

**PRAKIRAAN BEBAN LISTRIK JANGKA PENDEK UNTUK JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV
BERBASIS FUZZY LOGIC
(STUDI KASUS PADA APJ. SURABAYA SELATAN DAN SURABAYA BARAT)**

Riski Agustin Kuswanto

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
Email: riskikuswanto@mhs.unesa.ac.id

Tri Wrahatnolo

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
Email: triwrahatnolo@unesa.ac.id

Abstrak

Sebuah sistem distribusi listrik 20 kV merupakan sistem yang paling dekat dengan konsumen. Perlunya dilakukan prakiraan beban listrik pada sistem distribusi 20 kV sangat penting agar tidak terjadi pemenuhan beban lebih atau kurang. Prakiraan yang dilakukan menggunakan pendekatan matematis sangat sulit dilakukan sehingga diperlukan metode alternatif yang lebih mudah dan efektif. Metode *Fuzzy Logic* adalah metode yang menggunakan kata-kata sebagai metode untuk "berhitung" yang lebih dekat kepada intuisi manusia. Hasil prakiraan beban listrik jangka pendek selama 1 tahun menggunakan metode *Fuzzy Logic* di dalam penelitian ini menunjukkan hasil untuk prakiraan beban puncak APJ. Surabaya Barat tahun 2016 dan 2017 masing-masing sebesar 239,40 MW dengan tingkat akurasi 5,06% dan 225,04 MW dengan tingkat akurasi 1,54%. Untuk prakiraan beban listrik pada APJ. Surabaya selatan pada tahun 2016 dan 2017 adalah masing-masing sebesar 539,92 MW dengan tingkat akurasi sebesar 7,64% dan 549,95 MW dengan tingkat akurasi sebesar 5,80%. Hasil dari prakiraan ini memiliki nilai MAPE sebesar 5,01%

Kata Kunci: Sistem Distribusi, *Fuzzy Logic*, Prakiraan, Beban Listrik.

Abstract

A 20 kV electricity distribution system is the system closest to consumers. The need to do an estimate of the electrical load on a 20 kV distribution system is very important so that there is no more or less fulfillment of the load. Forecasts made using a mathematical approach are very difficult to apply so that alternative methods are needed that are easier and more effective. The Fuzzy Logic method is a method that uses words as a method for "counting" that is closer to human intuition. The results of short-term electricity load forecasts for 1 year using the Fuzzy Logic method in this study show results for the predicted peak load of APJ. West Surabaya in each 2016 and 2017 are 239,40 MW with an accuracy rate of 5,06% and 225,04 MW with an accuracy of 1,54%. For the estimation of the electrical load on APJ. South Surabaya in each 2016 and 2017 are 539,92 MW with an accuracy of 7,64% and 549,95 MW with an accuracy rate of 5,80%. The results of this forecast have a MAPE value of 5,01%.

Keywords: Distribution System, Fuzzy Logic, Load Forecasting.

PENDAHULUAN

Di era modern saat ini, listrik sudah menjadi energi penggerak utama dalam berbagai bidang, baik itu *residential* maupun *industry*. Pemenuhan kebutuhan bebaan listrik bagi konsumen sudah menjadi kewajiban PLN (Perusahaan Listrik Negara) sebagai satu-satunya penyedia pasokan listrik bagi masyarakat di Indonesia. Dalam pemenuhan kebutuhan pasokan listrik perlu adanya perencanaan agar tidak terjadi pemenuhan kebutuhan beban listrik yang berlebih atau bahkan kurang.

Di dalam pemenuhan kebutuhan listrik, apabila tidak dilakukan prediksi yang tepat maka dapat mengakibatkan timbulnya sebuah sistem yang tidak seimbang dan mengakibatkan kerugian di berbagai pihak baik itu dari sisi

konsumen maupun dari sisi pembangkit. Langkah yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan melakukan prediksi atau prakiraan beban listrik.

Prakiraan adalah proses untuk memperkirakan kejadian atau hal yang akan terjadi di masa yang akan datang. Di dalam suatu prakiraan, dibagi menjadi 3 jenis yaitu : a) Prakiraan Jangka Panjang; b) Prakiraan Jangka Menengah; c) Prakiraan Jangka Pendek. Prakiraan jangka pendek meliputi waktu 3 bulan hingga satu tahun. Prakiraan jangka menengah umumnya mencakup hitungan bulanan hingga tiga tahun. Sementara prakiraan jangka panjang, umumnya meliputi perencanaan jangka 3 tahun atau lebih.

Dengan berbagai macam pola konsumsi dari berbagai sektor beban listrik, dapat diprediksi pemenuhan kebutuhan beban harian baik hari kerja maupun hari libur.

