



Universitas
Esa Unggul

Smart, Creative and Entrepreneurial

Topik dalam *Artificial Intelligence*

Habibullah Akbar, PhD

PERTEMUAN 13

Logika Fuzzy



Kemampuan Akhir Pertemuan 13

Setelah pertemuan ini, mahasiswa dapat

1. menjelaskan pengertian logika Fuzzy
2. mampu menerapkan 3 tahapan dalam logika fuzzy yaitu *fuzzification*, inferensi, dan *defuzzification*

Universitas
Esa Unggul

Outline

- Logika Fuzzy
- *Fuzzification*
- Inferensi
- *Defuzzification*

Universitas
Esa Unggul

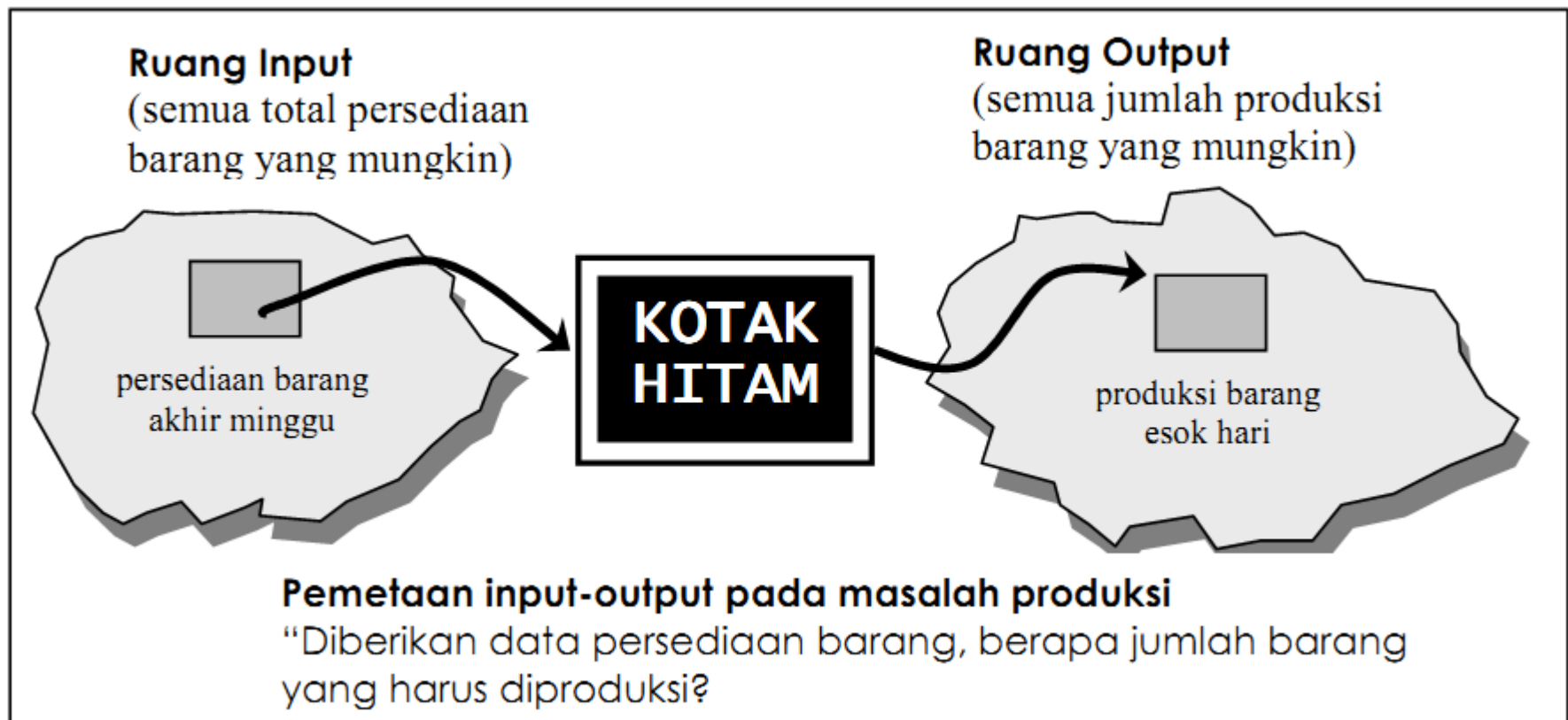
Logika Fuzzy

- **Logika Fuzzy** adalah peningkatan dari logika Boolean yang mengenalkan konsep *kebenaran sebagian*. Di mana logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah binary (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak), logika fuzzy menggantikan kebenaran boolean dengan tingkat kebenaran.
- Logika Fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan", dan "sangat". Dia berhubungan dengan set fuzzy dan teori kemungkinan. Fuzzy diperkenalkan oleh **Dr. Lotfi Zadeh** dari Universitas California, Berkeley pada 1965.

