

LEMBAR PERSETUJUAN

IMPLEMENTASI METODE FUZZY LOGIC MAMDANI DALAM
MEMPREDIKSI KEBUTUHAN DAYA LISTRIK JANGKA PENDEK DI PT.
PLN (PERSERO) RAYON KOTA BATU

SKRIPSI

*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan
guna mencapai gelar Sarjana Teknik*

Disusun oleh :

DONNY DWIE ARTONO

NIM : 12.12.002

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT

Ir. Ni Putu Agustini, MT

NIP. P. 1018800189

NIP. P. 1030100371

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2016

**IMPLEMENTASI METODE FUZZY LOGIC MAMDANI DALAM
MEMPREDIKSI KEBUTUHAN DAYA LISTRIK JANGKA PENDEK DI PT.
PLN (PERSERO) RAYON KOTA BATU**

Donny Dwie Artono, NIM 1212002

Dosen Pembimbing : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT dan

Ir. Ni Putu Agustini, MT

Abstrak

Pemakaian energi listrik saat ini sangat tinggi mengingat banyaknya peralatan rumah tangga maupun industri yang menggunakan listrik sebagai sumber tenaganya, sehingga diperlukan adanya sistem tenaga listrik yang handal namun tetap ekonomis. Hal tersebut dapat dicapai dengan melakukan perencanaan operasi yang baik dan tepat, salah satu langkah perencanaan operasi sistem tenaga listrik yang penting yaitu peramalan kebutuhan daya listrik. Salah satu metode dalam sistem cerdas yang dapat digunakan untuk peramalan daya listrik adalah metode *Fuzzy Logic Mamdani*. Pada penelitian ini, metode tersebut digunakan untuk peramalan daya listrik jangka pendek atau harian. Data yang dipergunakan untuk pembelajaran pada peramalan ini adalah data sebenarnya (*actual data*) yang diambil dari GI Sengkaling, pada tanggal 1 Maret 2016 sampai dengan 31 Maret 2016 . Pembangunan sistem Fuzzy Mamdani menggunakan software matlab. *Fuzzy Inference System* yang digunakan adalah tipe Mamdani, dengan fungsi keanggotaan segitiga dan lima metode *Defuzzifikasi* yaitu *Centroid*, *Bisector*, *MOM*, *LOM* dan *SOM*. Penelitian ini menghasilkan nilai rata-rata MAPE pada peramalan hari Senin dengan 5 metode *Defuzzifikasi* yaitu, *Centroid* 0,71, *Bisector* 0,63%, *MOM* 0,97%, *LOM* 7,13%, dan *SOM* 1,54%. Sedangkan peramalan menggunakan Fuzzy Sugeno pada hari Senin menghasilkan rata-rata MAPE 0,57%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa peramalan dengan metode Fuzzy Sugeno lebih baik dibandingkan peramalan dengan Fuzzy Mamdani.

Kata Kunci : Perkiraan Daya Listrik Jangka Pendek, *Fuzzy Logic Mamdani & Sugeno*, Matlab, MAPE.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi ini yang berjudul **“IMPLEMENTASI METODE FUZZY LOGIC MAMDANI DALAM MEMPREDIKSI KEBUTUHAN DAYA LISTRIK JANGKA PENDEK DI PT. PLN (PERSERO) RAYON KOTA BATU”** dapat terselesaikan.

Penulis menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak, maka skripsi ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak M. Ibrahim Ashari, ST, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT selaku Dosen Pembimbing I.
5. Ibu Ir. Ni Putu Agustini, MT selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Energi Listrik S-1 selaku pengamat dan penguji.
7. Kedua orang tua yang telah memberi doa, semangat dan materil.
8. Semua teman – teman seperjuangan Teknik Energi Listrik S-1 yang turut memberi dukungan terhadap penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan pada skripsi ini, oleh karna itu penulis mengharapkan para pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang membangun agar skripsi ini menjadi lebih baik.

Malang,

2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	5
LANDASAN TEORI.....	5
2.1. Sistem Tenaga Listrik	5
2.2. Beban Listrik	5
2.3. Peramalan Beban Listrik	6
2.5. Prinsip Peramalan.....	7
2.6. Tahapan Peramalan	8
2.7. Jenis Data	8
2.7.1. Menurut Sumber Data.....	8
2.7.2. Menurut Cara Memperolehnya	9
2.7.3. Menurut Sifatnya	9
2.8. <i>Mean Absolut Percent Error</i> (MAPE)	9
2.9. Logika <i>Fuzzy</i>	9
2.9.1. Grafik Keanggotaan Kurva Segitiga.....	10
2.9.2. Grafik Keanggotaan Kurva Linear	11
2.9.3. Grafik Keanggotaan Kurva Trapesium.....	12

2.9.4.	Grafik Keanggotaan Kurva Bentuk Bahu	13
2.10.	Fuzzy Inference System (FIS) Mamdani.....	13
2.11.	Dasar Matlab	16
BAB III	.....	17
METODE PENELITIAN	.....	17
3.1.	Tahapan Penelitian	17
3.2.	Tahapan Persiapan	18
3.3.	Pengolahan Data.....	19
3.4.	Tahapan Pengerjaan	27
3.5.	Flowchart Sistem Perkiraan Daya Listrik Jangka Pendek Dengan Metode Fuzzy Mamdani	28
BAB IV	.....	29
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	29
4.1.	Fuzzyfikasi	29
4.1.1.	Pengolahan Data	29
4.1.2.	Variabel Beban Listrik <i>Input</i> dan <i>Output</i>	30
4.1.3.	Variabel Suhu Permukaan Bumi.....	32
4.2.	Evaluasi Aturan (Rule).....	34
4.2.1.	Menentukan Aturan Dasar Fuzzy	38
4.3.	Inferensi Fuzzy	38
4.3.1.	Aplikasi Fungsi Implikasi.....	39
4.3.2.	Komposisi Aturan	44
4.4.	Defuzzy	45
4.5.	Sistem Fuzzy Menggunakan MATLAB	47
4.6.	Penyelesaian Menggunakan Metode Sugeno.....	52
4.6.1.	Fuzzyfikasi.....	52
4.6.2.	Menentukan aturan dasar Fuzzy	53
4.6.3.	Komposisi Aturan	53
4.6.4.	Defuzzy	55
4.7.	Menghitung MAPE (Mean Absolute Percentage Error).....	55
4.8.	Analisa Hasil	56
4.8.1.	Metode Mamdani.....	56
4.8.2.	Metode Sugeno	57
BAB V	.....	60
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	60

5.1. Kesimpulan	60
5.2. Saran.....	61
Daftar Pustaka.....	62
Lampiran	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik Keanggotaan Kurva Segitiga.....	11
Gambar 2. 2 Grafik Keanggotaan Kurva Linear Naik.....	11
Gambar 2. 3 Grafik Keanggotaan Kurva Linear Turun.....	14
Gambar 2. 4 Kurva Trapesium	14
Gambar 2. 5. Grafik Keanggotaan Kurva Bentuk "Bahu"	16
Gambar 2. 6 Fungsi Implikasi MIN.....	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	17
Gambar 3. 2. Flowchart Sistem Perkiraan Daya Jangka Pendek Dengan Metode Fuzzy Mamdani	28
Gambar 4. 1. Fungsi Keanggotaan Beban Listrik Hari Senin.....	32
Gambar 4. 2. Fungsi Keanggotaan Suhu Permukaan Bumi Hari Senin	34
Gambar 4. 3. Nilai Derajat Keanggotaan Beban 1 Pada Pukul 00.00	35
Gambar 4. 4. Nilai Derajat Keanggotaan Suhu 1 Pada Pukul 00.00	36
Gambar 4. 5. Rule Fuzzy Peramalan Hari Senin	38
Gambar 4. 6. Fungsi Implikasi Aturan 1	39
Gambar 4. 7. Hasil Perpotongan Fungsi Implikasi Aturan 1	40
Gambar 4. 8. Fungsi Implikasi Aturan 2	40
Gambar 4. 9. Hasil Perpotongan Fungsi Implikasi Aturan 2.....	41
Gambar 4. 10. Fungsi Implikasi Aturan 3	42
Gambar 4. 11. Hasil Perpotongan Fungsi Implikasi Aturan 3.....	42
Gambar 4. 12. Fungsi Implikasi Aturan 4	43
Gambar 4. 13. Hasil Perpotongan Fungsi Implikasi Aturan 4.....	43
Gambar 4. 14. Komposisi Semua Output	44
Gambar 4. 15. Hasil Akhir Komposisi Semua Output	44
Gambar 4. 16. Solusi Daerah Fuzzy	45
Gambar 4. 17. Tampilan FIS Editor	48
Gambar 4. 18. Tampilan FIS Editor Dengan 4 Input Dan 1 Output.....	48
Gambar 4. 19. Membership Function Editor Beban 1 (Input).....	49
Gambar 4. 20. Membership Function Editor Suhu 1 (Input).....	49
Gambar 4. 21. Membership Function Editor Hasil Ramalan (Output).....	50

Gambar 4. 22. Tampilan Rule Editor.....	50
Gambar 4. 23. Tampilan Rule Viewer	51
Gambar 4. 24. Mengubah Metode Defuzzifikasi.....	51
Gambar 4. 25. FIS Editor Sugeno	52
Gambar 4. 26. Membership Function Editor Hasil Ramalan (Output).....	53
Gambar 4. 27. Rule Viewer Fuzzy Sugeno	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Data Beban Listrik Dan Suhu Hari Senin.....	20
Tabel 3. 2. Data Beban Listrik Dan Suhu Hari Selasa.....	21
Tabel 3. 3. Data Beban Listrik Dan Suhu Hari Rabu	22
Tabel 3. 4. Data Beban Listrik Dan Suhu Hari Kamis	23
Tabel 3. 5. Data Beban Listrik Dan Suhu Hari Jumat	24
Tabel 3. 6. Data Beban Listrik Dan Suhu Hari Sabtu.....	25
Tabel 3. 7. Data Beban Listrik Dan Suhu Hari Minggu	26
Tabel 4. 1. Tabel Pembagian Data Selama 3 Minggu.....	29
Tabel 4. 2. Himpunan Fuzzy, Semesta Pembicaraan dan Domain Pada Variabel Beban Listrik.....	30
Tabel 4. 3. Himpunan Fuzzy, Semesta Pembicaraan dan Domain Pada Variabel Suhu Permukaan.....	33
Tabel 4. 4. Nilai Derajat Keanggotaan Hari Senin Pukul 00.00.....	36
Tabel 4. 5. Nilai Derajat Keanggotaan Jam 00.00	38
Tabel 4. 6. Hasil Ramalan Hari Senin Metode Mamdani.....	56
Tabel 4. 7. Nilai Rata-rata MAPE Peramalan Mamdani Satu Minggu.....	57
Tabel 4. 8. Hasil Ramalan Hari Senin Metode Sugeno	58
Tabel 4. 9. Nilai Rata-rata MAPE Peramalan Sugeno Satu Minggu.....	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu aplikasi sistem cerdas yang paling sukses dan masih berkembang saat ini yaitu perkiraan beban listrik. Beberapa penelitian yang telah dilakukan diantaranya yaitu perkiraan beban listrik menggunakan JST (Jaringan Syaraf Tiruan), menggunakan *Fuzzy Logic*, menggunakan Algoritma Genetika dan kolaborasi antara beberapa kecerdasan buatan atau dikenal dengan Hybrid System seperti *Genetic Algorithm Neural Network* dan *Fuzzy Artificial Neural Network*^[1].

Kecukupan pasokan energi listrik diukur dengan melihat kemampuan pasokan daya listrik pada saat beban puncak. Hal ini mengingat sifat tenaga listrik tidak dapat disimpan, sehingga kebutuhan suatu saat harus dipasok saat itu juga. Disamping itu, kebutuhan energi listrik bersifat acak dan dinamis sehingga diperlukan strategi prakiraan pertumbuhan beban dan penyediaan daya yang terdistribusi sesuai dengan dinamika kebutuhan beban.

Kota Batu merupakan salah satu kota kecil yang konsumsi listriknya terus meningkat karena berkembangnya sektor pariwisata yang menjadi ikon kota. Dengan meningkatnya laju perekonomian di Kota Batu dalam segi pariwisata, maka kebutuhan akan daya listrik di Kota Batu selalu bertambah sehingga menyebabkan konsumsi listrik di Kota Batu semakin besar pula. Perubahan konsumsi listrik tersebut jika tidak diolah dengan baik maka akan menimbulkan beban energi listrik yang tidak terbandung, oleh karena itu dibutuhkan suatu peramalan daya listrik jangka pendek untuk menjaga kontinuitas pelayanan energi listrik ke konsumen.

Berdasarkan perumusan latar belakang diatas, maka penulis bertujuan melakukan penelitian mengenai perkiraan beban jangka pendek dengan metode *Fuzzy Logic* menggunakan data beban dan memasukan faktor-faktor yang mempengaruhi beban listrik seperti suhu sebagai masukannya. Alat bantu yang akan digunakan untuk melakukan peramalan yaitu *toolbox Fuzzy Logic* yang terdapat pada software matlab.

Diharapkan dengan dilakukannya penelitian ini dapat menambah ilmu pengetahuan dalam penerapan *Fuzzy Logic* sebagai metode alternatif untuk perkiraan beban listrik jangka pendek dan sebagai informasi mengenai penggunaan *Fuzzy Logic* dalam matlab.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka timbul beberapa perumusan masalah, antara lain:

1. Bagaimana cara kerja metode *Fuzzy Logic Mamdani* dan *Sugeno* digunakan untuk memperkirakan beban listrik jangka pendek dengan nilai presentasi kesalahan (*error*) yang kecil.
2. Faktor apa saja yang mempengaruhi penggunaan *Fuzzy Logic Mamdani* dan *Sugeno* dalam memperkirakan beban listrik jangka pendek.

1.3. Batasan Masalah

Dalam pembahasan ini diberikan batasan masalah yaitu:

1. Metode yang digunakan adalah metode *Fuzzy Logic Mamdani* dan *Sugeno*.
2. Perhitungan perkiraan beban dilakukan dalam keadaan beban aktual.
3. Perhitungan dilakukan dengan program komputer *Matlab*.
4. Rentang waktu perkiraan beban adalah jangka pendek yaitu 1 jam hingga 168 jam kedepan.

1.4. Tujuan

Tujuan dari penelitian skripsi ini adalah untuk mengimplementasikan metode *Fuzzy Logic Mamdani* dan *Sugeno* dalam memprediksi kebutuhan daya listrik jangka pendek atau memperkirakan berapa kebutuhan daya yang diperlukan beberapa jam hingga 168 jam kedepan (satu minggu) serta membandingkan antara kedua metode tersebut manakah yang lebih baik dalam memperkirakan beban jangka pendek dengan tingkat keakurasian yang baik dan kesalahan (*error*) yang sekecil mungkin.

1.5. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur, refrensi jurnal dari situs IEEE dan buku-buku penunjang lainnya.
2. Studi lapangan untuk mendapatkan data yang valid.
3. Melakukan perkiraan beban menggunakan *Metode Fuzzy Logic Mamdani* dan *Sugeno* untuk mendapatkan bobot error yang kecil.
4. Membuat evaluasi, sehingga dapat disimpulkan apakah metode yang diterapkan akurat untuk peramalan beban.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika dari pembahasan didalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I : Pendahuluan

Berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II: Landasan Teori

Berupa teori-teori yang akan digunakan didalam penyusunan skripsi ini seperti, teori perkiraan beban, cara-cara ,memperkirakan beban jangka pendek, representasi beban, fuzzy logic, teori fuzzy Mamdani, fuzzy Sugeno dan dasar Matlab.

BAB III: Metodologi Penelitian

Berupa tahap-tahap pengerjaan mulai dari studi literature, konsep dan perencanaan, perkiraan beban jangka pendek, uji coba, dan pembuatan laporan dari tahap awal hingga akhir.

BAB IV: Hasil Dan Pembahasan

Berisikan langkah-langkah pengerjaan laporan skripsi mulai dari fuzzifikasi, evaluasi aturan, inferensi fuzzy, defuzzifikasi, penyelesaian dengan metode mamdani dan sugeno serta menghitung nilai MAPE.

BAB V : Kesimpulan Dan Saran

Berupa hasil dari keseluruhan penelitian yang telah dilakukan mulai dari awal hingga akhir.

DAFTAR PUSTAKA

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem yang terpadu dan terintegrasi yang terbentuk dari hubungan-hubungan peralatan dan komponen-komponen listrik. Sistem tenaga listrik mempunyai peranan utama dalam menyalurkan energi listrik yang dibangkitkan oleh generator dipusat pembangkit untuk disalurkan ke konsumen yang membutuhkan energi listrik^[2].

Secara garis besar suatu sistem tenaga listrik dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu :

1. Sistem Pembangkitan

Berperan sebagai sumber tenaga listrik dan biasa disebut juga sebagai produsen energi (*Power Plan*).

2. Sistem Transmisi

Berfungsi sebagai penyalur daya listrik dalam skala besar dari pusat pembangkit ke bagian sistem distribusi (*Power Transmitter*)

3. Sistem Distribusi and Beban

Berfungsi sebagai distributor energi ke konsumen.

2.2. Beban Listrik

Secara umum beban yang dilayani oleh sistem distribusi elektrik ini dibagi dalam beberapa sektor yaitu sektor perumahan, sektor industri, sektor komersial dan sektor usaha. Masing-masing sektor beban tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda. Sebab hal ini berkaitan dengan pola konsumsi energi pada masing-masing konsumen disektor tersebut ^[3].

Berdasarkan kebutuhan beban alat-alat pemakaian tenaga listrik, secara umum dapat dibagi kedalam empat kelompok besar yaitu :

1. Beban Penerangan

Kelompok penerangan diantaranya adalah lampu-lampu pijar, neon, bohlam dan lain sebagainya.

2. Beban Tenaga

Beban tenaga pada umumnya terdiri atas berbagai jenis motor listrik, motor induksi, dan motor sinkron. Jenis motor listrik terdapat pada berbagai alat seperti mesin cuci, kipas angin, lemari es, dan lain sebagainya. Motor induksi banyak dipakai di pabrik dan industri sedangkan motor sinkron biasanya dipakai pada daya yang besar, yaitu jaringan perusahaan listrik.

3. Beban Elektronik

Dalam beban elektronik diantaranya penggunaan TV, komputer, AC, dan peralatan elektronik lainnya.

2.3. Peramalan Beban Listrik

Peramalan beban listrik adalah penerapan dari ilmu peramalan yang diaplikasikan untuk memprediksikan perubahan beban listrik yang diminta konsumen. Peramalan beban listrik sangat dibutuhkan oleh pihak penyedia daya listrik (PLN) untuk dapat meningkatkan efisiensi operasional dan ekonomi dalam penyediaan ketenagalistrikan. Selain itu, peramalan beban listrik juga dapat diaplikasikan untuk menentukan karakteristik beban untuk masing-masing tipe pelanggan^[2].

Peramalan beban dibidang tenaga listrik menghasilkan dua hasil utama yaitu :

1. Peramalan kebutuhan energi listrik (*Demand*), yaitu energi yang dibutuhkan oleh pelanggan.
2. Peramalan beban tenaga listrik (*Load*), yaitu power yang perlu disediakan untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut.

Sedangkan menurut jangka waktunya peramalan beban dibagi menjadi 3 periode sesuai dengan materi yang diramalkan, yaitu :

1. Peramalan Jangka Panjang (*Long Term Forecasting*)

Peramalan beban listrik jangka panjang dilakukan dengan menggunakan periode waktu bulanan hingga tahunan. Peramalan jenis ini sangat berguna untuk menentukan kapasitas dari pembangkit, transmisi, atau distribusi sehingga dapat dipersiapkan unit-unit tambahan yang diperlukan sedari dini. Persiapan sejak awal sangatlah krusial, sebagai contoh proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) yang dipersiapkan untuk berbagai tempat di Indonesia. Persiapan yang diperlukan untuk membangun PLTP tersebut telah dimulai sejak dini.

2. Peramalan Jangka Menengah (*Mid Term Forecasting*)

Peramalan beban listrik dalam jangka waktu menengah menggunakan periode mingguan atau bulanan. Peramalan ini untuk menentukan jadwal maintenance dan pengecekan kerja di suatu pembangkit. Selain itu, peramalan beban listrik jangka menengah sangat berguna untuk negara-negara yang memiliki 4 musim. Permintaan daya listrik dari konsumen untuk setiap musim sangat berbeda. Misalnya penggunaan daya listrik pelanggan pada saat musim semi tidak akan sebesar penggunaan daya listrik di musim panas (untuk AC) dan musim dingin (untuk penghangat).

3. Peramalan Jangka Pendek (*Short Term Forecasting*)

Peramalan beban dalam jangka pendek dilakukan dalam periode jam atau harian. Peramalan ini berguna untuk membuat analisis tentang aliran daya yang terjadi sehingga sistem tenaga listrik dapat dikontrol. Dengan peramalan jangka pendek, maka akan dapat diketahui prediksi beban listrik untuk satu hingga beberapa jam ke depan, sehingga dapat menghindari kelebihan ataupun kekurangan suplai tenaga.

