

APLIKASI LOGIKA FUZZY UNTUK PERAMALAN BEBAN LISTRIK JANGKA PENDEK MENGGUNAKAN MATLAB

Hansi Effendi ^{*)}

ABSTRACT

This research is conducted to apply Fuzzy Logic which is implemented in short term load forecasting. Data that is used for short term load forecasting are historical load data and temperature data. The data is analyzed to learn the load characteristic of Sumbar System which is used as references for making rules in Fuzzy Logic. The Fuzzy Logic model is made using fuzzy logic toolbox that is provided by Matlab. The forecasting result is compared with actual load. It is seen from experiment that the advantage of Fuzzy Logic is its rules that are made from supplied data.

Keyword : Fuzzy Logic, load forecasting, rules.

^{*)} Jurusan Teknik Elektro FT Universitas Negeri Padang, email:

PENDAHULUAN

Salah satu aplikasi sistem cerdas yang paling sukses dan masih berkembang saat ini yaitu peramalan beban listrik. Beberapa penelitian yang telah dilakukan diantaranya yaitu peramalan beban listrik menggunakan JST (Subiyanto, 2000; Halim dan Wibisono, 2000; dan Effendi, 2001), menggunakan logika *fuzzy* (Lepran, 2004), menggunakan algoritma genetika (Syafrizal, Wardhani, dan Irsyad, 2008), dan kolaborasi antara beberapa kecerdasan buatan atau dikenal dengan *hybrid system* seperti *Genetic Algorithm Neural Network* (GANN) (Fathony dan Romzi, 2008) dan *Fuzzy Artificial Neural Network* (Harsono, Ciptomulyono, dan Siswanto, 2005).

Peramalan beban listrik adalah suatu ilmu untuk memperkirakan beban listrik di masa datang berdasarkan beban yang telah ada sebelumnya. Berdasarkan jangka waktunya, peramalan beban dapat di bagi menjadi tiga kategori: jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang. Tidak ada rumus yang eksak untuk membuat perkiraan beban ini, oleh karena itu perlu ada teknik atau metode dalam membuat perkiraan beban.

Perkiraan beban umumnya mengacu pada statistik masa lalu dan atas dasar analisis karakteristik beban yang lalu. Karakteristik beban masa lalu biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: cuaca, waktu, ekonomi, dan gangguan acak (Marsudi, 2005). Faktor cuaca termasuk temperatur, kelembaban, ke-

cepatan angin, keadaan awan, dan intensitas cahaya. Perubahan cuaca menyebabkan perubahan terhadap kenyamanan konsumen dan berpengaruh terhadap penggunaan peralatan seperti alat pengatur suhu udara dan pemanas air. Faktor waktu mempengaruhi beban pada saat hari libur, hari kerja, hari besar keagamaan, dan lain sebagainya. Faktor ekonomi mempengaruhi beban karena listrik merupakan suatu komoditas. Situasi ekonomi mempengaruhi penggunaan komoditas ini seperti derajat industrialisasi, harga listrik, dan kebijakan manajemen beban. Faktor gangguan acak yaitu seperti mematikan atau menghidupkan alat-alat berat pada suatu industri besar, gangguan pada jaringan, dan adanya acara-acara khusus seperti adanya pertandingan olahraga yang digemari oleh konsumen. (Feinberg & Genethliou, 2004).

Penelitian ini bertujuan melakukan peramalan beban jangka pendek dengan metode logika *fuzzy* menggunakan data beban dan memasukkan faktor-faktor yang mempengaruhi beban listrik seperti suhu sebagai masukannya. Alat bantu yang digunakan untuk melakukan peramalan yaitu *toolbox* logika *fuzzy* yang terdapat pada Matlab. Data yang digunakan untuk peramalan yaitu data beban harian sub sistem Sumatera Barat.

Diharapkan dengan dilakukannya penelitian ini dapat menambah khasanah ilmu pengetahuan dalam penerapan logika *fuzzy* sebagai metode alternatif untuk peramalan beban listrik jangka pendek dan sebagai informasi mengenai penggunaan logika *fuzzy*

dalam Matlab.

Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi Zadeh (*UC Berkeley*) pada tahun 1965, sebagai suatu cara matematis untuk menyatakan keadaan yang tidak menentu (samar) dalam kehidupan sehari-hari. Ide ini didasarkan pada kenyataan bahwa di dunia ini suatu kondisi sering diinterpretasikan dengan ketidakpastian atau tidak memiliki ketepatan secara kuantitatif, misalnya: panas, dingin, dan cepat. Dengan logika *fuzzy*, kita dapat menyatakan informasi-informasi yang samar tersebut (kurang spesifik), kemudian memanipulasinya, dan menarik suatu kesimpulan dari informasi tersebut.

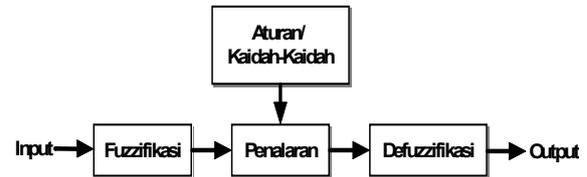
Logika *fuzzy* ini didasarkan pada teori *fuzzy set* atau himpunan *fuzzy*, yang merupakan perkembangan dari teori himpunan klasik (*Crisp*). Konsep *fuzzy* ini dikenal sejak penerapannya pada sistematisasi kontrol pada tahun 1980-an. Pada dasarnya, logika *fuzzy* adalah suatu cara untuk memetakan ruang-ruang *input* ke dalam suatu ruangan *output* yang sesuai. Ada banyak cara untuk memetakan ruang *input* ke *output* ini, seperti dengan sistem linear, jaringan saraf, dan persamaan differensial. Meskipun banyak cara selain *fuzzy*, namun *fuzzy* dianggap memberikan solusi terbaik karena dengan menggunakan *fuzzy* akan lebih cepat dan lebih murah (Sri Kusumadewi, 2004).

Beberapa keuntungan menggunakan logika *fuzzy* lainnya antara lain: konsep matematis yang mendasari penalarannya sederhana sehingga mudah dimengerti, memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat, mudah untuk digabungkan dengan teknik-teknik kendali konvensional, mampu memodelkan suatu sistem secara akurat, pengenalan pola-pola secara mudah dan simpel.

Sistem Inferensi *Fuzzy* (*Fuzzy Inference System/ FIS*) adalah sistem yang dapat melakukan penalaran dengan prinsip serupa seperti manusia melakukan penalaran dengan nalurinya. 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.

Proses dalam FIS ditunjukkan pada Gambar 1. *Input* yang diberikan kepada FIS adalah berupa bilangan tertentu dan *output* yang

dihasilkan juga harus berupa bilangan tertentu. Kaidah-kaidah dalam bahasa linguistik dapat digunakan sebagai *input* yang bersifat teliti harus dikonversikan terlebih dahulu, lalu melakukan penalaran berdasarkan kaidah-kaidah dan mengkonversi hasil penalaran tersebut menjadi *output* yang bersifat teliti.



Gambar 1. Proses dalam FIS.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini yaitu metode eksperimen. Untuk mencapai tujuan penelitian, model peramalan beban listrik jangka pendek akan dibuat menggunakan *software* Matlab. Setelah model selesai, maka model tersebut akan digunakan sebagai alat untuk mengukur hasil peramalan beban listrik jangka pendek.

