

PROYEKSI KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK APJ PEKALONGAN TAHUN 2014-2018 MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN METODE BACKPROPAGATION DENGAN SOFTWARE MATLAB R2014A

Tri Ujianto^{*)}, Bambang Winardi, and Karnoto

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}*E-mail: tri.ujianto@yahoo.com*

Abstrak

Peningkatan akan permintaan energi listrik membuat perusahaan penyedia energi listrik harus memiliki suatu peramalan, agar penyedia energi listrik dapat menyediakan dalam jumlah yang cukup dan harga yang memadai. Hasil peramalan dapat menjadi pertimbangan untuk merencanakan kebijakan yang akan diterapkan pada masa mendatang. Pada penelitian ini, penulis mencoba membuat sebuah peramalan konsumsi energi listrik untuk mengoptimalkan penyediaan energi listrik. Metode yang digunakan adalah jaringan saraf tiruan *Backpropagation* dengan menggunakan software Matlab R2014a. Peramalan dilakukan di APJ Pekalongan untuk masa peramalan tahun 2014 hingga 2018. Konsumsi energi pada suatu daerah pada umumnya memiliki karakter tersendiri. Karakter tersebut dapat dipengaruhi beberapa faktor seperti PDRB (*Product Domestic Regional Bruto*) dan jumlah pelanggan (baik itu Rumah Tangga, Industri, Komersial, dan Umum). Hasil peramalan jaringan saraf tiruan *Backpropagation* menunjukkan kenaikan dari 878.863 KWH pada tahun 2013 menjadi sebesar 1.235.000 MWH pada tahun 2018. Konsumsi energi listrik mengalami kenaikan sebesar 358.137 MWH dengan kenaikan rata-rata tiap tahunnya sebesar 7,08%.

Kata kunci: Peramalan Konsumsi Energi Listrik, Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation, Software Matlab

Abstract

The increasing demand of electric supply force the supplier company to make forecast, as to give the required supply and affordable price. The forecast outcome should be consideration for estimating the policy for futures. In this research, the writer will forecast the electric consumption for energy supplies optimization. Using the method neural network backpropagation and Matlab software R2014a, the forecast will be held at APJ Pekalongan and forecast period from 2014 until 2018. The energy consumption for common places usually have their own characteristics. Those characters are affected by factors, such as Gross Domestic Regional Product and consumers quantity (includes household, Industry, Commercial, and public). The forecast of backpropagation neural network shows increasing result from 878.863 KWH year 2013 to higher 1.236.000 MWH year 2018. The energy consumption experience an increase amount of 358.137 MWH with annually average 7,08%.

Key words: electric energy demand forecasting, backpropagation neural network, Matlab software,

1. Pendahuluan

Keberhasilan pembangunan suatu daerah tidak bisa terlepas dari ketersediaan energi listrik. Ketersediaan energi listrik yang memadai dan tepat sasaran akan memacu perkembangan pembangunan daerah seperti sektor industri, komersial, pelayanan publik dan bahkan kualitas hidup masyarakat dengan semakin banyaknya warga yang menikmati energi listrik. Kemudian secara langsung maupun tidak langsung hal itu akan mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dan tingkat kesejahteraan masyarakat.

Kondisi ini tentunya akan mengakibatkan permintaan akan ketersediaan energi listrik akan meningkat dan harus diantisipasi sedini mungkin agar penyedia energi listrik dapat menyediakan dalam jumlah yang cukup dan harga yang memadai.

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir sebagai berikut:

1. Memproyeksikan konsumsi energi listrik di APJ Pekalongan tahun 2014 hingga 2018 dengan menggunakan perangkat lunak Matlab R2014a dengan metode Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation*.

- Membandingkan hasil peramalan menggunakan Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* dengan hasil peramalan menggunakan LEAP.