2.5. Prinsip Peramalan

Dalam melakukan peramalan prinsip-prinsip yang harus diperhatikan adalah ^[4] :

1. Peramalan selalu melibatkan faktor kesalahan (*error*), yaitu perbedaan antara nilai yang diramal dengan nilai sebenarnya.
2. Peramalan sebaiknya menyertakan estimasi kesalahan (*error*) sebagai acuan untuk membuktikan keakuratan ramalan tersebut.
3. Peramalan untuk kelompok atau grup lebih akurat dibandingkan peramalan untuk individu, hal ini dikarenakan kondisi dari sebuah individu cenderung lebih abstrak untuk diramalkan dibandingkan dengan secara kelompok. Sebagai contoh, meramalkan perilaku sekelompok suku Indian akan lebih mudah dibandingkan meramalkan perilaku seorang suku Indian.
4. Peramalan yang ditujukan untuk jangka pendek akan lebih akurat dibandingkan dengan peramalan jangka panjang. Karena kebanyakan orang lebih percaya dan yakin dengan apa yang akan mereka lakukan minggu depan dibanding apa yang akan mereka lakukan tahun depan. Semakin jauh

rentangnya, maka faktor ketidakpastian akan semakin besar jika dibandingkan dengan peramalan jangka pendek.

2.6. Tahapan Peramalan

Dalam menyusun perancangan metode peramalan diperlukan beberapa tahap yang harus dilalui, yaitu:

1. Menentukan jenis data yang digunakan dan melakukan analisis pola data dan karakteristik yang dimilikinya.
2. Memilih metode peramalan yang digunakan. Ada banyak jenis metode peramalan yang dapat digunakan, oleh karena itu penggunaan metode harus disesuaikan dengan jenis data untuk mendapatkan persentase error yang sekecil-kecilnya.
3. Menentukan parameter-parameter yang dapat membantu meningkatkan akurasi dari metode peramalan yang telah ditentukan agar persentase errornya dapat diperkecil.
4. Mengaplikasikan data-data acuan ke dalam metode yang telah ditentukan dan hasilnya akan menghasilkan nilai perkiraan beserta persentase errornya sebagai perbandingan antara nilai perkiraan dengan nilai aktualnya.

Dalam penelitian ini, jenis yang digunakan adalah data beban listrik harian selama beberapa minggu terakhir dan metode yang akan digunakan adalah metode Fuzzy Logic Mamdani. Sedangkan parameter tambahan yang digunakan adalah data suhu pada daerah yang sama.

2.7. Jenis Data

Data merupakan sesuatu yang diketahui atas berbagai hal atau kejadian secara nyata atau berdasarkan pengamatan. Ada beberapa jenis pembagian data, diantaranya adalah :

2.7.1. Menurut Sumber Data

a) Data Internal

Data internal merupakan data yang menjabarkan mengenai situasi dan kondisi pada suatu organisasi atau perusahaan secara internal. Contoh : keuangan , kepegawaian, data produksi, dan sebagainya

b) Data Eksternal

Merupakan data yang menggambarkan suatu kondisi di luar organisasi yang memiliki data tersebut. Contoh : data suhu lingkungan pada suatu daerah, data konsumsi listrik masyarakat dan sebagainya.

2.7.2. Menurut Cara Memperolehnya

a) Data Primer

Data primer merupakan data yang diambil dan diolah secara langsung dari objek penelitian. Contoh : mewawancarai pengunjung restoran untuk meneliti preferensi konsumen restoran.

b) Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapat dengan secara tidak langsung dari objek penelitian. Peneliti mendapat data yang sudah jadi (dikumpulkan oleh pihak lain) dengan berbagai Cara baik secara komersial maupun non komersial. Contoh : permintaan data historis beban oleh peneliti ke PLN dan permintaan data cuaca ke BMKG.

2.7.3. Menurut Sifatnya

a) Data Kuantitatif

Data kuantitatif merupakan data yang dipaparkan dalam bentuk angka-angka. Contoh : data jumlah pembeli, data tinggi dan lainnya.

b) Data Kualitatif

Data kualitatif merupakan data yang disajikan dalam bentuk kata-kata yang mengandung makna. Contoh : data anggapan para ahli, data persepsi konsumen, dan sebagainya

2.8. Mean Absolut Percent Error (MAPE)

Digunakan untuk menentukan toleransi kesalahan error pada hasil ramal sebagai acuan ramalan tersebut dapat dipercaya. Nilai MAPE dapat dihitung dengan rumus [6] :

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum \frac{Actual\ Load - Forecasted\ Load}{Actual\ Load} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan : N = Banyaknya jumlah data

Kemampuan peramalan sangat baik jika memiliki nilai MAPE kurang dari 10%

2.9. Logika Fuzzy

Logika *Fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh pada tahun 1965. Sebagai suatu cara matematis untuk menyatakan suatu keadaan yang menentu (samar) dalam kehidupan sehari-hari. Ide 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*, dapat dinyatakan informasi-informasi yang samar tersebut, kemudian memanipulasinya dan menarik suatu kesimpulan dari informasi tersebut ^[7].

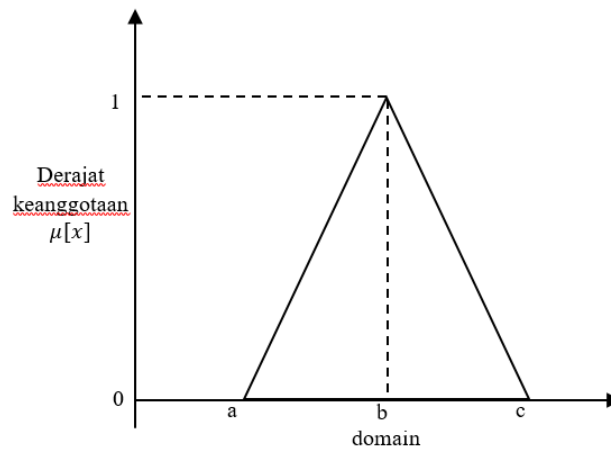
Logika *Fuzzy* ini didasarkan pada teori *fuzzy set* yang merupakan perkembangan dari teori himpunan klasik (*crisp*). Logika *fuzzy* adalah suatu cara untuk memetakan ruang-ruang *input* kedalam suatu ruangan *output* yang sesuai. Ada banyak cara untuk memetakan ruang-ruang *input* kedalam *output* ini, namun *fuzzy* dianggap memberikan solusi terbaik karena dengan menggunakan *fuzzy* akan lebih cepat dan murah. Selain itu, penggunaan teori himpunan *fuzzy* menjadi populer karena menghasilkan tidak hanya keputusan *crisp* bila diperlukan tetapi juga sesuai derajat keanggotaan.

Pada teori himpunan *fuzzy*, peran derajat keanggotaan untuk menentukan keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangat penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika *fuzzy* tersebut.

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data kedalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai dengan 1. Ada beberapa fungsi keanggotaan yang sering digunakan, yaitu grafik keanggotaan kurva segitiga, grafik keanggotaan kurva linear, grafik keanggotaan kurva trapesium, kurva bentuk lonceng (*bell curve*) dan kurva bentuk bahu.

2.9.1. Grafik Keanggotaan Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (Linear) seperti pada gambar 2.1. dibawah ini.



Gambar 2. 1 Grafik Keanggotaan Kurva Segitiga

Fungsi Keanggotaan :

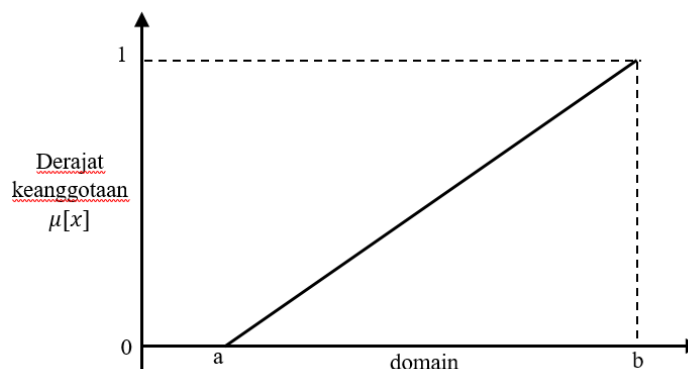
$$\mu[x] \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ (c - x)/(c - b); & b \leq x \leq c \end{cases} \dots\dots\dots(2.2)$$

2.9.2. Grafik Keanggotaan Kurva Linear

Pada grafik keanggotaan linear, sebuah variable input dipetakan ke derajat keanggotaannya dengan digambarkan sebagai suatu garis lurus. Ada 2 grafik keanggotaan linear :

2.9.2.1. Grafik Keanggotaan Kurva Linear Naik

Yaitu kenaikan himpunan *fuzzy* dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.



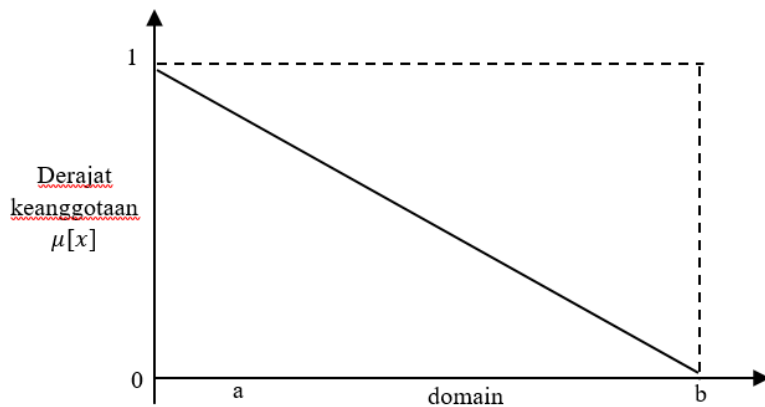
Gambar 2. 2 Grafik Keanggotaan Kurva Linear Naik

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.9.2.2. *Grafik Keanggotaan Kurva Linear Turun*

Yaitu himpunan *fuzzy* dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.



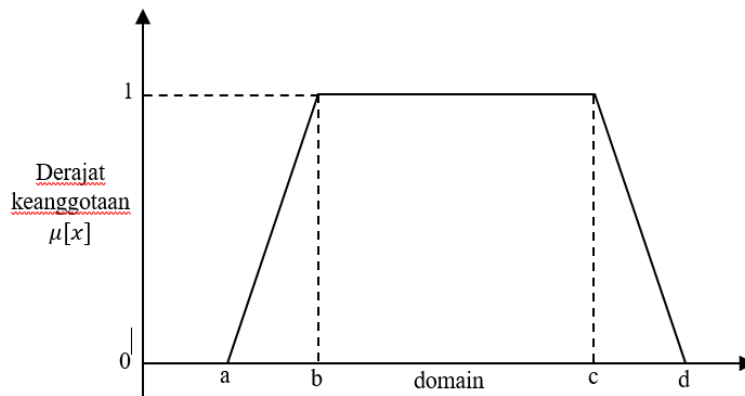
Gambar 2. 3 Grafik Keanggotaan Kurva Linear Turun

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} (b - x)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \dots\dots\dots(2.4)$$

2.9.3. **Grafik Keanggotaan Kurva Trapesium**

Grafik keanggotaan kurva trapesium pada dasarnya sama seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



Gambar 2. 4 Kurva Trapesium

Fungsi Keanggotaan :

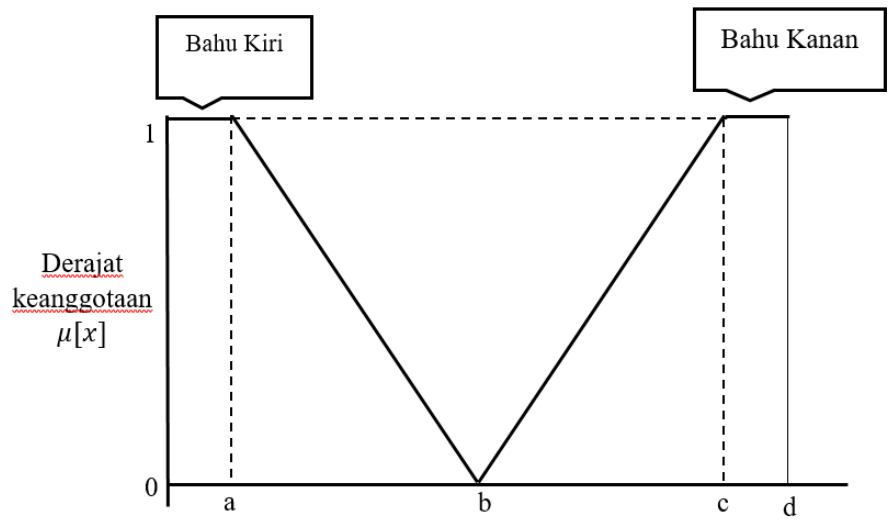
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & \\ (x - a)/(b - a); & \\ 1; & \\ (d - x)/(d - c); & \end{cases}$$

2.9.4. Grafik Keanggotaan Kurva Bentuk Bahu

Grafik keanggotaan kurva “bahu” digunakan untuk mengakhiri variable suatu daerah *fuzzy* yang nilai derajat keanggotaannya adalah konstan (biasanya 1). Gambar 2.6 dibawah ini menunjukkan variabel UMUR dengan daerah bahunya.

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 1; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (b - x)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ (x - b)/(c - b); & b \leq x \leq c \end{cases} \dots\dots\dots(2.5)$$



Gambar 2.5. Grafik Keanggotaan Kurva Bentuk "Bahu"

2.10. Fuzzy Inference System (FIS) Mamdani

Sistem inferensi fuzzy (Fuzzy Inference System) adalah sistem yang dapat melakukan penalaran dengan prinsip serupa manusia melakukan penalaran dengan nalurinya. Terdapat beberapa jenis FIS yaitu Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto. Namun FIS Mamdani dianggap yang paling mudah dimengerti karena paling sesuai dengan naluri manusia dan dapat bekerja berdasarkan kaidah-kaidah linguistic[8].

Metode Mamdani sering dikenal juga dengan metode Max-Min. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975, untuk mendapatkan output pada metode Mamdani diperlukan 4 tahapan yaitu :

1. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Variabel input maupun output pada metode ini dibagi menjadi beberapa himpunan fuzzy. Himpunan fuzzy ini dibangun berdasarkan aturan-aturan yang bersesuaian.

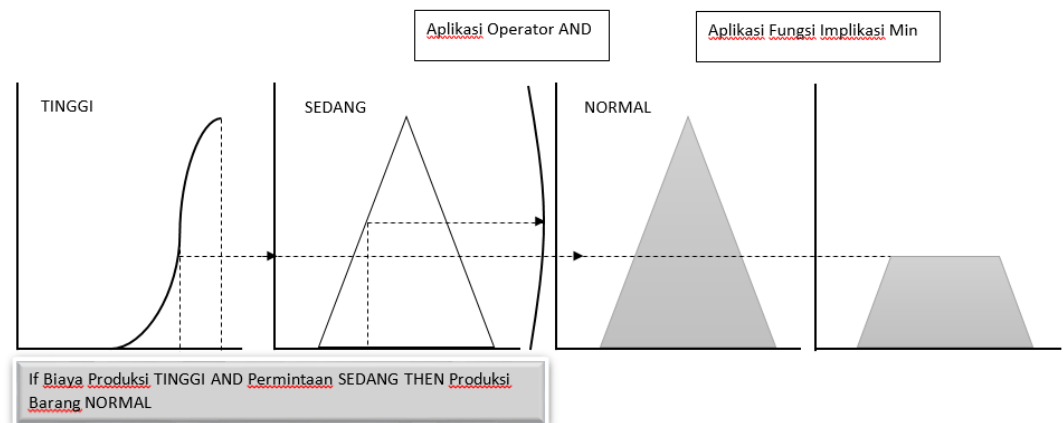
2. Aplikasi Fungsi Implikasi Pada Metode Mamdani

Tiap-tiap aturan (proporsi) pada basis pengetahuan fuzzy akan berhubungan dengan suatu relasi fuzzy. Secara umum bentuk dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah :

$$IF\ x\ is\ A\ THEN\ y\ is\ B.....(2.7)$$

Dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah variabel linguistik. Proposisi yang mengikuti IF disebut sebagai anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut sebagai konsekuen.

Fungsi implikasi yang digunakan pada metode Mamdani ini adalah Min. Fungsi ini akan memotong output himpunan fuzzy, Gambar 2.7 menunjukkan salah satu contoh penggunaan fungsi Min.



Gambar 2. 6 Fungsi Implikasi MIN

3. Komposisi Aturan

Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan FIS, yaitu metode Max, Additive, dan Probabilistik OR (*Probar*). Sedangkan aturan yang umum digunakan pada FIS Mamdani sendiri adalah metode Max.

Pada metode Max, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengaplikasiannya ke output dengan menggunakan operator OR. Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan :

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]) \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

$\mu_{sf}[x_i]$ = Nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}[x_i]$ = Nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i;

4. Penegasan (*Defuzzy*)

Input dari proses *defuzzyfikasi* adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Pada komposisi aturan Mamdani terdapat 5 metode defuzzyfikasi, yaitu :

a) Metode *Centroid*

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan sebagai berikut :

$$z = \frac{\int_z z\mu(z)dz}{\int_z \mu(z)dz} \dots \dots \dots (2.9)$$

b) Metode *Bisektor*

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy. Secara umum dapat dituliskan sebagai berikut :

$$z_p \text{ sedemikian hingga } \int_{R1}^p \mu(z)dz = \int_p^{Rn} \mu(z) dz \dots \dots \dots (2.10)$$

c) Metode *Mean of Maximum* (MOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d) Metode *Largest of Maximum* (LOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e) Metode *Smallest of Maximum* (SOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2.11. Dasar Matlab

Matlab merupakan perangkat lunak yang sangat cocok dipakai sebagai alat komputasi yang melibatkan penggunaan matriks dan vektor. Di dalam matlab terdapat yang dinamakan toolbox. Fungsi-fungsi toolbox tersebut dibuat untuk mempermudah perhitungan. Contohnya saja matlab dapat dengan mudah dipakai untuk menyelesaikan permasalahan sistem persamaan linier, program linier, hingga sistem yang kompleks^[9].

Maka daripada itu matlab merupakan perangkat lunak yang cocok untuk dipakai. Di dalam matlab tersedia fungsi-fungsi khusus dalam menyelesaikan vektor masukan, target, model, dan parameter yang diinginkan (laju pemahaman, dan lain-lain).

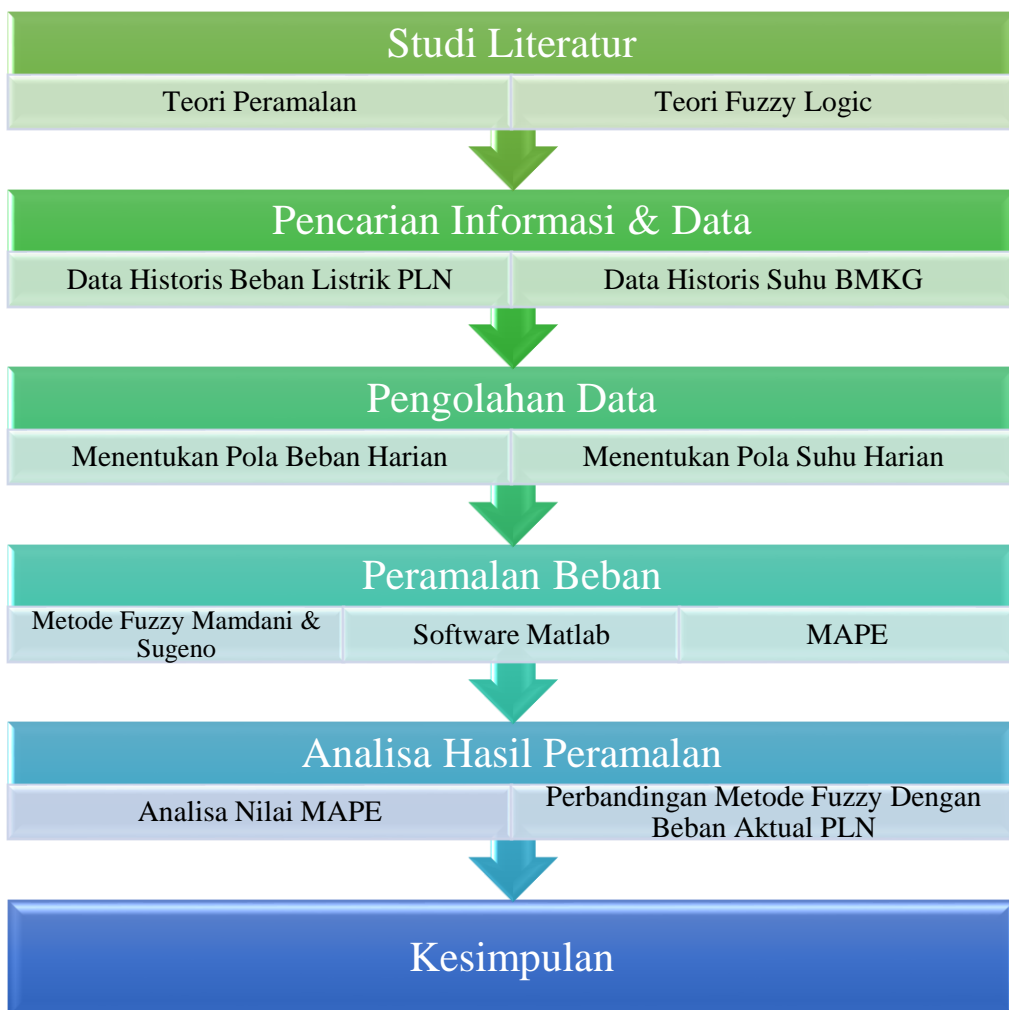
Secara keseluruhan matlab memiliki 6 buah jendela :

- a) Command Window atau yang disebut dengan jendela perintah merupakan tempat untuk memasukan perintah-perintah yang kita inginkan.
- b) Jendela Daftar Perintah (*command history*) merupakan tempat memuat daftar perintah yang pernah kita ketikan.
- c) Jendela *Launch Pad* merupakan jendela yang berisi fasilitas yang tersedia untuk menjalankan *toolbox* dalam menyelesaikan suatu permasalahan tertentu.
- d) Jendela *Help* digunakan sebagai jendela bantuan apabila pengguna matlab mengalami kesulitan dalam memilih perintah atau formatnya.
- e) Jendela Direktori.
- f) Jendela *Workspace*.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Dalam melakukan penelitian skripsi ini, tahapan-tahapan yang dilakukan secara berurut disusun secara sistematis dengan tujuan dengan tujuan mendapatkan keterhubungan antara data dan informasi yang diperoleh dengan hasil yang ingin didapat. Yaitu hubungan antara daya yang dikonsumsi dengan kondisi suhu yang ada disekitarnya. Secara garis besar diagram alir penelitian dapat digambarkan seperti berikut :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian dimulai dengan studi literatur, yaitu pembelajaran melalui jurnal-jurnal internasional yang memiliki studi kasus yang sama, maupun melalui internet dan buku-buku yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam melakukan penelitian.

