

PROYEKSI KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK APJ PEKALONGAN TAHUN 2014-2018 DENGAN METODE LOGIKA FUZZY

Muhammad Hasnan Albab^{*)}, Bambang Winardi, and Karnoto

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, Indonesia

^{*)}E-mail : hasnan.albab@gmail.com

Abstrak

Energi listrik memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia, energi listrik banyak digunakan di berbagai sektor, baik sektor industri, rumah tangga, komersial, sektor pelayanan umum dan lainnya. Agar tercapai penyesuaian antara pembangkitan dan permintaan daya, maka pihak penyedia listrik harus mengetahui beban atau permintaan daya listrik untuk beberapa waktu ke depan dengan melakukan peramalan beban listrik. Pada penelitian ini, untuk penyediaan energi listrik di APJ Pekalongan, diperlukan suatu perkiraan / peramalan kebutuhan energi listrik. Metoda peramalan yang digunakan adalah metode logika fuzzy. Peramalan yang dilakukan bersifat jangka panjang, yaitu sampai tahun 2018. Karakteristik peramalan biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor, jumlah pelanggan listrik, data PDRB (Product Domestic Regional Bruto) dan lain sebagainya. Sehingga, metoda logika fuzzy ini menggunakan data historis / aktual yang diakumulasikan dalam beberapa periode waktu, yaitu dari tahun 2008 sampai 2013. Dari hasil peramalan menggunakan metode Logika fuzzy, menunjukkan bahwa kebutuhan energi listrik di APJ Pekalongan pada tahun 2018 sebesar 1.320.000 MWh. Nilai ini tidak jauh berbeda dengan peramalan yang dilakukan oleh software LEAP yaitu sebesar 1.351.262 MWh. Nilai kesalahan antara hasil peramalan logika fuzzy dengan software LEAP sebesar 2,313%.

Kata kunci : logika fuzzy, peramalan kebutuhan energi listrik.

Abstract

Electrical energy has a very important role in human life, electrical energy is widely used in various sectors, such as industrial sectors, households, commercial, and other public service sectors. In order to achieve the adjustment between the power generation and the demand, the provider must know the load or the demand of electric power for some times to predict the power consumption. In this study, focus on the electric energy supply in APJ Pekalongan. In this case required an estimate / forecast of electricity demands. Forecasting method that was used was fuzzy logic method. Forecasting was done long-term, i.e. until 2018. These characteristics are usually influenced by several factors, such as the number of electricity customers, the data of GRDP (Gross Regional Domestic Product) and others. Thus, this fuzzy logic method used historical data that was accumulated in some period of time, i.e. from 2008 to 2013. The results of forecasting using fuzzy logic is showing that the electrical energy demand in in 2018 up to 1,320,000 MWh. The forecast made by LEAP software that is equal to 1,351,262 MWh. Value error between the fuzzy logic forecasting with LEAP software is 2.313%.

Keywords: fuzzy logic, forecasting electricity demand.

1. Pendahuluan

Energi listrik memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia, energi listrik banyak digunakan di berbagai sektor, baik sektor industri, rumah tangga, usaha komersial, maupun sektor pelayanan umum lainnya. Sejalan dengan perkembangan zaman dan kemajuan ilmu dan teknologi, kebutuhan akan ketersediaan energi listrik kian meningkat. Energi listrik tidak dapat disimpan dalam skala besar, sehingga energi