2. Metode

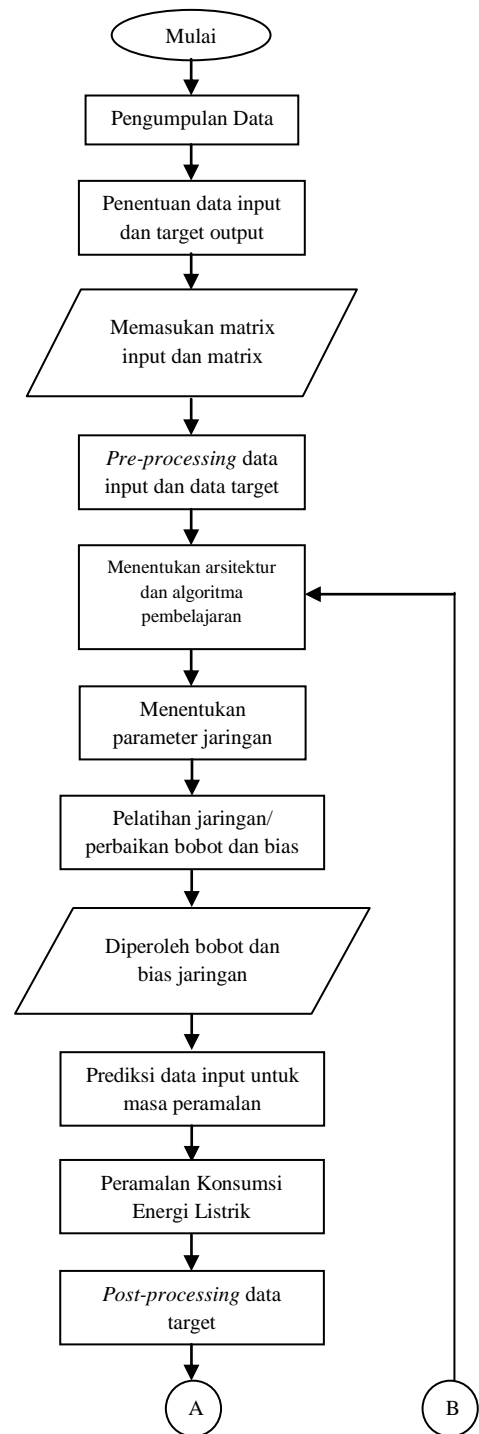
2.1. Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation*

JST adalah paradigma pengolahan informasi yang terinspirasi oleh sistem saraf secara biologis, seperti proses informasi pada otak manusia. Elemen kunci dari paradigma ini adalah struktur dari sistem pengolahan informasi yang terdiri dari sejumlah besar elemen pemrosesan yang saling berhubungan (neuron), bekerja serentak untuk menyelesaikan masalah tertentu. Cara kerja JST sama seperti cara kerja manusia, yaitu belajar melalui contoh.

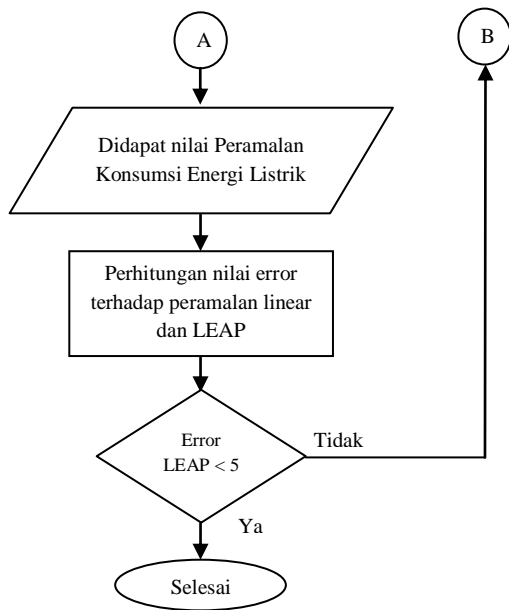
Jaringan Saraf Tiruan Perambatan Balik (*Backpropagation Neural Network*) merupakan salah satu model dari jaringan saraf tiruan umpan mundur dengan menggunakan pelatihan terbimbing yang disusun berdasarkan pada algoritma kesalahan perambatan balik. Pola masukan dan target diberikan sebagai sepasang data. Bobot-bobot awal dilatih dengan melalui tahap maju untuk mendapatkan galat keluaran yang selanjutnya galat ini digunakan dengan tahap mundur untuk memperoleh nilai bobot yang sesuai agar dapat memperkecil nilai galat sehingga target keluaran yang dikehendaki tercapai.

