**APLIKASI LOGIKA FUZZY PADA PERKIRAAN KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK
JANGKA PANJANG DI PROVINSI SUMATERA BARAT
SAMPAI TAHUN 2018**

**Heru Dibyo Laksono¹
Hansi Effendi²**

ABSTRACT

In the process of power system development planning necessary to have a forecast of electricity demand in the future. The results obtained estimates can be considered for policy makers to formulate measures to be taken for the future. It aims to achieve the optimization in the process of supplying electrical energy. To optimize the energy supply of electricity in the province of West Sumatra, required an estimation of electrical energy. In this study, estimation methods used are fuzzy logic. Estimates carried out long term, ie until 2018. Estimated long-term electric energy demand is generally based on past statistics and analysis based on energy consumption characteristics ago. Such characteristics are usually influenced by several factors, such as population, number of electricity customers, electrification ratio, and so forth. fuzzy logic method uses historical data / actual accumulated in several time periods, namely from 2000 to 2008. Results estimated by using fuzzy logic shows that the electrical energy needs in West Sumatra province in 2018 amounted to 3610 GWh. This value is not much different from the estimates made by PLN, which amounted to 3998.5 GWh. Error between the estimated value of fuzzy logic in 2018 and PLN was 5:48%.

Keywords: estimation of electrical energy, fuzzy logic, historical data / actual

INTISARI

Dalam proses perencanaan pengembangan sistem tenaga listrik diperlukan adanya suatu perkiraan kebutuhan tenaga listrik dimasa yang akan datang. Hasil perkiraan yang didapatkan bisa dijadikan bahan pertimbangan bagi pembuat kebijakan untuk merumuskan tindakan yang akan diambil untuk masa-masa mendatang. Hal ini bertujuan demi tercapainya optimalisasi dalam proses penyediaan energi listrik. Untuk optimalisasi penyediaan energi listrik di Provinsi Sumatera Barat, diperlukan suatu perkiraan kebutuhan energi listrik. Pada penelitian ini, metoda perkiraan yang digunakan adalah logika fuzzy. Perkiraan yang dilakukan bersifat jangka panjang, yaitu sampai tahun 2018. Perkiraan kebutuhan energi listrik jangka panjang umumnya mengacu pada statistik masa lalu dan atas dasar analisis karakteristik konsumsi energi yang lalu. Karakteristik tersebut biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jumlah penduduk, jumlah pelanggan listrik, rasio

¹ Jurusan Teknik Elektro Universitas Andalas

² Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang

elektrifikasi, dan lain sebagainya. metode logika fuzzy ini menggunakan data historis / aktual yang diakumulasikan dalam beberapa periode waktu, yaitu dari tahun 2000 sampai 2008. Hasil perkiraan dengan menggunakan logika fuzzy menunjukkan bahwa kebutuhan energi listrik di Provinsi Sumatera Barat pada tahun 2018 sebesar 3610 GWh. Nilai ini tidak jauh berbeda dengan perkiraan yang dilakukan oleh PLN, yaitu sebesar 3998.5 GWh. Nilai kesalahan antara hasil perkiraan logika fuzzy dengan PLN pada tahun 2018 tersebut adalah 5.48 %.

Kata kunci : *perkiraan kebutuhan energi listrik, logika fuzzy, data historis / aktual*

