

ANALISIS PROYEKSI KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK DI PROVINSI D.I YOGYAKARTA MENGGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY

Bharata Indra Lukita^{*)}, Susatyo Handoko, and Karnoto

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

^{*)E-mail: bharataindra2@gmail.com}

Abstrak

Kebutuhan energi listrik pada Provinsi D.I Yogyakarta setiap tahunnya selalu mengalami peningkatan, hal ini dikarenakan energi listrik merupakan salah satu kebutuhan primer bagi masyarakat. Untuk memenuhi kebutuhan pasokan energi listrik bagi masyarakat, dilakukan proyeksi terhadap kebutuhan energi listrik untuk mengoptimalkan penyediaan energi listrik. Pada penelitian ini proyeksi kebutuhan energi listrik dilakukan dengan menggunakan logika fuzzy. Variabel *input* yang digunakan adalah jumlah penduduk dan perekonomian penduduk tahun 2011-2015 dengan variabel *output* berupa hasil kebutuhan energi listrik tahun 2016-2022. Proyeksi dilakukan dengan memvariasikan jumlah fungsi keanggotaan (*mf*) dan *rules fuzzy* untuk mendapatkan hasil proyeksi yang diinginkan. Hasil menunjukkan bahwa kebutuhan energi listrik Provinsi D.I Yogyakarta mengalami peningkatan dimulai dari tahun 2016 hingga 2022 sebesar 1170 GWh dengan kenaikan rata-rata setiap tahunnya sebesar 5,2%. Mengacu pada proyeksi kebutuhan energi listrik pada dokumen RUPTL didapat keakuratan proyeksi pada metode logika fuzzy sebesar 98,08%

Kata kunci: Logika fuzzy, proyeksi kebutuhan energi listrik, Fuzzy Inference System

Abstract

Electrical energy demand in D.I Yogyakarta Province every year is always increasing, this is because electrical energy is one of the primary needs for the community. In order to meet the needs of electricity supply for the community, a projection of the need for electrical energy to optimize the supply of electrical energy. The method used in this research is fuzzy logic method. The input variable used is the population and economy of the population of 2011-2015 with the output variables in the form of electric energy demand for the year 2016-2022. The projection is done by varying the number of membership functions (*mf*) and fuzzy rules to get the desired projection result. The result shows that the electric energy needs of D.I Yogyakarta Province increased from 2016 to 2022 by 1170 Gwh with an average increase of 5.2% every year. Referring to the projection of electrical energy requirement in the RUPTL document obtained the accuracy of the projection on fuzzy logic method of 98.08%

Keywords: Fuzzy logic, electrical energy forecast, Fuzzy Inference System

1. Pendahuluan

Kehidupan masyarakat sangat bergantung pada sumber daya energi, salah satunya adalah energi listrik. Pertumbuhan ekonomi, perkembangan dunia industri, penambahan jumlah penduduk, serta pesatnya kemajuan teknologi merupakan penyebab utama dalam peningkatan jumlah kebutuhan energi listrik di masyarakat saat ini di Indonesia. Fenomena peningkatan kebutuhan listrik saat ini di masyarakat mengharuskan PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara) selaku penyalur utama listrik ke masyarakat perlu melakukan perencanaan operasi dan perencanaan sistem pengembangan tenaga listrik untuk mengetahui seberapa besar daya listrik yang ditransmisikan tepat sasaran dan tepat ukuran [1]

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. Selain itu jika besar konsumsi listrik tidak diperkirakan maka dapat mempengaruhi kesiapan dari unit pembangkit untuk penyediaan pasokan listrik kepada konsumen. Ketidak seimbangan daya listrik antara sisi kiri dan sisi terima dapat mengakibatkan kerugian. Pada sisi pembangkit dapat terjadi pemborosan apabila daya yang dibangkitkan lebih besar daripada penggunaan listrik pada konsumen, sedangkan pada sisi konsumen dapat terjadi pemadaman apabila daya yang

dibangkitkan lebih kecil daripada kebutuhan listrik konsumen [2].