Esa Unggul

Logika Fuzzy

- Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output.



Alasan Digunakannya Logika Fuzzy

- Konsep logika fuzzy mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti.
- Logika fuzzy sangat fleksibel.
- Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
- Logika fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.
- Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
- Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
- Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami.

Air conditioner (Mitsubishi)

- Sistem pengkondisian udara konvensional menggunakan pengendali on-off.
- AC Mitsubishi kontrol dengan menggunakan aturan fuzzy seperti: "Jika suhu udara semakin hangat, daya pendinginan naik sedikit, jika udara semakin dingin, matikan daya ke bawah"
- Mesin menjadi halus sehingga tidak cepat rusak, lebih konsisten suhu kamar yang nyaman, dan peningkatan efisiensi (penghematan energi).



Mitsubishi Electric air conditioners a premium choice in quality.

[Mitsubishi Electric brochure](#)

2.5-3.5KW RANGE

MSZ - 25GE - \$950

MSZ - 35GE - \$1095

Price includes GST

"I Feel" Control

The original one-touch Fuzzy-logic "I Feel" control memorises the ideal temperature and recreates it precisely every time

Washing machine (Matsushita, Hitachi)

- Sistem kontrol ini dapat mengendalikan kualitas dan kuantitas kotoran, ukuran beban, dan jenis kain, dan mengatur siklus cuci dan jumlah deterjen sesuai.
- Jumlah air di mesin cuci diukur dengan sensor cahaya.



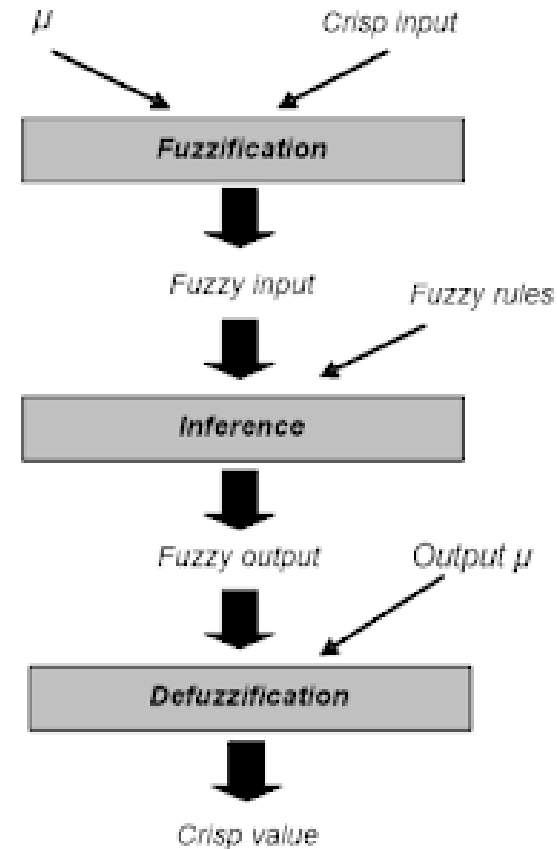
Univ
Esa

ul

Tahapan Logika Fuzzy

Ada 3 tahap untuk menerapkan logika Fuzzy:

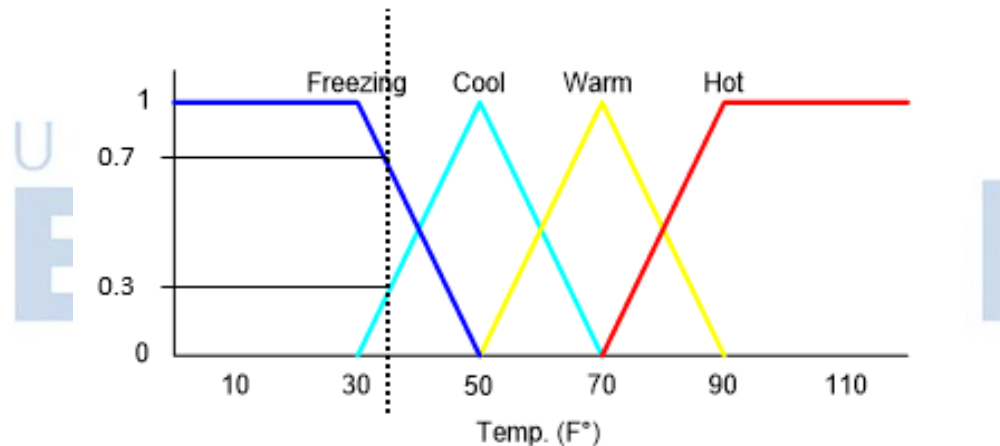
1. *Fuzzification*
2. Inferensi
3. *Defuzzification*



