

# LOGIKA FUZZY



*Matematika Diskrit*

# Logika Klasik Vs Logika Fuzzy

- **Logika klasik** :”segala sesuatu bersifat biner” , Sehingga semua ini dapat mempunyai nilai keanggotaan **0 atau 1**
- **Logika fuzzy** adalah metodologi sistem kontrol pemecahan masalah, yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem
  - logika fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan berada diantara 0 dan 1.

# Kelebihan Logika Fuzzy

- Mudah dimengerti,
- Memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat,
- Memodelkan fungsi nonlinear yang sangat kompleks,
- Mengaplikasikan pengalaman pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan,
- Bekerjasama dengan teknik kendali secara konvensional,
- Didasarkan pada bahasa alami

# Dasar-Dasar Logika Fuzzy

Variable Fuzzy

Himpunan Fuzzy

- Atribut Linguistik
- Atribut Numerik

Semesta Pembicaraan

- Rentang nilai

Domain Himpunan Fuzzy

# Dasar-Dasar Logika Fuzzy

## 1. Variabel fuzzy

- yaitu variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem fuzzy.
- Contoh: penghasilan, temperatur, permintaan, umur dan sebagainya.

## 2. Himpunan fuzzy

- yaitu suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy.
- Atribut Himpunan Fuzzy: (2)
  - **Linguistik**, yaitu nama suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dengan menggunakan bahasa alami, misalnya:
    - DINGIN, SEJUK, PANAS mewakili variabel temperatur,
    - MUDA, PAROBAYA, TUA, mewakili variabel umur.
  - **Numeris**, yaitu suatu nilai yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, misalnya: 10, 35, 40, dan sebagainya.

# Dasar-Dasar Logika Fuzzy

3. **Semesta pembicaraan**, yaitu seluruh nilai yang diijinkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy.

- Contoh:

- Semesta pembicaraan untuk variabel permintaan:  $[0 +\infty)$
- Semesta pembicaraan untuk variabel temperatur:  $[-10 \ 90]$

4. **Domain himpunan fuzzy**, yaitu seluruh nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy.

# Fungsi Keanggotaan

- **Fungsi keanggotaan** adalah **grafik** yang mewakili besar dari derajat keanggotaan masing-masing variabel input yang berada dalam interval antara 0 dan 1.
- **Derajat keanggotaan** sebuah variabel  $x$  dilambangkan dengan simbol  $\mu(x)$ .

# Fungsi Keanggotaan

## 1. Kurva Linear

- Naik
- Turun

## 2. Kurva segitiga

## 3. Kurva Trapesium

## 4. Kurva Bahu

## 5. Kurva-S (Sigmoid)

- Pertumbuhan
- Penyusutan

## 6. Kurva Bentuk Lonceng

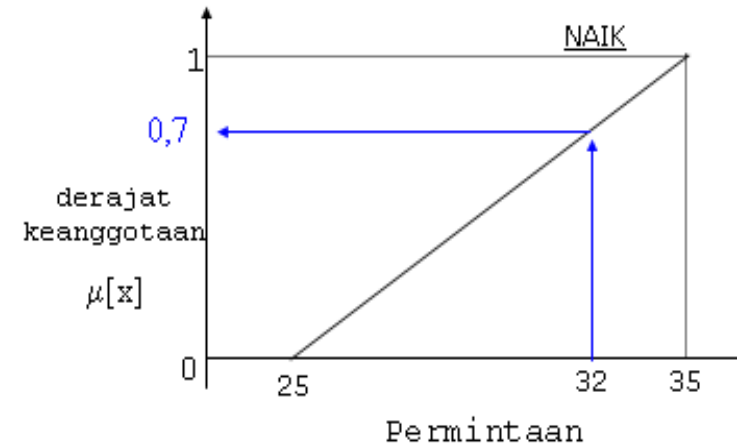
- Kurva PI
- Kurva Beta
- Kurva Gaus



# 1. Kurva Linear Naik

Berapa derajat keanggotaan 32 pada himpunan NAIK?

- $\mu_{\text{NAIK}}[32]$
- $= (32 - 25) / (35 - 25)$
- $= 7/10$
- $= 0,7$



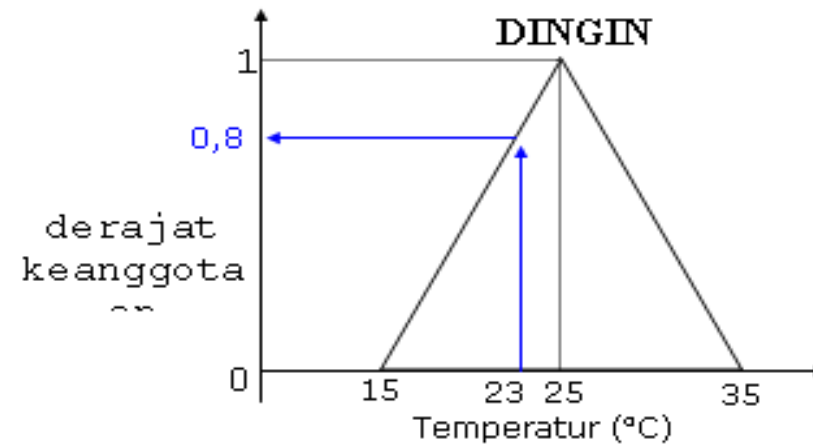
Gambar 5.3: Himpunan fuzzy : NAIK.

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

## 2. Kurva Segitiga

Berapa derajat keanggotaan 23 pada himpunan DINGIN tersebut ?

- $\mu_{\text{DINGIN}}[23]$
- $= (23-15)/(25-15)$
- $= 8/10$
- $= 0,8$

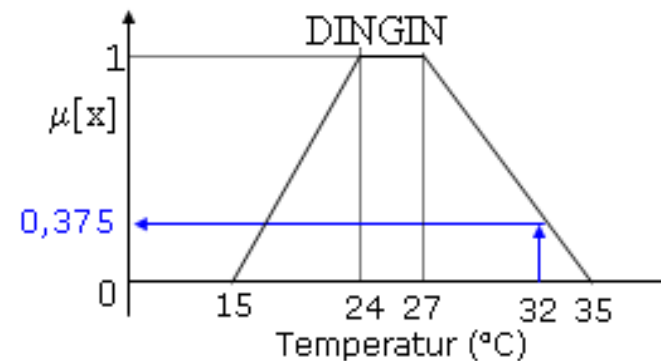


Gambar 5.7: Himpunan fuzzy: DINGIN

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

### 3. Kurva Trapesium

- Berapa derajat keanggotaan 32 dan 25 pada himpunan DINGIN tersebut ?
- $m_{DINGIN} [32]$
- $= (35-32)/(35-27)$
- $= 3/8$
- $= 0,375$
- $m_{DINGIN} [25] = 1$

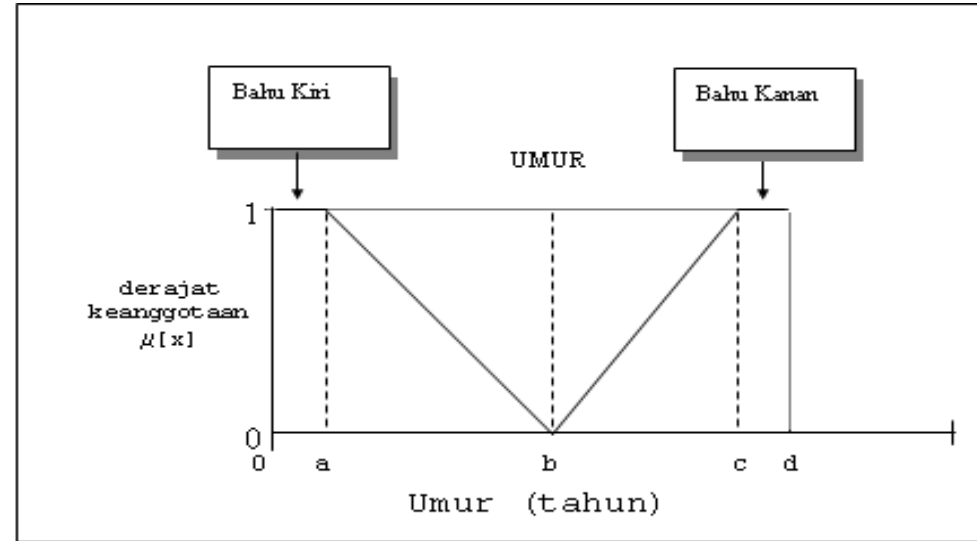


Gambar 5.9: Himpunan fuzzy: DINGIN (kurva trapesium).

