

# **Kecerdasan Buatan**

## **Studi Kasus Logika Fuzzy**

Oleh Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

2017



**Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
Departemen Teknik Informatika dan Komputer**

# Konten

- Definisi Sistem Pakar
- Siapa Pakar?
- Model Sistem Pakar
- Bagian Utama Sistem Pakar

# Tujuan Instruksi Umum

Mahasiswa memahami filosofi Kecerdasan Buatan dan mampu menerapkan beberapa metode Kecerdasan Komputasional dalam menyelesaikan sebuah permasalahan, baik secara individu maupun berkelompok/kerjasama tim.

# Tujuan Instruksi Khusus

- Memahami penerapan Logika Fuzzy dalam menyelesaikan suatu permasalahan
- Memahami proses dalam Logika Fuzzy dalam menyelesaikan suatu permasalahan
- Memahami cara berbagai metode defuzzyfikasi dalam menyelesaikan suatu permasalahan

# Istilah-Istilah

- **Fuzzification:** definisi dari himpunan fuzzy dan penentuan derajat keanggotaan dari *crisp input* pada sebuah himpunan fuzzy
- **Inferensi:** evaluasi kaidah/aturan/rule fuzzy untuk menghasilkan output dari tiap rule
- **Composisi:** agregasi atau kombinasi dari keluaran semua rule
- **Defuzzification:** perhitungan *crisp output*



# METODE TSUKAMOTO

# Sistem Inferensi Fuzzy

## Metode Tsukamoto

- Pertama kali diperkenalkan oleh Tsukamoto.
- Setiap konsekuen (kesimpulan) pada setiap aturan IF-THEN harus direpresentasikan dengan suatu ***himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan monoton***.
- Hasilnya, output hasil inferensi dari setiap aturan diberikan ***secara tegas (crisp) berdasarkan  $\alpha$ -predikat***, kemudian menghitung ***rata-rata terbobot***.

## Metode Sugeno

## Metode Mamdani



# Contoh: metode Tsukamoto

- Sebuah perusahaan makanan kaleng akan memproduksi makanan jenis ABC. Dari data 1 bulan terakhir, permintaan terbesar hingga mencapai 5000 kemasan/hari, dan permintaan terkecil sampai 1000 kemasan/hari. Persediaan barang digudang paling banyak sampai 600 kemasan/hari, dan paling sedikit sampai 100 kemasan/hari. Dengan segala keterbatasannya, sampai saat ini, perusahaan baru mampu memproduksi barang maksimal 7000 kemasan/hari, serta demi efisiensi mesin dan SDM tiap hari diharapkan perusahaan memproduksi paling tidak 2000 kemasan.
- Apabila proses produksi perusahaan tersebut menggunakan 4 aturan sebagai berikut:
  - **Rule 1**
    - IF permintaan TURUN and persediaan BANYAK THEN produksi barang BERKURANG
  - **Rule 2**
    - IF permintaan TURUN and persediaan SEDIKIT THEN produksi barang BERKURANG
  - **Rule 3**
    - IF permintaan NAIK and persediaan BANYAK THEN produksi barang BERTAMBAH
  - **Rule 4**
    - IF permintaan NAIK and persediaan SEDIKIT THEN produksi barang BERTAMBAH
- Berapa kemasan makanan jenis ABC yang harus diproduksi, jika jumlah permintaan sebanyak 4000 kemasan, dan persediaan di gudang masih 300 kemasan ? (***Gunakan fungsi keanggotaan LINEAR***)



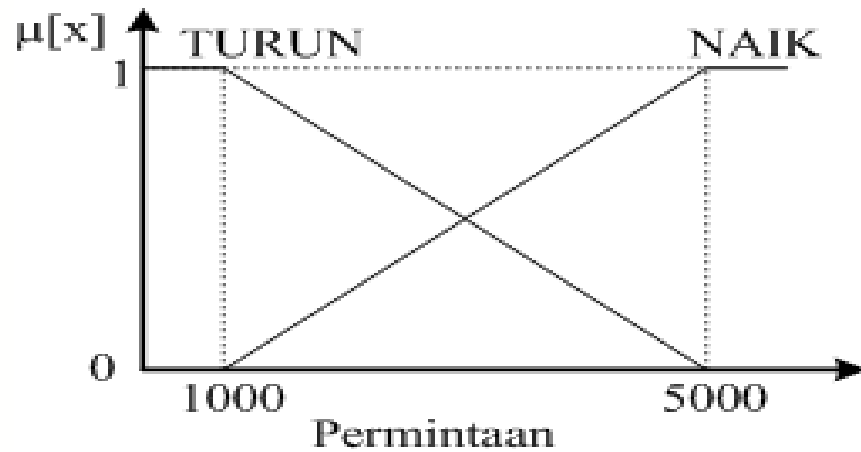
Ada 3 variabel yang digunakan: PERMINTAAN, PERSEDIAAN, dan PRODUKSI

PERMINTAAN: 1000 – 5000,  $x = 4000$

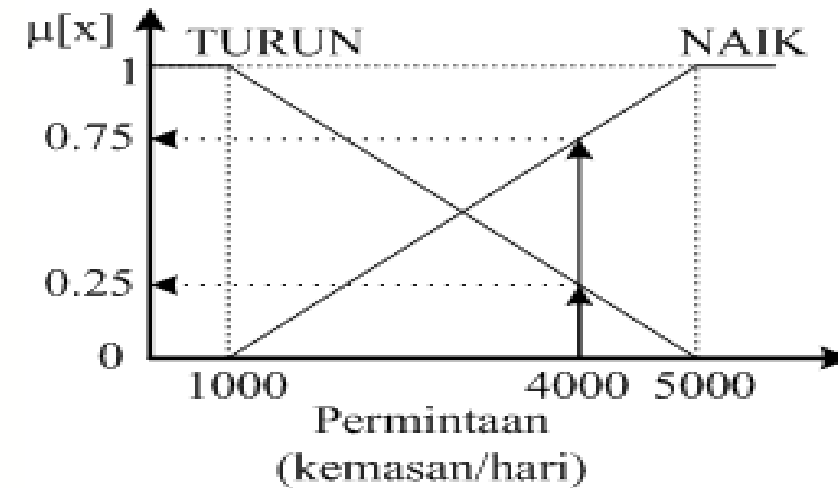
PERSEDIAAN: 100 - 600,  $y = 300$

PRODUKSI: 2000 – 7000,  $z = ?$

PERMINTAAN, terdiri dari 2 himpunan fuzzy: TURUN dan NAIK



Nilai keanggotaan untuk nilai PERMINTAAN = 4000



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

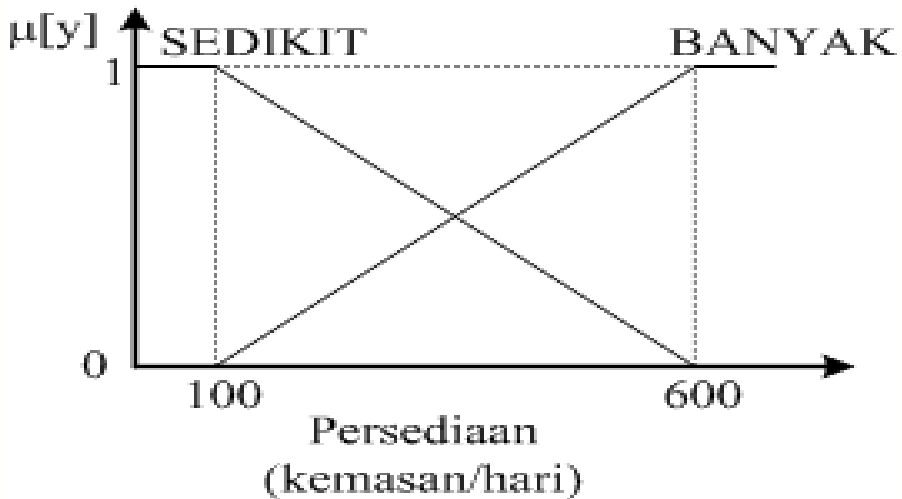
$$\mu_{pmtTURUN}[4000] = (5000 - 4000) / 4000 = 0.25$$

