

LEMBAR PENGESAHAN
PRAKIRAAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK JANGKA PANJANG DI
PROVINSI D.I YOGYAKARTA MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY

Disusun Oleh:

Ari Wahyu Nugroho

20140120061

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing

Pada Tanggal 08 Agustus 2018

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T.
NIK. 19741010201010123056

M. Yusvin Mustar, S.T., M.Eng
NIK. 19880508201504123073

PRAKIRAAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK JANGKA PANJANG DI PROVINSI D.I. YOGYAKARTA MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY

(Forecasts of Long-term Power Energy Consumption in the Province of Yogyakarta Using Fuzzy Logic)

Oleh :

Ari wahyu Nugroho

20140120061

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstract

Electrical energy is a basic need in human life, electrical energy is widely used in various sectors, both industrial sector, household, commercial, public and service sectors etc. To keep harmony is achieved between the electric energy generated by the electrical energy consumed by electric customers in the province of Yogyakarta special region, then it takes a careful planning. A planning requires a data reference as a benchmark decision making, for that in planning the need for electrical energy needed an electric energy consumption forecasts. In this research, to provide electrical energy in the province of Yogyakarta special region made a forecast electrical energy. The methods used in forecasting consumption of electrical energy using the method of FIS (Fuzzy Inference System). Forecasts are performed are long-term, up to the year 2022. The input data used in this study by using actual historical data from the years 2013-2017, to foresee the needs of electrical energy from the years 2018-2022. From the results of the electric energy consumption forecasts long-term use FIS (Fuzzy Inference System) generates output in the form of electrical energy consumption forecast in the year 2018 of 3,100 GWh, this value is not much different from the forecast conducted by PT. PLN (Persero) using the simple method-E i.e. of 3,106.5 GWh. The value of the error (error) among the highest forecasts using FIS (Fuzzy Inference System) with forecasts of PT PLN (Persero) is 2.085% and the lowest was 0.097% error. With an average error of 0.738%.

Key words: electrical energy consumption Forecasts, fuzzy, FIS (Fuzzy Inference System)

I. Pendahuluan

Energi listrik saat ini telah menjadi kebutuhan yang mendasar dan tidak dapat dihindari lagi penggunaannya, mengingat hampir seluruh aspek kegiatan dalam kehidupan manusia menggunakan energi listrik. Hal tersebut turut pula mendorong perkembangan kebutuhan akan energi listrik, Banyak faktor yang mempengaruhi pertumbuhan kebutuhan energi listrik tersebut, diantaranya faktor ekonomi, pertumbuhan penduduk, bisnis, dan industri. Kebutuhan energi listrik pada setiap tahunnya selalu mengalami peningkatan seiring meningkatnya pertumbuhan penduduk di Indonesia, hal ini perlu diimbangi dengan penyediaan sumber energi yang cukup. Menurut BPS jumlah penduduk di D.I Yogyakarta mengalami peningkatan dari 3,5 juta jiwa menjadi 3,7 juta jiwa sepanjang 2011-2016. Selain jumlah penduduk faktor ekonomi juga mempengaruhi pertumbuhan kebutuhan listrik, sepanjang 2017 saja menurut BPS laju angka pertumbuhan ekonomi di D.I Yogyakarta adalah 5,0% sampai 5,4% oleh karna itu PT PLN (persero) sebagai BUMN yang mengurus semua aspek kelistrikan yang ada di Indonesia perlu melakukan perencanaan perkiraan kebutuhan energi listrik agar tidak terjadi kekurangan yang dapat

mengakibatkan *overload* karna kekurangan pasokan energi listrik.

Mengenai metode yang digunakan untuk memprediksikan kebutuhan akan energi listrik dimasa mendatang, saat ini telah mengalami perkembangan dengan pesat. Sistem cerdas (artificial intelligence) merupakan salah satu sistem yang paling banyak digunakan oleh para pakar maupun peneliti untuk memprediksikan atau meramalkan angka kebutuhan energi listrik pada suatu wilayah. Logika fuzzy merupakan salah satu sistem cerdas yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan tersebut. Aplikasi dari logika fuzzy ini telah banyak digunakan oleh para pakar, diantaranya E. Srinivas dan Amit Jain, Kyung-Bin Song , Dr. S. Chentur Pandian dan Jugadhis H. Pujar.

Dalam penelitian ini dibutuhkan suatu perencanaan yang digunakan untuk memprediksikan kebutuhan energi listrik di masa yang akan datang, dengan faktor kesalahan yang relatif kecil. Hasil perkiraan dapat dijadikan sebagai acuan untuk membuat kebijakan-kebijakan yang akan diambil di masa yang akan datang. Logika fuzzy merupakan suatu sistem cerdas yang sangat cocok digunakan untuk melakukan perkiraan tersebut, sehingga

diharapkan terjadi keserasian dan kontinuitas dari perencanaan dan pertumbuhan akan konsumsi energi listrik.

II. Landasan Teori

2.1 Prakiraan Beban

Prakiraan beban listrik merupakan sebuah upaya yang digunakan untuk memprediksikan kenaikan beban listrik di masa yang akan datang. Peramalan dibuat sebagai landasan pengambilan kebijakan yang akan dibuat. Prakiraan dibuat berdasarkan data data historis di masa lampau, sehingga kemungkinan kemungkinan yang akan terjadi dapat diantisipasi guna menghadapi kejadian tersebut.

Perkiraan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

1. Perkiraan Kualitatif
2. Perkiraan kuantitatif

Sedangkan menurut jangka waktu peramalannya metode perkiraan kebutuhan energi listrik dibagi menjadi tiga periode perkiraan, sesuai materi dari perkiraan itu sendiri. Ketiga perkiraan tersebut yakni :

1. Perkiraan jangka panjang
2. Perkiraan jangka menengah
3. Perkiraan jangka pendek

2.2 Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan suatu cara untuk memetakan suatu ruang masukan kedalam ruang keluaran. Ilmuan pemrakarsa konsep himpunan fuzzy adalah Professor Lotfi A. Zadeh dari California university di Barkeley pada tahun 1965. Logika ini menjabarkan perhitungan matematik untuk menggambarkan suatu ketidakjelasan atau kesamaran kedalam bentuk variabel linguistik.