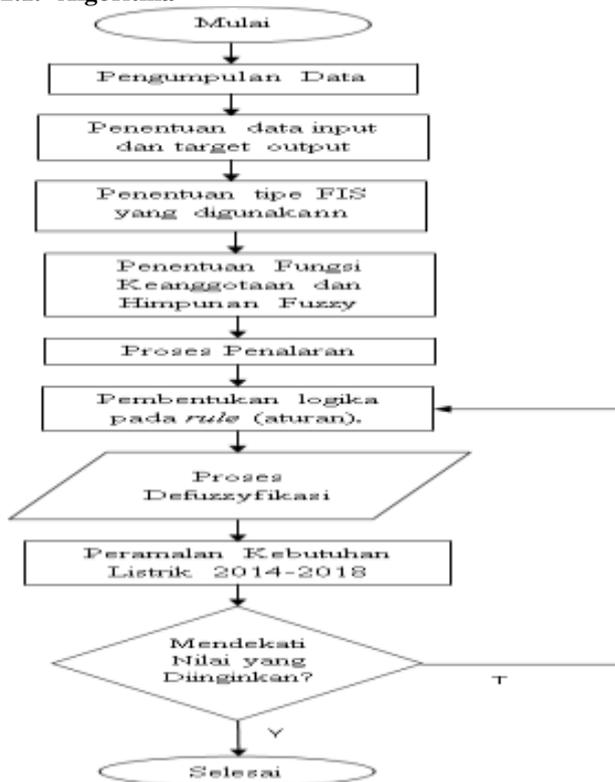
ini harus disediakan pada saat dibutuhkan. Diperlukan strategi dan metode untuk penyesuaian antara pembangkitan dan permintaan daya. Agar tercapai penyesuaian antara pembangkitan dan permintaan daya, maka pihak penyedia listrik harus mengetahui beban atau permintaan daya listrik untuk beberapa waktu ke depan dengan melakukan peramalan beban listrik.

Metoda peramalan untuk kebutuhan tenaga listrik saat sekarang ini telah berkembang dengan pesat. Sistem cerdas (*artificial intelligence*) merupakan suatu sistem

yang paling banyak diaplikasikan oleh para pakar untuk memperkirakan atau meramal kebutuhan tenaga listrik untuk masa yang akan datang. Logika fuzzy merupakan salah satu sistem cerdas yang dapat digunakan untuk peramalan tersebut. Aplikasi logika fuzzy sebagai metoda peramalan kebutuhan tenaga listrik telah banyak diperkenalkan oleh para pakar diantaranya E. Srinivas dan Amit Jain, Kyung-Bin Song, Dr. S. Chenthur Pandian, dan Jagadish H. Pujar.

2. Metode

2.1. Algoritma



Gambar 2 Diagram alir metode logika fuzzy

2.2. Peramalan Energi Listrik

Metode peramalan adalah suatu cara yang digunakan untuk mengukur atau memperkirakan kejadian dimasa yang akan datang. Peramalan dapat dilakukan secara kualitatif maupun secara kuantitatif. Peramalan dengan metode kualitatif adalah peramalan yang didasarkan pada pendapat dari yang melakukan peramalan, sedangkan peramalan kuantitatif adalah peramalan yang menggunakan metode statistik. Berkaitan dengan hal tersebut, maka dalam peramalan dikenal istilah prediksi dan peramalan. Peramalan didefinisikan sebagai proses peramalan suatu variabel atau kejadian dimasa yang akan datang dengan berdasarkan data atau variabel yang telah terjadi sebelumnya. Data masa lampau tersebut secara sistematis digabungkan dengan menggunakan suatu metode tertentu dan diolah untuk

mendapatkan peramalan dimasa yang akan datang. Prediksi didefinisikan sebagai suatu proses peramalan variabel atau kejadian dimasa yang akan datang dengan lebih mendasarkan pada pertimbangan subyektif/pendapat dari data kejadian yang telah terjadi dimasa lalu. Dalam proses prediksi ini, peramalan yang baik sangat tergantung dari kemampuan, pengalaman dan kepekaan dari orang yang bersangkutan.

Peramalan kebutuhan energi listrik sangat diperlukan untuk membantu mengambil kebijaksanaan penyediaan energi listrik, baik jangka pendek, jangka menengah, maupun jangka panjang. Berdasarkan waktu peramalannya, peramalan dapat dibagi dalam tiga kelompok, yaitu :

1. Peramalan jangka pendek, dengan jangka waktunya mulai dari satu hari sampai satu minggu.
2. Peramalan jangka menengah, jangka waktunya mulai dari satu minggu sampai satu tahun.
3. Peramalan jangka panjang, dengan jangka waktu 1 sampai 10 tahun.