$$\mu_{pmtNAIK}[4000] = (4000 - 1000) / 4000 = 0.75$$

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

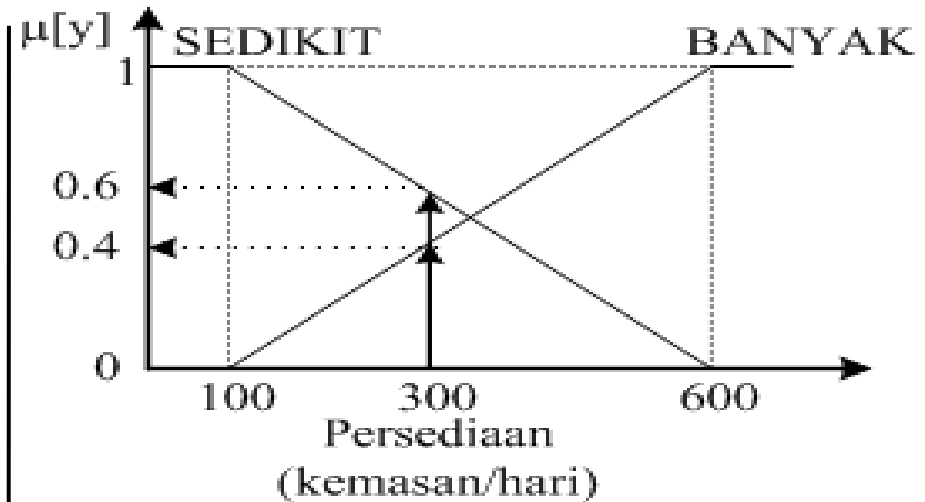


PERSEDIAAN, terdiri dari 2 himpunan fuzzy: SEDIKIT dan BANYAK



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

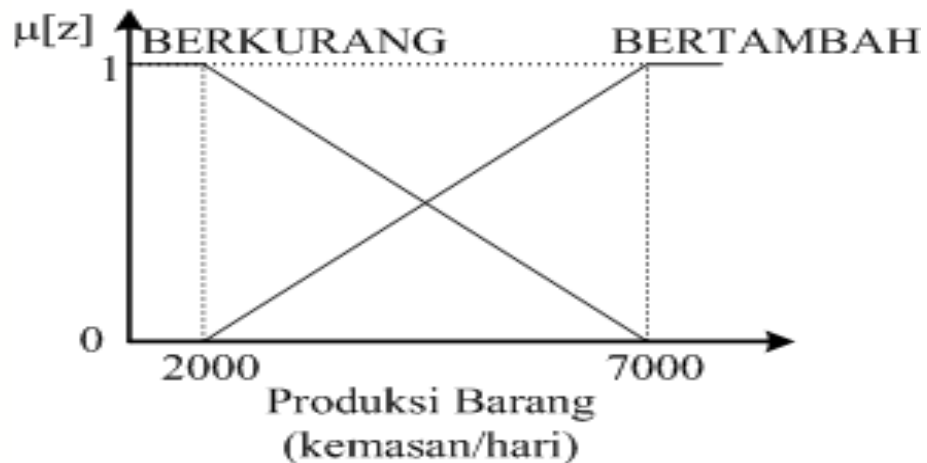
$$\mu_{psdBANYAK}[y] = \begin{cases} 0 & , y < 100 \\ \frac{y - 100}{500} & , 100 \leq y \leq 600 \\ 1 & , y > 600 \end{cases}$$



$$\mu_{psdSEDIKIT}[300] = (600 - 300) / 500 = 0.6$$

$$\mu_{psdBANYAK}[300] = (300 - 100) / 500 = 0.4$$





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

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

$$\mu_{pmtTURUN} = 0.25$$

$$\mu_{pmtNAIK} = 0.75$$

$$\mu_{pmtSEDIKIT} = 0.6$$

$$\mu_{pmtBANYAK} = 0.4$$

Nilai  $\alpha$ -predikat dan Z dari setiap aturan

Rule 1

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_1 &= \mu_{pmtTURUN} \cap \mu_{psdBANYAK} \\ &= \min(\mu_{pmtTURUN}[4000] \cap \mu_{psdBANYAK}[300]) \\ &= \min(0.25; 0.4) \\ &= 0.25 \end{aligned}$$

Dari himpunan produksi barang **BERKURANG**,  
 $(7000-z)/5000 = 0.25 \rightarrow z_1 = 5750$

Rule 2

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_2 &= \mu_{pmtTURUN} \cap \mu_{psdSEDIKIT} \\ &= \min(\mu_{pmtTURUN}[4000] \cap \mu_{psdSEDIKIT}[300]) \\ &= \min(0.25; 0.6) \\ &= 0.25 \end{aligned}$$

Dari himpunan produksi barang **BERKURANG**,  
 $(7000-z)/5000 = 0.25 \rightarrow z_2 = 5750$



## Nilai $\alpha$ -predikat dan Z dari setiap aturan

### Rule 3

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat}_3 &= \mu_{\text{pmtNAIK}} \cap \mu_{\text{psdBANYAK}} \\ &= \min(\mu_{\text{pmtNAIK}}[4000] \cap \mu_{\text{psdBANYAK}}[300]) \\ &= \min(0.75; 0.4) \\ &= 0.4\end{aligned}$$

Dari himpunan produksi barang **BERTAMBAH**,  
(z-2000)/5000 = 0.4  $\rightarrow$  **z<sub>3</sub> = 4000**

### Rule 4

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat}_4 &= \mu_{\text{pmtNAIK}} \cap \mu_{\text{psdBANYAK}} \\ &= \min(\mu_{\text{pmtNAIK}}[4000] \cap \mu_{\text{psdBANYAK}}[300]) \\ &= \min(0.75; 0.6) \\ &= 0.6\end{aligned}$$

Dari himpunan produksi barang **BERTAMBAH**,  
(z-2000)/5000 = 0.6  $\rightarrow$  **z<sub>4</sub> = 5000**

---

Menghitung z akhir dengan merata-rata semua z berbobot:

$$z = \frac{\alpha\text{pred}_1 * z_1 + \alpha\text{pred}_2 * z_2 + \alpha\text{pred}_3 * z_3 + \alpha\text{pred}_4 * z_4}{\alpha\text{pred}_1 + \alpha\text{pred}_2 + \alpha\text{pred}_3 + \alpha\text{pred}_4}$$

$$z = \frac{0.25 * 5750 + 0.25 * 5750 + 0.4 * 4000 + 0.6 * 500}{0.25 + 0.25 + 0.4 + 0.6} = \frac{7457}{1.5} = 4983$$

Jadi, jumlah makanan jenis ABC yang harus diproduksi sebanyak **4983 kemasan**.