Logika fuzzy menjadi alternatif pilihan dari beberapa metode yang ada dalam pengambilan sebuah keputusan karna logika *fuzzy* memiliki beberapa kelebihan diantaranya yaitu :

1. Konsep logika *fuzzy* sangat sederhana sehingga mudah dimengerti
2. Logika *fuzzy* bersifat fleksibel, sehingga mampu beradaptasi dengan perubahan perubahan serta ketidakpastian
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data yang kurang tepat

4. Logika *fuzzy* mampu mensistemkan fungsi fungsi non linear yang sangat kompleks
5. Logika fuzzy dapat mengaplikasikan pengalaman dan pengetahuan dari para pakar
6. Logika *fuzzy* dapat dikolaborasikan dengan teknik teknik kendali secara konvensional
7. Logika *fuzzy* didasari dengan menggunakan bahasa sehari hari sehingga sangat mudah dimengerti

2.2.1 Himpunan Fuzzy

Prinsip mendasar dan persamaan matematika dari teori himpunan fuzzy yaitu sebuah teori yang digunakan untuk pengelompokan objek dalam batas yang samar.

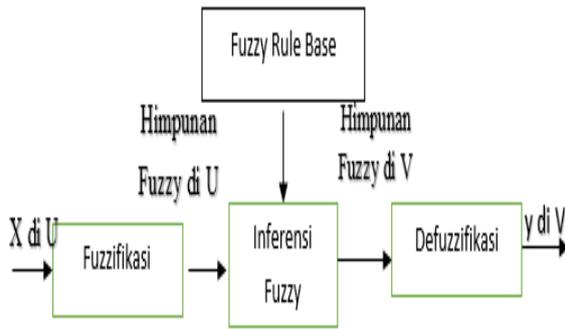
Zadeh memperkenalkan himpunan fuzzy sebagai perluasan dan generalisasi dari konsep dasar himpunan crisp. Dia memperluas persamaan keanggotaan biner untuk menampung berbagai “tingkat keanggotaan” pada interval kontinu real $[0,1]$, dengan titik 0 sebagai bukan anggota dan 1 anggota penuh, terutama sebagai fungsi karakteristik untuk himpunan crisp (Imam Robandi, 2006). Disini berarti angka tak hingga dari nilai-nilai antara titik dapat mewakili berbagai tingkat keanggotaan untuk sebuah elemen x pada beberapa himpunan yang universe. Himpunan fuzzy mengenalkan kesamaran atau ketidak jelasan dengan mengeliminasi batas jelas yang membagi anggota dengan non anggota pada suatu kelompok.

2.2.2 Keanggotaan Himpunan Fuzzy

Fungsi keanggotaan merupakan suatu fungsi yang gunanya untuk memetakan elemen dari suatu himpunan ke nilai keanggotaan pada interval $[0,1]$. Fungsi keanggotaan tadi yang membedakan himpunan fuzzy dengan himpunan tegas. Terdapat berbagai macam pendeskripsian himpunan fuzzy, diantaranya yang dapat digunakan yaitu :

1. Representasi Kurva Linear
2. Representasi Kurva Segitiga
3. Representasi Kurva Trapesium

2.2.3 Tahapan Operasional Sistem Fuzzy



Gambar 2.1 Susunan Tahapan Operasional sistem fuzzy

1. Fuzzifikasi

Menurut wang (1997:105), fuzzifikasi didefinisikan sebagai pemetaan dari himpunan tegas ke dalam himpunan fuzzy. Kriteria yang wajib dipenuhi pada proses fuzzifikasi adalah semua anggota himpunan tegas harus termuat dalam himpunan fuzzy, atau tidak terjadi gangguan pada sisi input sistem fuzzy yang digunakan harus bisa mempermudah perhitungan pada sistem fuzzy.

2. Aturan fuzzy (Rule Fuzzy)

Aturan yang digukan dalam himpunan fuzzy adalh *if-then*. Aturan fuzzy IF-THEN merupakan pernyataan yang dipresentasikan dengan IF <Proposisi Fuzzy> THEN <Proposisi Fuzzy>. Proposisi fuzzy dapat diklasifikasikan menjadi dua, yakni proposisi fuzzy atomic dan proposisi fuzzy compound. Proposisi fuzzy merupakan pernyataan single dimana *x* sebagai fariabel linguistik sedangkan A merupakan himpunan fuzzy dari *x*. Prosesor fuzzy menggunakan aturan linguistik yang bertujuan untuk menentukan aksi kontrol apa yang harus atau akan digunakan dalam merespon masukan yang diberikan.

3. Inferensi Fuzzy

Inferensi fuzzy merupakan tahapan evaluasi fuzzy pada aturan fuzzy. Tahapan evaluasi fuzzy dilakukan dengan berdasarkan penalaran menggunakan input fuzzy dan juga aturan fuzzy sehingga nantinya akan diperoleh berupa output himpunan fuzzy. Berikut adalah beberapa macam metode inferensi fuzzy yang telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian yang dilakukan oleh para pakar, diataranya metode Mamdani, Tsukamoto dan Sugeno :

