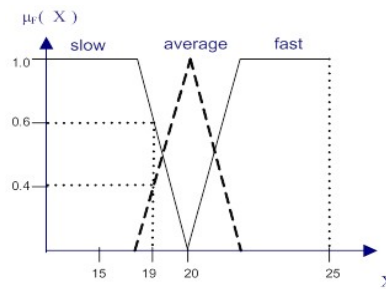


# Kecerdasan Komputasional

Dr. Indah Agustien S.,S.Kom., M.Kom.  
Universitas Trunojoyo Madura

## Fuzzy



1

## Fuzzy Content

■ Himpunan Crisp

■ Himpunan Fuzzy

▪ Membership Degree

▪ Membership Function

▪ Operasi Himpunan Fuzzy

■ Logika Fuzzy

■ Sistem Inferensi Fuzzy

2

# Logika Fuzzy

Inferencing / Reasoning dengan logika fuzzy :

→ Pengambilan keputusan berdasarkan data-data yang bersifat *uncertainty*, dengan melibatkan :

→ Linguistic Variable : Himp Fuzzy dan Fungsi Keanggotaannya

→ Aturan Fuzzy

Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

3

# Logika Fuzzy

Contoh Inferensi sederhana :



RINA



FAUZI



DITO



LENI

PANDAI

RAJIN

Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

4

## Logika Fuzzy

Derajat keanggotaan masing-masing elemen pada tiap himpunan fuzzy :

$$\begin{aligned}\mu_{kemampuan=pandai}(Rina) &= 0.7; \mu_{absen=rajin}(Rina) = 0.5 \\ \mu_{kemampuan=pa}(Fauzi) &= 0.6; \mu_{absen=rajin}(Fauzi) = 0.7 \\ \mu_{kemampuan=pand}(Dito) &= 0.3; \mu_{absen=rajin}(Dito) = 0.9 \\ \mu_{kemampuan=pandai}(Leni) &= 0.9; \mu_{absen=rajin}(Leni) = 0.2\end{aligned}$$

Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

5

## Logika Fuzzy

Inferensi yang akan diambil adalah mahasiswa sukses, dengan aturan bahwa mahasiswa sukses adalah mahasiswa yang rajin dan pandai:

$$\begin{aligned}\mu_{mhsSukses}(Rina) &= \min\{0.7, 0.5\} \\ &= 0.5 \\ \mu_{mhsSukses}(Fauzi) &= \min\{0.6, 0.7\} \\ &= 0.6 \\ \mu_{mhsSukses}(Dito) &= \min\{0.3, 0.9\} \\ &= 0.3 \\ \mu_{mhsSukses}(Leni) &= \min\{0.9, 0.2\} \\ &= 0.2\end{aligned}$$



FAUZI

Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa Fauzi adalah mahasiswa yang lebih sukses dibandingkan rina, dito, ataupun leni

Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

6

## Logika Fuzzy – Linguistic Variable

- Variable yang digunakan untuk merepresentasikan data, dengan menggunakan bahasa natural
- Setiap linguistic variable memiliki nilai fuzzy atau himpunan fuzzy

Contoh :

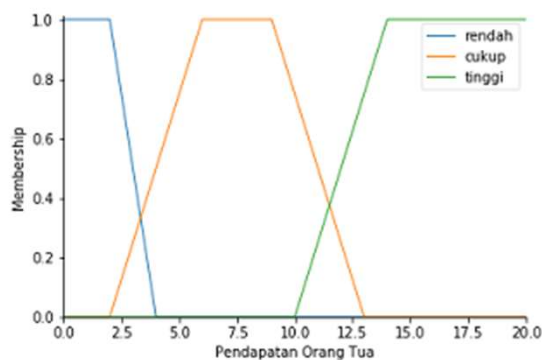
Linguistic Variable	Fuzzy Value / Himpunan Fuzzy
Suhu	Sangat Dingin, Dingin, Panas, Sangat Panas
Kemampuan	Pandai, Rata-Rata, Kurang Pandai
Pendapatan Orang Tua	Rendah, Cukup, Tinggi

Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

7

## Logika Fuzzy – Linguistic Variable

Fungsi Keanggotaan himpunan fuzzy rendah, cukup, tinggi, untuk Linguistic variable Pendapatan Orang tua



Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

8

## Logika Fuzzy – Aturan Fuzzy

- Aturan Fuzzy dibuat oleh *expert* atau berdasarkan *knowledge* yang ada
- Menggunakan aturan if – then

if *Antecedent* then *consequent*

Satu klausa pada  
Antecedent :

if  $A$  is  $a$  then  $C$  is  $c$

Dua klausa pada  
Antecedent :

if  $A$  is  $a$  and  $B$  is  $b$   
then  $C$  is  $c$

Tiga klausa pada  
Antecedent :

if  $A$  is  $a$  and  $B$  is  $b_1$   
or  $B$  is  $b_2$  then  
 $C$  is  $c$

Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

9

## Logika Fuzzy – Aturan Fuzzy

### 1. Hitung klausa pada **Antecedent**

Jika terdapat pada lebih dari satu klausa pada antecedent, maka hitung sesuai

dengan penghubung antar klausa:

and : t-norm

or : s-norm

not : complement

### 2. Hitung klausa pada **Consequent**

Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

10

## Logika Fuzzy – Aturan Fuzzy

3. Operasikan aturan fuzzy if-then dari hasil antacedent dan consequent :

- Dienes-Rescher Implication  

$$\mu_{if}(Antecedent, Consequent) = \text{Max}[1 - \mu_{Antecedent}, \mu_{Consequent}]$$
- Lukasiewicz Implication  

$$\mu_{if}(Antecedent, Consequent) = \text{Min}[1, 1 - \mu_{Antecedent} + \mu_{Consequent}]$$
- Mamdani  

$$\mu_{if}(Antecedent, Consequent) = \text{Min}[\mu_{Antecedent}, \mu_{Consequent}]$$
- Zadeh  

$$\mu_{if}(Antecedent, Consequent) = \text{Max}[\text{Min}(\mu_{Antecedent}, \mu_{Consequent}), 1 - (\mu_{Antecedent})]$$

Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

11

## Sistem Inferensi Fuzzy

Pengambilan keputusan berdasarkan logika fuzzy, yang terdiri dari beberapa tahap :

- 1 Fuzzification
- 2 Inferencing
- 3 Deffuzification

Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

12



## Sistem Inferensi Fuzzy – Fuzzification

- Tentukan terlebih dahulu Linguistic variable dan himpunan fuzzy masing-masing variable tersebut
- Fuzzification : Merubah nilai crisp menjadi nilai fuzzy, berdasarkan linguistic variable dan himpunan fuzzy
- Misalkan terdapat sebuah linguistic variabel, dengan dua himpunan fuzzy,  $A$ , dan  $B$ .
- Terdapat data input (crisp), yaitu  $a$
- Maka hasil fuzzification ini adalah :  $\mu_A(a), \mu_B(a)$

Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

13

## Sistem Inferensi Fuzzy – Inferencing

**Mengolah nilai fuzzy berdasarkan aturan fuzzy :**

1. Hitung derajat keanggotaan Antecedent, jika lebih dari satu klausa, lakukan operasi t-norm, s-norm, atau complement, sesuai dengan penghubung antar klausa yang dipakai
2. Hitung derajat keanggotaan Consequent
3. Hitung nilai tiap aturan fuzzy
4. Agregasi semua nilai dari tiap aturan fuzzy

Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

14

## Sistem Inferensi Fuzzy – Defuzzification

- Merubah nilai fuzzy menjadi nilai crisp

## Sistem Inferensi Fuzzy

### Mamdani

Output atau consequent dari Aturan Fuzzy berupa Himpunan Fuzzy

if  $A$  is  $a$  and  $B$  is  $b$  then  $C$  is  $c$

### Takagi-Sugeno-Kang

Output berupa konstanta atau suatu fungsi

if  $A$  is  $a$  and  $B$  is  $b$  then  $C=a+bx$



## Sistem Inferensi Fuzzy

- Defuzzification pada SIF Mamdani,

$$y = \frac{\sum_i x_i \mu(x_i)}{\sum_i \mu(x_i)}$$

- Defuzzification pada SIF Sugeno,

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n w_i Z_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

