

## BAB VII LOGIKA FUZZY

Logika fuzzy adalah suatu cara untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Skema logika fuzzy :



Antara input dan output terdapat suatu kotak hitam yang harus memetakan input ke output yang sesuai. Misal :



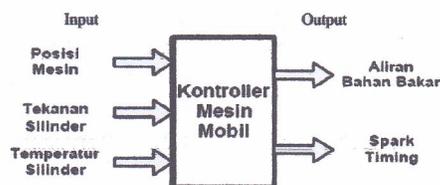
Pemetaan input-output pada masalah produksi : “diberikan data persediaan barang, berapa jumlah barang yang harus diproduksi ?”

Ada beberapa cara/metode yang mampu bekerja di kotak hitam tersebut, misal : sistem fizzy, jaringan syaraf tiruan, sistem linear, sistem pakar, persamaan diferensial, dll.

Namun menurut Prof. Lotfi A. Zadeh, penemu teori logika fuzzy di tahun 1960-an:



“pada hampir semua kasus kita dapat menghasilkan suatu produk tanpa menggunakan logika fuzzy, namun menggunakan fuzzy akan lebih cepat dan lebih murah”



## 7.1 ALASAN MENGGUNAKAN FUZZY

1. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti
2. Logika fuzzy sangat fleksibel
3. Memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat
4. Dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan
5. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami

## APLIKASI LOGIKA FUZZY

1. Tahun 1990 pertama kali mesin cuci dengan logika fuzzy di Jepang (Matsushita Electric Industrial Company). Sistem fuzzy digunakan untuk menentukan putaran yang tepat secara otomatis berdasarkan jenis dan banyaknya kotoran serta jumlah yang akan dicuci. Input yang digunakan : seberapa kotor, jenis kotoran, banyaknya yang dicuci. Mesin ini menggunakan sensor optik, mengeluarkan cahaya ke air dan mengukur bagaimana cahaya tersebut sampai ke ujung lainnya. Makin kotor, maka sum yang sampai makin redup. Sistem juga mampu menentukan jenis kotoran tersebut daki/minyak.
2. Transmisi otomatis pada mobil Nissan, menghemat bensin 12 – 17 %
3. Kereta bawah tanah Sendai mengontrol pemberhentian otomatis pada area tertentu
4. Ilmu kedokteran dan biologi, seperti sistem diagnosis kanker
5. Manajemen dan pengambilan keputusan, misal tata letak pabrik berdasarkan logika fuzzy, pembuatan games berdasarkan logika fuzzy, dll.
6. Ilmu lingkungan, misal kendali kualitas air, prediksi cuaca.
7. Teknik, misal perancangan jaringan komputer, prediksi adanya gempa bumi, dll.
8. dsb

## 7.2 HIMPUNAN DAN FUNGSI KEANGGOTAAN

### HIMPUNAN TEGAS (CRISP)

= nilai keanggotaan suatu item  $x$  dalam suatu himpunan  $A$ , yang sering ditulis dengan  $\mu_A[x]$ , memiliki 2 kemungkinan, yaitu :

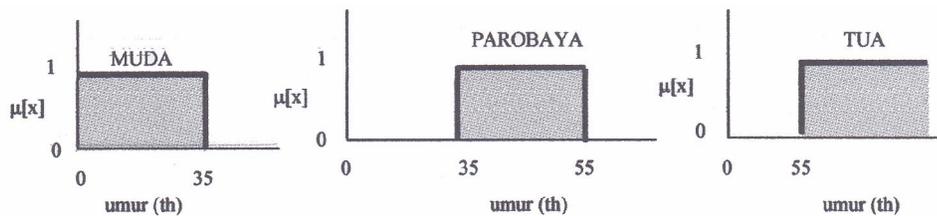
- 1, yang berarti bahwa item tersebut ( $x$ ) anggota himpunan  $A$
- 0, yang berarti bahwa, item tersebut ( $x$ ) bukan anggota himpunan  $A$

contoh :

- $S = [1,2,3,4,5,6]$  adalah semesta, pembicaraan  
 $A = [1,2,3]$   
 $B = [3,4,5]$   
Jadi :  
Nilai keanggotaan 2 pada himpunan  $A \rightarrow \mu_A[2] = 1$  karena  $2 \in A$   
Nilai keanggotaan 3 pada himpunan  $A \rightarrow \mu_A[3] = 1$  karena  $3 \in A$