Hasil pengujian dari pemodelan logika *fuzzy* yaitu berupa data perkiraan beban listrik untuk 1 jam ke depan. Pengujian dilakukan untuk memperkirakan beban selama beberapa hari. Hasilnya dianalisa dengan menghitung *mean absolute percentage error* (MAPE) seperti tertera di bawah ini:

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{\text{Actual Load} - \text{Forecasted Load}}{\text{Actual Load}} \right| \times 100\% \dots (1)$$

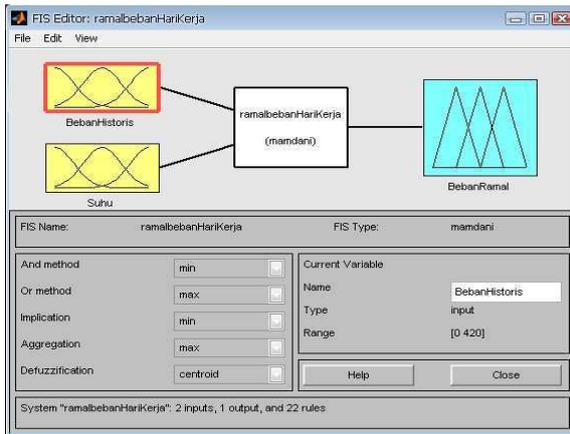
di mana:

N= Jumlah jam dalam periode peramalan

Program peramalan beban listrik jangka pendek dengan menggunakan logika *fuzzy* dibuat dengan bantuan *toolbox fuzzy* yang ada pada Matlab. Langkah-langkah pembuatan sistem *fuzzy* dengan *toolbox fuzzy* terlihat di bawah ini:

1. Membuat *FIS Editor input* Beban Historis dan Suhu serta *output* Beban Ramal

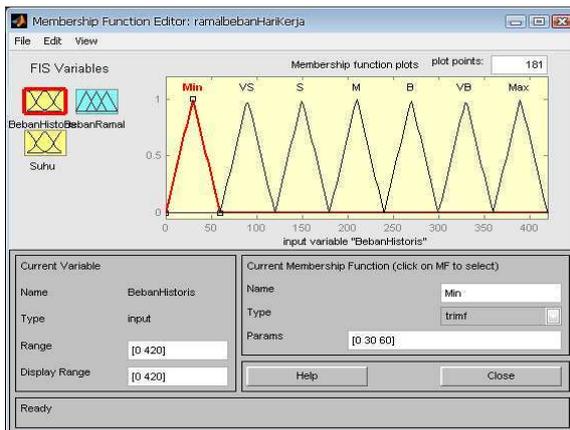
Sebagai *input* dari peramalan beban listrik jangka pendek dengan logika *fuzzy* ini terdiri atas 2 variabel, yaitu Beban Historis dan Suhu, sedangkan sebagai *output*nya yaitu Beban Ramal. Proses ini dirancang menggunakan *FIS Editor* yang ada pada *toolbox fuzzy* pada Matlab, seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. FIS Editor Peramalan Beban dengan Fuzzy

Variabel Beban Historis yaitu variabel *input* dengan *range* [0 - 420]. Variabel Suhu yaitu variabel *input* dengan *range* [22 - 32]. Variabel Beban Ramal yaitu variabel *output* dengan *range* [0 - 420]. Tipe FIS yang dirancang yaitu Mamdani dan proses defuzzifikasinya dengan metode *Centroid*.

Langkah selanjutnya yaitu menentukan fungsi keanggotaan variabel Beban Historis. Di mana dalam hal ini fungsi keanggotaannya terdiri atas 7 fungsi keanggotaan yaitu {*Minimum (Min)*, *Very Small (VS)*, *Small (S)*, *Medium (M)*, *Big (B)*, *Very Big (VB)*, *Maximum (Max)*}. Proses ini dibuat menggunakan *Membership Function Editor* seperti terlihat pada Gambar 3.



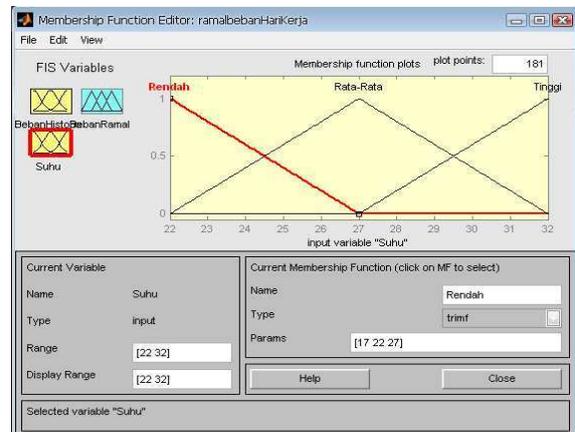
Gambar 3. Membership Function Editor Variabel Input Beban Historis