Universitas
Esa Un

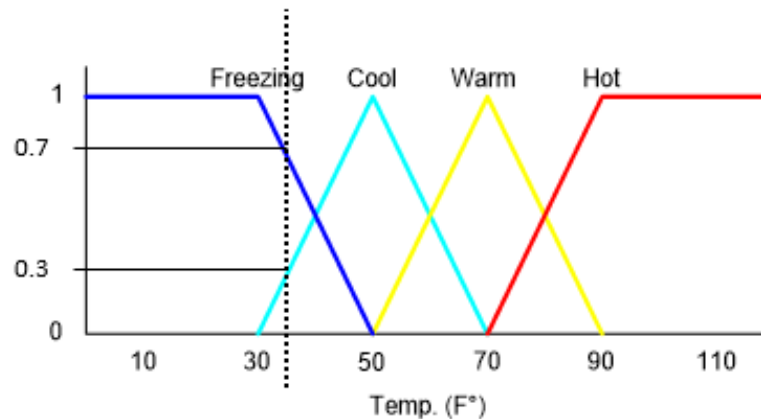
1. Fuzzification

- *Fuzzification* adalah proses pengubahan nilai biasa menjadi nilai fuzzy.
- Contoh nilai adalah temperatur 32 °F
- *Fuzzification* mengubah nilai temperatur tersebut menjadi nilai fuzzy.
- Nilai ini didapatkan dengan memasukkan nilai biasa tersebut kedalam sebuah fungsi yang disebut juga sebagai fungsi keanggotaan (μ).
 - Misalkan saja kita membuat 4 fungsi anggota nilai fuzzy yaitu freezing, cool, warm dan hot.
- Contoh fungsi keanggotaan dapat berbentuk segitiga, linier atau trapesium



Fuzzification

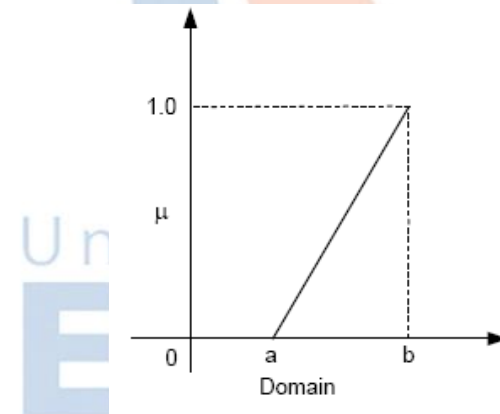
- Pada grafik, nilai 32 °F akan memotong fungsi anggota **freezing** dan **cool**:
 - fungsi keanggotaan segitiga menandakan **cool** (dingin), nilai fuzzy-nya 0.3
 - fungsi keanggotaan trapesium menandakan **freezing** (beku), nilai fuzzy-nya 0.7



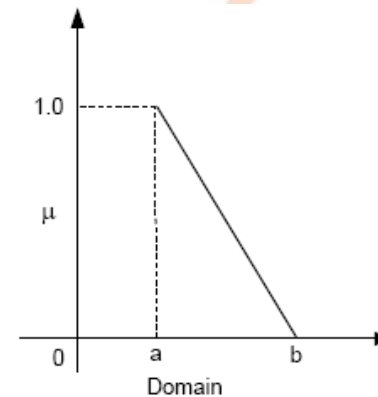
Universitas
Esa Unggul

Lebih detail tentang Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy (Membership Function)

- Fungsi anggota menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1.
- Contoh fungsi keanggotaan yang linier