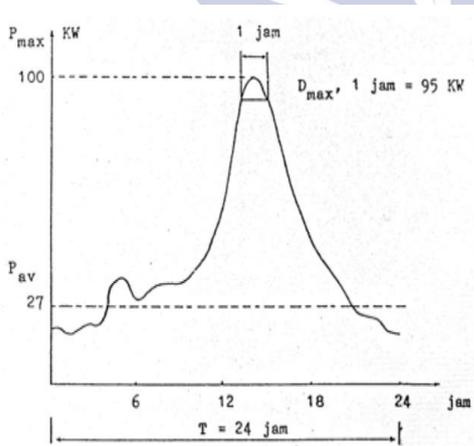
Permasalahan yang muncul adalah prediksi beban pada hari libur yang jatuh pada hari kerja (Senin hingga Jum'at). Selama ini prakiraan beban jangka pendek memiliki tingkat kesalahan yang cukup signifikan dalam memprediksi kebutuhan beban pada hari libur yang jatuh pada hari kerja (Senin hingga Jum'at). Untuk itu, perlu dilakukan penelitian prakiraan beban listrik untuk memprediksi kebutuhan beban listrik baik pada hari-hari kerja maupun hari libur.

Dalam kamus Oxford Online tahun 2018, istilah *fuzzy* diartikan sebagai *blurred* (kabur atau remang-remang), *indistinct* (tidak jelas), *vague* (samar). Karakteristik pembebanan yang bersifat fluktuatif dan tidak pasti sangat cocok untuk dilakukan prakiraan beban listrik menggunakan metode *Fuzzy Logic*.

KAJIAN PUSTAKA

Beban Puncak

Nilai terbesar dari suatu pembebanan sesaat pada interval waktu tertentu disebut sebagai beban puncak (P_{max}). Pada Gambar 1, dapat diketahui lebih jelas mengenai *demand* (D), *maximum demand* (D_{max}), dan beban puncak (P_{max}).



Gambar 1. Perubahan kebutuhan maksimum terhadap waktu

(Sumber : Suswanto, 2009: h. 190)

- Interval demand (T) = 24 Jam
- Demand (D) = 27 kW
- Maximum demand D_{max} , 1 jam = 95 kW
- Beban puncak (P_{max}) = 10 kW

Prakiraan Beban Listrik

Prakiraan beban listrik pada dasarnya didefinisikan sebagai seni atau ilmu sains dalam memprediksi beban listrik yang diberikan oleh sistem untuk periode yang spesifik dalam beberapa waktu kedepan. Prediksi ini dapat berupa perkiraan beberapa jam ke depan untuk keperluan pengoperasian (Soliman, 2010: h. xv).

Prakiraan beban dapat dikategorikan menjadi 3 yaitu :

1. Prakiraan beban jangka panjang, umumnya dilakukan untuk memprediksi dalam kurun waktu 3 tahun atau lebih.
2. Prakiraan beban jangka menengah, dimana digunakan untuk perencanaan dalam hitungan bulanan hingga 3 tahun.
3. Prakiraan beban jangka pendek, untuk perencanaan hingga 1 tahun kedepan namun umumnya tidak lebih dari 3 bulan.

Fuzzy Logic

Fuzzy berarti "tidak jelas, berbeda, atau kabur". Logika *Fuzzy* berarti semacam penggambaran informasi yang tepat untuk ide-ide yang tidak dapat didefinisikan persis tetapi tergantung pada situasi tertentu (Kaur dan Brar, 2014: h. 336).

Konsep utama dari *Fuzzy Logic* adalah *Fuzzy Set*, variabel linguistik, kemungkinan sebaran, dan *Fuzzy IF-THEN rule base*. IF-THEN rule base digunakan untuk mengkonversi *fuzzy input* ke *fuzzy output* (Gohil dan Gupta, 2014: h. 127).

Fuzzy set menyatakan sebuah kebenaran hanyalah masalah derajat. Hal tersebut yang mendasari konsep *Fuzzy Logic*. Prinsip kerja dari *Fuzzy Logic* adalah hanya masalah generalisasi "Ya-Tidak" atau "Benar-Salah" (logika Boolean). Sebagai contoh di dalam logika Boolean, "Benar" memiliki bobot 1 dan "Salah" bernilai 0. Namun dalam *Fuzzy Logic*, hal serupa dapat dilakukan dengan memberikan nilai "Benar/Salah" dalam rentang 0-1. Kemampuan *Fuzzy Logic* dalam membalas pertanyaan "Ya-Tidak" dengan jawaban "Ya-Tidak Terlalu-Tidak" merupakan kemampuan yang sudah dimiliki oleh manusia. Gambar 2 memperlihatkan bagaimana bobot kebenaran dari hari "akhir pekan" yang didasarkan pada logika non-*Fuzzy* dimana hanya ada 2 pilihan yaitu 1 ("Ya") atau 0 ("Tidak") untuk masing-masing hari.