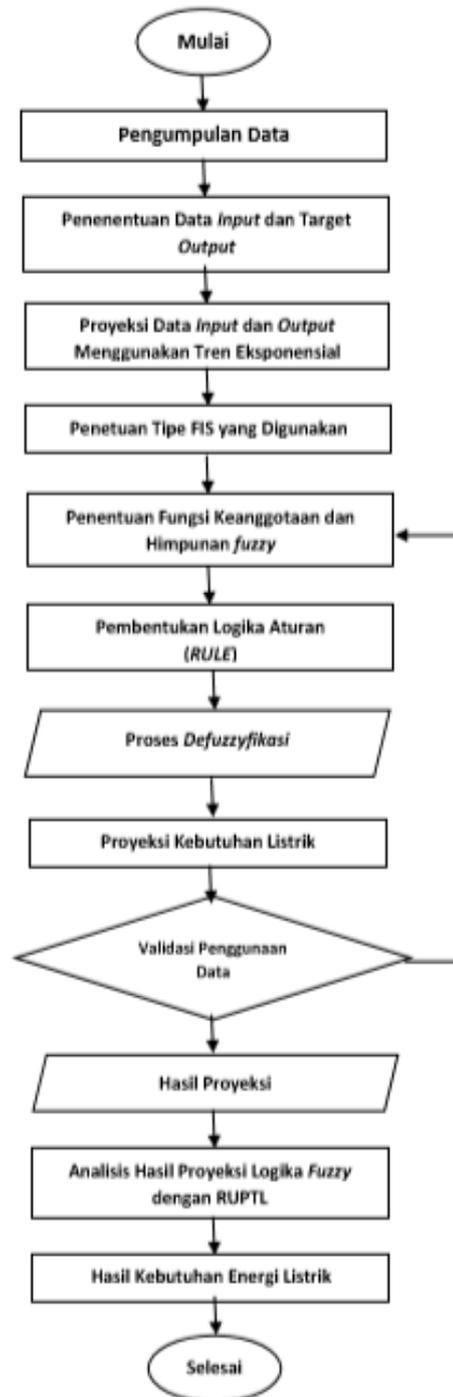
Dalam rangka pemenuhan kebutuhan energi listrik yang memadai diperlukan manajemen perencanaan operasi sistem yang tepat, salah satunya yaitu peramalan beban listrik untuk memberikan informasi bagi PT. PLN agar dapat memperkirakan besarnya permintaan sehingga dalam penyediaannya tidak terjadi pemborosan listrik yang dapat menimbulkan kerugian. Terdapat banyak metode atau teknik yang dapat digunakan untuk peramalan, dimana salah satunya adalah logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* merupakan salah satu metode yang dapat diimplementasikan untuk mengetahui suatu kejadian sebagai perbaikan kebijakan pada kejadian yang akan datang. Pada penelitian ini digunakan dua variabel *input* yaitu jumlah penduduk dan perekonomian penduduk Provinsi D.I Yogyakarta dan dengan variabel *output* berupa kebutuhan energi listrik Provinsi D.I Yogyakarta pada tahun 2016 hingga tahun 2022 [2].

Kebutuhan energi listrik akan meningkat sejalan dengan perkembangan ekonomi daerah dan pertumbuhan penduduk. Semakin meningkatnya ekonomi pada suatu daerah maka konsumsi energi listrik juga akan semakin meningkat. Kondisi inisialnya harus diantisipasi sedini mungkin agar penyediaan energi listrik dapat tersedia dalam jumlah yang cukup dan harga yang memadai. Disamping pertumbuhan ekonomi, perkembangan energi listrik juga dipengaruhi oleh faktor perkembangan penduduk dalam pengertian jumlah rumah tangga yang akan dialiri listrik [3].

Terdapat banyak metode atau teknik yang dapat digunakan untuk peramalan, dimana salah satunya adalah logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* merupakan salah satu metode yang dapat diimplementasikan untuk mengetahui suatu kejadian sebagai perbaikan kebijakan pada kejadian yang akan datang. Aplikasi logika *fuzzy* sebagai pendukung keputusan kini semakin diperlukan tatkala semakin banyak kondisi yang menuntut adanya keputusan yang tidak hanya bisa dijawab dengan “ya” atau “tidak”. Dari aplikasi logika *fuzzy* tersebut metode yang digunakan adalah metode *mamdani* karena memiliki keakuratan dan kemampuan meramal yang lebih baik dibandingkan dengan peramalan konvensional, dimana inputnya berupa yaitu : pertumbuhan jumlah pelanggan atau populasi, kebutuhan energi listrik sebelumnya, dan nilai PDRB (Produk Domestik Regional Bruto), dimana kemudian FIS (Fuzzy Inference System), yang kemudian FIS mengevaluasi semua rule secara simultan untuk menghasilkan output berupa kebutuhan energi listrik [5]

2. Metode

Secara garis besar proses penelitian ini, ditunjukkan pada diagram alir penelitian berikut ini



Gambar 1. Flowchart Tahapan Penelitian

2.1. Proyeksi data *Input* dan *output*

Analisa penelitian ini adalah untuk mendapatkan model peramalan kebutuhan energi listrik jangka panjang pada tahun 2016 hingga 2022 dengan menggunakan metode logika *fuzzy*. Data *input* yang digunakan adalah data jumlah penduduk dan perekonomian penduduk yang menghasilkan output berupa data kebutuhan energi listrik.