2.2. Flowchart

Secara garis besar, penyusunan tugas akhir ini dapat digambarkan melalui diagram alir (flowchart) berikut ini:



Gambar 2.1 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir (A)



Gambar 2.2 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir (B)

3. Hasil dan Analisa

3.1 Proyeksi Konsumsi Energi Listrik

Jaringan saraf tiruan memerlukan data masa lalu untuk meramalkan konsumsi energi listrik. Dimana data tersebut yang akan digunakan sebagai data input pelatihan jaringan *Backpropagation*. Berikut adalah data masa lalu tahun 2009 hingga 2013 yang dijadikan input pelatihan.

Tabel 3.1 Data PDRB Tahun 2009 Hingga 2013

No.	PDRB	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
1	Pertanian	1.446.458	1.483.609	1.501.361	1.541.905	1.582.357
2	Pertambangan dan Penggalian	63.788	64.244	66.649	70.269	73.831
3	Industri Pengolahan	1.830.888	1.912.718	2.026.106	2.129.452	2.254.196
4	Listrik, Gas dan Air Minum	78.560	83.623	87.187	92.701	99.129
5	Bangunan	593.205	625.999	658.917	703.463	833.437
6	Perdagangan, Hotel dan Restoran	1.489.233	1.565.170	1.663.247	1.765.458	1.883.990
7	Pengangkutan dan Komunikasi	40.5465	428.881	450.124	475.967	504.079
8	Keuangan, Persewaan dan Jasa	358.721	377.021	397.542	422.308	460.727
9	Perusahaan Jasa-Jasa	1.060.447	1.138.678	1.220.840	1.298.71	1.364.67

Tabel 3.2 Data Jumlah Pelanggan Dan Konsumsi Energi Listrik Tahun 2009 – 2013

No.	Jenis Pelanggan	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
1	Rumah Tangga	283.261	302.012	325.359	352.112	377.402
2	Industri	239	248	261	289	321
3	Komersial	11.616	11.951	13.176	14.028	15.263
4	Umum	11.221	12.063	12.352	13.104	13.983
5	Konsumsi Energi Listrik	283.261	302.012	325.359	352.112	377.402

Sebelum data dimasukan kedalam input pelatihan, perlu dilakukan pre-processing dengan memperkecil nilai data tanpa mengubah karakteristik data tersebut.

Dengan Neural Network Toolbox pada Matlab, *pre-processing* data dilakukan dengan perintah berikut:

`[PN,minp,maxp,TN,mint,maxt] = premmnx(P,T);`

Pre-processing dilakukan pada seluruh data input dan data output, hasil dari pre-processing dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4

Tabel 3.3 Hasil Pre-processing Data Input

No.	Data Input	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
1	Pertanian	-1.000	-0.453	-0.192	0.404	1.000
2	Pertambangan dan Penggalian	-1.000	-0.909	-0.430	0.290	1.000
3	Industri Pengolahan	-1.000	-0.613	-0.077	0.410	1.000
4	Listrik, Gas dan Air Minum	-1.000	-0.507	-0.161	0.375	1.000
5	Bangunan	-1.000	-0.727	-0.452	-0.082	1.000
6	Perdagangan, Hotel dan Restoran	-1.000	-0.615	-0.118	0.399	1.000
7	Pengangkutan dan Komunikasi	-1.000	-0.525	-0.094	0.429	1.000
8	Keuangan, Persewaan dan Jasa	-1.000	-0.641	-0.238	0.246	1.000
9	Jasa-Jasa	-1.000	-0.485	0.054	0.566	1.000
10	Rumah Tangga	-1.000	-0.601	-0.105	0.462	1.000
11	Industri	-1.000	-0.780	-0.463	0.219	1.000
12	Komersial	-1.000	-0.816	-0.144	0.322	1.000
13	Umum	-1.000	-0.390	-0.181	0.363	1.000

Tabel 3.4 Hasil Pre-processing Data Output

No	Data Output	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
1	Konsumsi Energi Listrik	-1.000	-0.541	-0.198	0.604	1.000

Nilai minimum dan maximum dari data input dan output dapat dilihat pada Tabel 3.5 dan Tabel 3.6 berikut:

Tabel 3.5 Nilai Min, Max data Input

No	Data Input	Min (10 ⁶)	Max (10 ⁶)
1	Pertanian	1.4465	1.5824
2	Pertambangan dan Penggalian	0.0638	0.0738
3	Industri Pengolahan	1.8309	2.2542
4	Listrik, Gas dan Air Minum	0.0786	0.0991
5	Bangunan	0.5932	0.8334
6	Perdagangan, Hotel dan Restoran	1.4892	1.8840
7	Pengangkutan dan Komunikasi	0.4055	0.5041
8	Kuangan, Persewaan dan Jasa Perusahaan	0.3587	0.4607
9	Jasa-Jasa	1.0604	1.3647
10	Rumah Tangga	0.2833	0.3774
11	Industri	0.0002	0.0003
12	Komersial	0.0116	0.0153
13	Umum	0.0112	0.0140

Tabel 3.6 Nilai Min, Max Data Output

No	Data Output	Min (10 ⁶)	Max (10 ⁶)
1	Konsumsi Energi Listrik	0.6947	0.8788

Setelah pre-processing kemudian dibentuk jaringan saraf tiruan dengan 1 lapisan utama dengan 13 neuron, 2 lapisan tersembunyi dengan 50 neuron pada lapisan tersembunyi pertama dan 25 neuron pada lapisan tersembunyi kedua, dan 1 neuron pada lapisan output.

JST Backpropagation dibentuk dan dilatih dengan neural network toolbox pada matlab. Matlab akan membentuk jaringan dengan mengisi bobot dan bias pada tiap lapis secara random, nilai bobot dan bias akan dimasukkan pada jaringan. Apabila nilai output jaringan dengan output target memiliki hasil yang berbeda, maka disini muncul error, Apabila nilai error masih cukup besar, mengindikasikan bahwa masih perlu dilakukan lebih banyak pelatihan lagi. Selama proses pelatihan bobot dan bias akan terus diperbaiki hingga nilai error cukup kecil. Pelatihan akan dihentikan ketika parameter pelatihan sudah ada yang terpenuhi (epoch atau goal).

Jaringan yang sudah dilatih juga dapat diuji dengan cara memasukan kembali input pada jaringan yang sudah terlatih dengan perintah sim. Hasil pengujian dengan perintah sim dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut

Tabel 3.7 Perbandingan Target Output Dengan Hasil Simulasi

Tahun	Target Output	Hasil Simulasi	Selisih
2009	694.774	694.773.98	0.02
2010	736.941	736.941.03	0.03
2011	768.583	768.583.17	0.17
2012	842.460	842.460.61	0.61
2013	878.863	878.862.10	0.90

Jaringan Saraf Tiruan memerlukan data input yang digunakan selama masa peramalan. Data input tersebut akan dimasukkan pada jaringan yang sudah terlatih untuk mendapatkan hasil peramalan konsumsi energi listrik. Oleh karena itu dilakukan proyeksi data input pelatihan berupa PDRB dan jumlah pelanggan dengan menggunakan fungsi trendline metode linear pada Ms.Excle. Data input pada tahun 2009 hingga 2013 digunakan sebagai data source untuk mendapatkan persamaan grafik yang digunakan untuk mendapatkan nilai input pada tahun 2014 hingga 2018.

Nilai R² dan persamaan grafik hasil dari metode trendline linear pada Microsoft Office Excel 2007 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.8 Nilai R² dan Persamaan Grafik Regresi Linear

No.	Data Input	Regresi Linear		
		Persamaan Grafik	Signifikansi	R ²
1	Pertanian	$3,301.10^4 \cdot x - 6,487.10^7$	0.001	0.986
2	Pertambangan dan Penggalian	$2,611.10^3 \cdot x - 5,183.10^6$	0.006	0.940
3	Industri Pengolahan	$1,063.10^5 \cdot x - 2,118.10^8$	0.000	0.996
4	Listrik, Gas dan Air Minum	$5,022.10^3 \cdot x - 1,001.10^7$	0.000	0.990
5	Bangunan	$5,579.10^4 \cdot x - 1,115.10^8$	0.016	0.891
6	Perdagangan, Hotel dan Restoran	$9,898.10^4 \cdot x - 1,974.10^8$	0.000	0.994
7	Pengangkutan dan Komunikasi	$2,443.10^4 \cdot x - 4,868.10^7$	0.000	0.997
8	Kuangan, Persewaan dan Jasa Perusahaan	$2,493.10^4 \cdot x - 4,973.10^7$	0.002	0.976
9	Jasa-Jasa	$7,685.10^4 \cdot x - 1,533.10^8$	0.000	0.999
10	Rumah Tangga	$2,384.10^4 \cdot x - 4,761.10^7$	0.000	0.996
11	Industri	$20.5 \cdot x - 4,095.10^4$	0.007	0.939
No.	Data Input	Regresi Linear		
		Persamaan Grafik	Signifikansi	R ²
12	Komersial	$9,371.10^2 \cdot x - 1,871.10^6$	0.002	0.975
13	Umum	$6,565.10^2 \cdot x - 1,308.10^6$	0.001	0.979