Tipe representasi kurva yang digunakan untuk masing-masing fungsi keanggotaan untuk variabel *input* Beban Historis ini yaitu kurva segitiga. Nilai untuk masing-masing fungsi keanggotaan yang digunakan dalam variabel Beban Historis ini yaitu dengan rumus di bawah

ini:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)}; & b \leq x \leq c \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

Fungsi keanggotaan variabel Suhu yaitu {*Rendah*, *Rata-Rata*, *Tinggi*}. Fungsi keanggotaan Suhu ini dibuat dengan cara yang sama dengan langkah sebelumnya, tetapi representasi kurva yang digunakan yaitu gabungan antara kurva linear me-nurun, kurva segitiga, dan kurva linear me-naik. Gambarnya terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Membership Function Editor Variabel Input Suhu

Himpunan fuzzy Rendah:

$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} \frac{(b-x)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \dots\dots\dots (3)$$

dimana: a = nilai x minimum, b = nilai x maksimum

Himpunan fuzzy Rata-Rata:

$$\mu_{Rata-Rata}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)}; & b \leq x \leq c \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

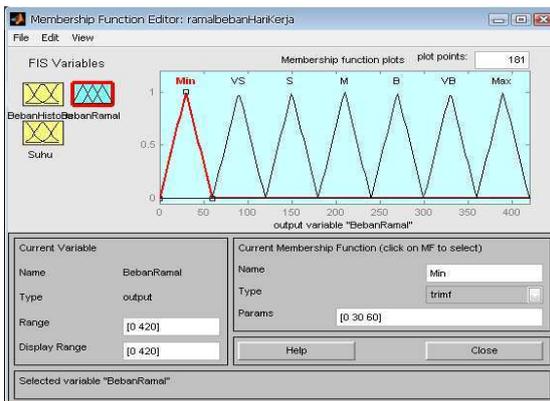
dimana: a = nilai x minimum, b = nilai x dengan nilai fungsi keanggotaan maksimum, dan c = nilai x maksimum

Himpunan fuzzy Tinggi:

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)}; & x \geq a \end{cases} \dots\dots\dots (5)$$

dimana: a = nilai x minimum, b = nilai x dengan nilai fungsi keanggotaan maksimum, dan c = nilai x maksimum

Fungsi keanggotaan variabel keluaran Beban Ramal dibuat dengan cara yang sama dengan langkah sebelumnya. Fungsi keanggotaan untuk variabel *output* Beban Ramal yaitu {Minimum (Min), Very Small (VS), Small (S), Medium (M), Big (B), Very Big (VB), Maximum (Max)}. Gambarnya terlihat pada Gambar 5.

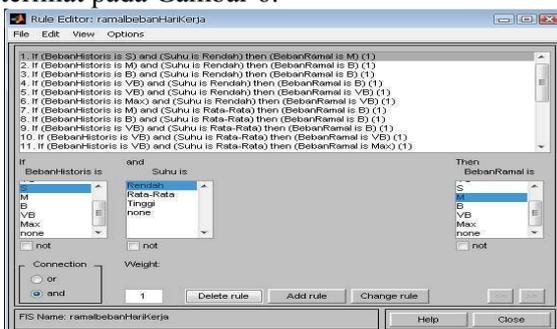


Gambar 5. Membership Function Editor Variabel Output Beban Ramal

Tipe representasi kurva yang digunakan untuk masing-masing fungsi keanggotaan untuk variabel output Beban Ramal yaitu kurva segitiga, sama dengan kurva yang digunakan untuk variabel input Beban Historis. Nilai untuk masing-masing fungsi keanggotaan yang digunakan dalam variabel Beban Historis ini yaitu sama dengan persamaan (2).