Penentuan nilai batas minimal dan maksimal variabel *input* dan *output* dilakukan dengan menggunakan data aktual dimulai dari tahun 2011 hingga tahun 2015 sebagai berikut

Tabel 1. Data Aktual Jumlah Penduduk, Perekonomian Penduduk dan Kebutuhan Energi Listrik

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Perekonomian Penduduk (Rupiah)	Kebutuhan Energi Listrik (GWh)
2011	4.875.772	5.306.150	5.518.713
2012	16.328.180	16.589.464	17.591.816
2013	29.894.900	331.561.992	32.980.559
2014	16.951.023	18.244.843	19.536.362
2015	68.049.875	71.702.449	75.627.450

Berdasarkan data aktual pada tabel diatas dilakukan proyeksi menggunakan metode tren eksponensial untuk mendapatkan nilai batas *range* minimal dan maksimal *input* semesta pembicaraan. Rumus tren eksponensial yang digunakan sebagai berikut:

$$P_1 = P_0(1 + r)^x \quad (2)$$

Dengan

P_1 =Nilai pada tahun yang ingin diramalkan

P_0 = Nilai pada tahun dasar

r = Nilai tren pertumbuhan

n = Jangka waktu atau periode data

Menggunakan rumus diatas, maka didapat hasil proyeksi sebagai nilai *input* semesta pembicaraan sebagai berikut

Tabel 2. Data Hasil Proyeksi Tahun 2016-2020

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Perekonomian Penduduk (juta rupiah)	Kebutuhan Energi Listrik (GWh)
2016	7.446.724,460	87.848.644,37	2.667,010
2017	7.535.134,230	92.452.064,00	2.863,330
2018	7.624.593,630	97.296.710,72	3.074,110
2019	7.715.115,12	102.395.225,20	3.300,400
2020	7.806.711,30	107.760.910,60	3.543,359
2021	7.899.395,00	113.407.767,00	3.804,195
2022	7.993.178,96	119.350.528,70	4.084,230

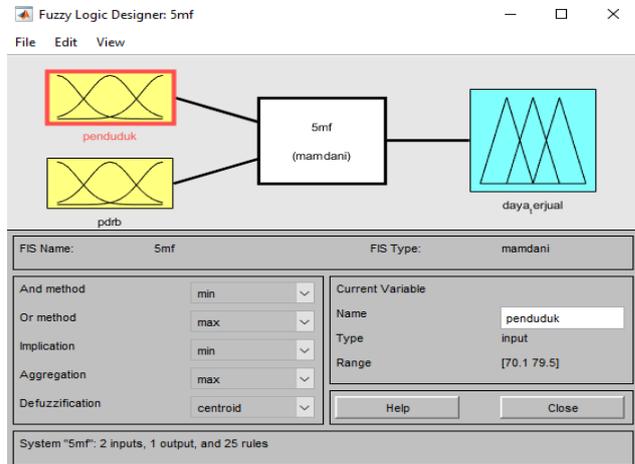
Berdasarkan hasil perhitungan diatas nilai yang dihasilkan akan digunakan sebagai *range* pada fungsi keanggotaan logika *fuzzy*

2.2. Pembentukan Sistem Fuzzy

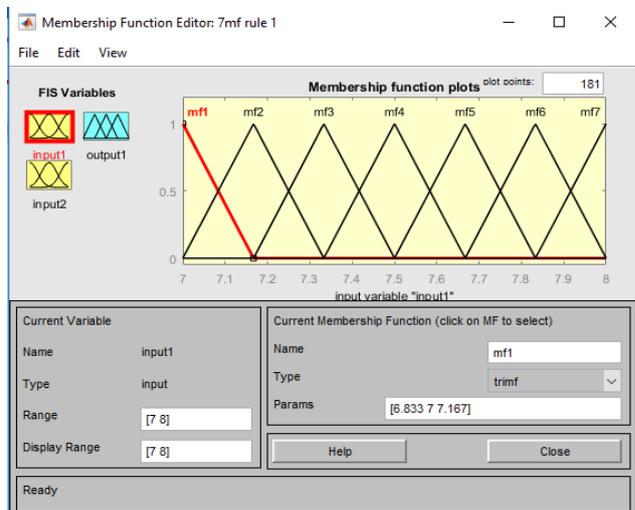
Pada gambar 2 menunjukan variabel *input* yang digunakan dan variabel *output* yang dihasilkan dimana variabel input yang digunakan adalah jumlah pelanggan dan PDRB sedangkan untuk variabel yang dihasilkan merupakan kebutuhan energi listrik