Nilai keanggotaan 4 pada himpunan B  $\rightarrow \mu_A[4] = 0$  karena  $4 \in A$   
 Nilai keanggotaan 2 pada himpunan B  $\rightarrow \mu_A[2] = 0$  karena  $2 \in B$   
 Nilai keanggotaan 3 pada himpunan A  $\rightarrow \mu_A[3] = 1$  karena  $2 \in B$

- misal variabel umur dibagi menjadi 3 kategori, yaitu  
 MUDA umur < 35 tahun  
 PAROBAYA  $35 \leq \text{umur} \leq 55$  tahun  
 TUA umur > 55 tahun  
 Nilai keanggotaan secara grafis, himpunan MUDA, PAROBAYA, TUA :

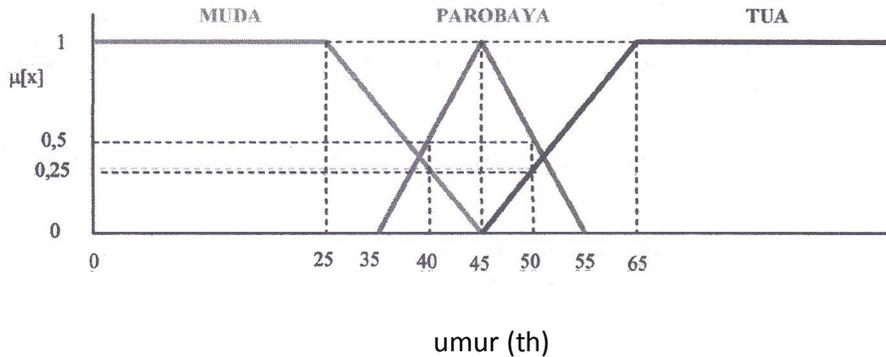


usia 34 tahun maka dikatakan MUDA  $\rightarrow \mu_{MUDA}[34] = 1$   
 usia 35 tahun maka dikatakan TIDAKMUDA  $\rightarrow \mu_{MUDA}[35] = 0$   
 usia 35 tahun maka dikatakan PAROBAYA  $\rightarrow \mu_{PAROBAYA}[35] = 1$   
 usia 34 tahun maka dikatakan TIDAKPAROBAYA  $\rightarrow \mu_{PAROBAYA}[34] = 0$   
 usia 35 tahun kurang 1 hari maka dikatakan TIDAKPAROBAYA  $\rightarrow \mu_{PAROBAYA} [35$   
 $\text{th} - 1 \text{ hari}] = 0$   
 usia 35 tahun lebih 1 hari maka dikatakan TIDAKMUDA  $\rightarrow \mu_{MUDA}[35 \text{ th} + 1 \text{ hari}]$   
 $= 0$

Himpunan crisp untuk menyatakan umur bisa tidak adil karena adanya perubahan kecil saja pada suatu nilai mengakibatkan perbedaan kategori yang cukup signifikan.

#### HIMPUNAN FUZZY

Himpunan fuzzy digunakan untuk mengantisipasi hal tersebut diatas. Seseorang dapat masuk dalam 2 himpunan yang berbeda, MUDA dan PAROBAYA, PAROBAYA dan TUA, dsb. Seberapa besar eksistensinya dalam himpunan tersebut dapat dilihat pada nilai/derajat keanggotaannya. Himpunan fuzzy untuk variabel UMUR :



usia 40 tahun termasuk dalam himpunan MUDA dengan  $\mu_{MUDA}[40] = 0,25$   
 termasuk juga dalam himpunan PAROBAYA dengan  $\mu_{PAROBAYA} [40] = 0,5$   
 usia 50 tahun termasuk dalam himpunan = TUA dengan  $\mu_{TUA}[50] = 0,25$   
 termasuk juga dalam himpunan PAROBAYA dengan  $\mu_{PAROBAYA} [50] = 0,5$

Himpunan crisp, nilai keanggotaan hanya 0 dan 1.  
 Himpunan fuzzy, derajat/nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1 sehingga :  
 Bila x memiliki derajat keanggotaan fuzzy  $\mu_A [x] = 0 \rightarrow x$  bukan anggota himpunan A  
 Bila x memiliki derajat keanggotaan fuzzy  $\mu_A [x] = 1 \rightarrow x$  anggota penuh himpunan A

**FUNGSI KEANGGOTAAN (Membership function)**

= suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai/derajat yang memiliki interval antara 0 sampai 1.