2. Menyusun aturan fuzzy.

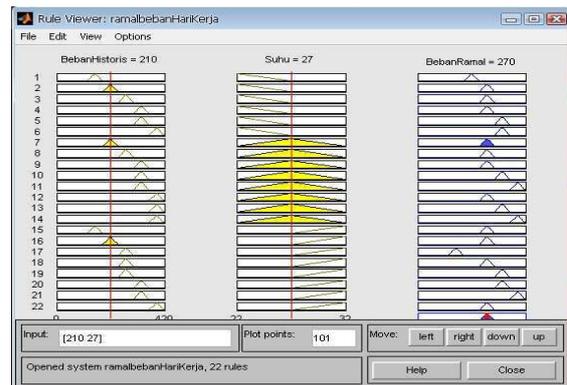
Aturan fuzzy yang digunakan yaitu aturan-aturan yang telah ditentukan sebelumnya yang dibuat berdasarkan karakteristik beban yang akan diramal. Aturan-aturan fuzzy ini dibuat dengan menggunakan Rule Editor seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Rule Editor Peramalan Beban dengan Fuzzy

3. Defuzzyfikasi pada komposisi aturan Mamdani.

Proses defuzzyfikasi terjadi ketika semua aturan telah selesai dituliskan. Setelah aturan-aturan selesai dibuat, aturan-aturan tersebut dapat kita lihat pada Rule Viewer, seperti terlihat pada Gambar 7. Pada Rule Viewer ini kita bisa menguji hasil dari aturan-aturan yang telah kita buat untuk meramal beban listrik jangka pendek dengan cara memasukkan nilai-nilai variabel input pada kolom input.



Gambar 7. Rule Viewer Peramalan Beban dengan Fuzzy

4. Menghitung hasil Beban Ramal.

Setelah semua langkah di atas selesai, maka peramalan beban dengan menggunakan logika fuzzy dapat dilakukan dengan memvariasikan nilai-nilai input (beban historis dan suhu) pada kolom input seperti terlihat pada Gambar 7.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fuzzy Inference System (FIS) yang telah dibuat diuji dengan cara menggunakannya untuk melakukan peramalan beban listrik jangka pendek untuk beberapa hari. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian dengan sampel sebagai berikut:

1. Pola Beban hari Kerja: (Sampel: Rabu, 5 Desember 2007)
2. Pola Beban hari Sabtu: (Sampel: Sabtu, 8 Desember 2007)
3. Pola Beban hari Minggu: (Sampel: Minggu, 9 Desember 2007)

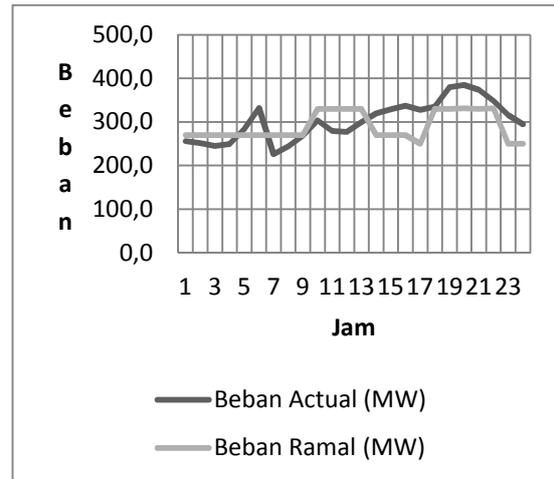
Tabel 1 s/d Tabel 3 merupakan hasil peramalan beban listrik jangka pendek selama 1 hari pada hari-hari sampel yang telah ditentukan sebelumnya dengan menggunakan logika fuzzy. Tabel tersebut berisi informasi mengenai beban sebenarnya, beban hasil peramalan, perbedaan

antara beban sebenarnya dengan beban peramalan, dan persentase kesalahan peramalan. Gambar 8 s/d gambar 10 menunjukkan grafik perbedaan antara hasil peramalan dengan beban yang sebenarnya.

