

Kecerdasan Buatan

Logika Fuzzy

Oleh Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
2023



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 definisi Logika Fuzzy
- Memahami proses dalam Logika Fuzzy
- Memahami metode defuzzyfikasi yang ada

Logika Fuzzy

Logical system yang mengikuti cara penalaran manusia yang cenderung menggunakan 'pendekatan' dan bukan 'eksak'

Sebuah pendekatan terhadap ketidakpastian yang mengkombinasikan nilai real $[0...1]$ dan operasi logika

Teori Dasar

Crisp Logic

- *Crisp logic is concerned with absolutes-true or false, there is no in-between.*

- Contoh:

Rule:

If the temperature is higher than 80F, it is hot; otherwise, it is not hot.

Kasus:

- | | |
|-----------------------|----------------|
| • Temperature = 100F | Hot |
| • Temperature = 80.1F | Hot |
| • Temperature = 79.9F | Not hot |
| • Temperature = 50F | Not hot |

Kasus fuzzy dalam kehidupan sehari-hari

- Tinggi badan saya:
 - Andi menilai bahwa tinggi badan saya termasuk tinggi
 - Nina menilai bahwa tinggi badan saya termasuk sedang
- Manajer produksi bertanya pada manajer pergudangan berapa stok barang yang ada pada akhir minggu ini,
 - Kemudian manajer produksi akan menetapkan jumlah barang yang harus diproduksi esok hari.
- Pelayan restoran memberikan pelayanan kepada tamu,
 - Kemudian tamu akan memberikan tip yang sesuai atas baik tidaknya pelayanan yang diberikan
- Anda mengatakan pada saya seberapa sejuk ruangan yang anda inginkan,
 - Kemudian saya akan mengatur setting AC pada ruangan ini
- Ketika anda naik taksi, anda berkata pada taksi meminta seberapa cepat yang anda inginkan,
 - Kemudian sopir taksi akan mengatur pijakan gas taksinya.



Logika Fuzzy

- Alasan penggunaan:
 - Mudah dimengerti, konsep matematisnya sederhana
 - Sangat Fleksibel
 - Memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat (kabur)
 - Mampu memodelkan fungsi-fungsi non-linear yang sangat kompleks.
 - Dapat menerapkan pengalaman pakar secara langsung tanpa proses pelatihan.
 - Dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
 - Didasarkan pada bahasa alami
- Fuzzy \neq Probabilitas:
 - Probabilitas berkaitan dengan ketidakmenentuan dan kemungkinan
 - Logika Fuzzy berkaitan dengan ambiguitas dan ketidakjelasan

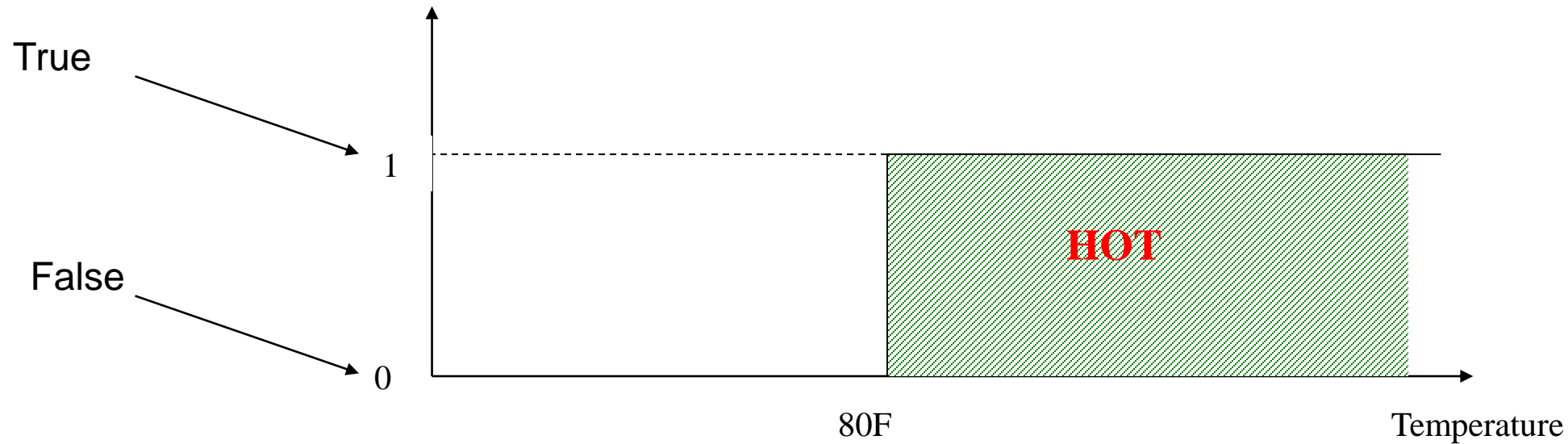


Fuzzy vs Probabilitas

- Fuzzy \neq Probabilitas
- - Probabilitas berkaitan dengan ketidakmenentuan dan kemungkinan
 - Logika Fuzzy berkaitan dengan ambiguitas dan ketidakjelasan
- Contoh 1:
Billy memiliki 10 jari kaki. Probabilitas Billy memiliki 9 jari kaki adalah 0.
Keanggotaan Fuzzy Billy pada himpunan orang dengan 9 jari kaki \neq 0
- Contoh 2:
 - Probabilitas botol 1 berisi air beracun adalah 0.5 dan 0.5 untuk isi air murni { **mungkin air tersebut tidak beracun** }
 - Isi botol 2 memiliki nilai keanggotaan 0.5 pada himpunan air berisi racun { **air pasti beracun** }



Fungsi Keanggotaan untuk *crisp logic*



If temperature $\geq 80F$, it is hot (1 or true);

If temperature $< 80F$, it is not hot (0 or false).

- Fungsi keanggotaan dari crisp logic gagal membedakan antar member pada himpunan yang sama
- Ada problem-problem yang terlalu kompleks untuk didefinisikan secara tepat

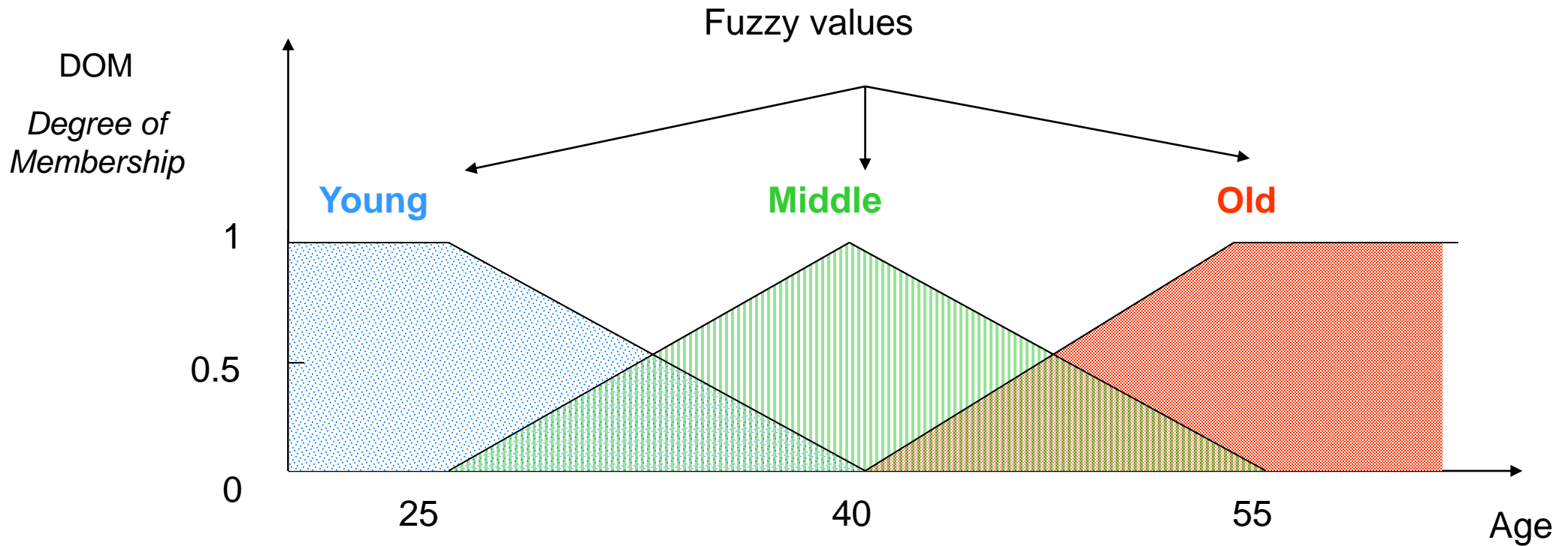
Bahasa Alami

- Conton:
 - Budi tinggi -- apa yg dimaksud tinggi?
 - Budi sangat tinggi -- apa bedanya dengan tinggi?
- Bahasa alami tidak mudah ditranslasikan ke nilai absolut 0 and 1.