Dengan menggunakan persamaan grafik regresi linear yang didapat dari *trendline* Ms. Excel maka didapatkan data PDRB Pertambangan dan Pengalihan, Industri Pengolahan, Listrik, Gas dan Air Minum, Bangunan, Perdagangan, Hotel dan Restoran, Pengangkutan dan Komunikasi, Keuangan, Persewaan, dan Jasa Perusahaan, dan Jasa-jasa, serta jumlah pelanggan Rumah Tangga, Industri, Komersial, dan Umum. Hasil Perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 3.9 Data Input Masa Peramalan

No.	Data Input	2014	2015	Tahun 2016	2017	2018
1	Pertanian	1612140	1645150	1678160	1711170	1744180
2	Pertambangan dan Pengalihan	75554	78165	80776	83387	85998
3	Industri Pengolahan	2288200	2394500	2500800	2607100	2713400
4	Listrik, Gas dan Air Minum	104308	109330	114352	119374	124396
5	Bangunan	861060	916850	972640	1028430	1084220
6	Perdagangan, Hotel dan Restoran	1945720	2044700	2143680	2242660	2341640
7	Pengangkutan dan Komunikasi	522020	546450	570880	595310	619740
8	Keuangan, Persewaan dan Jasa Perusahaan	479020	503950	528880	553810	578740
9	Jasa-Jasa Jumlah Pelanggan	1475900	1552750	1629600	1706450	1783300
	Rumah Tangga	403760	427600	451440	475280	499120
10		333	353.5	374	394.5	415
11	Industri	16319.4	17256.5	18193.6	19130.7	20067.8
12	Komersial	14191	14847.5	15504	16160.5	16817
13	Umum					

Data input masa peramalan perlu dinormalisasi sebelum dimasukan pada jaringan yang sudah dilatih. Proses normalisasi dilakukan dengan perintah berikut:

$$pnewn=trammmx(pnew, minp, maxp);$$

Hasil dari proses normalisasi dapat dilihat pada tabel 3.10 berikut:

Tabel 3.10 Normalisasi Data Input Masa Peramalan

No.	Data Input	2014	2015	Tahun 2016	2017	2018
1	Pertanian	1,4383	1,9241	2,4099	2,8957	3,3815
2	Pertambangan dan Pengalihan	1,3430	1,8630	2,3829	2,9029	3,4229
3	Industri Pengolahan	1,1607	1,6629	2,1651	2,6674	3,1696
4	Listrik, Gas dan Air Minum	1,5035	1,9918	2,4801	2,9684	3,4567
No.	Data Input	2014	2015	Tahun 2016	2017	2018
5	Bangunan	1,2300	1,6944	2,1589	2,6234	3,0878
6	Perdagangan, Hotel dan Restoran	1,3127	1,8142	2,3157	2,8172	3,3186
7	Pengangkutan dan Komunikasi	1,3638	1,8593	2,3548	2,8502	3,3457
8	Keuangan, Persewaan dan Jasa Perusahaan	1,3586	1,8474	2,3362	2,8250	3,3138
9	Jasa-Jasa Jumlah Pelanggan	1,7312	2,2365	2,7417	3,2469	3,7521
	Rumah Tangga	1,2300	1,6944	2,1589	2,6234	3,0878
10		1,3127	1,8142	2,3157	2,8172	3,3186
11	Industri	1,2927	1,7927	2,2927	2,7927	3,2927
12	Komersial	1,4148	1,9287	2,4426	2,9565	3,4704
13	Umum	1,3678	1,8432	2,3186	2,7940	3,2694

