



Kecerdasan Buatan JTI POLINEMA

# Reasoning Fuzzy

# Tsukamoto, Sugeno, Mamdani

---

Tim Pengajar Mata Kuliah Kecerdasan Buatan Tahun 2020





# Outline

---

- Review Teknik Pemecahan Masalah
- Pengertian Logika Fuzzy
- Inferensi Tsukamoto, Mamdani, Sugeno





# EMPAT TEKNIK PEMECAHAN MASALAH

## 1. Searching

Teknik pencarian, yaitu teknik penyelesaian masalah yang mempresentasikan masalah ke dalam ruang keadaan (*state*) dan secara sistematis melakukan pembangkitan dan pengujian *state-state* dari *initial state* sampai ditemukan suatu *goal state*.

Searching digunakan dalam pencarian rute optimum untuk memandu seseorang di perjalanan, misal di swedia setiap taksi dilengkapi dengan GPS (*Global Positioning System*)





# EMPAT TEKNIK PEMECAHAN MASALAH

## 2. Reasoning

Teknik penalaran, yaitu teknik penyelesaian masalah yang merepresentasikan masalah ke dalam logic (*mathematics tools* yang digunakan untuk merepresentasikan dan mengolah fakta dan aturan)

Reasoning → *software* permainan catur HITECH adalah sistem AI pertama yg berhasil mengalahkan grandmaster dunia Arnold Danker





# EMPAT TEKNIK PEMECAHAN MASALAH

## 3. Planning

Suatu metode penyelesaian masalah dengan cara memecah masalah dalam sub-sub masalah yang lebih kecil, menyelesaikan sub-sub masalah satu demi satu, kemudian menggabungkan solusi-solusi dari sub-sub masalah tersebut menjadi sebuah solusi lengkap dengan tetap mengingat dan menangani interaksi yang terdapat pada sub-sub masalah tersebut

Planning → dalam dunia manufaktur dan robotik. *Software Optimum* – AIV adalah suatu planner yang digunakan oleh *European Space Agency* untuk perakitan pesawat terbang.







# EMPAT TEKNIK PEMECAHAN MASALAH

## 4. Learning

Secara otomatis menemukan aturan yang diharapkan bisa berlaku umum untuk data-data yang belum pernah kita ketahui.

Learning → digunakan dalam bidang transportasi.

Software ALVINN digunakan pada sebuah mobil tanpa dikemudikan manusia → dengan menggunakan JST yg dilatih dengan berbagai gambar kondisi jalan raya yang ditangkap kamera pada mobil.





# Pengertian Logika Fuzzy

---

- Logika Klasik adalah segala sesuatu bersifat biner” , Sehingga semua ini dapat mempunyai nilai keanggotaan 0 atau 1 (contoh: ya atau tidak, sama atau tidak sama, ).
- Logika fuzzy adalah cara pemecahan masalah yang memungkinkan nilai keanggotaan diantara 0 dan 1 (cotoh: agak dingin, sedang, mendekati).





# Mengapa Menggunakan Logika Fuzzy

- Cara kerja logika fuzzy mudah untuk dimengerti
- Mampu memodelkan fungsi nonlinear yang kompleks
- Dapat digunakan untuk mengaplikasikan pengalaman pakar tanpa melakukan training
- Memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat
- Logika fuzzy berdasarkan bahasa alami (manusia)







# Himpunan Crisp vs Fuzzy

- Simbol himpunan menggunakan huruf besar ( $A = \{ \}$ )
- Anggota himpunan disimbolkan dengan huruf kecil
- Hanya ada 2 nilai keanggotaan, yaitu 1,0
- Nilai keanggotaan terletak dalam interval  $[0,1]$
- Himpunan Fuzzy memiliki 2 atribut:
  - a) Linguistik
  - b) Numeris