Contoh: “Muda”

- Contoh:
 - Ann 28 tahun, 0.8 pd himp “Muda”
 - Bob 35 tahun, 0.3 pd himp “Muda”
 - Charlie 23 tahun, 1.0 pd himp “Muda”
- Tidak seperti statistik dan probabilitas, derajat tidak menggambarkan *probabilitas* objek tersebut pada himpunan, tetapi menggambarkan *taraf/tingkat* keanggotaan objek pada himpunan

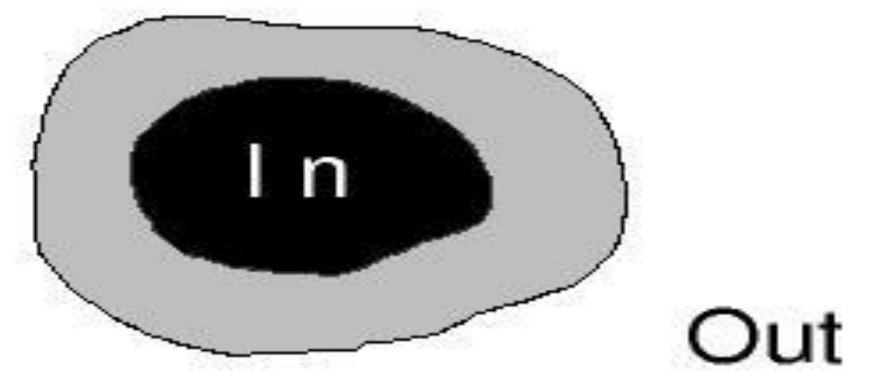
Fungsi Keanggotaan Logika Fuzzy



Nilai Fuzzy berasosiasi dengan derajat keanggotaan pada himpunan



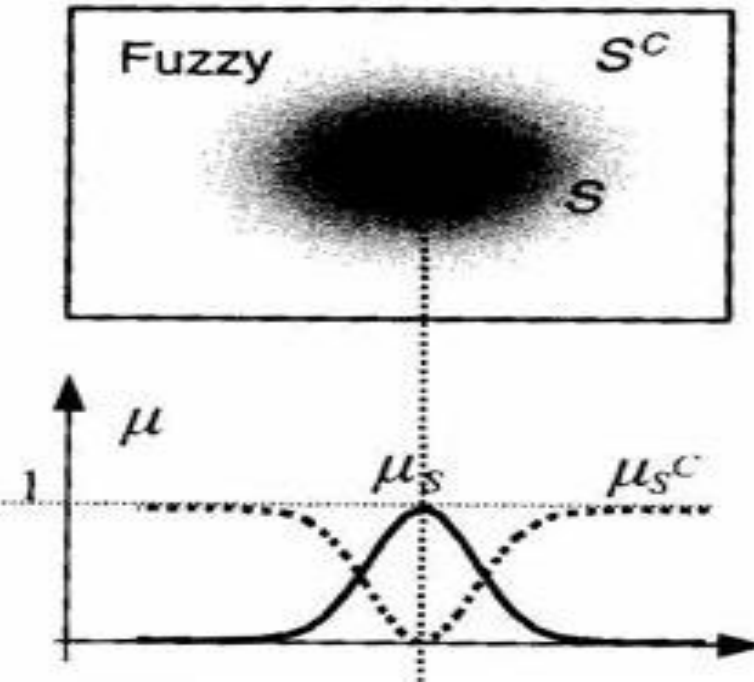
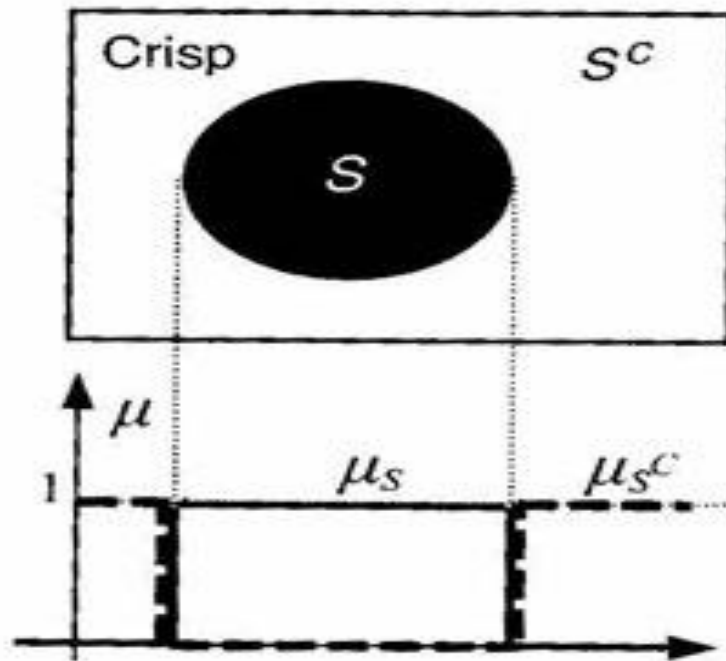
Crisp set vs. Fuzzy set