- a. Metode Mamdani

Metode mamdani untuk pertama kalinya diperkenalkan oleh Ibrahim Mamdani pada tahun 1975. Metode ini merupakan metode yang paling sederhana dan paling banyak digunakan dalam banyak penelitian yang telah dilakukan, dari pada metode lainnya. Input serta output dalam metode Mamdani berupa himpunan fuzzy. Metode Mamdani menggunakan fungsi implikasi Min dan agregasi Max sehingga metode Mamdani biasa disebut juga dengan metode MIN-MAX (*min-max inferencing*). Keluaran untuk *n* pada aturan metode mamdani didefinisikan sebagai berikut :

$$\mu_B^k(y) = \max[\min[\mu_{A_1^k}(x_i), \mu_{A_2^k}(x_j)]] \dots \dots (2.9)$$

untuk $k=1,2,\dots,n, A_1^k$ dan A_2^k menyatakan himpunan fuzzy pasangan anteseden ke $-k$, dan B^k adalah himpunan fuzzy konsekuen ke $-k$ (Sri dan Hari, 2013)

- b. Metode Tsukomoto

Metode tsukomoto merupakan metode yang dimana konsekuensi dari aturan fuzzy-nya dipresentasikan dengan fungsi keanggotaan yang mototon.

- c. Metode Sugeno

Metode Sugeno berbeda dengan meode Mamdani, metode Sugeno menggunakan himpunan fuzzy pada inputan yang digunakan, namun pada output yang digunakan pada metode Sugeno adalah menggunakan konstanta atau persamaan linier.

4. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan suatu proses yang berkebalikan dengan proses fuzzifikasi, dimana untuk mengubah harga crisp dari besaran fuzzy dibutuhkan proses defuzzifikasi. Proses ini adalah konversi dari harga harga fuzzy menjadi harga crisp yang yang dibutuhkan oleh aktuator atau controller.

beberapa metode yang digunakan dalam proses defuzzifikasi, diantaranya:

- a. Metode Centroid

Metode Centroid dikenal juga dengan metode *Center of Grafity* atau meteode pusat luas (*Center of Area, CoA*). Proses defuzzifikasi dengan metode Centroid adalah dengan mengambil nilai titik pusat (Wang, 1997:107) didefinisikan sebagai :

$$X^* = \frac{\int_x x \mu_B(x) dx}{\int_x \mu_B(x) dx} \dots \dots (2.10)$$

Untuk domain kontinu, dan

$$X^* = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \mu_B(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_B(x_i)} \dots \dots \dots (2.11)$$

Untuk domain diskrit.

Selain mudah dalam perhitungan metode centroid juga, keuntungan lain menggunakan metode ini yaitu nilai defuzzy bergerak halus sehingga perubahan dari suatu topologi himpunan fuzzy menuju topologi himpunan fuzzy selanjutnya juga bergerak secara halus.

b. Metode Biseksi

Metode biseksi mengambil nilai pada domain himpunan fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan pada daerah fuzzy sebagai solusi tegas, yang kemudian dituliskan dengan persamaan berikut :

$$X_p = \int_a^p \mu(x) dx = \int_p^b \mu(x) dx \dots \dots (2.12)$$

Dengan $a = \min(x : x \in X)$ dan $b = \max(x : x \in X)$ sedangkan $p = x$ yang membagi daerah inferensi menjadi dua bagian yang sama besar.

c. Metode *Mean of Maximum* (MOM)

Pada metode *Mean of Maximum* solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai rata rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maximum.

d. Metode *Largest of Maximum* (LOM)

Metode *Largest of Maximum* solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maximum

e. Metode *Smallest of Maximum* (SOM)

Metode *Smallest of Maximum* solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maximum.

III. METODOLOGI

Lokasi yang dipilih dalam melaksanakan penelitian ini adalah pada wilayah provinsi D.I. Yogyakarta dari semua gardu induk tersebut seluruh data historis disimpan juga di kantor PT. PLN (Persero) Area D.I Yogyakarta yang beralamat di Jl. Gedong kuning No 03, Bangun Tapan, Bantul sebagai arsip. Jadi penelitian ini berdasarkan data historis yang diambil di PT. PLN (Persero) Area D.I. Yogyakarta. Sehingga pada penelitian ini pengambilan data dilakukan di kantor PLN Area tersebut. Metode analisa yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data Historis Atau Aktual

Dengan menggunakan data historis atau aktual yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Area D.I Yogyakarta serta akan diramalkan kebutuhan energi listrik untuk 5 tahun kedepan data-data tersebut berupa: data jumlah penduduk, dan data konsumsi energi listrik..

2. Pengelompokan data

Data yang telah didapat selanjutnya dikelompokkan menjadi data masukan dan keluaran. Dimana ada dua data yang akan digunakan sebagai masukan yaitu, data jumlah penduduk dan data konsumsi energi listrik. Data keluaran berupa hasil perkiraan kebutuhan energi listrik yang dilakukan oleh PT. PLN (Persero) dengan menggunakan software Simple-E dari tahun 2018-2023.

3. Pembentukan Fungsi Keanggotaan (*Membership Function*)

Jumlah penduduk atau populasi dijadikan sebagai input peramalan, sedangkan konsumsi energi listrik dijadikan sebagai output/hasil dari penelitian. FIS yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe Mamdani. Masing masing variabel tersebut memiliki himpunan variabel bahasanya (*fuzzy set*)