Tabel 1 yaitu hasil peramalan beban untuk hari kerja dengan menggunakan logika *fuzzy*. Dari tabel terlihat bahwa rata-rata kesalahan peramalan yaitu sebesar 12.53%. Kesalahan peramalan terbesar terjadi ketika meramal jam 17, yaitu sebesar 23.73% dan kesalahan terkecil terjadi ketika meramal jam 9 dengan tingkat kesalahan 0.56%. Grafik perbedaan antara hasil peramalan dengan logika *fuzzy* dengan beban sebenarnya untuk peramalan hari kerja diperlihatkan oleh Gambar 8.

Tabel 1. Peramalan Hari Kerja (Sampel: Rabu, 5 Des 2007)

Jam	Beban Actual (MW)	Beban Ramal (MW)	Kesalahan (%)
1:00	256.0	270.00	5.47
2:00	251.2	270.00	7.48
3:00	244.7	270.00	10.34
4:00	249.0	270.00	8.43
5:00	283.6	270.00	4.80
6:00	332.4	270.00	18.77
7:00	225.9	270.00	19.52
8:00	244.5	270.00	10.43
9:00	268.5	270.00	0.56
10:00	303.2	330.00	8.84
11:00	279.3	330.00	18.15
12:00	277.3	330.00	19.00
13:00	298.8	330.00	10.44
14:00	319.7	270.00	15.55
15:00	329.3	270.00	18.01
16:00	336.8	270.00	19.83
17:00	327.8	250.00	23.73
18:00	335.1	330.00	1.52
19:00	379.7	330.00	13.09
20:00	384.5	331.00	13.91
21:00	374.1	330.00	11.79
22:00	348.2	331.00	4.94
23:00	316.2	250.00	20.94
0:00	294.6	250.00	15.14
Rata2			12.53
Max			23.73
Min			0.56

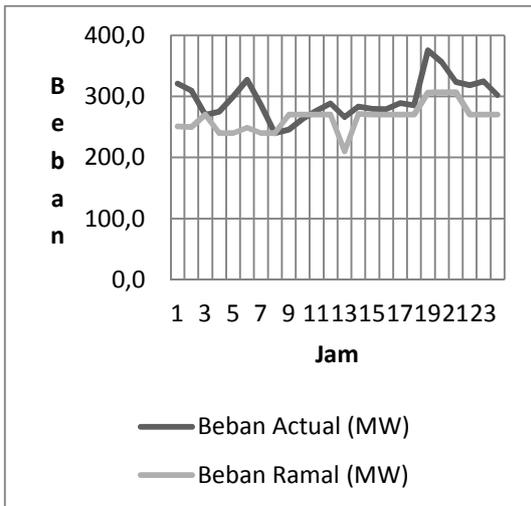


Gambar 8. Perkiraan Beban Hari Kerja dengan Logika Fuzzy (Sampel: Rabu, 5 Desember 2007)

Tabel 2. Peramalan Hari Sabtu (Sampel: Sabtu, 8 Desember 2007)

Jam	Beban Actual (MW)	Beban Ramal (MW)	Kesalahan (%)
1:00	320.8	251.00	21.76
2:00	309.6	250.00	19.25
3:00	269.7	270.00	0.11
4:00	274.7	240.00	12.63
5:00	300.1	240.00	20.03
6:00	327.2	249.00	23.90
7:00	285.7	240.00	16.00
8:00	239.8	240.00	0.08
9:00	245.8	270.00	9.85
10:00	263.2	270.00	2.58
11:00	276.6	270.00	2.39
12:00	288.2	270.00	6.32
13:00	266.2	210.00	21.11
14:00	283.3	271.00	4.34
15:00	279.5	270.00	3.40
16:00	279.1	270.00	3.26
17:00	289.1	270.00	6.61
18:00	285.2	270.00	5.33
19:00	375.0	306.00	18.40
20:00	355.8	307.00	13.72
21:00	323.6	307.00	5.13
22:00	318.3	270.00	15.17
23:00	324.4	270.00	16.77
0:00	302.3	270.00	10.68
Rata2			10.78
Max			23.90
Min			0.08

