

Prediksi Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Algoritma Feed Forward Back Propagation dengan Mempertimbangkan Variasi Tipe Hari

Ramadani Dwisatya, M.Ramdlan Kirom

Program Studi Teknik Fisika
Fakultas Teknik Universitas Telkom, Bandung, INDONESIA
e-mail: ramadanidwisatya@yahoo.com

Abstrak— Perkembangan teknologi komputasi yang sudah mengarah kepada teknologi soft computing mendorong peneliti untuk mencoba mencari suatu metode alternatif untuk memprediksi beban listrik berbasis kecerdasan buatan (yang populer dan banyak digunakan: Adaptive Neural Network / Jaringan Syaraf Tiruan). Prediksi beban listrik jangka pendek memegang peranan yang sangat penting bagi efisiensi energi listrik. Untuk itu akan dilakukan prediksi beban listrik jangka pendek untuk 3 tipe hari yaitu hari kerja, hari libur akhir pekan, dan hari libur nasional dengan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) menggunakan algoritma feedforward backpropagation, dan data yang digunakan adalah data aktual sepanjang tahun 2013 dan tahun 2014. Software pendukung untuk merancang program digunakan Matlab dari Mathwork Corps. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai rata – rata error terbaik untuk ketiga tipe hari yaitu 2,89% dari prediksi PLN yang didapat 8,84% pada tipe hari libur nasional, sehingga didapatkan efisiensi energi listrik pada hari libur nasional rata – rata 6% pada setiap jamnya.

Kata Kunci— prediksi beban listrik jangka pendek, algoritma back propagasi, variasi hari.

Abstract— The development of computing technology that has lead to soft computing technologies prompted researchers to try for finding an alternative method to predict the power

load-based artificial intelligence (which is a popular and widely used: Adaptive Neural Network / Neural Network). Short term load forecasting has a very important role for the efficiency of electrical energy. For it will be done prediction electrical load short term for the 3 types of days, weekdays, weekends and national holidays by the method of Artificial Neural Network (ANN) algorithm using feedforward backpropagation, and the data used is real data throughout 2013 and 2014. The software for designing programs to use is Matlab from Mathwork Corps. Based on test results obtained average value error for all three types of day best is 2.89% and the forecasting from PLN gained 8.84% on the type of national holidays, so we get electrical energy efficiency on a national holiday the average 6% in each hour.

Keywords: web page interface, current, voltage, apparent power, realtime chart

I. PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini kita banyak mendengar banyak berita bahwa Perusahaan Listrik Negara (PLN) mengalami kerugian yang sangat besar setiap tahunnya yang disebabkan faktor-faktor yang sangat kompleks mulai dari dampak kenaikan BBM terhadap harga batu-bara sebagai bahan bakar utama PLTU, pencurian listrik, efisiensi unit pembangkitan yang sangat rendah akibat umur unit pembangkit yang sudah tua dan masalah lainnya, sehingga dijadikan alasan PLN

untuk mendesak pemerintah menaikkan Tarif Dasar Listrik (TDL) yang tentunya akan semakin membebani pertumbuhan ekonomi masyarakat.

Tenaga listrik tidak dapat disimpan dalam skala besar, karenanya tenaga ini harus disediakan pada saat dibutuhkan [1]. Akibatnya muncul persoalan dalam menghadapi kebutuhan daya listrik yang tidak tetap dari waktu ke waktu. 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 [2]. Oleh karena itu diperlukan penyesuaian antara pembangkit dengan permintaan daya.

Perkembangan teknologi komputasi yang sudah mengarah kepada teknologi *soft computing* mendorong peneliti untuk mencoba mencari suatu metode alternatif untuk memprediksi beban listrik berbasis kecerdasan buatan (yang populer dan banyak digunakan: *Adaptive Neural Network* / Jaringan Syaraf Tiruan) [3]. Kemudahan konsep jaringan syaraf tiruan mendorong peneliti untuk membuat prediksi pemakaian energi listrik jangka pendek. Sumber data yang diperlukan adalah data pengeluaran beban listrik dari Pusat Pembagi Beban PT. PLN (Persero) setiap jam mulai pukul 00.00 sampai dengan pukul 24.00 mulai hari senin sampai dengan minggu pada hari normal dan hari-hari libur nasional, yang kemudian data tersebut akan dibelajarkan pada sistem perangkat lunak yang sudah dirancang berbasis jaringan syaraf tiruan. Software pendukung untuk merancang program digunakan Matlab dari Mathwork Corp.