Tahap selanjutnya adalah proses mencari sumber-sumber informasi data yang sekiranya dapat bermanfaat untuk proses penelitian. Informasi yang didapat merupakan data beban listrik PLN dan data temperatur BMKG pada daerah yang berdekatan. Dalam hal ini data beban listrik didapatkan dari GI Sengkaling sedangkan data suhu berasal dari stasiun klimatologi Karangploso, data beban listrik dan suhu permukaan bumi yang akan digunakan untuk peramalan nanti adalah data pada 3 minggu di bulan Maret 2016.

3.2. Tahapan Persiapan

Tahapan persiapan merupakan proses pengumpulan data dan informasi yang dibutuhkan dalam proses penelitian ini. Tahapan persiapan terdiri atas beberapa kegiatan, yaitu :

1. Penentuan Daerah Sampel

Dalam pencarian informasi data diperlukan suatu daerah yang dapat dijadikan sampel. Daerah yang digunakan untuk sampel penelitian adalah daerah kota Batu Malang. Alasannya dipilih daerah ini dikarenakan memiliki stasiun pengukuran suhu (Karangploso) dan GI Sengkaling sehingga dapat dikatakan kondisi ini sangat memenuhi untuk mencari hubungan antara suhu dan konsumsi listrik.

2. Permintaan Data Beban Listrik PLN

Data beban listrik yang digunakan merupakan beban listrik yang berasal dari GI sengkaling.

3. Permintaan Data Suhu BMKG

4. Data temperatur yang digunakan adalah data dari BMKG Karangploso yang juga berada di daerah Kota Malang. Data suhu ini nantinya akan dihubungkan dengan data beban listrik PLN.

3.3. Pengolahan Data

Data yang digunakan adalah data beban listrik pada GI Sengkaling yaitu jumlah total dari trafo 3 dan trafo 4 dalam satuan mega watt (MW). Dalam penelitian ini data yang diolah berupa data setiap 1 jam pada hari yang sama selama 24 jam dalam satu minggu (misalnya data yang ingin diramal adalah hari senin maka data acuannya juga hari senin). Alasan digunakannya data pada hari yang sama dikarenakan pola beban listrik biasanya serupa dengan pola beban pada hari sejenis dan umumnya masing-masing hari memiliki karakteristik pola beban yang berbeda-beda.

Kemudian data tersebut dibagi dalam 3 kategori untuk meramalkan beban listrik jangka pendek, yaitu data hari senin tanggal 7 & 14 Maret sebagai pijakan untuk ramalan sedangkan data pada hari senin tanggal 21 akan dijadikan sebagai pembanding hasil ramalan, hal yang sama juga berlaku untuk peramalan hari lainnya. Karena data yang digunakan adalah data beban listrik setiap satu jam (1 hari = 24 jam) maka akan ada 24 hasil ramal pada hari senin.

Menurut Marsudi (2011), suhu permukaan bumi juga ikut mempengaruhi penggunaan listrik. Biasanya masyarakat pada suhu lingkungan yang tinggi akan menggunakan alat pendingin ruangan atau kipas angin yang akan mempengaruhi jumlah konsumsi beban listrik yang digunakan. Oleh karena itu variabel suhu permukaan bumi juga akan digunakan pada peramalan ini.

Data suhu permukaan bumi diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Karangploso Malang. Data suhu yang digunakan disini sama dengan data beban listrik yaitu selama 2 minggu setiap satu jam dengan satuan celcius (°C). adapun data yang telah diperoleh dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3. 1. Data Beban Listrik Dan Suhu Hari Senin

Waktu	07/03/2016		14/03/2016		21/03/2016
	Beban Listrik (MW)	Suhu (°C)	Beban Listrik (MW)	Suhu (°C)	Beban Aktual (MW)
00.00	49,2	20,4	49	19,5	49,6
01.00	48,7	20,7	48,4	19,4	48,5
02.00	48,1	19,8	47,7	19,3	48,3
03.00	47,5	19,5	46,7	20	47,8
04.00	48,3	19,7	45,9	20,2	47,3
05.00	47,8	18,9	46	20,3	48,2
06.00	46,8	19,4	47,4	21,3	48,8
07.00	46,7	21,4	47,3	23,6	47,8
08.00	46,8	23,4	47,5	24,1	47,7
09.00	47,4	26,4	47,9	25,2	47,8
10.00	47,5	27,5	48,4	27,4	48,6
11.00	48,9	28,8	48,8	28,2	48,8
12.00	49,3	30	49,8	29,6	49,3
13.00	47,6	29,5	48,5	29,3	48,8
14.00	48,5	28,3	47,8	29	48,5
15.00	48,6	27,5	48,8	27,6	48,9
16.00	49,1	25,3	49,4	26,4	49,2
17.00	50,6	23,3	50,5	24,4	50,6
18.00	52,7	22	52,6	23,2	51,4
19.00	54,2	22,2	54,3	23,2	54,5
20.00	53,2	22,3	52,9	23	52,4
21.00	52,6	21,7	52,5	22,7	52,1
22.00	52,1	21,5	51,8	22,3	51,7
23.00	51,8	21,3	50,7	20,9	51,1

Tabel 3. 2. Data Beban Listrik Dan Suhu Hari Selasa

Waktu	08/03/2016		15/03/2016		22/03/2016
	Beban Listrik (MW)	Suhu (°C)	Beban Listrik (MW)	Suhu (°C)	Beban Aktual (MW)
00.00	49,1	21,5	48	20,4	48,8
01.00	48,5	21,4	47,8	20,2	48,7
02.00	48,4	21,5	47,5	21	48,2
03.00	47,4	21,7	47	21,3	47,4
04.00	47,7	20,5	46,5	21,8	47,2
05.00	48,3	20	46,7	22	48,4
06.00	48,4	19,8	47	22,4	48,6
07.00	49,4	21,3	47,5	23,6	49,3
08.00	48,6	23,6	47,7	23,5	48,8
09.00	47,9	24,1	47,9	25,2	48,5
10.00	47,8	25,2	48,6	26,4	49,2
11.00	46,7	27,5	48,9	27,7	49,3
12.00	47,7	28,7	49,4	28	49,5
13.00	47,6	27,8	48,6	29	48,5
14.00	48,4	27,3	47,6	29,5	48,6
15.00	48,5	25,7	48,4	27,7	48,3
16.00	49,5	24,4	49,3	27,2	49,2
17.00	50,5	24	50,3	23,6	49,6
18.00	51,8	23,5	52,2	23,5	50,7
19.00	53,2	22,6	53,4	23,3	54,7
20.00	53,9	22,4	54,4	23	53,3
21.00	52,6	21,4	52,7	22,5	53,1
22.00	52,3	20,3	52,1	22,2	52,3
23.00	51,1	20,7	51,4	21,3	52,1

Tabel 3. 3. Data Beban Listrik Dan Suhu Hari Rabu

Waktu	09/03/2016		16/03/2016		23/03/2016
	Beban Listrik (MW)	Suhu (°C)	Beban Listrik (MW)	Suhu (°C)	Beban Aktual (MW)
00.00	48,7	21	49,6	21	47,6
01.00	48,4	20,9	48,7	20,9	47,4
02.00	47,6	20,6	47,9	20,6	47
03.00	47,5	20,3	47,4	20,4	46,8
04.00	47,5	20	48,3	20,8	47,1
05.00	48,3	19,8	48,6	21,4	48,1
06.00	48,5	21,8	48,5	22	48,4
07.00	48,2	22,4	47,6	23,4	49,2
08.00	47,7	23,6	47,5	24,6	48,8
09.00	48	23,5	48	25,4	48,4
10.00	48,2	25,2	48,5	26,5	49,2
11.00	48,5	26,4	48,7	27,1	49,5
12.00	49	27	48,9	28,5	49,6
13.00	48,2	29,5	49,3	27,5	48,8
14.00	48,5	28	47,7	25,2	48,7
15.00	49,5	26,3	48,2	24,7	48,5
16.00	50,1	24,4	49,2	24,4	49,3
17.00	51,2	24	50,3	23,6	49,7
18.00	52,1	23,5	51,7	23,4	52,2
19.00	54,8	22,6	54,6	23	54,1
20.00	53,4	22,3	53,5	22,8	52,1
21.00	53,1	21,8	52,2	22	51,8
22.00	52,2	21,6	51,7	21,8	51,1
23.00	50,4	21,2	50,6	21,2	50,1

Tabel 3. 4. Data Beban Listrik Dan Suhu Hari Kamis

Waktu	10/03/2016		17/03/2016		24/03/2016
	Beban Listrik (MW)	Suhu (°C)	Beban Listrik (MW)	Suhu (°C)	Beban Aktual (MW)
00.00	48,8	20,5	49,2	21,5	49,1
01.00	48,7	20,7	48,5	21,5	48,5
02.00	47,5	19,7	47,6	21,4	48,3
03.00	47,2	19,6	47,3	19,5	47,7
04.00	46,2	19	46,8	18,9	47,5
05.00	46,7	20,8	46,2	21,3	46,1
06.00	46,5	21,5	46	22	46,5
07.00	47,5	22,5	47,8	22,5	47,2
08.00	47,8	23,4	48	23,6	48,5
09.00	48,4	24,6	48,2	24,4	48,8
10.00	48,5	24,5	48,5	25,2	49,2
11.00	48,7	26,3	48,9	26,4	49,6
12.00	49,2	28,3	49	28,3	49,7
13.00	48	27,2	49,4	26,4	48,9
14.00	48,3	26	48,7	24,8	48,6
15.00	48,6	25,1	48,8	24,8	48,4
16.00	49,7	24,4	49,2	23,8	49,2
17.00	50,2	23,7	50,5	23,5	49,6
18.00	53,5	23,4	51,6	23,1	53,7
19.00	54,1	22,2	53,1	22,4	53,5
20.00	52,7	22,1	52,8	22	53,6
21.00	52,2	21,7	51,4	21,6	53
22.00	51,8	21,5	50,6	21,5	52,4
23.00	51,6	20,7	49,8	21,3	51,6

Tabel 3. 5. Data Beban Listrik Dan Suhu Hari Jumat

Waktu	11/03/2016		18/03/2016		25/03/2016
	Beban Listrik (MW)	Suhu (°C)	Beban Listrik (MW)	Suhu (°C)	Beban Aktual (MW)
00.00	48	20,6	48,7	21,3	48,3
01.00	47,9	20,1	48,4	20,7	47,7
02.00	47,4	20	47,9	20,5	47,4
03.00	46,4	19,7	47,5	20,3	46,8
04.00	45,6	19,4	47,5	20,5	46,4
05.00	45	20	46,9	20,8	46,1
06.00	45,8	21,2	46,4	21,6	47,3
07.00	46,3	22,4	46,8	22,6	47,8
08.00	46,6	23,6	47,6	23,4	47,9
09.00	46,9	24,4	48	24,6	48,3
10.00	47	25	48,3	24,5	48,1
11.00	47,7	27	48,8	25,8	49,3
12.00	48,9	29,5	49,2	27,3	49,4
13.00	47,4	26,7	48,9	26,2	48,5
14.00	47,7	25	49	25,2	48,4
15.00	48	24,7	49,2	24,5	48,8
16.00	48,4	24,5	49,5	24,5	49,7
17.00	49,5	23,5	50,3	23,6	50,2
18.00	50,2	23,5	52,3	23,5	52,9
19.00	53,2	22,4	54,2	22,2	54
20.00	51,6	22	53,6	22,1	53,4
21.00	50,8	21,7	53,1	21,7	53
22.00	50	21,5	52,2	21,3	52,4
23.00	49,7	20,9	51,5	21	50,1

Tabel 3. 6. Data Beban Listrik Dan Suhu Hari Sabtu

Waktu	12/03/2016		19/03/2016		26/03/2016
	Beban Listrik (MW)	Suhu (°C)	Beban Listrik (MW)	Suhu (°C)	Beban Aktual (MW)
00.00	44,5	21,4	45	21,1	44,3
01.00	44,2	21,5	44,6	20,9	43,9
02.00	44	21,7	44,1	20,8	43,5
03.00	43,2	21,5	43	20,4	42,2
04.00	42	21,5	42,4	20,1	41,7
05.00	42,3	19,9	41,8	20,6	41,5
06.00	42,7	21,6	42,3	20,8	41,8
07.00	43	22,6	42,4	21,8	42,7
08.00	43,4	23,7	42,8	22,9	43
09.00	44,3	23,5	43,1	23,5	43,3
10.00	45,1	24,5	43,6	25	43,7
11.00	45,7	25,6	43,9	26,5	44
12.00	46,7	28,7	44,8	28,3	44,3
13.00	45,9	28,3	44,6	29	45,1
14.00	46,4	25,5	45	25,7	44,9
15.00	46,7	24,7	45,7	24,7	44,7
16.00	46,6	24,4	45,9	24,4	45
17.00	47,2	23,7	46,1	23,7	46,2
18.00	47,4	23,5	46,5	23,4	46,9
19.00	47,7	22,6	47	22,4	47,8
20.00	46,8	22	46,6	22,1	47
21.00	46	21,4	46	21,4	46,3
22.00	45,5	21,3	45,4	21,4	46
23.00	45,1	21	45,1	21,3	45,7

Tabel 3. 7. Data Beban Listrik Dan Suhu Hari Minggu

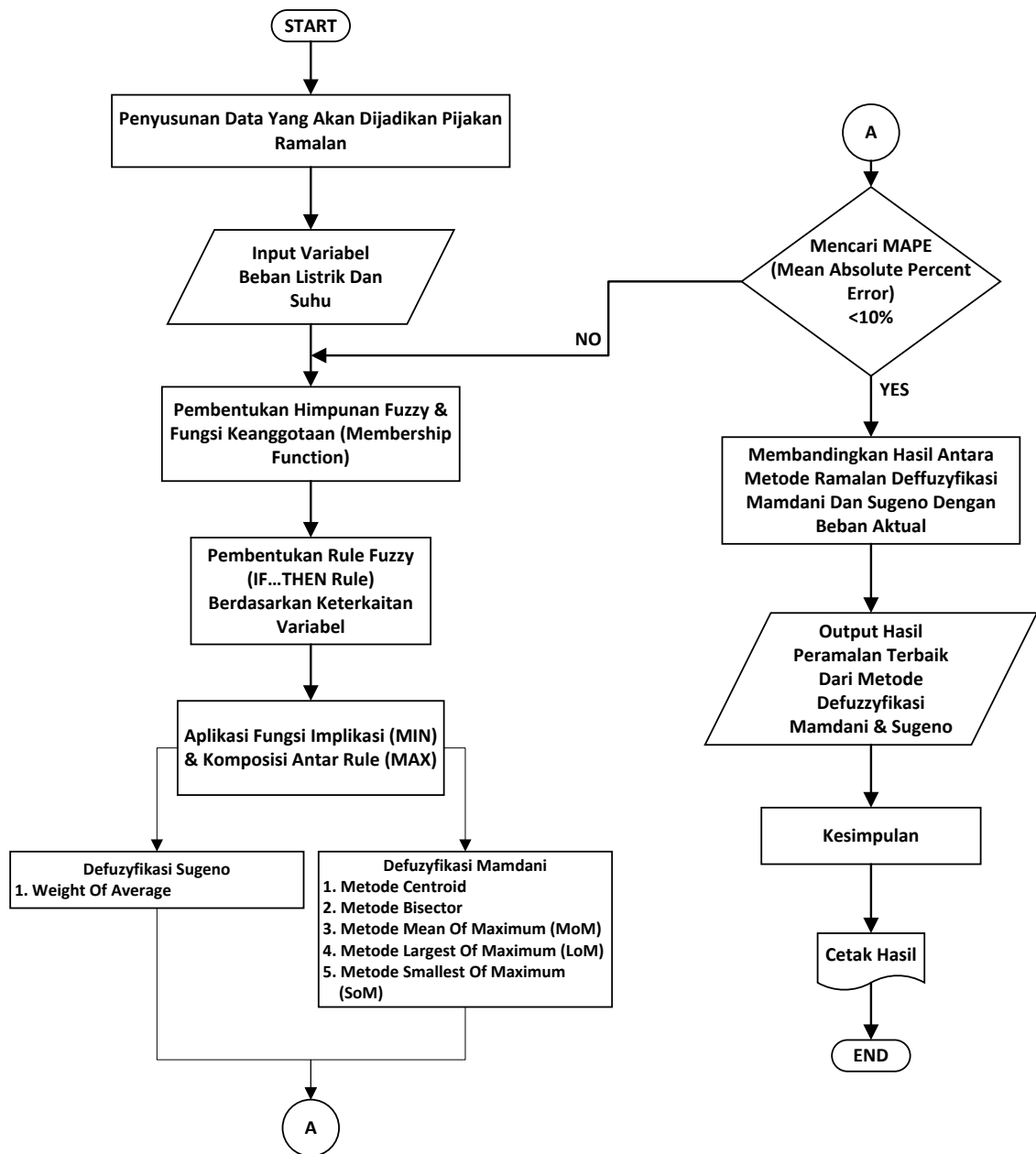
Waktu	13/03/2016		20/03/2016		27/03/2016
	Beban Listrik (MW)	Suhu (°C)	Beban Listrik (MW)	Suhu (°C)	Beban Aktual (MW)
00.00	44,6	21,3	44	21,4	43,9
01.00	44,3	20,8	43,7	21,6	43,5
02.00	43,4	20,3	43,2	21,5	43
03.00	43,1	20	42,4	21	42,7
04.00	42,6	19,9	42	20,8	42
05.00	42,2	19,2	41,3	20,7	41,5
06.00	42	20,5	41,9	21,9	42,4
07.00	42,6	21,4	42,4	22,5	42,8
08.00	43,6	23,4	42,9	23,4	43,1
09.00	44	24,6	43,2	24,4	43,6
10.00	44,4	24,9	44,2	24,3	43,9
11.00	45	25,5	44,6	25,1	44,8
12.00	45,7	28	45	27,3	44,6
13.00	47,4	27,3	44,8	26,5	45
14.00	46,1	25,4	45,1	25	45,7
15.00	46,5	24,8	45,6	24,5	45,9
16.00	46,8	24,5	45,8	24,5	46,1
17.00	47	23,6	46	23,7	46,5
18.00	47,3	23,4	46,2	23,4	46,7
19.00	48,1	22,2	46,8	22,6	47,5
20.00	46,5	22,1	45,3	22	46,5
21.00	46,1	21,7	45,2	21,7	45,9
22.00	45,3	21,5	44,8	21,3	44,7
23.00	45	21,3	44,3	21,2	44,2

3.4. Tahapan Pengerjaan

Tahapan-tahapan cara kerja pada peramalan daya listrik jangka pendek ini akan menggunakan software MATLAB untuk memudahkan pengerjaan ramalan. Adapun untuk menyelesaikan peramalan daya listrik dibutuhkan beberapa tahapan-tahapan yaitu :

1. Menentukan variabel yang akan diramal, yaitu variabel beban listrik serta suhu permukaan bumi.
2. Pembentukan himpunan fuzzy serta fungsi keanggotaan (fungsi keanggotaan yang akan digunakan adalah fungsi segitiga). Untuk variabel beban listrik fungsi keanggotaannya terdiri atas 7 himpunan fuzzy yaitu minimum, sangat kecil, kecil, medium, besar sangat besar dan maksimum, sedangkan untuk variabel suhu permukaan bumi fungsi keanggotaannya terdiri 5 himpunan fuzzy yaitu dingin, sejuk, normal, hangat dan panas.
3. Melakukan komposisi aturan, untuk memperoleh error ramalan terkecil komposisi aturan harus disusun berdasarkan keterkaitan antar variabel.
4. Tahap selanjutnya adalah Defuzzifikasi, pada tahap ini data yang diterjemahkan kedalam aturan-aturan fuzzy dioutputkan kembali dalam bentuk data crisp. Ada 5 metode defuzzifikasi Mamdani yang digunakan yaitu metode *centroid*, *bisector*, metode *mean of maximum (Mom)*, metode *largest of maximum (Lom)*, dan metode *smallest of maximum (SoM)*, dan 1 metode defuzzifikasi Sugeno yaitu *Weight of Average*.
5. Mendapatkan hasil ramalan terbaik dari masing-masing metode defuzzifikasi berdasarkan aturan-aturan yang sudah disusun.
6. Setelah hasil ramalan diperoleh maka selanjutnya dihitung nilai *mean absolute percent error (MAPE)* dengan persamaan (2.1)

3.5. Flowchart Sistem Perkiraan Daya Listrik Jangka Pendek Dengan Metode Fuzzy Mamdani



Gambar 3. 2. Flowchart Sistem Perkiraan Daya Jangka Pendek Dengan Metode Fuzzy Mamdani

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Fuzzyfikasi

Proses fuzzyfikasi berfungsi merubah data tegas (crisp) menjadi masukan fuzzy, kemudian masukan crisp dari suatu sistem perlu diubah ke bentuk derajat keanggotaan fuzzy agar dapat diolah lebih lanjut dan setiap variabel fuzzy harus dapat terwakilkan pada himpunan keanggotaan fuzzy.

4.1.1. Pengolahan Data

Variabel input yang digunakan pada peramalan daya listrik jangka pendek ini adalah beban histori dan suhu permukaan bumi. Data yang digunakan yaitu data pada bulan maret 2016 selama 3 minggu, untuk data pijakan peramalan digunakan data 2 minggu sebelumnya pada hari yang sama dan untuk output yang dihasilkan berupa beban ramal untuk minggu depan pada hari yang sama, untuk kemudahan dalam pengoperasian maka beban listrik dan suhu akan dikelompokkan menjadi 4 yaitu beban 1, suhu 1, beban 2, suhu 2. Untuk lebih jelasnya pembagian data bisa dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1. Tabel Pembagian Data Selama 3 Minggu

No	Hari	Beban 1	Suhu 1	Beban 2	Suhu 2	Hasil Ramal
1	Senin	7 Maret	7 Maret	14 Maret	14 Maret	21 Maret
2	Selasa	8 Maret	8 Maret	15 Maret	15 Maret	22 Maret
3	Rabu	9 Maret	9 Maret	16 Maret	16 Maret	23 Maret
4	Kamis	10 Maret	10 Maret	17 Maret	17 Maret	24 Maret
5	Jumat	11 Maret	11 Maret	18 Maret	18 Maret	25 Maret
6	Sabtu	12 Maret	12 Maret	19 Maret	19 Maret	26 Maret
7	Minggu	13 Maret	13 Maret	20 Maret	20 Maret	27 Maret

Kemudian dari masing-masing variabel tersebut akan dibentuk variabel fuzzy. Adapun variabel fuzzy untuk beban listrik *input* dan *output* adalah Minimum, Sangat Kecil, Kecil, Medium, Besar, Sangat Besar dan Maksimum. Sedangkan untuk suhu permukaan bumi variabel fuzzy nya adalah Dingin, Sejuk, Normal, Hangat dan Panas.

4.1.2. Variabel Beban Listrik *Input dan Output*

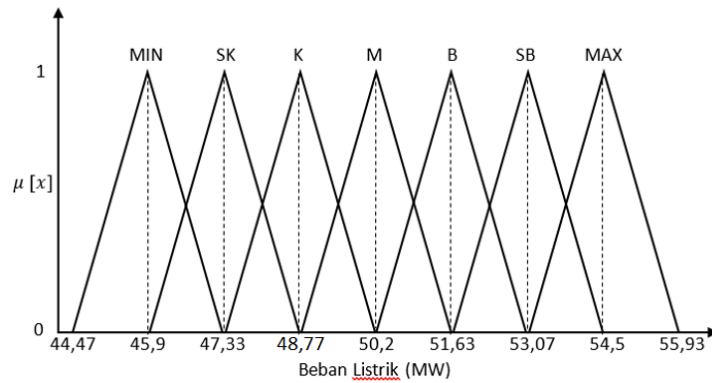
Berdasarkan data beban listrik yang diperoleh dari GI Sengkaling pada bulan Maret diperoleh beban minimum pada Senin Tanggal 7, 14 dan 21 adalah 45,9 MW dan beban maksimum adalah 54,5 MW, sehingga himpunan fuzzy nya dapat ditentukan dengan cara membagi ketujuh daerah variabel tersebut secara sama besar. Untuk variabel beban listrik pada hari senin tanggal 7, 14, dan 21 Maret dibagi menjadi 7 himpunan fuzzy yaitu Minimum, Sangat Kecil, Kecil, Medium, besar, Sangat Besar dan Maksimum serta memiliki nilai semesta pembicaraan mulai dari 44,47-55,93 (semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam suatu himpunan fuzzy) hal yang sama juga dilakukan pada hari Selasa – Minggu untuk menentukan himpunan fuzzy, semesta pembicaraan dan domain pada variabel Beban Listrik. Sedangkan domain adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam suatu label fuzzy. Untuk lebih jelasnya pembagian data selama 3 minggu dengan beban min, max serta semesta pembicaraan dan domainnya dapat dilihat pada tabel 4.2. berikut.

Tabel 4. 2. Himpunan Fuzzy, Semesta Pembicaraan dan Domain Pada Variabel Beban Listrik

Variabel	Hari & Tanggal	Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicaraan	Domain
Beban Listrik	Senin 7, 14, 21 Maret	Minimum	44,47-55,93	[44,47 47,33]
		Sangat kecil		[45,9 48,7]
		Kecil		[47,33 50,2]
		Medium		[48,7 51,63]
		Besar		[59,2 53,07]
		Sangat besar		[51,63 54,5]
		Maksimum		[53,07 55,93]
	Selasa 15. 22 Maret	Minimum	45,13-56,07	[45,13 47,87]
		Sangat kecil		[46,5 49,23]
		Kecil		[47,87 50,6]
		Medium		[49,23 51,97]
		Besar		[50,6 53,33]
		Sangat besar		[51,97 54,7]
		Maksimum		[53,33 56,07]
	Rabu, 9, 16, 23 Mareg. 15. 22 Maret	Minimum	45,47-56,13	[45,47 48,13]
		Sangat kecil		[46,8 49,47]
		Kecil		[48,13 50,8]
		Medium		[49,47 52,13]
		Besar		[50,8 53,47]
		Sangat besar		[52,13 54,8]
		Maksimum		[53,47 56,13]
K a m	Minimum	44,65-55,45	[44,65 47,35]	

Beban Listrik	Jumat 11, 18, 25 Maret	Sangat kecil		[46 48,7]	
		Kecil		[47,35 50,05]	
		Medium		[48,7 51,4]	
		Besar		[50,05 52,75]	
		Sangat besar		[51,4 54,1]	
		Maksimum		[52,75 55,45]	
			Minimum	44,47-55,73	[43,47 46,53]
			Sangat kecil		[45 48,07]
			Kecil		[46,53 49,6]
			Medium		[48,07 51,13]
			Besar		[49,6 52,67]
			Sangat besar		[51,13 54,2]
			Maksimum	40,45-48,85	[52,67 55,73]
			Minimum		[40,45 42,55]
			Sangat kecil		[41,5 43,6]
			Kecil		[42,55 44,65]
			Medium		[43,6 45,7]
			Besar		[44,65 46,75]
			Sangat besar	40,17-49,23	[45,7 47,8]
			Maksimum		[46,75 48,85]
			Minimum		[40,17 42,43]
			Sangat kecil		[41,3 43,57]
			Kecil		[42,43 44,7]
			Medium		[43,57 45,83]
			Besar	40,17-49,23	[44,7 46,97]
			Sangat besar		[45,83 48,1]
			Maksimum		[46,97 49,23]
			Minimum		[40,17 42,43]
Sangat kecil			[41,3 43,57]		
Kecil			[42,43 44,7]		
		Medium	40,17-49,23	[43,57 45,83]	
		Besar		[44,7 46,97]	
		Sangat besar		[45,83 48,1]	
		Maksimum		[46,97 49,23]	
		Minimum		[40,17 42,43]	
		Sangat kecil		[41,3 43,57]	
		Kecil	40,17-49,23	[42,43 44,7]	
		Medium		[43,57 45,83]	
		Besar		[44,7 46,97]	
		Sangat besar		[45,83 48,1]	
		Maksimum		[46,97 49,23]	
		Minimum		[40,17 42,43]	
		Sangat kecil	40,17-49,23	[41,3 43,57]	
		Kecil		[42,43 44,7]	
		Medium		[43,57 45,83]	
		Besar		[44,7 46,97]	
		Sangat besar		[45,83 48,1]	
		Maksimum		[46,97 49,23]	

Untuk merubah data tegas yang diperoleh ke dalam data himpunan fuzzy digunakan fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan berfungsi sebagai kurva yang memetakan titik-titik *input* data kedalam nilai keanggotaan yang berada pada rentang 0-1. Fungsi keanggotaan yang digunakan pada peramalan ini adalah fungsi keanggotaan Segitiga seperti pada persamaan (2.2). Berdasarkan domain yang telah didapat pada tabel 4.2. maka dapat dibangun sebuah fungsi keanggotaan Segitiga untuk variabel beban listrik hari Senin yaitu.



Gambar 4. 1. Fungsi Keanggotaan Beban Listrik Hari Senin

Nilai 44,47 – 55,93 pada gambar fungsi keanggotaan segitiga diatas adalah nilai semesta pembicaraan yang didapat dari data beban listrik GI Sengkaling pada saat beban terendah dan tertinggi pada hari senin tanggal 7, 14 dan 21 Maret.

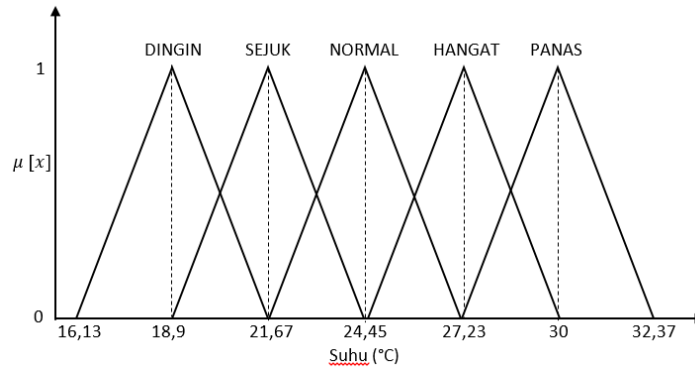
4.1.3. Variabel Suhu Permukaan Bumi

Berdasarkan data suhu permukaan bumi yang diperoleh dari BMKG Karangploso pada bulan maret diperoleh suhu minimum untuk hari Senin tanggal 7 & 14 adalah 18,9°C dan suhu maksimum adalah 30°C. Seperti halnya pada variabel beban listrik, maka daerah domain untuk setiap variabel fuzzy nya juga dibagi sama besar menjadi 5 Himpunan Fuzzy. Untuk variabel Suhu pada hari senin tanggal 7, dan 14 Maret dibagi menjadi 5 himpunan fuzzy yaitu Dingin, Sejuk, Normal, hangat dan Panas serta memiliki nilai semesta pembicaraan mulai dari 16,13-32,27 (semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam suatu himpunan fuzzy) hal yang sama juga dilakukan pada hari Selasa – Minggu untuk menentukan himpunan fuzzy, semesta pembicaraan dan domain pada variabel Suhu. Sedangkan domain adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam suatu label fuzzy. Untuk lebih jelasnya pembagian data selama 2 minggu dengan beban min, max serta semesta pembicaraan dan domainnya dapat dilihat pada tabel 4.3. berikut.

Tabel 4. 3. Himpunan Fuzzy, Semesta Pembicaraan dan Domain Pada Variabel Suhu Permukaan

Variabel	Hari & Tanggal	Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicaraan	Domain
Suhu	Senin 7 & 14 Maret	Dingin	16,13-32,27	[16,13 21,67]
		Sejuk		[18,9 24,45]
		Normal		[21,67 27,23]
		Hangat		[24,45 30]
		Panas		[27,23 32,37]
	Selasa 8 & 15 Maret	Dingin	17,37-31,92	[17,37 22,23]
		Sejuk		[19,8 24,65]
		Normal		[22,23 27,07]
		Hangat		[24,65 29,5]
		Panas		[27,07 31,92]
	Rabu 9 & 16 Maret	Dingin	17,37-31,92	[17,37 22,23]
		Sejuk		[19,8 24,63]
		Normal		[22,23 27,07]
		Hangat		[24,63 29,5]
		Panas		[27,07 31,92]
	Kamis 10 & 17 Maret	Dingin	16,55-30,65	[16,55 21,25]
		Sejuk		[18,9 23,6]
		Normal		[21,25 25,95]
		Hangat		[23,6 28,3]
		Panas		[25,95 30,65]
	Jumat 11 & 18 Maret	Dingin	16,88-32,02	[16,88 21,92]
		Sejuk		[19,4 24,45]
		Normal		[21,92 26,97]
		Hangat		[24,45 29,5]
		Panas		[26,97 32,02]
	Sabtu 12 & 19 Maret	Dingin	17,63-31,27	[17,63 22,17]
		Sejuk		[19,9 24,45]
		Normal		[22,17 26,72]
Hangat		[24,45 29]		
Panas		[26,72 31,27]		
Minggu 13 & 20 Maret	Dingin	16,93-30,57	[16,93 21,47]	
	Sejuk		[19,2 23,75]	
	Normal		[21,47 26,02]	
	Hangat		[23,75 28,3]	
	Panas		[26,02 30,57]	

Berdasarkan domain yang telah didapat pada tabel 4.3. diatas maka dapat dibangun sebuah fungsi keanggotaan Segitiga untuk variabel suhu permukaan bumi hari Senin yaitu.



Gambar 4. 2. Fungsi Keanggotaan Suhu Permukaan Bumi Hari Senin

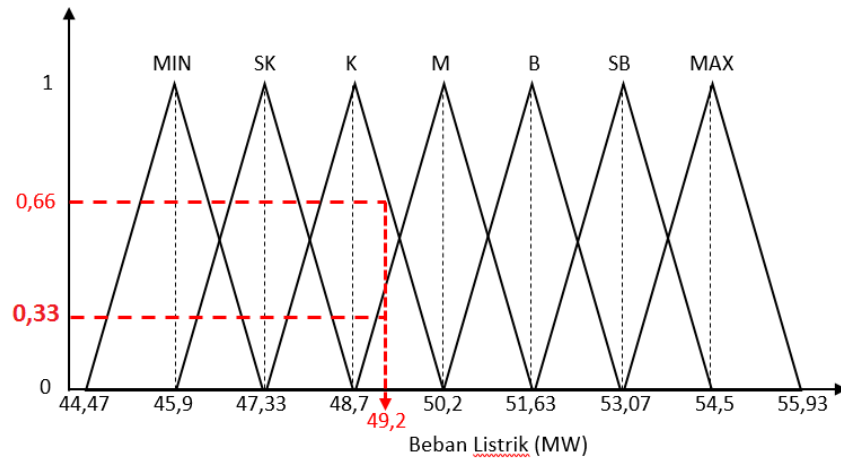
Nilai 16,13 – 32,37 pada gambar fungsi keanggotaan segitiga diatas adalah nilai semesta pembicaraan yang didapat dari data Suhu BMKG Karangploso pada saat suhu terendah dan tertinggi pada hari senin tanggal 7, 14 dan 21 Maret.

4.2. Evaluasi Aturan (Rule)

Dalam langkah kedua proses logika fuzzy dinamakan dengan evaluasi aturan (rule). Dalam logika fuzzy aturan linguistik digunakan untuk menentukan aksi kendali apa yang harus dilakukan dalam merespon nilai input yang diberikan. Langkah awal dalam tahap membangun aturan fuzzy yaitu merubah data dalam bentuk tegas (crisp) menjadi himpunan fuzzy, kemudian dari setiap variabel yang ada akan dihitung derajat keanggotaannya dan dipilih derajat keanggotaan yang tidak bernilai nol. Untuk contoh perhitungan mencari derajat keanggotaan akan digunakan data beban listrik dan suhu pada hari Senin pukul 00.00.

a) Beban 1 Pukul 00.00 (49,2) MW

Terdiri atas 7 himpunan fuzzy yaitu, Minimum, Sangat Kecil, Kecil, Medium, Besar dan Sangat besar dan Maksimum.



Gambar 4. 3. Nilai Derajat Keanggotaan Beban 1 Pada Pukul 00.00

karena Beban 49,2 berada diantara nilai Linguistik Kecil dan Medium maka dengan menggunakan fungsi keanggotaan segitiga seperti pada rumus (2.2) :

$$\mu_{Kecil}[x] = \frac{50,2 - x}{50,2 - 48,7}, \quad 48,7 \leq x \leq 50,2$$

$$\mu_{Kecil}[49,2] = \frac{50,2 - 49,2}{1,5} = 0,66$$

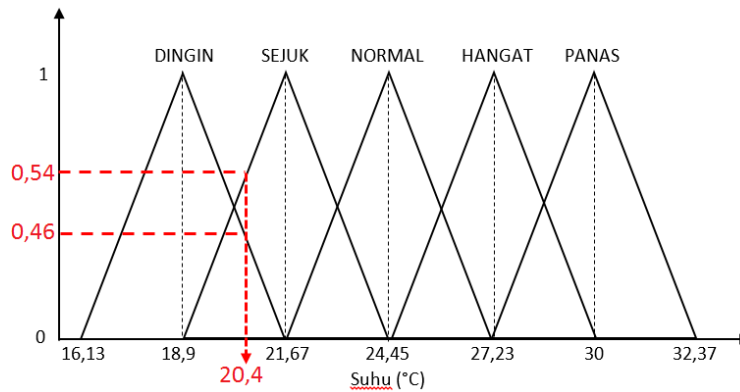
$$\mu_{Medium}[x] = \frac{x - 48,7}{50,2 - 48,7}, \quad 48,7 \leq x \leq 50,2$$

$$\mu_{Medium}[49,2] = \frac{49,2 - 48,7}{1,5} = 0,33$$

Perhitungan yang sama juga dilakukan untuk mencari nilai derajat keanggotaan pada beban 2 dan beban aktual.

b) Suhu 1 Pukul 00.00 (20,4) °C

Terdiri atas 5 himpunan fuzzy yaitu, Dingin, Sejuk, Normal, Hangat dan Panas.



Gambar 4. 4. Nilai Derajat Keanggotaan Suhu 1 Pada Pukul 00.00

karena Suhu 20,4 berada diantara nilai Linguistik Dingin dan Sejuk maka dengan menggunakan fungsi keanggotaan segitiga pada rumus (2.2).

$$\mu_{Dingin}[x] = \frac{21,67 - x}{21,67 - 18,9}, \quad 18,9 \leq x \leq 21,67$$

$$\mu_{Dingin}[20,4] = \frac{21,67 - 20,4}{2,77} = 0,46$$

$$\mu_{Sejuk}[x] = \frac{x - 18,9}{21,67 - 18,9}, \quad 18,9 \leq x \leq 21,67$$

$$\mu_{Sejuk}[20,4] = \frac{20,4 - 18,9}{2,77} = 0,54$$

Perhitungan yang sama juga dilakukan untuk mencari nilai derajat keanggotaan pada suhu 2.

Untuk lebih jelasnya Pada tabel 4.4. dibawah ini adalah salah satu contoh data yang digunakan pada hari senin tanggal 7, 14 & 21 Maret. Data yang digunakan adalah data pada pukul 00.00 yang kemudian dicari nilai derajat keanggotaan nya dari setiap himpunan fuzzy.

Tabel 4. 4. Nilai Derajat Keanggotaan Hari Senin Pukul 00.00

Tanggal	Variabel	Himpunan Fuzzy	Derajat Keanggotaan
Senin, 7 Maret	Beban 1 (49,2 MW)	Minimum	0
		Sangat Kecil	0
		Kecil	0,66
		Medium	0,33
		Besar	0
		Sangat Besar	0
		Maksimum	0

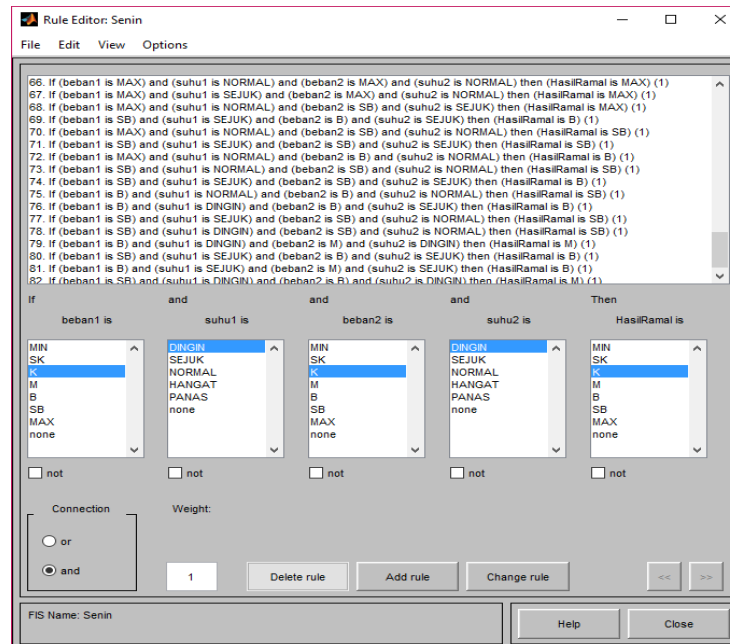
	Suhu 1 (20,4°C)	Dingin	0,45
		Sejuk	0,54
		Normal	0
		Hangat	0
		Panas	0

Senin, 14 Maret	Beban 2 (49 MW)	Minimum	0
		Sangat Kecil	0
		Kecil	0,84
		Medium	0,16
		Besar	0
		Sangat Besar	0
		Maksimum	0
	Suhu 2 (19,5°C)	Dingin	0,78
		Sejuk	0,21
		Normal	0
		Hangat	0
		Panas	0
	Senin, 21 Maret	Beban Aktual (49,6 MW)	Minimum	0
Sangat Kecil			0
Kecil			0,4
Medium			0,6
Besar			0
Sangat Besar			0
Maksimum			0

Hal yang sama juga dilakukan untuk semua data mulai dari pukul 01.00 sampai 23.00, sehingga akan diperoleh variabel fuzzy yang memiliki derajat keanggotaan yang tidak bernilai nol untuk setiap data yang digunakan. Untuk nilai derajat keanggotaan selama 1 minggu peramalan beban selengkapnya dapat dilihat pada halaman lampiran.

4.2.1. Menentukan Aturan Dasar Fuzzy

Berdasarkan bentuk umum yang terdapat pada aturan dasar fuzzy mamdani seperti pada pernyataan (2.2) dan jumlah dari himpunan fuzzy dari masing-masing variabel input maka dapat dibentuk 82 rule fuzzy yang mungkin terjadi. Adapun aturan-aturan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4. 5. Rule Fuzzy Peramalan Hari Senin

4.3. Inferensi Fuzzy

Tahap awal dari proses inferensi adalah fuzzifikasi yaitu merubah data tegas (*crisp*) menjadi data dalam bentuk himpunan fuzzy dengan menggunakan fungsi keanggotaan. Sebagai contoh akan digunakan data pada jam 00.00 yaitu sebagai berikut :

Tabel 4. 5. Nilai Derajat Keanggotaan Jam 00.00

Variabel	Himpunan Fuzzy	Derajat Keanggotaan
Beban1 (49,2)	Kecil	0,7
	Medium	0,3
Suhu1 (20,4)	Dingin	0,46
	Sedang	0,54
Beban2 (49)	Kecil	0,84
	Medium	0,16
Suhu2 (19,5)	Dingin	0,78
	Sedang	0,21

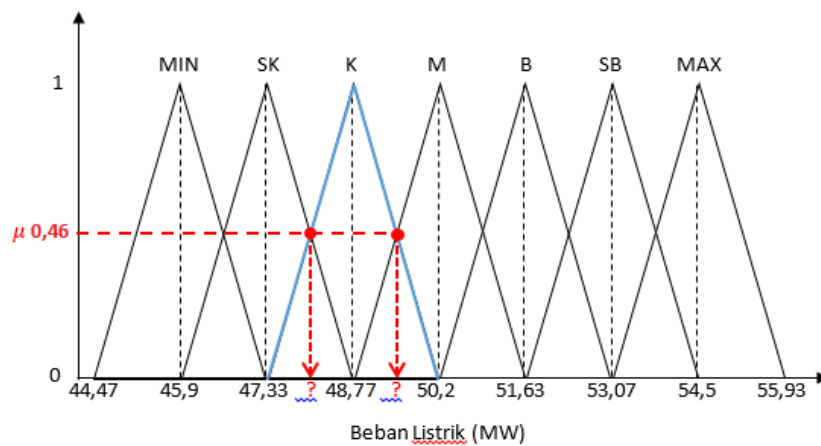
4.3.1. Aplikasi Fungsi Implikasi

Setelah proses fuzzifikasi, tahapan selanjutnya adalah menentukan fungsi implikasi. Aplikasi fungsi implikasi pada metode Mamdani menggunakan fungsi MIN. Pada tahapan ini setiap derajat keanggotaan yang sudah di hitung diproses kedalam 82 aturan fuzzy yang sudah kita bangun sebelumnya, kemudian dari ke

82 rule tersebut didapat 4 aturan yang cocok untuk peramalan pada jam 00.00, yaitu :

[R1] *if* (BEBAN1 is Kecil) *and* (SUHU1 is Dingin) *and* (BEBAN2 is Kecil) *and* (SUHU2 is Dingin) *then* (HASIL RAMAL is Kecil)

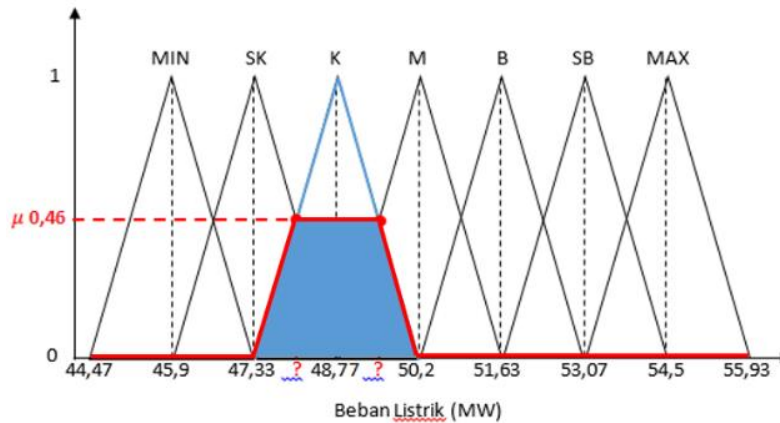
$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \min(\mu_{Kecil}[49,2], \mu_{Dingin}[20,4], \mu_{Kecil}[49], \mu_{Dingin}[19,5]) \\ &= \min(0,69; 0,46; 0,83; 0,78) \\ &= 0,46\end{aligned}$$



Gambar 4. 6. Fungsi Implikasi Aturan 1

$$\begin{aligned}\text{➤ } \mu[x] &= \frac{x-a}{b-a}, a \leq x \leq b \rightarrow 0,46 = \frac{x-47,33}{48,77-47,33}, 47,33 \leq x \leq 48,77 \\ \text{➤ } 0,46 &= (x - 47,33)/(48,77 - 47,33) \\ \text{➤ } x &= 48\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{➤ } \mu[x] &= \frac{c-x}{c-b}, b \leq x \leq c \rightarrow 0,45 = \frac{50,2-x}{50,2-48,7}, 47,33 \leq x \leq 48,77 \\ \text{➤ } 0,46 &= (50,2 - x)/(50,2 - 48,77) \\ \text{➤ } x &= 49,53\end{aligned}$$



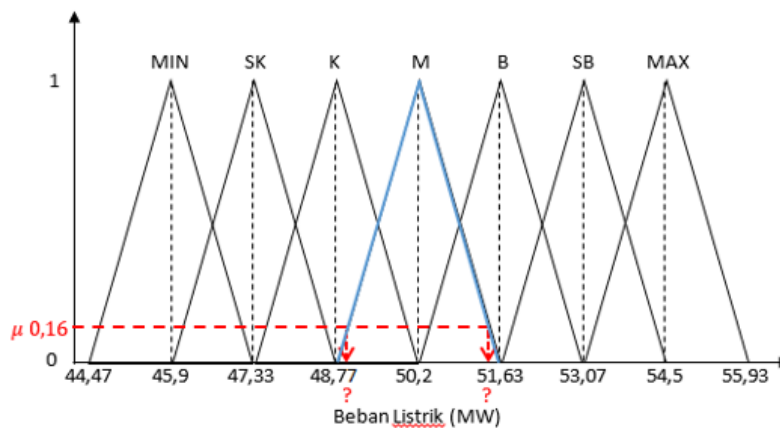
Gambar 4. 7. Hasil Perpotongan Fungsi Implikasi Aturan 1

Sehingga terbentuk rumusan baru untuk merepresentasikan segitiga yang terpotong ini, sebagai berikut :

$$\mu_{Kecil} = \begin{cases} 0, & x \leq 47,33 \text{ atau } x \geq 50,2 \\ \frac{x - 47,33}{48,77 - 47,33}, & 47,33 \leq x \leq 48 \\ 0,46, & 48 \leq x \leq 49,53 \\ \frac{50,2 - x}{50,2 - 48,77}, & 49,53 \leq x \leq 50,2 \end{cases}$$

[R2] *if* (BEBAN1 is Medium) *and* (SUHU1 is Sejuk) *and* (BEBAN2 is Medium) *and* (SUHU2 is Sejuk) *then* (HASIL RAMAL is Medium)

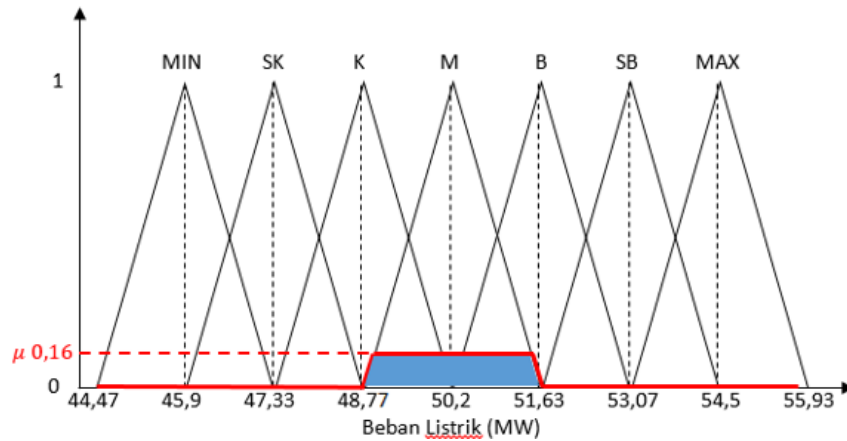
$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \min(\mu_{Medium}[49,2], \mu_{Sejuk}[20,4], \mu_{Medium}[49], \mu_{Sejuk}[19,5]) \\ &= \min(0,3; 0,54; 0,16; 0,21) \\ &= 0,16 \end{aligned}$$



Gambar 4. 8. Fungsi Implikasi Aturan 2

- $\mu[x] = \frac{x-a}{b-a}, a \leq x \leq b \rightarrow 0,16 = \frac{x-48,77}{50,2-48,77}, 48,77 \leq x \leq 50,2$
- $0,16 = (x - 48,77)/(50,2 - 48,77)$
- $x = 49$

- $\mu[x] = \frac{c-x}{c-b}, b \leq x \leq c \rightarrow 0,45 = \frac{51,63-x}{51,63-50,2}, 50,2 \leq x \leq 51,63$
- $0,16 = (51,63 - x)/(51,63 - 50,2)$
- $x = 51,40$

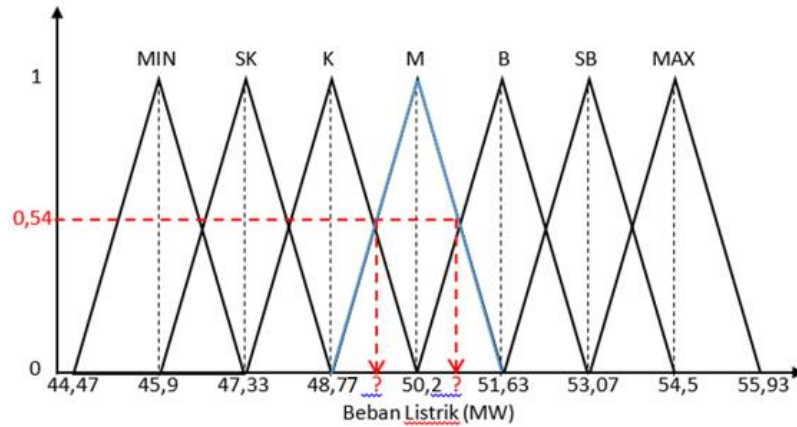


Gambar 4. 9. Hasil Perpotongan Fungsi Implikasi Aturan 2

$$\mu_{Medium} = \begin{cases} 0, & x \leq 48,77 \text{ atau } x \geq 51,63 \\ \frac{x - 48,77}{50,2 - 48,77}, & 48,77 \leq x \leq 49 \\ 0,16, & 49 \leq x \leq 51,40 \\ \frac{51,63 - x}{51,63 - 50,2}, & 51,40 \leq x \leq 51,63 \end{cases}$$

[R3] *if (BEBAN1 is Kecil) and (SUHU1 is Sejuk) and (BEBAN2 is Kecil) and (SUHU2 is Dingin) then (HASIL RAMAL is Medium)*

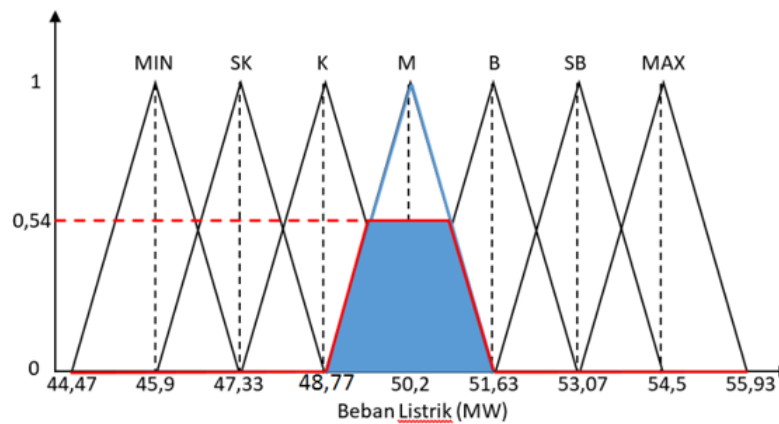
$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \min(\mu_{Kecil}[49,2], \mu_{Sejuk}[20,4], \mu_{Kecil}[49], \mu_{Dingin}[19,5]) \\ &= \min(0,7; 0,54; 0,83; 0,78) \\ &= 0,54 \end{aligned}$$



Gambar 4. 10. Fungsi Implikasi Aturan 3

$$\begin{aligned} \text{➤ } \mu[x] &= \frac{x-a}{b-a}, a \leq x \leq b \rightarrow 0,54 = \frac{x-48,77}{50,2-48,77}, 48,77 \leq x \leq 50,2 \\ \text{➤ } 0,54 &= (x - 48,77)/(50,2 - 48,77) \\ \text{➤ } x &= 49,55 \end{aligned}$$

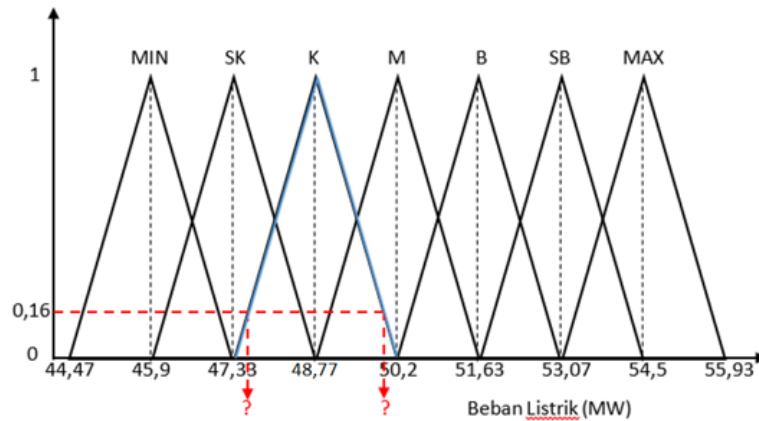
$$\begin{aligned} \text{➤ } \mu[x] &= \frac{c-x}{c-b}, b \leq x \leq c \rightarrow 0,54 = \frac{51,63-x}{51,63-50,2}, 50,2 \leq x \leq 51,63 \\ \text{➤ } 0,54 &= (51,63 - x)/(51,63 - 50,2) \\ \text{➤ } x &= 50,85 \end{aligned}$$



Gambar 4. 11. Hasil Perpotongan Fungsi Implikasi Aturan 3

$$\mu_{Medium} = \begin{cases} 0, & x \leq 48,77 \text{ atau } x \geq 51,63 \\ \frac{x - 48,77}{50,2 - 48,77}, & 48,77 \leq x \leq 49,55 \\ 0,54, & 49,55 \leq x \leq 50,85 \\ \frac{51,63 - x}{51,63 - 50,2}, & 50,85 \leq x \leq 51,63 \end{cases}$$

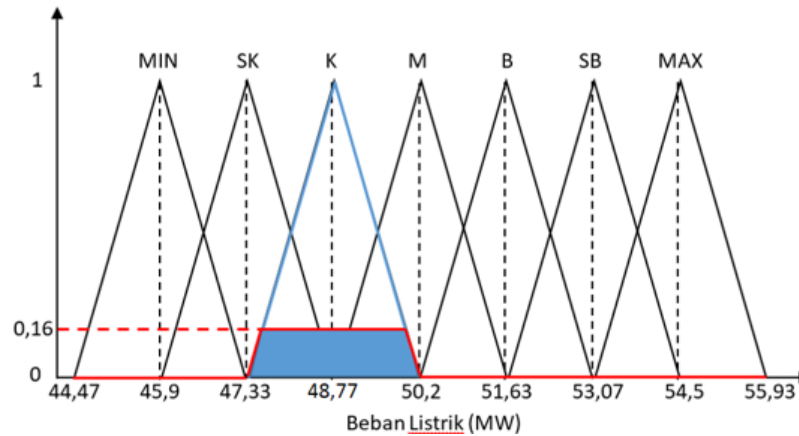
[R4] if (BEBAN1 is Medium) and (SUHU1 is Dingin) and (BEBAN2 is Medium) and (SUHU2 is Sejuk) then (HASIL RAMAL is Kecil)



Gambar 4. 12. Fungsi Implikasi Aturan 4

- $\mu[x] = \frac{x-a}{b-a}, a \leq x \leq b \rightarrow 0,16 = \frac{x-47,33}{48,77-47,33}, 47,33 \leq x \leq 48,77$
- $0,16 = (x - 47,33)/(48,77 - 47,33)$
- $x = 47,57$

- $\mu[x] = \frac{c-x}{c-b}, b \leq x \leq c \rightarrow 0,16 = \frac{50,2-x}{50,2-48,7}, 47,33 \leq x \leq 48,77$
- $0,16 = (50,2 - x)/(50,2 - 48,77)$
- $x = 49,97$

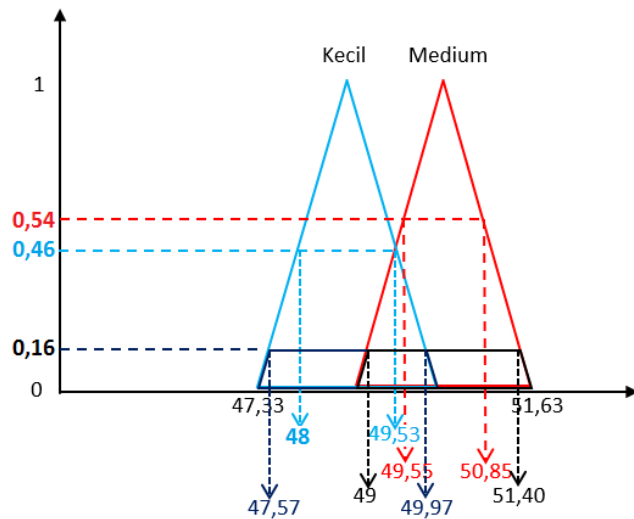


Gambar 4. 13. Hasil Perpotongan Fungsi Implikasi Aturan 4

$$\mu_{Kecil} = \begin{cases} 0, & x \leq 47,33 \text{ atau } x \geq 50,2 \\ \frac{x - 47,33}{48,77 - 47,33}, & 47,33 \leq x \leq 47,57 \\ 0,45, & 47,57 \leq x < 49,97 \\ \frac{50,2 - x}{50,2 - 48,77}, & 49,97 \leq x \leq 50,2 \end{cases}$$

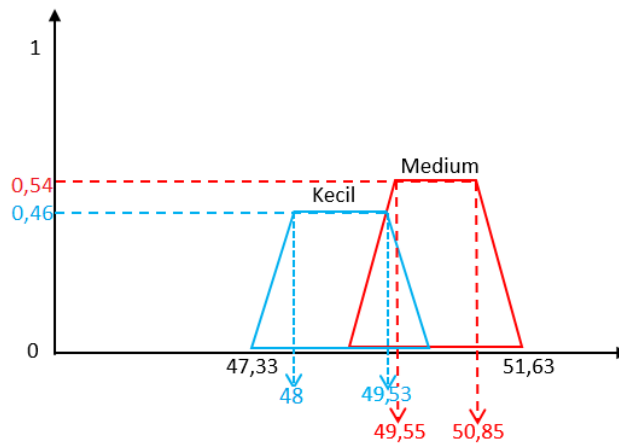
4.3.2. Komposisi Aturan

Jika pada tahap aplikasi fungsi implikasi digunakan metode MIN untuk mendapatkan output maka selanjutnya pada tahap komposisi aturan akan digunakan metode MAX. dimana setiap daerah output pada fungsi implikasi akan diambil daerah yang memiliki derajat keanggotaan maksimum. Berikut adalah hasil dari komposisi semua output yang peroleh :



Gambar 4. 14. Komposisi Semua Output

Karena hasil output 0,16 berada dibawah hasil output 0,45 dan 0,54 maka hasil output 0,16 diabaikan, sehingga hasil output akhir menjadi seperti gambar dibawah ini



Gambar 4. 15. Hasil Akhir Komposisi Semua Output

Sehingga didapat rumusan himpunan fuzzy baru yaitu:

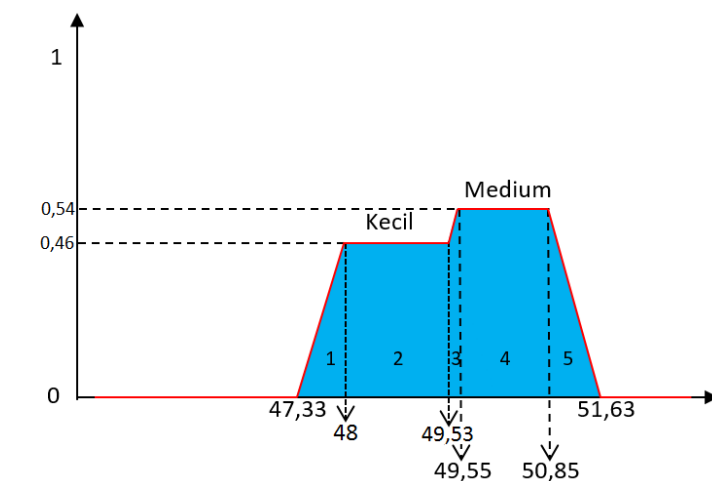
$$\mu_x = \begin{cases} \frac{x - 47,33}{48,77 - 47,33}, & 47,33 \leq x \leq 48 \\ 0,46, & 48 \leq x \leq 49,53 \\ \frac{50,2 - x}{50,2 - 48,77}, & 49,53 \leq x \leq 49,55 \\ 0,54, & 49,55 \leq x \leq 50,85 \\ \frac{51,63 - x}{51,63 - 50,2}, & 50,85 \leq x \leq 51,63 \end{cases}$$

$$\mu_x = \begin{cases} 0,694 - 32,868, & 47,33 \leq x \leq 48 \\ 0,46, & 48 \leq x \leq 49,53 \\ 35,105 - 0,699, & 49,53 \leq x \leq 49,55 \\ 0,54, & 49,55 \leq x \leq 50,85 \\ 36,105 - 0,699, & 50,85 \leq x \leq 51,63 \end{cases}$$

4.4. Defuzzy

Tahap berikutnya yaitu Defuzzyfikasi yang merupakan langkah terakhir dari proses logika fuzzy mamdani. Metode defuzzyfikasi yang akan digunakan adalah metode Centroid, Bisector, MOM, LOM dan SOM.

Pada metode Centroid, terdapat dua parameter penting yang harus dihitung, yaitu Momen dan Luasan daerah hasil implikasi. Untuk menentukan nilai crisp dilakukan dengan membagi daerah menjadi 5 bagian dengan luas masing-masing : A1, A2, A3, A4, dan A5 serta momen terhadap nilai keanggotaan masing-masing adalah M1, M2, M3, M4, dan M5.



Gambar 4. 16. Solusi Daerah Fuzzy

$$z = \frac{\int_1^5 z\mu(z)dz}{\int_1^5 \mu(z)dz} = \frac{M1 + M2 + M3 + M4 + M5}{A1 + A2 + A3 + A4 + A5}$$

Menghitung Momen :

$$\begin{aligned}
 M1 &= \int_{47,33}^{48} (0,694z - 32,868)z \, dz \\
 &= \int_{47,33}^{48} (0,694z^2 - 32,868z) \, dz = 0,2313z^3 - 16,434z^2 \Big|_{47,33}^{48} = 6,61986
 \end{aligned}$$

$$M2 = \int_{48}^{49,53} (0,46)z \, dz = 0,23z^2 \Big|_{48}^{49,53} = 34,320807$$

$$\begin{aligned}
 M3 &= \int_{49,53}^{49,55} (35,105 - 0,6993z)z \, dz \\
 &= \int_{49,53}^{49,55} (35,105z - 0,6993z^2) \, dz = 17,5525z^2 - 0,2331z^3 \Big|_{49,53}^{49,55} \\
 &= 0,45743
 \end{aligned}$$

$$M4 = \int_{49,55}^{50,85} (0,54)z \, dz = 0,27z^2 \Big|_{49,55}^{50,85} = 35,2404$$

$$\begin{aligned}
 M5 &= \int_{50,85}^{51,63} (36,105 - 0,6993z)z \, dz \\
 &= \int_{50,85}^{51,63} (36,105z - 0,6993z^2) \, dz = 18,0525z^2 - 0,2331z^3 \Big|_{50,85}^{51,63} \\
 &= 10,87811
 \end{aligned}$$

Menghitung Luas :

$$A1 = \int_{47,33}^{48} (0,694z - 32,868) \, dz = \int_{47,33}^{48} = 0,347z^2 - 32,868z \Big|_{47,33}^{48} = 0,1417117$$

$$A2 = \int_{48}^{49,53} (0,46)z \, dz \Big|_{48}^{49,53} = 0,7038$$

$$A3 = \int_{49,53}^{49,55} (35,105 - 0,6993z)z \, dz = 35,105z - 0,34965z^2 \Big|_{49,53}^{49,55} \\ = 0,0092336$$

$$A4 = \int_{49,55}^{50,85} (0,54)z \, dz \Big|_{49,55}^{50,85} = 0,702$$

$$A5 = \int_{50,85}^{51,63} (36,105 - 0,6993z)z \, dz = 36,105z - 0,34965z^2 \Big|_{50,85}^{51,63} = 0,212837$$

Menghitung Titik Pusat :

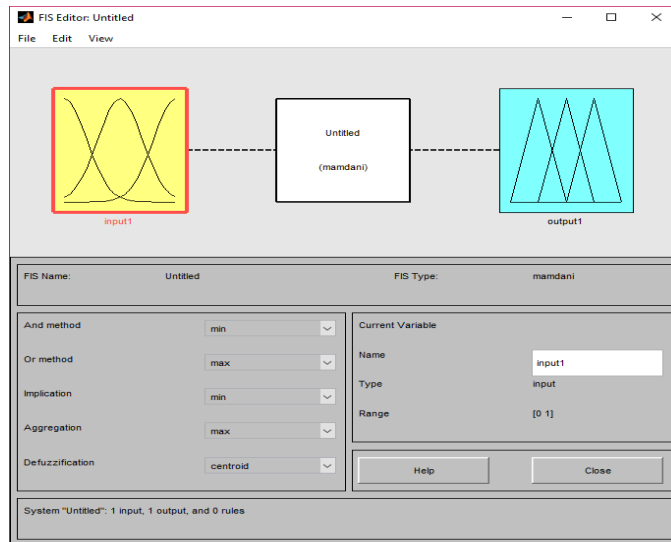
$$z = \frac{M1 + M2 + M3 + M4 + M5}{A1 + A2 + A3 + A4 + A5} \\ = \frac{6,61986 + 34,320807 + 0,45743 + 35,2404 + 10,87811}{0,1417117 + 0,7038 + 0,0092336 + 0,702 + 0,212837} \\ = \frac{87,516607}{1,7695823} = 49,4$$

Maka hasil ramalan yang diperoleh menggunakan metode Centroid adalah 49,4 MW.

4.5. Sistem Fuzzy Menggunakan MATLAB

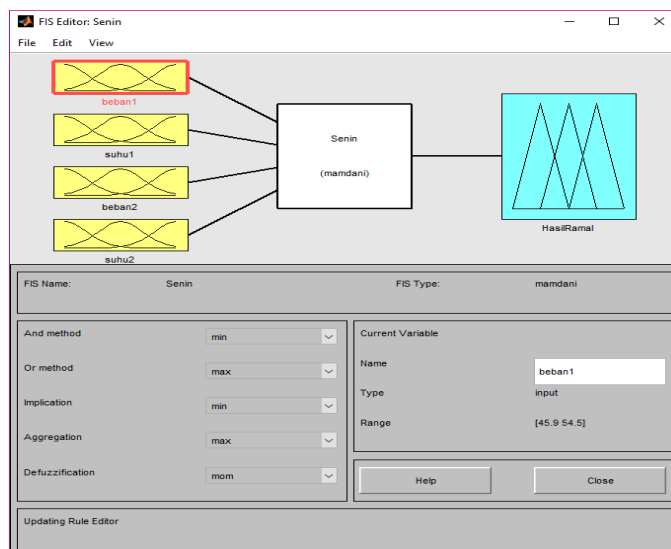
Untuk peramalan menggunakan metode Defuzzikasi Bisector, MOM, LOM dan SOM akan menggunakan bantuan software Matlab R2014a. Rancangan sistem inferensi fuzzy tersebut akan dikerjakan pada fuzzy logic tollbox. Adapun langkah-langkah untuk menghasilkan output ramalan menggunakan fuzzy logic tollbox adalah sebagai berikut :

1. Mengetik “Fuzzy” pada command window di matlab sehingga akan muncul FIS editor seperti gambar berikut.



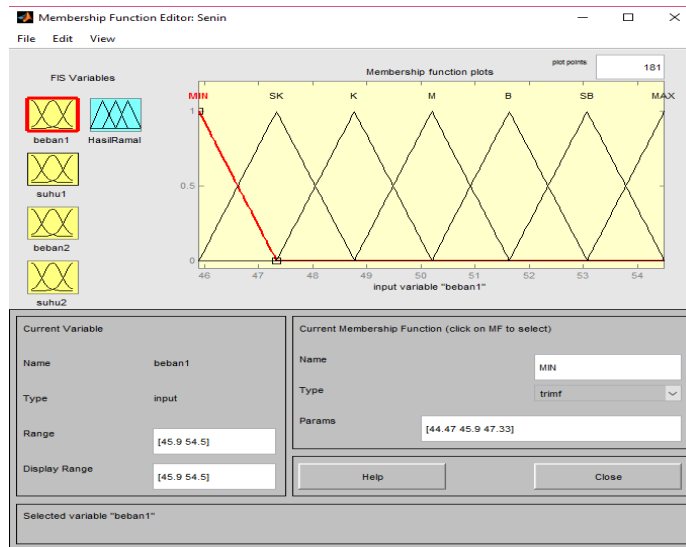
Gambar 4. 17. Tampilan FIS Editor

2. Klik pilihan edit kemudian add variable, masukan keempat variabel input (beban1, suhu1, beban2, suhu2) dan satu variabel output (hasil ramalan).



Gambar 4. 18. Tampilan FIS Editor Dengan 4 Input Dan 1 Output

3. Kemudian membuat fungsi keanggotaan untuk keempat variabel input dan satu variabel output dengan cara double klik pada masing-masing variabel



Gambar 4. 19. Membership Function Editor Beban 1 (Input)

Ubah nilai range sesuai dengan variabel yang sudah ditentukan sebelumnya.



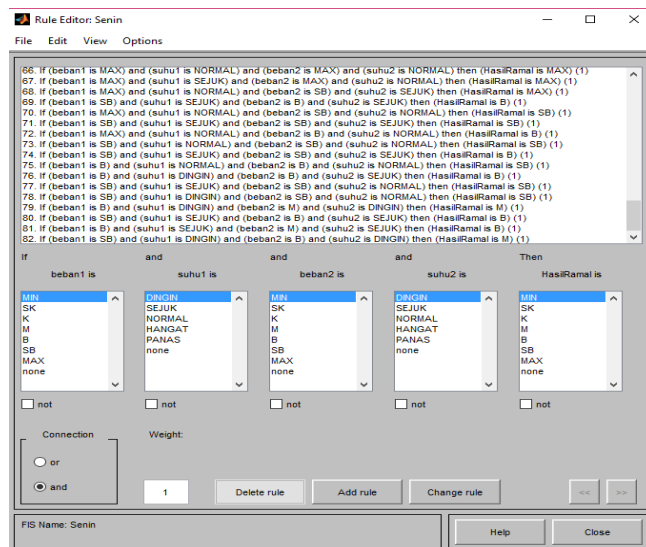
Gambar 4. 20. Membership Function Editor Suhu 1 (Input)

Ubah kolom type menjadi trimf (fungsi keanggotaan segitiga) kemudian masukan nilai params sesuai dengan dengan parameter masing-masing varabel.



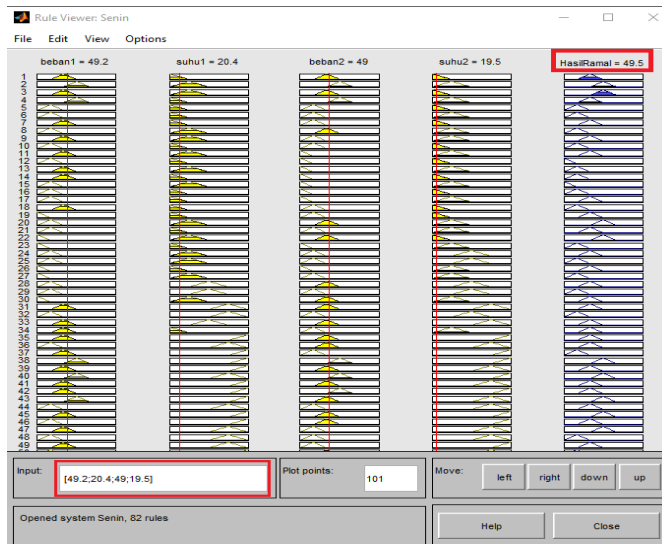
Gambar 4. 21. Membership Function Editor Hasil Ramalan (Output)

4. Tahap selanjutnya memasukan 82 rule fuzzy yang telah kita susun sebelumnya dengan cara klik edit pada tampilan FIS editor kemudian klik rules atau bisa dengan menekan (Ctrl+3) sehingga akan muncul tampilan rules editor seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4. 22. Tampilan Rule Editor

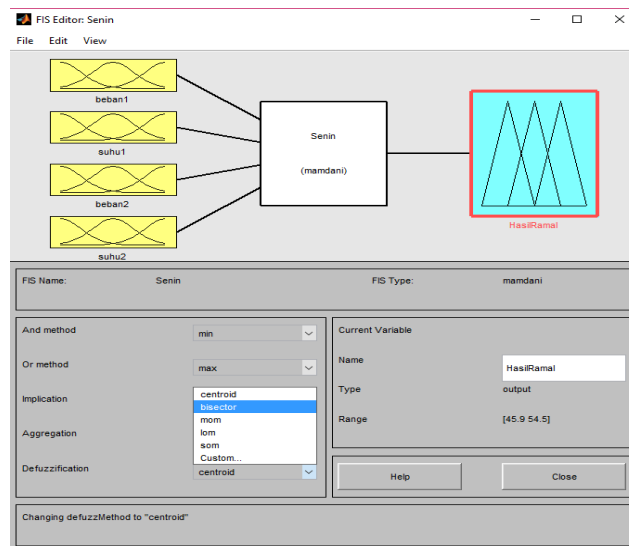
5. Kemudian untuk menguji hasil FIS yang sudah kita bangun dengan cara klik view → rules (Ctrl+5) sehingga akan muncul tampilan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4. 23. Tampilan Rule Viewer

Kemudian pada ubah nilai pada kolom input dengan memasukkan nilai beban1, suhu1, beban2 dan suhu2 kemudian klik enter maka akan tampak hasil dari ramalan dan fungsi implikasi dari masing-masing aturan.

6. Untuk memperoleh hasil ramalan dengan metode defuzzifikasi yang lain bisa diubah pada tampilan menu FIS editor kemudian ubah pada bagian defuzzifikasi seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. 24. Mengubah Metode Defuzzifikasi

Untuk memperoleh hasil ramalan pada hari yang lain dilakukan dengan mengulangi keenam langkah diatas.

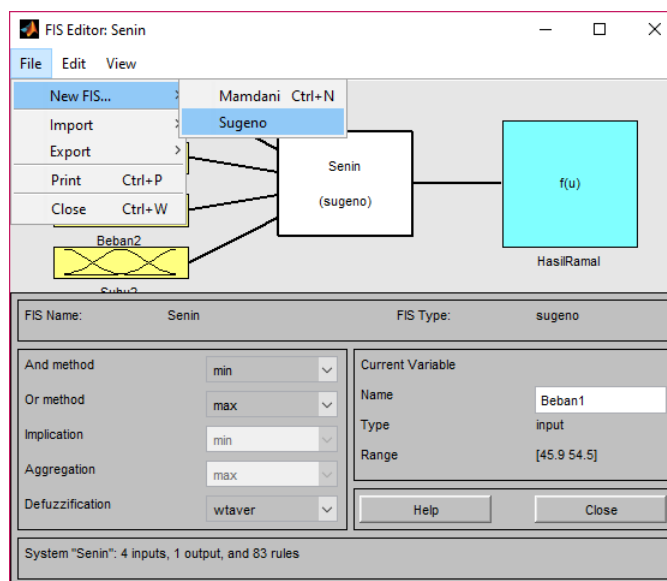
4.6. Penyelesaian Menggunakan Metode Sugeno

Penyelesaian dengan metode Fuzzy Sugeno hampir sama dengan metode Fuzzy Mamdani, perbedaannya hanya pada Agregasi dan Defuzzifikasi. Jika pada metode Mamdani Agregasi dan output yang dihasilkan berupa daerah dibawah kurva dan himpunan fuzzy baru, maka pada metode Sugeno Agregasi dan output berupa Singleton dan konstanta /persamaan linier.

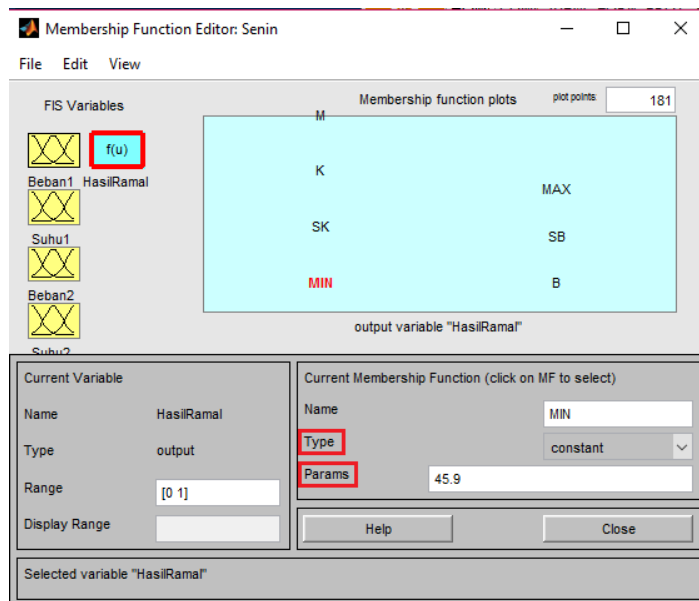
4.6.1. Fuzzyfikasi

Tahap fuzzyfikasi pada metode Sugeno sama dengan tahap fuzzyfikasi Mamdani hanya saja variabel output berupa konstanta/persamaan linier. Himpunan fuzzy dan derajat keanggotaan dari masing-masing variabel input dapat dilihat pada tabel 4.2, 4.3 dan 4.4.

Untuk membuat sistem FIS Sugeno pada matlab bisa dengan cara mengetik fuzzy pada command window setelah jendela fuzzy terbuka klik File → New FIS → Sugeno seperti tampilan gambar dibawah ini.



Gambar 4. 25. FIS Editor Sugeno



Gambar 4. 26. Membership Function Editor Hasil Ramalan (Output)

Karena pada metode Fuzzy Sugeno hasil dari Agregasi berupa Singleton maka untuk nilai output yang akan digunakan adalah data dari beban listrik hari Senin dengan derajat keanggotaan yang bernilai satu. Untuk Type ubah dari Linier → Constant kemudian isi Params dengan nilai dari data beban listrik hari Senin yang mempunyai nilai derajat keanggotaan satu.

4.6.2. Menentukan aturan dasar Fuzzy

Aturan dasar fuzzy yang digunakan pada metode Sugeno sama dengan yang digunakan pada metode Mamdani yaitu 82 rule.

4.6.3. Komposisi Aturan

Sama halnya dengan metode Mamdani pada metode Sugeno setelah memperoleh derajat keanggotaan dan aturan dasar fuzzy dari masing-masing variabel terkait, langkah selanjutnya adalah komposisi aturan dasar fuzzy. Operator fuzzy yang akan digunakan sama dengan metode Mamdani yakni AND dan nilai α – *predikat* dari tiap-tiap rule ditentukan dengan menggunakan fungsi Implikasi MIN. Sehingga untuk peramalan hari Senin pada jam 00.00 diperoleh 4 rule yang cocok yaitu.

[R1] *if* (BEBAN1 is Kecil) *and* (SUHU1 is Dingin) *and* (BEBAN2 is Kecil) *and* (SUHU2 is Dingin) *then* (HASIL RAMAL is Kecil)

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \min(\mu_{Kecil}[49,2], \mu_{Dingin}[20,4], \mu_{Kecil}[49], \mu_{Dingin}[19,5]) \\ &= \min(0,69; 0,46; 0,83; 0,78) \\ &= 0,46\end{aligned}$$

Nilai $Z_1 = 48,77$ (Didapat dari derajat keanggotaan beban listrik hari Senin yang bernilai satu)

[R2] *if (BEBAN1 is Medium) and (SUHU1 is Sejuk) and (BEBAN2 is Medium) and (SUHU2 is Sejuk) then (HASIL RAMAL is Medium)*

$$\begin{aligned}\alpha_2 &= \min(\mu_{Medium}[49,2], \mu_{Sejuk}[20,4], \mu_{Medium}[49], \mu_{Sejuk}[19,5]) \\ &= \min(0,3; 0,54; 0,16; 0,21) \\ &= 0,16\end{aligned}$$

Nilai $Z_2 = 50,2$

[R3] *if (BEBAN1 is Kecil) and (SUHU1 is Sejuk) and (BEBAN2 is Kecil) and (SUHU2 is Dingin) then (HASIL RAMAL is Medium)*

$$\begin{aligned}\alpha_3 &= \min(\mu_{Kecil}[49,2], \mu_{Sejuk}[20,4], \mu_{Kecil}[49], \mu_{Dingin}[19,5]) \\ &= \min(0,7; 0,54; 0,83; 0,78) \\ &= 0,54\end{aligned}$$

Nilai $Z_3 = 50,2$

[R4] *if (BEBAN1 is Medium) and (SUHU1 is Dingin) and (BEBAN2 is Medium) and (SUHU2 is Sejuk) then (HASIL RAMAL is Kecil)*

$$\begin{aligned}\alpha_4 &= \min(\mu_{Medium}[49,2], \mu_{Dingin}[20,4], \mu_{Medium}[49], \mu_{Sejuk}[19,5]) \\ &= \min(0,3; 0,45; 0,16; 0,21) \\ &= 0,16\end{aligned}$$

Nilai $Z_3 = 48,7$

Komposisi semua aturan pada metode Sugeno juga menggunakan fungsi MAX berupa gabungan dari setiap aturan.

4.6.4. Defuzzy

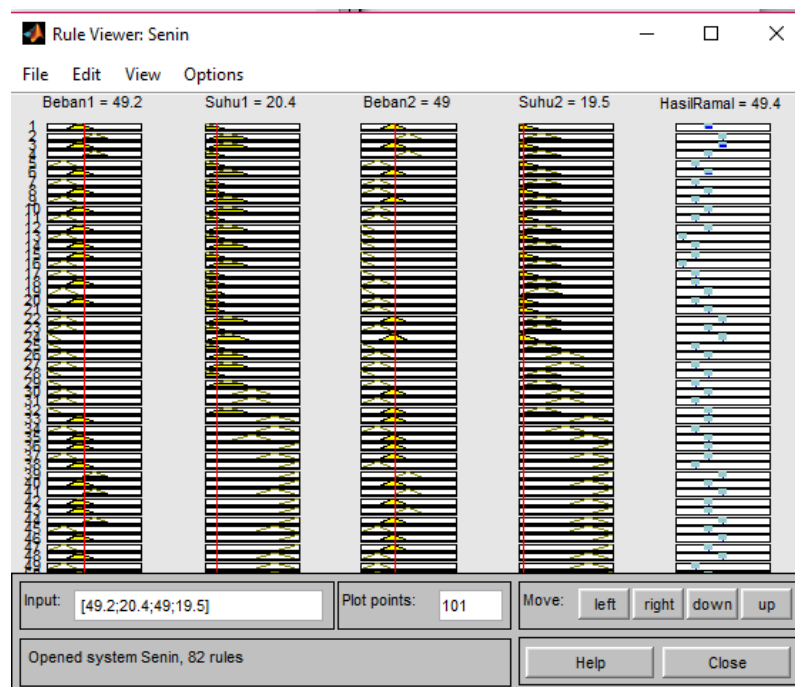
Defuzzifikasi pada metode Sugeno lebih sederhana, karena hanya menghitung *center of single-ton*. Metode Defuzzi yang akan digunakan adalah rata-rata terbobot (*Weight Of Average*). Untuk menghitung bisa menggunakan

$$\text{persamaan : } Z = \frac{\sum \alpha_1 * z_1}{\sum \alpha_1}$$

$$Z = \frac{\alpha_1 * z_1 + \alpha_2 * z_2 + \alpha_3 * z_3 + \alpha_4 * z_4}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}$$

$$z = \frac{0,46 * 48,77 + 0,16 * 50,2 + 0,54 * 50,2 + 0,16 * 48,77}{0,46 + 0,16 + 0,54 + 0,16} = 49,5$$

Maka hasil ramalan yang diperoleh menggunakan metode Sugeno adalah 49,5 MW.



Gambar 4. 27. Rule Viewer Fuzzy Sugeno

4.7. Menghitung MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

Dalam metode peramalan harus disertakan suatu persentase error sebagai acuan metode peramalan yang digunakan dapat dipercaya, untuk menghitung MAPE dapat digunakan persamaan (2.7). Hasil dari suatu peramalan dikatakan sangat baik jika memiliki nilai MAPE kurang dari 10%.

4.8. Analisa Hasil

4.8.1. Metode Mamdani

Untuk mendapatkan hasil ramalan pada hari lainya dilakukan hal yang sama seperti contoh perhitungan yang telah dilakukan. Untuk kemudahan perhitungan maka digunakan software Matlab untuk mencari hasil ramal hari lainnya. Untuk hasil peramalan hari Senin dengan menggunakan metode Mamdani dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini, sedangkan untuk hasil peramalan hari lainnya serta nilai MAPE untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lembar lampiran.

Tabel 4. 6. Hasil Ramalan Hari Senin Metode Mamdani

Waktu	Senin 21/03/2016										
	Beban Aktual	Metode									
		Centroid	Error (%)	Bisector	Error (%)	MOM	Error (%)	LOM	Error (%)	SOM	Error (%)
00.00	49,6	49,5	0,2	49,6	0	50,2	0,2	45,9	7,46	49,6	0
01.00	48,5	49,2	1,44	49,5	2,06	50,2	3,51	45,9	5,36	48,8	2,68
02.00	48,3	48,5	0,41	48,4	0,21	48	0,62	45,9	4,97	46,7	3,31
03.00	47,8	47,8	0	47,8	0	47,4	0,84	45,9	3,97	46,8	2,09
04.00	47,3	47,8	1,06	47,7	0,85	47,3	0	45,9	2,96	46,7	1,27
05.00	48,2	47,9	0,62	47,9	0,62	48,8	1,24	45,9	4,77	48,1	0,21
06.00	48,8	48,1	1,43	48,1	1,43	48	1,64	45,9	5,94	46,8	4,1
07.00	47,8	48	0,42	48	0,42	48	0,42	45,9	3,97	46,7	2,3
08.00	47,7	48,2	1,05	47,9	0,42	47,3	0,84	45,9	3,77	46,8	1,89
09.00	47,8	48	0,42	47,7	0,21	47,4	0,84	45,9	3,97	46,8	2,09
10.00	48,6	48,6	0	48,7	0,21	48,8	0,41	45,9	5,56	48,5	0,21
11.00	48,8	49,3	1,02	49,2	0,82	48,8	0	45,9	5,94	48,2	1,23
12.00	49,3	49,5	0,41	49,5	0,41	49,5	0,41	45,9	6,9	48,3	2,03
13.00	48,8	48,7	0,2	48,7	0,2	48,8	0	45,9	5,94	48,5	0,61
14.00	48,5	48,7	0,41	48,7	0,41	48,7	0,41	45,9	5,36	48,2	0,62
15.00	48,9	48,8	0,2	48,7	0,41	48,8	0,2	45,9	6,13	48,7	0,41
16.00	49,2	49,2	0	49,1	0,2	48,7	1,02	45,9	6,71	48,1	2,24
17.00	50,6	51,1	0,99	50,7	0,2	50,2	0,79	45,9	9,29	49,7	1,78
18.00	51,4	51,9	0,97	52	1,17	52,4	1,95	45,9	10,7	51,1	0,58
19.00	54,5	53,1	2,57	53,6	1,65	54,2	0,55	45,9	15,78	53,9	1,1
20.00	52,4	52,4	0	52,4	0	53,1	1,34	45,9	12,4	52,4	0
21.00	52,1	51,9	0,38	52,2	0,19	53	1,73	45,9	11,9	52,5	0,77
22.00	51,7	51,1	1,16	51,1	1,16	50,9	1,55	45,9	11,22	49,8	3,68
23.00	51,1	50,2	1,76	50,2	1,76	50,2	1,76	45,9	10,18	50,2	1,76
Rata-Rata Error		0,71		0,63		0,97		7,13		1,54	

Berdasarkan hasil peramalan menggunakan 5 metode defuzzikasi Mamdani dari tabel 4.6. diatas, peramalan pada hari Senin dengan menggunakan metode defuzzifikazi Bisector mendapatkan nilai rata-rata MAPE terkecil yaitu sebesar 0,63% sedangkan peramalan dengan metode LOM mendapatkan nilai rata-rata MAPE terbesar yaitu 7,13%.

Berdasarkan hasil ramalan yang dilakukan selama satu minggu maka diperoleh nilai rata-rata MAPE untuk setiap metode peramalan selama satu minggu adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 7. Nilai Rata-rata MAPE Peramalan Mamdani Satu Minggu

Hari	Metode				
	Centroid	Bisector	MOM	LOM	SOM
Senin	0,71%	0,63%	0,97%	7,13%	1,54%
Selasa	0,93%	0,85%	0,95%	6,25%	1,65%
Rabu	1,02%	0,96%	1,01%	5,03%	1,39%
Kamis	1,10%	1,38%	1,26%	6,99%	2,26%
Jumat	1,23%	1,23%	1,19%	8,46%	1,72%
Sabtu	1,18%	1,06%	0,87%	6,38%	1,80%
Minggu	0,87%	0,82%	1,03%	6,76%	2,28%
Rata-Rata	1,01%	0,99%	1,04%	6,71%	1,81%

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada tabel 4.7 hasil peramalan daya listrik jangka pendek untuk hari senin-minggu menggunakan Fuzzy Mamdani didapatkan nilai rata-rata MAPE terkecil pada peramalan dengan menggunakan metode Bisector yaitu 0,99%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa peramalan daya listrik jangka pendek menggunakan metode fuzzy mamdani pada penelitian ini lebih bagus menggunakan metode defuzzifikasi Bisector dibandingkan dengan keempat metode lainnya. Selain itu metode dengan defuzzifikasi Centroid juga menunjukkan nilai MAPE yang tidak terlalu berbeda jauh dari metode Bisector, sehingga metode ini dapat dijadikan pilihan kedua.

4.8.2. Metode Sugeno

Untuk mendapatkan hasil ramalan pada hari lainnya dilakukan hal yang sama seperti contoh perhitungan yang telah dilakukan. Untuk kemudahan perhitungan maka digunakan software Matlab untuk mencari hasil ramal hari lainnya. Untuk hasil peramalan hari Senin dengan metode Sugeno dapat dilihat pada tabel 4.8 dibawah, sedangkan untuk hasil peramalan hari lainnya serta nilai MAPE untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lembar lampiran.

Tabel 4. 8. Hasil Ramalan Hari Senin Metode Sugeno

Senin 21/03/2016			
Waktu	Beban Aktual	Weight Average	Error %
00.00	49,6	49,4	0,40
01.00	48,5	48,8	0,62
02.00	48,3	48,2	0,21
03.00	47,8	47,5	0,63
04.00	47,3	47,3	0
05.00	48,2	47,4	1,66
06.00	48,8	48	1,64
07.00	47,8	47,9	0,21
08.00	47,7	47,9	0,42
09.00	47,8	48,1	0,63
10.00	48,6	48,6	0
11.00	48,8	49	0,41
12.00	49,3	49,5	0,41
13.00	48,8	48,7	0,20
14.00	48,5	48,7	0,41
15.00	48,9	48,8	0,20
16.00	49,2	49	0,41
17.00	50,6	51,1	0,99
18.00	51,4	51,9	0,97
19.00	54,5	53,6	1,65
20.00	52,4	52,3	0,19
21.00	52,1	51,9	0,38
22.00	51,7	51,4	0,58
23.00	51,1	51,2	0,20
Rata-Rata Error		0,56	

Dari tabel 4.8 dapat disimpulkan bahwa peramalan menggunakan fuzzy Sugeno dengan metode Defuzzifikasi Weight of Average pada hari senin didapat nilai rata-rata error yaitu sebesar 0,57%, nilai error ini sedikit lebih kecil dibandingkan dengan metode defuzzifikasi Bisector Mamdani yaitu 0,63% sehingga jika dibandingkan dari kedua metode peramalan yang telah dilakukan pada hari Senin maka fuzzy Sugeno dengan metode defuzzifikasi Weight of Average bisa dikatakan lebih baik dari fuzzy Mamdani yang menggunakan defuzzifikasi Bisector.

Berdasarkan hasil ramalan yang dilakukan selama satu minggu maka diperoleh nilai rata-rata MAPE untuk metode peramalan Weight of Average selama satu minggu adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 9. Nilai Rata-rata MAPE Peramalan Sugeno Satu Minggu

Hari	Metode Weight Of Average
Senin	0,56%
Selasa	0,83%
Rabu	0,89%
Kamis	0,77%
Jumat	0,73%
Sabtu	0,64%
Minggu	0,62%
Rata-Rata	0,72%

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada tabel 4.9 hasil peramalan daya listrik jangka pendek untuk hari senin-minggu menggunakan metode Fuzzy Sugeno dengan defuzzifikasi Weight of Average didapatkan nilai rata-rata MAPE yaitu 0,72%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

9.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini peramalan menggunakan 5 metode Defuzzifikasi Mamdani yaitu Centroid, Bisector, MOM, LOM dan SOM, serta 1 metode Weight Of Average Sugeno. Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Peramalan daya listrik jangka pendek dengan interval waktu ramalan 24 jam di Kota Batu selain menggunakan data beban listrik dapat juga digunakan data suhu permukaan bumi sebagai variabel pendamping agar nilai peramalan yang didapatkan semakin akurat.
2. Peramalan dengan 5 metode Defuzzifikasi Mamdani diperoleh MAPE untuk hari Senin dengan metode Centroid adalah 0,71%, Bisector 0,63%, MOM 0,97%, LOM 7,13%, SOM 1,54%. Sehingga peramalan dengan metode Defuzzifikasi Mamdani yang terbaik adalah menggunakan metode Bisector. Sedangkan peramalan dengan menggunakan metode Fuzzy Sugeno dengan defuzzifikasi Weight Of Average didapatkan hasil error yang lebih kecil daripada menggunakan metode Mamdani.
3. Dengan membandingkan hasil peramalan satu minggu dengan metode Fuzzy Mamdani & Sugeno dapat disimpulkan metode terbaik adalah menggunakan metode Fuzzy Sugeno dengan defuzzifikasi Weight Of Average.
4. Keakuratan metode Fuzzy Logic untuk peramalan terletak pada aturan-aturan (rule) yang dibangun dari data-data yang ada, sehingga pemilihan aturan yang tepat mungkin akan membuat hasil peramalan menjadi lebih baik. Tetapi walaupun begitu, Metode Fuzzy Logic dapat meramal daya listrik dengan persentase kesalahan (error) kurang dari 1%.

5.2. Saran

Metode peramalan dengan menggunakan teknik kecerdasan buatan dapat menghasilkan tingkat kesalahan yang beragam. Sehingga banyaknya data historis (aktual) yang didapatkan, dapat meningkatkan tingkat keakuratan peramalan. Selain itu, untuk melakukan peramalan daya listrik jangka pendek dapat juga dilakukan dengan mencoba metode lain, hal ini bertujuan agar mendapatkan metode peramalan dengan tingkat keakuratan yang lebih baik lagi dan bisa menjadi pembanding dengan metode-metode peramalan yang sudah pernah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] Marsudi, D. (2005). Perkiraan Beban Pembangkit Energi Listrik (pp.152-160). Jakarta: Erlangga.
- [3] Supranto, J. (2004). Metode Peramalan Kuantitatif Untuk Perencanaan. Jakarta: Gramedia.
- [4] Arnold, J.R. Tony & Chapman, N. Stephen. (2004) Introduction To Material Management (pp.199-273). New Jersey: Prentice.
- [5] 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.
- [6] Efendi, Hansi, “ Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Matlab”, SAINSTEK, Vol. XII, No. 1, September 2009.
- [7] Kusumadewi,Sri, “Analisis dan Desain Sistem Fuzzy menggunakan Toolbox Matlab,” , Yogyakarta : Graha Ilmu, 2002.
- [8] S.Si., M.Kom. Mulyanto Edy, S.Si., M. Kom Sutojo.t, Dr. Suhartono Vincent “Kecerdasan Buatan” , Yogyakarta : Penerbit Andi, 2011.
- [9] Dr. Agus Naba, Eng “Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan MATLAB”, Yogyakarta : Penerbit Andi, 2009.
- [10] <http://www.mathworks.com/help/fuzzy/examples/defuzzification-methods.html> Diakses pada tanggal 14 Maret 2016.
- [11] <https://id.wikipedia.org/wiki/logika> fuzzy. Diakses pada tanggal 12 Februari 2016.

LAMPIRAN

HASIL PERAMALAN 1 MINGGU FUZZY MAMDANI

Waktu	Senin 21/03/2016										
	Beban Aktual	Metode									
		Centroid	Erro r (%)	Bisector	Erro r (%)	MOM	Erro r (%)	LO M	Erro r (%)	SOM	Erro r (%)
00.00	49,6	49,5	0,20	49,6	0	50,2	0,20	45,9	7,46	49,6	0
01.00	48,5	49,2	1,44	49,5	2,06	50,2	3,51	45,9	5,36	48,8	2,68
02.00	48,3	48,5	0,41	48,4	0,21	48	0,62	45,9	4,97	46,7	3,31
03.00	47,8	47,8	0	47,8	0	47,4	0,84	45,9	3,97	46,8	2,09
04.00	47,3	47,8	1,06	47,7	0,85	47,3	0	45,9	2,96	46,7	1,27
05.00	48,2	47,9	0,62	47,9	0,62	48,8	1,24	45,9	4,77	48,1	0,21
06.00	48,8	48,1	1,43	48,1	1,43	48	1,64	45,9	5,94	46,8	4,10
07.00	47,8	48	0,42	48	0,42	48	0,42	45,9	3,97	46,7	2,30
08.00	47,7	48,2	1,05	47,9	0,42	47,3	0,84	45,9	3,77	46,8	1,89
09.00	47,8	48	0,42	47,7	0,21	47,4	0,84	45,9	3,97	46,8	2,09
10.00	48,6	48,6	0,00	48,7	0,21	48,8	0,41	45,9	5,56	48,5	0,21
11.00	48,8	49,3	1,02	49,2	0,82	48,8	0	45,9	5,94	48,2	1,23
12.00	49,3	49,5	0,41	49,5	0,41	49,5	0,41	45,9	6,90	48,3	2,03
13.00	48,8	48,7	0,20	48,7	0,20	48,8	0,00	45,9	5,94	48,5	0,61
14.00	48,5	48,7	0,41	48,7	0,41	48,7	0,41	45,9	5,36	48,2	0,62
15.00	48,9	48,8	0,20	48,7	0,41	48,8	0,20	45,9	6,13	48,7	0,41
16.00	49,2	49,2	0,00	49,1	0,20	48,7	1,02	45,9	6,71	48,1	2,24
17.00	50,6	51,1	0,99	50,7	0,20	50,2	0,79	45,9	9,29	49,7	1,78
18.00	51,4	51,9	0,97	52	1,17	52,4	1,95	45,9	10,70	51,1	0,58
19.00	54,5	53,1	2,57	53,6	1,65	54,2	0,55	45,9	15,78	53,9	1,10
20.00	52,4	52,4	0	52,4	0,00	53,1	1,34	45,9	12,40	52,4	0
21.00	52,1	51,9	0,38	52,2	0,19	53	1,73	45,9	11,90	52,5	0,77
22.00	51,7	51,1	1,16	51,1	1,16	50,9	1,55	45,9	11,22	49,8	3,68
23.00	51,1	50,2	1,76	50,2	1,76	50,2	1,76	45,9	10,18	50,2	1,76
Rata-Rata Error		0,71		0,63		0,97		7,13		1,54	

Waktu	Selasa 22/03/2016										
	Beban Aktual	Metode									
		Centroid	Erro r (%)	Bisector	Erro r (%)	MOM	Erro r (%)	LO M	Erro r (%)	SOM	Erro r (%)
00.00	48,8	49,2	0,82	49,2	0,82	49,2	0,82	46,5	4,71	48,9	0,20
01.00	48,7	48,5	0,41	48,5	0,41	48,5	0,41	46,5	4,52	47,2	3,08
02.00	48,2	48,6	0,83	48,5	0,62	48,5	0,62	46,5	3,53	47,2	2,07
03.00	47,4	48,3	1,90	48,2	1,69	48,7	2,74	46,5	1,90	47,4	0
04.00	47,2	48,5	2,75	48,5	2,75	48,5	2,75	46,5	1,48	47,5	0,64
05.00	48,4	48,6	0,41	48,5	0,21	48,5	0,21	46,5	3,93	47,5	1,86
06.00	48,6	48,6	0	48,5	0,21	48,5	0,21	46,5	4,32	47,4	2,47
07.00	49,3	48,9	0,81	49	0,61	49,2	0,20	46,5	5,68	48,7	1,22
08.00	48,8	48,6	0,41	48,6	0,41	49,2	0,82	46,5	4,71	48,6	0,41
09.00	48,5	47,9	1,24	47,9	1,24	47,9	1,24	46,5	4,12	47,5	2,06
10.00	49,2	48,6	1,22	48,6	1,22	49,2	0	46,5	5,49	48,6	1,22
11.00	49,3	49,1	0,41	49,1	0,41	49,1	0,41	46,5	5,68	48,9	0,81
12.00	49,5	49,3	0,40	49,3	0,40	49,2	0,61	46,5	6,06	48,7	1,62
13.00	48,5	49	1,03	48,9	0,82	47,9	1,24	46,5	4,12	47,2	2,68
14.00	48,6	49,1	1,03	49,1	1,03	49,2	1,23	46,5	4,32	48,7	0,21
15.00	48,3	48,5	0,41	48,4	0,21	47,9	0,83	46,5	3,73	47,2	2,28
16.00	49,2	49	0,41	49,1	0,20	49,2	0	46,5	5,49	49	0,41
17.00	49,6	49,9	0,60	49,9	0,60	49,9	0,60	46,5	6,25	48,7	1,81
18.00	50,7	51,4	1,38	51,1	0,79	50,6	0,20	46,5	8,28	50	1,38
19.00	54,7	52,9	3,29	52,9	3,29	53	3,11	46,5	14,99	51,5	5,85
20.00	53,3	53	0,56	53,1	0,38	53,3	0	46,5	12,76	52,8	0,94
21.00	53,1	52,9	0,38	53	0,19	53,7	1,13	46,5	12,43	52,7	0,75
22.00	52,3	52,2	0,19	52,1	0,38	52	0,57	46,5	11,09	51,7	1,15
23.00	52,1	51,3	1,54	51,3	1,54	50,6	2,88	46,5	10,75	49,8	4,41
Rata-Rata Error		0,93		0,85		0,95		6,26		1,65	