# Himpunan **Crisp** vs **Fuzzy**

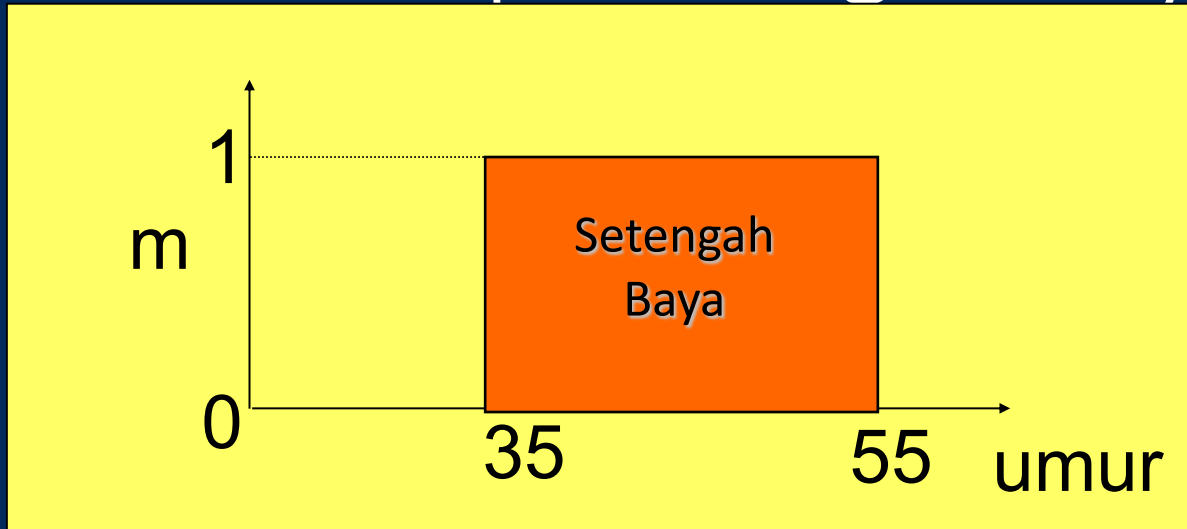
---

- Misalkan diketahui klasifikasi sebagai berikut :
- Muda                      umur  $< 35$  tahun
- Setengah Baya         $35 < \text{umur} < 55$  tahun
- Tua                        umur  $> 55$  tahun





# Himpunan Crisp Setengah Baya



- Orang yang berusia 35 tahun termasuk SETENGAH BAYA (nilai keanggotaan=1)
- Orang yang berusia 34 tahun tidak termasuk SETENGAH BAYA (nilai keanggotaan=0)
- Orang yang berusia 55 tahun termasuk SETENGAH BAYA (nilai keanggotaan=1)
- Orang yang berusia 56 tahun tidak termasuk SETENGAH BAYA (nilai keanggotaan=0)