4. Pembentukan Aturan (*Rule*)

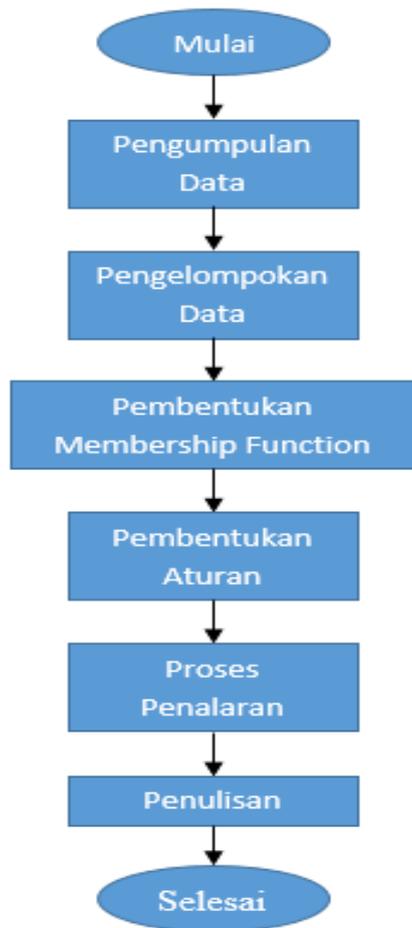
Pembentukan rule melalui rule editor. Pembentukan rule ini dengan mempertimbangkan hubungan antara berbagai input terhadap output, maka dapat dibuat aturan aturan (*Rule*) untuk peramalan pada tahun tahun berikutnya. Dengan menggunakan logika penghubung “*And*”

5. Proses penalaran

Pada penelitian ini proses penalaran yang digunakan adalah dengan menggunakan model Fuzzy Mamdani dimasukan pada proses penalaran adalah himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan keluaran yang nantinya akan didapatkan adalah merupakan fuzzy set yang mempresentasikan besarnya konsumsi energi listrik untuk 5 tahun yang akan datang. Penampilan hasil prakiraan konsumsi energi listrik jangka panjang menggunakan logika fuzzy ini nantinya akan menggunakan fungsi Rule Viewer yang ada pada Toolbox Fuzzy di matlab.

6. Penulisan Tugas Akhir

Setelah seluruh data terpenuhi dan sistem fuzzy telah selesai dibuat maka selanjutnya adalah tahapan penulisan tugas akhir.



Gambar 3.1 Flowchart Proses Pada Sistem Fuzzy

IV. HASIL DAN ANALISIS

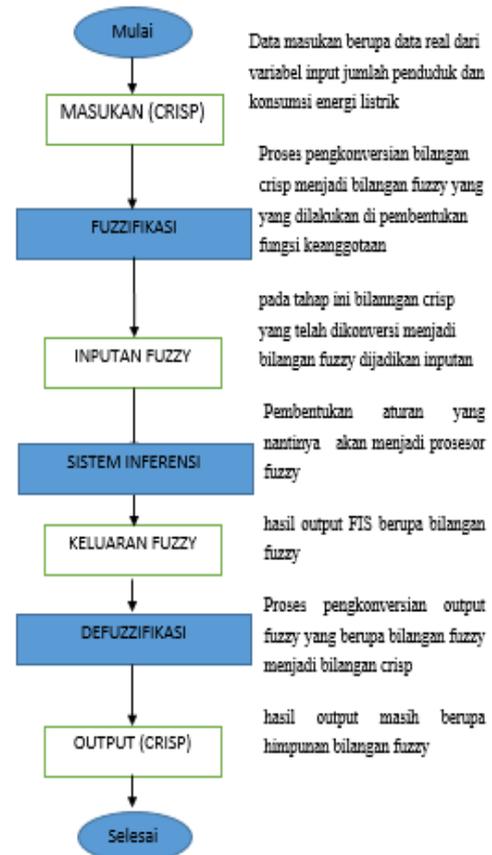
4.1 Data Penelitian

Data yang dipergunakan sebagai bahan evaluasi pada penelitian ini adalah data aktual dari jumlah penduduk dan data konsumsi energi listrik selama periode 2013-2017 di wilayah D.I. Yogyakarta. Data aktual ini diperoleh dari PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah & D.I. Yogyakarta Area Yogyakarta. Kemudian data dikelompokkan kedalam data input atau data output. Selanjutnya data tadi akan diolah dengan menggunakan metode FIS (*fuzzy inference system*), yang selanjutnya menghasilkan output berupa hasil dari peramalan jumlah konsumsi energi listrik untuk lima tahun kedepan yakni pada 2018-2022.

Tabel 4.1 Data Historis Jumlah Penduduk Dan Konsumsi Energi Listrik Periode 2013-2017 Prov. D.I. Yogyakarta

Tahun	Jumlah penduduk (dalam 10 ³)	Konsumsi energi listrik (GWh)
2013	3.636,8	2.205,8
2014	3.698,7	2.370,3
2015	3.740,9	2.535,3
2016	3.783,1	2.712,4
2017	3.835,3	2.902,5

Langkah-langkah dalam perancangan system fuzzy sendiri dijelaskan dalam flowchart sebagai berikut , yaitu:

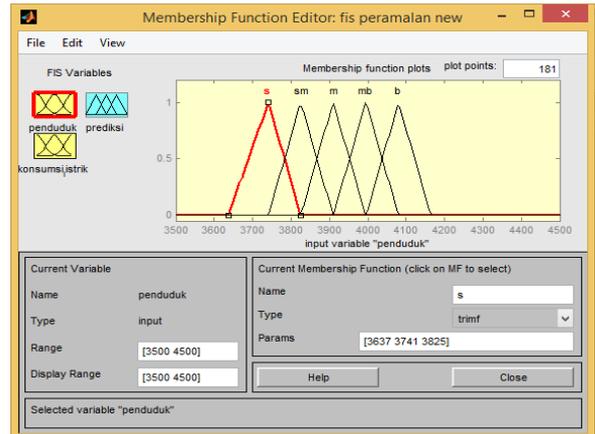


Gambar 4.1 flowchart peramalan konsumsi energi listrik dengan logika fuzzy

4.1.1 FIS (*Fuzzy Inference System*) Editor

Pada tahapan perancangan ini dimasukkan dua buah inputan berupa data jumlah penduduk dan data konsumsi energi listrik, serta satu buah output berupa hasil peramalan konsumsi