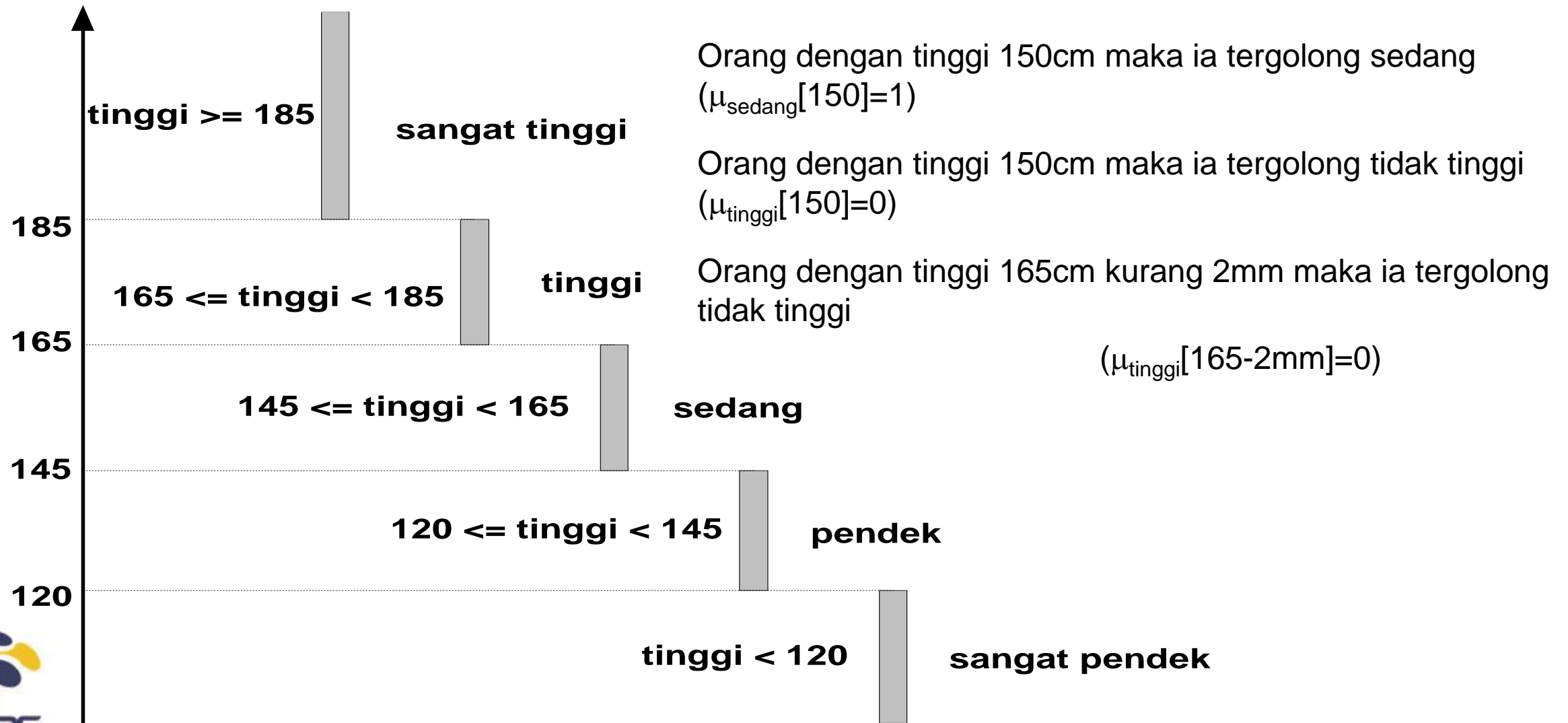
 A traditional crisp set

A fuzzy set

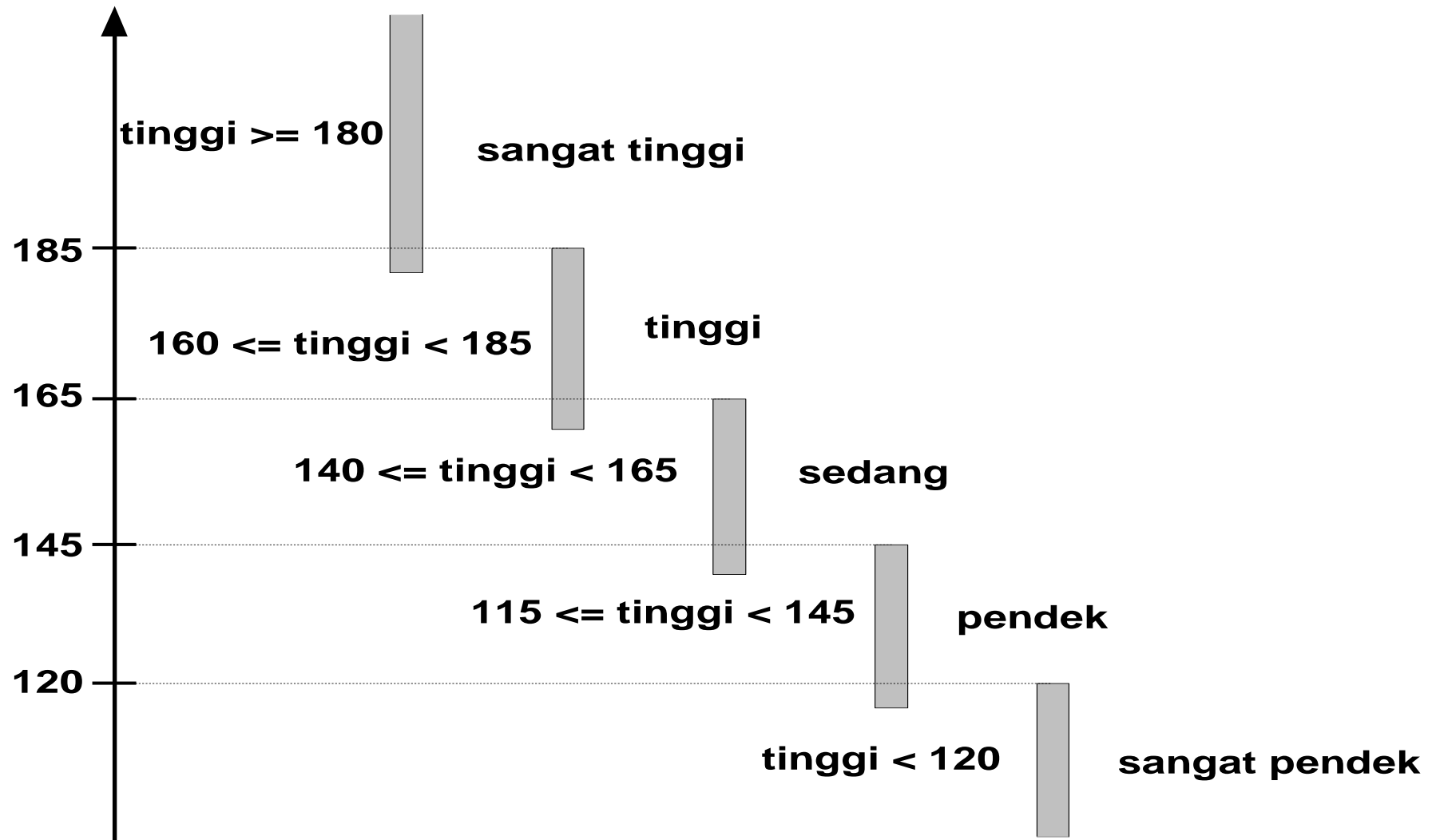
Crisp set vs. Fuzzy set



Contoh: Crisp Set



Contoh: Himpunan Fuzzy

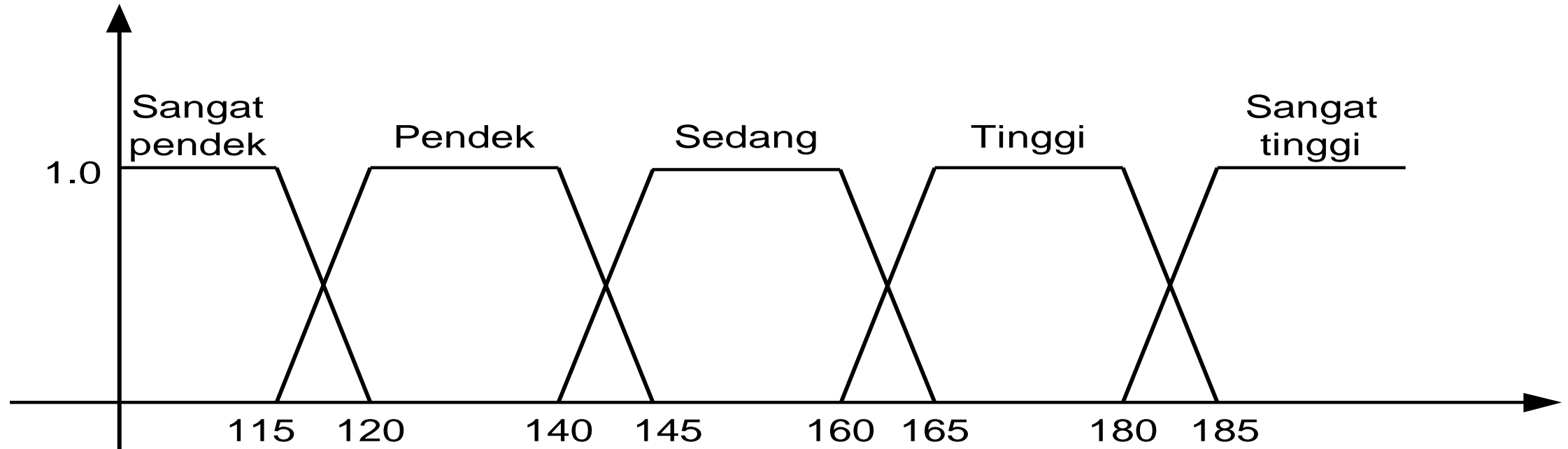


Istilah-Istilah

- **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*



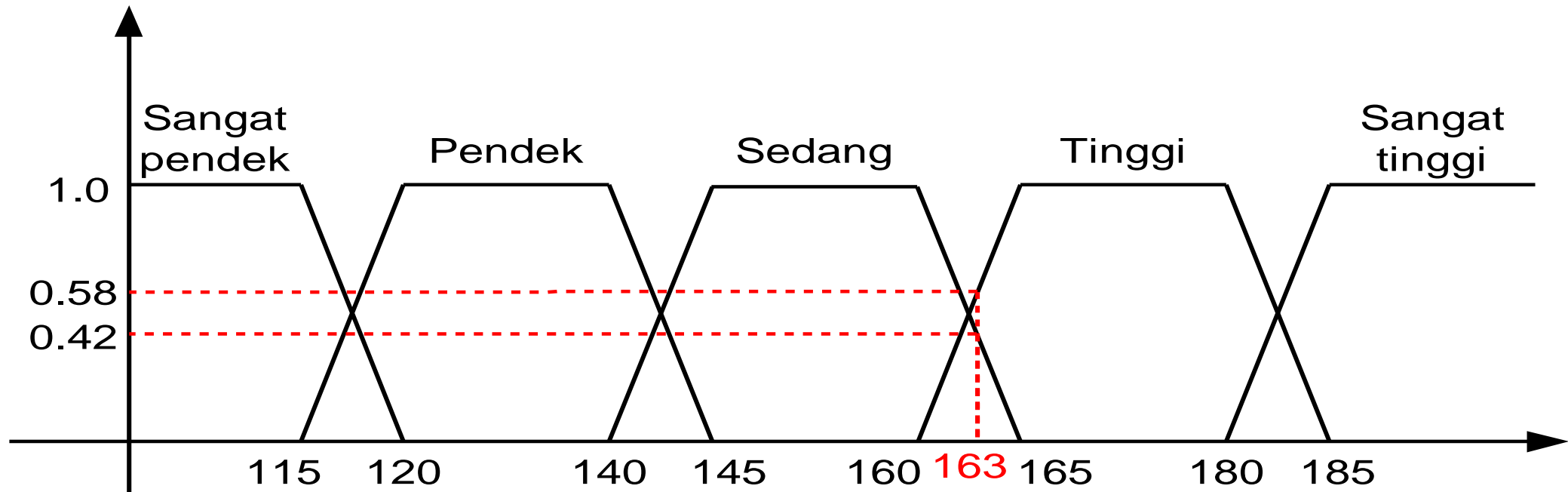
Fuzzyfication (1)



$$\mu = [\mu_{sp}, \mu_p, \mu_s, \mu_t, \mu_{st}]$$



Fuzzyfication (2)



$$\mu[163] = [0, 0, 0.42, 0.58, 0]$$

atau

$$\mu_{\text{sedang}}[163] = 0.42, \mu_{\text{tinggi}}[163] = 0.58$$



Himpunan Fuzzy

- **Variabel Fuzzy**

Variabel dalam suatu sistem fuzzy. Contoh : berat badan, tinggi badan, dsb

- **Himpunan Fuzzy (Fuzzy set)**

Himpunan fuzzy yang mewakili suatu kondisi pada suatu variabel fuzzy.

Contoh :