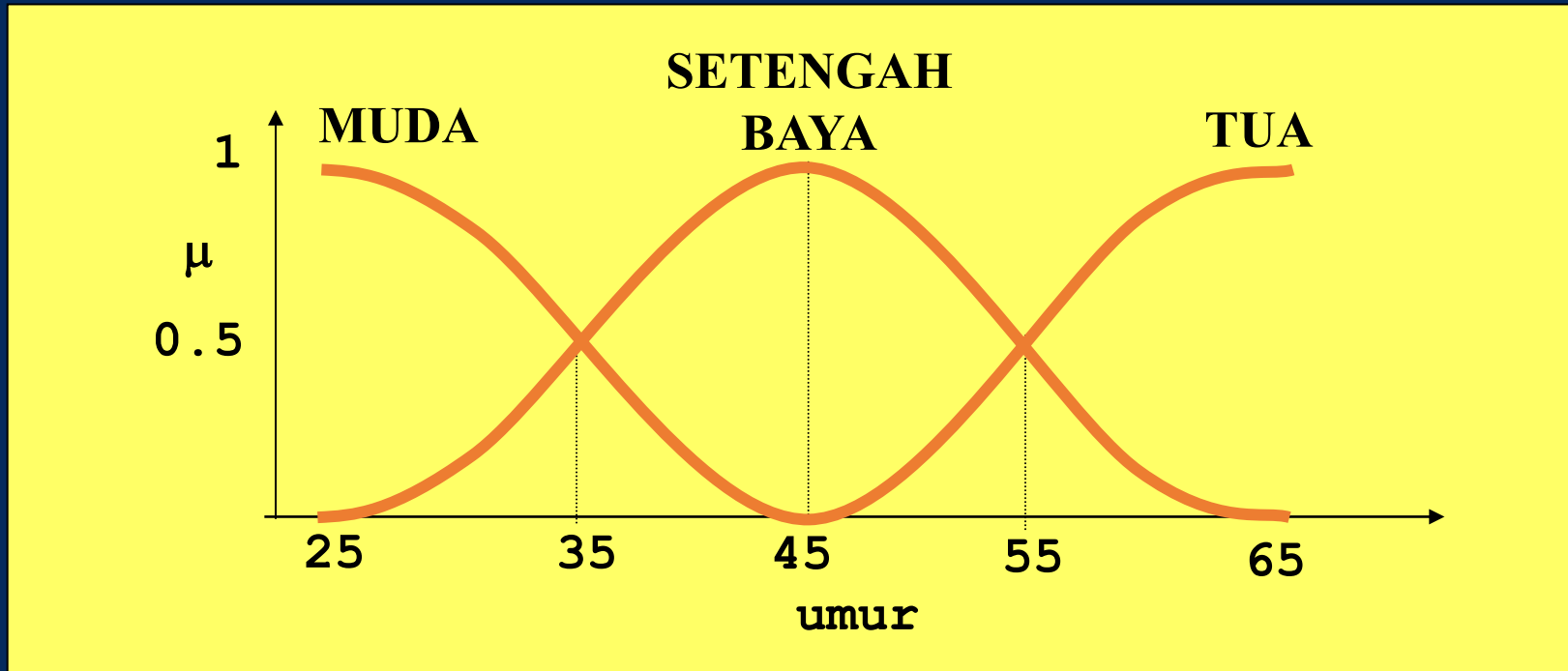


# Himpunan Fuzzy Setengah Baya



- Orang yang berusia 35 tahun termasuk SETENGAH BAYA (nilai keanggotaan=0,5)
- Orang yang berusia 45 tahun termasuk SETENGAH BAYA (nilai keanggotaan=1)
- Orang yang berusia 55 tahun termasuk SETENGAH BAYA (nilai keanggotaan=0,5)
- Orang yang berusia 25 tahun tidak termasuk SETENGAH BAYA (nilai keanggotaan=0)





- Orang yang berusia 45 tahun termasuk SETENGAH BAYA (nilai keanggotaan=1)
- Orang yang berusia 35 tahun termasuk SETENGAH BAYA (nilai keanggotaan=0,5), dan termasuk MUDA (nilai keanggotaan 0,5).
- Orang yang berusia 55 tahun termasuk SETENGAH BAYA (nilai keanggotaan=0,5), dan termasuk TUA (nilai keanggotaan 0,5).