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan tenaga listrik di Provinsi Sumatera Barat dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh PLN wilayah Sumatera Barat, secara keseluruhan rata-rata pertumbuhan kebutuhan tenaga listrik dari tahun 2000 sampai 2008 adalah 5.22 % per tahun. Indikator penjualan energi listrik yang merefleksikan permintaan tenaga listrik masyarakat meningkat dari 1294.9 GWh pada tahun 2000 menjadi 1940 GWh di tahun 2008. Pada periode yang sama terjadi rata-rata pertumbuhan pelanggan sebesar 2.84 %. Kebutuhan tenaga listrik terbesar berasal dari sektor rumah tangga sebesar 44 % dan diikuti 34.63 % untuk sektor industri, 13.55 % sektor komersil, dan 7.80 % untuk sektor publik. Untuk memenuhi permintaan terhadap tenaga listrik tersebut, saat ini PT. PLN Persero Wilayah Sumatera Barat merencanakan akan membangun pembangkit listrik yang bertujuan untuk pengembangan kapasitas pembangkit di sistem Sumatera Barat. Dalam upaya membangun sebuah pembangkit dibutuhkan perencanaan yang matang dan waktu yang lama. Mengingat lamanya waktu yang dibutuhkan untuk membangun sebuah pembangkit, maka dalam proses pembangunannya mesti dilakukan perhitungan yang cermat, terutama dalam hal perkiraan berapa besar tenaga listrik yang dapat dihasilkan oleh suatu pembangkit yang akan dibangun. Tentunya ini tergantung pada seberapa besar nilai perkiraan kebutuhan akan energi listrik di daerah ini. Dalam proses perencanaan pengembangan sistem tenaga listrik diperlukan adanya suatu perkiraan kebutuhan tenaga listrik dimasa yang akan datang. Hasil

perkiraan yang didapatkan bisa dijadikan bahan pertimbangan bagi pembuat kebijakan untuk merumuskan tindakan yang akan diambil untuk masa-masa mendatang. Hal ini bertujuan demi tercapainya optimalisasi dalam proses penyediaan energi listrik. Metoda perkiraan 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 kebutuhan tenaga listrik untuk masa yang akan datang. Logika fuzzy merupakan salah satu sistem cerdas yang dapat digunakan untuk perkiraan tersebut. Aplikasi logika fuzzy sebagai metoda perkiraan kebutuhan tenaga listrik telah banyak diperkenalkan oleh para pakar diantaranya E. Srinivas dan Amit Jain [1], Kyung-Bin Song [2], Dr. S. Chenthur Pandian [3], dan Jagadish H. Pujar [4].

Adapun tujuan dari penelitian ini untuk memperkirakan besarnya kebutuhan energi listrik di Provinsi Sumatera Barat sampai tahun 2018 sehingga nantinya dapat dijadikan bahan perbandingan dalam melakukan analisa kebutuhan energi listrik di Provinsi Sumatera Barat supaya dapat diperoleh tingkat keakuratan yang tinggi dalam perencanaan pengembangan sistem tenaga listrik. Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut [5]:

1. Kebutuhan energi yang diperkirakan adalah kebutuhan energi listrik maksimum di Provinsi Sumatera Barat sampai tahun 2018.
2. Data historis yang digunakan mulai dari tahun 2000 dan akan digunakan untuk meramalkan besarnya kebutuhan energi listrik sampai tahun 2018.

3. Tidak ada perubahan radikal dalam 10 tahun yang akan datang sehingga menyebabkan pola pertumbuhan tenaga listrik sesuai dengan trend selama ini.
4. Metoda yang digunakan adalah metoda Logika Fuzzy.
5. Perangkat lunak adalah Matlab versi 7.0.1.

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

Perkiraan Energi Listrik

Metode perkiraan adalah suatu cara yang digunakan untuk mengukur atau memperkirakan kejadian dimasa yang akan datang. Perkiraan dapat dilakukan secara kualitatif maupun secara kuantitatif. Perkiraan dengan metode kualitatif adalah perkiraan yang didasarkan pada pendapat dari yang melakukan perkiraan sedangkan perkiraan kuantitatif adalah perkiraan yang menggunakan metode statistik. Berkaitan dengan hal tersebut, maka dalam perkiraan dikenal istilah prediksi dan perkiraan. Perkiraan didefinisikan sebagai proses perkiraan 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 perkiraan dimasa yang akan datang. Prediksi didefinisikan sebagai suatu proses perkiraan 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, perkiraan yang baik sangat tergantung dari kemampuan, pengalaman dan kepekaan dari orang yang bersangkutan.