# METODE SUGENO

# Sistem Inferensi Fuzzy

## Metode Tsukamoto

## Metode Sugeno

- Diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno-Kang, tahun 1985.
- Bagian output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan ***konstanta*** (orde nol) atau ***persamaan linear*** (orde satu).
- Model Sugeno Orde Nol
  - IF  $(x_1 \text{ is } A_1) \bullet (x_2 \text{ is } A_2) \bullet \dots \bullet (x_n \text{ is } A_n)$  THEN  $z=k$
- Model Sugeno Orde Satu
  - IF  $(x_1 \text{ is } A_1) \bullet (x_2 \text{ is } A_2) \bullet \dots \bullet (x_n \text{ is } A_n)$  THEN  $z= p_1 * x_1 + \dots + p_2 * x_2 + q$

# Contoh: metode Sugeno

- Sebuah perusahaan makanan kaleng akan memproduksi makanan jenis ABC. Dari data 1 bulan terakhir, permintaan terbesar hingga mencapai 5000 kemasan/hari, dan permintaan terkecil sampai 1000 kemasan/hari. Persediaan barang digudang paling banyak sampai 600 kemasan/hari, dan paling sedikit sampai 100 kemasan/hari. Dengan segala keterbatasannya, sampai saat ini, perusahaan baru mampu memproduksi barang maksimal 7000 kemasan/hari, serta demi efisiensi mesin dan SDM tiap hari diharapkan perusahaan memproduksi paling tidak 2000 kemasan.
- Apabila proses produksi perusahaan tersebut menggunakan 4 aturan sebagai berikut:
  - **Rule 1**
    - IF permintaan TURUN and persediaan BANYAK THEN produksi barang = **permintaan - persediaan**
  - **Rule 2**
    - IF permintaan TURUN and persediaan SEDIKIT THEN produksi barang = **permintaan**
  - **Rule 3**
    - IF permintaan NAIK and persediaan BANYAK THEN produksi barang = **permintaan**
  - **Rule 4**
    - IF permintaan NAIK and persediaan SEDIKIT THEN produksi barang = **1.25\*permintaan - persediaan**
- Berapa kemasan makanan jenis ABC yang harus diproduksi, jika jumlah permintaan sebanyak 4000 kemasan, dan persediaan di gudang masih 300 kemasan ? (***Gunakan fungsi keanggotaan LINEAR***)

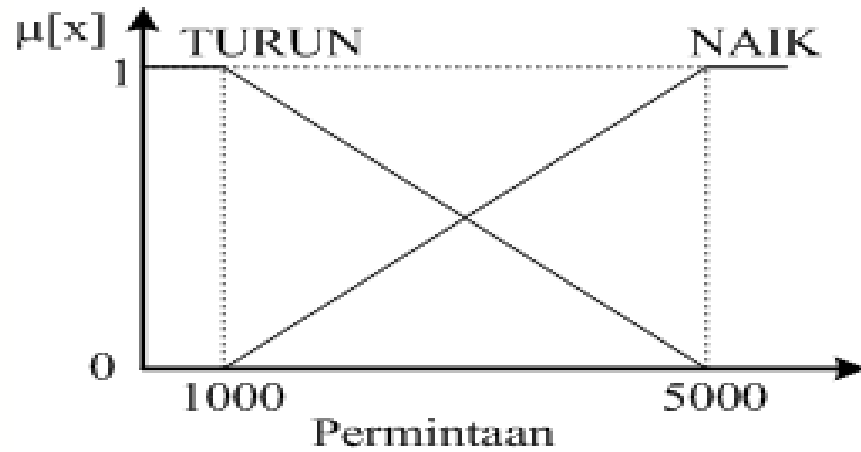
Ada 3 variabel yang digunakan: PERMINTAAN, PERSEDIAAN, dan PRODUKSI

PERMINTAAN: 1000 – 5000,  $x = 4000$

PERSEDIAAN: 100 - 600,  $y = 300$

PRODUKSI: 2000 – 7000,  $z = ?$

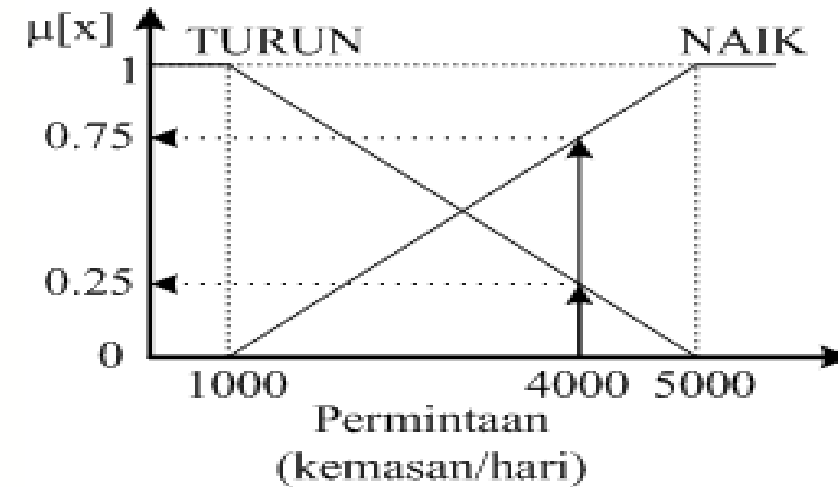
PERMINTAAN, terdiri dari 2 himpunan fuzzy: TURUN dan NAIK



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

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

Nilai keanggotaan untuk nilai PERMINTAAN = 4000



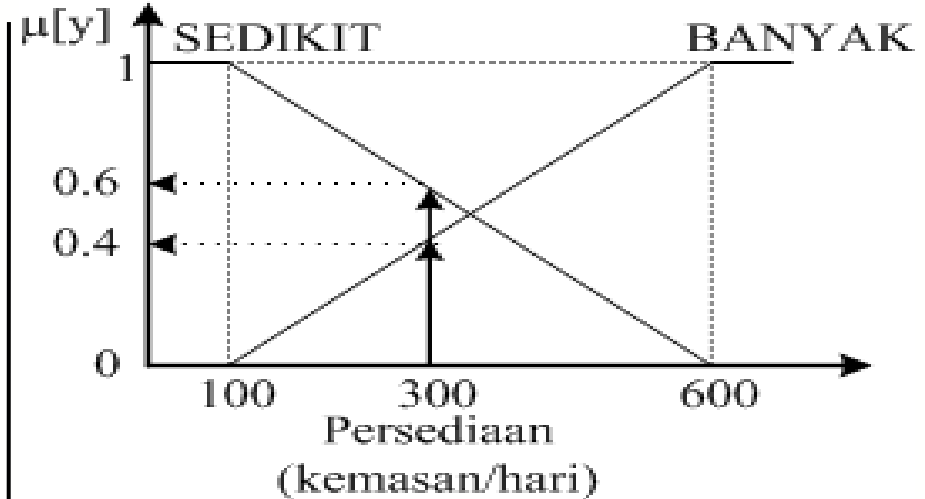
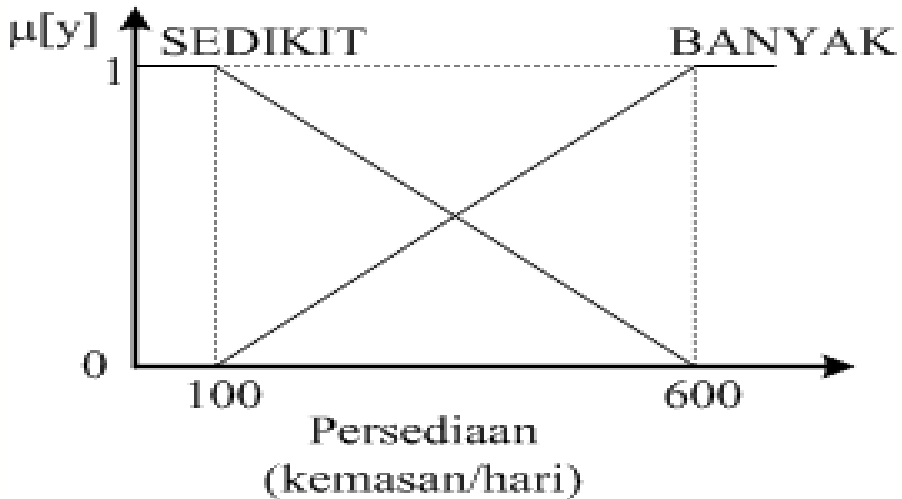
$$\mu_{pmtTURUN}[4000] = (5000 - 4000) / 4000 = 0.25$$