Setelah menentukan jumlah variabel *input* dan *output* yang digunakan, langkah berikutnya adalah pembentukan fungsi keanggotaan. Pada Penelitian ini jumlah fungsi

keanggotaan (*mf*) yang digunakan adalah 7 untuk masing-masing variabel *input* dan *output* yang digunakan. Berikut merupakan bentuk penentuan fungsi keanggotaan (*mf*) yang dilakukan.



Gambar 2. Toolbox Fuzzy 2 Variabel input dan 1 output



Gambar 3. Grafik Kurva Fungsi Keanggotaan Jumlah Penduduk

Gambar 3 menunjukan jumlah fungsi keanggotaan pada input 1 yaitu jumlah penduduk, nilai *range* yang dimasukan merupakan hasil konversi yang sudah dilakukan sebelumnya untuk mempermudah penginputan *range* pada fungsi keanggotaan yang digunakan, Konversi dilakukan karena nilai *input* pada matlab hanya dapat bernilai ribuan

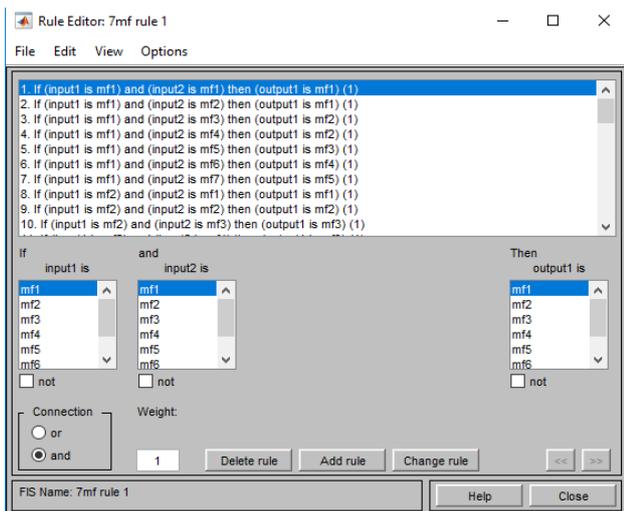
Pembentukan *rules* dengan menggunakan *IF-THEN rules* dilakukan berdasar asumsi logika kenaikan linier pada setiap sektornya, sehingga dapat diasumsikan logika *rules* yang digunakan adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Data Hasil Proyeksi Tahun 2016-2020

PDRB	SK	K	AK	M	AB	B	SB
SK	SK	SK	K	K	AK	M	AB
K	SK	K	AK	AK	M	M	AB
AK	K	AK	AK	M	M	AB	B
M	K	AK	M	M	AB	AB	B
AB	AK	M	M	AB	AB	B	B
B	M	M	AB	AB	B	B	SB
SB	AB	AB	B	B	B	SB	SB

Dengan : SK : Sangat Kecil
 K : Kecil
 AK : Agak Kecil
 M : Medium
 AB : Agak Besar
 B : Besar
 SB : Sangat Besar

Berdasarkan tabel logika *rules* menunjukkan hubungan antara masing-masing *input* terhadap *output* yang dihasilkan. Diasumsikan semakin kecil jumlah penduduk dan PDRB penduduk maka kebutuhan energi listrik juga semakin kecil. Begitu juga sebaliknya. Berdasarkan logika *rules* diatas maka dapat dibuat *rules* pada menu *rules editor*.