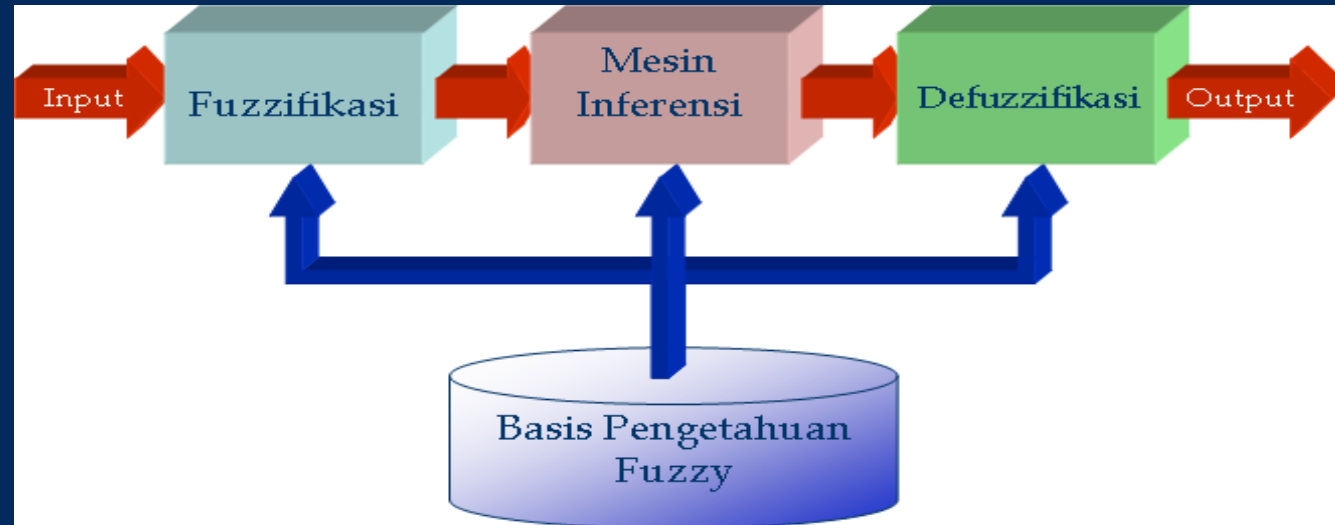






# Inferensi Fuzzy

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



1. Tsukamoto, 2. Mamdani, 3. Sugeno





# 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.
- 





# Metode Inferensi Fuzzy : Tsukamoto

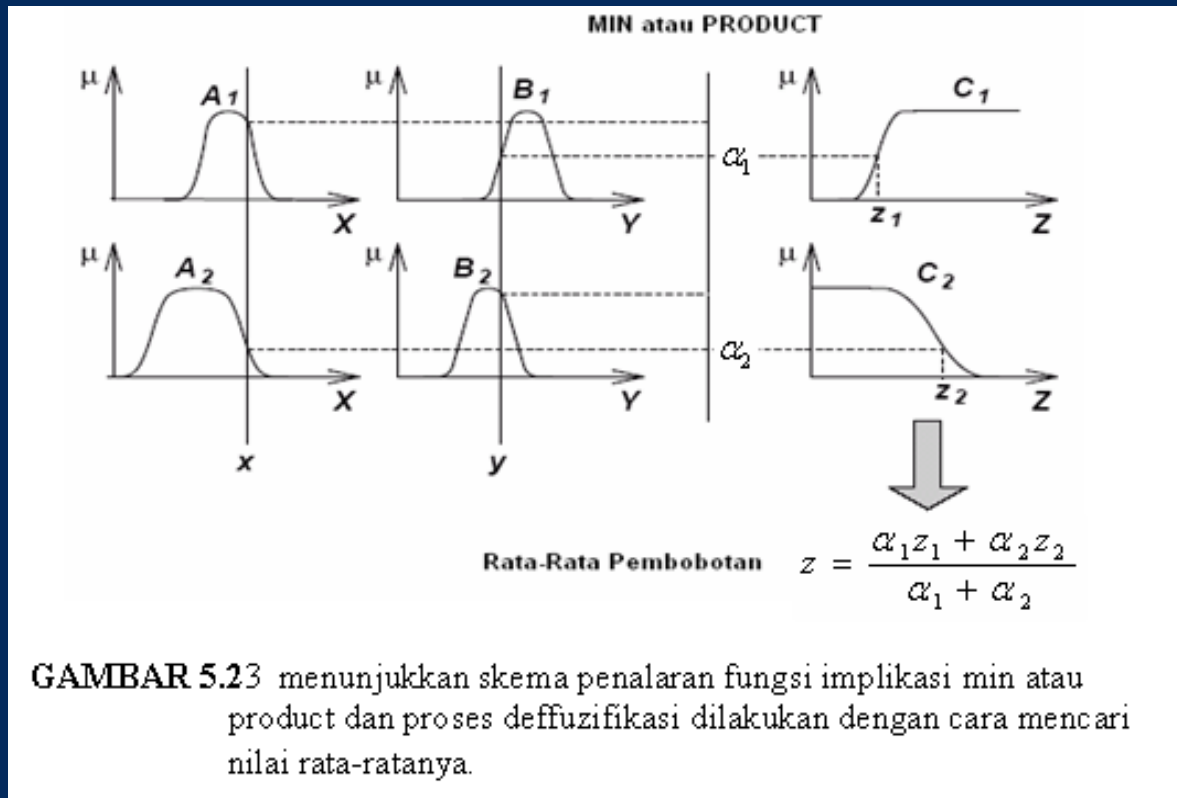
- Secara umum bentuk model fuzzy tsukamoto adalah:

$\text{If } (x \text{ is } A) \text{ and } (y \text{ is } B) \text{ then } (z \text{ is } C)$

