

Sebelumnya...

- Penalaran pada Sistem Pakar
 - Contoh *forward chaining & backward chaining*
- Ketidakpastian dalam Sistem Pakar
 - Teori Peluang
 - Teori Bayes
 - Jaringan Bayes
 - Faktor Kepastian

Kecerdasan Buatan

Pertemuan 09

Sistem (Pakar) Samar (Fuzzy)

Kelas 10-S1TI-03, 04, 05

Husni

Lunix96@gmail.com

<http://Komputasi.wordpress.com>

Outline

- Kondisi samar
- Himpunan Fuzzy
- Aturan Fuzzy
- Inferensi Fuzzy
- Rangkuman

Samar (*Fuzzy*)

- Kecepatan mobil itu sekitar **60 km/jam**
- Joko adalah mahasiswa yang **tinggi**
- Cuaca di kota ini **panas**
- Kampus ini **jauh** dari kost mahasiswa
- Semua kata berwarna merah di atas
 - Bersifat *fuzzy/samar* maknanya.
 - Sulit diterjemahkan ke bahasa yang lebih tepat
 - Jika salah menerjemahkan, maka dapat menyebabkan hilangnya nilai semantik (makna)
- *Expert System* harus mampu memanfaatkan informasi tidak-tepat dalam penalarannya.

Himpunan *Fuzzy*

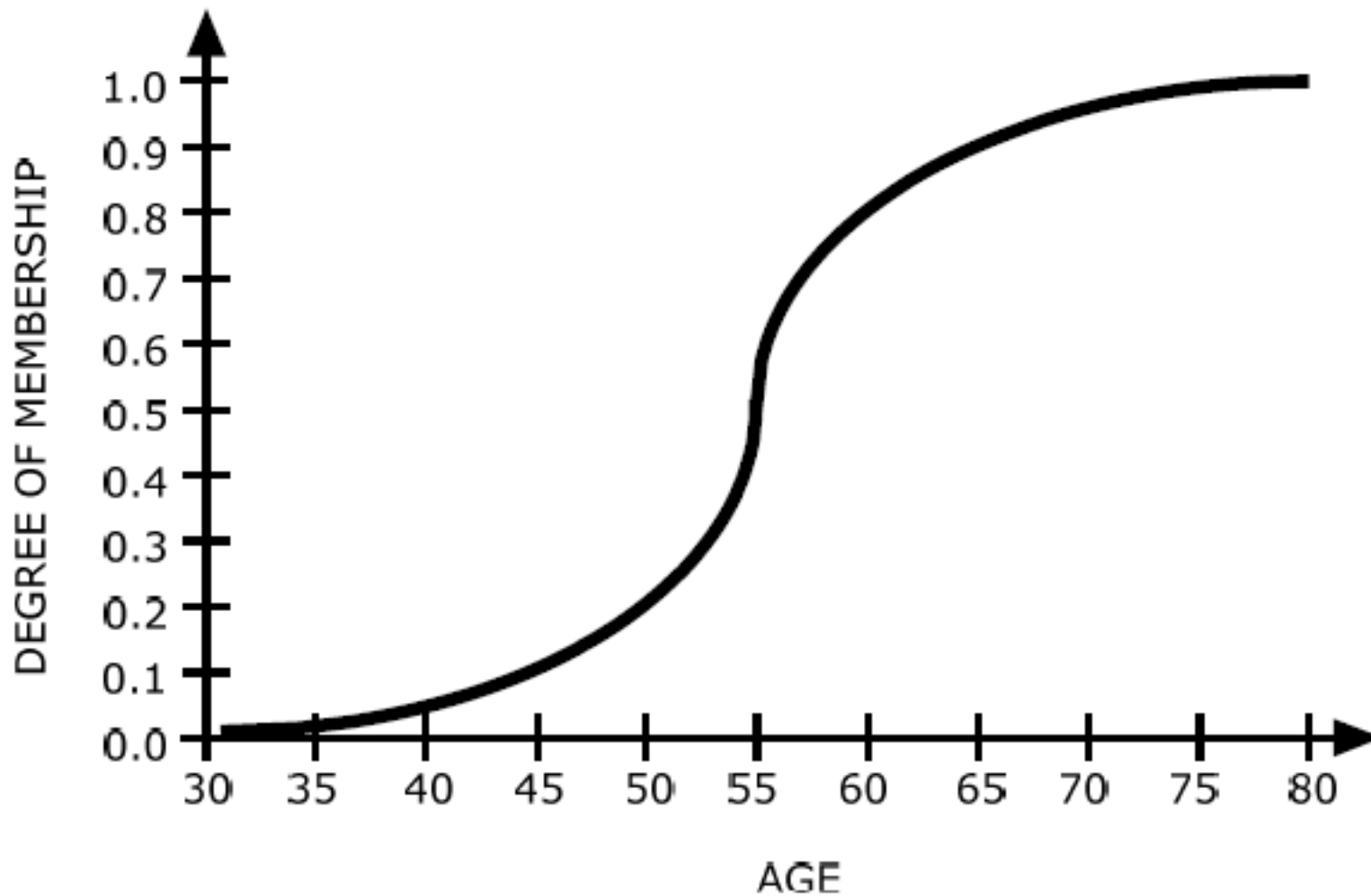
- Logika klasik: x adalah anggota X ($x \in X$) atau bukan anggota X ($x \notin X$)
- Logika fuzzy (samar): x dapat menjadi anggota X dengan derajat keanggotaan tertentu.
- Fungsi keanggotaan atau fungsi karakteristik digunakan untuk mengukur derajat keanggotaan suatu variabel.
- Output fungsi keanggotaan antara 0 dan 1, $[0, 1]$