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

## 4. Kurva Bahu

- Kurva Bentuk Bahu

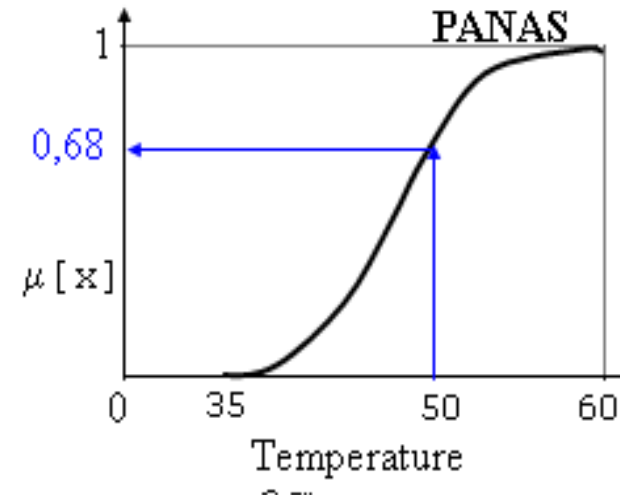


Gambar 5.10: Grafik keanggotaan kurva "bahu" pada variabel umur

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

## 5. Kurva-S : Pertumbuhan

- Berapa derajat keanggotaan PANAS pada variabel temperatur, bila sebuah benda mempunyai temperatur 50°C
- $\mu_{\text{PANAS}}[50]$
- $= 1 - 2((60-50)/(60-35))^2$
- $= 1 - 2(10/25)^2$
- $= 0,68$

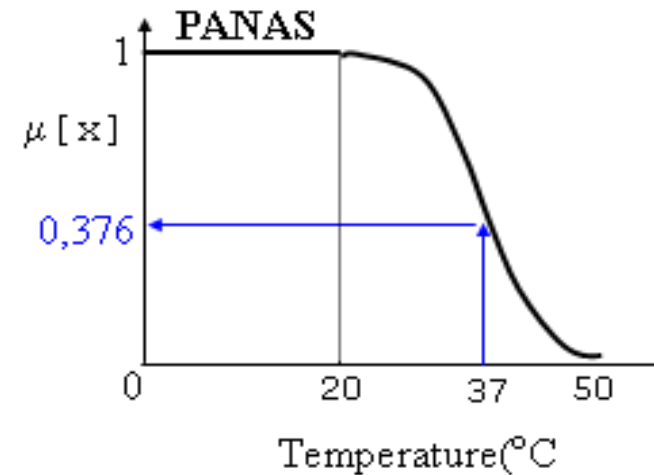


Gambar 5.12: Himpunan Fuzzy PANAS.

$$\mu(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & \rightarrow x \leq a \\ 2((x-a)/(c-a))^2 & \rightarrow a \leq x \leq b \\ 1 - 2((c-x)/(c-a))^2 & \rightarrow b \leq x \leq c \\ 1 & \rightarrow x \geq c \end{cases}$$

## 5. Kurva-S : Penyusutan

- Berapa derajat keanggotaan PANAS pada variabel temperatur, bila sebuah benda mempunyai temperatur 37°C
- mMUDA[37]
- $= 2((50-37)/(50-20))^2$
- $= 2(13/30)^2$
- $= 0,376$

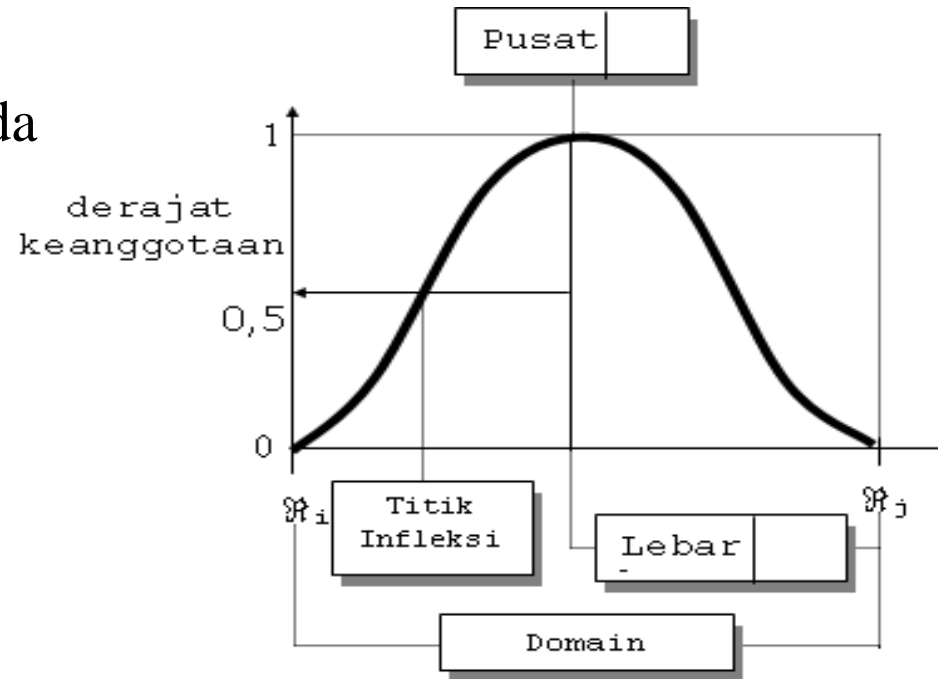


Gambar 5.13: Himpunan Fuzzy PANAS.

$$S(x; a, b, c) = \begin{cases} 1 & \rightarrow x \leq a \\ 1 - 2((x - a)/(c - a))^2 & \rightarrow a \leq x \leq b \\ 2((c - x)/(c - a))^2 & \rightarrow b \leq x \leq c \\ 0 & \rightarrow x \geq c \end{cases}$$