- 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)



# Metode Inferensi Fuzzy : Tsukamoto







# Metode Inferensi Fuzzy : Mamdani

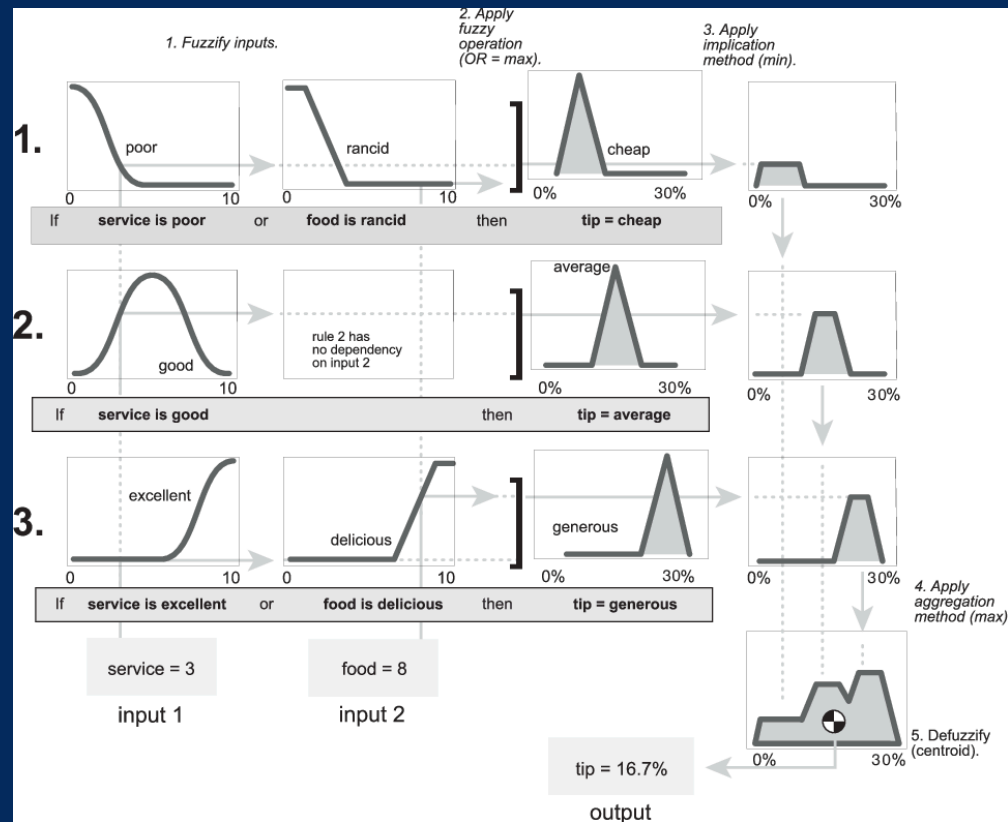
- **Metode mamdani** paling sering digunakan dalam aplikasi-aplikasi karena strukturnya yang sederhana, yaitu menggunakan operasi min-max atau max-product.
- Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan:
  1. Fuzzyfikasi (pembentukan himpunan fuzzy dan perhitungan derajat keanggotaan)
  2. Aplikasi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







# Metode Inferensi Fuzzy : Mamdani





# Metode Inferensi Fuzzy : Sugeno

- Secara umum bentuk model fuzzy SUGENO adalah:

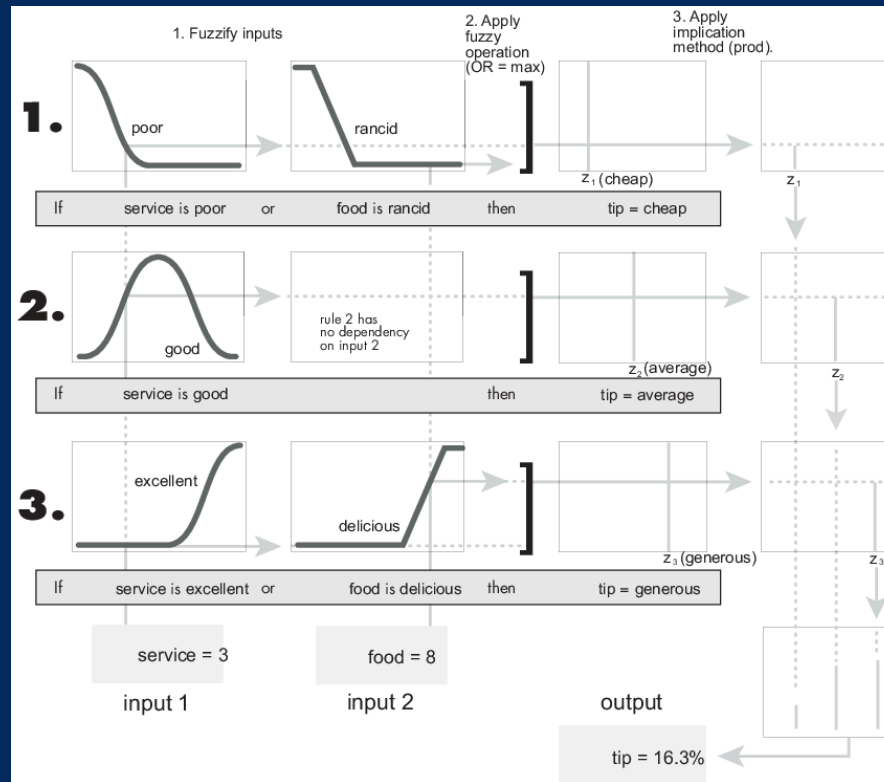
**IF (x1 is A1) · ..... · (xN is AN) THEN  $z = f(x,y)$**

- Catatan :
- A1, A2, .... A<sub>N</sub>, adalah himpunan fuzzy ke-i sebagai anteseden
- $z = f(x,y)$  adalah fungsi tegas (biasanya merupakan fungsi linier dari x dan y).





# Metode Inferensi Fuzzy : Sugeno





# Contoh Aplikasi Logika Fuzzy

- Untuk mengatur frekuensi putar kipas angin secara otomatis digunakan sistem kontrol. Sistem ini dipengaruhi oleh tiga variabel yaitu kecepatan putar kipas angin, suhu ruangan, dan sumber frekuensi putar kipas angin. Berdasarkan 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, sedangkan sumber frekuensi putar kipas angin hanya mampu menyediakan **frekuensi** sebesar 2000 rpm hingga 7000 rpm. Apabila sistem kontrol ruangan tersebut menggunakan 4 rule berikut,







# Contoh Aplikasi Logika Fuzzy

- [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;
- Berapa sumber frekuensi putar kipas angin yang dihasilkan sistem kontrol tersebut bila pada saat itu sensor suhu menunjukkan angka 300 Kelvin sedangkan kipas angin berputar dengan kecepatan 4000 rpm ?
- Selesaikan masalah ini dengan menggunakan metode :
  - a) Tsukamoto
  - b) Mamdani







# Contoh Aplikasi Logika Fuzzy

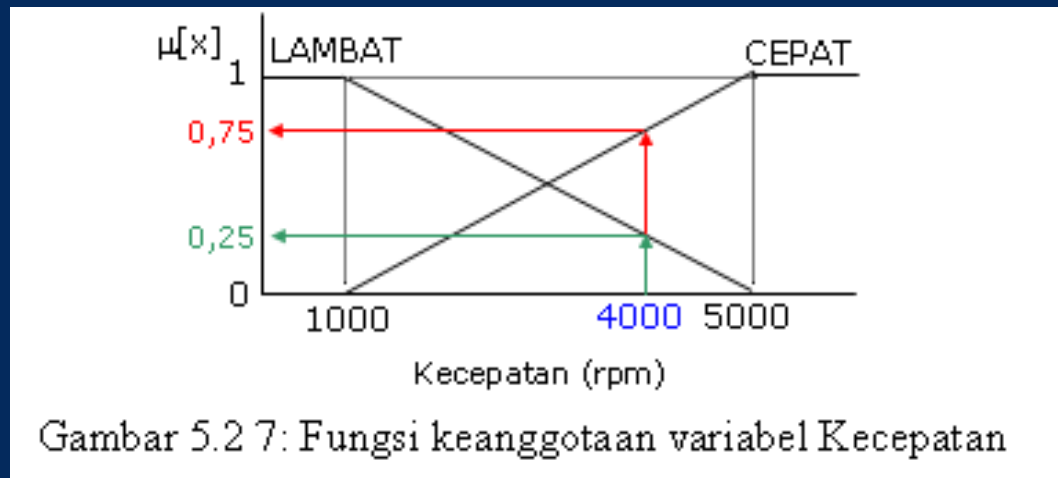
- c) Sugeno, tetapi rule-rulanya berubah menjadi berikut :
- [R1] IF kecepatan LAMBAT And suhu TINGGI THEN frekuensi =  $0,5 * \text{kecepatan} + 1700$ ;
- [R2] IF kecepatan LAMBAT And suhu RENDAH THEN frekuensi =  $2 * \text{kecepatan} - 4000$ ;
- [R3] IF kecepatan CEPAT And suhu TINGGI THEN frekuensi =  $0,5 * \text{kecepatan} + 2000$ ;
- [R4] IF kecepatan CEPAT And suhu RENDAH THEN frekuensi =  $\text{kecepatan} + 700$ ;