Energi adalah kerja yang mampu dilakukan oleh sistem sehingga energi listrik merupakan kerja yang dilakukan oleh sistem dengan menggunakan tenaga listrik. Satuan untuk mengukur energi listrik inidalah Watthour atau Kilowatthour (KWh)[6]. Perkiraan kebutuhan energi listrik sangat diperlukan untuk membantu mengambil kebijaksanaan penyediaan energi listrik, baik jangka pendek, jangka menengah, maupun jangka panjang. Berdasarkan waktu peramalannya, perkiraan dapat dibagi dalam tiga kelompok [7], yaitu : Perkiraan jangka pendek, dengan jangka waktunya mulai dari satu hari sampai satu minggu, perkiraan jangka menengah, jangka waktunya mulai dari satu minggu sampai satu tahun dan perkiraan jangka panjang, dengan jangka waktu 1 sampai 10 tahun.

Perkiraan dengan jangka waktu yang berbeda-beda memiliki peranan yang berbeda pula terhadap sebuah sistem tenaga. Perkiraan jangka pendek penting untuk operasi kondisi *real* dan kendali sistem tenaga. Perkiraan jangka menengah memiliki peranan penting untuk perawatan dan perencanaan program. Perkiraan jangka panjang memainkan peranan pertama dalam pengembangan fasilitas pembangkit, transmisi, dan distribusi. Kebutuhan tenaga listrik suatu daerah tergantung dari letak daerah, jumlah penduduk, standar kehidupan, rencana pembangunan atau pengembangan daerah dimasa yang akan datang, sehingga dalam perkiraan diperlukan data yang mencakup perkembangan daerah, tingkat perekonomian daerah, jumlah pelanggan listrik, jumlah penduduk daerah tersebut dan sebagainya..

Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah suatu cara untuk memetakan suatu ruang

masuk ke dalam suatu ruang keluaran. 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.

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 [8] representasi linear, representasi kurva segitiga, representasi kurva trapesium, representasi kurva $-S$ (*Sigmoid*) dan representasi kurva bentuk lonceng (*bell curve*).

Dalam sistem kendali 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 kendali apa yang harus dilakukan dalam merespon nilai

masuk 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. Terdapat beberapa jenis FIS yang dikenal yaitu Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto. FIS yang paling mudah dimengerti, karena paling sesuai dengan naluri manusia adalah FIS Mamdani. FIS tersebut bekerja berdasarkan kaidah-kaidah linguistik dan memiliki algoritma *fuzzy* yang menyediakan sebuah aproksimasi untuk dimasuki analisa matematik. Salah satu metode evaluasi *rule* yang banyak dipakai adalah *Inference Min-Max*, yang disebut juga dengan metode Mamdani. Dalam *inference "Min-Max"*, proses pertama yang dilakukan adalah melakukan operasi min sinyal keluaran lapisan fuzzifikasi yang diteruskan dengan operasi max untuk mencari nilai keluaran yang selanjutnya akan di defuzzyfikasikan sebagai bentuk keluaran pengendali.

3. Defuzzyfikasi

Defuzzifikasi merupakan proses pemetaan himpunan fuzzy ke himpunan tegas (*crisp*). Proses ini merupakan kebalikan dari proses fuzzifikasi. Metode dalam melakukan defuzzyfikasi antara lain

- a. Centroid method
- b. Height method
- c. First (or Last) of Maxima
- d. Mean-Max method
- e. Weighted Average

Gambar 1. Proses Logika Fuzzy

Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini, perkiraan kebutuhan energi listrik di Provinsi Sumatera Barat bersifat jangka panjang dengan menggunakan logika fuzzy. Perkiraan kebutuhan energi jangka panjang umumnya mengacu pada statistik masa lalu dan atas dasar analisis karakteristik konsumsi energi yang lalu. Karakteristik tersebut biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jumlah penduduk, jumlah pelanggan listrik, rasio elektrifikasi, dan lain sebagainya [9]. Sehingga, metoda logika fuzzy ini menggunakan data historis / aktual yang diakumulasikan dalam beberapa periode waktu.

Ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika fuzzy, antara lain [10]:

- Konsep logika fuzzy mudah dimengerti. Konsep matematis yang

mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti.

- Logika fuzzy sangat fleksibel.
- Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
- Logika fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.
- Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
- Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.