$$\mu_{pmtNAIK}[4000] = (4000 - 1000) / 4000 = 0.75$$





PERSEDIAAN, terdiri dari 2 himpunan fuzzy: SEDIKIT dan BANYAK



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

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

$$y = 300$$

$$\mu_{psdSEDIKIT}[300] = (600 - 300) / 500 = 0.6$$

$$\mu_{psdBANYAK}[300] = (300 - 100) / 500 = 0.4$$



PRODUKSI, tidak mempunyai himpunan fuzzy.

Nilai permintaan = 4000    Jumlah persediaan = 300

**Nilai  $\alpha$ -predikat dan Z dari setiap aturan**

**Rule 1**

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_1 &= \mu_{\text{pmtTURUN}} \cap \mu_{\text{psdBANYAK}} \\ &= \min(\mu_{\text{pmtTURUN}}[4000] \cap \mu_{\text{psdBANYAK}}[300]) \\ &= \min(0.25; 0.4) \\ &= 0.25 \end{aligned}$$

Dari bagian konsekuen Rule 1

$$\begin{aligned} z_1 &= \text{permintaan} - \text{persediaan} \\ &= 4000 - 300 = \mathbf{3700} \end{aligned}$$

**Rule 3**

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_3 &= \mu_{\text{pmtNAIK}} \cap \mu_{\text{psdBANYAK}} \\ &= \min(\mu_{\text{pmtNAIK}}[4000] \cap \mu_{\text{psdBANYAK}}[300]) \\ &= \min(0.75; 0.4) \\ &= 0.4 \end{aligned}$$

Dari bagian konsekuen Rule 3

$$\begin{aligned} z_3 &= \text{permintaan} \\ &= \mathbf{4000} \end{aligned}$$

**Rule 2**

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_2 &= \mu_{\text{pmtTURUN}} \cap \mu_{\text{psdSEDIKIT}} \\ &= \min(\mu_{\text{pmtTURUN}}[4000] \cap \mu_{\text{psdSEDIKIT}}[300]) \\ &= \min(0.25; 0.6) \\ &= 0.25 \end{aligned}$$

Dari bagian konsekuen Rule 2

$$\begin{aligned} z_2 &= \text{permintaan} \\ &= \mathbf{4000} \end{aligned}$$

**Rule 4**

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_4 &= \mu_{\text{pmtNAIK}} \cap \mu_{\text{psdBANYAK}} \\ &= \min(\mu_{\text{pmtNAIK}}[4000] \cap \mu_{\text{psdBANYAK}}[300]) \\ &= \min(0.75; 0.6) \\ &= 0.6 \end{aligned}$$

Dari bagian konsekuen Rule 2

$$\begin{aligned} z_2 &= 1.25 * \text{permintaan} - \text{persediaan} \\ &= 1.25 * 4000 - 300 = \mathbf{4700} \end{aligned}$$

**Menghitung z akhir dengan merata-rata semua z berbobot:**

$$z = \frac{\alpha\text{pred}_1 * z_1 + \alpha\text{pred}_2 * z_2 + \alpha\text{pred}_3 * z_3 + \alpha\text{pred}_4 * z_4}{\alpha\text{pred}_1 + \alpha\text{pred}_2 + \alpha\text{pred}_3 + \alpha\text{pred}_4}$$

$$z = \frac{0.25 * 3700 + 0.25 * 4000 + 0.4 * 4000 + 0.6 * 4700}{0.25 + 0.25 + 0.4 + 0.6} = \frac{6345}{1.5} = 4230$$

Jadi, jumlah makanan jenis ABC yang harus diproduksi sebanyak **4230 kemasan**.



# METODE MAMDANI

# Metode Mamdani

- Diperkenalkan oleh Mamdani dan Assilian (1975).
- Ada 4 tahapan dalam inferensi Mamdani (termasuk metode yang lain):
  1. Pembentukan himpunan fuzzy (*fuzzyfication*)

Variabel input dan output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy
  2. Penerapan fungsi implikasi  
Fungsi implikasi yang digunakan adalah **MIN**
  3. Komposisi (penggabungan) aturan  
Inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan.  
Ada 3 macam: **MAX**, **ADDITIVE**, dan **probabilistik OR** (probor)
  4. Penegasan (*defuzzyfication*)  
Input disini adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, outputnya adalah nilai tegas (crisp)  
Metode defuzzifikasi: **Centroid** (Center of Mass), dan **Mean of Maximum** (MOM)

# Metode Komposisi Aturan

- **MAX**

- Solusi himpunan diperoleh dengan cara **mengambil nilai maksimum** aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, kemudian menerapkannya ke output dengan **operator OR**. Dirumuskan:

- $\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i])$

- Dimana:  $\mu_{sf}[x_i]$  adalah nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i

- $\mu_{kf}[x_i]$  adalah nilai keanggotaan konsekuen fuzzy sampai aturan ke-i

- **Additive (sum)**

- Solusi fuzzy diperoleh dengan melakukan **bounded-sum** pada semua output daerah fuzzy. Dirumuskan:

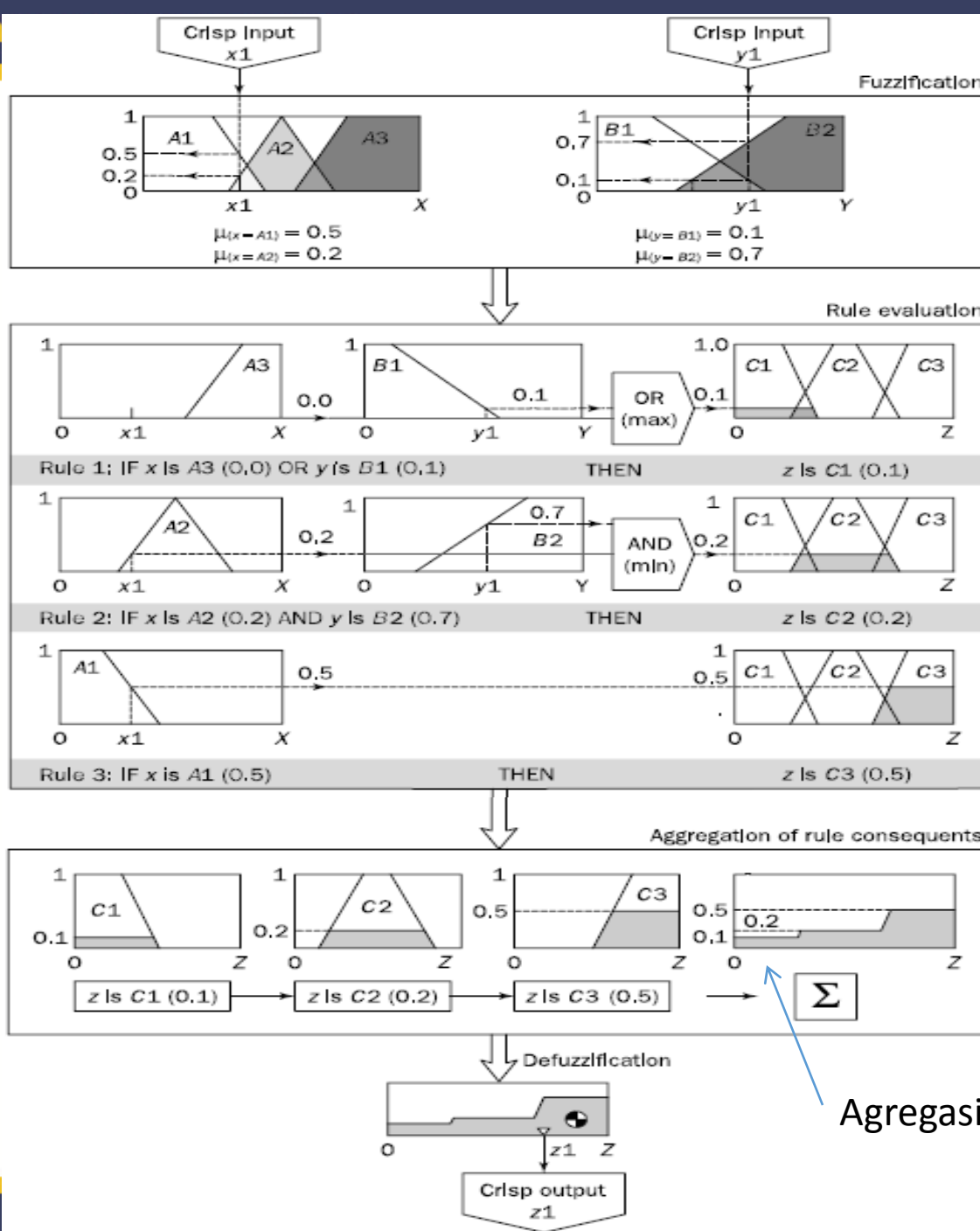
- $\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \min(1, \mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i])$

- **Probabilistik OR (probor)**

- Solusi fuzzy diperoleh dengan cara melakukan **product** terhadap semua output daerah fuzzy. Dirumuskan:

- $\mu_{sf}[x_i] \leftarrow (\mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) - (\mu_{sf}[x_i] * \mu_{kf}[x_i])$





Contoh inferensi fuzzy model Mamdani

**Rule: 1**  
IF x is A3  
OR y is B1  
THEN z is C1

**Rule: 2**  
IF x is A2  
AND y is B2  
THEN z is C2

**Rule: 3**  
IF x is A1  
THEN z is C3

Agregasi menggunakan MAX



# Metode Defuzzifikasi

## • Metode **Centroid**

- Solusi *crisp* diperoleh dengan mengambil titik pusat ( $z^*$ ) dan
- Dirumuskan:
- Untuk semesta kontinyu

$$z^* = \frac{\int z \cdot \mu(z) dz}{\int \mu(z) dz}$$

- Untuk semesta diskrit

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)}$$

## • Metode **Mean of Maximum (MOM)**

- Solusi diperoleh dengan mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan terbesar.
- Dirumuskan:

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^l z_j}{l}$$

- Dimana:  $z_j$  adalah titik dalam domain kosenkuen yang mempunyai nilai keanggotaan maksimum, dan  $l$  adalah jumlah titik yang mempunyai nilai keanggotaan maksimum

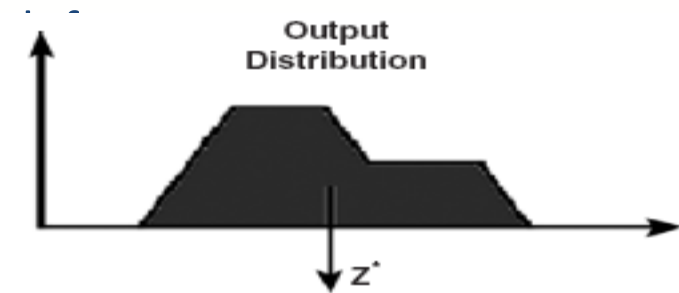


Fig. 6.3. Defuzzification using the center of mass

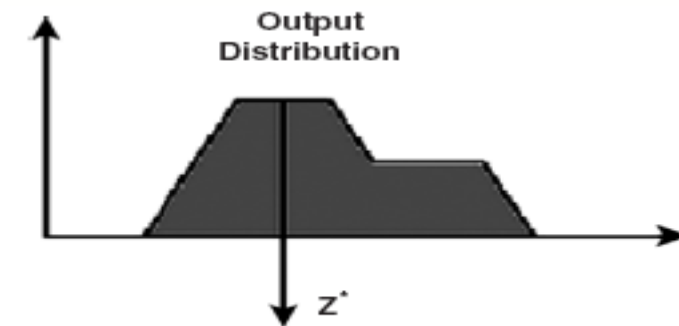


Fig. 6.4. Defuzzification using the mean of maximum

# Contoh: metode Mamdani

- Sebuah perusahaan makanan kaleng akan memproduksi makanan jenis ABC. Dari data 1 bulan terakhir, permintaan terbesar hingga mencapai 5000 kemasan/hari, dan permintaan terkecil sampai 1000 kemasan/hari. Persediaan barang digudang paling banyak sampai 600 kemasan/hari, dan paling sedikit sampai 100 kemasan/hari. Dengan segala keterbatasannya, sampai saat ini, perusahaan baru mampu memproduksi barang maksimal 7000 kemasan/hari, serta demi efisiensi mesin dan SDM tiap hari diharapkan perusahaan memproduksi paling tidak 2000 kemasan.
- Apabila proses produksi perusahaan tersebut menggunakan 4 aturan sebagai berikut:
  - **Rule 1**
    - IF permintaan TURUN and persediaan BANYAK THEN produksi barang BERKURANG
  - **Rule 2**
    - IF permintaan TURUN and persediaan SEDIKIT THEN produksi barang BERKURANG
  - **Rule 3**
    - IF permintaan NAIK and persediaan BANYAK THEN produksi barang BERTAMBAH
  - **Rule 4**
    - IF permintaan NAIK and persediaan SEDIKIT THEN produksi barang BERTAMBAH
- Berapa kemasan makanan jenis ABC yang harus diproduksi, jika jumlah permintaan sebanyak 4000 kemasan, dan persediaan di gudang masih 300 kemasan ? (***Gunakan fungsi keanggotaan LINEAR***)





