasi rata-rata prediksi dengan menggunakan algoritma SOM sebesar 97,53 %. Sehingga dapat dibuktikan bahwa hasil simulasi menyimpulkan bahwa prediksi beban menggunakan pendekatan jaringan syaraf tiruan memberikan hasil prediksi yang lebih akurat dibanding dengan metode konvensional yang selama ini digunakan PLN.

### **Daftar Pustaka**

- Abdia, Gunaidi. (2006). *The Shortcut Of MATLAB Progaming*. Bandung: Informatika.
- Gaffar. Ade. (2005). *Perencanaan dan Pembuatan Perangkat Lunak Untuk Prediksi Beban Listrik Harian Berbasis Logika Fuzzy*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.

- Kakkonda. Tetsuya. ( \_\_\_\_ ). *Electric Load Forecasting by Neural Networks Considering Various Load Types*. Japan: Member IEEE Intelligent System Applications to Power System (ISAP 2003).
- Kher. V. H. ( \_\_\_\_ ). *Short – Term Electrical Load Forecasting Using ANN*. India: University Of Baroda.
- Lotufo. A. D. P. ( \_\_\_\_ ). *Electric Power System Load Forecasting: A Survey*. Brazil: Member IEEE.
- Marsudi, Djiteng. (1990). *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Balai Penerbit & HUMAS ISTN.
- Mandal. J. K. ( \_\_\_\_ ). *Application of Recurrent Neural Network for Short Term Load Forecasting in Electrical Power System*. India: India Institute of Technology.
- Nurhayati, Wina. (2007). *Model Prakiraan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Aplikasi ANFIS*, Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Ortiz. Daniel. ( \_\_\_\_ ). *Accurate Electricity Load Forecasting with ANN*. Denmark: University Esbjerg Denmark.
- Siang, Jong Jek. (2004). *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemogramannya dengan MATLAB*, Yogyakarta: Andi.
- Sharif. Saied. S. ( \_\_\_\_ ). *Short – Term Load Forecasting by Feed – Forward Neural Network*. Canada: University Of New Brunswick.
- Tsoukalas. L. H. ( \_\_\_\_ ). *A New Load Forecasting Methodology*. Indiana USA: Purdue University.
- Vesanto. Juha. (1999). *Self-Organizing Map in Matlab: The SOM Toolbox*. Finland: Helsinki University Of Technology.