Prosedur Penelitian

Perkiraan kebutuhan energi listrik dengan logika fuzzy ini melalui langkah-langkah sebagai berikut

1. Mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan faktor-faktor perkiraan yaitu jumlah penduduk, jumlah pelanggan listrik, dan rasio elektrifikasi.. Data-data ini didapatkan dari PT. PLN Wilayah Sumatera Barat. Data-data ini dijadikan data historis atau aktual yang dengan rentang waktu dari tahun 2000 sampai tahun 2008.
2. Proses pemodelan sistem fuzzy dalam penelitian ini menggunakan bantuan *Fuzzy Logic Toolbox* yang terdapat di Matlab. Dengan menggunakan toolbox ini, dapat dibangun sebuah *Fuzzy Inference System* (FIS) dalam lingkungan kerja MATLAB. Dalam toolbox ini terdapat dua tipe FIS yang digunakan yaitu FIS Tipe Mamdani dan FIS Tipe Sugeno. Pada penelitian ini tipe FIS yang digunakan yaitu FIS Tipe mamdani.
3. Fuzzifikasi yaitu pembentukan *membership function input* dan *membership function output*. Pada penelitian ini, rancangan sistem FIS menggunakan 3 variabel masukan dan 1 variabel keluaran. Variabel masukan yang digunakan adalah jumlah penduduk, jumlah pelanggan listrik, dan rasio elektrifikasi. Untuk variabel keluaran yang digunakan adalah perkiraan konsumsi energi listrik. Untuk masing-masing input ditentukan himpunan variabel bahasanya (*fuzzy set*). Keluaran yang dihasilkan pun juga dibagi atas himpunan variabel bahasanya.
4. Kemudian dilakukan pembentukan rule melalui *Rule Editor*. *Rule* atau aturan ini dibuat berdasarkan data aktual dari tahun 2000 sampai 2008. *Rule editor* ini memudahkan kita menyusun pernyataan-pernyataan *if-then rule* secara otomatis.
5. Proses penalaran (*inference*) terhadap masukan fuzzy sesuai dengan aturan

dasar yang telah dibuat untuk mendapatkan fungsi keanggotaan keluaran. Proses penalaran menggunakan metoda Mamdani (Min-Max). Pada metoda ini masing-masing masukan mengalami operasi min / irisan. Ketiga input ditentukan daerah irisannya kemudian dilakukan operasi max/gabungan untuk mencari nilai maksimum dari ketika masukan tersebut.

6. Fungsi keanggotaan output yang masih dalam bentuk logika fuzzy diubah kedalam logika tegas melalui proses defuzzifikasi. Metode yang digunakan dalam defuzzifikasi adalah metode titik tengah. Output fuzzy dari yang berupa bidang hasil perpotongan input dicari titik tengahnya. Hasil dari defuzzifikasi berupa output crisp yang menunjukkan bobot dari perkiraan energi listrik tersebut. *Rule viewer* pada akhirnya berfungsi untuk menampilkan proses keseluruhan yang terjadi dalam FIS yang telah dibangun
7. Dengan menggunakan aturan-aturan yang telah dibuat sebelumnya maka selanjutnya dilakukan perkiraan kebutuhan energi listrik untuk 10 tahun ke depan. Untuk melakukan perkiraan 10 tahun ke depan, tentunya semesta pembicaraan untuk masing-masing variabel masukan dan keluaran diperlukan dan diperoleh dari PT. PLN Wilayah Sumatera Barat. PT. PLN Wilayah Sumatera Barat menggunakan sebuah perangkat lunak yaitu perangkat lunak DKL 3.01 yang digunakan untuk memproyeksikan kebutuhan listrik di wilayah Sumatera Barat.
8. Selanjutnya dilakukanlah perkiraan konsumsi energi listrik. Dengan menggunakan data-data perkiraan PT. PLN Wilayah Sumatera Barat tersebut, maka nantinya akan dihasilkan nilai perkiraan logika fuzzy untuk 10 tahun ke depan.
9. Toleransi kesalahan (*error*) untuk perkiraan kebutuhan energi listrik jangka panjang adalah 10 % [11].