Gambar 2 Himpunan hari-hari akhir pekan (Sumber : Naba, 2009: h. 15)

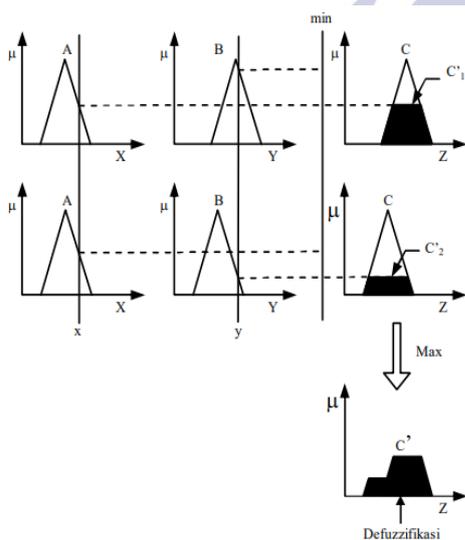
Sifat generalisasi dari logika *Fuzzy* ini menjadi penting dalam proses pemetaan fungsi keanggotaan prakiraan beban puncak yang sifatnya fluktuatif. Pemetaan fungsi

keanggotaan seperti ini memungkinkan variabel seperti jenis hari menjadi lebih fleksibel seperti hari Sabtu yang dapat diposisikan di antara Hari Kerja dan Hari Libur.

Pengambilan Keputusan *Fuzzy Logic* Metode Mamdani

Fuzzy berarti "tidak jelas, berbeda, atau kabur". Logika *Fuzzy* berarti semacam penggambaran informasi yang tepat untuk ide-ide yang tidak dapat didefinisikan persis tetapi tergantung pada situasi tertentu (Kaur dan Brar, 2014: h. 336).

Fungsi implikasi yang digunakan pada pengambilan keputusan dengan metode Mamdani dengan menggunakan MIN dan dalam melakukan komposisi dengan menggunakan MAX. Metode komposisi ini sering disebut MAX-MIN (Sutikno, 2011: h. 28).



Gambar 3 Proses pengambilan keputusan metode Mamdani. (Sumber : Sutikno, 2011: h. 2)

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

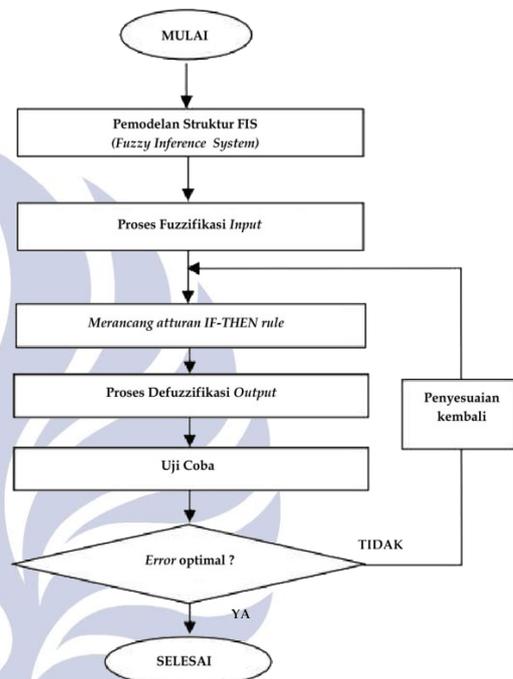
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif yaitu mengumpulkan data beban puncak historis yang ada pada PT. PLN (Persero) APD. Jawa Timur serta melakukan proses wawancara. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan prakiraan beban puncak listrik yang terjadi pada APJ. Surabaya Selatan dan Surabaya Barat selama 1 tahun. Sehingga objek yang dibahas adalah prakiraan beban puncak pada sistem distribusi 20 kV.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. PLN (Persero) APD. Jawa Timur khususnya untuk wilayah APJ. Surabaya Selatan dan APJ. Surabaya Barat. PT PLN (Persero) APD. Jawa Timur beralamat di Jl. Embong Wungu No.4, Embong Kaliasin, Genteng, Surabaya.

Pemodelan *Fuzzy Logic*

Dalam penelitian ini, digunakan metode *Fuzzy Logic* untuk melakukan prakiraan beban puncak listrik pada APJ. Surabaya Selatan dan APJ. Surabaya Barat. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* MATLAB dengan metode *trial and error* yang dijelaskan pada Gambar 4. Dalam pengambilan keputusan digunakan metode Mamdani dan metode komposisi yang digunakan adalah metode *Centroid*.