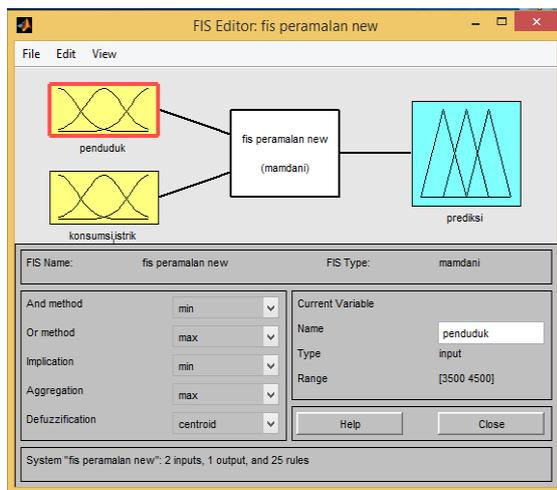
energi listrik. Pada awal pembuatan FIS (*Fuzzy inference system*), sistem fuzzy hanya menyediakan satu buah input dengan satu buah output. Untuk menambah variabel input maupun output dapat dilakukan dengan klik edit-variabel, lalu pilih variabel apa yang akan ditambahkan dapat berupa variabel input ataupun variabel output. Setelah selesai atau sudah sesuai jumlah variabel input maupun variabel output, selanjutnya beri label pada masing-masing variabel tadi. Input pertama beri label “penduduk”, input kedua beri label “konsumsi listrik” serta variabel output diberi label “prediksi”. Pilih metode agregasi yang akan digunakan, karena Tipe FIS (*Fuzzy Inference System*) yang akan digunakan pada peramalan konsumsi energi listrik jangka panjang ini menggunakan metode mamdani maka agregasi yang dipilih tentunya menggunakan agregasi *Min-Max (min-max inferencing)*. Terakhir adalah memilih metode defuzzyfikasi yang akan digunakan, pada penelitian ini proses defuzzyfikasi dilakukan dengan menggunakan metode *centroid* atau dikenal dengan metode *center of gravity*.



Gambar 4.3 Membership Function jumlah penduduk

Pada pembentukan membership function “penduduk” ini diberi range 3500-4500. Pemilihan range ini bukan tanpa alasan, dipilihnya range 3500-4500 karna memang himpunan fuzzy *small* memiliki domain keanggotaan terkecil dengan angka crisp sebesar 3636, sedangkan himpunan *big* memiliki domain keanggotaan terbesar dengan angka crisp sebesar 4165.

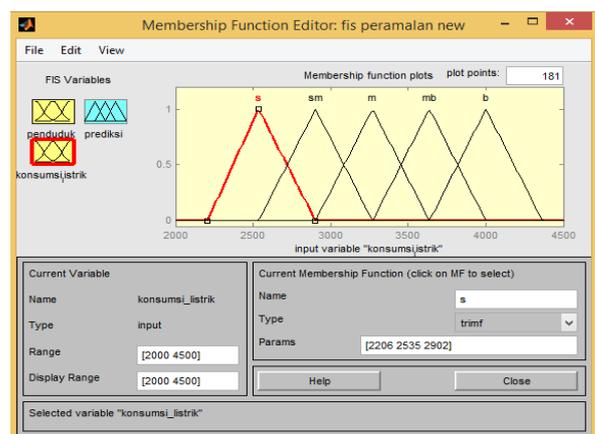
Pada perancangan membership function konsumsi energi listrik sama dengan proses pada perancangan model membership function sebelumnya, yakni menggunakan lima variabel pengelompokan yang terdiri atas *small* [2260 2535 2902], *small medium* [2535 2902 3269], *medium* [2902 3269 3636], *medium big* [3270 3636 4000], dan yang terakhir himpunan *big* [3636 4000 4365]. Dengan range membership function sebesar 2000-4500.



Gambar 4.2 FIS Editor Peramalan Konsumsi Energi listrik Dengan Fuzzy

4.1.1 Pembentukan FCM (*Membership Function*)

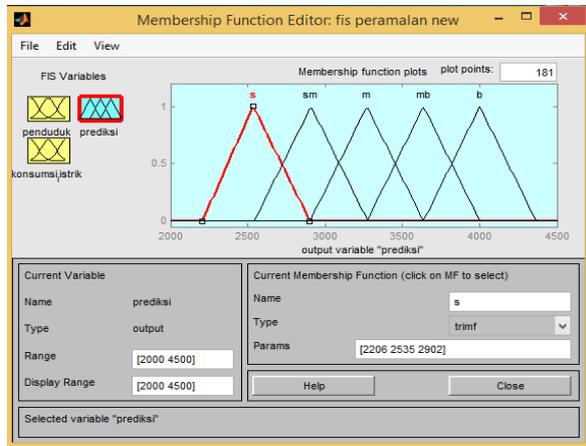
Proses ini yaitu menentukan variabel himpunan fuzzy keanggotaan jumlah penduduk dan himpunan fuzzy konsumsi energi listrik historis pada tahun-tahun sebelumnya. Pada penelitian ini variabel himpunan fuzzy ini terdiri atas lima pengelompokan himpunan fuzzy, yaitu : { *small* (s), *small medium* (sm), *medium* (m), *medium big* (mb), dan *big* (b)}.