Contoh grafik diatas adalah suatu fungsi keanggotaan untuk variabel UMUR yang dibagi menjadi 3 kategori atau 3 himpunan fuzzy yaitu MUDA, PAROBAYA, TUA, dimana dapat direpresentasikan sebagai berikut :

$$\mu_{MUDA}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 25 \\ \frac{45-x}{45-25}, & 25 < x < 45 \\ 0, & x \geq 45 \end{cases} \quad \mu_{TUA}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 45 \\ \frac{x-45}{65-45}, & 45 < x < 65 \\ 1, & x \geq 65 \end{cases}$$

$$\mu_{PAROBAYA}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 45 \\ \frac{x-35}{45-35}, & 45 < x < 65 \\ \frac{55-x}{55-45}, & 45 \leq x \leq 55 \end{cases}$$

## WATAK KEKABURAN

Perhatikan pernyataan dibawah ini

Mesin yang digunakan terus-menerus akan cepat panas

→ kita tidak dapat menentukan dengan tepat batasan terus-menerus, cepat, dan panas

Jika air pancuran terlalu panas maka naikkan aliran air dingin perlahan-lahan

→ kita tidak dapat menentukan dengan tepat batasan terlalu panas, menaikkan, air yang dingin, dan perlahan-lahan



Maka solusinya dengan menggunakan LOGIKA FUZZY (logika samar)

## VARIABEL LINGUISTIK

- Variabel linguistik = sebuah variabel yang memiliki nilai berupa kata-kata dalam bahasa alamiah bukan angka.
- Mengapa menggunakan kata/kalimat daripada angka ? → karena peranan linguistik memang kurang spesifik dibandingkan angka, namun informasi yang disampaikan lebih informatif.  
Contoh, jika "KECEPATAN" adalah variabel linguistik, maka nilai linguistik untuk variabel kecepatan adalah, misalnya "LAMBAT", "SEDANG", "CEPAT". Hal ini sesuai dengan kebiasaan manusia sehari-hari dalam menilai sesuatu, misalnya : "la mengendarai mobil dengan cepat", tanpa memberikan nilai berapa kecepatannya.
- Setiap variabel linguistik berkaitan dengan sebuah fungsi keanggotaan.
- Menurut Wang (1997) definisi formal dari variabel linguistik diberikan sebagai berikut. Sebuah variabel linguistik dikarakteristik oleh  $(X, T(x), U, M)$ , dimana :
  - X : Nama variabel (variabel linguistik) yang menjadi objek
  - T(x) : Himpunan semua istilah (nilai-nilai) linguistik yang terkait dengan (nama) variabel (X) yang menggambarkan objek tersebut
  - U : Domain fisik aktual/ruang lingkup dimana variabel linguistik X mengambil nilai-nilai kuantitatifnya/nilai numeric (crisp) → himpunan semesta
  - M : Suatu aturan semantik yang menghubungkan setiap nilai linguistik dalam T dengan suatu himpunan fuzzy dalam U.

Dari contoh diatas, maka diperoleh:

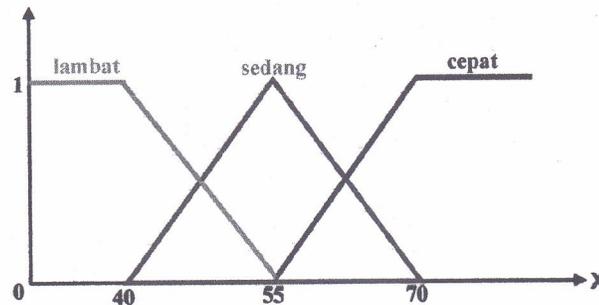
X = kecepatan

U = [0 , 100] → maksudnya domain/ruang lingkup kecepatan misal dari 0 sampai 100 km/jam

T(kecepatan) = {lambat, sedang, cepat} → maksudnya variabel kecepatan terbagi menjadi 3 himpunan fuzzy yaitu lambat, sedang, cepat

Maka M untuk setiap X, M(x) adalah: M(lambat), M(sedang), M(cepat)  
M(lambat) = himpunan fuzzynya "kecepatan dibawah 40 Km/jam" dengan fungsi keanggotaan  $\mu_{lambat}$   
M(sedang) = himpunan fuzzynya "kecepatan mendekati 55 Km/jam" dengan fungsi keanggotaan  $\mu_{sedang}$   
M(cepat) = himpunan fiizzynya. "kecepatan diatas 70 Km/Jam" dengan fungsi keanggotaan  $\mu_{cepat}$

Gambar grafik fungsi keanggotaanya sebagai berikut :



Grafik fungsi keanggotaan kecepatan

Sehingga himpunan fuzzy untuk.