## 6. Kurva Bentuk Lonceng - Pi

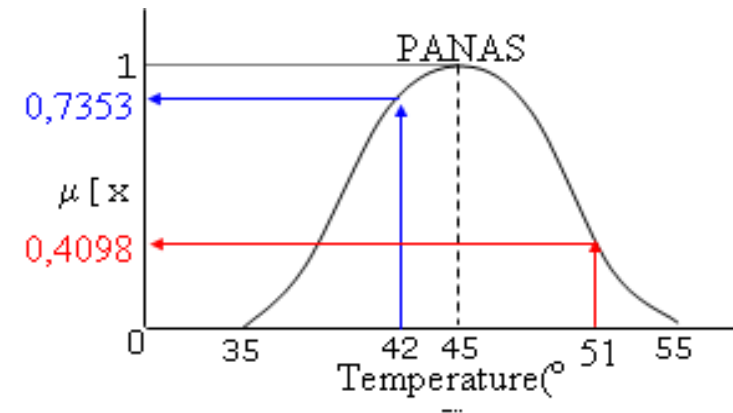
- Berapa derajat keanggotaan PANAS pada variabel temperatur, bila sebuah benda mempunyai dua buah sisi,
  - sisi depan temperaturnya 42 °C
  - Dan sisi belakang temperaturnya 51°C.
- $mPANAS[42]$
- $= 1 - 2((45-42)/(45-35))^2$
- $= 1 - 2(3/10)^2$
- $= 0,82$
- $mPANAS[51]$
- $= 2((55-51)/(55-45))^2$
- $= 2(4/10)^2$
- $= 0,32$



$$\Pi(x, b, c) = \begin{cases} S\left(x; c-b, c-\frac{b}{2}, c\right) & \rightarrow x \leq c \\ 1-S\left(x; c, c+\frac{b}{2}, c+b\right) & \rightarrow x > c \end{cases}$$

## 6. Kurva Bentuk Lonceng - Beta

- Berapa derajat keanggotaan PANAS pada variabel temperatur, bila sebuah benda mempunyai dua buah sisi,
  - sisi depan temperaturnya 42 °C
  - dan sisi belakang temperaturnya 51°C.
- $mPANAS[42]$
- $= 1/(1+((42-45)/5)^2)$
- $= 0,7353$
- $mPANAS[51]$
- $= 1/(1+((51-45)/5)^2)$
- $= 0,4098$

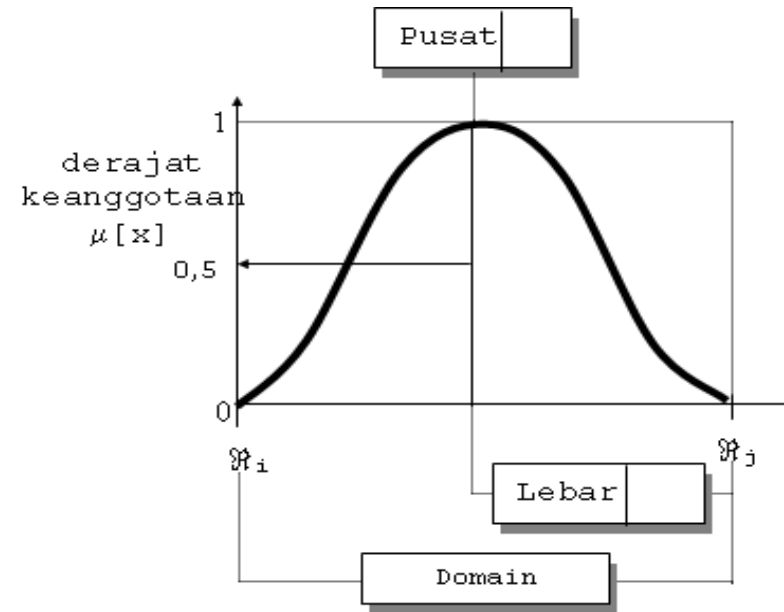


$$B(x; c, b) = \frac{1}{1 + \left( \frac{x - c}{b} \right)^2}$$



## 6. Kurva Bentuk Lonceng - Gauss

- Berapa derajat keanggotaan PANAS pada variabel temperatur, bila sebuah benda mempunyai dua buah sisi,
  - sisi depan temperaturnya 42 °C
  - dan sisi belakang temperaturnya 51°C.
- $mPANAS[42]$
- $= 1/(1+((42-45)/5)^2)$
- $= 0,7353$
- $mPANAS[51]$
- $= 1/(1+((51-45)/5)^2)$
- $= 0,4098$



$$G(x; L, c) = e^{-L(c-x)^2}$$

# Operasi Himpunan

Union  
(Gabungan)

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \} \text{ untuk setiap } x \in X$$

Intersection  
(Irisan)

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \} \text{ untuk setiap } x \in X$$

Complement  
(komplemen)

$$\mu_{A^c}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

# Operasi Himpunan

- Misalkan nilai keanggotaan temperatur 45°C pada himpunan PANAS adalah 0,6 ( $m_{\text{PANAS}}[45]=0,6$ ) dan nilai keanggotaan 50 pcs/hari pada himpunan produksi NAIK adalah 0,3 ( $m_{\text{NAIK}}[50]=0,3$ ), maka  $\alpha$ -predikat untuk temperatur :

**PANAS OR produksi  
NAIK**  
( $m_{\text{PANAS}} \cup m_{\text{NAIK}}$ )

- $= \max\{ m_{\text{PANAS}}[45], m_{\text{NAIK}}[50] \}$
- $= \max\{ 0,6; 0,3 \}$
- $= 0,6$

**PANAS AND  
produksi NAIK**  
( $m_{\text{PANAS}} \cap m_{\text{NAIK}}$ )

- $= \min\{ m_{\text{PANAS}}[45], m_{\text{NAIK}}[50] \}$
- $= \min\{ 0,6; 0,3 \}$
- $= 0,3$

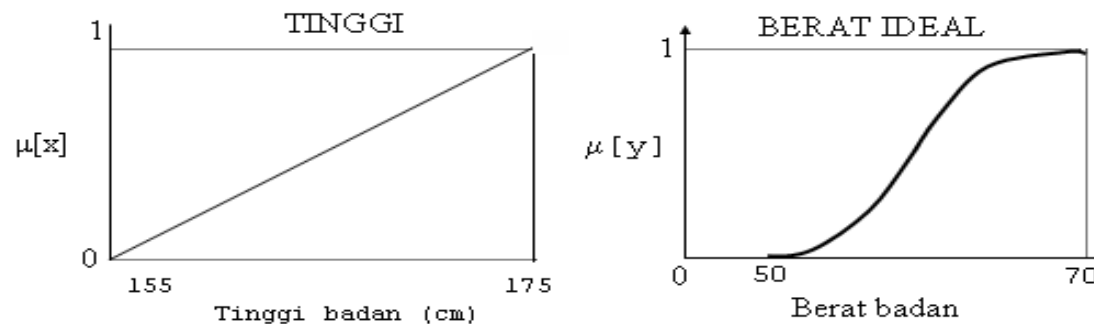
**Complement  
(komplemen)**

- $m_{\text{TIDAK\_PANAS}}[45]$
- $= 1 - 0,6$
- $= 0,4$

# Penalaran Monoton

- Penalaran monoton digunakan untuk merelasikan himpunan fuzzy A pada variabel  $x$  dan himpunan fuzzy B pada variabel  $y$  dengan cara membuat implikasi berikut

IF  $x$  is A THEN  $y$  is B



Gambar 5.19: himpunan Tinggi badan dan Berat badan

# Penalaran Monoton

- Relasi antara kedua himpunan diatas diekspresikan dengan aturan tunggal berikut:

IF TinggiBadan is TINGGI  
THEN BeratBadan is BERAT IDEAL

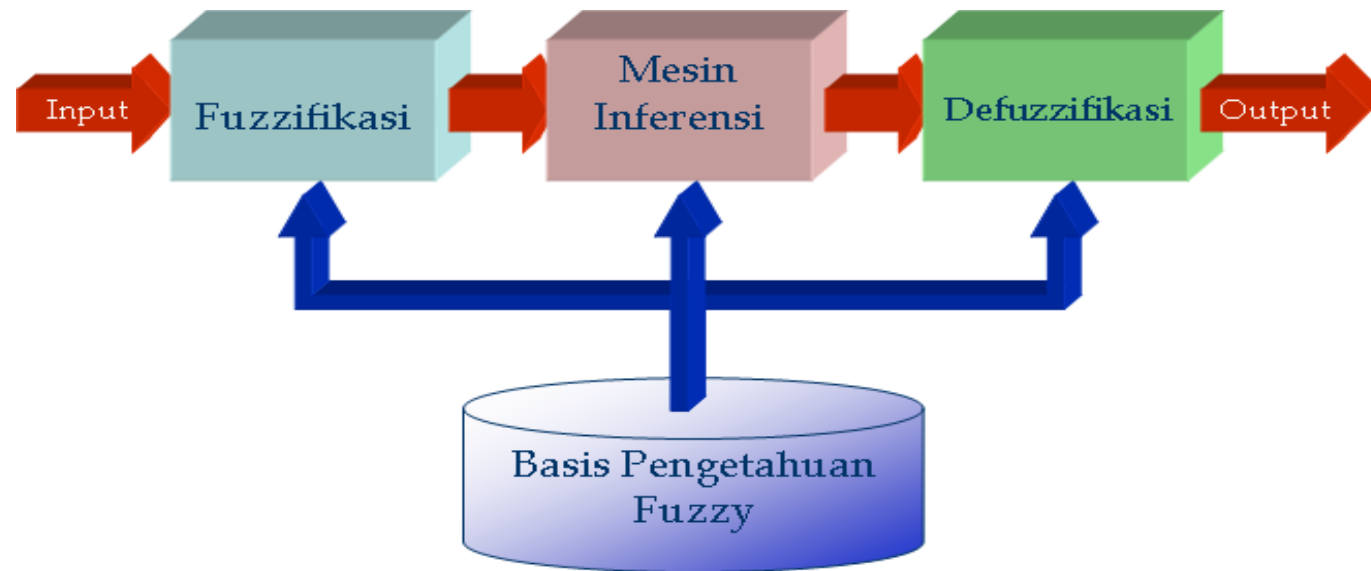
- Jika Toyes mempunyai tinggi badan 168 cm dengan berat badan 55 kg, apakah Toyes termasuk orang yang mempunyai berat badan ideal, kurus atau gemuk ?

# Penalaran Monoton

- Hitung bagian If (derajat tinggi badan)
  - Derajat Tinggi [168]  $= (168 - 155) / (175 - 155) = 0.65$
- Derajat Tinggi untuk merelasikan himpunan TINGGI dan BERAT IDEAL dengan cara menghitung bagian THEN, yaitu
  - Nilai Berat[0.65]  $\leftrightarrow 1 - 2[(70 - y) / (70 - 50)]^2 = 0.65$
  - $\leftrightarrow 1 - 2(70 - y)^2 / 400 = 0.65$
  - $\leftrightarrow 2(70 - y)^2 / 400 = 0.35$
  - $\leftrightarrow (70 - y)^2 = 70$
  - $\leftrightarrow (70 - y) = 8.366$
  - $\leftrightarrow y = 61.634 \text{ kg}$
- Berat badan Toyes adalah 55 kg, berarti Toyes termasuk orang **kurus**, karena berat badannya lebih rendah dari berat badan idealnya 61,634 kg.

# Sistem Inferensi Fuzzy

- **Sistem inferensi fuzzy** adalah cara memetakan ruang input menuju ruang output menggunakan logika fuzzy.



Gambar 5.22: Struktur sistem inferensi fuzzy

# Sistem Inferensi Fuzzy

- **Basis Pengetahuan** : kumpulan rule-rule dalam bentuk pernyataan IF...THEN yang dibuat oleh pakar dibidangnya.
- **Fuzzifikasi** : adalah proses untuk mengubah input sistem yang mempunyai nilai tegas menjadi variabel linguistik menggunakan fungsi keanggotaan yang disimpan dalam basis pengetahuan fuzzy.
- **Mesin inferensi**: proses untuk mengubah input fuzzy menjadi output fuzzy dengan cara mengikuti aturan-aturan (*IF-THEN Rules*) yang telah ditetapkan pada basis pengetahuan fuzzy.
- **DeFuzzifikasi** : mengubah output fuzzy yang diperoleh dari mesin inferensi menjadi nilai tegas menggunakan fungsi keanggotaan yang sesuai dengan saat dilakukan fuzzyfikasi.



# Sistem Inferensi Fuzzy

## METODE TSUKAMOTO

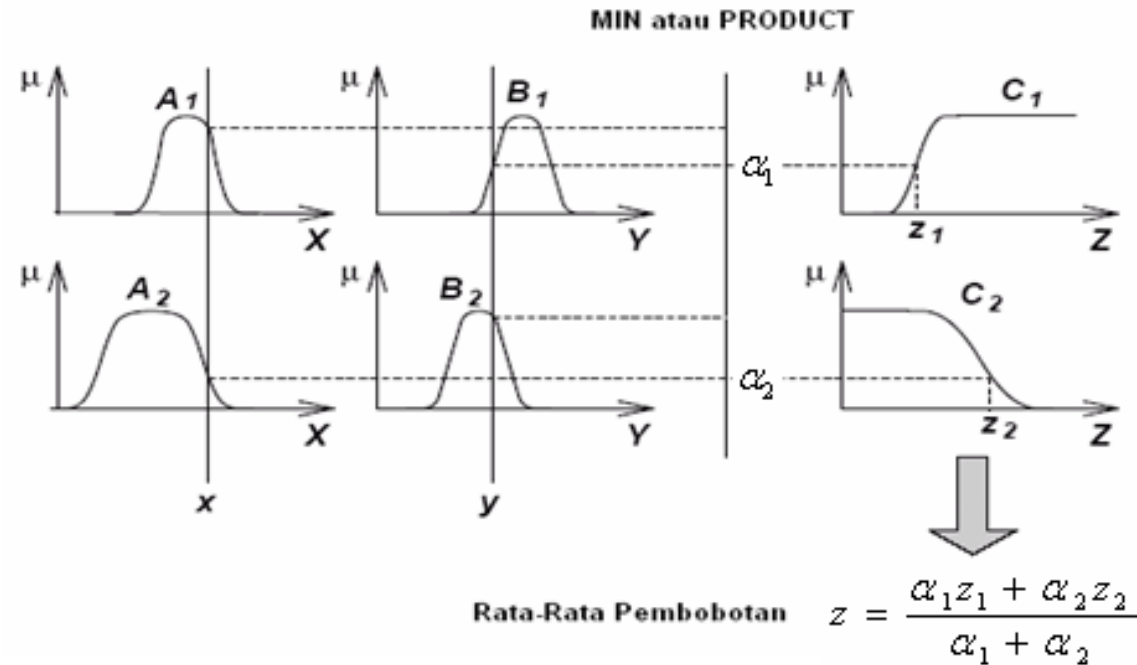
- Secara umum bentuk model fuzzy tsukamoto adalah:

If (x is A) and (y is B) then (z is C)

- Dimana A, B, dan C adalah himpunan fuzzy.
- Misalkan diketahui 2 rule berikut :
  - If (x is A1) and (y is B1) then (z is C1)
  - If (x is A2) and (y is B2) then (z is C2)

# Sistem Inferensi Fuzzy

## METODE TSUKAMOTO



**GAMBAR 5.23** menunjukkan skema penalaran fungsi implikasi min atau product dan proses defuzzifikasi dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya.