Peramalan dengan jangka waktu yang berbeda-beda memiliki peranan yang berbeda pula terhadap sebuah sistem tenaga. Peramalan jangka pendek penting untuk operasi kondisi *real* dan kontrol sistem tenaga. peramalan jangka menengah memiliki peranan penting untuk perawatan dan perencanaan program. Peramalan jangka panjang memainkan peranan pertama dalam pengembangan fasilitas pembangkit, transmisi, dan distribusi. Dalam peramalan diperlukan data yang mencakup perkembangan daerah, tingkat perekonomian daerah, maka dapat digunakan jumlah pelanggan listrik, kemudian jumlah penduduk daerah tersebut, dan sebagainya

2.3. Area Pelayanan Jaringan Pekalongan (APJ Pekalongan)

Sistem kelistrikan di Indonesia dikelola oleh PT. PLN (Persero). PLN sebagai perusahaan listrik Negara harus bisa memenuhi kebutuhan energi listrik kosumen. Secara administratif, sistem pendistribusian listrik di Indonesian dikelola oleh unit APJ, dimana unit APJ bertanggung jawab terhadap sistem pendistribusian daya atau energi listrik ke beban atau kosumen. APJ membawahi beberapa Rayon yang mempunyai ruang lingkup yang lebih kecil dari APJ.

APJ Pekalongan adalah perusahaan listrik yang bekerja secara administratif membawahi Area Pelayanan Jaringan Pekalongan. APJ Pekalongan membawahi 2 daerah atau 1 Kota dan 2 Kabupaten, yaitu Pekalongan Kota, Kabupaten Pekalongan dan Kabupaten Batang. APJ Pekalongan membawahi 4 Rayon yaitu masing-masing 1 Rayon untuk daerah Pekalongan Kota dan Kabupaten Batang kemudian 2 Rayon untuk daerah Kabupaten Pekalongan. Sedangkan setiap Rayon membawahi

beberapa Kecamatan, dimana masing-masing Rayon dituntut untuk memenuhi kebutuhan listrik dari masing-masing daerah kerja. Pasokan tenaga listrik di APJ Pekalongan sendiri di supply dari gardu induk.

Gardu induk yang beroperasi di wilayah kerja Area Pelayanan Jaringan Pekalongan adalah sebagai berikut: ^[4]

1. Gardu Induk Pekalongan
2. Gardu Induk Batang

2.4. Logika Fuzzy

Fuzzy dapat disebut juga samar, kabur, ataupun tidak jelas. Pada logika fuzzy, suatu hal dapat memenuhi lebih dari satu kategori yang memiliki tingkat derajat keanggotaan tertentu. Diperlukan suatu aturan tertentu yang harus dipenuhi dalam mengambil keputusan.

2.4.1 Variabel Linguistik

Variabel linguistik merupakan cara untuk mendefinisikan himpunan samar dengan variabel yang berupa kata atau kalimat. Variabel linguistik merupakan keuntungan utama dari himpunan fuzzy adalah kata atau kalimat dapat digunakan sebagai ekspresi disamping nilai numeris. Ekspresi ini diseduaiakan dengan logika pengontrolan yang digunakan.

2.4.2. Himpunan Logika Fuzzy (Fuzzy Set)

Dalam teori logika fuzzy dikenal himpunan fuzzy (*fuzzy set*). Merupakan pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel bahasa (*linguistic variable*), yang dinyatakan dalam fungsi keanggotaan (*membership function*). Didalam semesta pembicaraan (*universe of discourse*) U , fungsi keanggotaan dari suatu himpunan fuzzy tersebut bernilai antara 0 sampai 1.

2.4.3. Fungsi Keanggotaan (Membership Function)

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Berikut merupakan fungsi keanggotaan yang dapat digunakan:

1. Kurva Linear
2. Kurva Segitiga
3. Kurva Trapesium
4. Kurva-S (*Sigmoid*)
5. Kurva Lonceng (*Bell Curve*)

2.4.4. Tahapan Operasional Logika Fuzzy

Dalam sistem kontrol logika fuzzy, terdapat beberapa tahapan operasional yang meliputi :