Hasil peramalan beban untuk hari libur Sabtu, sebagai sampel yaitu Sabtu 8 Desember 2007, diperlihatkan oleh tabel 2. Dari tabel terlihat bahwa rata-rata kesalahan peramalan yaitu sebesar 10.78%. Kesalahan peramalan terbesar terjadi ketika meramal jam 6, yaitu sebesar 23.90% dan kesalahan terkecil terjadi ketika meramal jam 8 dengan tingkat kesalahan 0.08%. Grafik perbedaan antara hasil peramalan dengan logika *fuzzy* dengan beban sebenarnya untuk peramalan hari kerja diperlihatkan oleh Gambar 9.



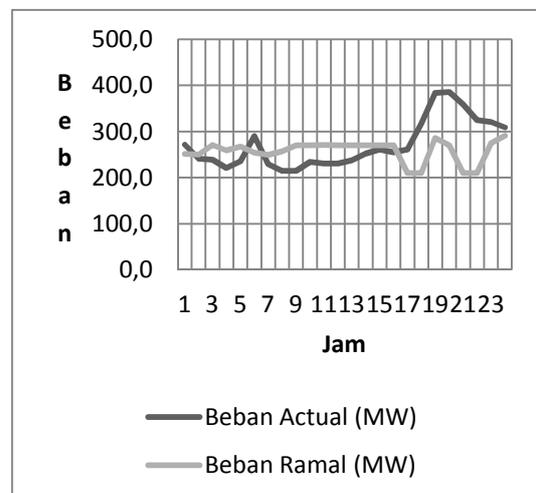
Gambar 9. Perkiraan Hari Sabtu, 8 Desember 2007 dengan Fuzzy

Peramalan beban untuk hari libur Minggu (sampel: Minggu, 9 Desember 2007) diperlihatkan oleh tabel 3. Dari tabel terlihat bahwa rata-rata kesalahan peramalan yaitu sebesar 16.98%. Kesalahan peramalan terbesar terjadi ketika meramal jam 21, yaitu sebesar 41.47% dan kesalahan terkecil terjadi ketika meramal jam 15 dengan tingkat kesalahan 3.49%. Grafik perbedaan antara hasil peramalan dengan logika *fuzzy* dengan beban sebenarnya untuk peramalan hari kerja diperlihatkan oleh Gambar 10.

Dari ketiga sampel peramalan beban listrik jangka pendek yang dilakukan dapat dilihat bahwa persentase kesalahan dalam peramalan menggunakan logika *fuzzy* ini cukup bervariasi. Kekuatan metode logika *fuzzy* terletak pada aturan-aturan yang dibangun dari pengetahuan atau data-data yang ada. Pemilihan aturan yang tepat mungkin akan membuat hasil peramalan menjadi lebih baik. Tetapi walaupun begitu, untuk beberapa waktu, logika *fuzzy* dapat meramal beban listrik dengan persentase kesalahan kurang dari 1 %

Tabel 3. Peramalan Hari Minggu (Sampel: Minggu, 9 Des 2007)

Jam	Beban Actual (MW)	Beban Ramal (MW)	Kesalahan (%)
1:00	271.5	251.00	7.55
2:00	241.2	250.00	3.65
3:00	238.8	271.00	13.48
4:00	220.7	259.00	17.35
5:00	235.5	267.00	13.38
6:00	290.1	254.00	12.44
7:00	229.2	249.00	8.64
8:00	214.4	257.00	19.87
9:00	214.9	270.00	25.64
10:00	234.2	270.00	15.29
11:00	230.3	271.00	17.67
12:00	230.6	270.00	17.09
13:00	237.7	270.00	13.59
14:00	252.3	270.00	7.02
15:00	260.9	270.00	3.49
16:00	254.5	270.00	6.09
17:00	261.2	210.00	19.60
18:00	316.9	210.00	33.73
19:00	383.7	286.00	25.46
20:00	385.3	270.00	29.92
21:00	358.8	210.00	41.47
22:00	324.5	210.00	35.29
23:00	320.6	275.00	14.22
0:00	308.5	291.00	5.67
Rata2			16.98
Max			41.47
Min			3.49