# Sistem Inferensi Fuzzy

## METODE MAMDANI

- **Metode Mamdani** paling sering digunakan dalam aplikasi-aplikasi karena strukturnya yang sederhana, yaitu menggunakan operasi min-max atau max-product.
- Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan:
  1. Fuzzyfikasi (pembentukan himpunan fuzzy dan perhitungan derajat keanggotaan)
  2. Aplikasi fungsi implikasi menggunakan fungsi min
  3. Komposisi antar rule menggunakan fungsi max atau max-product (menghasilkan himpunan fuzzy baru)
  4. Penegasan (defuzzy) menggunakan metode centroid

# Sistem Inferensi Fuzzy

## METODE MAMDANI

- Secara umum bentuk model fuzzy SUGENO adalah:

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \cdot \dots \cdot (x_N \text{ is } A_N) \text{ THEN } z = f(x, y)$$

- Catatan :
  - $A_1, A_2, \dots, A_N$ , adalah himpunan fuzzy ke-i sebagai anteseden
  - $z = f(x, y)$  adalah fungsi tegas (biasanya merupakan fungsi linier dari  $x$  dan  $y$ ).

# Contoh : Sistem Kontrol Frekuensi Putar Kipas Angin

- Untuk mengatur frekuensi putar kipas angin secara otomatis digunakan sistem kontrol.
- Variabel dan data spesifikasi dari pabrik,
  - **kecepatan** putar kipas angin terkecil 1000 rpm (rotary per menit) dan terbesar 5000 rpm,
  - kemampuan sensor **suhu** ruangan berada dalam interval 100 Kelvin hingga 600 Kelvin,
  - sumber **frekuensi** putar kipas sebesar 2000 rpm - 7000 rpm.
- Berapa sumber frekuensi putar kipas angin yang dihasilkan sistem kontrol tersebut bila pada saat itu sensor suhu menunjukkan angka 300 K sedangkan kipas angin berputar dengan kecepatan 4000 rpm ?
- Selesaikan masalah ini dengan menggunakan metode :
  - a) Tsukamoto
  - b) Mamdani
  - c) sugeno

# Contoh : Sistem Kontrol Frekuensi Putar Kipas Angin

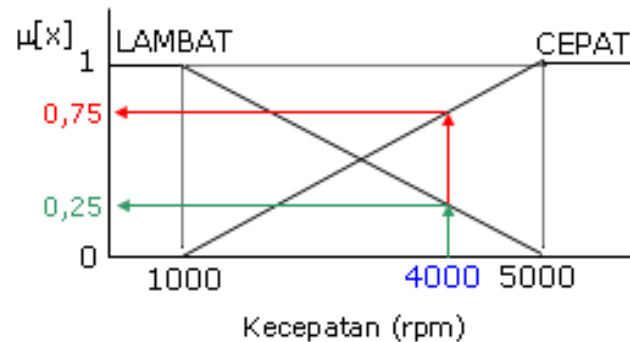
- Rule:

- [R1] IF kecepatan LAMBAT And suhu TINGGI THEN frekuensi KECIL;
- [R2] IF kecepatan LAMBAT And suhu RENDAH THEN frekuensi KECIL;
- [R3] IF kecepatan CEPAT And suhu TINGGI THEN frekuensi BESAR;
- [R4] IF kecepatan CEPAT And suhu RENDAH THEN frekuensi BESAR;

- Rule khusus Sugeno:

- [R1] IF kecepatan LAMBAT And suhu TINGGI THEN  $\text{frekuensi} = 0,5 * \text{kecepatan} + 1700$ ;
- [R2] IF kecepatan LAMBAT And suhu RENDAH THEN  $\text{frekuensi} = 2 * \text{kecepatan} - 4000$ ;
- [R3] IF kecepatan CEPAT And suhu TINGGI THEN  $\text{frekuensi} = 0,5 * \text{kecepatan} + 2000$ ;
- [R4] IF kecepatan CEPAT And suhu RENDAH THEN  $\text{frekuensi} = \text{kecepatan} + 700$ ;

# Metode Tsukamoto (FUZZIFIKASI)- Kecepatan

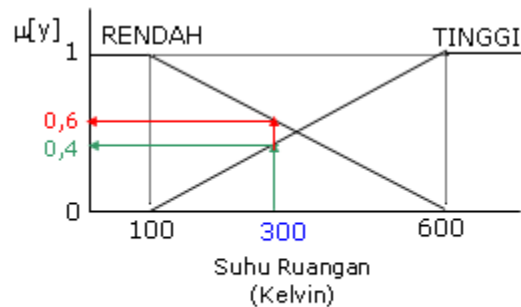


Gambar 5.2 7: Fungsi keanggotaan variabel Kecepatan

$$\mu_{LAMBAT}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 1000 \\ \frac{5000 - x}{4000}, & 1000 \leq x \leq 5000 \\ 0, & x \geq 5000 \end{cases}$$
$$\mu_{CEPAT}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 1000 \\ \frac{x - 1000}{4000}, & 1000 \leq x \leq 5000 \\ 1, & x \geq 5000 \end{cases}$$

- Derajat keanggotaan untuk kecepatan 4000 rpm adalah:
- $\mu_{LAMBAT}[4000]$   
 $= (5000 - 4000) / 4000$   
 $= 0,25$
- $\mu_{CEPAT}[4000]$   
 $= (4000 - 1000) / 4000$   
 $= 0,75$

# Metode Tsukamoto (FUZZIFIKASI)- Suhu



Gambar 5.28: Fungsi keanggotaan variable Suhu

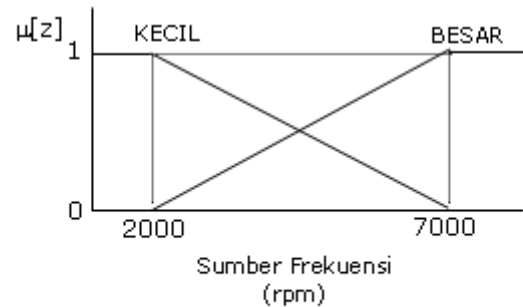
$$\mu_{RENDAH}[y] = \begin{cases} 1, & y \leq 100 \\ \frac{600 - y}{500}, & 100 \leq y \leq 600 \\ 0, & y \geq 600 \end{cases}$$

$$\mu_{TINGGI}[y] = \begin{cases} 0, & y \leq 100 \\ \frac{y - 100}{500}, & 100 \leq y \leq 600 \\ 1, & y \geq 600 \end{cases}$$

- Derajat keanggotaan untuk suhu 300 Kelvin adalah:
- $\mu_{RENDAH}[300]$   
 $= (600 - 300) / 500$   
 $= 0,6$
- $\mu_{TINGGI}[300]$   
 $= (300 - 100) / 500$   
 $= 0,4$



# Metode Tsukamoto (FUZZIFIKASI)- Frekuensi



Gambar 5.29: Fungsi keanggotaan variable Frekuensi

$$\mu_{KECIL}[z] = \begin{cases} 1, & z \leq 2000 \\ \frac{7000 - z}{5000}, & 2000 \leq z \leq 7000 \\ 0, & z \geq 7000 \end{cases}$$

$$\mu_{BESAR}[z] = \begin{cases} 0, & z \leq 2000 \\ \frac{z - 2000}{5000}, & 2000 \leq z \leq 7000 \\ 1, & z \geq 7000 \end{cases}$$