# Pembentukan himpunan fuzzy

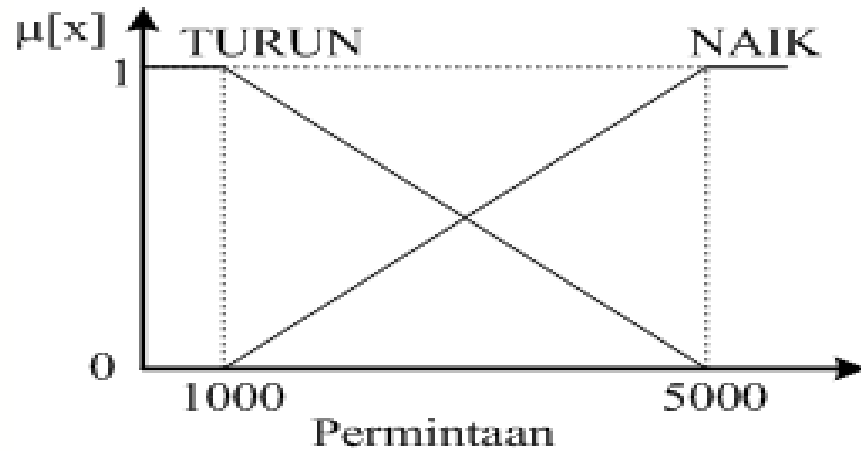
Ada 3 variabel yang digunakan: PERMINTAAN, PERSEDIAAN, dan PRODUKSI

PERMINTAAN: 1000 – 5000,  $x = 4000$

PERSEDIAAN: 100 - 600,  $y = 300$

PRODUKSI: 2000 – 7000,  $z = ?$

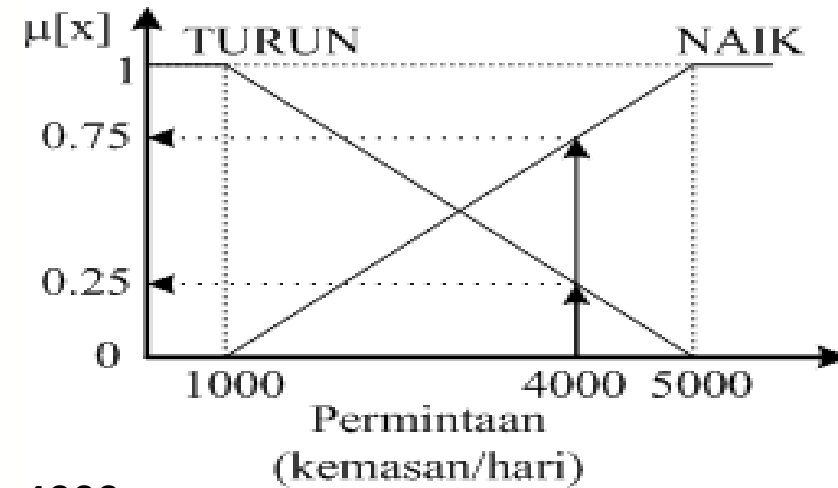
**PERMINTAAN**, terdiri dari 2 himpunan fuzzy: TURUN dan NAIK



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

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

Nilai keanggotaan untuk nilai **PERMINTAAN = 4000**



$x = 4000$

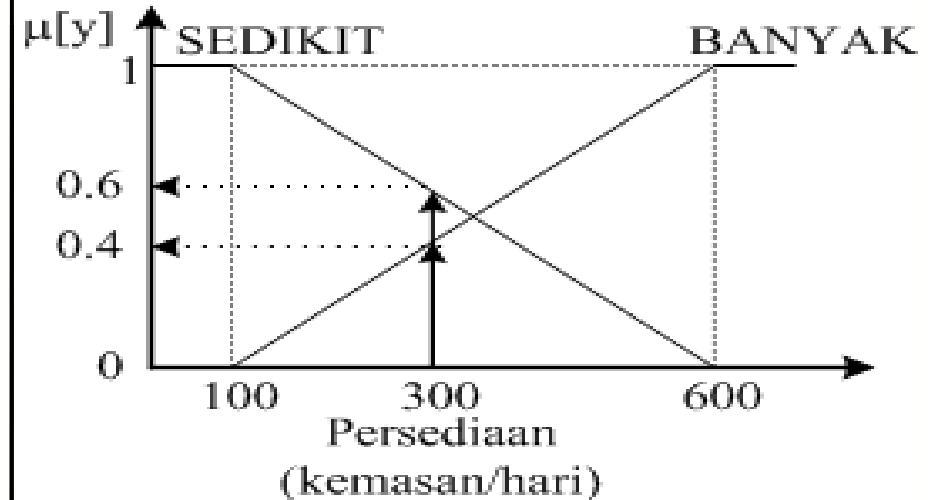
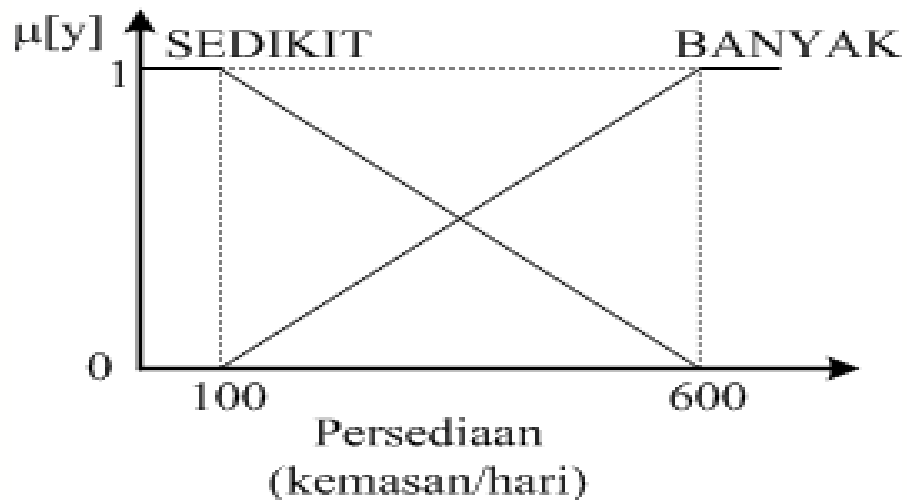
$$\mu_{pmtTURUN}[4000] = (5000 - 4000) / 4000 = 0.25$$