Gambar 4.4 Membership Function Konsumsi Energi Listrik

Pada variabel output “prediksi” peneliti memberikan inputan angka yang sama pada variabel input “konsumsi listrik” hal ini

dikarnakan menurut peneliti bahwa hasil prediksi merupakan cerminan pada inputan konsumsi energi listrik. Adapun tampilan dari variabel output “prediksi” yang nantinya akan menghasilkan nilai konsumsi energi listrik hasil peramalan adalah sebagai berikut :



Gambar4.5 Membership Function Output Prediksi

Nilai derajat keanggotaan dalam suatu himpunan untuk masing-masing fungsi keanggotaan dalam variabel input jumlah penduduk dan konsumsi energi listrik historis serta variabel output yang berupa peramaan konsumsi energi listrik yang menggunakan tipe representasi kurva segitiga dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini :

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

Keterangan :

- a = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil
- b = derajat keanggotaan terbesar dalam suatu domain
- c = nilai domain terbesar saat derajat keanggotaan terkecil
- x = nilai input yang akan diubah kedalam bilangan fuzzy

Setelah melakukan perhitungan derajat keanggotaan menggunakan rumus diatas, maka dapat dibuat sebuah tabel derajat keanggotaan untuk masing-masing variabel fungsi keanggotaan sebagai berikut :

Tabel 4.2 Derajat Keanggotaan Pada Masing-Masing Variabel

input				output	
Jumlah penduduk		Konsumsi energi listrik		Prediksi konsumsi energi listrik	
titik	Drajat keanggotaan	titik	Drajat keanggotaan	titik	Drajat keanggotaan
3790	S	2750	S	2750	S
	SM		SM		SM
3860	SM	3100	SM	3100	SM
	M		M		M
3960	M	3450	M	3450	M
	MB		MB		MB
4050	MB	3900	MB	3900	MB
	B		B		B

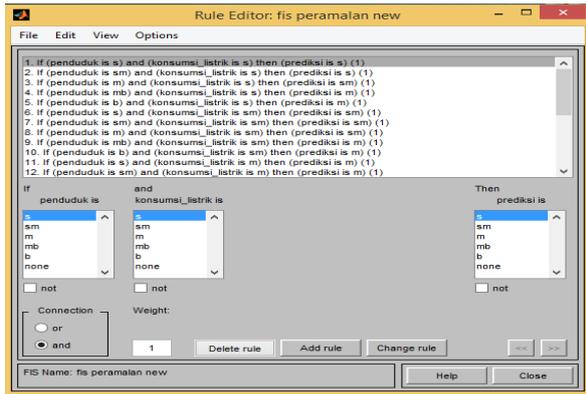
4.1.3 Pembentukan Aturan Fuzzy (Fuzzy Rule)

Pembentukan aturan fuzzy pada penelitian ini menggunakan *Fuzzy Rule Editor* yang ada pada toolbox fuzzy di Matlab. Pada proses pembentukan rules ini menggunakan operator fungsi logika “and”. Pada penelitian ini pembentukan rule lebih menitik beratkan kepada input konsumsi listrik, karna menurut peneliti memeang data input konsumsi listriklah yang menjadi tolak ukur paling besar mengenai peramalan kosumsi listrik ini, mengingat agar pada peramalan konsumsi energi listrik jangka panjang ini tetap sama trend dari data historis dengan kondisi trend pada tahun yang akan dilakukan peramalan. Tabel pembentukan rule tersebut diperlihatkan sebagai berikut :

Tabel 4.3 Susunan Aturan dalam Fuzzy Rules

penduduk	Konsumsi energi listrik				
	Small (s)	Small medium (sm)	Medium (m)	Medium big (mb)	Big (b)
Small (s)	S	S	SM	M	M
Small medium (sm)	SM	SM	SM	M	M
Medium (m)	M	M	M	M	MB
Medium big (mb)	M	M	MB	MB	B
Big (b)	M	MB	MB	B	B

Setelah memasukkan aturan-aturan seperti diatas, maka tampilan dari *Rule Editor* adalah seperti pada gambar berikut ini :

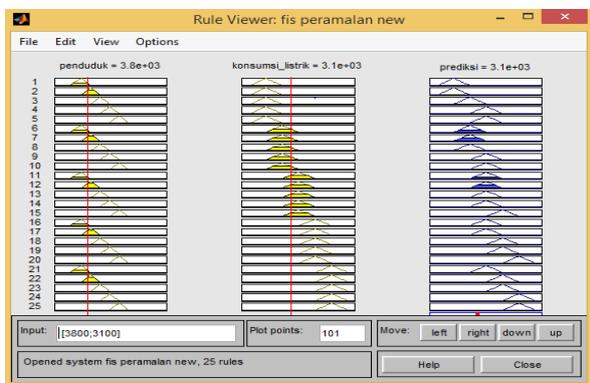


Gambar 4.6 Rule Editor peramalan konsumsi energi listrik

Aturan diatas terbentuk dengan menggunakan panduan pada tabel pembentukan rules diatas tadi dan terbentuklah aturan sebanyak 25 aturan. Ke 25 aturan ini akan menjadi prosesor fuzzy yang akan digunakan untuk menghitung kesesuaian hasil dengan menggunakan metode mamdani, dimana pada metode ini berlaku aturan *MIN-MAX*.

4.1.4 Defuzzifikasi

Proses ini adalah mengubah kembali bilangan crisp yang tadinya diubah kebalam bentuk fuzzy menjadi bilangan crisp yang dibutuhkan oleh aktuaktor atau kontroller. Hasil dari proses defuzzifikasi ini akan ditampilkan pada *Rule Viewer* yang ada pada Matlab. Tampilan pada *Rule Viewer* adalah berupa gambar yang terdiri atas tiga kotak dengan dua kotak sebelah kiri adalah kotak yang menggambarkan kondisi inpu yang nilainya dapat dirubah-rubah sesuai dengan kondisi atau keadaan pada tahun yang akan diramal, dan kotak paling kanan adalah kotak yang menggambarkan kondisi output dari hasil input yang dimasukkan tadi.