- Variabel suhu terbagi menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu : panas, hangat, dingin.
- Variabel nilai terbagi menjadi : tinggi, sedang, rendah

- Himpunan fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu :

- **Linguistik**, yaitu penamaan suatu group yang mewakili suatu kondisi, misalnya panas, hangat, dingin
- **Numeris**, yaitu ukuran dari suatu variabel seperti : 17,19, 21, 33, dst

- **Himpunan Semesta**

keseluruhan nilai yang boleh dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy.

Contoh:

- Semesta untuk variabel berat badan : [1, 150]
- Semesta untuk variabel suhu : [0,100].

- **Domain**

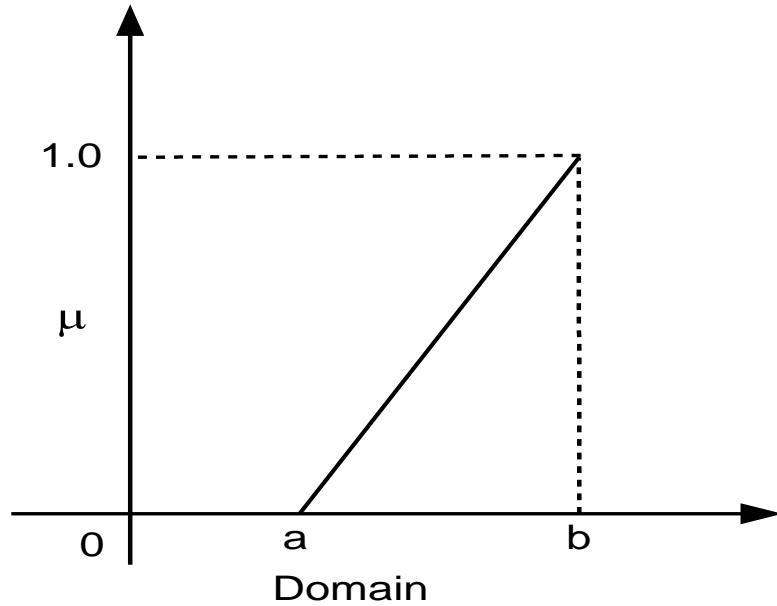
Domain himpunan fuzzy adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam Semesta dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy.

Contoh :

- DINGIN = [0,60]
- HANGAT = [50,80]
- PANAS = [70, +∞)