$$\mu_{pmtNAIK}[4000] = (4000 - 1000) / 4000 = 0.75$$



# Pembentukan himpunan fuzzy

PERSEDIAAN, terdiri dari 2 himpunan fuzzy: SEDIKIT dan BANYAK



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

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

y = 300

$$\mu_{psdSEDIKIT}[300] = (600 - 300) / 500 = 0.6$$

$$\mu_{psdBANYAK}[300] = (300 - 100) / 500 = 0.4$$



$$\mu_{\text{pmtTURUN}} = 0.25$$

$$\mu_{\text{pmtSEDIKIT}} = 0.6$$

$$\mu_{\text{pmtNAIK}} = 0.75$$

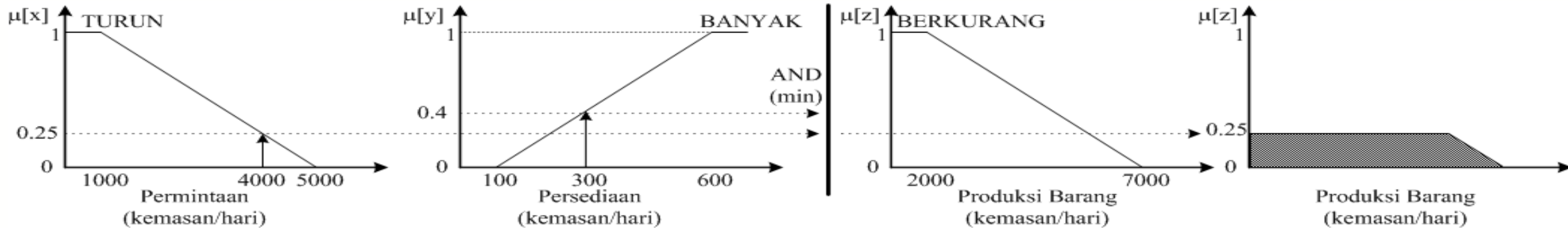
$$\mu_{\text{pmtBANYAK}} = 0.4$$

**Nilai  $\alpha$ -predikat dan Z dari setiap aturan**

**Rule 1**

**IF permintaan TURUN and persediaan BANYAK THEN produksi barang BERKURANG**

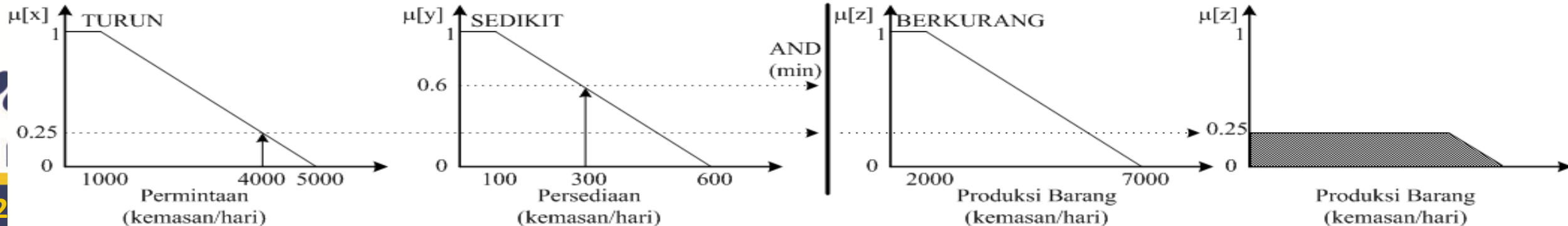
$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_1 &= \mu_{\text{pmtTURUN}} \cap \mu_{\text{psdBANYAK}} \\ &= \min(\mu_{\text{pmtTURUN}}[4000] \cap \mu_{\text{psdBANYAK}}[300]) \\ &= \min(0.25; 0.4) \\ &= 0.25 \end{aligned}$$



**Rule 2**

**IF permintaan TURUN and persediaan SEDIKIT THEN produksi barang BERKURANG**

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_2 &= \mu_{\text{pmtTURUN}} \cap \mu_{\text{psdSEDIKIT}} \\ &= \min(\mu_{\text{pmtTURUN}}[4000] \cap \mu_{\text{psdSEDIKIT}}[300]) \\ &= \min(0.25; 0.6) \\ &= 0.25 \end{aligned}$$



# Penerapan fungsi implikasi

Nilai  $\alpha$ -predikat dan Z dari setiap aturan

$$\mu_{\text{pmtTURUN}} = 0.25$$

$$\mu_{\text{pmtSEDIKIT}} = 0.6$$

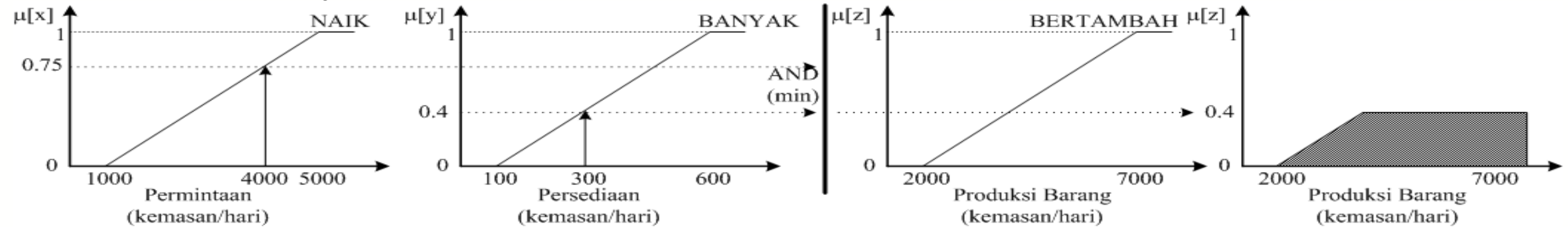
$$\mu_{\text{pmtNAIK}} = 0.75$$

$$\mu_{\text{psdBANYAK}} = 0.4$$

Rule 3

**IF permintaan NAIK and persediaan BANYAK THEN produksi barang BERTAMBAH**

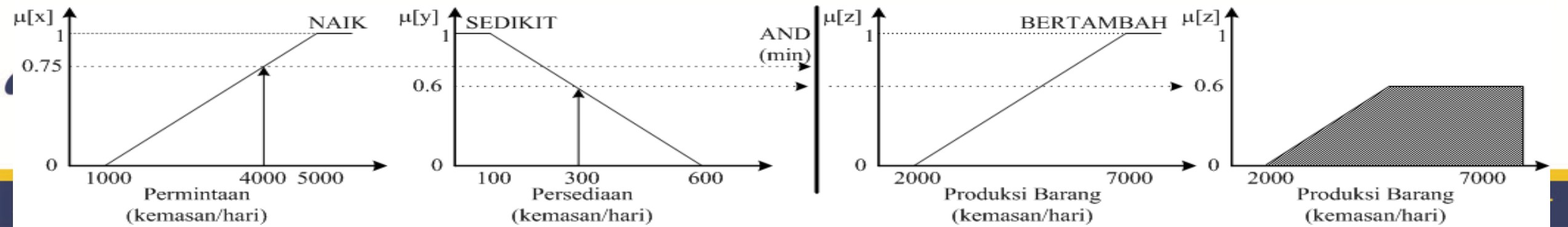
$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_3 &= \mu_{\text{pmtNAIK}} \cap \mu_{\text{psdBANYAK}} \\ &= \min(\mu_{\text{pmtNAIK}}[4000] \cap \mu_{\text{psdBANYAK}}[300]) \\ &= \min(0.75; 0.4) \\ &= 0.4 \end{aligned}$$