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

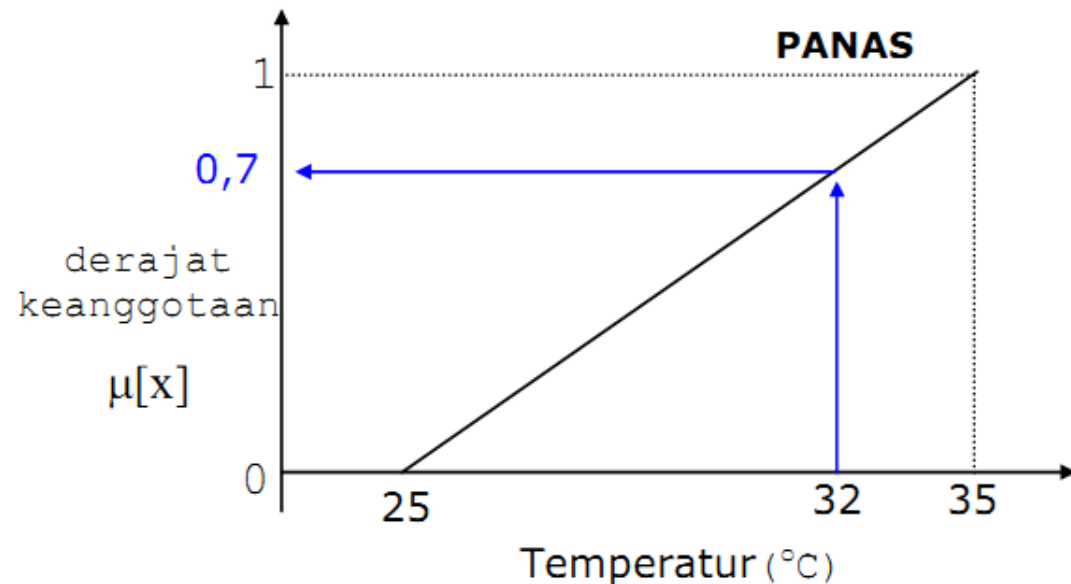


$$\mu[x] = \begin{cases} (b-x)/(b-a); & a \leq x < b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$

Lebih detail tentang Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy (Membership Function)

Contoh:

Fungsi keanggotaan untuk himpunan PANAS pada variabel temperatur ruangan seperti terlihat pada Gambar



$$\begin{aligned}\mu_{\text{PANAS}}[32] &= (32-25)/(35-25) \\ &= 7/10 = 0,7\end{aligned}$$

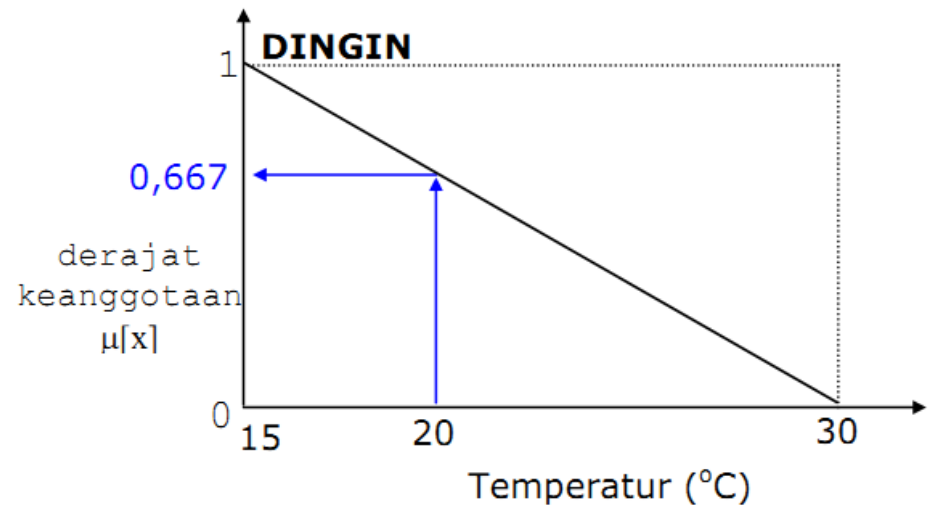
$$\mu \text{ Panas } (27) = \text{????}$$

$$\mu \text{ Panas } (34) = \text{????}$$

FUNGSI KEANGGOTAAN HIMPUNAN FUZZY (MEMBERSHIP FUNCTION)

Contoh:

Fungsi keanggotaan untuk himpunan DINGIN pada variabel temperatur ruangan seperti terlihat pada Gambar



$$\begin{aligned}\mu_{\text{DINGIN}}[20] &= (30-20)/(30-15) \\ &= 10/15 = 0,667\end{aligned}$$

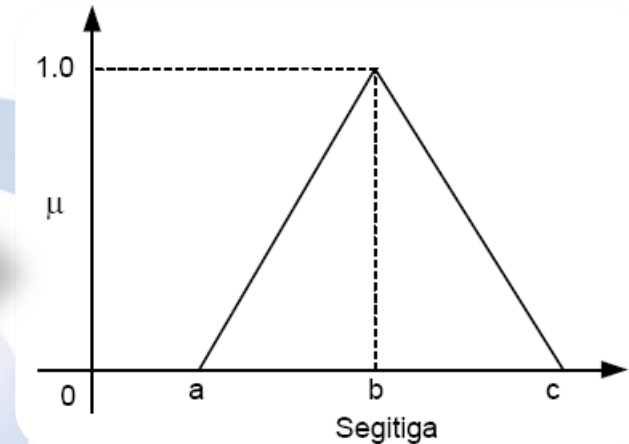
$$\mu_{\text{dingin}}(25) = \text{????}$$

$$\mu_{\text{dingin}}(17) = \text{????}$$

Contoh Fungsi keanggotaan berbentuk segitiga (triangular)