$M(lambat) = \{(0,1), (1,1),(2,1), \dots, (40,1), \dots, (47,0.533), \dots, (55,0),(56,0)\dots (100,0)\}$

$M(sedang) = \{(0,0), (1,0),(2,0), \dots, (40,0), \dots, (47,0.533), \dots, (55,1),(56,0.933)\dots (100,0)\}$

$M(cepat) = \{(0,0), (1,1),(2,1), \dots, (40,1), \dots, (47,0), \dots, (55,0),(56,0.866)\dots (100,1)\}$

### 7.3 OPERASI DASAR HIMPUNAN FUZZY (Operator Zadeh)

Digunakan untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan fuzzy. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan disebut fire strength atau a predikat.

Operator	Operasi	Fungsi Keanggotaan
AND	Intersection	$\mu_{(A \cap B)}(x) = \min [\mu A(x), \mu B(x)]$
OR	Union	$\mu_{(A \cup B)}(x) = \max [\mu A(x), \mu B(x)]$
NOT	Complement	$\mu_{A^c}(x) = 1 - \mu A(x)$

Contoh :

- $U = \{1,2,3,4,5,6\}$   
 $A = \{(1,0), (2,0,2), (3,0,6), (4,0,9), (5,1), (6,0,8)\}$   
 $B = \{(1,0,8), (2,1), (3,0,7), (4,0,4), (5,0,1), (6,0)\}$

Maka  $\alpha$  predikat untuk :

$A^c = \{(1,1), (2,0,8), (3,0,3), (4,0,1), (5,0), (6,0,2)\}$

$$B^c = \{(1,0.2), (2,0), (3,0.3), (4,0.6), (5,0.9), (6,1)\}$$

$$A \cap B = \{(1,0), (2,0.2), (3,0.6), (4,0.4), (5,0.1), (6,0)\}$$

$$A \cup B = \{(1,0.8), (2,1), (3,0.7), (4,0.9), (5,1), (6,0.8)\}$$

- Misal derajat keanggotaan 27 tahun pada himpunan MUDA adalah 0.6 ( $\mu_{MUDA}[27] = 0.6$ )  
 Derajat keanggotaan Rp. 2 juta pada himpunan penghasilan TINGGI adalah 0.8 ( $\mu_{GAJITINGGI}[2juta] = 0.8$ ) maka  $\alpha$  predikat untuk usia MUDA dan berpenghasilan TINGGI :  

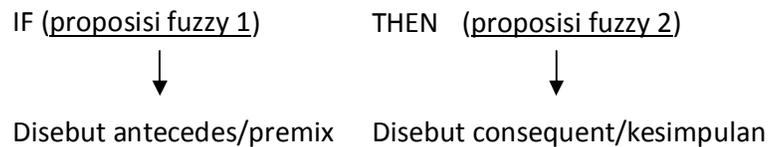
$$\mu_{MUDA} \cap \mu_{GAJITINGGI} = \min(\mu_{MUDA}[27], \mu_{GAJITINGGI}[2juta])$$

$$= \min(0.6, 0.8) = 0.6$$

#### 7.4 PENALARAN MONOTON

##### ATURAN (RULE) IF-THEN FUZZY

- Aturan IF-THEN fuzzy adalah pernyataan IF-THEN dimana beberapa kata-kata dalam pernyataan tersebut ditentulcm oleh fungsi keanggotaan.
- Aturan produksi fuzzy adalah relax; fuzzy antara dua proposisi fuzzy. Aturan tersebut dinyatakan dalam bentuk:



- Proposisi fuzzy adalah memiliki derajat kebenaran yang dinyatakan dalam suatu bilangan dalam bentuk interval  $[0, 1]$ , dimana benar dinyatakan oleh nilai 1 dan salah dinyatakan oleh nilai 0.
- Premis dari aturan fuzzy dapat memiliki lebih dari satu bagian (premis1, premis2, ...dst), semua bagian dari premix dihitung socam simultan dan diselesaikan untuk sebuah nilai tunggal dengan menggunakan operator fuzzy dalam himpunan fuzzy.