Gambar 4 Flowchart Pemodelan *Fuzzy Logic* (Sumber: Data Primer, 2018)

Pada Gambar 4 terlihat proses yang dilakukan pada saat melakukan uji coba menggunakan metode *Fuzzy Logic* untuk memperkirakan beban puncak listrik jangka pendek. Proses dimulai dengan melakukan pemodelan *Fuzzy Inference System* untuk menentukan apa saja variabel *input*, variabel *output*, dan metode pengambilan keputusan yang digunakan. Kemudian dilanjutkan dengan proses Fuzzifikasi *input*, dimana data berupa kata atau angka dirubah menjadi derajat keanggotaan *Fuzzy Logic*. Selanjutnya adalah proses merancang IF-THEN rule untuk memberikan aturan-aturan yang akan digunakan di dalam metode *Fuzzy Logic*. Kemudian adalah proses Defuzzifikasi *output*, dimana *output* yang berupa himpunan *Fuzzy* akan dirubah menjadi nilai tegas atau *crisp*. Proses berikutnya adalah melakukan uji coba menggunakan data lapangan. Kemudian data hasil *output* dilakukan perbandingan apakah memiliki nilai kesalahan yang optimal?. Jika “Ya”, maka hasil dari prakiraan dinyatakan selesai. Namun jika kesalahan dinilai buruk,

maka dilakukan evaluasi atau penyesuaian kembali mulai dari aturan IF-THEN rule.

Hasil dari prakiraan beban puncak listrik berupa nilai besar konsumsi daya dalam satuan Megawatt (MW). Hasil ini akan dianalisa dengan menghitung *mean absolute percentage error* (MAPE) yang dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{\text{Beban Aktual} - \text{Beban Prakiraan}}{\text{Beban Aktual}} \right| \times 100\% \quad (1)$$

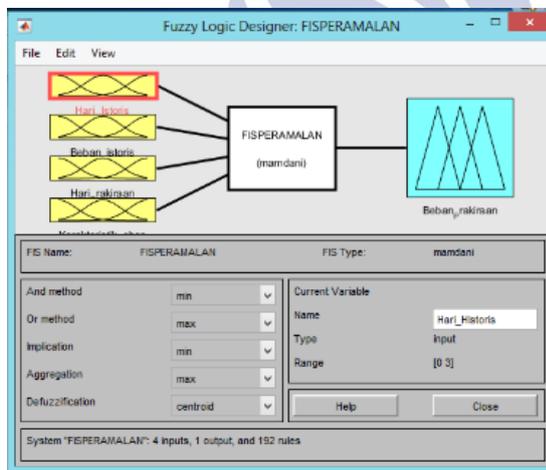
Dimana :

N = Jumlah data dalam 1 periode prakiraan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Struktur *Fuzzy Inference System* (FIS)

Di dalam penelitian ini, metode *Fuzzy Logic* yang digunakan adalah metode Mamdani. Pada Gambar 5 menunjukkan variabel *input* terdiri dari 4 bagian yaitu: a) Hari Historis, b) Beban Puncak Historis, c) Hari Prakiraan, dan d) Karakteristik Beban. Sementara, untuk variabel *output* adalah Beban Puncak Prakiraan.



Gambar 5. Struktur FIS Prakiraan Beban Listrik Jangka Pendek Untuk Jaringan Distribusi 20 kV Berbasis

Fuzzy Logic

(Sumber: Data Primer, 2018)

Fuzzifikasi *Input*

Pada metode penelitian ini, proses fuzzifikasi memiliki 4 variabel *input* yaitu “Hari Historis”, “Beban Historis”, “Hari Prakiraan”, dan “Karakteristik Beban”. Seluruh *membership function* dari fuzzifikasi *input* menggunakan bentuk segitiga yang digambarkan dalam persamaan berikut:

Himpunan *Fuzzy Rendah*:

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} \frac{(b-x)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2)$$

Dimana: μ = himpunan *Fuzzy*, a = nilai x minimum, dan b = nilai x dengan nilai *membership function* maksimum.

Himpunan *Fuzzy Rata-rata*:

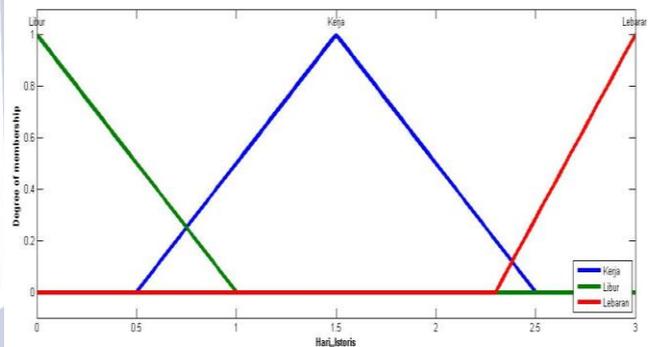
$$\mu_{rata-rata}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (3)$$

Dimana: c = nilai maksimum.