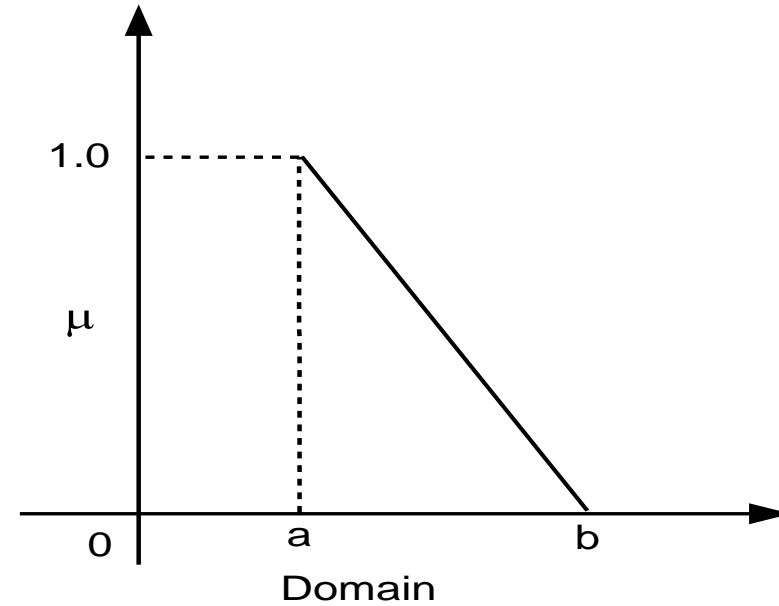


Fungsi Keanggotaan: Fungsi Linier



Linier Naik

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

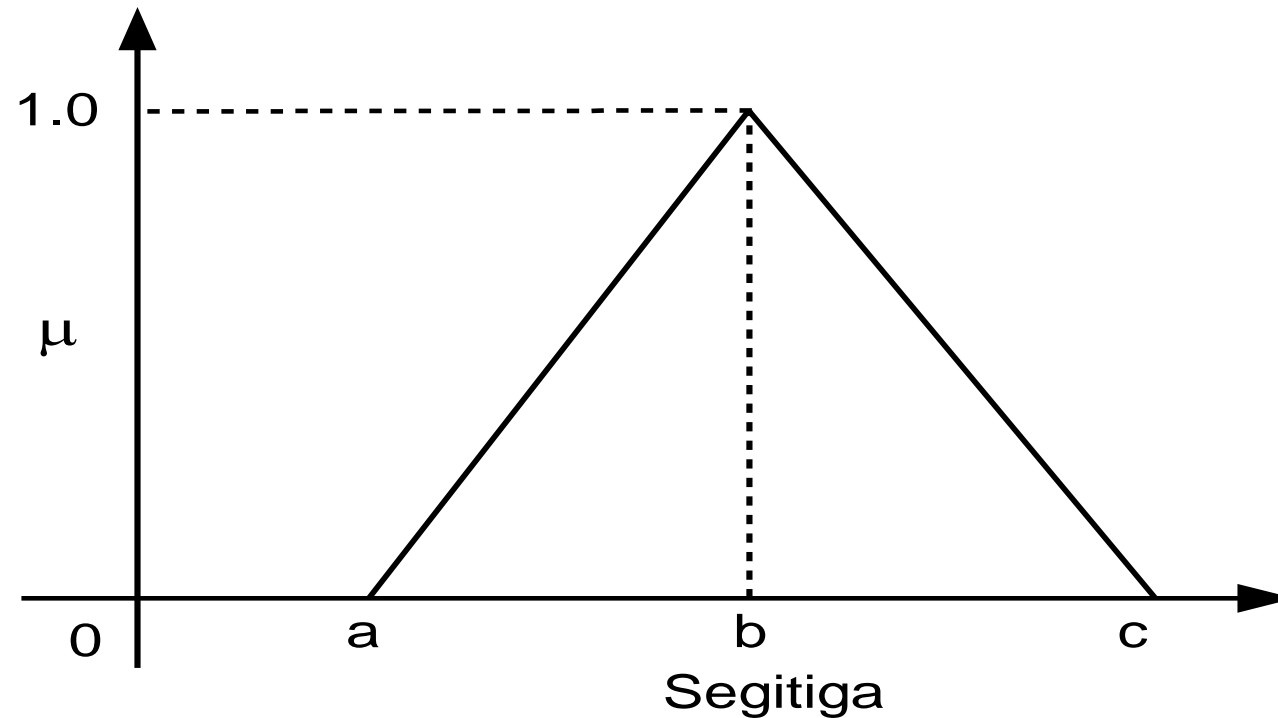


Linier Turun

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

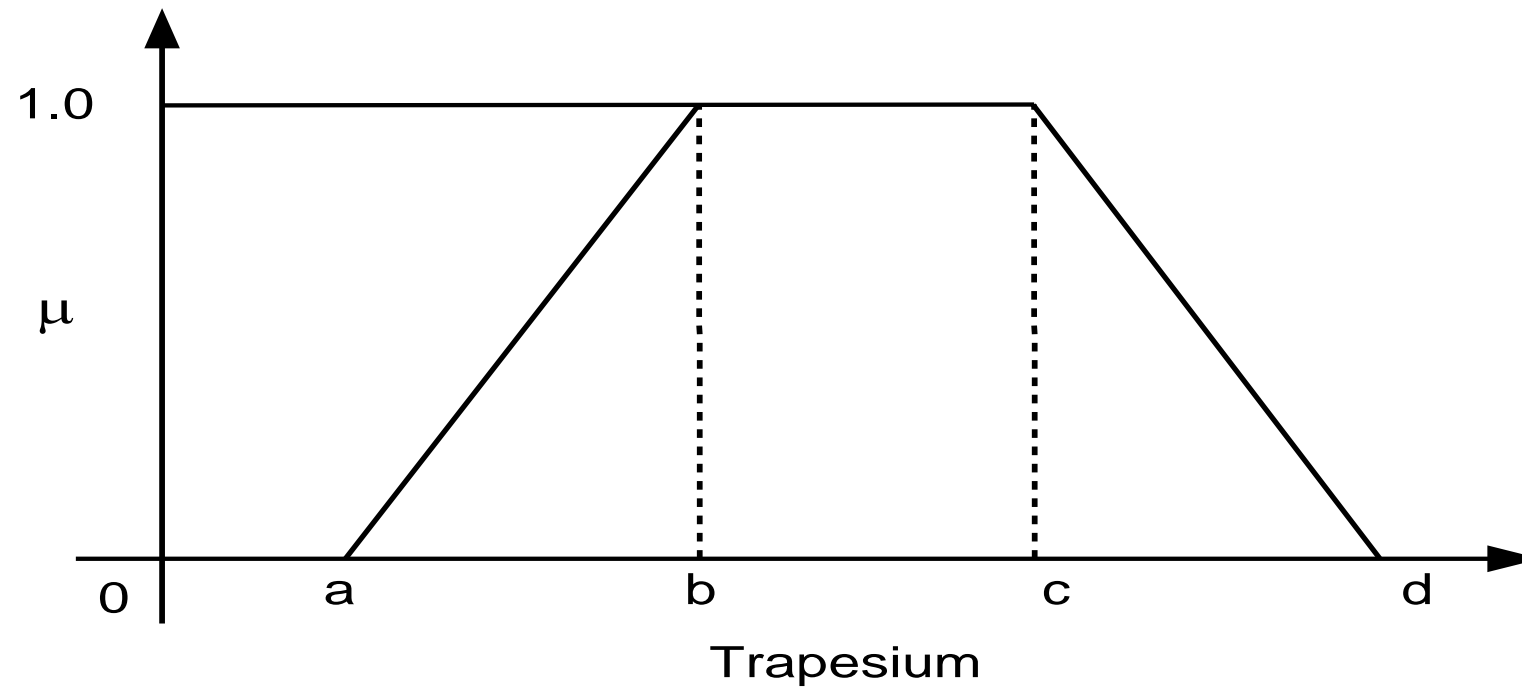


Fungsi Keanggotaan: Segitiga



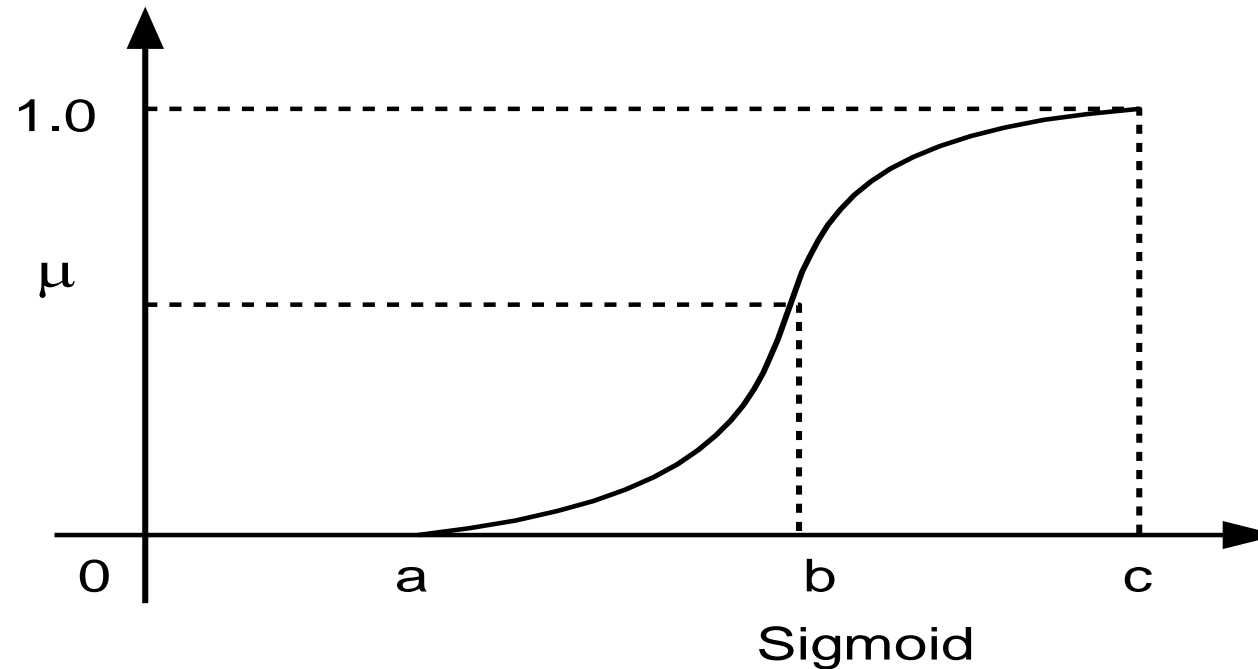
$$\begin{aligned}\mu[x] &= 0; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ &(x-a)/(b-a); a < x \leq b \\ &(c-x)/(c-b); b < x < c\end{aligned}$$