# Metode Tsukamoto (FUZZIFIKASI)- Inferensi

$\alpha$ -predikat1 [R1] IF kecepatan LAMBAT And suhu TINGGI THEN frekuensi KECIL;	$=\mu_{\text{LAMBAT}} \cap \mu_{\text{TINGGI}}$ $=\min(\mu_{\text{LAMBAT}}[4000], \mu_{\text{TINGGI}}[300])$ $=\min(0,25; 0,4) = 0,25$  $(7000-z)/5000 = 0,25 \rightarrow z1 = 5750 \text{ (rpm)}$
$\alpha$ -predikat2 [R2] IF kecepatan LAMBAT And suhu RENDAH THEN frekuensi KECIL;	$=\mu_{\text{LAMBAT}} \cap \mu_{\text{TINGGI}}$ $=\min(\mu_{\text{LAMBAT}}[4000], \mu_{\text{TINGGI}}[300])$ $=\min(0,25; 0,4) = 0,25$  $(7000-z)/5000 = 0,25 \rightarrow z1 = 5750 \text{ (rpm)}$
$\alpha$ -predikat3 [R3] IF kecepatan CEPAT And suhu TINGGI THEN frekuensi BESAR;	$=\mu_{\text{CEPAT}} \cap \mu_{\text{TINGGI}}$ $=\min(\mu_{\text{CEPAT}}[4000], \mu_{\text{TINGGI}}[300])$ $=\min(0,75; 0,4) = 0,4$  $(z-2000)/5000 = 0,4 \rightarrow z3 = 4000 \text{ (rpm)}$
$\alpha$ -predikat4 [R4] IF kecepatan CEPAT And suhu RENDAH THEN frekuensi BESAR;	$=\mu_{\text{CEPAT}} \cap \mu_{\text{RENDAH}}$ $=\min(\mu_{\text{CEPAT}}[4000], \mu_{\text{RENDAH}}[300])$ $=\min(0,75; 0,6) = 0,6$  $(z-2000)/5000 = 0,6 \rightarrow z4 = 5000 \text{ (rpm)}$

# Metode Tsukamoto (FUZZIFIKASI)- Defuzifikasi

- Nilai tegas z dapat dicari menggunakan rata-rata terbobot, yaitu:

$$z = \frac{\alpha pred_1 * z_1 + \alpha pred_2 * z_2 + \alpha pred_3 * z_3 + \alpha pred_4 * z_4}{\alpha pred_1 + \alpha pred_2 + \alpha pred_3 + \alpha pred_4}$$

$$z = \frac{0,25 * 5750 + 0,25 * 5750 + 0,4 * 4000 + 0,6 * 5000}{0,25 + 0,25 + 0,4 + 0,6} = \frac{7475}{1,5} = 4983$$

- Jadi sumber frekuensi putar kipas angin yang dihasilkan sistem kontrol haruslah 4983 rpm.

# Metode Mamdani (INFERENSI )

- Kita terapkan fungsi MIN untuk setiap aturan pada aplikasi fungsi implikasinya:

[R1] IF kecepatan LAMBAT And suhu TINGGI THEN frekuensi KECIL;

- $\alpha\text{-predikat1} = \mu_{\text{LAMBAT}} \cap \mu_{\text{TINGGI}}$
- $= \min(\mu_{\text{LAMBAT}}[4000], \mu_{\text{TINGGI}}[300])$
- $= \min(0,25; 0,4)$
- $= 0,25$

# Metode Mamdani (INFERENSI )

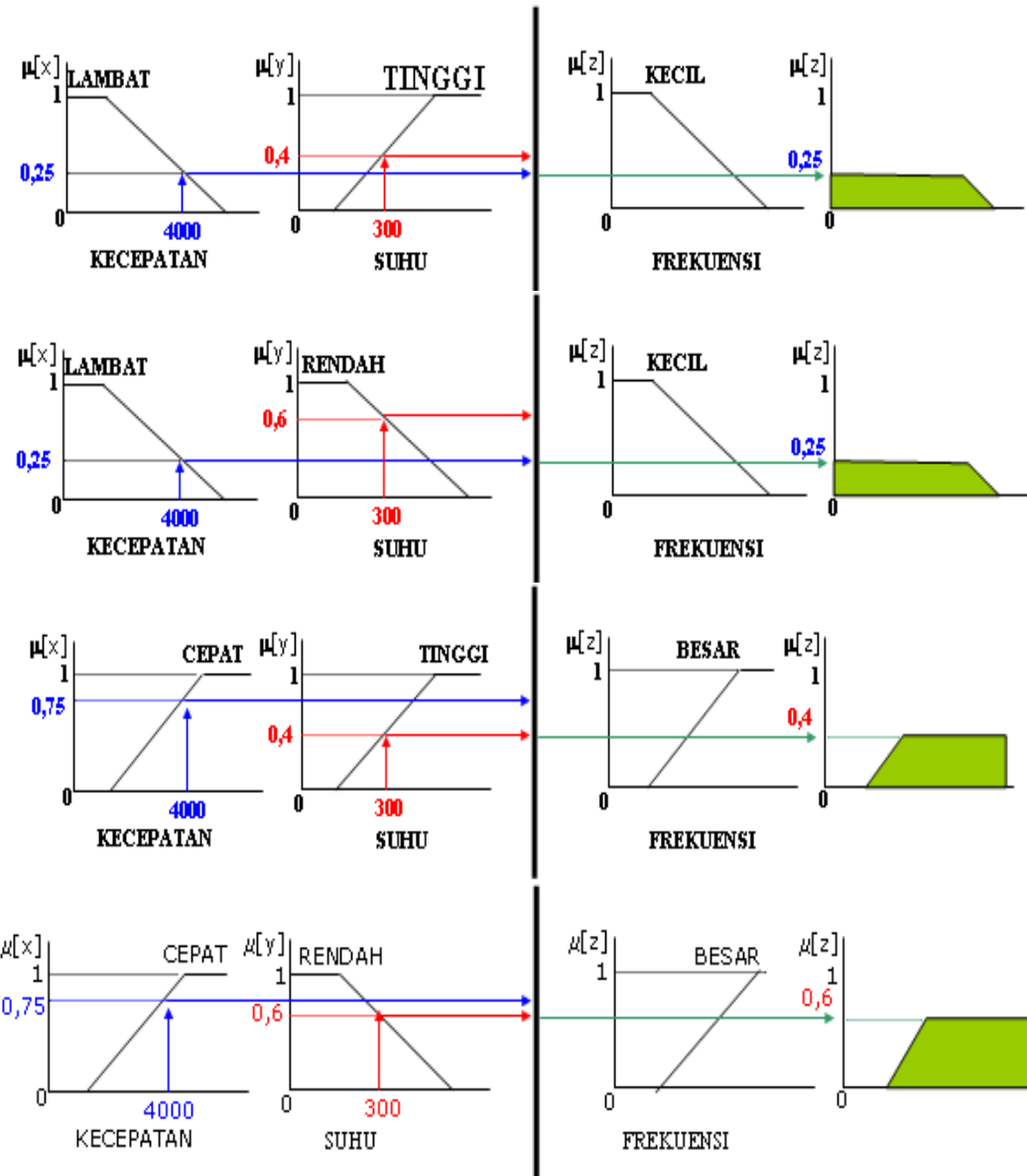
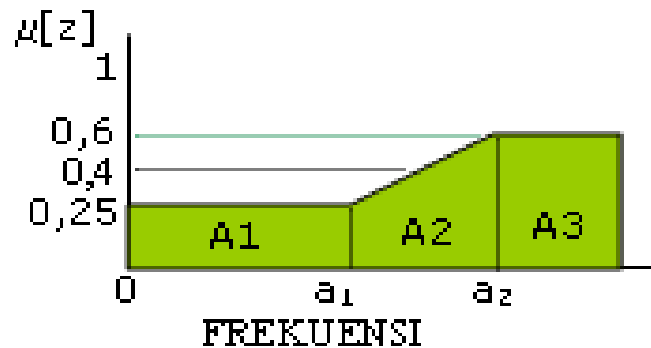
$\alpha$ -predikat1 [R1] IF kecepatan LAMBAT And suhu TINGGI THEN frekuensi KECIL;	$= \mu_{\text{LAMBAT}} \cap \text{TINGGI}$ $= \min(\mu_{\text{LAMBAT}}[4000], \mu_{\text{TINGGI}}[300])$ $= \min(0,25; 0,4)$ $= 0,25$
$\alpha$ -predikat2 [R2] IF kecepatan LAMBAT And suhu RENDAH THEN frekuensi KECIL;	$= \mu_{\text{LAMBAT}} \cap \text{RENDAH}$ $= \min(\mu_{\text{LAMBAT}}[4000], \mu_{\text{RENDAH}}[300])$ $= \min(0,25; 0,6)$ $= 0,25$
$\alpha$ -predikat3 [R3] IF kecepatan CEPAT And suhu TINGGI THEN frekuensi BESAR;	$= \mu_{\text{CEPAT}} \cap \text{TINGGI}$ $= \min(\mu_{\text{CEPAT}}[4000], \mu_{\text{TINGGI}}[300])$ $= \min(0,75; 0,4)$ $= 0,4$
$\alpha$ -predikat4 [R4] IF kecepatan CEPAT And suhu RENDAH THEN frekuensi BESAR;	$= \mu_{\text{CEPAT}} \cap \text{RENDAH}$ $= \min(\mu_{\text{CEPAT}}[4000], \mu_{\text{RENDAH}}[300])$ $= \min(0,75; 0,6)$ $= 0,6$