Himpunan *Fuzzy Tinggi*:

$$\mu_{rata-rata}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)}; & x \geq c \end{cases} \quad (4)$$

Kemudian untuk variabel *input* yang pertama adalah “Hari Historis”. *Input* ini berisikan data jenis-jenis hari yang adalah satu tahun sebelum hari prakiraan yang dapat dilihat pada gambar 6 berikut:



Gambar 6. Grafik Keanggotaan Hari Historis (Sumber: Data Primer, 2018)

Pada Gambar 6, terlihat bahwa terdapat 3 fungsi keanggotaan dengan *range* 0 – 3 yang terdiri dari: Libur [0 1]; Kerja [0,5 1,5 2,5]; dan Lebaran [2,3 3 3]. Data dari variabel *input* adalah berupa jenis hari (Libur/Kerja) sehingga perlu diberikan nilai atau bobot. Tiap jenis hari memiliki bobot nilai yang dapat dilihat pada tabel 1.

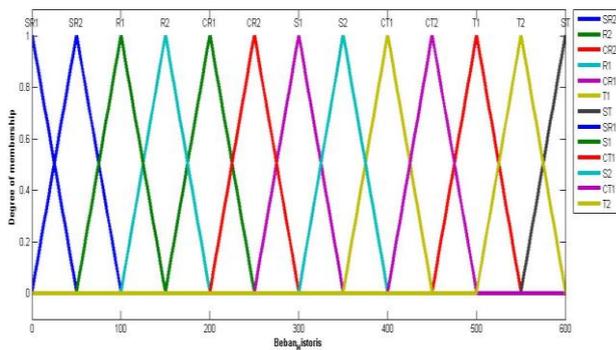
Tabel 1. Bobot masing-masing *input*-an Hari Historis (Sumber: Data Primer, 2018)

NO.	Jenis Hari	Bobot
1	Hari Kerja (Senin – Jum’at)	1,5
2	Sabtu	0,8
3	Minggu / Libur / Cuti Bersama	0,0
4	Hari Kerja / Sabtu yang diapit 2 hari libur	0,5
5	H-1 Lebaran	0,6
6	H-1 Lebaran yang jatuh pada hari Minggu	2,7

Lanjutan Tabel 1:

NO.	Jenis Hari	Bobot
7	H-1 Lebaran yang jatuh pada hari Sabtu	2,5
8	H-3 & H-2 Lebaran yang jatuh berturut-turut pada hari Kamis-Jum'at, / Jum'at-Sabtu	0,3
9	Lebaran (Tanggal Merah dan Cuti Bersama)	3,0
9	Lebaran (Tanggal Merah dan Cuti Bersama)	3,0
10	H+1 & H+2 Lebaran	2,9

Selanjutnya adalah proses defuzzifikasi *input* “Beban Historis”. Variabel ini berisi data beban puncak aktual yang terjadi satu tahun sebelum hari prakiraan. *Membership function* dari variabel “Beban Historis” dapat dilihat pada Gambar 7 berikut:

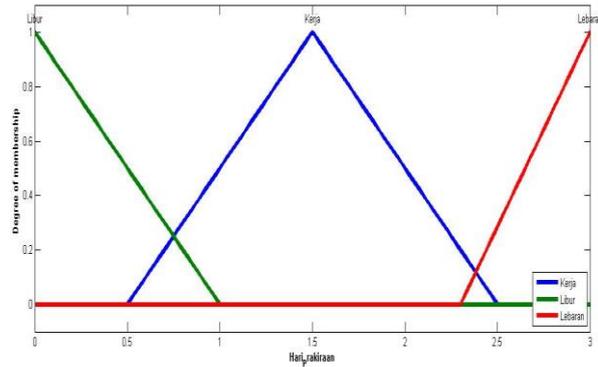


Gambar 7. Grafik Keanggotaan Beban Historis (Sumber: Data Primer, 2018)

Pada Gambar 7, terlihat grafik keanggotaan dari *input* Beban Historis memiliki *range* 0 – 600 dan terbagi menjadi 13 fungsi keanggotaan sebagai berikut:

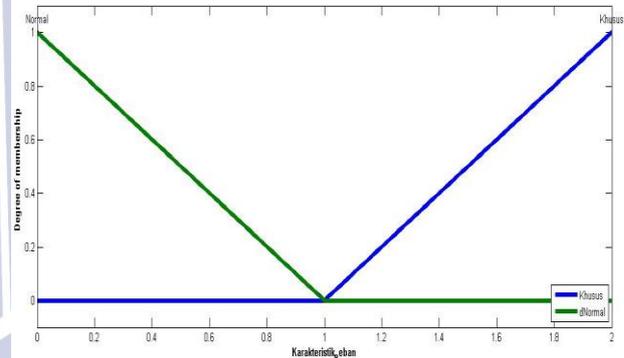
1. SR1 (Sangat Rendah 1): [0 0 50]
2. SR2 (Sangat Rendah 2): [0 50 100]
3. R1 (Rendah 1): [50 100 150]
4. R2 (Rendah 2): [100 150 200]
5. CR1 (Cukup Rendah 1): [150 200 250]
6. CR2 (Cukup Rendah 2): [200 250 300]
7. S1 (Sedang 1): [250 300 350]
8. S2 (Sedang 2): [300 350 400]
9. CT1 (Cukup Tinggi 1): [350 400 450]
10. CT2 (Cukup Tinggi 2): [400 450 500]
11. T1 (Tinggi 1): [450 500 550]
12. T2 (Tinggi 2): [500 550 600]
13. ST (Sangat Tinggi): [550 600 600]