Setelah data input masa peramalan dinormalisasi, kemudian data input masa peramalan disimulasikan kedalam jaringan yang telah dilatih untuk mendapatkan konsumsi energi listrik. Proses simulasi dilakukan dengan menggunakan perintah:

$$anewn=sim(net, pnewn);$$

Nilai hasil dari simulasi dengan masukan data input masa peramalan masih dalam bentuk normalisasi, berikut hasil dari simulasi data input masa peramalan pada jaringan yang telah dilatih:

Tabel 3.11 Hasil Simulasi Konsumsi Energi Listrik dalam Bentuk Normalisasi

No	Tahun	Konsumsi Energi (Normalisasi)
1	2014	1,9128
2	2015	3,0796
3	2016	3,9717
4	2017	4,5528
5	2018	4,8697

Setelah didapat nilai peramalan konsumsi energi dalam bentuk normalisasi, kemudian dilakukan proses post-processing untuk mengubah nilai normalisasi kedalam bentuk yang sebenarnya. Proses post-processing dilakukan dengan menggunakan perintah:

$$anew=postmmx(anewn, mint, maxt);$$

Hasil dari *post-processing* peramalan konsumsi energi listrik dapat dilihat pada tabel 3.12

Tabel 3.12 Hasil Simulasi Konsumsi Energi Listrik dalam Bentuk MWH

No	Tahun	Konsumsi Energi (MWH)
1	2014	962.900
2	2015	1.070.300
3	2016	1.152.400
4	2017	1.205.900
5	2018	1.235.000

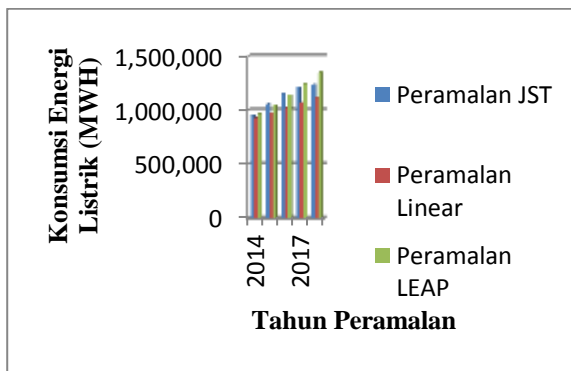
3.2 Validasi Program dengan Membandingkan Peramalan Konsumsi Energi Listrik Metode JST Bacpropagation, Metode LEAP dan Metode Linear

Pada tabel 3.13 berikut menunjukkan perbandingan hasil peramalan konsumsi energi listrik Metode JST, Metode LEAP dan Metode Linear.

Tabel 3.13 Perbandingan Peramalan JST, LEAP dan Linear

Tahun	Data Real (MWH)	JST Backpropagation (MWH)	Linear (MWH)	LEAP (MWH)
2009	694.774			
2010	736.941			
2011	768.583			
2012	842.460			
2013	878.863			
2014		962.900	927.180	961.483
2015		1.070.300	974.550	1.048.449
2016		1.152.400	1.021.920	1.142.082
2017		1.205.900	1.069.290	1.242.852
2018		1.235.000	1.116.660	1.351.262

Dalam tabel 3.13 diatas juga disajikan data real berdasarkan statistik dari tahun 2009-2013 dan hasil peramalan konsumsi energi listrik APJ Pekalongan. Hasil peramalan jaringan saraf tiruan *Backpropagation* menunjukkan kenaikan dari 878.863 KWH pada tahun 2013 menjadi sebesar 1.235.000 MWH pada tahun 2018. Konsumsi energi listrik mengalami kenaikan sebesar 356.137 MWH dengan kenaikan rata-rata tiap tahunnya sebesar 7,08%.