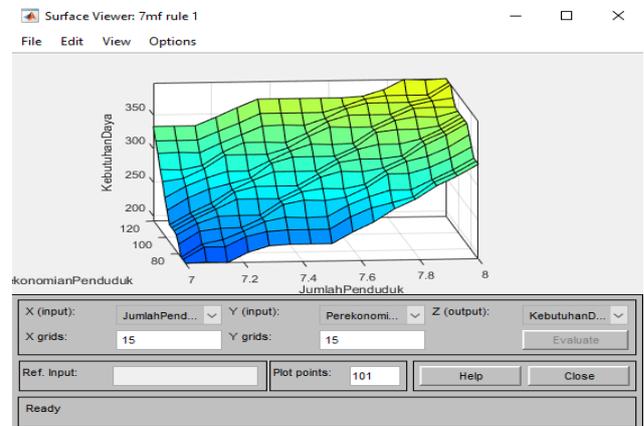
Gambar 4. Rule Editor Logika Fuzzy

Berdasarkan *rules* yang telah dibuat maka terbentuklah surface sabagai berikut Gambar 5.

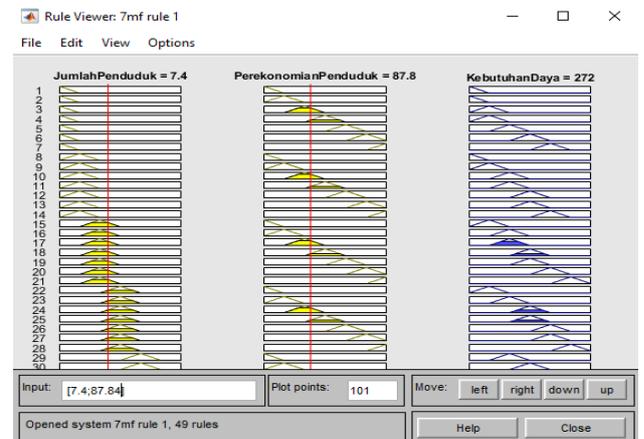
Gambar 5 menunjukkan hubungan antara variabel *input* dan *output* semakin besar nilai *input* maka *output* juga semakin besar.

Setelah *rules* terbentuk dapat dilakukan proyeksi pada menu *rule viewers*.

Gambar 6 menunjukkan *ouput* dari model proyeksi yang telah dibuat dan dijalankan. Dengan memasukkan nilai *input* pada kolom *input* lalu **enter** maka akan terlihat nilai *output* di sebelah kanan atas. Nilai *ouput* yang terlihat adalah 272 yang berarti nilai 2.720 GWh adalah hasil proyeksi tahun 2016



Gambar 5. Surface Viewer



Gambar 6. Rule Viewer

3. Hasil dan Analisa

3.1. Validasi Proyeksi Fuzzy

Validasi hasil proyeksi logika *fuzzy* diperlukan untuk menentukan apakah model proyeksi yang digunakan sudah layak atau tidak untuk melakukan peramalan. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil proyeksi *fuzzy* terhadap data historis/aktual yang didapat melalui dokumen milik PT. PLN (Persero). Berikut hasil validasi proyeksi *fuzzy* terhadap data aktual tahun 2011 hingga tahun 2015

Tabel 4. Hasil validasi metode logika fuzzy

Tahun	Kebutuhan energi Listrik (GWh)		Error (%)
	Fuzzy	Aktual	
2011	1920	1869,77	2,6
2012	2110	2043,75	3,2
2013	2220	2205,8	0,64
2014	2320	2389,1	2,8
2015	2470	2484,1	0,56
	Rata-rata		1,96

Berdasarkan tabel diatas nilai eror validasi sebesar 98,04% terhadap data aktual sehingga data inputan dan *rules* yang digunakan diasumsikan sudah dapat digunakan untuk melakukan proyeksi

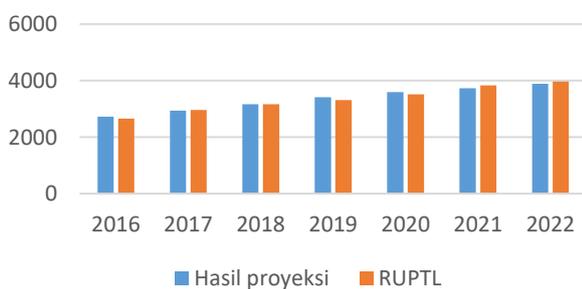
3.2. Hasil Proyeksi Fuzzy Logic

Hasil proyeksi kebutuhan energi listrik tahun 2016-2022 menggunakan metode logika fuzzy didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5 Tabel Error

Tahun	Kebutuhan Energi Listrik (GWh)		Error (%)
	RUPTL	Logika Fuzzy	
2016	2655	2720	2,4
2017	2968	2940	0,94
2018	3168	3170	0,063
2019	3312	3420	3,2
2020	3511	3600	2,5
2021	3828	3730	2,5
2022	3966	3890	1,9