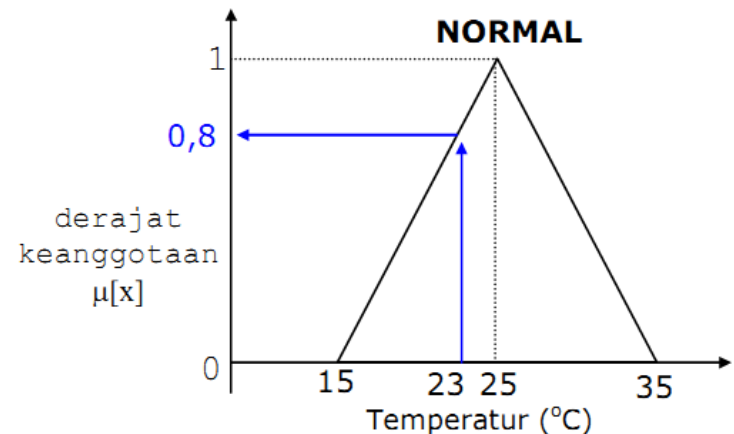
Ditentukan oleh 3 parameter {a, b, c} sebagai berikut :

$$\text{triangle}(x: a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases}$$



Fungsi keanggotaan untuk himpunan NORMAL pada variabel temperatur ruangan seperti terlihat pada Gambar

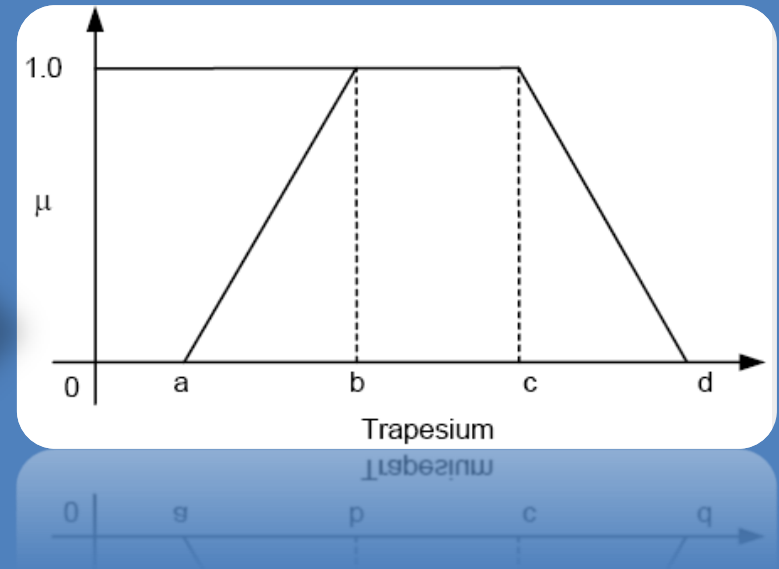
$$\begin{aligned} \mu_{\text{NORMAL}}[23] &= (23-15)/(25-15) \\ &= 8/10 = 0,8 \end{aligned}$$



Contoh Fungsi keanggotaan berbentuk Trapezium

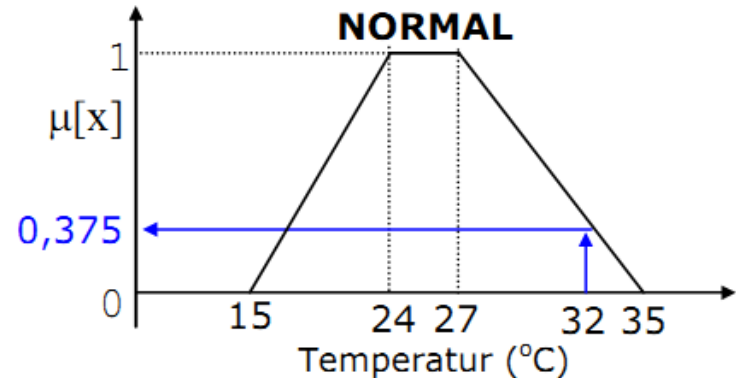
Ditentukan oleh 4 parameter {a,b,c,d} sebagai berikut :

$$\text{trapezoid}(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases}$$



Fungsi keanggotaan untuk himpunan NORMAL pada variabel temperatur ruangan seperti terlihat pada Gambar

$$\begin{aligned} \mu_{\text{NORMAL}}[23] &= (35-32)/(35-27) \\ &= 3/8 = 0,375 \end{aligned}$$