$$\alpha\text{-predikat1} = \min(0,25; 0,4) \\ = 0,25$$

$$\alpha\text{-predikat2} = \min(0,25; 0,6) \\ = 0,25$$

$$\alpha\text{-predikat3} = \min(0,75; 0,4) \\ = 0,4$$

$$\alpha\text{-predikat4} = \min(0,75; 0,6) \\ = 0,6$$



# Metode Mamdani (INFERENSI )

- Kemudian daerah hasil komposisi kita bagi menjadi 3 bagian, yaitu A1, A2, dan A3, sehingga menjadi himpunan fuzzy baru. Cari nilai a1 dan a2.
- $(a1 - 2000)/5000 = 0,25 \text{ ---> } a1 = 3250$
- $(a2 - 2000)/5000 = 0,60 \text{ ---> } a2 = 5000$
- Dengan demikian, fungsi keanggotaan untuk himpunan fuzzy baru adalah:

$$\mu[z] = \begin{cases} 0,25; & z \leq 3250 \\ (z - 2000) / 5000; & 3250 \leq z \leq 5000 \\ 0,6; & z \geq 5000 \end{cases}$$

# Metode Mamdani (Defuzzyfikasi)

- Menggunakan metode centroid

$$z^* = \frac{\int \mu(z)zdz}{\int \mu(z)dz}$$
$$z^* = \frac{\int_0^{3250} 0,25zdz + \int_{3250}^{5000} \frac{(z-2000)}{5000}zdz + \int_{5000}^{7000} 0,6zdz}{\int_0^{3250} 0,25dz + \int_{3250}^{5000} \frac{(z-2000)}{5000}dz + \int_{5000}^{7000} 0,6dz}$$
$$z^* = \frac{1320312,5 + 3187515,625 + 7200000}{812,5 + 743,75 + 1200}$$
$$z^* = 4247,74$$

- Jadi sumber frekuensi putar kipas angin yang dihasilkan sistem kontrol haruslah 4247,74 rpm.



# Metode Sugeno (Inferensi)

<b><math>\alpha</math>-predikat1</b> [R1] IF kecepatan LAMBAT And suhu TINGGI THEN frekuensi = $0,5 * \text{kecepatan} + 1700$ ;	$= \mu_{\text{LAMBAT}} \cap \text{TINGGI}$ $= \min(\mu_{\text{LAMBAT}}[4000], \mu_{\text{TINGGI}}[300])$ $= \min(0,25; 0,4) = 0,25$  $z1 = 0,5 * 4000 + 1700 = 2000 + 1700 = 3700$
<b><math>\alpha</math>-predikat2</b> [R2] IF kecepatan LAMBAT And suhu RENDAH THEN frekuensi = $2 * \text{kecepatan} - 4000$ ;	$= \mu_{\text{LAMBAT}} \cap \text{RENDAH}$ $= \min(\mu_{\text{LAMBAT}}[4000], \mu_{\text{RENDAH}}[300])$ $= \min(0,25; 0,6) = 0,25$  $z2 = 2 * 4000 - 4000 = 4000$
<b><math>\alpha</math>-predikat3</b> [R3] IF kecepatan CEPAT And suhu TINGGI THEN frekuensi = $0,5 * \text{kecepatan} + 2000$ ;	$= \mu_{\text{CEPAT}} \cap \text{TINGGI}$ $= \min(\mu_{\text{CEPAT}}[4000], \mu_{\text{TINGGI}}[300])$ $= \min(0,75; 0,4) = 0,4$  $z3 = 0,5 * 4000 + 2000 = 4000$
<b><math>\alpha</math>-predikat4</b> [R4] IF kecepatan CEPAT And suhu RENDAH THEN frekuensi = $\text{kecepatan} + 700$ ;	$= \mu_{\text{CEPAT}} \cap \text{RENDAH}$ $= \min(\mu_{\text{CEPAT}}[4000], \mu_{\text{RENDAH}}[300])$ $= \min(0,25; 0,6) = 0,25$  $z4 = 4000 + 700 = 4700$

- Nilai z dicari dengan persamaan berikut :

$$z = \frac{\alpha_{pred1} * z_1 + \alpha_{pred2} * z_2 + \alpha_{pred3} * z_3 + \alpha_{pred4} * z_4}{\alpha_{pred1} + \alpha_{pred2} + \alpha_{pred3} + \alpha_{pred4}}$$

$$z = \frac{0,25 * 3700 + 0,25 * 4000 + 0,4 * 4000 + 0,6 * 4700}{0,25 + 0,25 + 0,4 + 0,6} = \frac{6345}{1,5} = 4230$$

- Jadi sumber frekuensi putar kipas angin yang dihasilkan sistem kontrol haruslah 4230 rpm.

# Basis data konvensional

- Contoh operasi:
  - Menampilkan mhs dengan nilai toefl...
  - Menampilkan mhs dengan penghasilan ortu ...
  - Menampilkan mhs dengan Ipk ...

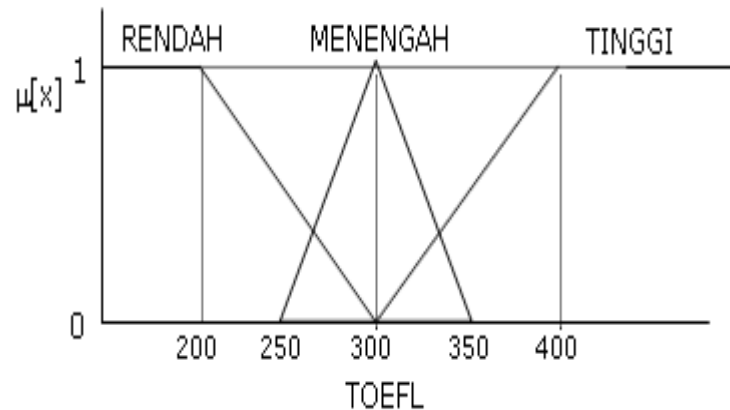
Tabel 5.1 Data Mahasiswa Calon Penerima Beasiswa

<b>NIM</b>	<b>Nama</b>	<b>TOEFL</b>	<b>IPK</b>	<b>Pengh.Ortu</b>
01	Toyes	450	4	750.000
02	Bowo	480	3	1.500.000
03	Erna	360	3	1.255.000
04	Astuti	270	2	1.040.000
05	Yuni	420	4	950.000
06	Heribertus	390	4	1.600.000
07	Edy	370	3	1.250.000
08	Usman	255	3	550.000
09	Pujiono	325	2	735.000
10	Slamet	250	1	860.000

# Problem

- syarat penerima beasiswa di UDINUS adalah”
  - mahasiswa yang nilai IPK-nya BAGUS,
  - nilai TOEFL-nya TINGGI dan
  - penghasilan orang tuanya SEDIKIT.