A. Peramalan Beban Listrik

Manajemen operasi sistem tenaga listrik yang baik diawali oleh perencanaan operasi yang baik pula. Salah satu langkah perencanaan yang harus dilakukan adalah prakiraan kebutuhan

beban sistem tenaga listrik [3]. Terdapat tiga kelompok peramalan beban, yaitu:

1) *Prediksi beban jangka panjang.*

Peramalan beban jangka panjang adalah untuk jangka waktu diatas satu tahun. Dalam peramalan beban, masalah-masalah makro ekonomi yang merupakan masalah ekstern perusahaan listrik, merupakan faktor utama yang menentukan arah peramalan beban [3]. Peramalan ini bertujuan untuk rencana energi masa depan.

2) *Prediksi beban jangka menengah.*

Peramalan beban jangka menengah adalah untuk jangka waktu dari satu bulan sampai dengan satu tahun. Dalam peramalan beban jangka menengah, masalah-masalah manajerial perusahaan merupakan faktor utama yang menentukan.

3) *Prediksi beban jangka pendek*

Peramalan beban jangka pendek adalah untuk jangka waktu beberapa jam sampai satu minggu (168 jam). Besarnya beban untuk setiap jam ditentukan dengan memperhatikan trend beban di waktu lalu dengan memperhatikan berbagai informasi yang dapat mempengaruhi besarnya beban system [4]. Dan peramalan beban jangka pendek biasanya digunakan untuk efisiensi energi.

B. Jaringan Syaraf Tiruan

JST merupakan sistem komputasi dimana arsitektur dan operasi diilhami dari pengetahuan tentang sel syaraf biologi di dalam otak, dimana mampu mengenali pola, melakukan perhitungan, dan mengontrol organ-organ tubuh dengan kecepatan yang lebih tinggi dari komputer digital. Hal tersebut menjadikan JST sangat cocok untuk menyelesaikan masalah dengan tipe sama seperti otak manusia. JST dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan syaraf biologi, dengan asumsi bahwa[4]:

1. Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana (neuron).
2. Sinyal dikirimkan diantara neuron-neuron melalui penghubung-penghubung.

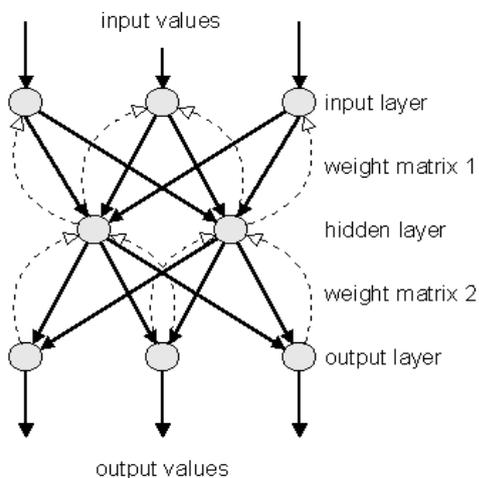
3. Penghubung antar neuron memiliki bobot yang akan memperkuat atau memperlemah sinyal.
4. Untuk menentukan output, setiap neuron menggunakan fungsi aktivasi (biasanya bukan fungsi linier) yang dikenakan pada jumlahan input yang diterima. Besarnya output ini selanjutnya dibandingkan dengan suatu batas ambang.

Suatu jaringan syaraf tiruan ditentukan oleh 3 hal:

1. Pola-pola hubungan antar neuron yang disebut arsitektur jaringan.
2. Metode penentuan bobot penghubung yang disebut metode training / learning / algoritma.
3. Fungsi aktifasi yang digunakan.

C. Algoritma Backpropagation

Backpropagation merupakan salah satu metode JST yang menggunakan satu atau beberapa layar tersembunyi. Penggunaan layar tersembunyi ini dimaksudkan sebagai penyempurna dari kelemahan pengenalan pola yang bisa terjadi pada layar tunggal [5]. Untuk arsitektur backpropagasi dapat dilihat pada gambar 1.