Adapun rumusan untuk menghitung kesalahan ini adalah

$$\text{Kesalahan} = \frac{|\text{actual} - \text{forecast}|}{\text{actual}} \times 100\%$$

(1)

Sedangkan untuk menghitung Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah

$$\text{MAPE} = \frac{\text{sum of ape}}{n \text{ year}}$$

(2)

Pada penelitian ini, perkiraan kebutuhan energi listrik dengan metoda logika fuzzy akan dibandingkan terhadap perkiraan yang dihasilkan oleh PT. PLN Wilayah Sumatera Barat. Untuk mendapatkan tingkat keakuratan perkiraan, harus ditunggu hingga tahun perkiraan tersebut datang dan

dibandingkan data konsumsi energi listrik aktualnya terhadap perkiraan konsumsi energi listrik yang kita hasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data Historis / aktual

Pada penelitian ini, perkiraan kebutuhan energi listrik di Provinsi Sumatera Barat bersifat jangka panjang. Dengan menggunakan data historis atau aktual yang dikumpulkan mulai dari tahun 2000 sampai 2008, akan diperkirakan kebutuhan energi listrik untuk 10 tahun ke depan. Data aktual ini diperoleh dari PT. PLN Wilayah Sumatera Barat. Data ini meliputi jumlah penduduk / populasi, jumlah pelanggan listrik, rasio elektrifikasi, dan penjualan energi listrik yang merefleksikan permintaan/ konsumsi energi listrik masyarakat sebagai berikut

Tabel 1. Data Aktual Dari Tahun 2000 Sampai 2008

Tahun	Populasi (10 ³ jiwa)	Jumlah Pelanggan (10 ³ pelanggan)	Rasio Elektrifikasi (%)	Konsumsi Energi (GWh)
2000	4220.30	619.27	56.20	1294.90
2001	4243.50	652.41	58.00	1339.80
2002	4375.10	677.80	58.90	1360.40
2003	4456.80	704.47	59.80	1395.80
2004	4528.20	736.68	61.10	1466.90
2005	4604.00	758.26	61.50	1580.40
2006	4632.20	779.24	61.60	1740.90
2007	4697.80	809.02	64.90	1803.80
2008	4767.90	846.95	67.60	1940.00

Pembentukan Fungsi Keanggotaan

Jumlah penduduk, jumlah pelanggan, dan rasio elektrifikasi dijadikan sebagai masukan perkiraan, sedangkan konsumsi energi dijadikan sebagai keluaran. FIS yang

digunakan adalah tipe Mamdani. Masing-masing variabel tersebut memiliki himpunan variabel bahasanya (*fuzzy set*) yang direpresentasikan dalam bentuk fungsi keanggotaan (segitiga)

Tabel 2. Himpunan Fuzzy Variabel Masukan dan Keluaran

Fungsi	Variabel	Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicaraan	Domain
Masukan	Populasi	A1	4220 – 4768	4220 – 4357
		A2		4289 – 4426
		A3		4357 – 4494
		A4		4426 – 4563
		A5		4494 – 4631
		A6		4563 – 4700
		A7		4631 – 4768
	Jumlah Pelanggan	B1	619 – 847	619 – 695
		B2		657 – 733
		B3		695 – 771
		B4		733 – 809
		B5		771 – 847
	Rasio Elektrifikasi	C1	56 – 68	56 – 60.8
		C2		58.4 – 63.2
		C3		60.8 – 65.6
		C4		63.2 – 68
Keluaran	Konsumsi Energi	D1	1294 – 1940	1294 – 1456
		D2		1375 – 1536
		D3		1456 – 1617
		D4		1536 – 1698
		D5		1617 – 1779
		D6		1698 – 1859
		D7		1779 – 1940

Pemilihan himpunan fuzzy untuk populasi, pelanggan listrik, rasio elektrifikasi, dan konsumsi energi listrik seperti yang tercantum pada Tabel 2 dipilih berdasarkan coba-coba, mana yang mendekati nilai yang sebenarnya pada proses pembangunan aturan. Hal ini dilakukan karena tidak ada rumusan yang pasti yang dapat menjelaskan jumlah himpunan fuzzy yang memberikan tingkat perkiraan yang akurat.