IF premis 1 AND premis 2 THEN kesimpulan 1 AND kesimpulan 2

Dimana :      AND adalah operator fuzzy  
                  Premis 1 dan premis 2 berupa variabel masukan  
                  Kesimpulan 1 dan kesimpulan 2 berupa variabel keluaran

Contoh:

IF permintaan turun AND persediaan banyak THEN produksi barang berkurang IF  
permintaan naik AND persediaan sedikit THEN produksi barang bertambah

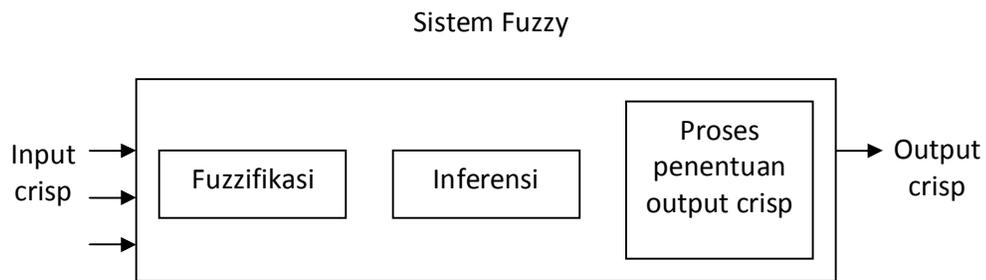
Dimana :

Permintaan, persediaan : variabel masukan  
produksi barang : variabel keluaran  
Turun, naik : kategori himpunan fuzzy dari permintaan  
Banyak, sedikit : kategori himpunan fuzzy dari persediaan  
Berkurang, bertambah : kategori himpunan fuzzy dari produksi barang

## 7.5 FUNGSI IMPLIKASI

### TAHAPAN MEMBANGUN SISTEM FUZZY

Tahapan membangun sistem fuzzy tergantung metode yang digunakan, karena banyak teori/metode untuk membangun sistem fuzzy. Namun secara garis besar dapat disimpulkan sebagai berikut:



#### Fuzzifikasi

= mengambil masukan nilai crisp dan menentukan derajat dimana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dan setiap himpunan fuzzy yang sesuai → membuat fungsi keanggotaan

Contoh : masukan crisp 75 derajat ditransformasikan sebagai panas dalam bentuk fuzzy dengan derajat keanggotaan 0.80.

#### Inferensi

- mengaplikasikan aturan pada masukan fuzzy yang dihasilkan dalam proses fuzzyfikasi
- mengevaluasi tiap aturan dengan masukan yang dihasilkan dari proses fuzzyfikasi dengan mengevaluasi hubungan atau derajat keanggotaan antecedent/premis setiap aturan.
- Derajat keanggotaan/nilai kebenaran dan premis digunakan untuk menentukan nilai kebenaran bagian consequent/kesimpulan

Proses penentuan Output Crisp Tergantung teori/metode yang digunakan.

## 7.6 METODE INFERENSI FUZZY

### METODE ISUKAMOTO

Suatu perusahaan makanan kaleng akan memproduksi makanan jenis ABC.

Dada data 1 bulan terakhir, permintaan terbesar mencapai 5000 kemasan/hari, dan permintaan terkecil, sampai 1000 kemasan/hari.

Persediaan barang di gudang terbanyak sampai 600 kemasan/hari, dan terkecil pernah 100 kemasan/hari.

Dengan segala keterbatasannya, sampai saat ini, perusahaan baru mampu memproduksi barang maksimum 7000 kemasan/hari, serta demi efisiensi mesin dan SDM perusahaan memproduksi paling tidak 2000 kemasan.

Apabila proses produksi perusahaan tersebut menggunakan 4 aturan fuzzy :

R1 : IF permintaan turun AND persediaan banyak THEN produksi barang berkurang

R2 : IF permintaan turun AND persediaan sedikit THEN produksi barang berkurang

R3 : IF permintaan naik AND persediaan banyak THEN produksi barang bertambah

R4 : IF permintaan naik AND persediaan sedikit THEN produksi barang bertambah

Berapa kemasan maimmn jenis ABC yang harus diproduksi, jika jumlah permintaan sebanyak 4000 kemasan dan persediaan di gudang masih 300 kemasan?