Perbandingan hasil proyeksi kebutuhan energi metode logika fuzzy dengan hasil proyeksi pada dokumen RUPTL diatas dapat disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut



Gambar 7. Grafik Perbandingan Hasil Proyeksi dengan Data RUPTL

Berdasarkan analisa terhadap hasil proyeksi dan *error* proyeksi kebutuhan energi listrik menggunakan metode logika fuzzy memiliki tingkat keakuratan yg baik, dapat dilihat melalui tabel bahwa nilai *error* peramalan terbesar ada pada tahun 2019 yaitu sebesar 3,2% dan nilai *error* terkecil ada pada tahun 2018 yaitu sebesar 0,063% dan menghasilkan rata-rata *error* pertahunnya yaitu sebesar 1,92%

4. Kesimpulan

Hasil proyeksi kebutuhan energi listrik di Provinsi D.I Yogyakarta dengan menggunakan metode logika fuzzy terjadi peningkatan dari 2.720 GWh pada tahun 2016 menjadi sebesar 3.890 GWh pada tahun 2022 dengan rata-rata kenaikan setiap tahunnya sebesar 5,2%

Hasil proyeksi metode Logika Fuzzy dengan menggunakan data historis 5 tahun untuk memproyeksikan kebutuhan energi listrik 7 tahun menghasilkan keakuratan 98,08%

Nilai validasi proyeksi kebutuhan energi listrik menggunakan metode logika fuzzy terhadap data aktual kebutuhan energi listrik adalah sebesar 98,04%

Referensi

- [1]. Kristiana, Ana, "Peramalan Beban Puncak Pemakaian Listrik di Area Semarang dengan Metode Hybrid ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) – ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System)," Universitas Diponegoro, Semarang, 2015.
- [2]. Wibowo, Andro Cahyo, "Analisis Proyeksi Energi Menggunakan Metode Simple Econometric," Universitas Diponegoro, Semarang, 2015.
- [3]. Linawati, Sidemen M, Sari Harati Rukmi, " Peramalan Beban Listrik Harian Dengan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System," Universitas Udayana, Bali, 2014.
- [4]. Effendi Hansi, "Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Peramalan Beban Jangka Pendek Menggunakan MATLAB," Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat, 2007.
- [5]. M. Maryantho, Y. Erni, Naba, Agus, " Peramalan Beban Jangka Panjang Kelistrikan Kota Palu Menggunakan Metode Logika Fuzzy," Jurnal EECCIS Vol.9, 2015.
- [6]. Suswanto, Daman, " Sistem Distribusi Tenaga Listrik," Fakultas Teknik Universitas Padang, 2009.
- [7]. Sofyan, Assauri, " Teknik dan Metode Peramalan," Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, 1984
- [8]. Leonard L. Grigsby (2012). Electric Power Generation, Transmission, and Distribution (3rd Ed.). CRC Press
- [9]. Djiteng, Marsudi, Ir., " Operasi Sistem Tenaga Listrik ," Balai Penerbit dan Humas ISTN, Jakarta, 1990
- [10]. Suryanto, " Soft Computing Membangun Mesin Ber-IQ Tinggi," Bandung, 2008
- [11]. Bratawijaya, Addin Muhammad, " Analisis Perbandingan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Tanpa dan Dengan Fuzzy Clustering Pada Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik di Indonesia Sampai Tahun 2019," Universitas Diponegoro, 2016
- [12]. Dewi Sri Kusuma, "Analisis Desain Sistem Fuzzy Menggunakan ToolBox Matlab," Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu 2002.
- [13]. Haerani, Elin, "Analisa Kendali Logika Fuzy dengan Metode Defuzzyfikasi.COA (Center of Area), Bisektor, MOM (Mean of Maximum), LOM (Largest of Maximum), dan SOM (Smallest of Maximum)," Universitas Islam Sultan Syarif Kasim, Riau, 2015.
- [14]. C.A. Brebbia, " The Sustainable World," Wessex Institute Of Technology, UK : WIT Press, 2011

[15]. Peraturan Menteri ESDM nomor 30 Tahun 2003.
[16]. Peraturan Pemerintah Nomor 23 tahun 2014.

[17]. Data Statistik Tahun 2010-2015, PT. PLN (Persero)
[18]. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik tahun 2016-2025, PT. PLN (Persero)