1. Fuzzyfikasi

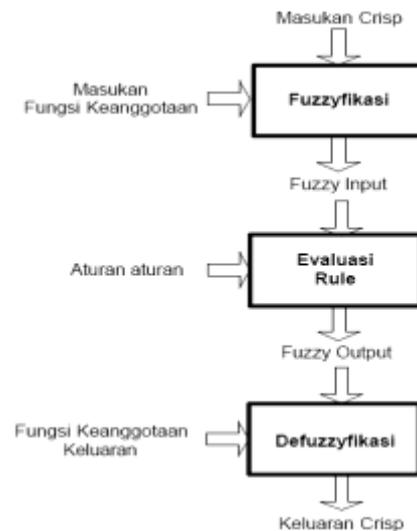
Proses *fuzzyfikasi* ini berfungsi merubah masukan crisp menjadi masukan fuzzy. Masukan crisp dari sistem perlu diubah ke bentuk derajat keanggotaan fuzzy agar dapat diolah lebih lanjut dan setiap masukan dari sistem harus dapat terwakilkan pada himpunan keanggotaan fuzzy. Dalam *fuzzifikasi* semesta masukan dibagi menjadi beberapa himpunan yang lebih kecil dengan fungsi keanggotaan.

2. Evaluasi aturan (rule)

Dalam langkah kedua proses logika fuzzy, dinamakan evaluasi aturan (*rule*). Prosesor fuzzy menggunakan aturan linguistik untuk menentukan aksi kontrol apa yang harus dilakukan dalam merespon nilai masukan yang diberikan. Evaluasi *rule* juga mengacu pada *fuzzy inference*. Sistem Inferensi Fuzzy (*Fuzzy Inference System / FIS*) disebut juga *fuzzy inference engine* adalah sistem yang dapat melakukan penalaran dengan prinsip serupa seperti manusia melakukan penalaran dengan nalurinya. FIS ini mengaplikasikan aturan pada masukan fuzzy yang dihasilkan dalam proses *fuzzyfikasi*, kemudian mengevaluasi tiap aturan dengan masukan yang dihasilkan dari proses *fuzzyfikasi*.

3. Defuzzyfikasi

Defuzzifikasi merupakan proses pemetaan himpunan fuzzy ke himpunan tegas (*crisp*). Proses ini berfungsi untuk mentransformasikan kesimpulan tentang aksiyang bersifat fuzzy menjadi sinyal sebenarnya yang bersifat *crisp* dengan menggunakan operator defuzzifikasi.



Gambar 1. Tahapan Operasional Logika Fuzzy

2.5. Pengumpulan Data Historis / Aktual

Dengan menggunakan data historis atau aktual yang dikumpulkan mulai dari tahun 2008 sampai 2013, akan diramalkan kebutuhan energi listrik untuk 5 tahun

ke depan. Berikut ini data yang didapatkan :

Tabel 1 Data aktual dari tahun 2008 sampai 2013

Sektor	Tahun				
	2009	2010	2011	2012	2013
Rumah Tangga	283261	302012	325359	352112	377402
Industri	239	248	261	289	321
Komersial	11616	11951	13176	14028	15263
Umum	11221	12063	12352	13104	13983
PDRB	7326770.570	7679947.810	7923807.820	8500245.190	9056421.810
Konsumsi Energi	694773	741887	768582	842460	878862

2.6. Pembentukan Fungsi Keanggotaan (Membership Function)

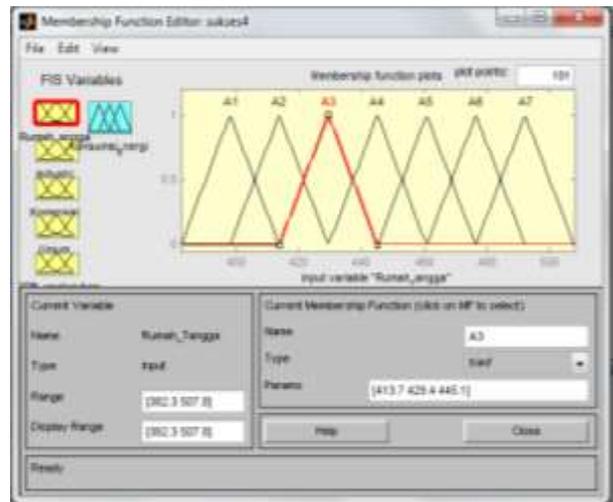
Pelanggan PLN jenis rumah tangga, industri, bisnis, sosial, gedung kantor pemerintah, penerangan jalan umum, serta jumlah penduduk / populasi, rasio elektrifikasi, pertumbuhan ekonomi dijadikan sebagai input peramalan, sedangkan konsumsi energi dijadikan sebagai output. FIS yang digunakan adalah tipe Mamdani. Masing-masing variabel tersebut memiliki himpunan variabel bahasanya (*fuzzy set*).