# Metode Tsukamoto (Fuzzifikasi)

Ada 3 variabel fuzzy yang dapat dimodelkan menjadi grafik keanggotaan seperti berikut:  
kecepatan; terdiri-atas 2 himpunan fuzzy, yaitu: LAMBAT dan CEPAT



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

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

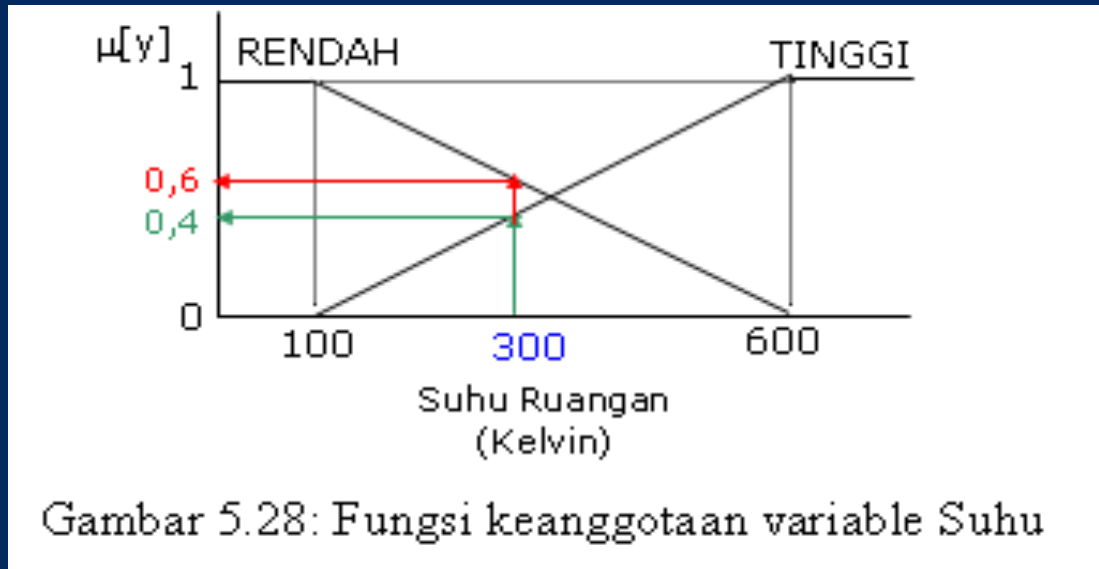
Derajat keanggotaan untuk kecepatan 4000 rpm adalah:  
 $\mu_{LAMBAT}[4000] = (5000 - 4000) / 4000$   
 $= 0,25$   
 $\mu_{Cepat}[4000] = (4000 - 1000) / 4000$   
 $= 0,75$





# Metode Tsukamoto (Fuzzifikasi)

Suhu; terdiri-atas 2 himpunan fuzzy, yaitu: RENDAH dan TINGGI



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

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

Derajat keanggotaan untuk suhu 300 kelvin adalah:

$$\begin{aligned} \mu_{Rendah}[300] &= (600 - 300) / 500 \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