2. Inferensi

- Inferensi adalah penarikan simpulan dari operasi logika terhadap 2 atau lebih himpunan fuzzy.
- Ada 3 **operator** dasar yang diciptakan oleh Zadeh :
 1. **Operator AND**, berhubungan dengan operasi *intersection* pada himpunan, α predikat diperoleh dengan **mengambil nilai minimum** antar kedua himpunan fuzzy.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y])$$

Misal nilai keanggotaan umur 27 pada himpunan muda adalah $\mu_{MUDA}[27] = 0,6$ dan nilai keanggotaan 2 juta pada himpunan penghasilan TINGGI adalah $\mu_{GAJITINGGI}[2juta] = 0,8$

maka -predikat untuk usia MUDA dan berpenghasilan TINGGI adalah
nilai keanggotaan minimum :

$$\begin{aligned} \mu_{MUDA \cap GAJITINGGI} &= \min(\mu_{MUDA}[27], \mu_{GAJITINGGI}[2juta]) \\ &= \min(0,6 ; 0,8) \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

2. Inferensi

2. Operator OR, berhubungan dengan operasi *union* pada himpunan, α predikat diperoleh dengan **mengambil nilai maximum** antar kedua himpunan fuzzy.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A[x], \mu_B[y])$$

Misal nilai keanggotaan umur 27 pada himpunan muda adalah $\mu_{MUDA}[27] = 0,6$ dan nilai keanggotaan 2 juta pada himpunan penghasilan TINGGI adalah $\mu_{GAJITINGGI}[2juta] = 0,8$

maka -predikat untuk usia MUDA atau berpenghasilan TINGGI adalah nilai keanggotaan maksimum :

$$\begin{aligned}\mu_{MUDA \cup GAJITINGGI} &= \max(\mu_{MUDA}[27], \mu_{GAJITINGGI}[2juta]) \\ &= \max(0,6 ; 0,8) \\ &= 0,8\end{aligned}$$

2. Inferensi

3. Operasi NOT, berhubungan dengan operasi *komplemen* pada himpunan, α predikat diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan dari 1.

Misal nilai keanggotaan umur 27 pada himpunan muda adalah $\mu_{\text{MUDA}}[27] = 0,6$ maka α -predikat untuk usia TIDAK MUDA adalah :

$$\begin{aligned}\mu_{\text{MUDA}'}[27] &= 1 - \mu_{\text{MUDA}}[27] \\ &= 1 - 0,6 \\ &= 0,4\end{aligned}$$

Defuzzification

- Setelah menerapkan fuzzification dan aturan inferensi, maka proses berikutnya adalah defuzzification.
- Defuzzification adalah output dari hasil penerapakan logika fuzzy yaitu akan mengembalikan nilai fuzzy menjadi nilai biasa.
- Terdapat beberapa metode Defuzzification:
 - Metode *weighted average*
 - Metode *Center of Sums (COS)*

Universitas
Esa Unggul

CONTOH PERTANYAAN

- Suatu perusahaan minuman akan memproduksi minuman jenis ABC. Dari data 1 bulan terakhir, **permintaan terbesar hingga mencapai 6000 botol/hari**, dan **permintaan terkecil sampai 500 botol/hari**. **Persediaan** barang digudang **terbanyak sampai 800 botol/hari**, dan **terkecil** pernah sampai **200 botol/hari**.
- Sampai saat ini, perusahaan baru **mampu memproduksi barang maksimum 9000 botol/hari**, demi efisiensi mesin dan SDM tiap hari diharapkan perusahaan memproduksi paling tidak **3000 botol**.

Esa Unggul

CONTOH PERTANYAAN

- Berapa botol minuman jenis XYZ yang harus diproduksi, jika pada suatu hari terdapat permintaan sebanyak 4500 botol, sedangkan persediaan di gudang masih 300 botol?

Universitas
Esa Unggul

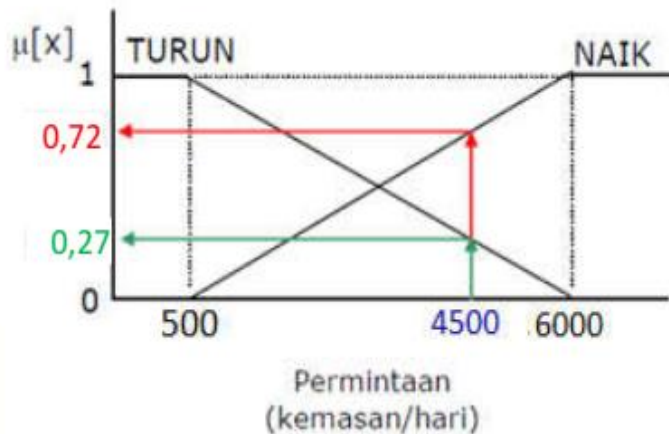
Fuzzification

- Ada 3 variabel *fuzzy* yang perlu dimodelkan, yaitu:
 - 2 variabel input (**Permintaan** dan **Persediaan**)
 - 1 variabel output (**Produksi**):
- Untuk menjawab soal ini, kita bisa memilih 2 himpunan fuzzy (yang direpresentasikan sebagai fungsi keanggotaan) untuk masing-masing variabel **Permintaan** (NAIK, TURUN), **Persediaan** (SEDIKIT, BANYAK), dan **Produksi** (BERKURANG, BERTAMBAH)