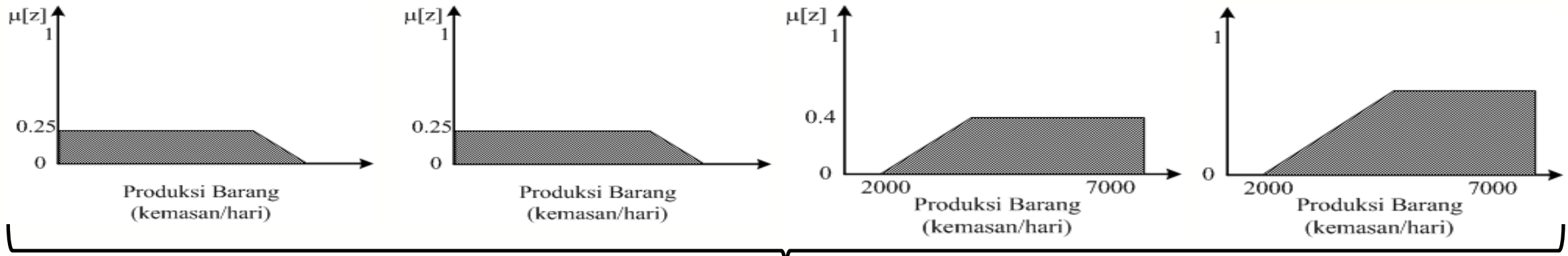
Rule 4

**IF permintaan NAIK and persediaan SEDIKIT THEN produksi barang BERTAMBAH**

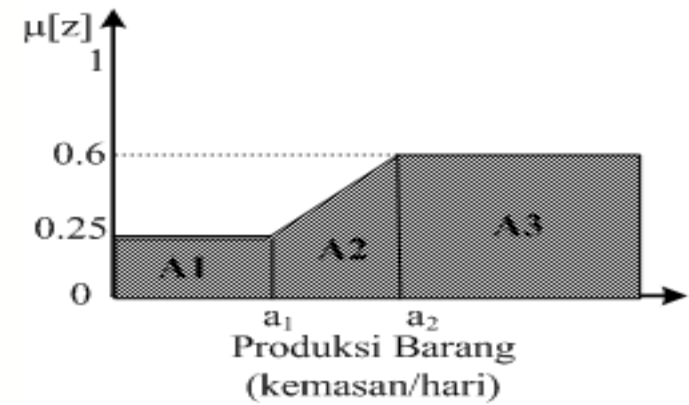
$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_4 &= \mu_{\text{pmtNAIK}} \cap \mu_{\text{psdSEDIKIT}} \\ &= \min(\mu_{\text{pmtNAIK}}[4000] \cap \mu_{\text{psdSEDIKIT}}[300]) \\ &= \min(0.75; 0.6) \\ &= 0.6 \end{aligned}$$



# Komposisi antar aturan



MAX  
=



Daerah himpunan fuzzy terbagi 3: A1, A2, dan A3.

Mencari nilai  $a_1$ , dan  $a_2$

$$(a - prod\_minimal) / interval\_prod = nilai\_keanggotaan$$

$$(a_1 - 2000) / 5000 = 0.25 \rightarrow a_1 = 3250$$

$$(a_2 - 2000) / 5000 = 0.6 \rightarrow a_2 = 5000$$

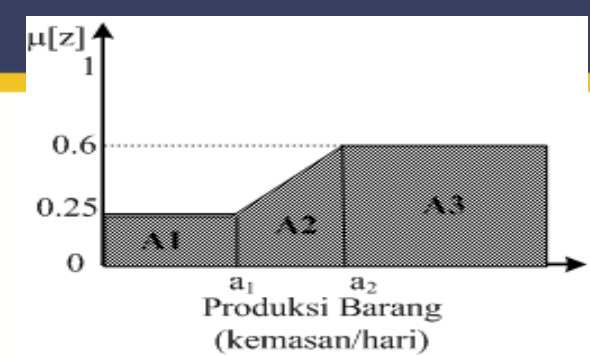
**Fungsi keanggotaan hasil komposisi:**

$$\mu[z] = \begin{cases} 0.25 & , z < 3250 \\ (z - 2000) / 5000 & , 3250 \leq z \leq 5000 \\ 0.6 & , z > 5000 \end{cases}$$



## Defuzzifikasi / Menghitung z akhir

$$\mu[z] = \begin{cases} 0.25 & , z < 3250 \\ (z - 2000) / 5000 & , 3250 \leq z \leq 5000 \\ 0.6 & , z > 5000 \end{cases}$$



Menghitung z\* menggunakan metode Centroid kontinyu

	Daerah A1	Daerah A2	Daerah A3
Moment	$M1 = \int_0^{3250} (0.25)z \, dz$ $M1 = 0.125 * z^2 \Big _0^{3250}$ $M1 = 1320312.5$	$M2 = \int_{3250}^{5000} \frac{(z - 2000)}{5000} z \, dz$ $M2 = \int_{3250}^{5000} (0.0002z^2 - 0.4z) \, dz$ $M2 = 0.000067z^3 - 0.2z^2 \Big _{3250}^{5000}$ $M2 = 3187515.625$	$M3 = \int_{5000}^{7000} (0.6)z \, dz$ $M3 = 0.3 * z^2 \Big _{5000}^{7000}$ $M3 = 7200000$
Luas	$A1 = \int_0^{3250} 0.25 \, dz$ $A1 = 0.25 * z \Big _0^{3250}$ $A1 = 0.25 * 3250 - 0.25 * 0$ $A1 = 812.5$	$A2 = \int_{3250}^{5000} \frac{(z - 2000)}{5000} z \, dz$ $A2 = \int_{3250}^{5000} (z/5000 - 0.4) \, dz$ $A2 = z^2/10000 - 0.4z \Big _{3250}^{5000}$ $A2 = (5000^2/10000 - 0.4 * 5000) - (3250^2/10000 - 0.4 * 3250)$	$A3 = \int_{5000}^{7000} (0.6) \, dz$ $A3 = 0.6 * z \Big _{5000}^{7000}$ $A3 = 1200$

$$A2 = 743.75$$



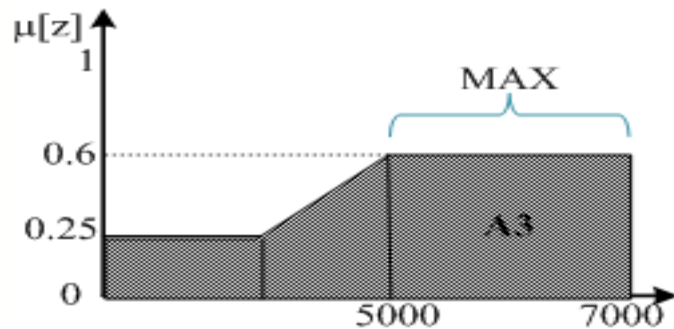
## Defuzzifikasi / Menghitung z akhir

Menghitung  $z^*$  menggunakan metode Centroid kontinyu

$$z^* = \frac{M1 + M2 + M3}{A1 + A2 + A3} = \frac{1320312.5 + 3187515.625 + 7200000}{812.5 + 743.75 + 1200} = 4247.74$$

Jadi, jumlah makanan jenis ABC yang harus diproduksi sebanyak **4248 kemasan**.

Menghitung  $z^*$  menggunakan metode Mean of Maximum (MOM)



$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^l z_j}{l} = \frac{\sum_{j=5000}^{7000} z_j}{7000 - 5000 + 1} = \frac{(7000 - 5000 + 1)(5000 + 7000)}{2}$$

$$z^* = \frac{2001 * 12000}{2001} = \frac{1200600}{2001} = 6000$$

Jadi, jumlah makanan jenis ABC yang harus diproduksi sebanyak **6000 kemasan**.

# Latihan Soal

## Kasus 1

Bagaimana jika jumlah **PERMINTAAN = 2500**, **PERSEDIAAN = 500**, berapa kemasan makanan jenis ABC yang harus diproduksi ?

## Kasus 2

Bagaimana jika jumlah **PERMINTAAN = 4500**, **PERSEDIAAN = 150**, berapa kemasan makanan jenis ABC yang harus diproduksi ?

## Kasus 3

Bagaimana jika jumlah **PERMINTAAN = 5000**, **PERSEDIAAN = 75**, berapa kemasan makanan jenis ABC yang harus diproduksi ?

Untuk masing-masing kasus di atas gunakan metode SUGENO, TSUKAMOTO, MAMDANI





# Referensi

- Modul Ajar Kecerdasan Buatan, Entin Martiana, Ali Ridho Barakbah, Yuliana Setiowati, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2014.
- <http://www.metode-algoritma.com/2013/06/contoh-certainty-factor-cf.html>
- Artificial Intelligence (Teori dan Aplikasinya), Sri Kusumadewi, cetakan pertama, Penerbit Graha Ilmu, 2003.



**bridge to the future**

<http://www.eepis-its.edu>