Pembentukan Aturan

Dengan memperhatikan hubungan antara berbagai input terhadap output, maka dapat dibuat aturan-aturan (*rule*) untuk perkiraan tahun-tahun berikutnya dan diperoleh aturan sebanyak 72 aturan. Dengan menggunakan aturan-aturan tersebut, maka konsumsi energi listrik yang didapatkan dari logika fuzzy adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Perbandingan Data Aktual Dengan Logika Fuzzy

Tahun	Data Aktual (GWh)	Logika Fuzzy (GWh)	Error (%)
2000	1294.90	1380	6.57
2001	1339.80	1380	3.00
2002	1360.40	1400	2.91
2003	1395.80	1440	3.17
2004	1466.90	1500	2.26
2005	1580.40	1630	3.14
2006	1740.90	1670	4.07
2007	1803.80	1800	0.21
2008	1940	1820	6.19

Dari perbandingan diatas, dapat dilihat bahwa konsumsi energi listrik antara data aktual dengan logika fuzzy tidak berbeda jauh. Hal itu terlihat dari nilai kesalahan yang kecil dimana nilai rata-rata kesalahan sebesar 3.5 % . Rata-rata kesalahan yang kecil ini menunjukkan bahwa bentuk fungsi keanggotaan serta jumlah himpunan fuzzy yang digunakan memberikan tingkat keakuratan yang tinggi

Perkiraan Konsumsi Energi Listrik

Untuk melakukan perkiraan 10 tahun ke depan, semesta pembicaraan untuk masing-masing variabel masukan dan keluaran diketahui dari nilai variabel-variabel yang diperoleh dari PT. PLN Wilayah Sumatera Barat. PT. PLN Wilayah Sumatera Barat menggunakan sebuah perangkat lunak yaitu perangkat lunak DKL 3.01 yang digunakan untuk memproyeksikan kebutuhan listrik di wilayah Sumatera Barat.

Tabel 4. Proyeksi Kebutuhan Listrik Sumatera Barat Oleh PLN

Tahun	Populasi (10 ³ jiwa)	Jumlah Pelanggan (10 ³ pelanggan)	Rasio Elektrifikasi (%)	Konsumsi Energi (GWh)
2009	4836.70	879.95	69.20	2042.60
2010	4904.10	922.58	71.50	2191.30
2011	4969.90	971.63	74.30	2367.10
2012	5034.20	1023.30	77.10	2557.50
2013	5096.70	1077.71	80.10	2763.70
2014	5157.50	1135.03	83.20	2987.00
2015	5216.50	1195.40	86.40	3228.90
2016	5273.50	1253.35	89.30	3467.00
2017	5328.50	1314.12	92.40	3723.00
2018	5381.40	1377.83	95.60	3998.50

Data yang didapatkan ini digunakan sebagai pembanding terhadap perkiraan yang dihasilkan oleh logika fuzzy. Untuk melakukan perkiraan ini, aturan-aturan (*rule*) yang digunakan adalah aturan yang didapatkan dari data aktual tahun 2000

sampai 2008. Tentunya untuk perkiraan dari tahun 2009 sampai 2018, bentuk fungsi keanggotaan dan himpunan fuzzy variabel masukan dan keluaran sama dengan yang digunakan pada perkiraan konsumsi energi listrik dari tahun 2000 sampai 2008. Berikut

ini hasil perkiraan konsumsi energi listrik yang dihasilkan oleh logika fuzzy yang dibandingkan terhadap perkiraan yang

dilakukan oleh PT. PLN Wilayah Sumatera Barat

Tabel 5. Perbandingan Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Oleh PLN Dengan Logika Fuzzy

Tahun	Perkiraan PLN (GWh)	Perkiraan Logika Fuzzy (GWh)	Kesalahan (%)
2009	2042.60	2200.00	7.71
2010	2191.30	2200.00	0.40
2011	2367.10	2310.00	2.41
2012	2557.50	2330.00	8.90
2013	2763.70	2530.00	8.46
2014	2987.00	2760.00	7.60
2015	3228.90	3060.00	5.23
2016	3467.00	3420.00	1.36
2017	3723.00	3610.00	3.04
2018	3998.50	3610.00	9.72