Gambar 4.7 Rule Viewer

Pada *Rule Viewer* ini pengujian hasil dari aturan-aturan yang telah dibuat untuk prakiraan konsumsi energi listrik jangka panjang dapat dilakukan, dengan memasukkan variabel *inputan* pada kolom *input*. Dengan variasi input berdasarkan kondisi peramalan. Variasi input tersebut diambil berdasarkan data demand forecast yang dibuat oleh pihak PT. PLN (Persero) Area Yogyakarta. Data tersebut dimuat pada tabel berikut ini

Tabel 4.4 Variabel Input Peramalan Beban Listrik Jangka Panjang Menggunakan Logika Fuzzy

Tahun	Jumlah penduduk (dalam 10 ³)	Konsumsi energi listrik (GWh)
2018	3867,5	3106,5
2019	3909,7	3325,6
2020	3951,9	3560,9
2021	3994,1	3813,7
2022	4036,3	4085,2

Selanjutnya setelah memasukkan input data kondisi jumlah penduduk dan konsumsi energi listrik untuk masing-masing tahunnya maka akan didapat hasil output berupa angka konsumsi energi listrik. Data output tersebut selanjutnya diisikan kedalam tabel hasil peramalan konsumsi energi listrik seperti berikut ini :

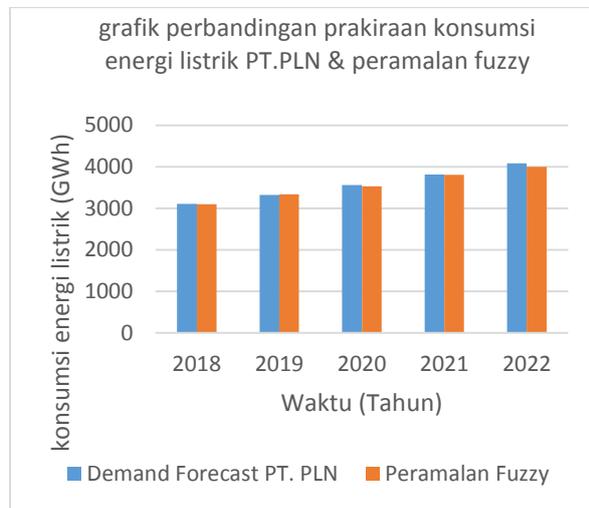
Tabel 4.5 Hasil Peramalan Konsumsi Energi Listrik Periode 2018-2022

Tahun	Prakiraan Konsumsi energi listrik PT. PLN (GWh)	Prakiraan Konsumsi Energi listrik Fuzzy(GWh)	Error (%)
2018	3106,5	3100	0,209
2019	3325,6	3340	0,433
2020	3560,9	3530	0,867
2021	3813,7	3810	0,097
2022	4085,2	4000	2,085

4.2 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tabel prakiraan konsumsi energi listrik diatas terlihat bahwa selisish angka prakiraan konsumsi energi listrik yang dilakukan oleh PT. PLN (Persero) dengan prakiraan konsumsi energi listrik yang dilakukan dengan menggunakan FIS (*Fuzzy inference system*) ini memiliki selisish angka yang sangat kecil. Selanjutnya dibuat diagram batang sebagai perbandingan antara hasil

prakiraan konsumsi energi listrik dengan menggunakan logika fuzzy dan prakiraan dari PT. PLN yang menggunakan metode simple-E sendiri agar lebih mudah dalam membandingkannya. Diagram batang tersebut adalah sebagai berikut:



Berikut ini adalah beberapa keunggulan dari penggunaan metode Logika Fuzzy yang dapat penulis sampaikan dalam memperkirakan kebutuhan akan energi listrik jangka panjang :

1. Konsep dari logika fuzzy, sederhana dan mudah dimengerti
2. Logika fuzzy sangat fleksibel dan mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan serta ketidakpastian
3. Tidak membutuhkan banyak data input, dengan menggunakan data yang terbatas logika fuzzy dapat mencapai angka error yang sangat kecil.
4. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data yang kurang tepat
5. Logika fuzzy dapat mengaplikasikan pengetahuan atau pengalaman sesuai yang diinginkan perancang/peneliti.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian peramalan beban listrik jangka panjang di provinsi D.I. Yogyakarta dengan menggunakan logika fuzzy ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Angka pertumbuhan konsumsi energi listrik di provinsi D.I. Yogyakarta tidak bergerak secara signifikan perkembangannya hanya berkisar di angka 165 GWh sampai dengan 250 GWh saja pada tiap tahunnya

2. Konsumsi energi listrik di provinsi D.I. Yogyakarta pada setiap tahunnya mengalami kenaikan seiring dengan perkembangan jumlah penduduk yang terjadi di provinsi tersebut.
3. Hasil peramalan antara PT. PLN (Persero) dengan peramalan menggunakan logika fuzzy pada penelitian ini menunjukkan angka yang tidak jauh berbeda atau dapat dikatakan hampir sama. Dengan error terkecil terjadi saat meramalkan konsumsi energi listrik tahun 2021 dengan presentase error sebesar 0,097% . sedangkan presentase kesalahan terbesar yakni pada tahun 2022 sebesar 2,085%. Kemudian dihitung rata-rata error yang terjadi pada penelitian ini yakni sebesar 0,738%.
4. FIS (*Fuzzy Inference System*) sangat cocok digunakan sebagai metode yang digunakan dalam melakukan peramalan energi listrik.

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian peramalan konsumsi energi listrik jangka panjang di provinsi D.I. Yogyakarta menggunakan logika fuzzy yang telah dilakukan, maka dapat disampaikan beberapa saran diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Dengan mengetahui peramalan konsumsi energi listrik pada tahun-tahun yang akan datang, PT. PLN (Persero) dapat menyiapkan seberapa besar energi listrik yang akan dibangkitkan serta dapat mengambil kebijakan-kebijakan yang sekiranya perlu untuk segera dilaksanakan atau belum saatnya disegerakan pelaksanaannya.
2. Kekuatan serta keakuratan dari logika fuzzy terletak pada aturan-aturan yang dibangun dari pengetahuan serta pembentukan membership function oleh peneliti, maka tidak begitu diperlukan banyak parameter data input untuk dimasukkan cukup memilih parameter-parameter yang dianggap paling mempengaruhi hasil output dari sistem fuzzy itu sendiri. Karna sistem fuzzy memiliki toleransi terhadap data inputan yang kurang tepat.
3. Pada penelitian selanjutnya untuk mendapatkan hasil error output yang lebih kecil lagi maka diperlukan input data historis dengan periode waktu yang lebih lama lagi, misal data input historis berupa jumlah penduduk dan konsumsi energi listrik 10 tahun sebelumnya. Gunanya adalah untuk

mempersempit variabel dalam pembentukan membership function sehingga menghasilkan peramalan yang lebih tepat lagi. Hal ini karna begitu pentingnya peramalan konsumsi energi listrik ini untuk mempersiapkan seberapa besar energi listrik yang harus dibangkitkan dimasa yang akan datang.