Berikutnya adalah defuzzifikasi variabel *input* yang ketiga yaitu “Hari Prakiraan”. Variabel ini berisikan data jenis hari yang sedang diprediksi. *Membership function* dari variabel *input* “Hari Prakiraan” dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Keanggotaan Hari Prakiraan (Sumber: Data Primer, 2018)

Fungsi keanggotaan pada variabel *input* “Hari Prakiraan” adalah identik dengan variabel *input* “Hari Historis” termasuk dalam hal bobot *input*. Pada Gambar 9 memperlihatkan *membership function* variabel *input* “Karakteristik Beban”.



Gambar 9. Grafik Keanggotaan Karakteristik Beban (Sumber: Data Primer, 2018)

Dari hasil *trial and error* yang telah dilakukan, terdapat 2 kondisi karakter beban yaitu kondisi normal dimana karakteristik konsumsi beban terjadi seperti pada umumnya dan kondisi khusus dimana karakteristik konsumsi beban berbeda dari yang biasa terjadi (*drop* maupun naik). Pada Gambar 9, terlihat bahwa terdapat 2 fungsi keanggotaan yaitu: Normal [0 0 1] dan Khusus [1 2 2]. Dengan bobot Normal adalah 0 dan Khusus adalah 2.

Fuzzy Rule

Proses berikutnya adalah membuat *Fuzzy Rule* dimana terdapat aturan-aturan yang menjadi acuan dalam proses memperkirakan beban puncak. Pada metode *Fuzzy Logic* yang digunakan di dalam penelitian ini, terdapat 234 *rule base* sebagai berikut:

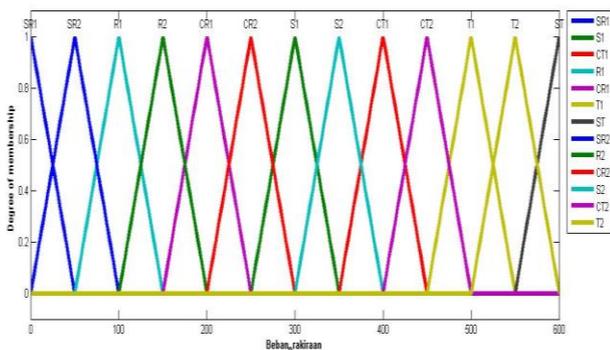
1. Jika Hari Historis LIBUR dan Beban Historis SR1 dan Hari Prakiraan LIBUR dan Karakteristik Beban NORMAL maka Beban Prakiraan SR1.

2. Jika Hari Historis LIBUR dan Beban Historis SR1 dan Hari Prakiraan KERJA dan Karakteristik Beban NORMAL maka Beban Prakiraan SR2.
3. Jika Hari Historis LIBUR dan Beban Historis SR1 dan Hari Prakiraan LEBARAN dan Karakteristik Beban NORMAL maka Beban Prakiraan SR1.
4. Jika Hari Historis KERJA dan Beban Historis SR1 dan Hari Prakiraan LIBUR dan Karakteristik Beban NORMAL maka Beban Prakiraan SR1.
5. Jika Hari Historis KERJA dan Beban Historis SR1 dan Hari Prakiraan KERJA dan Karakteristik Beban NORMAL maka Beban Prakiraan SR1.
6. Jika Hari Historis KERJA dan Beban Historis SR1 dan Hari Prakiraan LEBARAN dan Karakteristik Beban NORMAL maka Beban Prakiraan SR1.
7.
234. Jika Hari Historis LEBARAN dan Beban Historis ST dan Hari Prakiraan LEBARAN dan Karakteristik Beban NORMAL maka Beban Prakiraan CT1.

Rule base diatas merupakan aturan-aturan yang telah dibuat berdasarkan uji coba *trial and error* dalam penelitian. Untuk memperjelas maksud dari *rule base* di atas, kita dapat melihat contoh *rule* nomor 6 yang maksudnya adalah: Jika jenis hari 1 tahun sebelum hari prakiraan masuk kategori hari Kerja, kemudian beban 1 tahun sebelumnya masuk kategori SR1 (Sangat Rendah 1), kemudian pada hari prakiraan masuk kategori hari Lebaran, dan karakteristik beban bersifat Normal, maka besarnya konsumsi beban diprediksi masuk kategori SR1, dan seterusnya.

Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi di dalam penelitian ini menggunakan representasi kurva segitiga dengan persamaan yang telah dijelaskan pada persamaan 2, 3, dan 4. Defuzzifikasi adalah proses merubah himpunan Fuzzy untuk memperoleh nilai tegas atau solusi *crisp*. Pada Gambar 10 memperlihatkan *membership function output* “Beban Prakiraan”.