Waktu	Rabu 23/03/2016										
	Beban Aktual	Metode									
		Centroid	Erro r (%)	Bisector	Erro r (%)	MOM	Erro r (%)	LO M	Erro r (%)	SOM	Erro r (%)
00.00	48,6	2,10	48,5	1,89	48,7	2,31	46,8	1,68	46,8	1,68	48,6
01.00	48,3	1,90	48,2	1,69	47,8	0,84	46,8	1,27	46,8	1,27	48,3
02.00	48,2	2,55	48,1	2,34	47,8	1,70	46,8	0,43	46,8	0,43	48,2
03.00	48,3	3,21	48,2	2,99	47,1	0,64	46,8	0	46,8	0	48,3
04.00	47,9	1,70	47,9	1,70	47,8	1,49	46,8	0,64	46,8	0,64	47,9
05.00	48,3	0,42	48,2	0,21	48,1	0	46,8	2,70	47,7	0,83	48,3
06.00	48,3	0,21	48,2	0,41	47,7	1,45	46,8	3,31	46,8	3,31	48,3
07.00	48,1	2,24	48	2,44	47,8	2,85	46,8	4,88	46,8	4,88	48,1
08.00	48,8	0	48,8	0	48,8	0,00	46,8	4,10	47,5	2,66	48,8
09.00	48,8	0,83	48,8	0,83	48,8	0,83	46,8	3,31	47,5	1,86	48,8
10.00	49,2	0,00	49,3	0,20	49,4	0,41	46,8	4,88	49,1	0,20	49,2
11.00	49,9	0,81	49,8	0,61	49,5	0	46,8	5,45	49	1,01	49,9
12.00	50,2	1,21	50,3	1,41	50,8	2,42	46,8	5,65	50,2	1,21	50,2
13.00	49,2	0,82	49,4	1,23	49,5	1,43	46,8	4,10	49,3	1,02	49,2
14.00	48,5	0,41	48,4	0,62	48,2	1,03	46,8	3,90	47,7	2,05	48,5
15.00	48,6	0,21	48,5	0	48,1	0,82	46,8	3,51	47,8	1,44	48,6
16.00	49,1	0,41	49,2	0,20	49,5	0,41	46,8	5,07	48,9	0,81	49,1
17.00	51	2,62	50,6	1,81	49,5	0,40	46,8	5,84	49	1,41	51
18.00	52,1	0,19	52,1	0,19	52,1	0,19	46,8	10,34	51,5	1,34	52,1
19.00	53,5	1,11	53,5	1,11	53,5	1,11	46,8	13,49	53,1	1,85	53,5
20.00	52	0,19	52,1	0,00	52,1	0	46,8	10,17	51,8	0,58	52
21.00	51,7	0,19	51,8	0,00	52,2	0,77	46,8	9,65	51,8	0	51,7
22.00	50,9	0,39	50,9	0,39	50,8	0,59	46,8	8,41	50,4	1,37	50,9
23.00	50,4	0,79	51,2	0,79	52,1	2,56	46,8	7,87	51,6	1,57	50,4
Rata-Rata Error		1,02		0,96		1,01		5,03		1,39	

Waktu	Kamis 24/03/2016										
	Beban Aktual	Metode									
		Centroid	Erro r (%)	Bisector	Erro r (%)	MOM	Erro r (%)	LO M	Erro r (%)	SOM	Erro r (%)
00.00	48,7	0,81	48,8	0,61	48,7	0,81	46	6,31	46	6,31	48,7
01.00	48,7	0,41	48,8	0,62	48,7	0,41	46	5,15	46	5,15	48,7
02.00	48,4	0,21	48,5	0,41	48,7	0,83	46	4,76	48,3	0	48,4
03.00	47,7	0	47,6	0,21	47,3	0,84	46	3,56	47	1,47	47,7
04.00	47,4	0,21	47,4	0,21	47,3	0,42	46	3,16	46,8	1,47	47,4
05.00	47,9	3,90	48,1	4,34	46,3	0,43	46	0,22	46	0,22	47,9
06.00	47,9	3,01	48,2	3,66	47,8	2,80	46	1,08	46	1,08	47,9
07.00	48,1	1,91	48	1,69	48	1,69	46	2,54	46,7	1,06	48,1
08.00	48	1,03	48	1,03	48	1,03	46	5,15	46,7	3,71	48
09.00	48,5	0,61	48,4	0,82	48	1,64	46	5,74	46,8	4,10	48,5
10.00	48,8	0,81	48,8	0,81	48,7	1,02	46	6,50	48,2	2,03	48,8
11.00	49,4	0,40	49,4	0,40	49,4	0,40	46	7,26	48,5	2,22	49,4
12.00	49,4	0,60	49,4	0,60	49,4	0,60	46	7,44	48,3	2,82	49,4
13.00	49,3	0,82	49,3	0,82	48,7	0,41	46	5,93	48,1	1,64	49,3
14.00	48,9	0,62	49	0,82	49,4	1,65	46	5,35	48,1	1,03	48,9
15.00	48,8	0,83	48,9	1,03	49,4	2,07	46	4,96	48,1	0,62	48,8
16.00	48,8	0,81	48,8	0,81	48,7	1,02	46	6,50	48,3	1,83	48,8
17.00	50,3	1,41	50,1	1,01	50	0,81	46	7,26	49,6	0,00	50,3
18.00	52,2	2,79	52,2	2,79	52,4	2,42	46	14,34	50,7	5,59	52,2
19.00	52,9	1,12	50	6,54	50	6,54	46	14,02	50	6,54	52,9
20.00	53	1,12	53,1	0,93	53,9	0,56	46	14,18	53,6	0	53
21.00	52,2	1,51	52,3	1,32	52,8	0,38	46	13,21	52,2	1,51	52,2
22.00	52,1	0,57	52,1	0,57	52,1	0,57	46	12,21	50,9	2,86	52,1
23.00	52,1	0,97	52,1	0,97	52,1	0,97	46	10,85	51,1	0,97	52,1
Rata-Rata Error		1,10		1,38		1,26		6,99		2,26	

Waktu	Jumat 25/03/2016										
	Beban Aktual	Metode									
		Centroid	Error (%)	Bisector	Error (%)	MOM	Error (%)	LO M	Error (%)	SOM	Error (%)
00.00	48,6	0,62	48,6	0,62	48,1	0,41	45	6,83	47,4	1,86	48,6
01.00	48,3	1,26	48,2	1,05	48,1	0,84	45	5,66	47,4	0,63	48,3
02.00	47,4	0	47,5	0,21	48,1	1,48	45	5,06	47,5	0,21	47,4
03.00	47,2	0,85	47,2	0,85	47,3	1,07	45	3,85	46	1,71	47,2
04.00	47,1	1,51	46,9	1,08	46,5	0,22	45	3,02	45,9	1,08	47,1
05.00	46,8	1,52	46,7	1,30	46,6	1,08	45	2,39	45,9	0,43	46,8
06.00	47,2	0,21	47,2	0,21	47,3	0	45	4,86	45,8	3,17	47,2
07.00	47,6	0,42	47,6	0,42	47,3	1,05	45	5,86	46,2	3,35	47,6
08.00	48,3	0,84	48,4	1,04	48,8	1,88	45	6,05	47,5	0,84	48,3
09.00	48,3	0	48,9	1,24	48,8	1,04	45	6,83	46,8	3,11	48,3
10.00	48,8	1,46	48,9	1,66	48,9	1,66	45	6,44	47,7	0,83	48,8
11.00	48,9	0,81	48,9	0,81	49,6	0,61	45	8,72	49	0,61	48,9
12.00	49,1	0,61	49,2	0,40	49,6	0,40	45	8,91	49	0,81	49,1
13.00	48,8	0,62	48,9	0,82	48,8	0,62	45	7,22	47,4	2,27	48,8
14.00	48,8	0,83	48,9	1,03	48,8	0,83	45	7,02	47,5	1,86	48,8
15.00	48,8	0	48,9	0,20	48,8	0	45	7,79	47,7	2,25	48,8
16.00	49,2	1,01	49,1	1,21	48,8	1,81	45	9,46	47,8	3,82	49,2
17.00	51	1,59	51,1	1,79	51,2	1,99	45	10,36	50,5	0,60	51
18.00	51,7	2,27	52	1,70	52,6	0,57	45	14,93	52,1	1,51	51,7
19.00	51,1	5,37	51,2	5,19	51,2	5,19	45	16,67	52,2	3,33	51,1
20.00	52,2	2,25	52,3	2,06	53,9	0,94	45	15,73	53,6	0,37	52,2
21.00	52	1,89	52	1,89	51,9	2,08	45	15,09	50,7	4,34	52
22.00	51,6	1,53	52,1	0,57	52,7	0,57	45	14,12	52,3	0,19	51,6
23.00	51,1	2,00	51,2	2,20	51,2	2,20	45	10,18	49	2,20	51,1
Rata-Rata Error		1,23		1,23		1,19		8,46		1,72	

Waktu	Sabtu 26/03/2016										
	Beban Aktual	Metode									
		Centroid	Erro r (%)	Bisector	Erro r (%)	MOM	Erro r (%)	LO M	Erro r (%)	SOM	Erro r (%)
00.00	44,7	0,90	44,6	0,68	44,1	0,45	41,5	6,32	43,1	2,71	44,7
01.00	44,8	2,05	44,7	1,82	45,2	2,96	41,5	5,47	43,1	1,82	44,8
02.00	44,5	2,30	44,3	1,84	43,6	0,23	41,5	4,60	43,1	0,92	44,5
03.00	43,2	2,37	43,1	2,13	42,5	0,71	41,5	1,66	42,1	0,24	43,2
04.00	42,1	0,96	42	0,72	41,7	0	41,5	0,48	41,5	0,48	42,1
05.00	42,3	1,93	42,1	1,45	41,7	0,48	41,5	0	41,5	0	42,3
06.00	42,3	1,20	42,3	1,20	41,7	0,24	41,5	0,72	41,5	0,72	42,3
07.00	42,8	0,23	42,7	0	42,5	0,47	41,5	2,81	42,1	1,41	42,8
08.00	43,1	0,23	43,1	0,23	43,1	0,23	41,5	3,49	42,3	1,63	43,1
09.00	43,2	0,23	43,3	0	43,6	0,69	41,5	4,16	43,1	0,46	43,2
10.00	43,9	0,46	43,8	0,23	43,6	0,23	41,5	5,03	43,2	1,14	43,9
11.00	44,1	0,23	44,1	0,23	43,6	0,91	41,5	5,68	43,1	2,05	44,1
12.00	45,1	1,81	45,2	2,03	45,1	1,81	41,5	6,32	44,3	0	45,1
13.00	44,9	0,44	44,8	0,67	44,6	1,11	41,5	7,98	44,3	1,77	44,9
14.00	44,7	0,45	44,6	0,67	44,6	0,67	41,5	7,57	44,2	1,56	44,7
15.00	45,1	0,89	45,2	1,12	45,2	1,12	41,5	7,16	44,6	0,22	45,1
16.00	45,4	0,89	45,3	0,67	45,1	0,22	41,5	7,78	44,5	1,11	45,4
17.00	45,7	1,08	45,6	1,30	45,2	2,16	41,5	10,17	44,2	4,33	45,7
18.00	46,1	1,71	46,3	1,28	47	0,21	41,5	11,51	46,3	1,28	46,1
19.00	46,8	2,09	46,9	1,88	47,1	1,46	41,5	13,18	46,5	2,72	46,8
20.00	46,8	0,43	46,9	0,21	47,1	0,21	41,5	11,70	46,6	0,85	46,8
21.00	45,7	1,30	45,7	1,30	45,7	1,30	41,5	10,37	44,3	4,32	45,7
22.00	45,2	1,74	45,4	1,30	45,7	0,65	41,5	9,78	44,3	3,70	45,2
23.00	44,6	2,41	44,6	2,41	44,6	2,41	41,5	9,19	42,1	7,88	44,6
Rata-Rata Error		1,18		1,06		0,87		6,38		1,80	

Waktu	Minggu 27/03/2016										
	Beban Aktual	Metode									
		Centroid	Erro r (%)	Bisector	Erro r (%)	MOM	Erro r (%)	LO M	Erro r (%)	SOM	Erro r (%)
00.00	43,4	1,14	43,3	1,37	43	2,05	41,3	5,92	42	4,33	43,4
01.00	43,2	0,69	43,1	0,92	43	1,15	41,3	5,06	42	3,45	43,2
02.00	42,9	0,23	42,8	0,47	42,4	1,40	41,3	3,95	41,9	2,56	42,9
03.00	43	0,70	42,9	0,47	42,4	0,70	41,3	3,28	41,8	2,11	43
04.00	42,6	1,43	42,5	1,19	42,4	0,95	41,3	1,67	42	0	42,6
05.00	42,3	1,93	42,3	1,93	42,1	1,45	41,3	0,48	41,3	0,48	42,3
06.00	42,6	0,47	42,5	0,24	42,4	0	41,3	2,59	41,9	1,18	42,6
07.00	43	0,47	42,9	0,23	42,5	0,70	41,3	3,50	42	1,87	43
08.00	43,4	0,70	43,5	0,93	43,6	1,16	43,1	0	43,1	0	43,4
09.00	44	0,92	43,9	0,69	43,6	0	41,3	5,28	43,2	0,92	44
10.00	44,1	0,46	44,1	0,46	43,6	0,68	41,3	5,92	43,1	1,82	44,1
11.00	44,9	0,22	44,6	0,45	44,1	1,56	41,3	7,81	43,1	3,79	44,9
12.00	45	0,90	44,8	0,45	44,7	0,22	41,3	7,40	44,2	0,90	45
13.00	45,1	0,22	44,9	0,22	44,7	0,67	41,3	8,22	44,2	1,78	45,1
14.00	46	0,66	46,1	0,88	46,4	1,53	41,3	9,63	45,4	0,66	46
15.00	45,8	0,22	45,9	0	45,9	0	41,3	10,02	44,2	3,70	45,8
16.00	45,8	0,65	45,9	0,43	45,8	0,65	41,3	10,41	44,4	3,69	45,8
17.00	45,8	1,51	45,9	1,29	45,8	1,51	41,3	11,18	44,6	4,09	45,8
18.00	45,9	1,71	45,9	1,71	45,8	1,93	41,3	11,56	44,4	4,93	45,9
19.00	46,5	2,11	46,5	2,11	46,4	2,32	41,3	13,05	45,3	4,63	46,5
20.00	45,9	1,29	46	1,08	46,4	0,22	41,3	11,18	45,3	2,58	45,9
21.00	45,6	0,65	45,5	0,87	45,3	1,31	41,3	10,02	44,2	3,70	45,6
22.00	45,3	1,34	45,2	1,12	45,3	1,34	41,3	7,61	44,2	1,12	45,3
23.00	44,1	0,23	44,3	0,23	44,7	1,13	41,3	6,56	44,4	0,45	44,1
Rata-Rata Error		0,87		0,82		1,03		6,76		2,28	

HASIL PERAMALAN 1 MINGGU FUZZY SUGENO

Waktu	Senin 21/03/2016			Selasa 22/03/2016		
	Beban Aktual	Weight Average	Error %	Beban Aktual	Weight Average	Error %
00.00	49,6	49,4	0,40	48,8	49,1	0,61
01.00	48,5	48,8	0,62	48,7	48,7	0
02.00	48,3	48,2	0,21	48,2	48,6	0,83
03.00	47,8	47,5	0,63	47,4	47,9	1,05
04.00	47,3	47,3	0	47,2	47,9	1,48
05.00	48,2	47,4	1,66	48,4	48,4	0
06.00	48,8	48	1,64	48,6	48,5	0,21
07.00	47,8	47,9	0,21	49,3	49	0,61
08.00	47,7	47,9	0,42	48,8	48,6	0,41
09.00	47,8	48,1	0,63	48,5	48	1,03
10.00	48,6	48,6	0	49,2	48,5	1,42
11.00	48,8	49	0,41	49,3	49,2	0,20
12.00	49,3	49,5	0,41	49,5	49,4	0,20
13.00	48,8	48,7	0,20	48,5	49,2	1,44
14.00	48,5	48,7	0,41	48,6	49	0,82
15.00	48,9	48,8	0,20	48,3	48,9	1,24
16.00	49,2	49	0,41	49,2	49,1	0,20
17.00	50,6	51,1	0,99	49,6	49,9	0,60
18.00	51,4	51,9	0,97	50,7	51,9	2,37
19.00	54,5	53,6	1,65	54,7	53,7	1,83
20.00	52,4	52,3	0,19	53,3	53,5	0,38
21.00	52,1	51,9	0,38	53,1	53,6	0,94
22.00	51,7	51,4	0,58	52,3	52,8	0,96
23.00	51,1	51,2	0,20	52,1	51,6	0,96
Rata-rata Error			0,56	0,83		

Waktu	Rabu 23/03/2016			Kamis 24/03/2016		
	Beban Aktual	Weight Average	Error %	Beban Aktual	Weight Average	Error %
00.00	47,6	48,1	1,05	49,1	48,4	1,43
01.00	47,4	47,8	0,84	48,5	48,2	0,62
02.00	47	47,6	1,28	48,3	48	0,62
03.00	46,8	47,5	1,50	47,7	47,7	0
04.00	47,1	47,5	0,85	47,5	47,4	0,21
05.00	48,1	47,8	0,62	46,1	47	1,95
06.00	48,4	47,9	1,03	46,5	47,1	1,29
07.00	49,2	47,9	2,64	47,2	47,8	1,27
08.00	48,8	48,6	0,41	48,5	48,1	0,82
09.00	48,4	49	1,24	48,8	48,7	0,20
10.00	49,2	49,2	0	49,2	48,8	0,81
11.00	49,5	49,7	0,40	49,6	49,5	0,20
12.00	49,6	49,9	0,60	49,7	49,4	0,60
13.00	48,8	48,3	1,02	48,9	49,2	0,61
14.00	48,7	49,2	1,03	48,6	49,1	1,03
15.00	48,5	48,6	0,21	48,4	48,9	1,03
16.00	49,3	49,2	0,20	49,2	49	0,41
17.00	49,7	50,6	1,81	49,6	50,4	1,61
18.00	52,2	51,9	0,57	53,7	53	1,30
19.00	54,1	53,8	0,55	53,5	53,6	0,19
20.00	52,1	52	0,19	53,6	53,6	0
21.00	51,8	51,7	0,19	53	52,4	1,13
22.00	51,1	51	0,20	52,4	52,2	0,38
23.00	50,8	49,3	2,95	51,6	52	0,78
Rata-rata Error			0,89	0,77		

Waktu	Jumat 25/03/201			Sabtu 26/03/2016			Minggu 27/03/2016		
	Beban Aktual	Weight Average	Beban Aktual	Weight Average	Error %	Error %	Beban Aktual	Weight Average	Error %
00.00	48,3	48,5	0,41	44,3	44,6	0,68	43,9	43,9	0
01.00	47,7	48,2	1,05	43,9	44,5	1,37	43,5	43,4	0,23
02.00	47,4	47,4	0,00	43,5	44,1	1,38	43	42,7	0,70
03.00	46,8	46,7	0,21	42,2	42,6	0,95	42,7	42,4	0,70
04.00	46,4	46,4	0	41,7	41,7	0	42	42,2	0,48
05.00	46,1	46,3	0,43	41,5	41,7	0,48	41,5	41,8	0,72
06.00	47,3	46,9	0,85	41,8	42	0,48	42,4	42,1	0,71
07.00	47,8	47,6	0,42	42,7	42,6	0,23	42,8	42,9	0,23
08.00	47,9	48,2	0,63	43	43	0	43,1	43,5	0,93
09.00	48,3	48,6	0,62	43,3	43,3	0	43,6	44,1	1,15
10.00	48,1	48,6	1,04	43,7	43,9	0,46	43,9	44,1	0,46
11.00	49,3	49	0,61	44	44,2	0,45	44,8	44,8	0
12.00	49,4	49,2	0,40	44,3	45	1,58	44,6	44,9	0,67
13.00	48,5	49	1,03	45,1	45	0,22	45	45,1	0,22
14.00	48,4	48,9	1,03	44,9	44,8	0,22	45,7	45,9	0,44
15.00	48,8	48,8	0	44,7	45,2	1,12	45,9	45,9	0
16.00	49,7	49	1,41	45	45,5	1,11	46,1	46	0,22
17.00	50,2	50,4	0,40	46,2	46,6	0,87	46,5	45,9	1,29
18.00	52,9	52,4	0,95	46,9	46,9	0	46,7	46,4	0,64
19.00	54	53,5	0,93	47,8	47,3	1,05	47,5	46,9	1,26
20.00	53,4	53,1	0,56	47	47,2	0,43	46,5	45,7	1,72
21.00	53	52,4	1,13	46,3	46,2	0,22	45,9	45,6	0,65
22.00	52,4	51,9	0,95	46	45,5	1,09	44,7	45	0,67
23.00	50,1	51,3	2,40	45,7	45,2	1,09	44,2	44,5	0,68
Rata-rata Error			0,73	0,64			0,62		