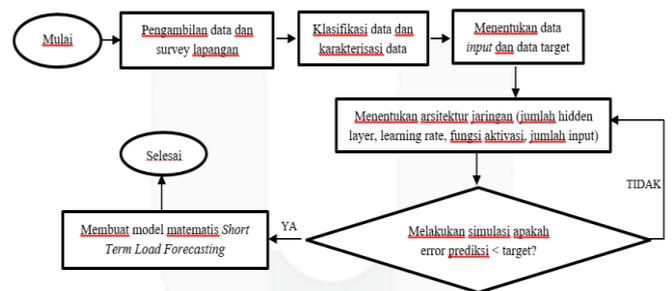
Gambar 1. Arsitektur Backpropagasi

Dalam backpropagation, fungsi aktivasi yang dipakai harus memenuhi beberapa syarat yaitu: kontinu, terdiferensial dengan mudah dan merupakan fungsi yang tidak turun. Salah satu

fungsi yang memenuhi tiga syarat tersebut sehingga sering dipakai adalah fungsi sigmoid biner yang memiliki range (0,1) [4].

II. METODE

Tahap – tahap pada pengambilan data dan pemodelan dari prediksi yang akan dilakukan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

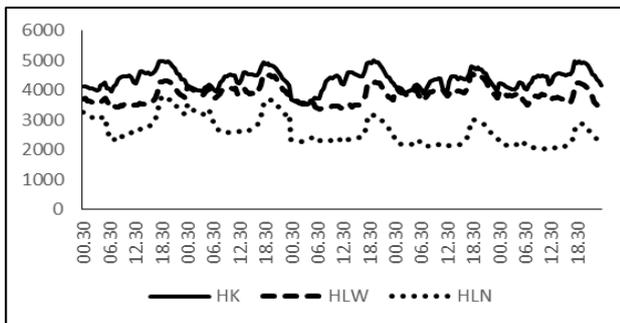
Proses pengambilan data dan survey lapangan merupakan suatu bentuk studi literatur terhadap hal yang diperlukan pada penelitian prediksi beban listrik. Pengambilan data pada penelitian ini adalah data pemakaian beban listrik aktual PLN Area 3 Jawa Barat tahun 2010 – 2014. Pada proses menentukan arsitektur jaringan backpropagation, 3 parameter yang sangat menentukan keakurasian dari prediksi yang akan dilakukan, yaitu:

1. Learning rate; Pada penelitian ini learning rate akan digunakan dengan rentang 0,1 – 0,9.
2. Fungsi aktivasi; Fungsi aktivasi yang akan dimasukkan dalam simulasi adalah kombinasi purelin-tansig-tansig-logsig. Dengan catatan akan selalu ada 2 buah tansig dalam setiap semiliasinya.
3. Jumlah hidden layer; Simulasi yang terakhir yaitu dengan memasukkan hidden layer dengan kombinasi 5-1 sampai dengan 15-11.
4. Jumlah input; Simulasi dilakukan dengan mengubah – ubah input data yaitu 5, 10, 20, dan 30 input data untuk setiap tipe harinya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Perilaku Penggunaan Energi Listrik Harian Masyarakat pada Region II Jawa Barat

Tahap awal penelitian dimulai dengan melakukan studi tentang pola penggunaan beban listrik oleh konsumen PLN di Region II Jawa Barat.



Gambar 3. Pola perbandingan beban energi dalam 5 hari

Pada gambar 3 dapat dijabarkan bahwa terdapat perbedaan besar beban pola pada setiap tipe harinya yang berarti terdapat perbedaan karakteristik konsumsi listrik yang sangat signifikan pada setiap harinya dan setiap jamnya. Perbedaan aktifitas merupakan penyebab utama perbedaan konsumsi energi listrik pada setiap harinya. Pada saat hari libur akhir pekan dan hari libur nasional, konsumsi energi listriknya tidak akan sebesar konsumsi energi listrik pada hari kerja karena pada hari kerja terdapat aktifitas yang jauh lebih banyak seperti industri, perkantoran, sekolah, dll.

Lalu pada saat malam hari pada tipe hari kerja, intensitas masyarakat menggunakan listrik untuk penerangan dan juga hiburan jauh lebih besar dari pada hari libur akhir pekan dan juga hari libur nasional yang umumnya akan memilih menghabiskan waktu diluar rumah. Berbeda dengan pola beban hari kerja dan hari libur akhir pekan, pola beban hari libur nasional memiliki pola yang tidak identik dan bersifat anomali, sehingga sangat menarik untuk diteliti.

Perbedaan beban pada setiap jamnya juga mempengaruhi pembangkit yang bekerja. Pembangkit yang bekerja biasanya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan

juga Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), biaya operasi yang relatif tidak terlalu besar merupakan faktor terbesar digunakannya PLTU dan PLTA. Namun pada jam – jam *prime time* atau jam – jam beban puncak, akan digunakan Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) sebagai *additional* atau pembangkit tambahan, dikarenakan PLTG dapat beroperasi dengan cepat dibandingkan dengan PLTA dan PLTU yang harus menunggu sekitar 8 jam untuk dapat beroperasi. PLTG hanya digunakan sebagai pembangkit tambahan dikarenakan biaya operasi yang relatif mahal.

B. Optimasi Algoritma JST untuk Prediksi Beban Listrik Jangka Pendek

1) Setting awal konfigurasi sebelum optimasi

TABLE I. KONFIGURASI SEBELUM OPTIMASI

Pengujian	Hari Kerja	Hari Libur Akhir Pekan	Hari Libur Nasional
Learning rate	0,5	0,5	0,5
Fungsi aktivasi	Logsig-Tansig-Tansig-Purelin	Logsig-Tansig-Tansig-Purelin	Logsig-Tansig-Tansig-Purelin
Jumlah hidden layer	12 dan 5	12 dan 5	12 dan 5
Jumlah input	30	30	30

2) Prediksi pada saat optimasi

Perubahan learning rate - fungsi aktivasi - hidden layer

Simulasi ini dilakukan secara kontinyu, dimana hasil maksimal pada simulasi *learning rate* akan diambil untuk simulasi selanjutnya, demikian seterusnya. Dibawah ini akan dipaparkan hasil simulasinya.

TABLE II. SIMULASI PADA TIPE HARI KERJA

percobaan ke	Learning Rate	fungsi aktivasi	jumlah layer	rata - rata error (%)		
				eksperimen 1	eksperimen 2	eksperimen 3
1	0,8	PTLT	12-5-1-1	7,99	6,13	6,77
2	0,8	PTLT	12-6-2-1	5,22	5,69	4,18
3	0,8	PTLT	12-7-3-1	5,41	10,35	5,58
4	0,8	PTLT	12-8-4-1	7,57	7,87	6,87
5	0,8	PTLT	12-9-6-1	6,65	7,91	6,76
6	0,8	PTLT	12-11-7-1	6,67	7,77	5,52
7	0,8	PTLT	12-12-8-1	7,81	7,92	6,04
8	0,8	PTLT	12-13-9-1	6,33	4,55	7,04
9	0,8	PTLT	12-14-10-1	3,96	7,84	9,08
10	0,8	PTLT	12-15-11-1	4,94	9,26	6,16
11	0,8	PTLT	12-10-5-1	10,02	11,64	3,23

Pada tabel 2, tabel 3 terlihat tidak terjadi kenaikan error prediksi setelah diuji berdasarkan perubahan jumlah *hidden layer*, yaitu pada hari kerja dan juga hari libur akhir pekan yang berarti bahwa perubahan jumlah *hidden layer* tidak memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap prediksi untuk hari kerja dan hari libur

akhir pekan yang memiliki pola data beban yang beraturan setiap harinya.

TABLE III. SIMULASI PADA HARI LIBUR AKHIR PEKAN

percobaan ke	Learning Rate	fungsi aktivasi	jumlah layer	rata - rata error (%)		
				eksperimen 1	eksperimen 2	eksperimen 3
1	0,7	PTLT	12-5-1-1	6,29	8,94	4,98
2	0,7	PTLT	12-6-2-1	6,81	6,63	8,52
3	0,7	PTLT	12-7-3-1	8,00	6,94	5,84
4	0,7	PTLT	12-8-4-1	7,38	8,79	7,26
5	0,7	PTLT	12-9-6-1	10,10	5,07	4,87
6	0,7	PTLT	12-11-7-1	6,24	6,13	6,74
7	0,7	PTLT	12-12-8-1	4,92	6,50	4,92
8	0,7	PTLT	12-13-9-1	10,60	6,53	10,55
9	0,7	PTLT	12-14-10-1	6,39	7,10	4,84
10	0,7	PTLT	12-15-11-1	8,12	8,81	10,43
11	0,7	PTLT	12-10-5-1	8,38	11,60	4,20

TABLE IV. SIMULASI PADA TIPE HARI LIBUR NASIONAL

percobaan ke	Learning Rate	fungsi aktivasi	jumlah layer	rata - rata error (%)		
				eksperimen 1	eksperimen 2	eksperimen 3
1	0,3	PTLT	12-5-1-1	4,87	3,94	8,34
2	0,3	PTLT	12-6-2-1	6,22	3,13	4,25
3	0,3	PTLT	12-7-3-1	6,33	3,86	3,14
4	0,3	PTLT	12-8-4-1	3,38	4,06	4,33
5	0,3	PTLT	12-9-6-1	5,02	5,15	5,66
6	0,3	PTLT	12-11-7-1	3,71	5,59	3,29
7	0,3	PTLT	12-12-8-1	3,05	5,26	3,89
8	0,3	PTLT	12-13-9-1	5,25	4,73	6,53
9	0,3	PTLT	12-14-10-1	5,09	3,25	3,24
10	0,3	PTLT	12-15-11-1	3,90	5,53	5,16
11	0,3	PTLT	12-10-5-1	3,42	6,99	4,35

Sebaliknya terlihat pada tabel 4 terdapat kenaikan *error* prediksi pada pengujian perubahan jumlah *hidden layer* untuk tipe hari libur nasional dari nilai *error* prediksi 3,42% menjadi 3,05%. Hal ini menjelaskan bahwa perubahan jumlah *hidden layer* cukup berpengaruh dalam prediksi beban listrik untuk tipe hari libur nasional yang memiliki pola beban tidak beraturan setiap harinya.

Perubahan jumlah input

Simulasi pada perubahan jumlah input dilakukan berbeda dari 3 simulasi sebelumnya, karena simulasi dilakukan dari konfigurasi awal, bukan dari hasil maksimal dari simulasi sebelumnya.

TABLE V. SIMULASI PERUBAHAN JUMLAH INPUT PADA HARI KERJA

percobaan	jumlah input	Rata - rata error (%)		
		eksperimen 1	eksperimen 2	eksperimen 3
1	5	6,98	6,96	6,98
2	10	9,12	8,15	7,72
3	20	5,58	8,96	9,88
4	30	5,46	5,29	6,03

TABLE VI. SIMULASI PERUBAHAN JUMLAH INPUT PADA HARI LIBUR AKHIR PEKAN

percobaan	jumlah input	Rata - rata error (%)		
		eksperimen 1	eksperimen 2	eksperimen 3
1	5	7,63	8,94	12,70
2	10	6,65	6,76	8,72
3	20	9,66	6,75	11,36
4	30	5,18	10,79	8,66

TABLE VII. SIMULASI PERUBAHAN JUMLAH INPUT PADA HARI LIBUR NASIONAL

percobaan	jumlah input	Rata - rata error (%)		
		eksperimen 1	eksperimen 2	eksperimen 3
1	5	4,86	8,38	6,22
2	10	5,16	6,01	4,90
3	20	4,13	6,16	6,80
4	30	6,10	13,84	5,85

Pada 3 kali percobaan diatas terlihat bahwa untuk hari kerja dan hari libur akhir pekan yang memiliki pola beban hampir sama setiap harinya memiliki sifat semakin banyak input pembelajarannya semakin baik hasil prediksinya.

C. Perbandingan Akurasi Hasil Prediksi Menggunakan JST terhadap Prediksi PLN dan Beban Aktual

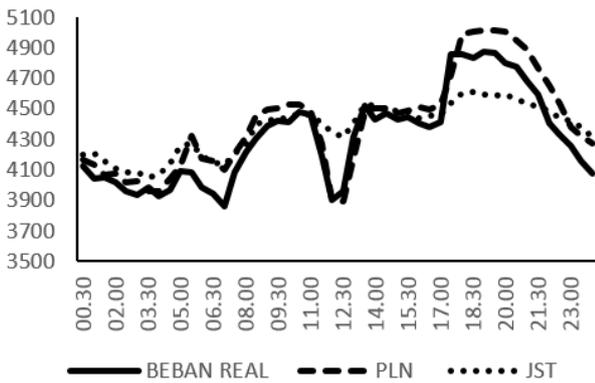
Untuk membuat komparasi dari peramalan yang telah dilakukan, maka dilakukan perbandingan antara peramalan JST dengan peramalan yang dilakukan PLN. Dikarenakan PLN tidak melakukan peramalan atau prediksi beban untuk setiap gardu induk melainkan per Region, oleh karena itu penulis melakukan komparasi peramalan JST dan PLN dengan mengambil Region 2 Jawa Barat sebagai data masukkan untuk beban listrik. Peramalan dengan JST dilakukan dengan 3 kali *running*, pada tabel akan disajikan hasil peramalan JST menggunakan nilai rata – rata *error* per jam yang terbaik dari 3 kali *running*.

Dari grafik perbandingan data aktual dengan hasil peramalan JST dan PLN berdasarkan tipe hari kerja, hari libur akhir pekan, dan juga hari libur nasional diatas, terlihat bahwa grafik yang paling mendekati aktual adalah grafik pada hari libur nasional, dimana nilai rata – rata error per jam terbaiknya adalah 2,89% jika dibandingkan dengan peramalan PLN dimana nilai rata – rata error per jam terbaiknya adalah 8,84%. Hal ini

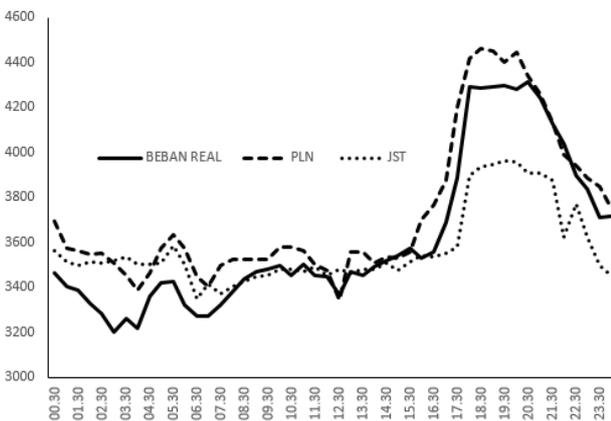
merupakan temuan bahwa peramalan menggunakan JST dengan metode Feedforward Backpropagation menghasilkan hasil yang lebih baik daripada peramalan yang dilakukan PLN.

TABLE VIII. PERBANDINGAN RATA – RATA *ERROR* PREDIKSI PLN DAN JST TERHADAP BEBAN AKTUAL

Tipe Hari	Rata - Rata				
	Beban Aktual	Prediksi PLN	Prediksi JST	Error PLN (%)	Error JST (%)
Hari Kerja	4313,86	4410,00	4370,85	2,63	3,3
Hari Libur Akhir Pekan	3613,38	3572,90	3571,33	3,46	4,11
Hari Libur Nasional	3668,92	3988,51	3600,45	8,84	2,89



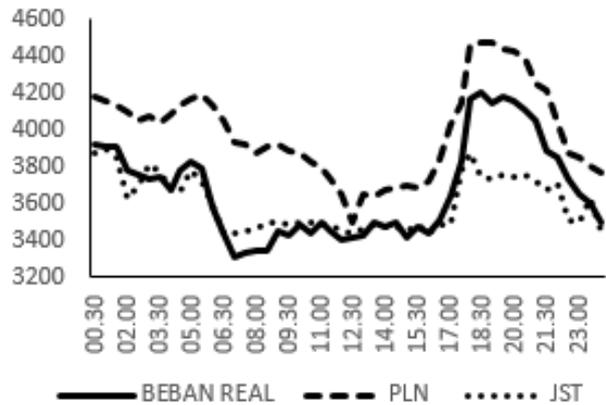
Gambar 4. perbandingan prediksi tipe hari kerja antara beban aktual, prediksi PLN dan JST



Gambar 5. Grafik perbandingan prediksi tipe hari libur akhir pekan antara beban aktual, prediksi PLN dan JST

Untuk peramalan tipe hari kerja dan juga hari libur nasional dapat dilihat bahwa nilai maksimalnya tidak lebih baik dari peramalan yang dilakukan oleh PLN yaitu untuk hari kerja peramalan JST sebesar 3,3% dan peramalan

yang dilakukan oleh PLN sebesar 2,63%, lalu untuk hari libur akhir pekan peramalan yang dilakukan oleh JST didapat sebesar 4,11% dan peramalan yang dilakukan oleh PLN sebesar 3,46%. Hal ini juga merupakan temuan bahwa diperlukannya optimasi lebih lanjut untuk tipe hari kerja dan juga hari libur akhir pekan.



Gambar 6. perbandingan prediksi tipe hari libur nasional antara beban aktual, prediksi PLN dan JST

Dari hasil validasi peramalan yang dilakukan, nilai rata – rata error dari peramalan dengan JST menghasilkan nilai yang baik meskipun untuk hari kerja dan hari libur akhir pekan menghasilkan error yang sedikit lebih besar dari PLN, namun dalam hari libur nasional menghasilkan error yang jauh lebih kecil. Dengan begitu keadaan dan nilai ekonomis dari sistem akan tetap terjaga dengan baik.

Dari peramalan yang telah dibandingkan terhadap prediksi PLN dan beban aktual, di dapat prediksi yang lebih baik yaitu pada hari libur nasional dimana terdapat selisih rata – rata error 5,95% per setengah jamnya. Jika dilihat dari segi efisiensi, pada rata – rata beban target untuk hari libur nasional yang nilainya 3668,92 MW, bisa dikalkulasikan bahwa terdapat 218,30 MW energi listrik yang bisa diefisienkan tiap setengah jamnya.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan data aktual yang didapat, memperlihatkan bahwa setiap tipe hari memiliki karakteristik yang hampir sama untuk waktu – waktu beban mencapai titik beban minimum dan juga maksimum, hanya saja nilainya yang

berbeda. Untuk beban puncak terdapat pada sekitar jam 18.00 – 21.00 dimana mayoritas masyarakat melakukan aktifitas dirumah dan menggunakan listrik untuk hiburan dan juga penerangan. Lalu untuk beban minimumnya terdapat pada jam 6.30 – 8.00 dimana hampir semua masyarakat baru akan memulai aktifitasnya seperti perkantoran, sekolah, dan juga industri.

Setelah dilakukan beberapa percobaan dapat dilihat bahwa, pengujian untuk perubahan learning rate cukup berpengaruh dalam prediksi beban untuk ketiga tipe hari yang di teliti. Lalu pengujian untuk perubahan fungsi aktivasi tidak cukup berpengaruh untuk hari libur hari kerja dan hari libur akhir pekan namun cukup berpengaruh terhadap hari libur nasional. Kemudian untuk pengujian jumlah hidden layer didapat bahwa tidak berpengaruh terhadap hari kerja dan juga hari libur akhir pekan, namun cukup berpengaruh terhadap hari libur nasional.

Pada pengujian untuk perubahan jumlah input untuk hari kerja dan hari libur nasional, semakin banyak jumlah input semakin baik prediksi yang dihasilkan, namun pada hari libur nasional input yang tidak terlalu banyak dan juga tidak terlalu sedikit yang menghasilkan prediksi maksimal.

Hasil perbandingan prediksi PLN dan JST terhadap beban aktual dengan nilai error rata – rata maksimal untuk hari kerja dan hari libur akhir pekan memperlihatkan bahwa prediksi yang dilakukan PLN masih lebih baik daripada JST dengan nilai 2,63% untuk prediksi PLN dan 3,3% untuk JST pada hari kerja, lalu 3,46% untuk PLN dan 4,11% untuk JST pada hari libur akhir pekan. Namun untuk tipe hari libur nasional, JST memiliki prediksi yang jauh lebih baik dengan nilai 2,89% dan 8,84% untuk PLN.

REFERENSI

- [1] Abdullah AG. Short Term Load Forecasting (STLF) Melalui Pendekatan Logika Fuzzy. *Electrans*. 2008;7:1-6.
- [2] Mulvadi Y, Farida L, Abdullah AG, Rohmah KA. Anomalous STLF for Indonesia power system using Artificial Neural Network. In *Science and Technology (TICST)*. 2015 International Conference on 2015 Nov 4 (pp. 1-4). IEEE.
- [3] Ade Gafar Abdullah, Galura Muhammad Suranegara, Dadang Lukman Hakim, 2014, Hybrid PSO-ANN Application for Improved Accuracy of

Short Term Load Forecasting, *WSEAS Transactions on Power Systems*, Volume 9, 2014, pp. 446-451.

- [4] Hakim, Lukmanul, M. Syafruddin & Dikpride Despa. *Metode Regresi Linier untuk Prediksi Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang*. 2008
- [5] Siang, Jong Jek (2009). *Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrogramannya menggunakan MATLAB*. Yogyakarta: Penerbit Andi Offset.