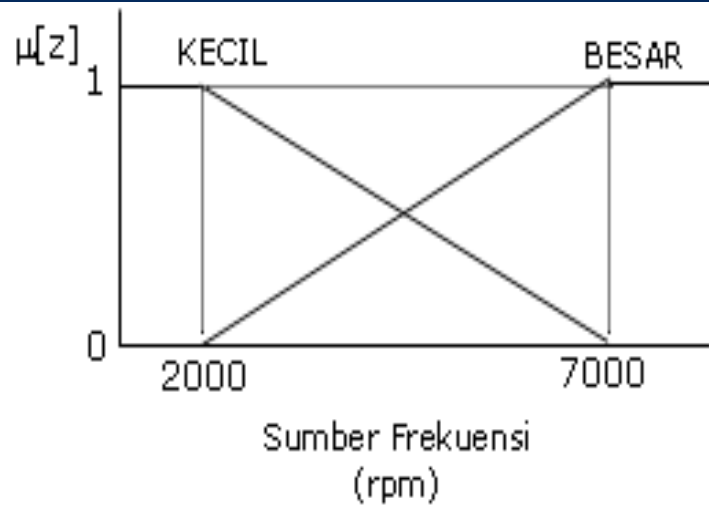
$$\begin{aligned} \mu_{Tinggi}[300] &= (300 - 100) / 500 \\ &= 0,4 \end{aligned}$$





# Metode Tsukamoto (Fuzzifikasi)

Frekuensi; terdiri-atas 2 himpunan fuzzy, yaitu: KECIL dan BESAR



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 (Inferensi)

---

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

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

Lihat himpunan KECIL pada grafik keanggotaan variabel frekuensi,

$$(7000-z)/5000 = 0,25 \quad \text{--->} \quad z1 = 5750 \text{ (rpm)}$$







# Metode Tsukamoto (Inferensi)

[R2] IF kecepatan LAMBAT And suhu RENDAH THEN frekuensi KECIL;

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat2} &= \mu_{\text{LAMBAT}} \cap \mu_{\text{RENDAH}} \\ &= \min(\mu_{\text{LAMBAT}}[4000], \mu_{\text{RENDAH}}[300]) \\ &= \min(0,25; 0,6) \\ &= 0,25\end{aligned}$$

Lihat himpunan KECIL pada grafik keanggotaan variabel frekuensi,

$$(7000 - z)/5000 = 0,25 \quad \text{--->} \quad z_2 = 5750 \text{ (rpm)}$$





# Metode Tsukamoto (Inferensi)

[R3] IF kecepatan CEPAT And suhu TINGGI THEN frekuensi BESAR;

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat3} &= \mu_{\text{CEPAT}} \cap \text{TINGGI} \\ &= \min(\mu_{\text{CEPAT}}[4000], \mu_{\text{TINGGI}}[300]) \\ &= \min(0,75; 0,4) \\ &= 0,4\end{aligned}$$

Lihat himpunan BESAR pada grafik keanggotaan variabel frekuensi,

$$(z-2000)/5000 = 0,4 \quad \text{--->} \quad z3 = 4000 \text{ (rpm)}$$





# Metode Tsukamoto (Inferensi)

---

[R4] IF kecepatan CEPAT And suhu RENDAH THEN frekuensi BESAR;

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat4} &= \mu_{\text{CEPAT}} \cap \text{RENDAH} \\ &= \min(\mu_{\text{CEPAT}}[4000], \mu_{\text{RENDAH}}[300]) \\ &= \min(0,75; 0,6) \\ &= 0,6\end{aligned}$$

Lihat himpunan BESAR pada grafik keanggotaan variabel frekuensi,

$$(z-2000)/5000 = 0,6 \quad \text{--->} \quad z4 = 5000 \text{ (rpm)}$$





# Metode Tsukamoto (Defuzzy)

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.





# REFERENSI

---

- Bahan ajar UDINUS
- Bahan ajar Universitas Kuningan
- <https://www.mathworks.com/>







# Tugas

---

- Berikan Contoh perhitungan Metode Mamdani dan Sugeno
- Jelaskan perbedaan metode tsukamoto, Mamdani dan sugeno.





Kecerdasan Buatan JTI POLINEMA

---

*TERIMA KASIH*