Fungsi Keanggotaan: Trapezium



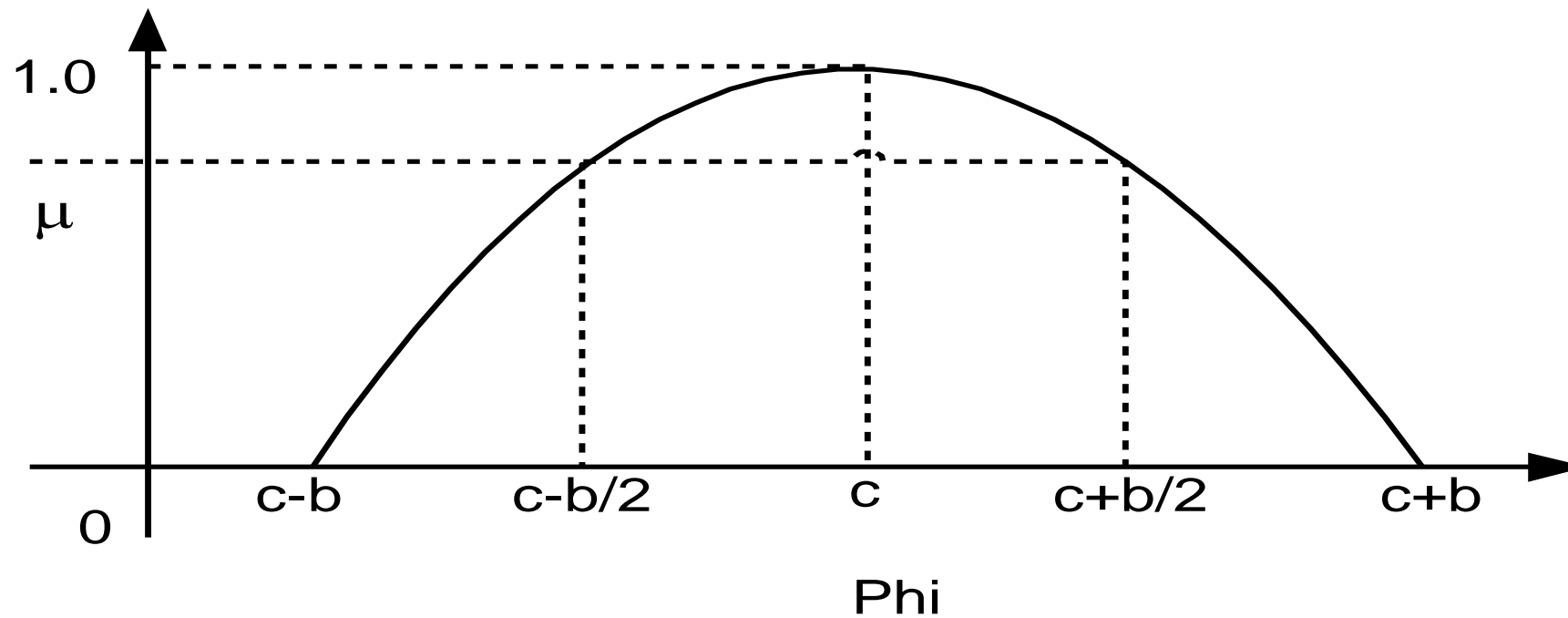
$$\begin{aligned}\mu[x] &= 0; \quad x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ &= (x-a)/(b-a); \quad a < x \leq b \\ &= 1; \quad b < x \leq c \\ &= (d-x)/(d-c); \quad c < x < d\end{aligned}$$

Fungsi Keanggotaan: Sigmoid



$$\mu[x;a,b,c]_{\text{sigmoid}} = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ 2 \left(\frac{x-a}{c-a} \right)^2; & a < x \leq b \\ 1 - 2 \left(\frac{c-x}{c-a} \right)^2; & b < x < c \\ 1; & x \geq c \end{cases}$$

Fungsi Keanggotaan: Phi



$$\mu[x;a,b,c]_{\text{phi}} = \mu[x;c-b,c-b/2,c]_{\text{sigmoid}}; \quad x \leq c$$

$$\mu[x;c,c+b/2,c+b]_{\text{sigmoid}}; \quad x > c$$

Operasi Fuzzy**OR (Union) – AND (Intersection)**

- Fuzzy union (\cup): union dari 2 himpunan adalah maksimum dari tiap pasang elemen element pada kedua himpunan
- Contoh:
 - $A = \{1.0, 0.20, 0.75\}$
 - $B = \{0.2, 0.45, 0.50\}$
 - $A \cup B = \{\text{MAX}(1.0, 0.2), \text{MAX}(0.20, 0.45), \text{MAX}(0.75, 0.50)\}$
 $= \{1.0, 0.45, 0.75\}$
- Fuzzy intersection (\cap): irisan dari 2 himpunan fuzzy adalah minimum dari tiap pasang elemen pada kedua himpunan.
- contoh.
 - $A \cap B = \{\text{MIN}(1.0, 0.2), \text{MIN}(0.20, 0.45), \text{MIN}(0.75, 0.50)\} = \{0.2, 0.20, 0.50\}$



Complement

- Komplemen dari variabel fuzzy dengan derajat keanggotaan= x adalah $(1-x)$.
- Komplemen ($_c$): komplemen dari himpunan fuzzy terdiri dari semua komplemen elemen.
- Contoh
 - $A^c = \{1 - 1.0, 1 - 0.2, 1 - 0.75\} = \{0.0, 0.8, 0.25\}$

Contoh

Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan: fire strength atau α -predikat

AND

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

Misalkan nilai keanggotaan IP 3.2 pada himpunan **IPtinggi** adalah 0.7 dan nilai keanggotaan 8 semester pada himpunan **LulusCepat** adalah 0.8 maka α -predikat untuk IPtinggi **dan** LulusCepat:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{IPtinggi} \cap \text{LulusCepat}} &= \min(\mu_{\text{IPtinggi}}[3.2], \mu_{\text{LulusCepat}}[8]) \\ &= \min(0.7, 0.8) = 0.7 \end{aligned}$$

OR

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

α -predikat untuk IPtinggi **atau** LulusCepat:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{IPtinggi} \cup \text{LulusCepat}} &= \max(\mu_{\text{IPtinggi}}[3.2], \mu_{\text{LulusCepat}}[8]) \\ &= \max(0.7, 0.8) = 0.8 \end{aligned}$$

NOT (Complement)

$$\mu_A' [x] = 1 - \mu_A[x]$$

α -predikat untuk **BUKAN** IPtinggi :