Tabel 2 Variabel himpunan fuzzy

Fungsi	Variabel	Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicaraan	Domain
Input	Rumah Tangga	A1	382.32 - 507.78	382.32 - 413.68
		A2		398 - 429.37
		A3		413.68 - 445.05
		A4		429.37 - 460.73
		A5		445.05-476.42
		A6		460.73-492.1
		A7		476.42-507.78
Input	Industri	B1	0.325 - 0.433	0.325-0.352
		B2		0.339-0.366
		B3		0.352-0.379
		B4		0.366-0.393
		B5		0.379-0.406
		B6		0.393-0.42
		B7		0.406-0.433
Input	Komersial	C1	15.47-21.14	15.47-16.88
		C2		16.18-17.59
		C3		16.88-18.30
		C4		17.59-19.01
		C5		18.30-19.72
		C6		19.01-20.43
		C7		19.72-21.14
Input	Umum	D1	14.11-16.95	14.11-14.82
		D2		14.47-15.18
		D3		14.82-15.53
		D4		15.18-15.89
		D5		15.53-16.24
		D6		15.89-16.6
		D7		16.24-16.95
Input	Total PDRB	E1	9282.67-11565.3	9282.67-9853.33
		E2		9568-10138.7
		E3		9853.33-10424
		E4		10138.7-10709.3

Output	Total Konsumsi Energi	E5	896.58-1415.92	10424-10994.7
		E6		10709.3-11280
		E7		10994.7-11565.3
		F1		896.58-1026.42
		F2		961.5-1091.33
		F3		1026.42-1156.25
		F4		1091.33-1221.17
F5	1156.25-1286.08			
F6	1221.17-1351			
F7	1286.08-1415.92			

Himpunan variabel bahasanya (*fuzzy set*) tersebut direpresentasikan dalam bentuk fungsi keanggotaan (*membership function*) segitiga.



Gambar 3 Membership Function

2.7. Pembentukan Aturan atau Rule

Dengan memperhatikan hubungan antara berbagai input terhadap output, maka dapat dibuat aturan-aturan (*rule*) untuk peramalan tahun-tahun berikutnya. Sehingga didapatkanlah aturan sebanyak 317 aturan .



Gambar 4 Rule Editor

3. Hasil dan Analisa

3.1. Hasil Peramalan

Dengan menggunakan aturan-aturan tersebut, maka konsumsi energi listrik yang didapatkan dari logika fuzzy adalah sebagai berikut :

Tabel 3 Hasil peramalan Konsumsi energi Listrik dengan Logika Fuzzy

Tahun	Hasil Fuzzy (MWH)
2014	994000
2015	1050000
2016	1120000
2017	1280000
2018	1320000

3.2. Perbandingan Metode Logika Fuzzy Dengan Software LEAP

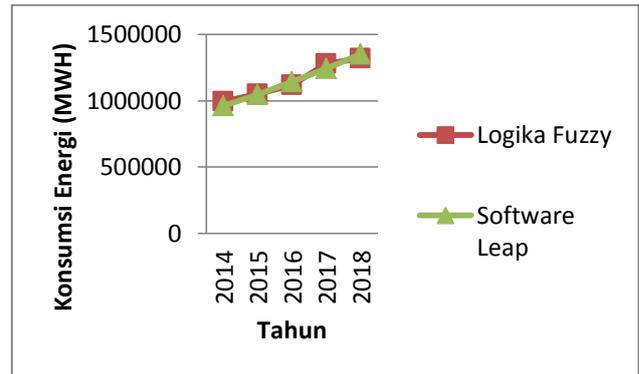
Pada tabel 4 berikut menunjukkan perbandingan hasil peramalan dengan Software LEAP dan peramalan oleh Logika Fuzzy.