Solusi :

FUZZIFIKASI → membuat fungsi keanggotaan

Ada 3 variabel fuzzy yang akan dimodelkan, yaitu :

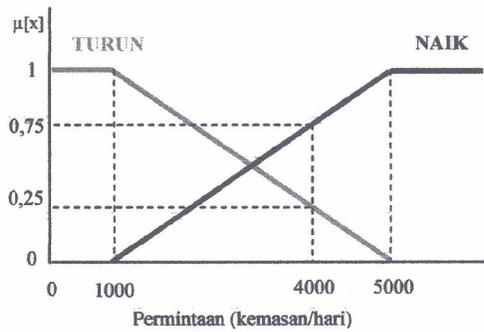
#### 1. PERMINTAAN

Terdiri atas 2 himpunan fuzzy yaitu NAIK dan TURUN

$$\mu_{\text{per min taan TURUN}}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 1000 \\ \frac{5000-x}{5000-1000} & 1000 < x < 5000 \\ 0, & x \geq 5000 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{per min taan NAIK}}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 1000 \\ \frac{x-1000}{5000-1000} & 1000 < x < 5000 \\ 1, & x \geq 5000 \end{cases}$$

Derajat/nilai keanggotaan : $\mu_{\text{per min taan TURUN}}[4000]$ $= (5000 - 4000)/4000$ $= 0,25$
$\mu_{\text{per min taan NAIK}}[4000]$ $= (4000 - 1000)/4000$ $= 0,75$



## 2. PERSEDIAAN

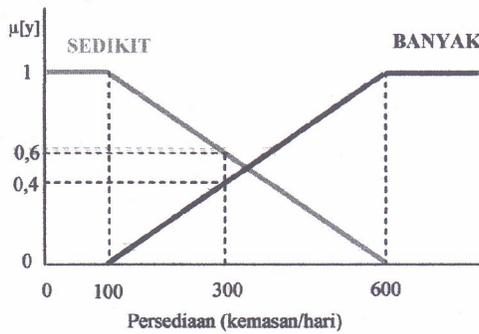
Terdiri atas 2 himpunan fuzzy yaitu SEDIKIT dan BANYAK

$$\mu_{\text{persediaanSEDIKIT}}[x] = \begin{cases} 1, & y \leq 100 \\ \frac{600 - y}{600 - 100} & 100 < x < 600 \\ 0, & y \geq 600 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{persediaanBANYAK}}[x] = \begin{cases} 0, & y \leq 100 \\ \frac{Y - 100}{600 - 100} & 100 < x < 600 \\ 1, & y \geq 600 \end{cases}$$

Derajat/nilai keanggotaan :  
 $\mu_{\text{permintaan SEDIKIT}}[300]$   
 $= (600 - 300)/5000$   
 $= 0,6$

$\mu_{\text{persediaan BANYAK}}[300]$   
 $= (300 - 100)/500$   
 $= 0,4$



### 3. PRODUKSI BARANG

Terdiri atas 2 himpunan fuzzy yaitu BERKURANG dan BERTAMBAH

$$\mu_{produksiBERKURANG}[z] = \begin{cases} 1, & z \leq 2000 \\ \frac{7000-z}{7000-2000} & 2000 < z < 7000 \\ 0, & z \geq 7000 \end{cases}$$
$$\mu_{produksiBERTAMBAH}[x] = \begin{cases} 0, & z \leq 2000 \\ \frac{z-2000}{7000-2000}, & 2000 < z < 7000 \\ 1, & z \geq 7000 \end{cases}$$

#### MENENTUKAN OUTPUT CRISP

Pada metode TSUKAMOTO untuk menentukan output crisp menggunakan rata-rata berbobot yaitu

$$z = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \alpha_3 z_3 + \alpha_4 z_4}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}$$
$$= \frac{0,25 * 5750 + 0,25 * 5750 + 0,4 * 4000 + 0,6 * 5000}{0,25 + 0,25 + 0,4 + 0,6}$$
$$= 7475 / 1,5 = 4983$$

Jadi jumlah makanan kaleng yang harus diproduksi 4983 kemasan