Universitas
Esa Unggul

Fuzzification

- Fungsi keanggotaan variabel **Permintaan** diberikan pada gambar berikut:



$$\mu_{PmtTurun}[X] = \begin{cases} 1, & x \leq 500 \\ \frac{6000 - X}{5500}, & 500 \leq x \leq 6000 \\ 0, & x \geq 6000 \end{cases}$$

$$\mu_{PmtNaik}[X] = \begin{cases} 0, & x \leq 500 \\ \frac{x - 500}{5500}, & 500 \leq x \leq 6000 \\ 1, & x \geq 6000 \end{cases}$$

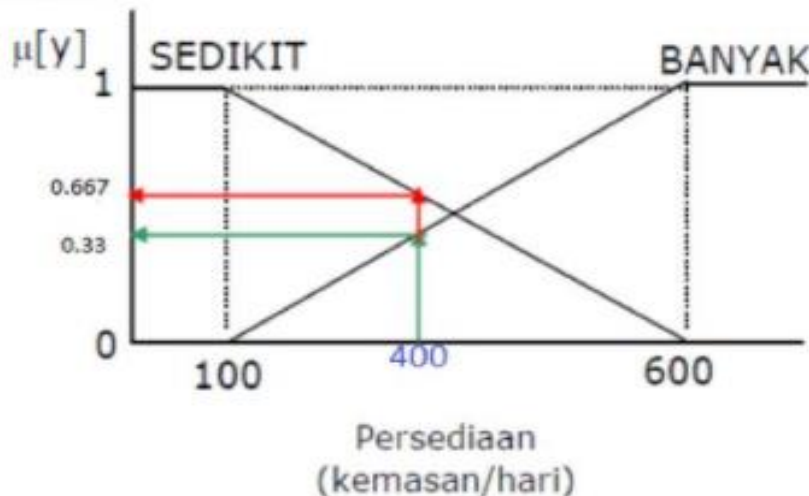
Kita bisa mencari nilai keanggotaan:

$$\begin{aligned} \mu_{PmtTURUN}[4500] &= (6000 - 4500) / 5500 \\ &= 0,27 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_{PmtNAIK}[4500] &= (4500 - 500) / 5500 \\ &= 0,72 \end{aligned}$$

Fuzzification

- Fungsi keanggotaan variabel **Persediaan** diberikan pada gambar dibawah
- Gunakan rumus linier yang sama pada variabel **Permintaan**, sehingga fungsi keanggotaan variabel **Persediaan** bisa dihitung sbb:



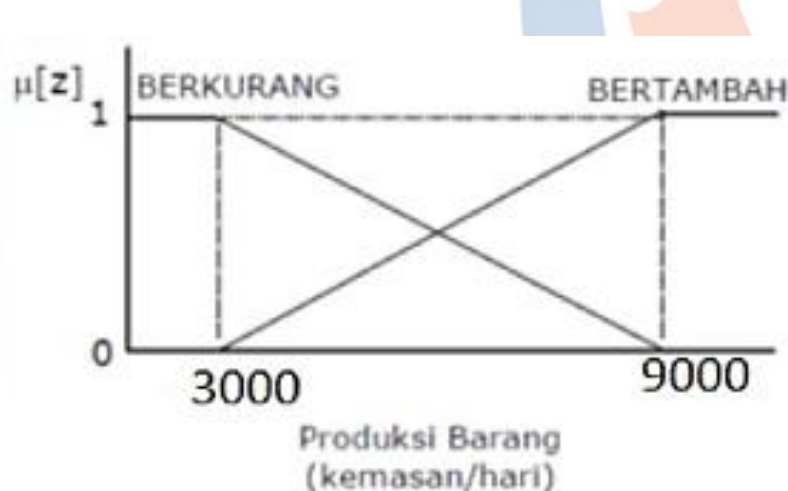
Kita bisa mencari nilai keanggotaan:

$$\begin{aligned}\mu_{\text{PsdSEDIKIT}}[400] &= (600-400)/600 \\ &= 0,667\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{\text{PsdBANYAK}}[400] &= (400-200)/600 \\ &= 0,33\end{aligned}$$