# Nilai *Toeفل* berdasar Derajat keanggotaan



$$\mu_{RENDAH}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 200 \\ \frac{300 - x}{100}; & 200 \leq x \leq 300 \\ 0; & x \geq 300 \end{cases}$$

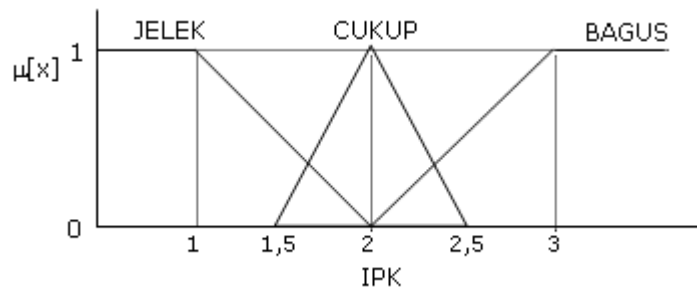
$$\mu_{MENENGAH}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 250 \text{ atau } x \geq 350 \\ \frac{x - 250}{50}; & 250 \leq x \leq 300 \\ \frac{350 - x}{50}; & 300 \leq x \leq 350 \end{cases}$$

$$\mu_{TINGGI}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 300 \\ \frac{x - 300}{100}; & 300 \leq x \leq 400 \\ 1; & x \geq 400 \end{cases}$$

# Nilai *Toefl* berdasar Derajat keanggotaan

NIM	Nama	TOEFL	Derajat Keanggotaan ( $\mu[x]$ )		
			RENDAH	MENENGAH	TINGGI
01	Toyes	450	0	0	1
02	Bowo	480	0	0	1
03	Erna	360	0	0	0,6
04	Astuti	270	0,3	0,4	0
05	Yuni	420	0	0	1
06	Heribertus	390	0	0	0,9
07	Edy	370	0	0	0,7
08	Usman	255	0,45	0,1	0
09	Pujiono	325	0	0,5	0,5
10	Slamet	250	0,5	0	0

# Nilai *IPK* berdasar Derajat keanggotaan



$$\mu_{JELEK}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 1 \\ 2 - x; & 1 \leq x \leq 2 \\ 0; & x \geq 2 \end{cases}$$

$$\mu_{CUKUP}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 1,5 \text{ atau } x \geq 2,5 \\ \frac{x - 1,5}{0,5}; & 1,5 \leq x \leq 2 \\ \frac{2,5 - x}{0,5}; & 2 \leq x \leq 2,5 \end{cases}$$

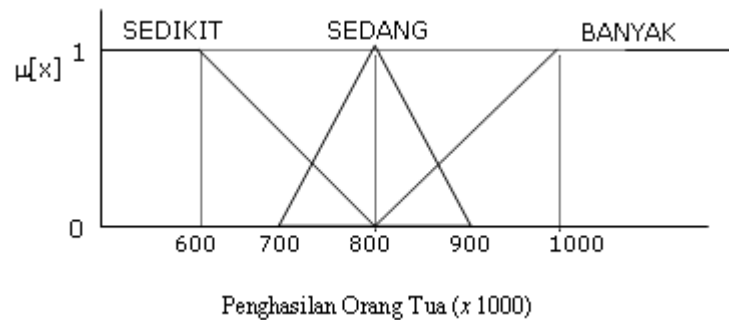
$$\mu_{BAGUS}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 2 \\ x - 2; & 2 \leq x \leq 3 \\ 1; & x \geq 3 \end{cases}$$

# Nilai *IPK* berdasar Derajat keanggotaan

NIM	Nama	IPK	Derajat Keanggotaan ( $\mu[x]$ )		
			JELEK	CUKUP	BAGUS
01	Toyes	4	0	0	1
02	Bowo	3	0	0	1
03	Erna	3	0	0	1
04	Astuti	2	0	1	0
05	Yuni	4	0	0	1
06	Heribertus	4	0	0	1
07	Edy	3	0	0	1
08	Usman	3	0	0	1
09	Pujiono	2	0	1	0
10	Slamet	1	1	0	0



# Nilai *Penghasilan* berdasar Derajat keanggotaan



$$\mu_{SEDIKIT}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 600 \\ \frac{800 - x}{200}; & 600 \leq x \leq 800 \\ 0; & x \geq 800 \end{cases}$$

$$\mu_{SEDANG}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 700 \text{ atau } x \geq 900 \\ \frac{x - 700}{100}; & 700 \leq x \leq 800 \\ \frac{900 - x}{100}; & 800 \leq x \leq 900 \end{cases}$$

$$\mu_{BANYAK}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 800 \\ \frac{x - 800}{200}; & 800 \leq x \leq 1000 \\ 1; & x \geq 1000 \end{cases}$$

# Nilai *Penghasilan* berdasar Derajat keanggotaan

NIM	Nama	Penghasilan	Derajat Keanggotaan ( $\mu[x]$ )		
		orangtua	SEDIKIT	SEDANG	BANYAK
01	Toyes	750.000	0,25	0,5	0
02	Bowo	1.500.000	0	0	1
03	Erna	1.255.000	0	0	1
04	Astuti	1.040.000	0	0	1
05	Yuni	950.000	0	0	0,75
06	Heribertus	1.600.000	0	0	1
07	Edy	1.250.000	0	0	1
08	Usman	550.000	1	0	0
09	Pujiono	735.000	0,325	0,35	0
10	Slamet	860.000	0	0,4	0,3

- Query2:
- Siapa sajakah mahasiswa yang nilai TOEFL-nya RENDAH tetapi IPK-nya BAGUS ?

Tabel 5.9 Hasil query2.

NIP	NAMA	IPK	TOEFL	Derajat Keanggotaan		
				BAGUS	RENDAH	BAGUS & RENDAH
08	Usman	3	255	1	0,45	0,45
01	Toyes	4	450	1	0	0
02	Bowo	3	480	1	0	0
03	Erna	3	360	1	0	0
04	Astuti	2	270	0	0,3	0
05	Yuni	4	420	1	0	0
06	Heribertus	4	390	1	0	0
07	Edy	3	370	1	0	0
09	Pujiono	2	325	0	0	0
10	Slamet	1	250	0	0,5	0

- kriteria penerima beasiswa adalah mahasiswa yang nilai **IPK-nya BAGUS**, nilai **TOEFL-nya TINGGI** dan penghasilan orang tuanya **SEDIKIT** ?

Tabel 5.11: Hasil query4

NIM	Nama	Derajat Keanggotaan $\mu(x)$			
		Toefl TINGGI	Penghasila n SEDIKIT	Ipk BAGUS	kriteria penerima beasiswa TINGGI & SEDIKIT & BAGUS
01	Toyes	1	0,25	1	0,25
02	Bowo	1	0	1	0
03	Erna	0,6	0	1	0
04	Astuti	0	0	0	0
05	Yuni	1	0	1	0
06	Heribertus	0,9	0	1	0
07	Edy	0,7	0	1	0
08	Usman	0	1	1	0
09	Pujiono	0,5	0,325	0	0
10	Slamet	0	0	0	0