Pada Tabel 5 terlihat bahwa hasil perkiraan antara PT. PLN Wilayah Sumatera Barat dengan logika fuzzy tidak jauh berbeda. Nilai kesalahan rata-rata yang didapat sebesar 5.48 %. Perlu diketahui, bahwa data perkiraan konsumsi energi listrik yang dihasilkan oleh PT. PLN Wilayah Sumatera Barat hanya digunakan sebagai data pembanding, karena nilai konsumsi energi listrik untuk 10 tahun ke depan belum dapat dipastikan. Untuk mendapatkan tingkat keakuratan peramalan, harus ditunggu hingga tahun perkiraan tersebut datang dan dibandingkan data konsumsi energi listrik aktualnya terhadap perkiraan konsumsi energi listrik yang kita hasilkan.

KESIMPULAN Simpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Perkiraan kebutuhan energi jangka panjang umumnya mengacu pada statistik masa lalu dan atas dasar analisis karakteristik konsumsi energi yang lalu. Karakteristik tersebut biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jumlah penduduk, jumlah pelanggan listrik, rasio elektrifikasi, dan lain sebagainya. Metoda logika fuzzy

ini menggunakan data historis / aktual yang diakumulasikan dalam beberapa periode waktu, yaitu dari tahun 2000 sampai 2008.

2. Hasil perkiraan antara PT. PLN Wilayah Sumatera Barat dengan logika fuzzy tidak jauh berbeda. Nilai rata-rata kesalahan yang diperoleh sebesar 5.48 %. Perlu diketahui, bahwa data perkiraan konsumsi energi listrik yang dihasilkan oleh PLN hanya digunakan sebagai data pembanding, karena nilai konsumsi energi listrik untuk 10 tahun ke depan belum dapat dipastikan.

Saran

Metoda perkiraan dengan menggunakan teknik kecerdasan buatan dapat dilakukan dengan tingkat kesalahan yang beragam. Jumlah tahun data historis / aktual yang lebih banyak dapat meningkatkan tingkat keakuratan peramalan. Selain itu, diharapkan lebih banyak lagi faktor-faktor yang mendukung atau mempengaruhi perkiraan kebutuhan konsumsi energi listrik yang dijadikan masukan perkiraan. Selain itu dapat juga dipergunakan beberapa metoda yang lain seperti Fuzzy Linear Regresi, Fuzzy Neural Network, dan lainnya. Hal ini bertujuan

untuk mendapatkan perkiraan dengan tingkat keakuratan yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Srinivas and Amit Jain. 2009. *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.
- [2] Kyung-Bin Song. 2005. *Short-Term Load Forecasting for the Holidays Using Fuzzy Linear Regression Method*. IEEE Transactions On Power System, Vol. 20, No. 1, February.
- [3] Pandian, Chenthur. 2006. *Fuzzy Approach for Short-Term Load Forecasting*. Electric Power System Research.
- [4] Pujar, Jagadish H. 2010. *Fuzzy Ideology based Long Term-Load Forecasting*. World Academy of Science, Engineering and Technology.
- [5] PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara) Persero Wilayah Sumatera Barat
- [6] Suswanto, Daman. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
- [7] Hesham K. Alfares and Mohammad Nazeeruddin. 2002. *Electric Load Forecasting: Literature Survey and Classification of Methods*. International Journal of Systems Science, volume 33.
- [8] Suyanto. 2008. *Soft Computing : Membangun Mesin Ber-IQ Tinggi*. Bandung : Penerbit Informatika.
- [9] Arief Heru Kuncoro dan Rinaldy Dalimi. 2005. *Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Perkiraan Beban Tenaga Listrik Jangka Panjang Pada Sistem Kelistrikan Di Indonesia*. Jurnal Teknologi, Edisi No. 3 Tahun XIX.
- [10] Kusumadewi, Sri. 2002. *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*. Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu.
- [11] Rob J. Hyndman and Shu Fan. 2008. *Density Forecasting for Long-Term Peak Electricity Demand*. Australia, Monash University.