Gambar 3.1 Grafik Perbandingan Peramalan JST, Linear dan Leap

Dengan metode linear, konsumsi energi listrik mengalami kenaikan sebesar 237.797 MWH. Sedangkan metode LEAP konsumsi energi listrik mengalami kenaikan sebesar 472.399 MWH. Berikut adalah grafik perbandingan konsumsi energi listrik dengan metode JST, Linear, dan LEAP

Perbandingan error hasil peramalan JST terhadap linear dan LEAP dapat dilihat pada tabel 3.14

Tabel 3.14 Perbandingan error hasil peramalan JST terhadap linear dan LEAP

Tahun	Peramalan JST (MWH)	Peramalan Linear (MWH)	Error JST-Linear (%)	Peramalan LEAP (MWH)	Error JST-LEAP (%)
2014	962.900	927.180	3,85254	961.483	0,147377
2015	1.070.300	974.550	9,82505	1.048.449	2,084126
2016	1.152.400	1.021.920	12,7681	1.142.082	0,903438
2017	1.205.900	1.069.290	12,7758	1.242.852	2,973162
2018	1.235.000	1.116.660	10,5977	1.351.262	8,603957
Rata-rata Error (%)			9,9632	2,941	

Dari tabel 3.14 dapat dilihat nilai error peramalan JST dengan Linear memiliki nilai rata-rata *error* sebesar 9,9632% sedangkan untuk nilai *error* peramalan JST dengan LEAP memiliki nilai rata-rata *error* sebesar 2,941%.

4. Kesimpulan

- Berdasarkan hasil peramalan konsumsi energi listrik APJ pekalongan pada tahun 2014 hingga 2018 dengan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation, diperoleh kenaikan dari 878.863 KWH pada tahun 2013 menjadi sebesar 1.235.000 MWH pada tahun 2018 dengan kenaikan rata-rata tiap tahunnya sebesar 7,08%.
- Hasil peramalan jaringan saraf tiruan backpropagation memiliki perbedaan dengan peramalan menggunakan metode linear dan LEAP, dimana nilai rata-rata *error* terhadap linear sebesar 9,9632% sedangkan untuk nilai rata-rata *error* terhadap LEAP sebesar 2,941%.

Referensi

- Suhono, "Kajian Perencanaan Permintaan dan Penyediaan Energi Listrik di Wilayah Kabupaten Sleman Menggunakan Perangkat Lunak LEAP". Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2010.
- Sari, Dinar Atika, "Peramalan Kebutuhan Beban Jangka Pendek Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation" Universitas Diponegoro, Semarang, 2006.
- Kartika, Meigy Restanaswari, "Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik APJ Pekalongan Tahun 2014-2018 Dengan Menggunakan Software Leap". Universitas Diponegoro, Semarang, 2015.
- Rahman, Arfiansyah, "Prakiraan Beban Puncak Jangka Panjang Pada Sistem Kelistrikan Indonesia Menggunakan Algoritma Neuro-Fuzzy Inference System". Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, 2012.
- Siang, Jong Jek, "Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab". Andi Offset. Yogyakarta, 2005.
- Suswanto, Daman, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik." Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, Padang, 2009.
- Nugroho, Agung, Winardi, Bambang, "Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Tahun 2006-2015 Menggunakan Metode Gabungan Dengan Pemrograman Visual Basic". Universitas Diponegoro, Semarang, 2008.
- Siregar, Syahrizal Agus, "Studi Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Tahun 2013-2017 Wilayah Kota Padang Sidempuan Dengan Metode Gabungan." Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan, 2013.
- Bakhrun, Akhmad, "Perbandingan Metode Adaline dan Backpropagation Untuk Prediksi Jumlah Pencari Kerja di Jawa Barat". Universitas Komputer, Bandung, 2013.
- Demuth, Howard, Beale, Mark, "Neural Network Toolbox". The MathWorks, Inc., 2000.
- Nurkholiq, Nahar, "Analisa Perbandingan Metode Logika Fuzzy Dengan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Pada Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang di Indonesia Sampai Tahun 2022". Universitas Diponegoro, Semarang, 2014.

- [12]. Zhang ,Guoqiang, Patuwo,B. Eddy, “Forecasting with artificial neural networks: The state of the art.” Kent State University, Kent, Ohio, 1988.
- [13]. Sangadji, Iriansyah BM, “Komparasi Model Regresi Untuk Prakiraan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Koefisien dan Pembangkitan Data Random’ . Sekolah Tinggi Teknik PLN, Jakarta, 2012.
- [14]. _____<http://www.mathworks.com/>