Fuzzification

- Fungsi keanggotaan variabel **Produksi** (akan disimbolkan sebagai **z**) diberikan pada gambar dibawah
- Disini, kita menggunakan 2 himpunan fuzzy yaitu BERKURANG dan BERTAMBAH dan rumus seperti sebelumnya



$$\mu_{Pr BrgBERKURANG}[z] = \begin{cases} 1, & z \leq 3000 \\ \frac{9000 - z}{6000}, & 3000 \leq z \leq 9000 \\ 0, & z \geq 9000 \end{cases}$$

$$\mu_{Pr BrgBERTAMBAH}[z] = \begin{cases} 0, & z \leq 3000 \\ \frac{z - 3000}{6000}, & 3000 \leq z \leq 9000 \\ 1, & z \geq 9000 \end{cases}$$

Inferensi

Misalkan aturan (Rule atau R) produksi perusahaan tersebut kita buat sebagai 4 aturan fuzzy sbb (aturan bisa didapatkan berdasarkan pengalaman dari manajer produksi):

- 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;

Inferensi

Sekarang kita cari nilai z (**produksi** yang dibutuhkan) untuk setiap aturan (ingat operator AND menggunakan fungsi MIN)

[R1] IF Permintaan TURUN And Persediaan BANYAK
THEN Produksi Barang BERKURANG;

$$\begin{aligned}
 \alpha_1 &= \mu_{PmtTURUN} \cap \mu_{PsdBANYAK} \\
 &= \min(\mu_{PmtTURUN}[4500], \mu_{PsdBANYAK}[700]) \\
 &= \min(0,27; 0,83) \\
 &= 0,27
 \end{aligned}$$

Lihat himpunan Produksi Barang BERKURANG,

$$(9000-z)/6000 = 0,27 \quad \text{--->} \quad z_1 = 7380$$

[R2] IF Permintaan TURUN And Persediaan SEDIKIT
THEN Produksi Barang BERKURANG;

$$\begin{aligned}\alpha_2 &= \mu_{\text{PmtTURUN}} \cap \mu_{\text{PsdSEDIKIT}} \\ &= \min(\mu_{\text{PmtTURUN}}[4500], \mu_{\text{PsdSEDIKIT}}[700]) \\ &= \min(0,667; 0,337) \\ &= 0,333\end{aligned}$$

Lihat himpunan Produksi Barang BERKURANG,

$$(9000-z)/6000 = 0,333 \quad \text{--->} \quad z_2 = 7002$$

Universitas
Esa Unggul

[R3] IF Permintaan NAIK And Persediaan BANYAK
THEN Produksi Barang BERTAMBAH;

$$\begin{aligned}\alpha_3 &= \mu_{\text{PmtNAIK}} \cap \mu_{\text{PsdBANYAK}} \\ &= \min(\mu_{\text{PmtNAIK}}[4500], \mu_{\text{PsdBANYAK}}[400]) \\ &= \min(0,72; 0,33) \\ &= 0,4\end{aligned}$$

Lihat himpunan Produksi Barang BERTAMBAH,

$$(z-3000)/6000 = 0,333 \quad \text{---> } z_3 = 4996$$

Universitas
Esa Unggul

[R4] IF Permintaan NAIK And Persediaan SEDIKIT
THEN Produksi Barang BERTAMBAH;

$$\begin{aligned}\alpha_4 &= \mu_{\text{PmtNAIK}} \cap \mu_{\text{PsdBANYAK}} \\ &= \min(\mu_{\text{PmtNAIK}}[4500], \mu_{\text{PsdSEDIKIT}}[400]) \\ &= \min(0,72; 0,667) \\ &= 0,667\end{aligned}$$

Lihat himpunan Produksi Barang BERTAMBAH,

$$(z-3000)/6000 = 0,667 \quad \text{--->} \quad z_4 = 7002$$

Universitas
Esa Unggul

Defuzzification

- Disini, kita dapat menggunakan metode *weighted average* untuk melakukan defuzzification (yaitu mengembalikan dari himpunan fuzzy menjadi nilai biasa (non-fuzzy):

$$z = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \alpha_3 z_3 + \alpha_4 z_4}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}$$

$$z = \frac{0,27 * 7380 + 0,333 * 7002 + 0,33 * 4993 + 0,667 * 7002}{0,27 + 0,333 + 0,333 + 0,667} = \frac{10643,3}{1,6} = 6652$$

- Sehingga jumlah minuman jenis XYZ yang harus diproduksi sebanyak **6652** botol.

Referensi

- RUSSEL, S., AND NORVIG, P. 2020. *Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th Edition, Pearson Series in Artificial Intelligence*
- <https://slideplayer.info/slide/11844092/>

Universitas
Esa Unggul