4. Setelah melihat hasil peramalan konsumsi energi listrik menggunakan logika fuzzy ini mengingat persentase error yang terjadi sangat kecil dengan rata-rata error sebesar 0,738%, PT. PLN (Persero) selaku BUMN yang menangani tentang ketenaga listrikan di Indonesia disarankan untuk menggunakan logika fuzzy ini sebagai metode demand forecast mereka. Karna logika fuzzy sangat mudah dalam perhitungannya dan tidak memerlukan banyak parameter variabel data inputan dan hasilnya cukup memuaskan.

DAFTAR PUSTAKA

- Albab, M. H., & Winardi, B. (2015). PROYEKSI KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK APJ PEKALONGAN TAHUN 2014-2018 DENGAN METODE LOGIKA FUZZY. *TRANSIENT*, 4(3), 619-624.
- Haryanto, E. V., & Nasari, F. (2015). PENERAPAN METODE FUZZY MAMDANI DALAM MEMPREDIKSI TINGGINYA PEMAKAIAN LISTRIK (STUDI KASUS KELURAHAN ABC). *SEMNASSTEKNOMEDIA ONLINE*, 3(1), 2-2.
- Jamal, A., Syahputra, R. (2016). Heat Exchanger Control Based on Artificial Intelligence Approach. *International Journal of Applied Engineering Research (IJAER)*, 11(16), pp. 9063-9069.
- Laksono, H. D., & Arief, A. (2012). Perkiraan Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang Di Provinsi Sumatera Barat Sampai Tahun 2021 Dengan Logika Fuzzy Clustering.
- Masarrang, M., Yudaningtyas, E., & Naba, A. (2014). Peramalan Beban Jangka Panjang Sistem Kelistrikan Kota Palu Menggunakan Metode K Logika Fuzzy. *Jurnal EECCIS*, 9(1), 13-18.
- Muis, saludin. 2018. "TEORI FUZZY, Konsep dan Aplikasi". Yogyakarta, Teknosain
- Robandi, Imam. 2006. "Desain Sistem Tenaga Modern". Yogyakarta. Andi Offset
- Rosalina, F. D., Farida, Y., & Hamid, A. (2016). METODE LOGIKA FUZZY SEBAGAI EVALUASI DISTRIBUSI DAYA LISTRIK BERDASARKAN BEBAN PUNCAK PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK. *Jurnal Matematika: MANTIK*, 2(1), 22-29.
- Syahputra, R. (2010). Fault Distance Estimation of Two-Terminal Transmission Lines. *Proceedings of International Seminar on Applied Technology, Science, and Arts (2nd APTECS)*, Surabaya, 21-22 Dec. 2010, pp. 419-423.
- Syahputra, R. (2012). Prakiraan Beban Listrik Jangka Pendek Kota Banda Aceh Berbasis Logika Fuzzy. *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, 10(1), 46-51.
- Syahputra, R. (2016). APPLICATION OF NEURO-FUZZY METHOD FOR PREDICTION OF VEHICLE FUEL CONSUMPTION. *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*, 86(1).
- Syahputra, R., (2012), "Distributed Generation: State of the Arts dalam Penyediaan Energi Listrik", LP3M UMY, Yogyakarta, 2012.
- Syahputra, R., (2012), "Fuzzy Multi-Objective Approach for the Improvement of Distribution Network Efficiency by Considering DG", *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 4, No. 2, pp. 57-68.
- Syahputra, R., (2013), "A Neuro-Fuzzy Approach For the Fault Location Estimation of Unsynchronized Two-Terminal Transmission Lines", *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 5, No. 1, pp. 23-37.
- Syahputra, R., (2015), "Teknologi dan Aplikasi Elektromagnetik", LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- Syahputra, R., (2016), "Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik", LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2014). "Optimal Distribution Network Reconfiguration with Penetration of

Distributed Energy Resources”, Proceeding of 2014 1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE) 2014, UNDIP Semarang, pp. 388 - 393.

Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta
55183

Email : ariwahyunugraha7@gmail.com

- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2014). Optimization of Distribution Network Configuration with Integration of Distributed Energy Resources Using Extended Fuzzy Multi-objective Method. *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 9(3), pp. 629-639.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2014). Performance Analysis of Wind Turbine as a Distributed Generation Unit in Distribution System. *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 6, No. 3, pp. 39-56.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). Performance Improvement of Radial Distribution Network with Distributed Generation Integration Using Extended Particle Swarm Optimization Algorithm. *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 10(2). pp. 293-304.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). Reconfiguration of Distribution Network with DER Integration Using PSO Algorithm. *TELKOMNIKA*, 13(3). pp. 759-766.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M., (2012), “Reconfiguration of Distribution Network with DG Using Fuzzy Multi-objective Method”, *International Conference on Innovation, Management and Technology Research (ICIMTR)*, May 21-22, 2012, Melacca, Malaysia.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M., (2013), “Distribution Network Efficiency Improvement Based on Fuzzy Multi-objective Method”. *International Seminar on Applied Technology, Science and Arts (APTECS)*. 2013; pp. 224-229.

Penulis :

Ari Wahyu Nugroho

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar