

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### A. Penyakit Jantung Koroner

##### 1. Pengertian Penyakit Jantung Koroner (*Coronary Heart Disease*)

Penyakit Jantung Koroner (PJK) adalah suatu kelainan yang disebabkan oleh penyempitan atau penghambatan pembuluh arteri yang mengalirkan darah ke otot jantung. Jantung diberi oksigen dalam darah melalui arteri-arteri koroner utama yang bercabang menjadi sebuah jaringan pembuluh lebih kecil yang efisien (Iman, 2001:13).

##### 2. Klasifikasi Penyakit Jantung Koroner

Menurut Huon Gray (2002:113) penyakit jantung koroner diklasifikasikan menjadi 3, yaitu *Silent Ischaemia (Asimtotik)*, *Angina Pectoris*, dan *Infark Miocard Akut (Serangan Jantung)*. Berikut adalah penjelasan masing-masing klasifikasi PJK:

###### a. *Silent Ischaemia (Asimtotik)*

Banyak dari penderita *silent ischaemia* yang mengalami PJK tetapi tidak merasakan ada sesuatu yang tidak enak atau tanda-tanda suatu penyakit (Iman, 2004:22).

###### b. *Angina Pectoris*

*Angina pectoris* terdiri dari dua tipe, yaitu *Angina Pectoris Stabil* yang ditandai dengan keluhan nyeri dada yang khas, yaitu rasa tertekan atau berat di dada yang menjalar ke lengan kiri dan *Angina Pectoris tidak Stabil* yaitu serangan rasa sakit dapat timbul,

baik pada saat istirahat, waktu tidur, maupun aktivitas ringan. Lama sakit dada jauh lebih lama dari sakit biasa. Frekuensi serangan juga lebih sering.

c. *Infark Miocard Akut (Serangan Jantung)*

*Infark miocard akut* yaitu jaringan otot jantung yang mati karena kekurangan oksigen dalam darah dalam beberapa waktu. Keluhan yang dirasakan nyeri dada, seperti tertekan, tampak pucat berkeringat dan dingin, mual, muntah, sesak, pusing, serta pingsan (Notoatmodjo, 2007:304).

### **3. Penyebab Penyakit Jantung Koroner**

Penyebab PJK terdiri dari beberapa faktor dan dinamakan faktor risiko. Faktor risiko merupakan faktor-faktor yang keberadaannya berkedudukan sebelum terjadinya penyakit. Secara garis besar faktor risiko PJK dapat dibagi dua, yaitu faktor risiko yang dapat diubah / *modifiable* (kolesterol, hipertensi, merokok, obesitas, diabetes melitus, kurang aktifitas fisik, stres) dan faktor risiko yang tidak dapat diubah / *non modifiable* (riwayat keluarga, jenis kelamin, usia) (Bustan, 2000:74).

Berdasarkan penelitian terdahulu tentang diagnosa penyakit jantung koroner, maka dalam penelitian ini digunakan faktor risiko (variabel *input*) seperti jenis kelamin, usia, denyut nadi, tekanan darah sistolik, kolesterol, gula darah sewaktu, trigliserida, elektrokardiogram. Serta dengan tambahan gejala terjadinya penyakit jantung koroner

seperti nyeri dada, sesak nafas dan batuk. Berikut ini adalah uraian tentang variabel *input* yang digunakan, yaitu:

a. Jenis Kelamin

Dari hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa jenis kelamin laki-laki lebih besar terkena PJK dibandingkan dengan wanita. Akan tetapi, pada wanita yang sudah menopause risiko PJK meningkat. Hal itu berkaitan dengan penurunan hormon estrogen yang berperan penting dalam melindungi pembuluh darah dari kerusakan yang memicu terjadinya aterosklerosis.

b. Usia

Hasil penelitian terdahulu terbukti bahwa semakin bertambahnya usia, risiko terkena PJK semakin tinggi, dan pada umumnya dimulai pada usia 40 tahun ke atas (Notoatmodjo, 2007:299).

c. Denyut Nadi

Denyut nadi adalah denyutan arteri dari gelombang darah yang mengalir melalui pembuluh darah sebagai akibat dari denyutan jantung.

d. Tekanan Darah Sistolik

Tekanan darah sistolik adalah tekanan darah pada saat terjadi kontraksi otot jantung. Istilah ini sering digunakan untuk merujuk pada tekanan arterial maksimum saat terjadi kontraksi pada lobus

ventrikular kiri dari jantung. Rentang waktu terjadinya kontraksi disebut *systole*.

e. Kolesterol

Kolesterol ditranspor dalam darah dalam bentuk lipoprotein, 75% merupakan lipoprotein densitas rendah (*low density lipoprotein/LDL*) dan 25% merupakan lipoprotein densitas tinggi (*high density lipoprotein/HDL*). Kadar kolesterol LDL yang rendah memiliki peran yang baik pada PJK dan terdapat hubungan terbalik antara kadar HDL dan risiko terjadinya PJK (Gray, 2002:108).

f. Gula Darah Sewaktu

Gula darah sewaktu adalah tingkat glukosa di dalam darah pada waktu itu (saat pemeriksaan). Konsentrasi gula darah atau tingkat glukosa serum, diatur dengan ketat di dalam tubuh. Glukosa yang dialirkan melalui darah adalah sumber utama energi untuk sel-sel tubuh.

g. Trigliserida

Trigliserida merupakan satu macam lemak yang terdapat dalam tubuh, yang di dalam cairan darah dikemas dalam bentuk partikel lipoprotein ( Iman, 2004: 132)

h. Elektrokardiogram (EKG)

Elektrokardiogram adalah rekaman aktivitas listrik jantung, yang digunakan untuk mendiagnosa *aritmia* jantung, *iskemia miokard* dan *infark miokard*.

i. Nyeri dada

Gejala nyeri dada dirasakan oleh sekitar 1/3 penderita PJK. Nyeri dirasakan di bagian tengah dan menyebar ke leher, lengan, dagu. Rasa nyeri sering disertai rasa seperti diremas atau dicengkeram, dan hal ini disebabkan karena jantung kekurangan darah dan oksigen. Terkadang nyeri tidak dirasakan, tetapi hanya merasakan tidak enak badan saja.

j. Sesak Nafas

Bila jantung tidak dapat memompa sebagaimana mestinya, cairan cenderung dapat berkumpul di jaringan dan paru, sehingga menyebabkan kesulitan bernafas waktu berbaring.

k. Batuk

Batuk merupakan tindakan refleks naluriah atau mekanisme kerja tubuh untuk mengusir benda asing yang dapat mengiritasi saluran pernapasan.

## **B. Himpunan *Fuzzy***

### **1. Pengertian Himpunan *Fuzzy***

Pada tahun 1965, Zadeh memodifikasi teori himpunan dimana setiap anggotanya memiliki derajat keanggotaan yang bernilai kontinu antara 0 dan 1. Himpunan ini disebut dengan Himpunan *Fuzzy* (Sri Kusumadewi, 2002:1).

Himpunan klasik (*crisp*) adalah himpunan yang membedakan anggota dan bukan anggota dengan batasan yang jelas (Ross, 2010:26). Misalkan pada suatu himpunan  $A$  hanya akan terdapat dua kemungkinan keanggotaan yaitu menjadi anggota  $A$  dan tidak menjadi anggota  $A$ . Suatu nilai yang menunjukkan seberapa besar tingkat keanggotaan suatu elemen  $x$  pada suatu himpunan  $A$  disebut nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan, dinotasikan dengan  $\mu_A(x)$ . Pada himpunan klasik hanya ada dua nilai keanggotaan, yaitu  $\mu_A(x) = 1$  untuk  $x$  anggota  $A$  dan  $\mu_A(x) = 0$  untuk  $x$  bukan anggota  $A$ .

Himpunan *fuzzy* didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sedemikian hingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval  $[0,1]$ . Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu item dalam semesta pembicaraan tidak hanya berada pada 0 dan 1, namun juga nilai terletak diantaranya. Dengan kata lain, nilai kebenaran suatu item tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar, dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah.

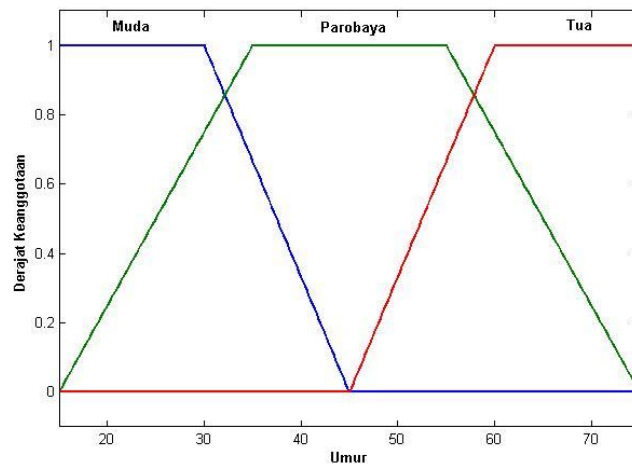
Misalkan variabel umur dibagi menjadi 3 katagori, yaitu (Sri Kusumadewi, 2002:17):

MUDA	umur < 35 tahun
PAROBAYA	$35 \leq \text{umur} \leq 55$ tahun

TUA

umur > 55 tahun

Nilai keanggotaan secara grafis, himpunan MUDA, PAROBAYA dan TUA ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1 Himpunan fuzzy untuk variabel Umur**

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu_{muda}(x) = \begin{cases} 1; x \leq 30 \\ \frac{(45-x)}{15}; 30 \leq x \leq 45 \\ 0; x \geq 45 \end{cases}$$

$$\mu_{parobaya}(x) = \begin{cases} 0; x \leq 15 \text{ atau } x \geq 75 \\ \frac{(x-15)}{20}; 15 \leq x \leq 35 \\ 1; 35 \leq x \leq 55 \\ \frac{(75-x)}{20}; 55 \leq x \leq 75 \end{cases}$$

$$\mu_{tua}(x) = \begin{cases} 0; x \leq 45 \\ \frac{(x-45)}{15}; 45 \leq x \leq 60 \\ 1; x \geq 60 \end{cases}$$

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu:

- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: MUDA, PARABAYA, TUA.
- b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti: 20, 45, 60.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami logika *fuzzy*, yaitu:

- a. Variabel *fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu logika *fuzzy*.

Contoh: usia, jenis kelamin, tekanan darah, dan sebagainya.

- b. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

Contoh: Pada variabel denyut nadi terbagi menjadi 3 himpunan *fuzzy* yaitu rendah, normal, dan tinggi.

- c. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta



pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

Contoh: Semesta pembicaraan untuk variabel denyut nadi adalah [45,130].

d. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

Contoh: domain untuk himpunan *fuzzy* denyut nadi adalah rendah = [45,59], normal = [60,100], tinggi = [101,130].

## 2. Fungsi Keanggotaan

Fungsi Keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi.

Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan, yaitu (Sri Kusumadewi, 2002:18):

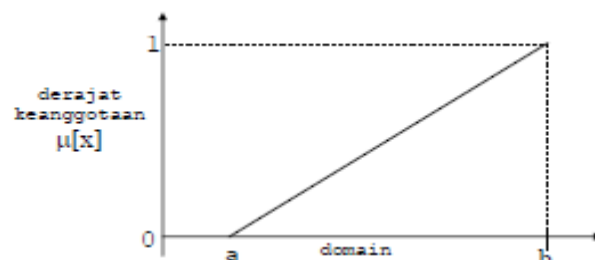
a. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk menekati suatu konsep yang kurang jelas.

Ada 2 keadaan himpunan *fuzzy* yang linear, yaitu:

1. Representasi Linear Naik

Kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.



**Gambar 2.2 Representasi Linear Naik**

Fungsi Keanggotaan:

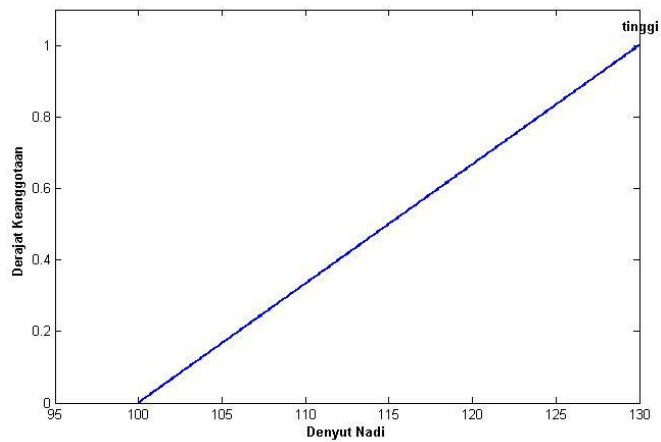
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

Keterangan:

a = nilai domain saat derajat keanggotaan sama dengan nol

b = nilai domain saat derajat keanggotaan sama dengan satu

Contoh 2.1:



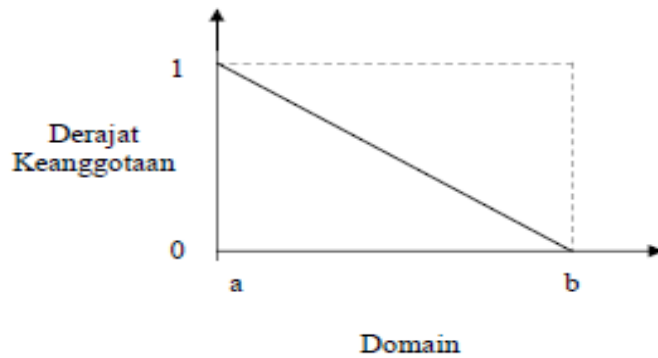
**Gambar 2.3 Himpunan Fuzzy : Denyut Nadi Tinggi pada  $U=[100,130]$**

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 100 \\ \frac{(x - 100)}{30} & ; 100 \leq x \leq 130 \\ 1 & ; x \geq 130 \end{cases}$$

## 2. Representasi Linear Turun

Representasi linear turun merupakan kebalikan dari yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.



**Gambar 2.4 Representasi Linear Turun**

Fungsi Keanggotaan:

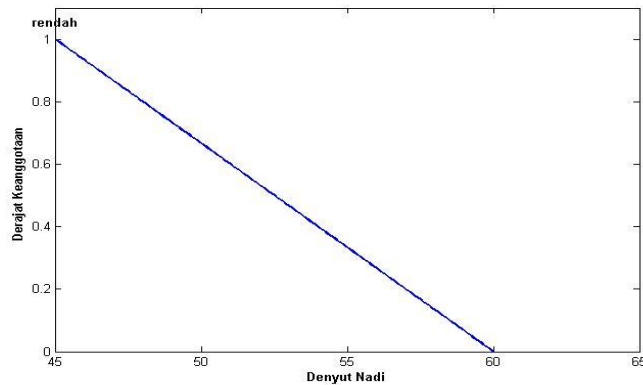
$$\mu[x] = \begin{cases} \frac{(b-x)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$

Keterangan:

a = nilai domain saat derajat keanggotaan sama dengan satu

b = nilai domain saat derajat keanggotaan sama dengan nol

Contoh 2.2:



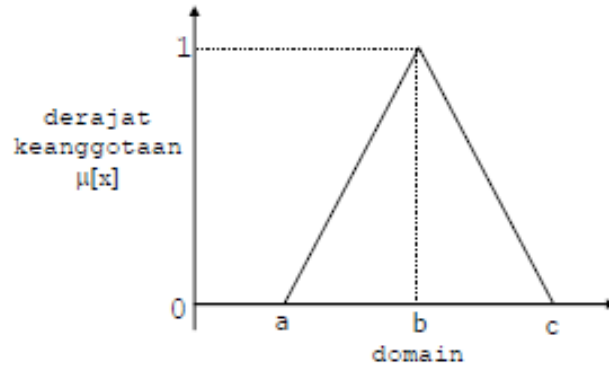
**Gambar 2.5 Himpunan Fuzzy : Denyut Nadi Rendah pada  $U=[45,60]$**

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} \frac{(60-x)}{15}; & 45 \leq x \leq 60 \\ 0; & x \geq 60 \end{cases}$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear).



**Gambar 2.6 Kurva Segitiga**

Fungsi Keanggotaan:

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

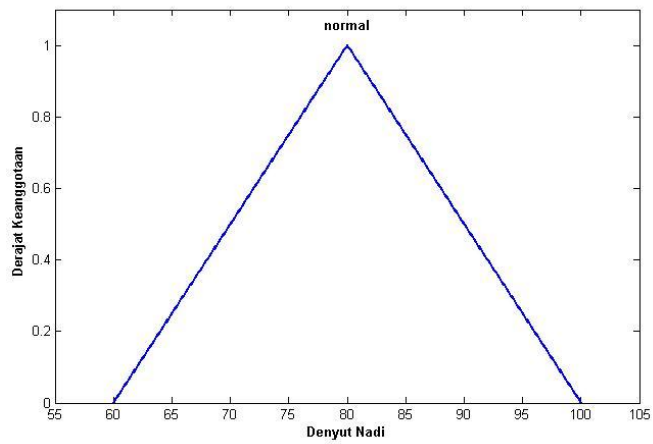
Keterangan:

a = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

b = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

c = nilai domain terbesar saat derajat keanggotaan terkecil

Contoh 2.3:



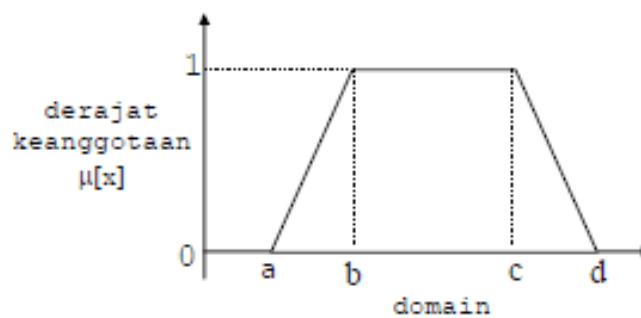
**Gambar 2.7** Himpunan *Fuzzy* : Denyut Nadi Normal pada  $U=[60,100]$

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu_{normal}(x) = \begin{cases} 0 ; x \leq 60 \text{ atau } x \geq 100 \\ \frac{(x - 60)}{20} ; 60 \leq x \leq 80 \\ \frac{(80 - x)}{20} ; 80 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva Trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



**Gambar 2.8** Kurva Trapesium

Fungsi Keanggotaan:

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

Keterangan:

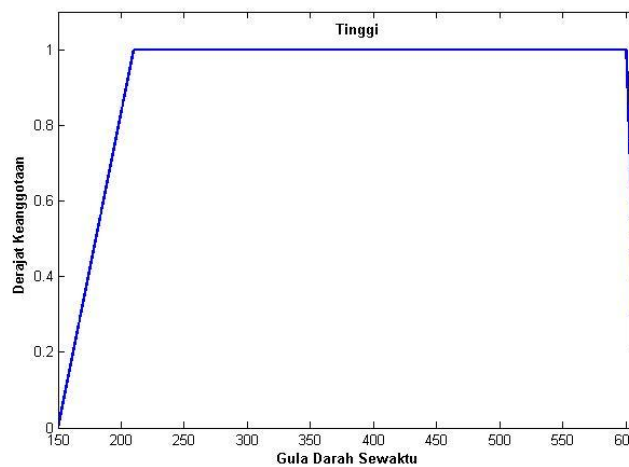
a = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

b = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

c = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

d = nilai domain terbesar saat derajat keanggotaan terkecil yang bergerak dari c.

Contoh 2.5:



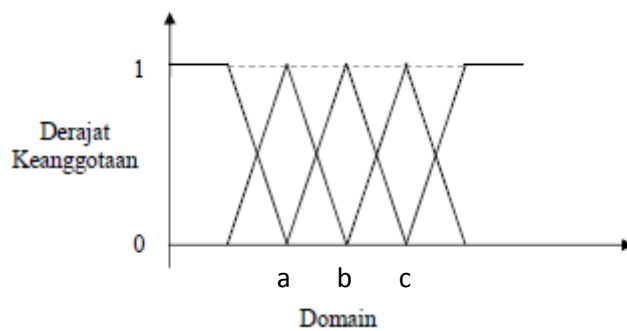
**Gambar 2.9** Himpunan *Fuzzy* : Gula Darah Sewaktu Tinggi pada  $U=[150,610]$

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu_{tinggi} = \begin{cases} 0; x \leq 150 \text{ atau } x \geq 610 \\ \frac{(x - 150)}{60}; 150 \leq x \leq 210 \\ 1; 210 \leq x \leq 600 \\ \frac{(610 - x)}{10}; 600 \leq x \leq 610 \end{cases}$$

d. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Kurva bahu terdiri dari bahu kanan dan bahu kiri. Kurva bahu kiri merepresentasikan kondisi konstan dari kiri dengan nilai keanggotaan 1 kemudian turun dengan nilai keanggotaan menuju ke 0. Sedangkan kurva bahu kanan merepresentasikan keadaan linear naik menuju nilai keanggotaan 1 secara konstan kekanan (Suwandi, 2011).



**Gambar 2.10 Kurva Bentuk Bahu**

Fungsi Keanggotaan yang merepresentasikan kurva bahu kiri:

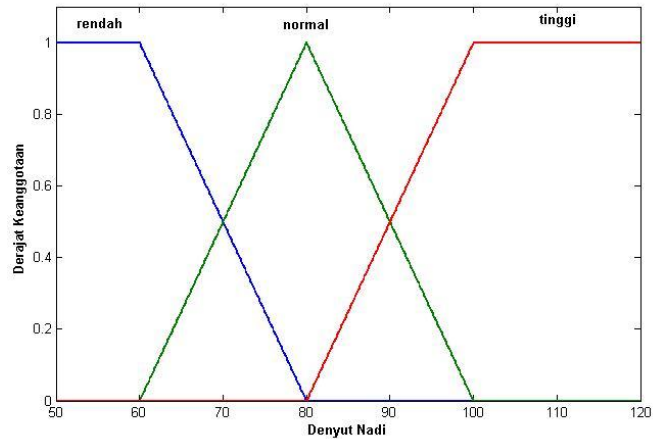
$$\mu(x) = \begin{cases} 1 ; x \leq a \\ \frac{(b - x)}{(b - a)} ; a \leq x \leq b \\ 0 ; x \geq b \end{cases}$$



Fungsi Keanggotaan yang merepresentasikan kurva bahu kanan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq b \\ \frac{(x - b)}{(c - b)} & ; b \leq x \leq c \\ 1 & ; x \geq c \end{cases}$$

Contoh 2.6:



Gambar 2.11 Himpunan Fuzzy : Usia pada  $U=[50,120]$

Fungsi Keanggotaan :

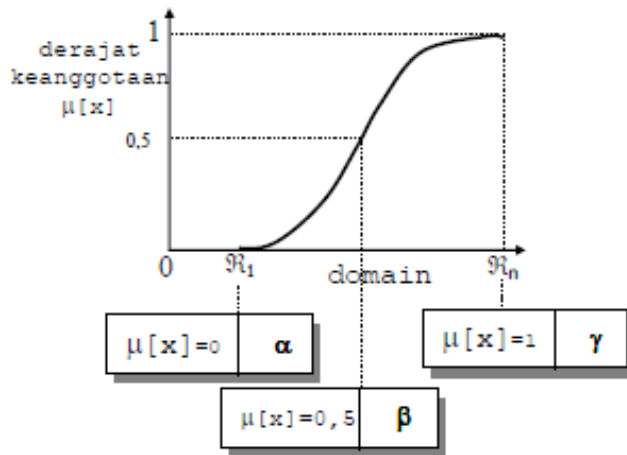
$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; x \leq 60 \\ \frac{(80 - x)}{20} & ; 60 \leq x \leq 80 \\ 0 & ; x \geq 80 \end{cases}$$

$$\mu_{normal}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 60 \text{ atau } x \geq 100 \\ \frac{(x - 60)}{20} & ; 60 \leq x \leq 80 \\ \frac{(80 - x)}{20} & ; 80 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 80 \\ \frac{(x - 80)}{20} & ; 80 \leq x \leq 100 \\ 1 & ; x \geq 100 \end{cases}$$

e. Representasi Kuva-S

Kurva-S didefinisikan dengan 3 parameter, yaitu: nilai keanggotaan nol ( $\alpha$ ), nilai keanggotaan lengkap ( $\gamma$ ), dan titik infleksi atau crossover ( $\beta$ ) yaitu titik yang memiliki domain 50% benar.

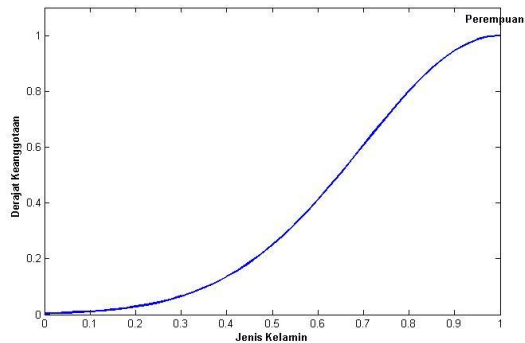


Gambar 2.12 Karakteristik fungsi kurva-S

Fungsi Keanggotaan:

$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0; & x \leq \alpha \\ 2\left(\frac{x-\alpha}{\gamma-\alpha}\right)^2; & \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2\left(\frac{\gamma-x}{\gamma-\alpha}\right)^2; & \beta \leq x \leq \gamma \\ 1; & x \geq \gamma \end{cases}$$

Contoh 2.7:



Gambar 2.13 Himpunan Fuzzy : Jenis Kelamin Perempuan pada  $U=[0,1]$

Fungsi Keanggotaan:

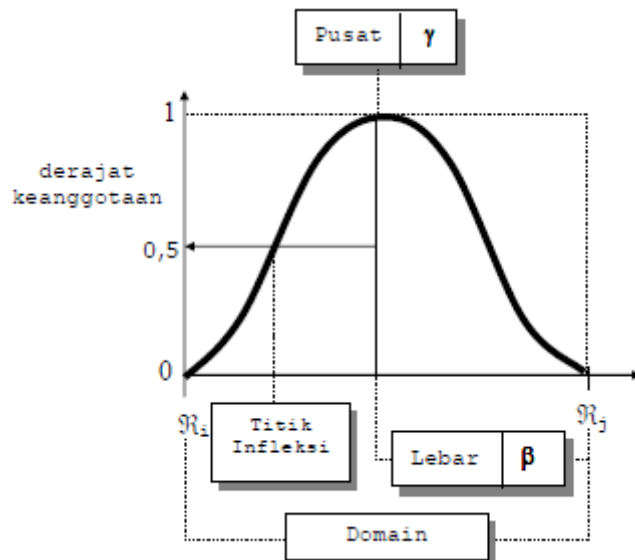
$$S_{perempuan}(x; 0, 0,65, 1) = \begin{cases} 0; & x \leq 0 \\ 2\left(\frac{x-0}{1}\right)^2; & 0 \leq x \leq 0,65 \\ 1 - 2\left(\frac{1-x}{1}\right)^2; & 0,65 \leq x \leq 1 \\ 1; & x \geq 1 \end{cases}$$

f. Representasi Kurva Bentuk Lonceng (*Bell Curve*)

Untuk merepresentasikan bilangan *fuzzy*, biasanya digunakan kurva berbentuk lonceng. Kurva berbentuk lonceng ini terbagi atas 3 kelas, yaitu:

(i) Kurva PI

Kurva PI berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 terletak pada pusat dengan domain ( $\gamma$ ), dan lebar kurva ( $\beta$ ) seperti terlihat pada Gambar 8.

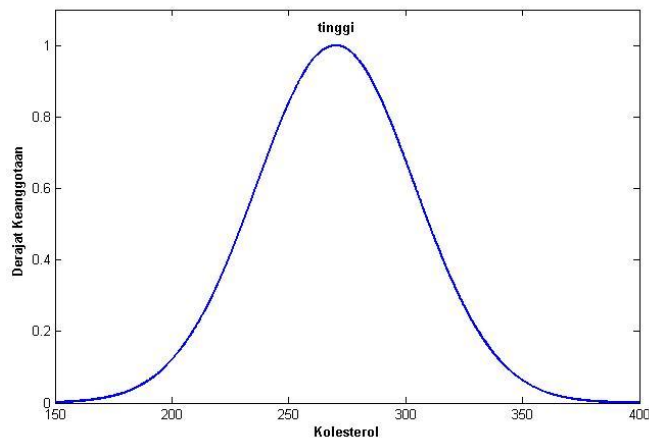


Gambar 2.14 Karakteristik fungsional kurva PI

Fungsi Keanggotaan:

$$\Pi(x, \beta, \gamma) = \begin{cases} S(x; \gamma - \beta, \gamma - \frac{\beta}{2}, \gamma) \rightarrow x \leq \gamma \\ 1 - S(x; \gamma, \gamma + \frac{\beta}{2}, \gamma + \beta) \rightarrow x > \gamma \end{cases}$$

Contoh 2.8:



**Gambar 2.15 Himpunan *Fuzzy* : Kolesterol Tinggi pada  $U=[150,400]$**

Fungsi Keanggotaan :

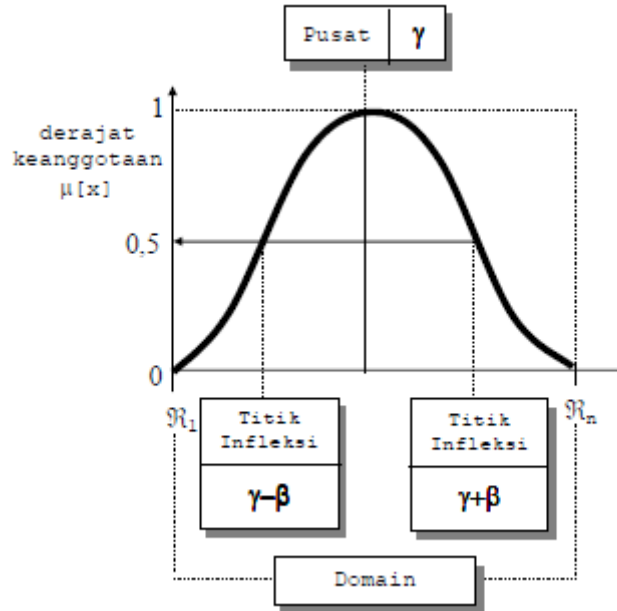
$$\begin{aligned} & \Pi_{\text{tinggi}}(x, 34,03 ; 270) \\ = & \begin{cases} S(x; 270 - 34,03; 270 - \frac{34,03}{2}; 270) \rightarrow x \leq 270 \\ 1 - S(x; 270 ; 270 + \frac{34,03}{2} ; 270 + 34,03) \rightarrow x > 270 \end{cases} \end{aligned}$$

(ii) Kurva BETA

Kurva BETA juga berbentuk lonceng namun lebih rapat.

Kurva ini juga didefinisikan dengan 2 parameter, yaitu nilai

pada domain yang menunjukkan pusat kurva ( $\gamma$ ), dan setengah lebar kurva ( $\beta$ ) seperti terlihat pada Gambar 9.

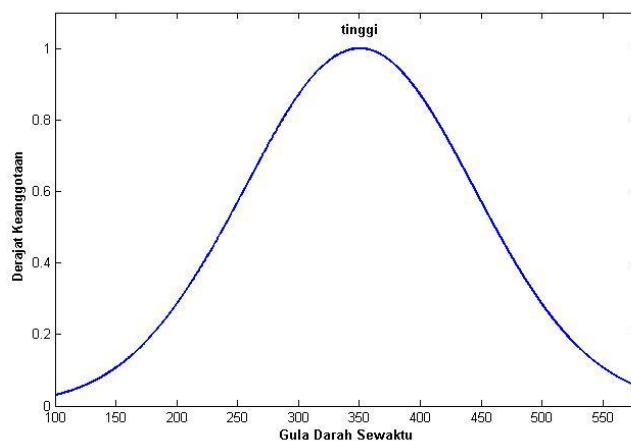


**Gambar 2.16 Karakteristik fungsional kurva BETA**

Fungsi Keanggotaan:

$$B(x; \gamma, \beta) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^2}$$

Contoh 2.9:



**Gambar 2.17 Himpunan Fuzzy : Gula Darah Sewaktu Tinggi pada  $U=[100,575]$**

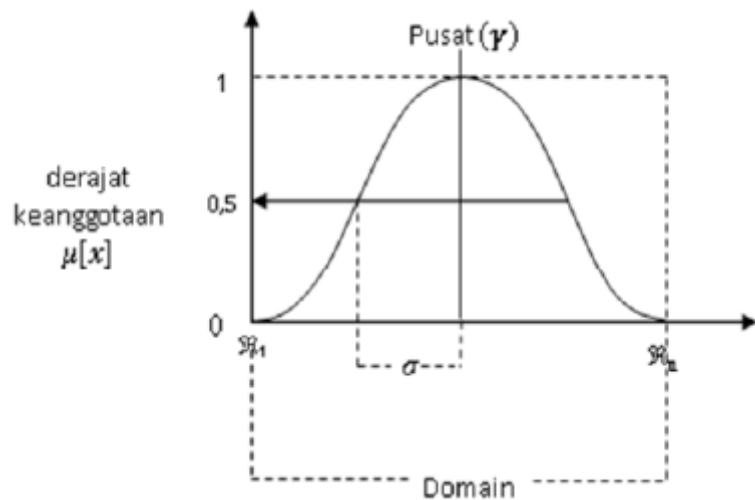
Fungsi Keanggotaan :

$$B_{tinggi}(x; 350 ; 47,315) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x - 350}{47,315}\right)^2}$$

Salah satu perbedaan kurva BETA dan kurva PI adalah fungsi keanggotaannya akan mendekati nol hanya jika nilai ( $\beta$ ) sangat besar.

(iii) Kurva GAUSS

Kurva Gauss merupakan kurva berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 terletak pada pusat dengan domain  $\gamma$ , dan lebar kurva  $\sigma$  seperti pada gambar berikut:

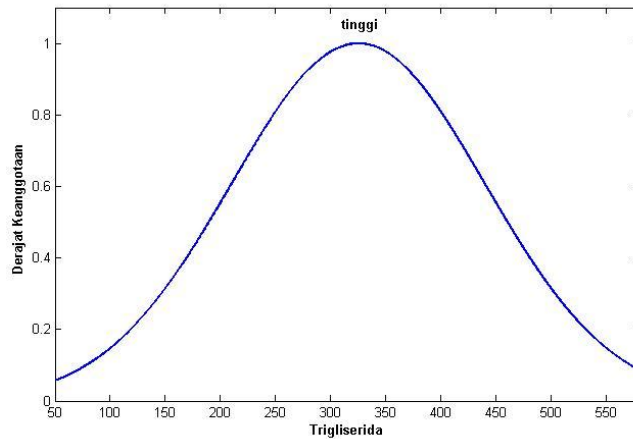


**Gambar 2.18 Karakteristik fungsional kurva GAUSS**

Fungsi Keanggotaan:

$$G(x; \sigma, \gamma) = e^{-\frac{(x-\gamma)^2}{2\sigma^2}}$$

Contoh 2.10 :



**Gambar 2.19** Himpunan *Fuzzy* : Trigliserida Tinggi pada  $U=[50,575]$

Fungsi Keanggotaan :

$$G_{tinggi}(x; 115,325) = e^{-\frac{(x-325)^2}{2(115)^2}}$$

### 3. Operator Dasar Zadeh untuk Operasi Himpunan *Fuzzy*

Terdapat beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama *fire strength* atau  $\alpha$ -predikat. Ada 3 operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu (Sri Kusumadewi, 2002:60):

#### a. Operator AND

Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan.  $\alpha$ -predikat sebagai hasil operasi dengan operator AND

diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\alpha - \text{predikat} = \mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y])$$

Contoh 2.11:

Misalkan nilai keanggotaan 68 pada himpunan usia Tua adalah 0,99402 ( $\mu_{tua}[68] = 0,99402$ ) dan nilai keanggotaan 81 pada himpunan denyut nadi Tinggi adalah 0,038442 ( $\mu_{tinggi}[81] = 0,99402$ ).

Maka  $\alpha - \text{predikat}$  untuk usia Tua **dan** denyut nadi Tinggi adalah:

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat} &= \mu_{tua \cap tinggi} = \min(\mu_{tua}[68], \mu_{tinggi}[81]) \\ &= \min(0,99402; 0,038442) = 0,038442 \end{aligned}$$

b. Operator OR

Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan.  $\alpha$ -predikat sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\alpha - \text{predikat} = \mu_{A \cup B} = \max(\mu_A[x], \mu_B[y])$$

Contoh 2.12:

Misalkan nilai keanggotaan 68 pada himpunan usia Tua adalah 0,99402 ( $\mu_{tua}[68] = 0,99402$ ) dan nilai keanggotaan 81 pada himpunan denyut nadi Tinggi adalah 0,038442 ( $\mu_{tinggi}[81] = 0,99402$ ).



Maka  $\alpha$  – predikat untuk usia Tua **atau** denyut nadi Tinggi adalah:

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat} &= \mu_{\text{tua} \cup \text{tinggi}} = \max(\mu_{\text{tua}}[68], \mu_{\text{tinggi}}[81]) \\ &= \max(0,99402; 0,038442) = 0,99402\end{aligned}$$

c. Operator NOT

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan.  $\alpha$ -predikat sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

$$\alpha - \text{predikat} = \mu'_A = 1 - \mu_A[x]$$

Contoh 2.13:

Misalkan nilai keanggotaan 68 pada himpunan usia Tua adalah 0,99402 ( $\mu_{\text{tua}}[68] = 0,99402$ ) dan nilai keanggotaan 81 pada himpunan denyut nadi Tinggi adalah 0,038442 ( $\mu_{\text{tinggi}}[81] = 0,038442$ ).

$\alpha$  – predikat untuk usia Tidak Tua:

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat} &= \mu'_{\text{tua}} = 1 - \mu_{\text{tua}}[68] \\ &= 1 - 0,99402 \\ &= 0,00598\end{aligned}$$

$\alpha$  – predikat untuk denyut nadi Tidak Tinggi:

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat} &= \mu'_{\text{tinggi}} = 1 - \mu_{\text{tinggi}}[81] \\ &= 1 - 0,038442 = 0,961558\end{aligned}$$

### C. Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan perluasan dari logika klasik. Proposisi logika klasik hanya mengenal benar atau salah dengan proposisi nilai 0 dan 1. Sedangkan logika *fuzzy* menyamaratakan 2 nilai logika klasik dengan proposisi nilai kebenaran pada interval  $[0,1]$  (Wang, 1997: 73). Logika *fuzzy* memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output.

Alasan digunakannya logika *fuzzy*, antara lain (Sri Kusumadewi, 2002:3):

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami.

Berikut ini adalah contoh penerapan logika *fuzzy*, yaitu:

1. Manager pergudangan mengatakan pada manager produksi seberapa banyak persediaan barang pada akhir minggu ini, kemudian manager

produksi akan menetapkan jumlah barang yang harus diproduksi esok hari.

2. Pelayan restoran memberikan pelayanan terhadap tamu, kemudian tamu akan memberikan tip yang sesuai atas baik tidaknya pelayanan yang diberikan (Sri Kusumadewi, 2002: 2).

#### **D. Sistem Inferensi *Fuzzy* (*Fuzzy Inference System/FIS*)**

Salah satu aplikasi logika *fuzzy* yang telah berkembang amat luas dewasa ini adalah sistem inferensi *fuzzy* (*Fuzzy Inference System/FIS*), yaitu sistem komputasi yang bekerja atas dasar prinsip penalaran *fuzzy*. FIS telah berhasil diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti kontrol otomatis, klasifikasi data, analisis keputusan, dan sistem pakar. FIS sering disebut dengan nama lain, seperti *fuzzy-rule-based system*, *fuzzy expert system*, *fuzzy modelling*, *fuzzy logic controller*, dan tidak jarang cukup dengan sistem *fuzzy* (*fuzzy system*) (Agus, 2009:29). Ada beberapa FIS yang digunakan, salah satunya yaitu FIS Sugeno.

##### **1. Sistem Inferensi *Fuzzy* Sugeno**

Metode sistem inferensi *fuzzy* Sugeno diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985. Metode Sugeno hampir sama dengan metode Mamdani, hanya saja *output* sistem tidak berupa himpunan *fuzzy* melainkan berupa konstanta atau persamaan linear (Sri Kusumadewi, 2002:98). *Output* dari sistem inferensi *fuzzy* diperlukan 4 tahap, yaitu (Suwandi, 2011):

a. Tahap fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses mentransformasikan data pengamatan kedalam bentuk himpunan *fuzzy*.

b. Pembentukan aturan dasar data *fuzzy*

Aturan dasar *fuzzy* mendefinisikan hubungan antara fungsi keanggotaan dan bentuk fungsi keanggotaan hasil. Pada metode Sugeno *output* sistem tidak berupa himpunan *fuzzy* tetapi berupa konstanta atau persamaan linear. Metode Sugeno terdiri dari 2 jenis, yaitu:

(i) Model *Fuzzy* Sugeno Orde Nol

Secara umum bentuk *fuzzy* Sugeno orde nol adalah:

$$\text{IF}(x_1 \text{ is } A_1) \text{ o } (x_2 \text{ is } A_2) \text{ o } (x_3 \text{ is } A_3) \text{ o } \dots (x_N \text{ is } A_N) \text{ THEN } z = k$$

Dengan  $A_i$  adalah himpunan *fuzzy* ke- $i$  sebagai *antecedent* dan  $k$  adalah konstanta tegas sebagai konsekuen.

(ii) Model *Fuzzy* Sugeno Orde Satu

Secara umum bentuk *fuzzy* Sugeno orde satu adalah:

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \text{ o } (x_2 \text{ is } A_2) \text{ o } (x_3 \text{ is } A_3) \text{ o } \dots (x_N \text{ is } A_N) \quad \text{THEN}$$

$$z = p_1 * x_1 + \dots + p_N * x_N + q$$

Dengan  $A_i$  adalah himpunan *fuzzy* ke- $i$  sebagai *antecedent*,  $p_i$  konstanta tegas ke- $i$  dan  $q$  juga konstanta pada konsekuen.

c. Inferensi *fuzzy*

Secara umum inferensi *fuzzy* yang dapat digunakan yaitu sebagai berikut (Muhammad, 2014):

1. Min (*minimum*)

Fungsi ini akan memotong *output* himpunan *fuzzy*. Yaitu dengan mengambil derajat keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan yang bersangkutan.

2. Dot (*product*)

Fungsi ini akan menskala *output* himpunan *fuzzy*.

Pada metode Sugeno ini, fungsi implikasi yang digunakan adalah fungsi min.

d. Penegasan (*defuzzifikasi*)

Pada metode Sugeno *defuzzifikasi* dilakukan dengan perhitungan

*Weight Average (WA)* :

$$WA = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \alpha_3 z_3 + \dots + \alpha_n z_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n}$$

Keterangan:

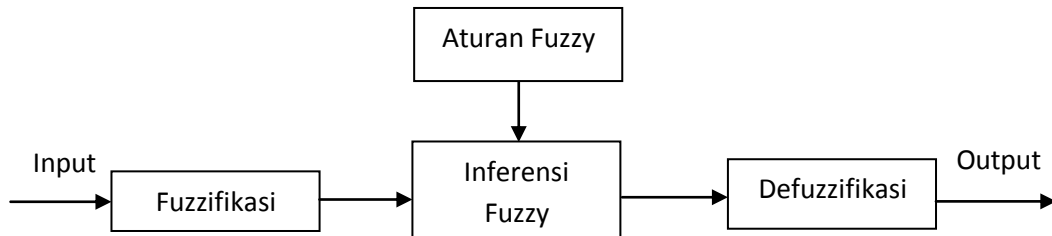
$WA$  = Hasil defuzzifikasi

$\alpha_n$  = nilai predikat (hasil inferensi *fuzzy*) pada aturan ke-n

$z_n$  = indeks nilai *output* (konstanta) ke-n

## 2. Susunan Sistem *Fuzzy*

Susunan sistem *fuzzy* dapat digambarkan pada diagram berikut:



**Gambar 2.20 Susunan Sistem *Fuzzy* (Wang, 1997:7)**

Berdasarkan Gambar 2.20, langkah-langkah dalam sistem *fuzzy* adalah sebagai berikut:

a. Menentukan *Input* dan *Output*

*Input* merupakan variabel/data yang akan dimasukkan pada suatu sistem. *Output* merupakan hasil dari keluaran atau kesimpulan dari *input* pada suatu sistem.

b. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi yaitu pemetaan dari himpunan tegas (sesuatu yang bernilai pasti) ke himpunan *fuzzy* (sesuatu yang bernilai samar) dengan suatu fungsi keanggotaan. Dengan kata lain, fuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah variabel non-*fuzzy* menjadi variabel *fuzzy* dengan suatu fungsi keanggotaan. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun maka nilai masukan tersebut menjadi informasi *fuzzy* yang selanjutnya akan digunakan untuk proses pengolahan secara *fuzzy*. Ada beberapa jenis fuzzifikasi yang dapat digunakan, salah satunya fuzzifikasi *singleton*. Fuzzifikasi *singleton* memetakan himpunan tegas  $x^* \in U$  kedalam *fuzzy singleton*  $A' \in U$  dengan derajat keanggotaan 1 jika pada  $x^*$  dan 0 untuk yang lain, sehingga dapat dituliskan:

$$\mu_{A'}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x = x^* \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases}$$

Fuzzifikasi *singleton* menyederhanakan perhitungan di dalam sistem *fuzzy* untuk semua jenis fungsi keanggotaan aturan *fuzzy*.

c. Menentukan Aturan *Fuzzy*

Aturan Jika-Maka dapat dipresentasikan pada beberapa variabel *antecedent* (premis) dan satu variabel konsekuen (keluaran) dengan operator AND atau operator OR. Aturan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut (Wang, 1997:91):

Jika  $(x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ (x_3 \text{ is } A_3) \circ \dots (x_N \text{ is } A_N)$  Maka  $(y \text{ is } B)$ . Dengan  $(x_1 \text{ is } A_1) \dots (x_N \text{ is } A_N)$  menyatakan *antecedent* sedangkan  $(y \text{ is } B)$  menyatakan konsekuen dan “o” menyatakan operator himpunan *fuzzy* (misal AND atau OR).

d. Melakukan Inferensi *Fuzzy*

Metode inferensi sistem *fuzzy* terdiri dari:

i. Metode Max (Maximum)

Solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasikan daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator OR (*union*). Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}(x_i) = \max(\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i))$$

dengan:

$\mu_{sf}(x_i)$  = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}(x_i)$  = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

ii. Metode *Additive* (SUM)

Solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}(x_i) = \min(1, \mu_{sf}(x_i) + \mu_{kf}(x_i))$$

dengan:

$\mu_{sf}(x_i)$  = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}(x_i)$  = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

Untuk metode Sugeno ini, inferensi yang cocok untuk digunakan adalah fungsi MIN.

iii. Metode Probabilistik OR (probor)

Solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}(x_i) = \min(\mu_{sf}(x_i) + \mu_{kf}(x_i)) - (\mu_{sf}(x_i) * \mu_{kf}(x_i))$$

dengan:

$\mu_{sf}(x_i)$  = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}(x_i)$  = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

e. Melakukan Defuzzifikasi

*Input* dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut (Agus, 2009:35).



f. Menentukan Tingkat Keberhasilan

Tingkat keberhasilan suatu sistem dapat diukur dari nilai *Accuracy*. *Accuracy* merupakan ukuran ketepatan/ kedekatan hasil pemodelan dengan kenyataannya (persoalan yang sebenarnya).

Nilai *accuracy* dapat dihitung dengan rumus berikut (Senthil, 2013:22):

$$Accuracy = \frac{Data\ yang\ benar}{Data\ keseluruhan} \times 100\% .$$

**E. Proses *Fuzzy Inference System* (FIS)**

Proses *Fuzzy Inference* dapat dibagi menjadi 5 bagian, yaitu (Agus, 2009:31):

1. Fuzzifikasi *Input*

*Fuzzy Inference System* (FIS) mengambil masukan-masukan dan menentukan derajat keanggotaannya dalam semua himpunan *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan masing-masing himpunan *fuzzy*.

2. Operasi Logika *fuzzy*

Operasi logika *fuzzy* perlu dilakukan jika bagian *antecedent* lebih dari satu pernyataan. Hasil akhir dari operasi ini adalah derajat kebenaran *antecedent* yang berupa bilangan tunggal. Bilangan ini nantinya diteruskan ke bagian konsekuensi (keluaran). Operasi *fuzzy* yang digunakan adalah operasi AND dan OR.

### 3. Implikasi

Implikasi adalah proses mendapatkan konsekuen (keluaran) sebuah aturan IF-THEN berdasarkan derajat kebenaran *antecedent*.

### 4. Agregasi

Agregasi adalah proses mengkombinasikan keluaran semua aturan IF-THEN menjadi sebuah himpunan *fuzzy* tunggal. Pada dasarnya agregasi adalah operasi logika *fuzzy* OR dengan masukannya adalah semua himpunan *fuzzy* keluaran dari aturan IF-THEN.

### 5. Defuzzifikasi

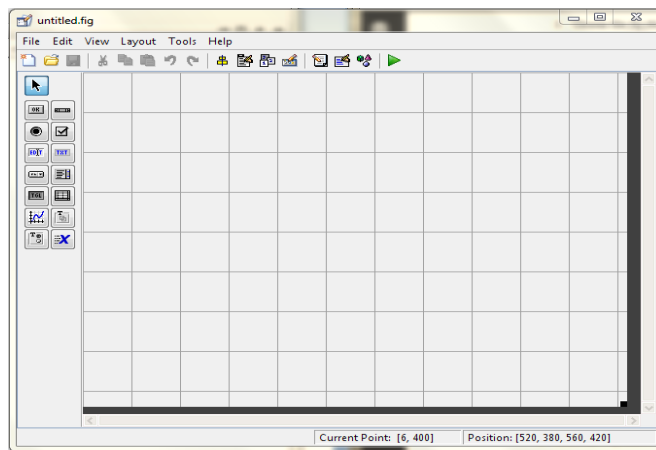
Pada Matlab telah disediakan *Fuzzy Logic Toolbox*. *Fuzzy Logic Toolbox* dapat digunakan untuk membangun sistem *fuzzy*.

## F. *Graphical User Interface Design (GUIDE)*

MATLAB (*Matrix Laboratory*) merupakan salah satu perangkat lunak yang dirancang khusus sebagai solusi untuk mengerjakan permasalahan yang berkaitan dengan matematika dan lebih khusus berupa matriks. Sebagai perangkat lunak yang dibangun secara kompleks, MATLAB dilengkapi dengan *Graphical User Interface Design (GUIDE)* atau alat yang berfungsi untuk merancang suatu tampilan berbasis visual (*Windows*) (Arif, 2006:106).

*Graphical User Interface Design (GUIDE)* merupakan sekumpulan alat MATLAB yang dirancang untuk membangun GUI (*Graphical User Interface*) dengan mudah dan cepat. GUI adalah tampilan grafis yang

memudahkan pengguna berinteraksi dengan perintah teks. Desain sebuah *figure* dari GUI sangat beragam dengan fasilitas *Uicontrol* (*Control User Interface*) yang telah tersedia pada *editor figure*. Berikut ini adalah tampilan GUI dengan perintah GUIDE ditunjukkan Gambar 2.21.



**Gambar 2.21 Tampilan GUI**