

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

1. Heru dibyo laksono dan Abraham Arif, penelitian Perkiraan kebutuhan energi listrik jangka panjang di provinsi sumatra barat sampai tahun 2021 dengan logika fuzzy clustering. Karakteristik konsumsi energi listrik biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jumlah penduduk, jumlah pelanggan listrik, rasio elektrifikasi dan PDRB (harga konstan 2000), dan lain sebagainya. Sehingga, metode logika fuzzy ini menggunakan data historis/aktual yang diakumulasikan dalam beberapa periode waktu yaitu dari tahun 2001 sampai dengan tahun 2011. Hasil perkiraan menunjukkan bahwa kebutuhan akan energi listrik di sumatra barat pada tahun 2021 adalah sebesar 4886.15 GWh. Nilai ini tidak jauh berbeda dengan nilai prakiraan yang dilakukan oleh pihak PT. PLN, yaitu sebesar 4895.20 GWh. Nilai kesalahan (error) antara hasil perhitungan perkiraan menggunakan logika fuzzy dengan hasil perkiraan PLN pada tahun 2021 tersebut adalah sebesar 0,18%.
2. Maryanto Massarrang, Erni Yudaningtyas, dan Agus Naba, penelitian peramalan beban jangka panjang sistem kelistrikan kota palu menggunakan metode logika fuzzy. Proses peramalan beban jangka panjang dengan memberikan input berupa : jumlah pelanggan, PDRB, dan daya terpakai untuk beban residen, bisnis dan publik pada tahun sebelumnya kedalam metode logika fuzzy sehingga dihasilkan output berupa daya beban puncak untuk tahun berikutnya. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa, dengan menggunakan metode logika fuzzy diperoleh tingkat peramalan yang akurat dan nilai MSE yang sangat kecil.sekali.
3. Muhammad Hasan Albab, Bambang Winardi dan Karnoto, penelitian proyeksi kebutuhan energi listrik APJ Pekalongan tahun 2014-2018 dengan metode logika fuzzy. Pada penelitian ini untuk menyediakan energi listrik

di APJ Pekalongan, diperlukan suatu perkiraan/peramalan kebutuhan energi listrik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode logika fuzzy. Peramalan yang dilakukan bersifat jangka panjang. Yaitu sampai dengan tahun 2018. Karakteristik peramalan biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor, jumlah pelanggan listrik, data PDRB (Pendapatan Regional Bruto) dan lainnya. Sehingga metode logika fuzzy ini menggunakan data historis atau aktual yang diakumulasikan dalam beberapa periode waktu, yaitu dari tahun 2008 sampai pada tahun 2013. Dari hasil peramalan menggunakan logika fuzzy, menunjukkan bahwa kebutuhan akan energi listrik di APJ Pekalongan pada tahun 2018 sebesar 1.320.000 MWh. Nilai ini tidak jauh berbeda dengan peramalan yang dilakukan oleh software LEAP yaitu sebesar 1.351.262 MWh. nilai kesalahan antara hasil peramalan menggunakan logika fuzzy dengan software LEAP adalah sebesar 2,313%.

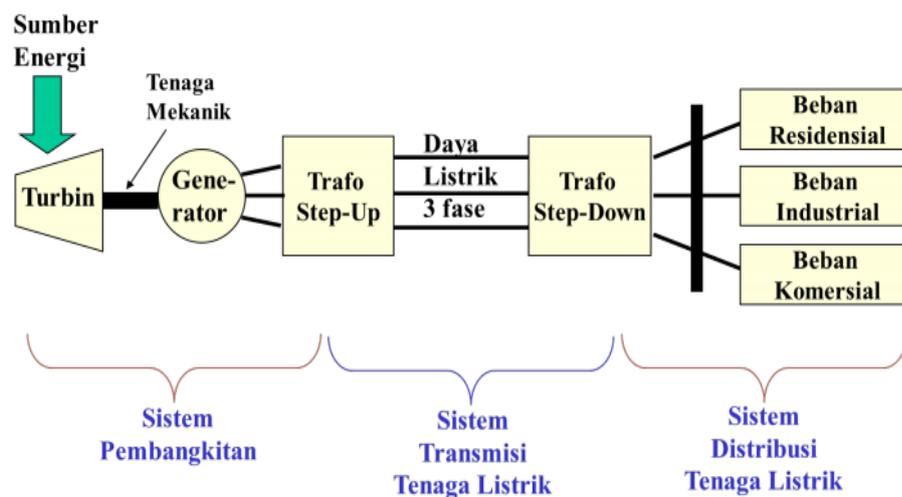
4. Hansi Efendi, dalam penelitiannya aplikasi logika fuzzy untuk peramalan beban listrik jangka pendek menggunakan Matlab. Model logika fuzzy yang dikembangkan untuk peramalan beban listrik jangka pendek ini terdiri atas dua variabel input, yaitu beban historis dan suhu, dan 1 variabel output yaitu beban peramalan. Berdasarkan eksperimen logika fuzzy mampu meramalkan beban listrik jangka pendek berdasarkan aturan-aturan (rules) yang diberikan kepadanya berdasarkan pengamatan-pengamatan data beban listrik historis sistem sumbar. Berdasarkan nilai kesalahan yang didapat, terlihat bahwa untuk peramalan tiga pola beban yang dirancang, presentase kesalahan logika fuzzy berkisar antara 10,78% s/d 16,98%. Kekuatan pada logika fuzzy terletak pada aturan-aturan yang dibangun dari pengetahuan atau data-data yang ada. Pemilihan aturan yang tepat mungkin akan menghasilkan peramalan yang lebih baik.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Sistem Tenaga Listrik**

Salah satu cara yang paling mudah, ekonomis, dan aman untuk mengirimkan energi adalah mengirim energi dalam bentuk energi listrik. Energi listrik dapat secara kontinu dikirimkan dari satu tempat ke tempat lain yang

jaraknya bahkan sangat jauh dalam suatu sistem tenaga listrik (Syahputra, 2017). Sistem tenaga listrik itu sendiri terdiri dari beberapa bagian atau unit, diantaranya unit pembangkit tenaga listrik, jaringan transmisi (terdiri dari sistem transmisi dan Gardu Induk), dan jaringan distribusi. Seperti terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.1 topologi dari Sistem Tenaga Listrik

Fungsi dari masing masing komponen sistem tenaga listrik tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pembangkit, merupakan komponen yang berfungsi sebagai sistem untuk membangkitkan tenaga listrik. Dengan cara mengubah energi yang berasal dari sumber energi lain, seperti air, angin, matahari, batu bara, panas bumi, minyak bumi dll. menjadi energi listrik. Contohnya seperti PLTA, PLTU, PLTB, PLTPB, PLTD, PLTN dll.
2. Jaringan transmisi, merupakan komponen yang berfungsi menyalurkan daya atau energi listrik dari pusat pembangkitan ke pusat beban (Gardu Induk). Pada jaringan transmisi tegangan dinaikkan dan arus diperkecil ini berarti mengurangi rugi panas (heat loss)  $I^2R$  yang menyertainya.

3. Jaringan distribusi, merupakan komponen yang berfungsi mendistribusikan energi listrik ke lokasi beban listrik dalam hal ini yaitu konsumen energi listrik . Jaringan distribusi terbagi menjadi dua bagian/unit yaitu :
  1. Jaringan distribusi primer, menyalurkan energi listrik dari sisi sekunder trafo GI menuju sisi primer pada trafo distribusi. Umumnya pada jalur ini tegangan kerjanya adalah 20 Kv.
  2. Jaringan distribusi sekunder, menyalurkan tegangan dari sisi sekunder trafo distribusi hingga ke beban (konsumen) energi listrik. Umumnya pada jalur ini tegangan kerjanya adalah 220 V untuk pelanggan biasa (rumah tangga) dan 380 V pada pelanggan industri dan bisnis.

### **2.2.2 Gardu Induk**

Gardu Induk merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang didalamnya berisi sejumlah peralatan pemutus atau penghubung aliran arus listrik dan trafo penaik/penurun tegangan yang dipasang diantara dua komponen sistem tenaga listrik lainnya (Suripto, 2016). Gardu induk merupakan suatu instalasi dari sekumpulan peralatan listrik yang disusun antara peralatan satu dengan peralatan lainnya dengan pertimbangan teknis, ekonomis serta keindahan. Fungsi dari Gardu Induk antara lain adalah :

1. Mentransformasikan tenaga listrik dari tegangan satu ke tegangan lainnya sesuai kebutuhan dengan pertimbangan pertimbangan tertentu
2. Pengukuran dan pengawasan operasi serta pengaturan pengamanan dari sistem tenaga listrik
3. Pengaturan daya ke gardu gardu lainnya dengan tegangan tinggi dan gardu gardu distribusi melalui feeder feeder tegangan menengah.

Pada prinsipnya gardu induk tersusun dari saluran masuk yang dilengkapi dengan transformator penaik/penurun tegangan, peralatan ukur, peralatan hubung dan pemutus dan lainnya yang saling menunjang.

### **2.2.2.1 Klasifikasi Gardu Induk**

#### **1. Menurut Pemasangan Peralatan**

- a. Gardu Induk Pasangan luar, gardu induk jenis ini peralatan listrik tegangan tinggi dipasang diluar gedung atau bangunan. Meskipun tetap ada beberapa peralatannya yang diletakkan didalam gedung, seperti panel kontrol, meja penghubung (switch board) dan baterai. Gardu Induk jenis ini memerlukan area tanah yang luas, namun biaya konstruksi dan pendinginannya lebih murah dan cepat.
- b. Gardu Induk pasangan dalam, gardu induk ini sebagian besar peralatannya berada didalam gedung/bangunan, dan sebagian kecil lainnya terdapat diluar gedung. gardu induk jenis ini biasanya dipakai dipusat kota dimana harga tanah untuk lokasi gardu induk sangat tidak relevan (mahal).
- c. Gardu Induk setengah pasangan luar, adalah sebagian peralatan tegangan tingginya dipasang didalam gedung dengan pertimbangan situasi dan kondisi lingkungan yang tidak memungkinkan untuk dibuat pasangan luar atau pasangan dalam.karena konstruksi yang berimbang maka Gardu Induk jenis ini dapat juga dikatan gardu induk semi pasangan dalam.

#### **2. Gardu Induk Menurut Tegangan**

Berdasarkan tegangan kerjanya gardu induk dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

##### **a. Gardu Induk Transmisi**

Gardu induk transmisi merupakan gardu induk yang letaknya paling dekat dengan sisi pembangkit. Gardu induk inilah yang mendapat tenaga listrik langsung dari saluran transmisi yang kemudian akan

disalurkan menuju beban (industri, kota, dan lain sebagainya). Gardu induk transmisi yang ada di PLN adalah tegangan tinggi 150 Kv dan tegangan tinggi 70 Kv.

b. Gardu Induk Distribusi

Yaitu gardu induk yang menerima tenaga listrik dari gardu induk transmisi yang kemudian menurunkan tegangan kerjanya menggunakan transformator step down menjadi tegangan menengah (6 Kv, 12 Kv dan 20 Kv ) yang kemudian tegangan ini selanjutnya diturunkan lagi oleh transformator distribusi menjadi tegangan kerja 220 volt atau 380 volt sesuai dengan kebutuhan.

3. Menurut Fungsi dari Gardu Induk

Menurut fungsinya, gardu induk dapat dibedakan menjadi 5 bagian :

a. Gardu Induk Penaik Tegangan

Merupakan gardu induk yang difungsikan untuk menaikkan tegangan dari tegang pembangkit menjadi tegangan sistem yang akan disalurkan melalui saluran transmisi. Dengan pertimbangan efisiensi, karna tegangan yang dihasilkan pembangkit tidak besar, maka tegangan dinaikkan terlebih dahulu menjadi tegangan tinggi atau tegangan ekstra tinggi mengingat jauhnya jarak pembangkit menuju beban listrik.

b. Gardu Induk Penurun Tegangan

Gardu induk ini menurunkan tegangan dari tegangan tinggi menjadi tegangan tinggi yang lebih rendah atau tegangan menengah dan tegangan distribusi. Gardu induk ini terletak pada daerah pusat beban, karna dengan gardu induk inilah pelanggan listrik akan dilayani.

c. Gardu Induk Pengatur Tegangan

Umumnya gardu induk jenis ini dipasang jauh dari sisi pembangkit dengan asumsi karna jauhnya jarak antara pembangkit dan pusat beban tentunya akan terjadi drop tegangan (voltage drop) yang

cukup besar, untuk itu diperlukan alat penaik tegangan seperti kapasitor bank sehingga tegangan menjadi normal kembali.

d. Gardu Induk Pengatur Beban

Fungsinya untuk mengatur beban. Pada gardu induk ini terpasang beban motor yang suatu saat dapat menjadi pembangkit tenaga listrik. Motor berubah menjadi generator dan suatu saat generator menjadi motor atau menjadi beban. Dengan generator menjadi motor yang kemudian akan memompakan air kembali ke kolam utama.

e. Gardu Distribusi

Gardu induk ini adalah tempat berakhirnya saluran transmisi. Yang kemudian akan diturunkan menggunakan transformator menjadi tegangan distribusi. Gardu induk ini letaknya dekat dengan pusat beban.

#### **2.2.2.2 Peralatan Gardu Induk Dan Fungsinya**

Agar gardu induk dapat beroperasi dengan optimal serta dapat menjalankan fungsi dan tujuannya, maka gardu induk dilengkapi oleh peralatan peralatan yang secara garis besar peralatan peralatan tersebut adalah sebagai berikut :

a. Transformator daya

Transformator daya berfungsi untuk mentransformasikan daya listrik. Dengan merubah besaran tegangan listrik mula mula, transformator daya terbagi menjadi dua yakni transformator step up dan transformator daya step down. Transformator daya step up adalah transformator dengan tegangan listrik mula-mula lebih kecil yang kemudian dinaikkan tegangan kerja tersebut disisi sekundernya untuk tujuan mentransmisikan daya listrik tersebut. Sedangkan transformator daya step down adalah transformator dengan tegangan kerja mula-mula lebih basar pada sisi primer kemudian tegangan listrik tersebut diturunkan pada sisi sekunder transformator untuk segera disalurkan

menuju jaringan distribusi. Transformator daya dilengkapi dengan trafo pentanahan untuk mendapatkan titik netral dari transformator daya tersebut. Perlengkapan lainnya adalah pentanahan trafo disebut dengan *Neutral Grounding Resistance (NGR)*.



Gambar 2.2 Transformator daya

b. Neutral Grounding Resistance (NGR)

*Neutral grounding resistance (NGR)* adalah komponen yang dipasang antara titik netral pada transformator dengan pentanahan. Fungsi dari peralatan ini adalah untuk memperkecil arus gangguan yang mungkin terjadi.



Gambar 2.3 Neutral Grounding Resistance (NGR)

c. Current Transformator (CT)

Current transformator atau trafo arus adalah alat yang fungsinya untuk mengubah besaran arus, dari arus yang besar ke arus yang lebih kecil. Atau memperkecil besaran arus pada sistem tenaga listrik, menjadi arus untuk pengukuran dan arus untuk sistem proteksi.



Gambar 2.4 Current Transformator (CT)

d. Potential Transformer (PT)

Potential transformer atau trafo tegangan adalah tranfo yang digunakan untuk mengubah besaran tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan yang lebih rendah pada sistem tenaga listrik. Menjadi besaran tegangan yang digunakan untuk pengukuran dan pada sistem proteksi.

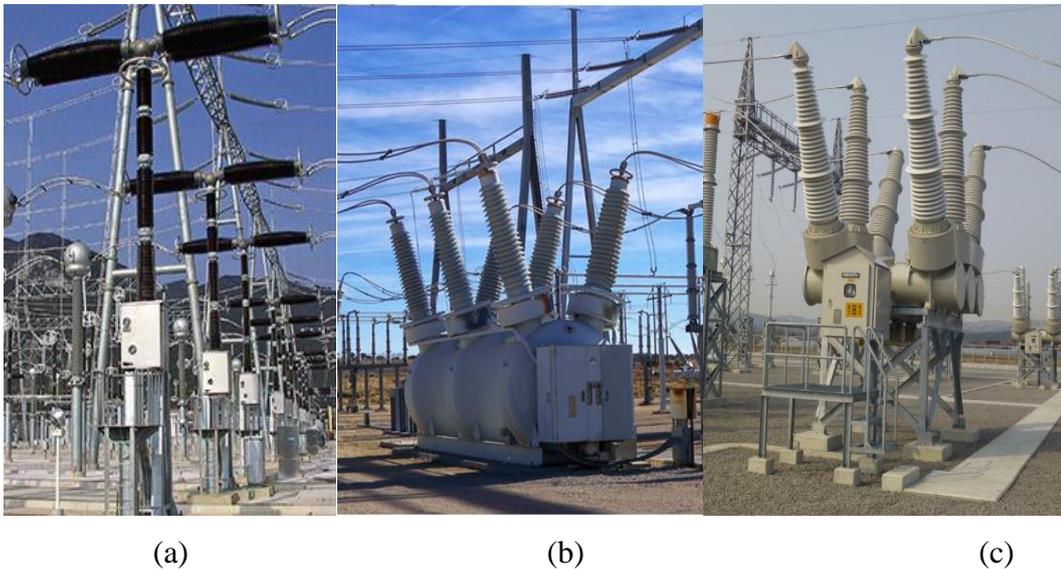


Gambar 2.5 Potential Transformator (PT)

e. Circuit Breaker (CT)

Circuit breaker merupakan peralatan sistem tenaga listrik yang berfungsi sebagai pemutus atau penghubung arus beban. Circuit breaker akan terhubung apabila tidak terjadi gangguan (normal), dan akan memutus arus apabila terdeteksi terjadi kondisi abnormal/hubung singkat. Circuit breaker dapat dioperasikan dalam keadaan normal maupun saat terjadi gangguan. Pada saat dioperasikan circuit breaker mengeluarkan busur api maka dari itu circuit breaker dilengkapi dengan media pemadam busur api. Pemadam busur api tersebut dapat berupa :

1. Minyak (OCB)
2. Udara (ACB)
3. Gas (GCB)



Gambar 2.6 (a) Air Circuit Breaker (b) Oil Circuit Breaker (c) Gas Circuit Breaker

f. Disconnection Switch (DS)

Disconnection switch atau biasa disebut pemisah (PMS) adalah sebuah alat yang fungsinya untuk memisah yang menyatakan secara visual

bahwa suatu peralatan dalam keadaan terhung atau sudah tidak terhubung. Disconnection switch hanya dapat dioperasikan dalam kondisi tidak berbeban, maka dari itu terlebih dahulu dioperasikan circuit breaker setelah itu baru disconnection switch dapat dioperasikan.

Pada gardu induk disconnection switch terpasang di :

1. Transformator Bay (TR Bay)
2. Transmission Line Bay (TL Bay)
3. Bus Bar
4. Bus Couple



Gambar 2.7 Disconnection Switch (DS)

g. Lighting Arrester (LA)

*Lightning arrester* adalah sebuah alat yang biasanya dipasang pada gardu induk dan saluran transmisi. *Lightning arrester* ini fungsinya untuk melindungi peralatan sistem tenaga listrik yang ada di gardu induk maupun saluran transmisi dari tegangan lebih akibat sambaran petir atau surja hubung. Dalam kondisi normal *Lightning arrester* bersifat sebagai isolator (tidak menyalurkan arus listrik), namun pada saat terdeteksi terjadi gangguan *Lightning arrester* akan berubah sifatnya menjadi konduktif dan menyalurkan arus listrik ke bumi. Sehingga dengan adanya *lightning arrester* ini diharapkan tidak terjadi gangguan arus lebih yang terjadi bila terkena sambaran petir, dikarenakan *lightning*

arrester sendiri fungsinya adalah sebagai proteksi bila terjadi kebocoran arus yang diakibatkan arus lebih pada sistem yang ada pada peralatan di GI maupun saluran transmisi.



Gambar 2.8 Lighting Arrester (LA)

h. Transformator Pemakaian Sendiri

Transformator pemakaian sendiri digunakan untuk keperluan keperluan intern pada gardu induk sebagai sumber tegangan 220/380 volt, seperti keperluan :

1. Penerangan di *switch yard*, gedung kontrol, halaman gardu induk dan sekeliling gardu induk
2. Alat pendingin (AC)
3. Rectifier
4. Pompa air dan mesin mesin listrik
5. Peralatan lain yang memerlukan tegangan rendah

i. Rel (Busbar)

Fungsi dari rel atau busbar ini sendiri adalah sebagai titik pertemuan antara trafo daya, SUTT, SKTT, dan komponen lainnya yang berada di *switch yard*. Komponen dari rel (busbar) sendiri antara lain :

1. Konduktor (AAAC, HAL, THAL, BC, HDCC)
2. Insulator String Dan Fitting (Insulator, Tension Clamp, Suspension Clamp, Socket Eye, Anchor Sackle, Spacer)

### 2.2.3 Prakiraan Beban

Prakiraan merupakan suatu sistem prediksi atas kejadian yang akan dihadapi pada waktu yang akan datang. Prakiraan beban listrik merupakan sebuah upaya yang digunakan untuk memprediksikan kenaikan beban listrik di masa yang akan datang. Peramalan dibuat sebagai landasan pengambilan kebijakan yang akan dibuat. Prakiraan dibuat berdasarkan data data historis di masa lampau, sehingga kemungkinan yang akan terjadi dapat diantisipasi guna menghadapi kejadian tersebut. Prakiraan dapat dipercaya kebenarannya dengan berdasarkan data masa lampau yang dianalisis dengan pendekatan tertentu.

Perkiraan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

1. Perkiraan Kualitatif

Perkiraan kualitatif adalah pendekatan yang didasarkan pada data masa lampau. Hasil dari prakiraan yang dibuat sangat bergantung dari penyusun. Hal ini dikarenakan hasil perkiraan didasarkan pada intuisi, pendapat, pengetahuan dan pengalaman penyusun.

2. Perkiraan kuantitatif

Perkiraan kuantitatif merupakan pendekatan yang diambil dari hasil numerik. Hasil dari pendekatan kuantitatif sangat bergantung pada metode yang digunakan. Baik atau tidaknya hasil perkiraan ditentukan oleh perbedaan hasil perkiraan dengan kenyataan real pada masa itu. Semakin kecil perbedaan antara hasil perkiraan dengan kenyataannya maka semakin baik pula metode perkiraan yang digunakan.

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

1. Perkiraan jangka panjang

Perkiraan jangka panjang adalah perkiraan yang dilakukan untuk memperkirakan kebutuhan akan energi listrik dengan estimasi beberapa

tahun kedepan. Perkiraan ini memiliki tujuan untuk mempersiapkan ketersediaan unit pembangkit, sistem transmisi dan distribusi.

2. Perkiraan jangka menengah

Perkiraan jangka menengah adalah periode perkiraan dengan jangka waktu mingguan atau bulanan. Tujuan dari perkiraan ini adalah mempersiapkan jadwal persiapan dan operasional pembangkit.

3. Perkiraan jangka pendek

Perkiraan jangka pendek adalah perkiraan harian atau bahkan tiap jamnya. Pada umumnya perkiraan ini digunakan untuk perbandingan beban listrik perkiraan aktual.

#### 2.2.4 Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan suatu cara untuk memetakan suatu ruang masukan kedalam ruang keluaran. Ilmuan pemrakarsa konsep himpunan fuzzy adalah Professor Lotfi A. Zadeh dari California university di Barkeley pada tahun 1965. Logika ini menjabarkan perhitungan matematik untuk menggambarkan suatu ketidakjelasan atau kesamaran kedalam bentuk variabel linguistik. Ini merupakan penggabungan pendekatan dari dua metode pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Cara kerja dari logika fuzzy berdasarkan cara otak manusia untuk memahami berbagai informasi yang tidak tepat. Sistem fuzzy menggabungkan antara himpunan fuzzy dan aturan fuzzy yang kemudian memberikan perilaku yang kompleks dan non linear.

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

1. Konsep logika *fuzzy* sangat sederhana sehingga mudah dimengerti
2. Logika *fuzzy* bersifat fleksibel, sehingga mampu beradaptasi dengan perubahan perubahan serta ketidakpastian
3. Logika *fuzzy* memili toleransi terhadap data yang kurang tepat
4. Logika *fuzzy* mampu mensistemkan fungsi fungsi non linear yang sangat kompleks

5. Logika fuzzy dapat mengaplikasikan pengalaman dan pengetahuan dari para pakar
6. Logika *fuzzy* dapat dikolaborasikan dengan teknik teknik kendali secara konvensional
7. Logika *fuzzy* didasari dengan menggunakan bahasa sehari hari sehingga sangat mudah dimengerti

Beberapa komponen dari logika *fuzzy* yang harus dipahami seperti himpunan *fuzzy*, fungsi keanggotaan, operator pada himpunan *fuzzy*, inferensi *fuzzy*, dan defuzzyfikasi

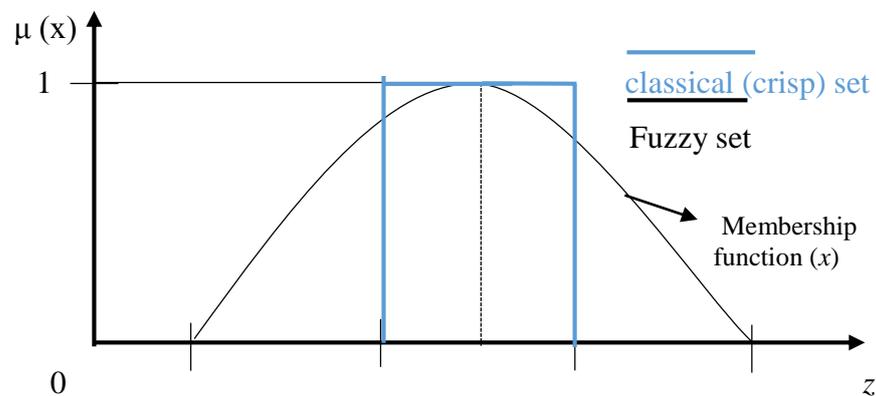
#### 2.2.4.1 Himpunan Fuzzy

Prinsip mendasar dan persamaan matematika dari teori himpunan fuzzy yaitu sebuah teori yang digunakan untuk pengelompokan objek dalam batas yang samar. Pertama kita harus melihat himpunan fuzzy sebagai suatu generalisasi dari himpunan crisp klasik dengan memperluas jelajah fungsi anggota (atau fungsi karakteristik) dari  $[0,1]$  sampai seluruh angka real yang ada pada interval  $[0,1]$ . Himpunan fuzzy adalah konsep yang mendasari lahirnya logika fuzzy. Himpunan fuzzy yaitu sebuah himpunan yang anggotanya memiliki derajat keanggotaan tertentu [ZAD65]. Setiap anggota memiliki derajat keanggotaan yang ditentukan oleh fungsi keanggotaan (*membership function*) tertentu atau dapat disebut juga fungsi karakteristik.

Terdapat dua hukum perpotongan yang berlaku tidak sama, antara himpunan crisp dan himpunan fuzzy. Sering kali para ahli menggunakan kedua hukum tersebut sebagai batasan dalam penelitian mereka. Selain dari perbedaan keanggotaan himpunan antara ide nilai tak hingga yang berlawanan dengan kuantitas nilai biner, himpunan fuzzy dioperasikan dalam bentuk matematis yang sama dengan himpunan crisp. Operator minimum untuk mewakili perpotongan dalam himpunan fuzzy dinyatakan sebagai logika “*and*”, sementara itu untuk operator maksimum yang mewakili gabungan dinyatakan sebagai logika “*or*”.

Logika fuzzy dapat dilihat sebagai superset dari logika konvensional (*boolean*) yang telah diperluas untuk menangani konsep nilai parsial yang benar antara “sama

sekali benar” dan “sama sekali salah”. Pada tahun 1965, zadeh menyarankan bahwa keanggotaan adalah kunci untuk mengambil keputusan ketika harus berhadapan dengan masalah yang tidak jelas (Imam Robandi, 2006). Sedangkan sebuah himpunan klasik (*crisp* atau *hard*) adalah sekelompok objek atau bilangan yang jelas, yang didefinisikan sebagai cara yang digunakan untuk memisahkan elemen-elemen dalam semesta pembicaraan yang terbagi menjadi anggota dan bukan anggota. Sebagai contoh, himpunan laki-laki dan himpunan wanita dapat dipresentasikan dengan mudah menggunakan himpunan klasik. Akan tetapi, bagaimana mempresentasikan himpunan tinggi dan pendek. Tinggi dan pendek itu cukup relatif perbedaan 1cm saja tidak cukup untuk membedakan tinggi dan pendek. Dalam hal ini himpunan fuzzy dapat memberikan pengelompokan dengan memberikan derajat tertentu. Berbeda dengan himpunan klasik, himpunan fuzzy dapat bernilai parsial.



Gambar 2.9 perbandingan fungsi keanggotaan himpunan fuzzy terhadap himpunan crisp

Fungsi keanggotaan dinyatakan sebagai berikut : jika  $X$  adalah himpunan semesta, maka fungsi keanggotaan  $\mu_A$  (fungsi karakteristik  $A$  pada  $X$ ) yang didefinisikan oleh himpunan fuzzy  $A$ , ketentuannya adalah sebagai berikut :

$$\mu_A: X \rightarrow [0,1] \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana  $[0,1]$  adalah interval bilangan real dari nol sampai dengan satu. Dua himpunan A dan B dinyatakan sama jika dan hanya jika  $\mu_A(X) = \mu_B(X)$  apabila  $\mu_A(X)$  bernilai nol, maka X bukan anggota dari himpunan fuzzy A. Namun jika  $\mu_A(X)$  bernilai satu, maka X adalah himpunan dari fuzzy A. Sementara nilai 0 sampai satu menunjukkan bahwa X merupakan himpunan dari fuzzy A secara parsial.

Zadeh memperkenalkan himpunan fuzzy sebagai perluasan dan generalisasi dari konsep dasar himpunan crisp. Dia memperluas per-samaan keanggotaan biner untuk menampung berbagai “tingkat keanggotaan” pada interval kontinu real  $[0,1]$ , dengan titik 0 sebagai bukan anggota dan 1 anggota penuh, terutama sebagai fungsi karakteristik untuk himpunan crisp (Imam Robandi, 2006). Disini berarti angka tak hingga dari nilai-nilai antara titik dapat mewakili berbagai tingkat keanggotaan untuk sebuah elemen  $x$  pada beberapa himpunan yang universe. Himpunan fuzzy mengenalkan kesamaran atau ketidak jelasan dengan mengeliminasi batas jelas yang membagi anggota dengan non anggota pada suatu kelompok. Namun disini, anggota penuh dan bukan anggota perpindahannya dilakukan secara bertahap dan bukan dengan mendadak. Perpindahan melalui berbagai tingkat dari keanggotaan mengakomodasi fakta bahwa batas himpunan fuzzy itu adalah samar dan ambigu.

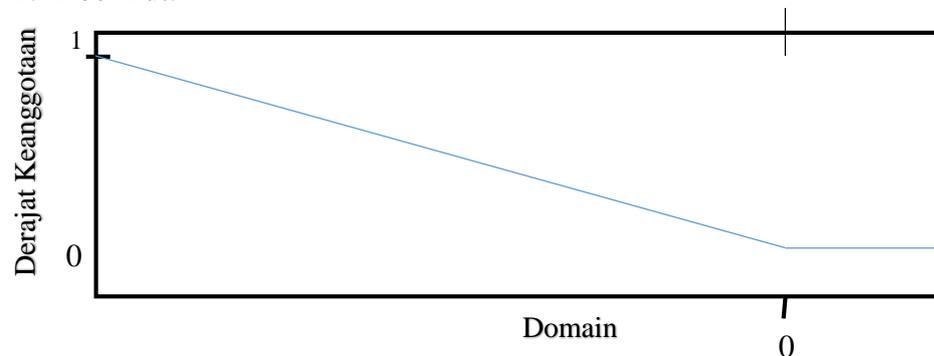
#### **2.2.4.2 Keanggotaan Himpunan Fuzzy**

Fungsi keanggotaan merupakan suatu fungsi yang gunanya untuk memetakan elemen dari suatu himpunan ke nilai keanggotaan pada interval  $[0,1]$ . Fungsi keanggotaan tadi yang membedakan himpunan fuzzy dengan himpunan tegas. Fungsi keanggotaan dapat dipresentasikan dengan banyak cara, namun yang paling umum dan banyak dipakai dalam sistem logika fuzzy yakni dengan menggunakan representasi secara analitik.

Pemodelan yang tepat sangat diperlukan dalam pemodelan logika fuzzy karna model fuzzy sensitif terhadap pendeskripsian himpunan fuzzy itu sendiri. Terdapat berbagai macam pendeskripsian himpunan fuzzy, diantaranya yang dapat digunakan yaitu :

### 1. Representasi kurva linier

Representasi yang paling sederhana dalam fungsi keanggotaan himpunan fuzzy yaitu representasi kurva linier yang digambarkan dengan hanya menggunakan satu garis lurus. Terdapat dua keadaan yang mungkin terjadi dalam himpunan fuzzy linear. Pertama, himpunan mengalami penurunan dari derajat keanggotaan satu dan bergerak ke arah kanan menuju derajat keanggotaan yang lebih rendah menuju nol. Tampak pada gambar 2.12 berikut.



Gambar 2.10 representasi kurva linier turun

Fungsi keanggotaan linier turun :

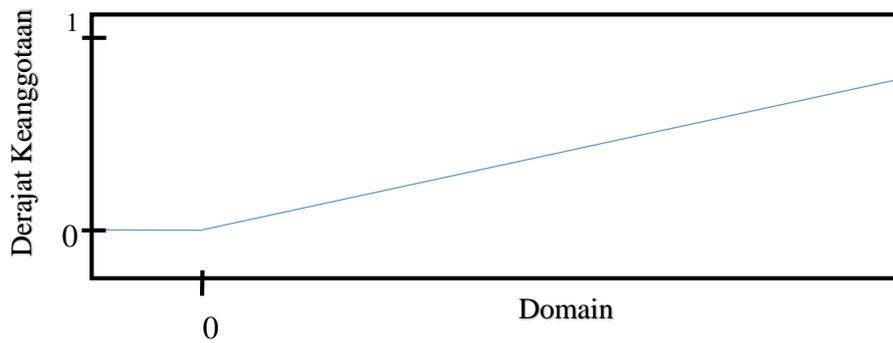
$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a} & , a \leq x \leq b \\ 0 & , x \leq b \end{cases} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

a =: nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

b = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

yang kedua adalah tipe representasi kurva linier naik, pada representasi ini himpunan mengalami kenaikan dari derajat keanggotaan nol bergerak ke arah kanan menuju derajat keanggotaan yang lebih tinggi menuju satu. Hal tersebut tampak pada gambar 2.13 berikut :



Gambar 2.11 representasi kurva linier naik

Fungsi keanggotaan linier naik :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & x = b \end{cases} \dots\dots\dots (2.3)$$

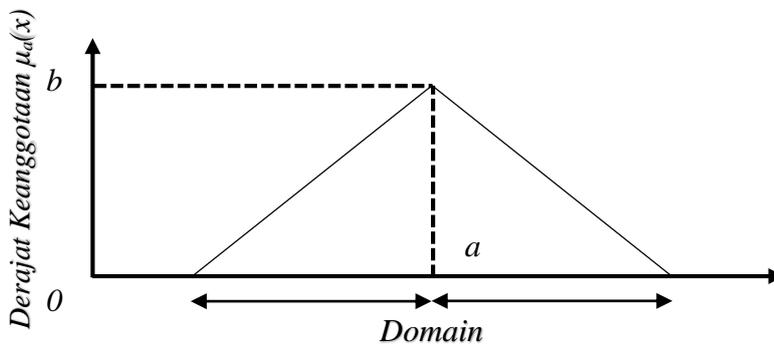
Keterangan :

a = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

b = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

2. Representasi kurva segitiga

Representasi kurva segitiga merupakan gabungan dari representasi kurva linier (Klir, Clair & Yuan, 1997: 83-86). Representasi kurva segitiga dapat kita lihat seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.12 representasi kurva segitiga

Fungsi keanggotaan dari representasi kurva segitiga adalah :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \end{cases} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

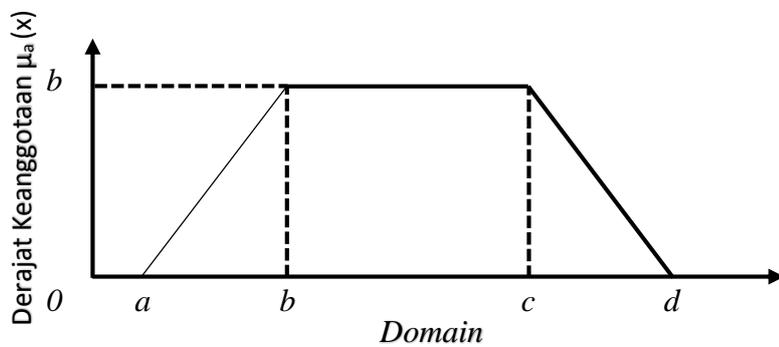
a = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

b = derajat keanggotaan terbesar dalam suatu domain

c = nilai domain terbesar saat derajat keanggotaan terkecil

3. Representasi kurva trapesium

Pada dasarnya representasi kurva trapesium sseperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Representasi dari kurva trapesium dapat dilihat pada gambar 2.15 berikut :



Gambar 2.13 representasi kurva trapesium

Fungsi keanggotaan dari representasi kurva trapesium adalah :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ 1, & c \leq x \leq d \end{cases} \dots\dots\dots(2.5)$$

### 2.2.4.3 Operasi Dasar Pada Himpunan Fuzzy

pada dasarnya himpunan fuzzy memiliki tiga operasi dasar, yaitu : komplemen, gabungan dan irisan. Berikut ini akan dijelaskan mengenai definisi dari ketiga operasi tersebut :

#### 1. Operasi Dasar Komplemen

Diberikan himpunan fuzzy  $A$  pada himpunan semesta  $U$ , komplemen dari himpunan fuzzy  $A$  adalah  $\bar{A}$  atau  $A^c$  didefinisikan sebagai :

$$\mu_{\bar{A}}(X) = 1 - \mu_A(X), \forall X \in U \dots \dots \dots (2.6)$$

sebagai contoh :

misalkan  $\mu_A(X) = 0,24$

$$\mu_{\bar{A}}(X) = 1 - \mu_A(X) = 1 - 0,24 = 0,76$$

#### 2. Operasi Dasar Gabungan

Diberikan himpunan semesta  $U$  dan dua himpunan fuzzy  $A$  dan  $B$  pada  $U$ . Operasi dasar gabungan  $A$  dan  $B$  ditulis  $A \cup B$  didefinisikan dengan

$$\mu_{(A \cup B)}(X) = \max[\mu_A(X), \mu_B(X)], \forall X \in U \dots \dots \dots (2.7)$$

Sebagai contoh :

Misalkan  $\mu_A(X) = 0,24$  dan  $\mu_B(X) = 0,5$

$$\text{Maka } \mu_{(A \cup B)}(X) = \max[\mu_A(X), \mu_B(X)], \forall X \in U = \max [0,24 \ 0,5] = 0,5$$

#### 3. Operasi Dasar Irisan

Diberikan himpunan fuzzy  $A$  dan  $B$  pada himpunan semesta  $U$ . Operasi dasar himpunan  $A$  dan  $B$  dapat ditulis dengan  $A \cap B$ . dan dapat dituliskan persamaannya adalah sebagai berikut :

$$\mu_{(A \cap B)}(X) = \min[\mu_A(X), \mu_B(X)], \forall X \in X \dots \dots \dots (2.8)$$

contoh :

Misalkan  $\mu_A(X)=0,24$  dan  $\mu_B(X)=0,5$

$$\mu_{(A \cap B)}(X) = \min[\mu_A(X), \mu_B(X)] = \min [0,24 \ 0,5] = 0,24$$

operasi dasar gabungan dapat dituliskan dengan menggunakan simbol “U” atau dapat ditulis dengan “OR” dan operasi dasar irisan dapat dituliskan dengan menggunakan simbol “ $\cap$ ” atau dapat pula ditulis dengan “AND”.

#### 2.2.4.4 Tahapan Operasional Sistem Fuzzy

Sistem fuzzy merupakan sistem berdasarkan aturan himpunan fuzzy. Beberapa keistimewaan sistem fuzzy (Wang, 1997:6), yaitu :

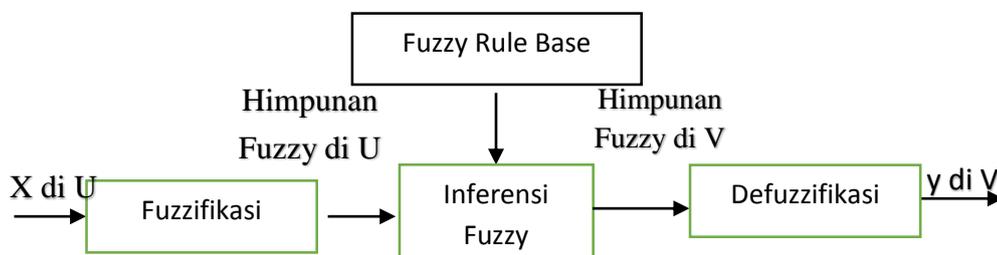
1. Sistem fuzzy cocok digunakan pada sistem pemodelan karena variabelnya bernilai real.
2. Sistem fuzzy menyediakan kerangka yang digunakan untuk menggabungkan atauran aturan fuzzy *jika-maka* yang bersumber dari pengalaman manusia
3. Terdapat berbagai pilihan dalam menentukan fuzzifier dan defuzzifier.

Sehingga dapat diperoleh sistem fuzzy yang paling sesuai dengan model.

Elemen dasar dalam sistem fuzzy (Wang, 1997:89) :

1. Basis kaidah (*Rule base*), berisi aturan aturan secara linguistik yang bersumber daari para pakar.
2. Mekanisme pengambilan keputusan (*Inference engine*), merupakan bagaimana para pakar mengambil keputusan dengan menerapkan pengetahuan (*Knowledge*).
3. Proses fuzzyfikasi (*Defuzzification*), yaitu mengubah nilai fuzzy menjadi nilai fuzzy hasil menjadi nilai tegas.

Susunan operasional psistem fuzzy dapat diperlihatkan seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.14 Susunan Tahapan Operasional sistem fuzzy

Tahapan operasional sistem fuzzy adalah fuzzifikasi, aturan fuzzy, inferensi fuzzy, dan yang terakhir adalah defuzzifikasi. Berikut penjelasan mengenai masing masing dari tahapan tersebut :

1. Fuzzifikasi

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

2. Aturan fuzzy (Rule Fuzzy)

Aturan yang digukan dalam himpunan fuzzy adalh *if-then*. Aturan fuzzy IF-THEN merupakan pernyataan yang dipresentasikan dengan IF <Proposisi Fuzzy> THEN <Proposisi Fuzzy>. Proposisi fuzzy dapat diklasifikasikan menjadi dua, yakni proposisi fuzzy atomic dan proposisi fuzzy compound. Proposisi fuzzy merupakan pernyataan single dimana  $x$  sebagai fariabel linguistik sedangkan  $A$  merupakan himpunan fuzzy dari  $x$ . Selanjutnya proposisi fuzzy compound adalah gabungan dari proposisi fuzzy atomic yang dihubungkan dengan operator “or”, “and”, dan “not”. Dapat dicontohkan sebagai berikut :  $X$  is  $P$ ,  $X$  is  $Q$ , dan  $X$  is  $R$  merupakan

contoh dari proposisi fuzzy atomic.  $X$  is  $P$  or  $X$  is not  $R$  dan  $X$  is  $Q$  and  $X$  is  $R$  adalah contoh dari proposisi fuzzy compound.

Prosesor fuzzy menggunakan aturan linguistik yang bertujuan untuk menentukan aksi kontrol apa yang harus atau akan digunakan dalam merespon masukan yang diberikan. Evaluasi rule juga mengacu pada *fuzzy inference system*. sistem inferensi fuzzy (*fuzzy inference system*/ FIS) disebut juga *fuzzy inference engine* adalah sistem yang dapat melakukan penalaran dengan prinsip menyerupai manusia melakukan penalaran menggunakan naluri/akal fikirannya. FIS ini mengaplikasikan aturan pada masukan fuzzy yang dihasilkan pada proses fuzzifikasi yang selanjutnya mengevaluasi tiap aturan dengan masukan yang dihasilkan dari proses fuzzifikasi.

### 3. Inferensi Fuzzy

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

#### a. Metode Mamdani

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

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

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

b. Metode Tsukomoto

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

c. Metode Sugeno

Metode Sugeno berbeda dengan metode Mamdani, metode Sugeno menggunakan himpunan fuzzy pada inputan yang digunakan, namun pada output yang digunakan pada metode Sugeno adalah menggunakan konstanta atau persamaan linier. Metode ini untuk pertama kalinya diperkenalkan oleh Takagi Sugeno Kang pada tahun 1985. Jika pada metode Mamdani proses yang digunakan pada defuzzifikasi adalah menggunakan agregasi daerah kurva, maka pada metode Sugeno agregasi yang digunakan berupa *singleton-singleton*.

4. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan suatu proses yang berkebalikan dengan proses fuzzifikasi, dimana untuk mengubah harga crisp dari besaran fuzzy dibutuhkan proses defuzzifikasi. Proses ini adalah konversi dari harga harga fuzzy menjadi harga crisp yang yang dibutuhkan oleh aktuator atau kontroller. Proses ini sangat penting untuk menghasilkan harga crisp yang nantinya dibutuhkan oleh sistem. Harga harga fuzzy hanya dibutuhkan pada proses penyelesaian fuzzy. Pada proses defuzzifikasi ini tergantung pada output himpunan fuzzy yang dibangkitkan dari aturan aturan fuzzy. Pada proses defuzzifikasi ini terdapat tiga kriteria yang harus dipenuhi yaitu masuk akal, perhitungannya sederhana dan kontinu. Berikut ini ada

beberapa metode yang digunakan dalam proses defuzzifikasi, diantaranya:

a. Metode Centroid

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

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

Untuk domain kontinu, dan

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

Untuk domain diskrit.

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

b. Metode Biseksi

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

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

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

c. Metode *Mean of Maximum* (MOM)

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

d. Metode *Largest of Maximum* (LOM)

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

e. Metode *Smallest of Maximum* (SOM)

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

#### 2.2.4.5 Fuzzy C-Means

Fuzzy C-Means (FCM) dikenal pertama kali sebagai salah metode clustering dengan menggunakan metode pengelompokan fuzzy sehingga data dapat menjadi anggota dari seluruh kelas atau *cluster* dengan derajat atau tingkat keanggotaan yang berbeda antara 0 hingga 1. Konsep dari metode c-means yang pertama adalah dengan menentukan pusat cluster yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap-tiap clusternya. Output atau keluaran dari fuzzy c-means bukan berupa fuzzy interference system namun merupakan deret pusat cluster dan beberapa derajat keanggotaan untuk tiap-tiap titik data. Informasi ini akan digunakan untuk membangun suatu fuzzy interference system. Apabila terdapat suatu himpunan data (data masukan maupun keluaran dari sistem fuzzy) akan dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$U = (u_1, u_2, u_3, \dots, u_n) \dots \dots \dots (2.13)$$

Derajat keanggotaan suatu titik data ke  $-k$  dicluster ke  $-i$  yang selanjutnya dinyatakan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$U_{ik} (u_k) \in [0,1] \text{ dengan } (1 \leq i \leq c; 1 \leq k \leq N)$$

Pada fuzzy C-means matriks partisi dinyatakan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$U_{fc}(C) = \begin{bmatrix} u_{11}(u_1) & u_{21}(u_1) & \dots & u_{c1}(u_1) \\ u_{12}(u_2) & u_{22}(u_2) & \dots & u_{c1}(u_1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ u_{1N}(u_N) & u_{2N}(u_N) & \dots & u_{cN}(u_N) \end{bmatrix} \dots \dots \dots (2.14)$$

$$\sum_{i=1}^c \mu_{ik} = 1$$

Berdasarkan persamaan diatas dapat dilihat bahwa jumlah seluruh keanggotaan sebuah data pada satu clauster jumlahnya harus sama dengan 1. Sedangkan untuk fungsi objektif pada iterasi ke  $-t$   $P(c)$  pada matrik partisinya dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_t(c) = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^c (\mu_{ik})^w |u_k - v_{fi}|^2 \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana :

$P_t(c)$  : fungsi objektif iterasi ke  $-t$

$v_{fi}$  : pusat vektor pada cluster fuzzy ke  $-i$

$\mu_{ik}$  : derajat keanggotaan suatu titik data ke  $-k$  dicluster ke  $-i$

$\mu_k$  : derajat keanggotaan suatu titik data ke  $-k$

$|u_k - v_{fi}|$  : bentuk normal euclidian yang digunakan sebagai jarak antara  $u_k$  dan  $v_{fi}$

Dengan  $v_{fi}$  sebagai pusat vektor pada cluster fuzzy ke  $-i$  lalu selanjutnya dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini :

$$v_{fi} = \frac{\sum_{k=1}^N (\mu_{ik})^w u_k}{\sum_{k=1}^N (\mu_{ik})^w} \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana :

$v_{fi}$  : pusat vektor pada cluster fuzzy ke  $-i$

$\mu_{ik}$  : derajat keanggotaan pada suatu titik data ke  $-k$  dicluster ke  $-i$

$\mu_k$  : derajat keanggotaan suatu titik data ke  $-k$

$w$  : bobot nilai pada suatu keanggotaan

## 2.2.5 *Toolbox Fuzzy Pada Matlab (Matrix Laboratory)*

### 2.2.5.1 *Pengertian MATLAB*

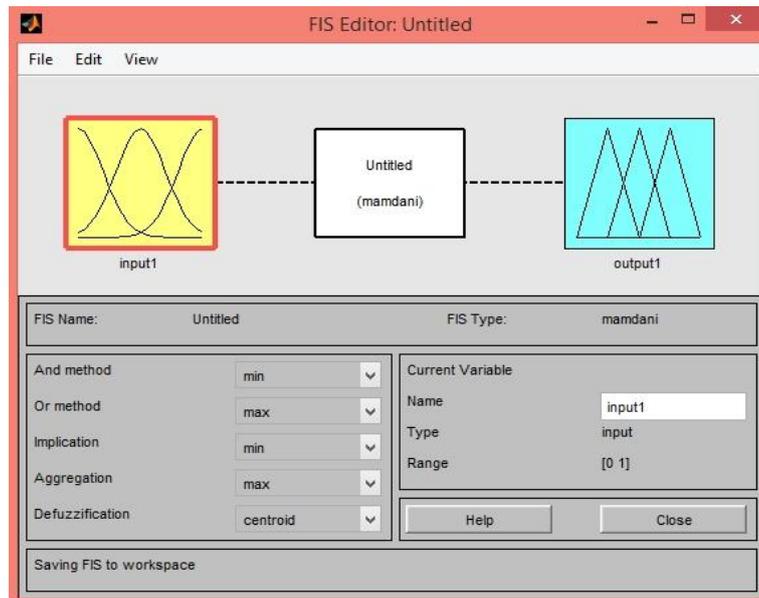
Matlab (*matrix laboratory*) merupakan perangkat lunak sebagai bahasa pemrograman teknis yang sangat andal untuk proses simulasi dan visualisasi data. Matlab sendiri dapat digunakan untuk komputasi, visualisasi dan pemrograman yang dilakukan oleh para peneliti dan pelajar dari berbagai wilayah didunia. Hingga saat ini program-program dalam Matlab masih terus diperbaharui untuk menyokong berbagai disiplin keilmuan, termasuk *Logika Fuzzy*. Pemrograman dalam matlab biasa digunakan dalam pengembangan algoritma matematika, pengembangan pensisteman, simulasi dan *prototype*, analisis, eksplorasi dan visualisasi data, *scientific* dan *engineering*, pengembangan aplikasi berbasis grafik dan pembuatan *Graphical User Interface* (GUI).

### 2.2.5.2 *Fuzzy Logic Toolbox*

*Fuzzy Logic Toolbox* adalah sekumpulan tools dalam jendela kerja Matlab yang membantu dalam perancangan model *fuzzy* untuk dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang. Instrumen ini fungsinya adalah untuk membuat dan mengubah kerangka *fuzzy* dalam sistem Matlab. *Fuzzy Logic Toolbox* menyediakan lima tools yang dapat digunakan dalam merancang bangun FIS (*Fuzzy Inference System*).

#### 1. FIS (*Fuzzy Inference System*) Editor

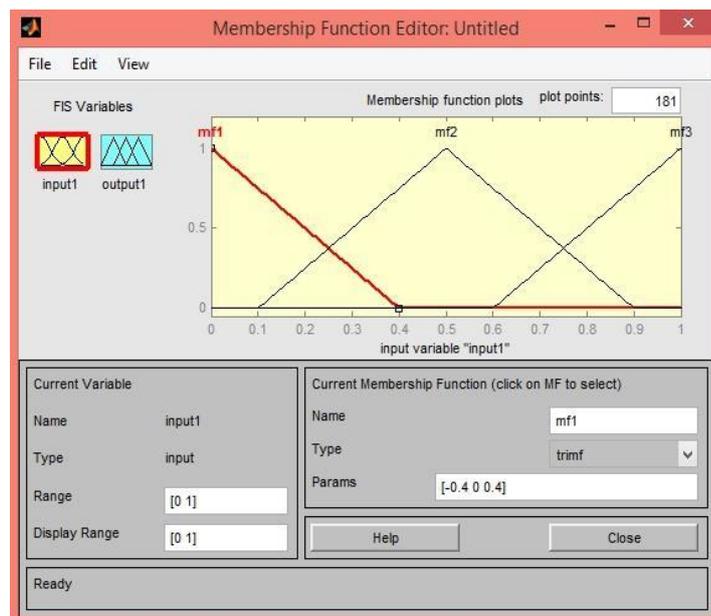
Merupakan tampilan awal dari toolbox *fuzzy*, cara menampilkannya adalah dengan mengetikkan *Fuzzy* pada *command window*. Tampilan awal dari FIS Editor adalah kerangka *fuzzy* dengan tipe *fuzzy mamdani* serta satu buah input dan output, jika ingin menambahkan input maupun output dapat dilakukan dengan menu edit lalu tambahkan berapa input atau output yang dibutuhkan. Pada FIS Editor yang perlu diperhatikan adalah memilih *Inference Fuzzy* yang diinginkan. Tampilan dari FIS Editor dipresentasikan dengan gambar berikut.



Gambar 2.15 Tampilan FIS (Fuzzy Inference System)

## 2. *Membership Function*

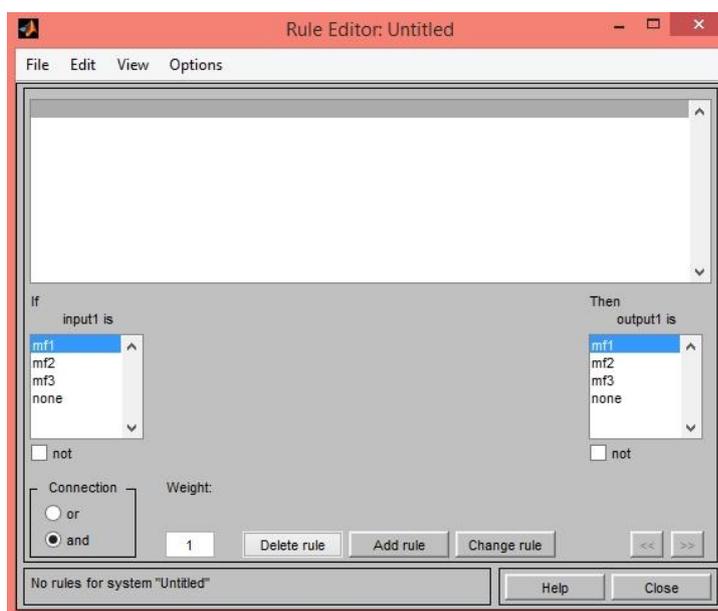
Fungsi dari *Membership Function* ini adalah untuk mengedit tiap fungsi keanggotaan pada *input* (antiseden) maupun *output* (konsekuen), atau dapat pula dengan cara klik dua kali pada fungsi keanggotaan input maupun output yang akan diedit. Tampilan pada *Membership Function* dapat dipresentasikan dengan gambar berikut.



Gambar 2.16 Tampilan pada Membership Function

### 3. *Rule Editor*

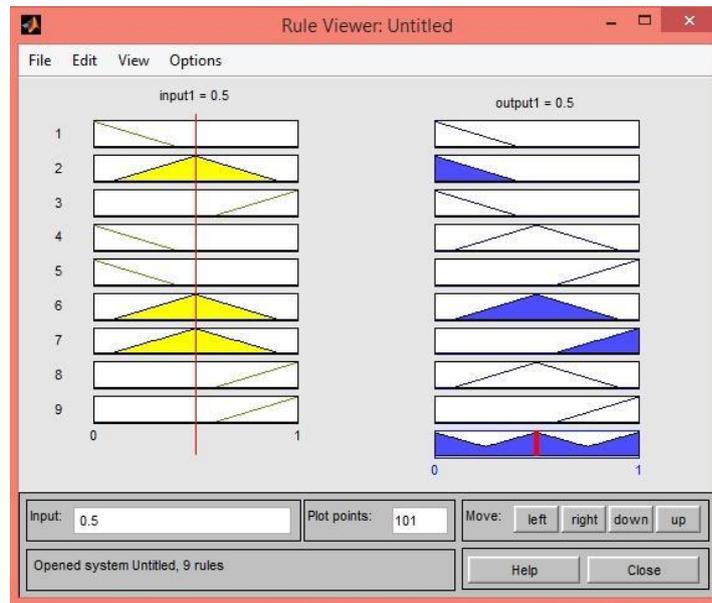
Berfungsi untuk mengedit aturan-aturan yang akan atau telah disusun. Aturan disusun berdasarkan pengetahuan serta data historis yang telah didapat. Pada *Rule Editor* ada beberapa parameter yang harus diisikan seperti logika penghubung dan lain sebagainya. Cara yang digunakan untuk menampilkan *Rule Editor* adalah dengan klik edit – *Rules*. Tampilan pada *Rule Editor* dapat dipresentasikan sebagai berikut.



Gambar 2.17 Tampilan Rule Editor

### 4. *Rule Viewer*

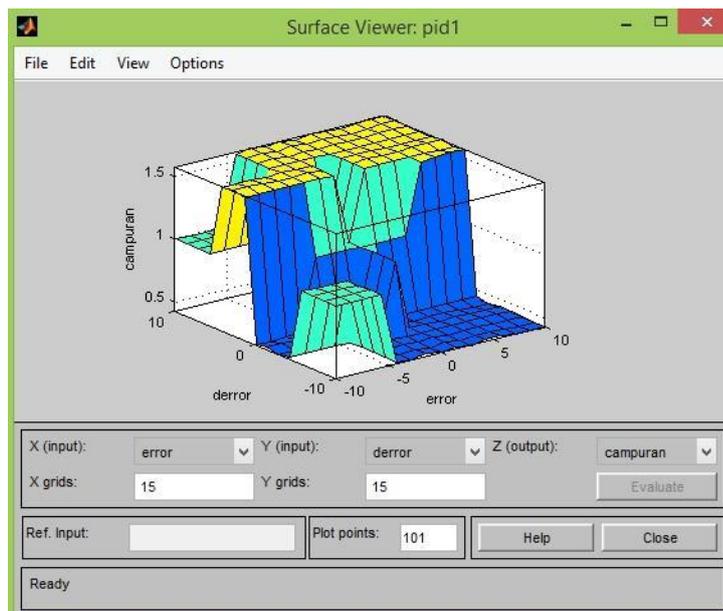
Fungsi dari *Rule Viewer* adalah untuk menampilkan grafik dari variabel input dan variabel output. *Rule Viewer* juga digunakan untuk memetakankan tiap-tiap masukan atau input sehingga dapat diketahui hasil output berdasarkan data inputannya. Untuk mengetahui hasil output pada *Rule Viewer* ini perlu untuk memasukkan data-data parameter input yang tersedia pada kolom input di pojok kiri bawah *Rule Viewer*. Cara untuk menampilkan *Rule Viewer* adalah dengan klik view – rules atau dapat pula dengan cara tekan tombol ctrl+5 secara bersamaan. Tampilan pada *Rule Viewer* dapat dipresentasikan pada gambar berikut.



Gambar 2.18 Tampilan Rule Viewer

### 5. *Surface Viewer*

Fungsinya adalah untuk menampilkan hasil dari pemetaan seluruh variabel input ke variabel output. Cara untuk memanggil *Surface Viewer* adalah dengan mengklik view - *Surface* atau dapat dengan cara ctrl+6. Tampilan pada *Surface Viewer* dapat dipresentasikan pada gambar berikut.



Gambar 2.19 Tampilan Surface Viewer