Tabel 4 perbandingan peramalan software LEAP dan Logika Fuzzy

Tahun	Data Real (Mwh)	Konsumsi energi listrik (Mwh)		Error (%)
		Peramalan dengan Software LEAP	Peramalan dengan Logika Fuzzy	
2009	694.773			
2010	741.887			
2012	768.582			
2013	842.460			
2013	878.862			
2014		961.483	994.000	3,382
2015		1.048.449	1.050.000	0,148
2016		1.142.082	1.120.000	1,933
2017		1.242.852	1.280.000	2,989
2018		1.351.262	1.320.000	2,313
Rata-Rata Error (%)				2,1531

Dalam tabel 4 diatas juga disajikan data real berdasarkan statistik dari tahun 2009-2013 dan hasil ramalan konsumsi energi listrik di APJ Pekalongan.

Dari hasil peramalan dengan Logika Fuzzy, konsumsi energi listrik mengalami kenaikan yaitu dari 878.862 Mwh pada tahun 2013 menjadi sebesar 1.320.000 Mwh pada tahun 2022, terjadi peningkatan konsumsi energi listrik sebesar 441.138 Mwh. Pada grafik dibawah ini dapat dilihat perbandingan antara hasil peramalan dengan Software LEAP dengan hasil peramalan oleh Logika Fuzzy.



Gambar 5 Grafik perbandingan hasil peramalan dengan Software LEAP dan Logika Fuzzy

Dari perbandingan diatas, dapat dilihat bahwa konsumsi energi listrik antara software LEAP dengan logika fuzzy tidak berbeda jauh. Hal itu terlihat dari nilai kesalahan / error yang kecil. Rata-rata error yang kecil ini menunjukkan bahwa bentuk fungsi keanggotaan serta jumlah himpunan fuzzy yang digunakan memberikan tingkat keakuratan yang tinggi.

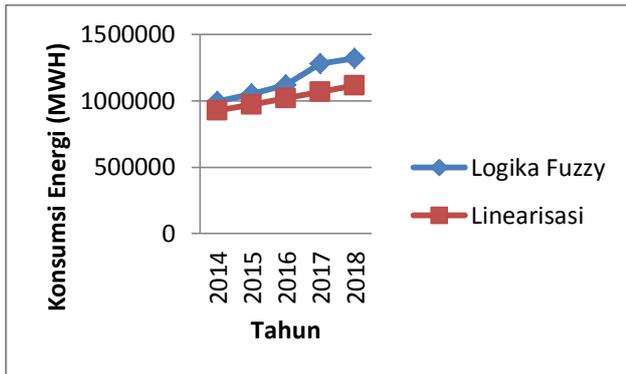
3.3. Perbandingan Data Linearisasi Dengan Logika Fuzzy

Pada tabel 5 berikut menunjukkan perbandingan hasil peramalan dengan Logika Fuzzy.

Tabel 5 perbandingan peramalan pendekatan Linear dan Logika Fuzzy

Tahun	Data Real (Mwh)	Konsumsi energi listrik (Mwh)		Error (%)
		Hasil Linearisasi	Peramalan dengan Logika Fuzzy	
2009	694.773			
2010	741.887			
2012	768.582			
2013	842.460			
2013	878.862			
2014		925.938,1	994.000	7,350
2015		972.813,2	1.050.000	7,934
2016		1.019.688	1.120.000	9,837
2017		1.066.563	1.280.000	20,012
2018		1.113.439	1.320.000	18,552
Rata-Rata Error (%)				12,737

Dalam tabel 5 diatas juga disajikan data real berdasarkan statistik dari tahun 2009-2013 dan hasil ramalan konsumsi energi listrik di APJ Pekalongan.



Gambar 5 Grafik perbandingan hasil Logika Fuzzy dan Pendekatan Linear

Dari perbandingan diatas, dapat dilihat bahwa konsumsi energi listrik antara Linearisasi dengan logika fuzzy terdapat perbedaan. Hal itu terlihat dari nilai kesalahan / error yang didapatkan, nilai error rata-rata sebesar 12,7371 %. Hal ini menunjukkan bahwa peramalan konsumsi energi listrik tahun 2014-2018 dimungkinkan tidak mengikuti alur dari data persamaan linear.