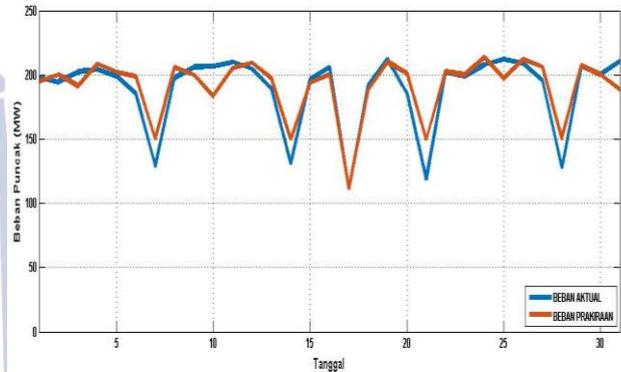


Gambar 10. Grafik Keanggotaan Beban Prakiraan (Sumber: Data Primer, 2018)

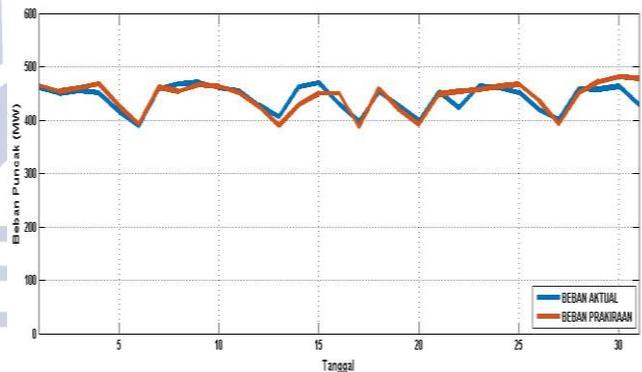
Pada Gambar 10 terlihat fungsi keanggotaan dari variabel *output* “Beban Prakiraan”. Fungsi Keanggotaan dari “Beban Prakiraan” adalah identik dengan fungsi keanggotaan variabel *input* “Beban Historis”.

Hasil Prakiraan Beban Puncak

Prakiraan beban puncak dilakukan pada 2 area yaitu APJ. Surabaya Selatan dan APJ. Surabaya Barat. Prakiraan terbagi menjadi 2 waktu yaitu Siang dan Malam. Seperti tampak pada Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 11. Grafik beban puncak aktual dan beban puncak prakiraan APJ. SBB siang hari bulan Agustus 2016 (Sumber: Data Primer, 2018)

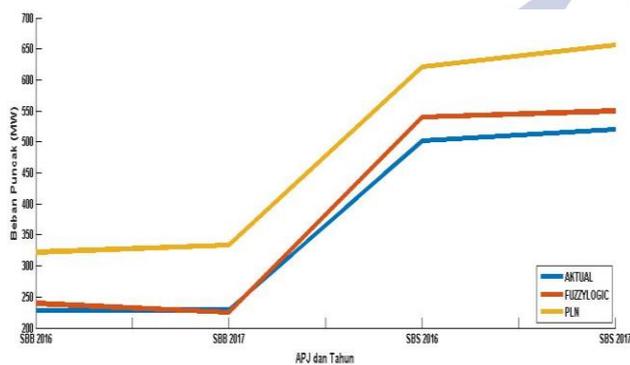


Gambar 12. Grafik beban puncak aktual dan beban puncak prakiraan APJ. SBS malam hari bulan Agustus 2017 (Sumber: Data Primer, 2018)

Pada Gambar 11 memperlihatkan hasil prakiraan beban puncak APJ. Surabaya Barat pada bulan Agustus tahun 2016 yang terjadi di waktu siang hari dan dibandingkan dengan data beban puncak aktual. Data prakiraan adalah garis merah dan data beban aktual adalah garis biru. Besar kebutuhan beban puncak rata-rata dalam satu bulan adalah sebesar 188,72 MW. Dari prakiraan menggunakan metode *Fuzzy Logic* diperoleh hasil sebesar 191,25 MW dengan MAPE sebesar 1,34%.

Kemudian pada Gambar 12 memperlihatkan hasil prakiraan beban puncak APJ. Surabaya Selatan pada bulan Agustus tahun 2017 yang terjadi di waktu malam hari dan dibandingkan dengan data beban puncak aktual. Besar kebutuhan beban puncak rata-rata dalam satu bulan adalah sebesar 441,22 MW. Dari prakiraan menggunakan metode *Fuzzy Logic* diperoleh hasil sebesar 443,86 MW dengan MAPE sebesar 0,60%.