Gambar 10. Perkiraan Beban Hari Minggu, 9 Desember 2007 dengan Fuzzy

SIMPULAN DAN SARAN

Model logika fuzzy yang dikembangkan untuk peramalan beban listrik jangka pendek ini yaitu terdiri dari 2 *input*, yaitu beban historis dan suhu, dan 1 *output*, yaitu beban ramal. Berdasarkan eksperimen, logika fuzzy mampu meramal beban listrik jangka pendek berdasarkan aturan-aturan (*rules*) yang diberikan kepadanya berdasarkan pengamatan-pengamatan data beban listrik historis sistem Sumbar.

Berdasarkan nilai persentase kesalahan yang didapat, terlihat bahwa untuk peramalan tiga pola beban yang direncanakan, persentase kesalahan logika fuzzy berkisar antara 10.78% s/d 16.98%. Kekuatan metode logika fuzzy terletak pada aturan-aturan yang dibangun dari pengetahuan atau data-data yang ada. Pemilihan aturan yang tepat mungkin akan membuat hasil peramalan menjadi lebih baik. Tetapi walaupun begitu, untuk beberapa waktu tertentu, logika fuzzy dapat meramal beban listrik dengan persentase kesalahan kurang dari 1 %.

Untuk peramalan beban listrik dengan menggunakan logika fuzzy, pembuatan aturan-aturan yang tepat sangat penting dalam proses peramalan. Sehingga dalam hal ini disarankan untuk menggunakan waktu lebih lama dalam hal pembangkitan aturan-aturan yang tepat.

DAFTAR RUJUKAN

- Effendi, H. (2001). **Perbandingan Jaringan Saraf Tiruan Model Statis dengan Model Dinamis untuk Peramalan Beban Jangka Pendek**. Padang: Universitas Andalas.
- Fahony, R. Z. Ahmad dan Muchammad Romzi. (2008). **Pengembangan Aplikasi dan Analisis Kinerja Genetic Algorithm Neural Network (GAN) untuk Peramalan Otomatis Data Time Series**. BPS.
- Feinberg, E. A. & Genethliou, D. (2004). **Load Forecasting**. In Applied Mathematics for Power Systems.
- Halim, Siana dan Adrian M Wibisono. (2000). *Penerapan Jaringan Saraf Tiruan untuk Peramalan*. **Jurnal Teknik Industri** Vol. 2, No. 2, Desember 2000. (Available in: <http://puslit.petra.ac.id/journals/industrial>)
- Harsono, A., Ciptomulyono, U., & Siswanto, N. (2005). *Usulan Penggunaan Metode Fuzzy Artificial Neural Network untuk Peramalan Kebutuhan Listrik, Studi Kasus: PLN Area Pelayanan Malang*. **Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi I**.
- Karray, F. O., & Silva, C. D. (2004). **Soft Computing and Intelligent System Design**. England: Person Education Limited.
- Kusumadewi, S. (2002). **Analisis Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab**. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S. (2003). **Logika Fuzzy, Jaringan Saraf Tiruan**. Teknik dan Aplikasinya (pp. 153-274). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lepran. (2004). *Aplikasi Fuzzy Logic pada Peramalan Beban Listrik*. **Penelitian**, Universitas Muhammadiyah Malang.
- Marsudi, D. (2005). **Perkiraan Beban. Pembangkitan Energi Listrik** (pp. 152-160). Jakarta: Erlangga.
- Subiyanto. (2000). *Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan sebagai Metode Alternatif Prakiraan Beban Jangka Pendek*. **Elektro Indonesia**, No. 29, Tahun VI, Januari 2000.
- Syafrizal, M, Luh Kesuma Wardhani, dan M. Irsyad. (2008). *Peramalan Kebutuhan Beban Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Algoritma Genetika*. **Penelitian** di Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Syarif Kasim Riau.