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan peramalan kebutuhan energy listrik di APJ Pekalongan dengan menggunakan logika fuzzy, didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dapat dilihat bahwa hasil peramalan antara logika fuzzy dengan software LEAP tidak jauh berbeda. Nilai error rata-rata yang didapat sebesar 2,1531 %.
2. Dapat dilihat bahwa hasil peramalan antara Linearisasi menggunakan trendline microsoft excell 2010 dan logika fuzzy terdapat perbedaan yang cukup besar. Nilai error rata-rata yang didapat sebesar 12,7371% melebihi batas error 10%. Hal ini menunjukkan bahwa peramalan konsumsi energi listrik tahun 2014-2018 di APJ Pekalongan dimungkinkan tidak mengikuti alur dari data persamaan linear.
3. Berdasarkan hasil peramalan konsumsi energi listrik di APJ Pekalongan pada tahun 2018 dengan Logika Fuzzy diperoleh hasil ramalan sebesar 1.320.000 MWH, sementara konsumsi energi listrik pada tahun 2013 sebesar 878.862 MWH ini berarti terjadi peningkatan sebesar 441.138 MWH dalam rentang 5 tahun.

Referensi

[1]. Purnamasari, Ika. "Metode TLSAR Berbasis Regresi Time Series, ARIMAX, dan Neural Network untuk Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek". Surabaya : Universitas Airlangga. 2012.

[2]. Defit, Sarjon. "Perkiraan Beban Listrik Jangka Pendek Dengan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System". Sumatera:Universitas Putra Indonesia. 2013.

[3]. Kartika, Meigy Restanaswari. "Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik APJ Pekalongan Tahun 2014-2018 Dengan Menggunakan Software Leap". Semarang : Universitas Diponegoro. 2015.

[4]. Putra, Iwan Perdana. "Aplikasi Logika Fuzzy Pada Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang di Provinsi Sumatera Barat Sampai Tahun 2018". Padang: Universitas Andalas. 2011.

[5]. Laksono, Heru Dibyo dan Abraham Arief. "Perkiraan Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang di Provinsi Sumatera Barat Sampai Tahun 2021 Dengan Logika Fuzzy Clustering". Padang: Universitas Andalas. 2012.

[6]. Nurkholiq, Nahar. "Analisa Perbandingan Metode Logika Fuzzy Dengan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Pada Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang di Indonesia Sampai Tahun 2022". Semarang : Universitas Diponegoro. 2014.

[7]. Wijono, Eni Yuningtyas dan Maju Binoto. "Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Di Kabupaten Karanganyar-Jawa Tengah". Malang:Universitas Brawijaya. 2012.

[8]. Latifa, Ulinuha. "Perancangan Sistem Kontrol Auto Tuning Fuzzy- PID: Studi Kasus Pada Pengendalian Exhaust Gas Recirculation Heavy Duty Diesel Engine". Semarang : Universitas Diponegoro. 2013.

[9]. Naba, Agus. "Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab". Yogyakarta:Andi. 2008.

[10]. Widodo, Daman dan Rahmadya Trias Handayanto. "Penerapan Soft Computing Dengan Matlab". Bandung:Rekayasa Sains. 2012.

[11]. Nuralamsyah, M Danang. "Desain Sistem Kontrol Rasio Perbandingan Udara dan Bahan Bakar (AFR) Pada Mesik 4 Langkah Dengan Metode Penalaan PID Berbasis Logika Fuzzy". Semarang: UNDIP. 2013.

[12]. E. Srinivas and Amit Jain. *A Methodology for Short-Term Load Forecasting Using Fuzzy Logic and Similarity*. The National Conference on Advances in Computational Intelligence Applications in Power, India, March. 2009.

[13]. Fariza, IrawanA. "Buku Pintar Pemrograman Matlab". Yogyakarta:Mediakom. 2012.

[14]. Nugroho, Agung. "Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Tahun 2006-2015 Menggunakan Metode Gabungan Dengan Pemrograman Visual Basic". Semarang : Universitas Diponegoro. 2008.

[15]. Suhono. "Kajian Perencanaan Permintaan dan Penyediaan Energi Listrik di Wilayah Kabupaten Sleman Menggunakan Perangkat Lunak LEAP". Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada. 2010.