$$\mu_{\text{IPtinggi}}' = 1 - \mu_{\text{IPtinggi}}[3.2] = 1 - 0.7 = 0.3$$

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*



Model Fuzzy Sugeno: Contoh

Mengevaluasi kesehatan orang berdasarkan tinggi dan berat badannya

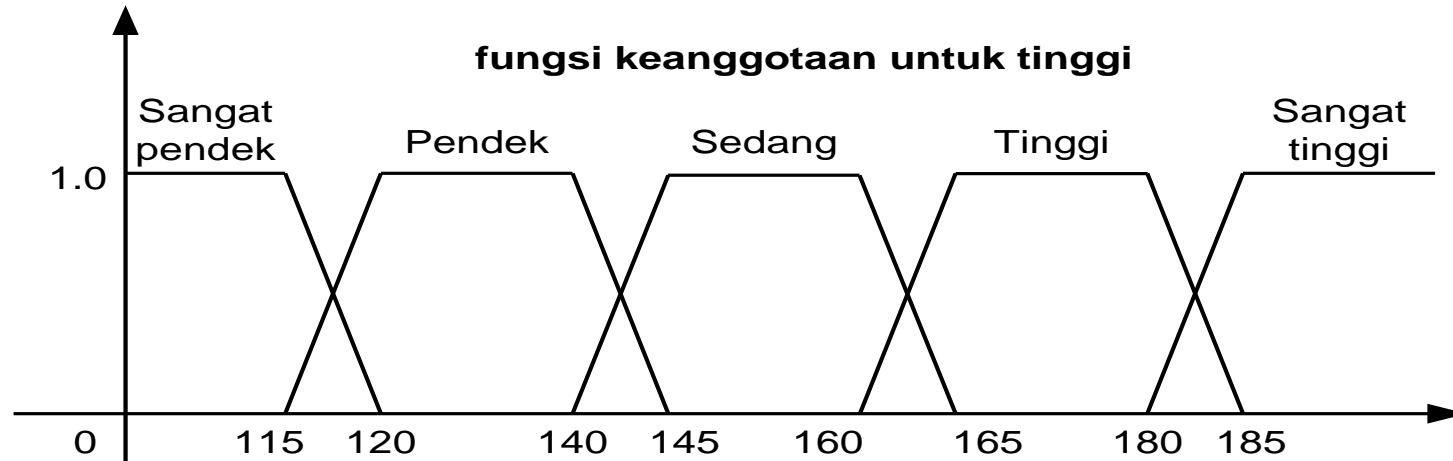
Input: tinggi dan berat badan

Output: kategori sehat

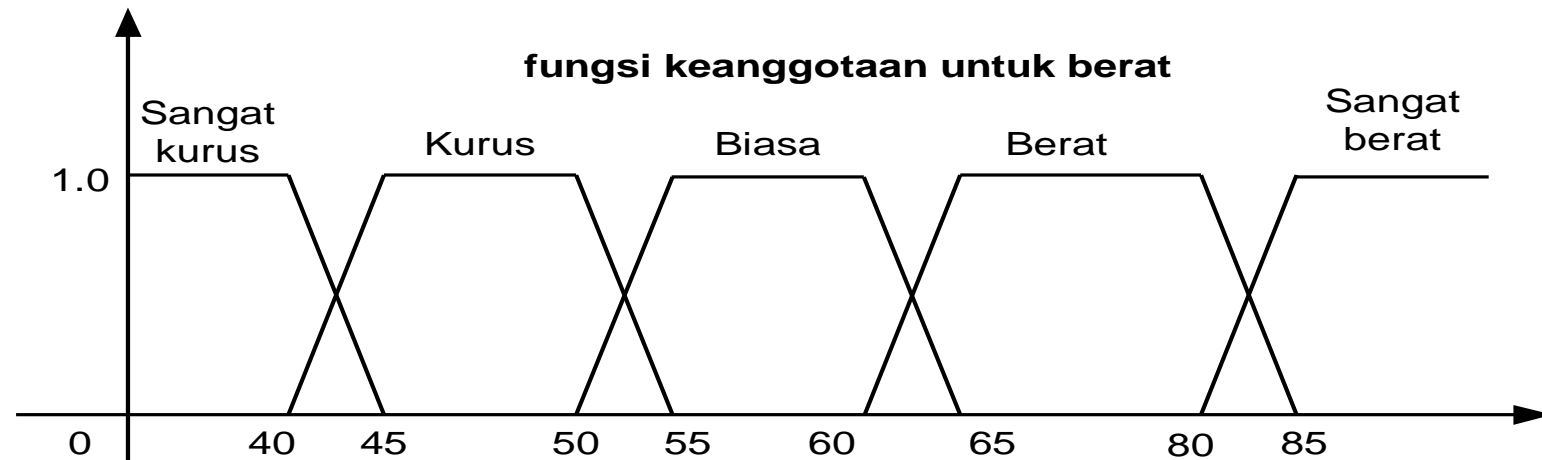
- sangat sehat (SS), index=0.8
- sehat (S), index=0.6
- agak sehat (AS), index=0.4
- tidak sehat (TS), index=0.2



L1: Fuzzification (1)



Ada 3 variabel fuzzy yang dimodelkan: tinggi, berat, sehat



L2: Rules Evaluation (1)

Tentukan rules

Tabel Kaidah Fuzzy

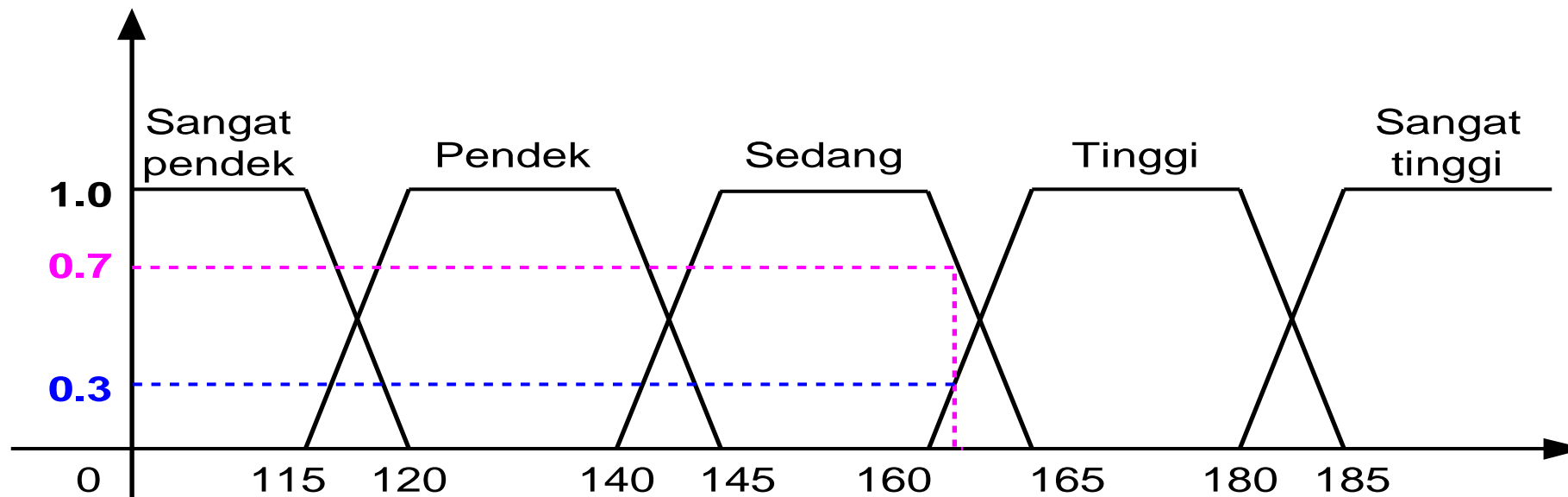
		BERAT				
		Sangat kurus	Kurus	Biasa	Berat	Sangat berat
T I N G G I	Sangat pendek	SS	S	AS	TS	TS
	Pendek	S	SS	S	AS	TS
	Sedang	AS	SS	SS	AS	TS
	Tinggi	TS	S	SS	S	TS
	Sangat tinggi	TS	AS	SS	S	AS

Dalam bentuk if-then, contoh:

*If sangat pendek dan sangat kurus then
sangat sehat*

L2: Rules Evaluation (2)

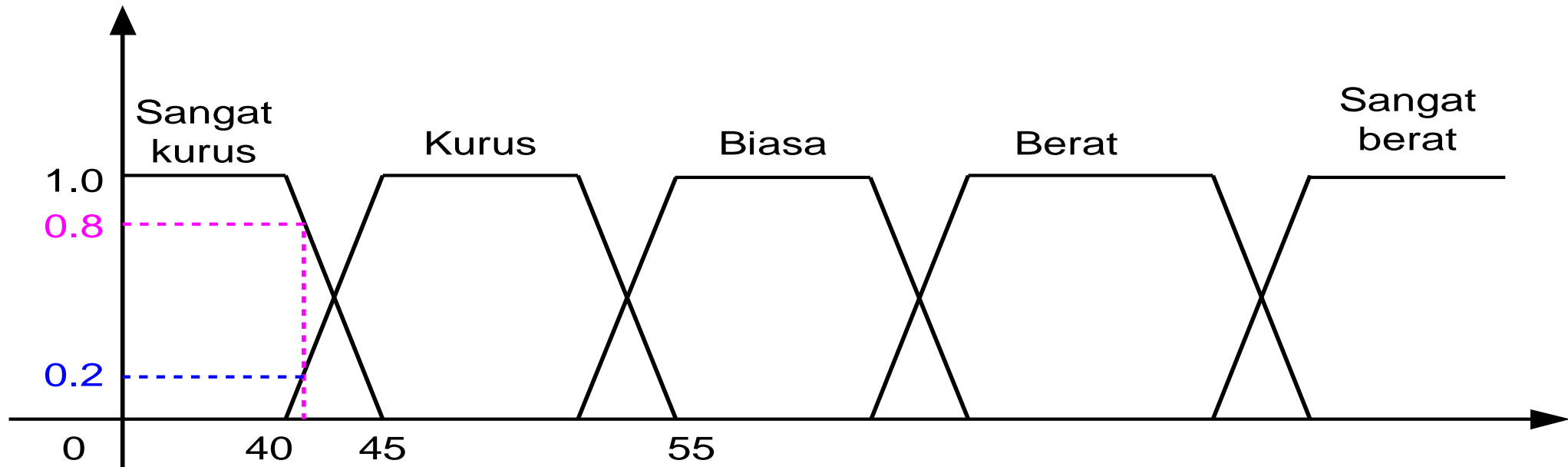
Contoh: bagaimana kondisi kesehatan untuk orang dengan tinggi 161.5 cm dan berat 41 kg?