Kemudian pada Gambar 13 menunjukkan perbandingan hasil prakiraan beban puncak tahunan selama 2016 hingga 2017 menggunakan metode *Fuzzy Logic* dengan prakiraan yang telah dilakukan oleh PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur. Besar nilai dan akurasi beban puncak dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 13. Grafik Perbandingan Prakiraan Beban Puncak dengan Beban Aktual (Sumber: Data Primer, 2018)

Tabel 2. Hasil Perbandingan prakiraan beban puncak menggunakan metode Fuzzy Logic dengan Prakiraan PLN (Sumber: Data Primer, 2018)

No.	APJ - Tahun	Beban Aktual (MW)	Prakiraan Fuzzy Logic (MW)	Akurasi (%)	Beban Prakiraan PLN (MW)	Akurasi (%)
1	SBB - 2016	227,88	239,40	5,06	322,20	41,39
2	SBB - 2017	228,57	225,04	1,54	333,07	45,72
3	SBS - 2016	501,60	539,92	7,64	621,17	23,84
4	SBS - 2017	519,78	549,95	5,80	656,31	26,27
Rata-rata		369,46	388,58	5,18	483,19	30,78

Dari perbandingan hasil prakiraan beban menggunakan metode *Fuzzy Logic* dengan prakiraan PLN yang dapat dilihat pada grafik Gambar 13 dan Tabel 2 menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Logic* mampu memberikan hasil yang lebih presisi bila dibandingkan dengan metode yang digunakan oleh PT. PLN (Persero) APD. Jawa Timur dimana metode *Fuzzy Logic* memberikan MAPE sebesar

5,18% sementara metode PLN memiliki MAPE sebesar 30,78%.

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil penelitian ini, diperoleh hasil perbandingan akurasi terhadap beban aktual antara prakiraan beban puncak menggunakan *Fuzzy Logic* dengan prakiraan yang dilakukan oleh PLN. Keseluruhan data perbandingan beban puncak prakiraan dapat dilihat pada Tabel 2. Dimana tercatat kebutuhan beban puncak yang terjadi di tahun 2016 pada APJ. Surabaya Barat adalah sebesar 227,88 MW di tahun 2016 dan 228,57 MW di tahun 2017, sedangkan pada APJ. Surabaya Selatan adalah sebesar 501,60 MW di tahun 2016 dan 519,78 MW. Kemudian prakiraan milik PLN pada APJ. Surabaya Barat memberikan hasil prakiraan sebesar 322,20 MW di tahun 2016 dengan akurasi 41,39% dan 333,07 MW di tahun 2017 dengan akurasi 45,72%, sedangkan APJ. Surabaya Selatan sebesar 621,17 MW di tahun 2016 dengan akurasi 23,84% dan 656,31 MW di tahun 2017 dengan akurasi 26,27%. Kemudian untuk prakiraan menggunakan metode Fuzzy Logic memberikan hasil pada APJ. Surabaya Barat sebesar 239,40 MW di tahun 2016 dengan akurasi 5,05% dan 225,04 MW di tahun 2017 dengan akurasi 1,54%, sedangkan pada APJ. Surabaya Selatan sebesar 539,92 MW di tahun 2016 dengan akurasi 7,64% dan 549,95 MW di tahun 2017 dengan akurasi 5,80%. Secara keseluruhan, hasil prakiraan menggunakan metode *Fuzzy Logic* memiliki hasil yang lebih baik dengan MAPE 5,18% dibandingkan dengan metode prakiraan PLN dengan MAPE 30,78%.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang akan disampaikan agar memberikan hasil yang lebih baik, yaitu menambah variabel *input* yang lebih kompleks dan variatif, menggunakan metode *Fuzzy Logic* yang lebih beragam seperti metode Sugeno atau Tsukamoto dan lain-lain, dan yang terakhir menggunakan metode defuzzifikasi yang lebih variatif seperti *bisector*, MOM, SOM, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Effendi, Hansi. 2009. "Aplikasi Logika Fuzzy untuk Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Matlab". Jurnal SAINSTEK. Vol. XXI (1): hal. 52 – 58.
- Gohil, Priti, Gupta, Monika. 2014. "Short Term Load Forecasting Using Fuzzy Logic". *International Journal Of Engineering Development and Research (IJEDR)*. Vol. 2: hal. 127-130.

- Kaur, Jagbir dan Bar, Yadwinder Shingh. 2014. "Short Term Load Forecasting using Fuzzy Logic of 220kV Transmission Line". *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. Vol. 3 (9): hal 336-343.
- Naba, Agus. 2009. *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Soliman, S. A. dan Alkandari, Ahmad M. 2010. *Electrical Load Forecasting: Modeling and Model Construction*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Suswanto, Daman. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Buku Teks tidak diterbitkan. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Sutikno. 2011. "Perbandingan metode Defuzzifikasi Aturan Mamdani pada Sistem Kendali Logika Fuzzy (Studi Kasus Pada Pengaturan Kecepatan Motor DC)". *Jurnal Masyarakat Informatika*. Vol. 2 (3): hal. 27-38.