## Sistem Inferensi Mamdani - Contoh

Sistem Inferensi Fuzzy untuk Penentuan Beasiswa berdasarkan prestasi mahasiswa dan pendapatan orang Tua

Linguistic Variable dan Fuzzy Value untuk input:

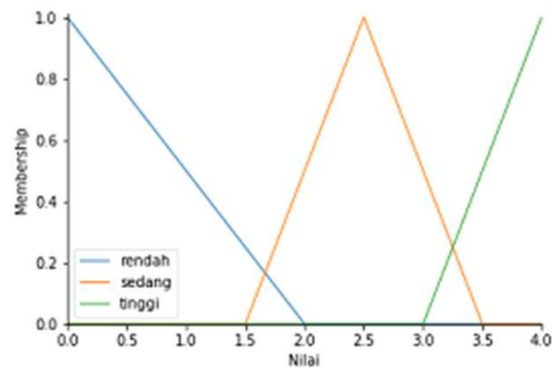
- Nilai : rendah, sedang, tinggi
- Pendapatan : rendah, cukup, tinggi

Linguistic Variable dan Fuzzy Value untuk Output :

Beasiswa : sedikit dan banyak

## Sistem Inferensi Mamdani – Linguistic Variable Input

Himpunan Fuzzy untuk variable nilai :

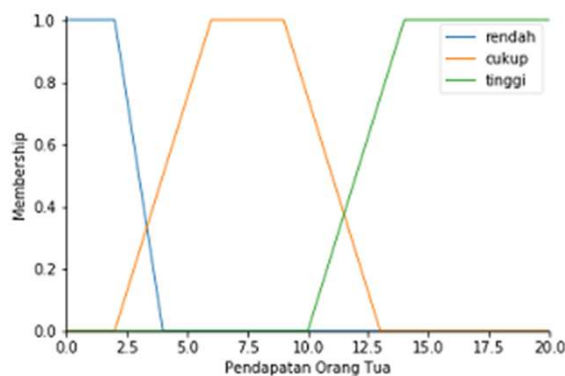


Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

19

## Sistem Inferensi Mamdani – Linguistic Variable Input

Himpunan Fuzzy untuk variable pendapatan :

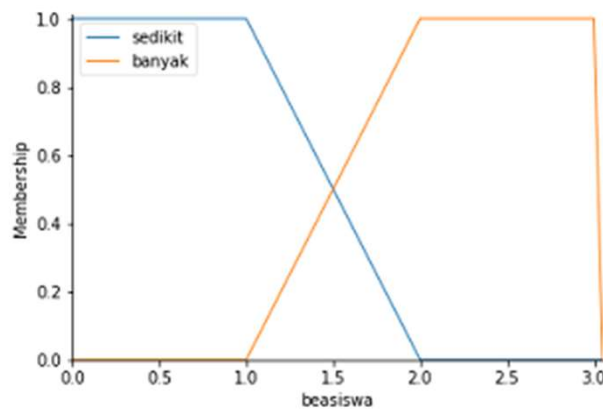


Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

20

## Sistem Inferensi Mamdani – Linguistic Variable Input

Himpunan Fuzzy untuk variabel beasiswa :



Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

21

## Sistem Inferensi Mamdani – Aturan Fuzzy

- 1 if nilai rendah and pendapatan rendah then beasiswa sedikit
- 2 if nilai sedang and pendapatan cukup then beasiswa sedikit
- 3 if nilai tinggi and pendapatan cukup then beasiswa sedikit
- 4 if nilai tinggi and pendapatan rendah then beasiswa banyak

Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

22

## Sistem Inferensi Mamdani – Fuzzification

Misalkan IPK Mahasiswa 3.5 dan Pendapatan Orang Tua adalah 2.5 Juta Rupiah Fuzzifikasi pada variabel nilai :

$$\mu_{\text{nilai=rendah}}(3.5) = 0$$

$$\mu_{\text{nilai=seda}}(3.5) = 0$$

$$\mu_{\text{nilai=tinggi}}(3.5) = 3.5 - 3 = 0.5$$

Fuzzifikasi pada variabel pendapatan :

$$\begin{aligned} \mu_{\text{pendapatan=rend}}(2.5) &= \frac{4 - 2.5}{4 - 2} \\ &= 0.75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_{\text{pendapatan=cukup}}(2.5) &= \frac{2.5 - 2}{6 - 2} \\ &= 0.125 \end{aligned}$$

$$\mu_{\text{pendapatan=tinggi}}(2.5) = 0$$

Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

23

## Sistem Inferensi Mamdani – Inferencing

Berdasarkan hasil fuzzification, maka aturan fuzzy yang diaktifkan adalah aturan ke-3 dan ke-4 :

$$\begin{aligned} \text{R3: AND } (\mu_{\text{nilai=tinggi}}(3.5), \mu_{\text{pendapatan=cukup}}(2.5)) \\ \min(0.5, 0.125) = 0.125 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{R4: AND } (\mu_{\text{nilai=tinggi}}(3.5), \mu_{\text{pendapatan=rendah}}(2.5)) \\ \min(0.5, 0.75) = 0.125 \end{aligned}$$

Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

24

## Sistem Inferensi Mamdani – Inferencing

**If-Then Rule :**

**R3 : beasiswa=sedikit :**

$$\frac{0}{0.125}, \frac{0.5}{0.125}, \frac{1}{0.125}, \frac{1.5}{0.125}, \frac{2}{0}, \frac{2.5}{0}, \frac{3}{0}$$

**R4 : beasiswa=banyak :**

$$\frac{0}{0}, \frac{0.5}{0}, \frac{1}{0.5}, \frac{1.5}{0.5}, \frac{2}{0.5}, \frac{2.5}{0.5}, \frac{3}{0.5}$$

**Agregasi (menggunakan operator Max):**

$$\frac{0}{0.125}, \frac{0.5}{0.125}, \frac{1}{0.125}, \frac{1.5}{0.5}, \frac{2}{0.5}, \frac{2.5}{0.5}, \frac{3}{0.5}$$

Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

25

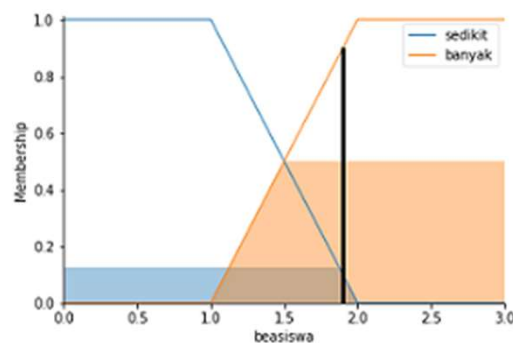
## Sistem Inferensi Mamdani – Defuzzification

**Defuzzification menggunakan metode centroid :**

$$y = \frac{0 \times 0.125 + 0.5 \times 0.125 + 1 \times 0.125 + 1.5 \times 0.5 + 2 \times 0.5 + 2.5 \times 0.5 + 3 \times 0.5}{0.125 + 0.125 + 0.125 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5}$$

=

1.97



Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

26

## Sistem Inferensi Fuzzy Sugeno – Aturan Fuzzy

1. if nilai rendah and pendapatan rendah then *beasiswa* =  
 $0.1 \times \text{nilai} + 0.2 \times \text{pendapatan}$
2. if nilai sedang and pendapatan cukup then *beasiswa* =  
 $0.2 \times \text{nilai} + 0.2 \times \text{pendapatan}$
3. if nilai tinggi and pendapatan cukup then *beasiswa* =  
 $0.4 \times \text{nilai} + 0.2 \times \text{pendapatan}$
4. if nilai tinggi and pendapatan rendah then *beasiswa* =  
 $0.5 \times \text{nilai} + 0.3 \times \text{pendapatan}$

Kecerdasan Komputasional | Fuzzy

27

## Sistem Inferensi Mamdani – Implementasi

1. Penentuan Antecedent dan Consequent, serta Membership function masing-masing variabel
2. Pembuatan Rule
3. Test Sistem Penerimaan Beasiswa

28