$$\mu_{\text{sedang}}[161.5] = (165-161.5)/(165-160) = 0.7$$

$$\mu_{\text{tinggi}}[161.5] = (161.5-160)/(165-160) = 0.3$$

L2: Rules Evaluation (3)



$$\mu_{\text{sangat kurus}}[41] = (45-41)/(45-40) = 0.8$$

$$\mu_{\text{kurus}}[41] = (41-40)/(45-40) = 0.2$$

BERAT						
T I N G G I		0.8	0.2	Biasa	Berat	Sangat berat
	Sangat pendek	SS	S	AS	TS	TS
	Pendek	S	SS	S	AS	TS
	0.7	AS	SS	SS	AS	TS
	0.3	TS	S	SS	S	TS
	Sangat tinggi	TS	AS	SS	S	AS

L2: Rules Evaluation
(4)

Pilih bobot minimum krn relasi
AND

BERAT						
T I N G G I		0.8	0.2	Biasa	Berat	Sangat berat
	Sangat pendek	SS	S	AS	TS	TS
	Pendek	S	SS	S	AS	TS
	0.7	0.7	0.2	SS	AS	TS
	0.3	0.3	0.2	SS	S	TS
	Sangat tinggi	TS	AS	SS	S	AS



L3: Defuzzification

Diperoleh:

$$f = \{TS, AS, S, SS\} = \{0.3, 0.7, 0.2, 0.2\}$$

Penentuan hasil akhir, ada 2 metoda:

1. Max method: index tertinggi 0.7
hasil Agak Sehat

2. Centroid method, dengan metoda **Sugeno**:

$$\begin{aligned} \text{Decision Index} &= (0.3 \times 0.2) + (0.7 \times 0.4) + (0.2 \times 0.6) + (0.2 \times 0.8) / \\ &\quad (0.3 + 0.7 + 0.2 + 0.2) \\ &= 0.4429 \end{aligned}$$

Crisp decision index = 0.4429

Fuzzy decision index: 75% agak sehat, 25% sehat



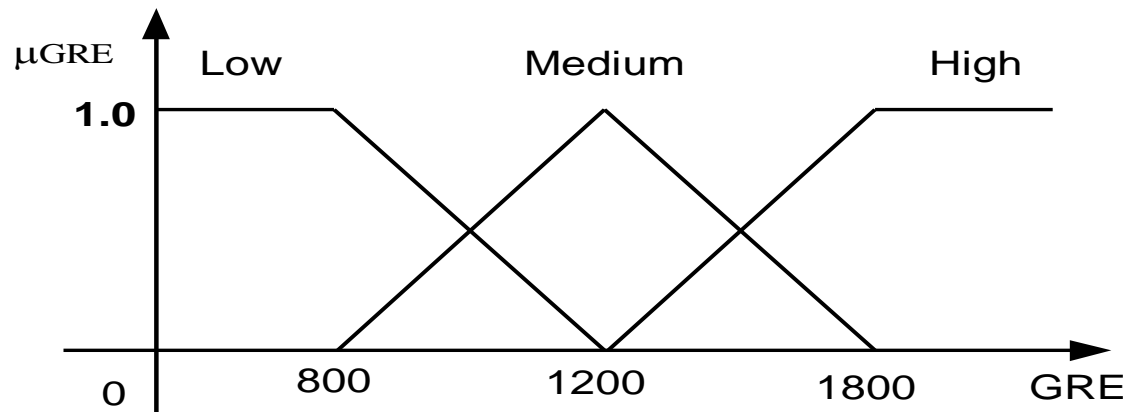
Latihan Soal

1. Apa tujuan dari sistem pakar dan pemindahan kepakaran?
2. Dilihat dari struktur, apa perbedaan dari Human Expert dan Expert System?
3. Apa itu knowledge base dan peranannya dalam sistem pakar?
4. Apa yang sekiranya terjadi bila sistem pakar tidak memiliki knowledge base?
5. Apa itu working memory dan peranannya dalam sistem pakar?

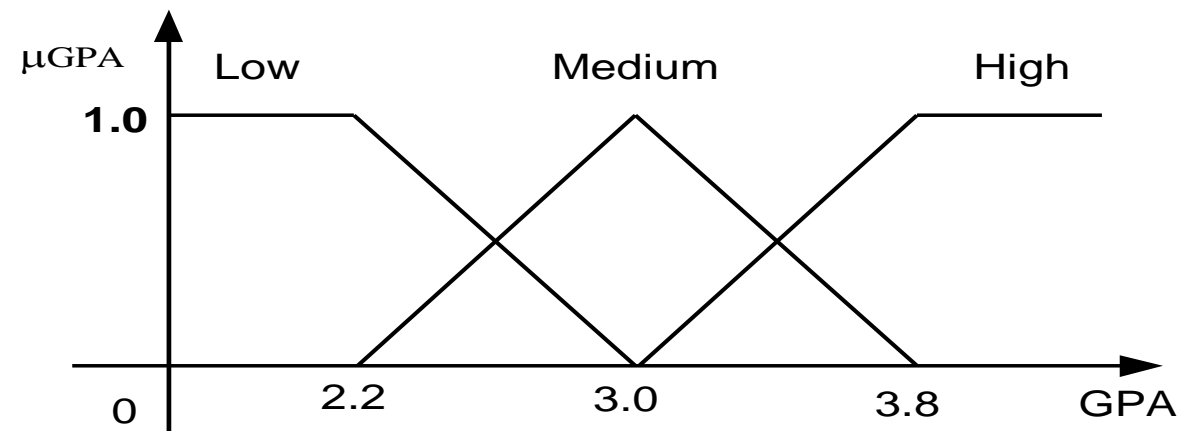


Latihan Soal

Mengevaluasi mahasiswa berdasarkan GPA = 3.6 dan nilai GRE = 1100. Apa predikat mahasiswa dengan nilai tersebut?

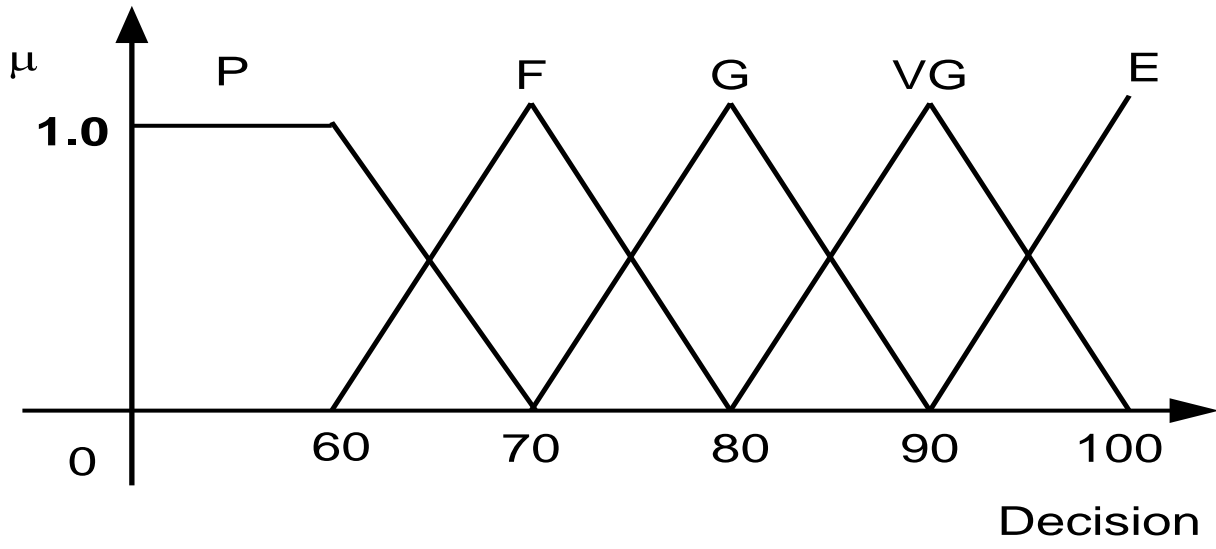


Fungsi Keanggotaan untuk GRE



Fungsi Keanggotaan untuk GPA





GRE				
G P A		H	M	L
	H	E	VG	F
	M	G	G	P
	L	F	P	P



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>