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x \text{ is totaly in } A \\ 0, & \text{if } x \text{ is not in } A \\ \in (0,1), & \text{if } x \text{ is partialy in } A \end{cases}$$

Contoh: Sudah tuakah?

Age	Degree of membership	
	Fuzzy logic	Ordinary logic
30	0.0	0.0
35	0.1	0.0
40	0.2	0.0
45	0.3	0.0
50	0.4	1.0
55	0.5	1.0
60	0.6	1.0
65	0.7	1.0
70	0.8	1.0
75	0.9	1.0
80	1.0	1.0

Derajat Keanggotaan: Fuzzy



Derajat Keanggotaan: Biasa



Fungsi Keaggotaan

- Singleton (bernilai tunggal)
- Triangular
- Trapezoidal
- Sigmoid (fungsi S)
- Fungsi Z
- Fungsi Bell (Π)

Operasi Terhadap Himpunan *Fuzzy*

- *Complement (negasi)*: Orang tua dan Tidak tua
- *Containment (Subset)*: Orang tua dan Sangat tua
- *Intersection (irisan)*: ambil nilai min. Orang tua dan Dewasa
- *Union (gabungan)*: ambil max.
- *Equality (kesamaan)*
- *Algebraic Product (perkalian aljabar)*
- *Algebraic Sum (penjumlahan aljabar)*

Sifat Himpunan Fuzzy

- *Associativity*
- *Distributivity*
- *Commutativity*
- *Transitivity*
- *Idempotency*
- *Identity*
- *Involution*
- *Hukum De Morgan*

Aturan *Fuzzy*

- Bentuk dasar Rule: **IF Premis THEN Tindakan**
- Contoh:

Rule 1: IF Suhu -5 THEN Cuaca Dingin

Rule 2: IF Suhu 15 THEN Cuaca Hangat

Rule 3: IF Suhu 35 THEN Cuaca Panas

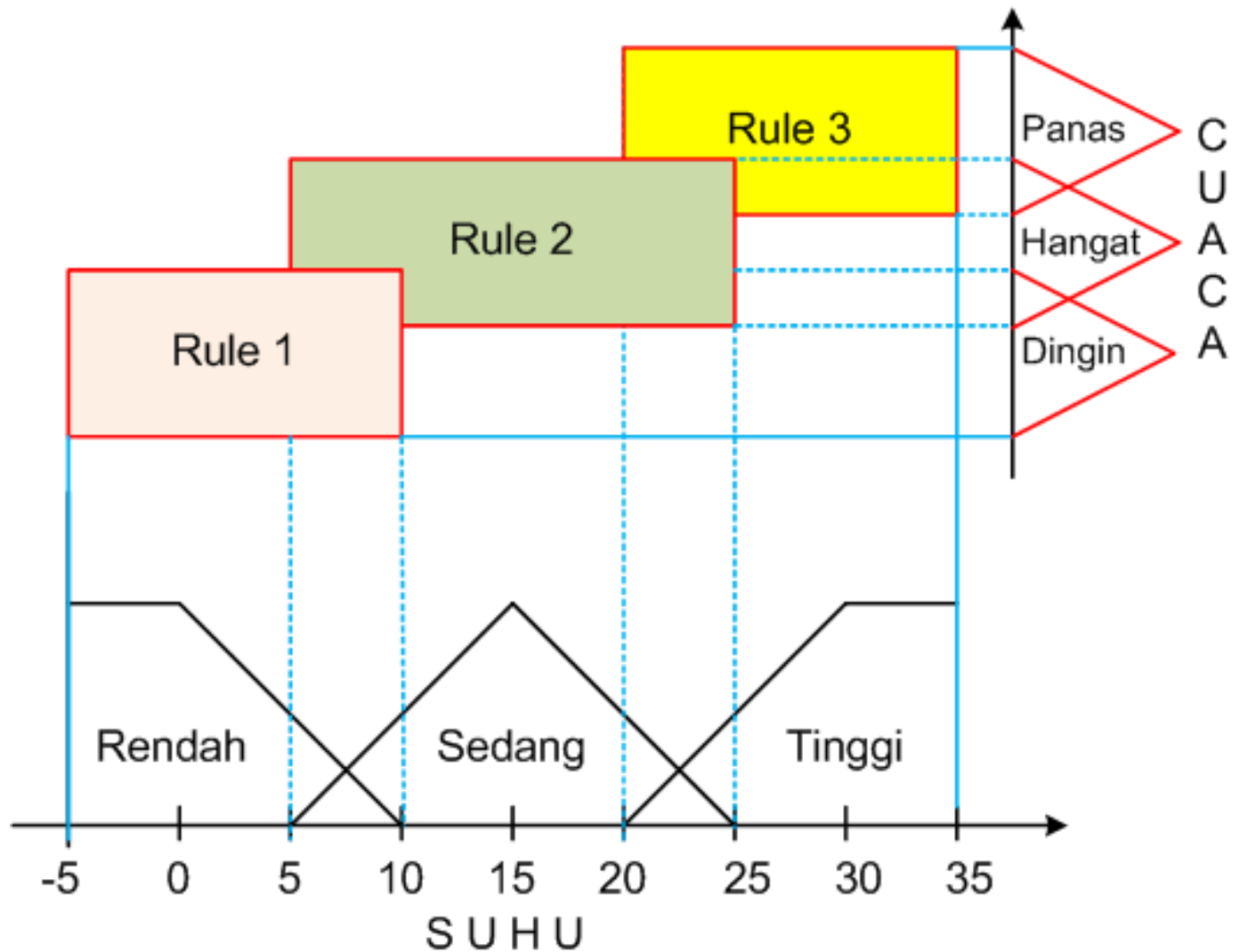
Dapat diubah ke bentuk Aturan Fuzzy:

Rule 1: IF Suhu Rendah THEN Cuaca Dingin

Rule 2: IF Suhu Sedang THEN Cuaca Hangat

Rule 3: IF Suhu Tinggi THEN Cuaca Panas

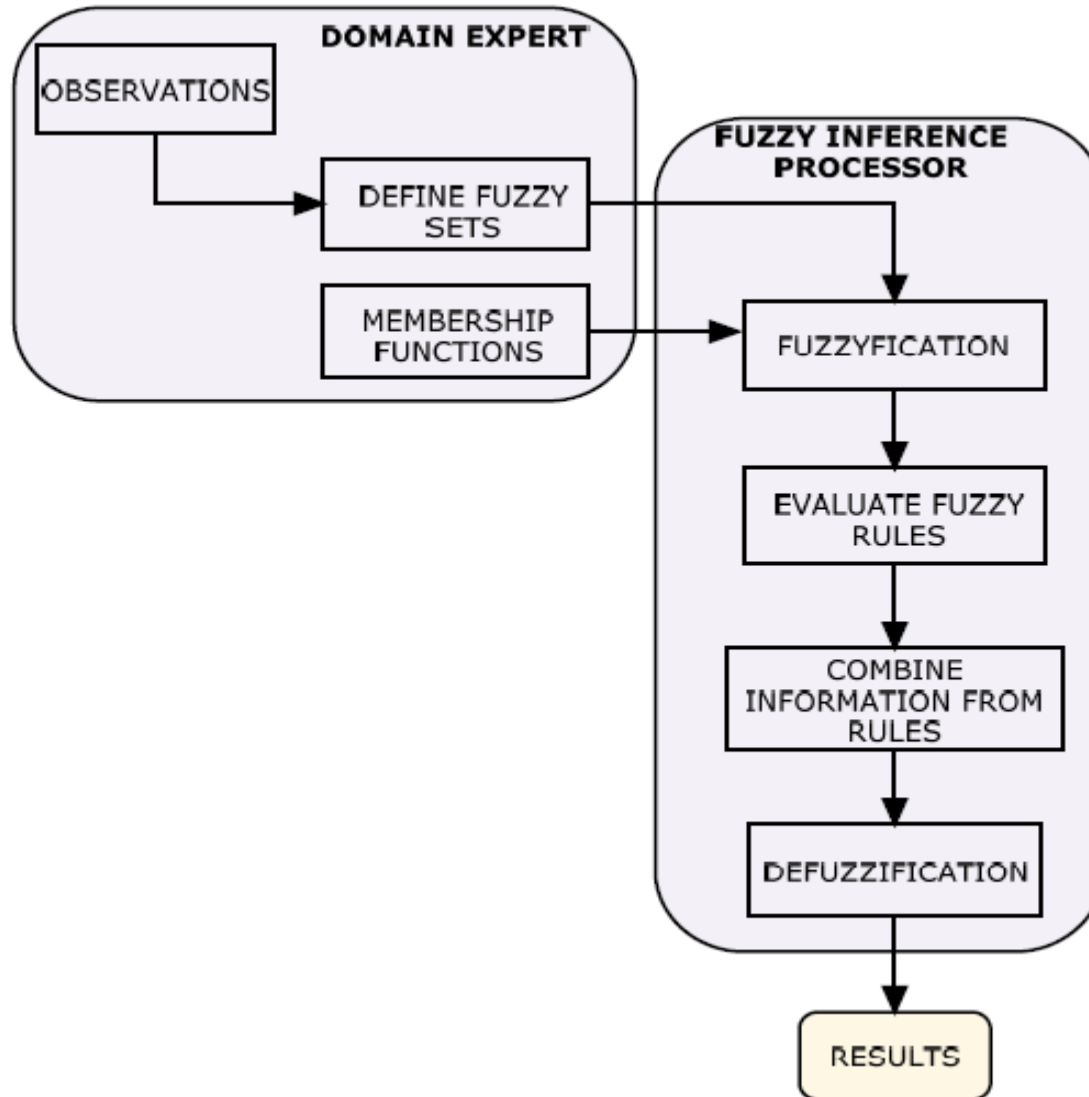
IF Premis THEN Kesimpulan



Penalaran Fuzzy

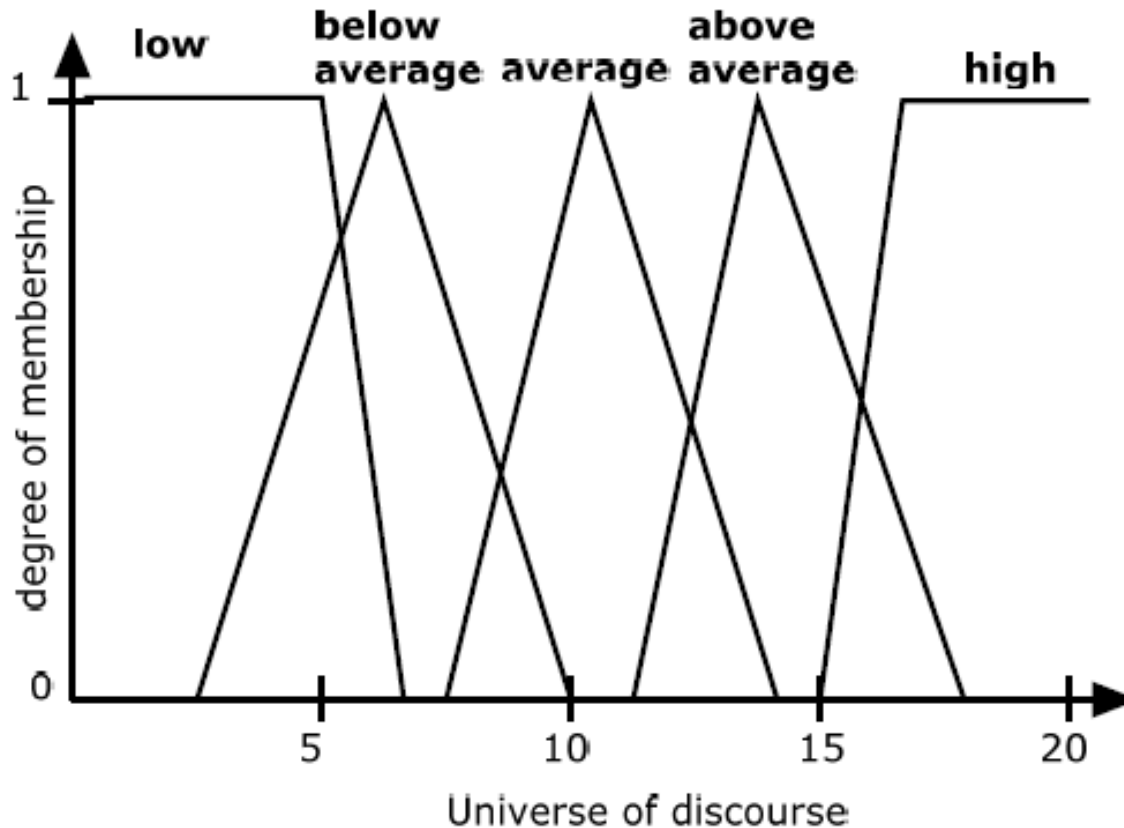
- Prosesnya: *Fuzzy Inferencing System* (FIS)
- Terdiri dari beberapa langkah:
 - Mendefinisikan himpunan fuzzy
 - Memetakan observasi ke himpunan fuzzy
 - Mendefinisikan aturan fuzzy
 - Mengevaluasi setiap kasus untuk semua aturan fuzzy
 - Menyatukan informasi dari aturan-aturan
 - Mendefuzzy-kan hasil
- Dapat disingkat menjadi 3 langkah:
 - *Fuzzification*
 - *Rule Evaluation*
 - *Defuzzification.*

Tahapan Penalaran Fuzzy



Fuzzification

- Input standar/biasa ditranslasikan ke input fuzzy
- Setiap input biasa harus menempati fungsi keanggotaan.



Rule Evaluation

- IF Premis THEN Tindakan/Simpulan
- Premis: label variabel input,
- Simpulan: label variabel output
- Premis boleh mengandung beberapa fakta, dihubungkan dengan AND atau OR.
- AND: $\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$
- OR: $\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$
- NEGASI: $\mu_{\neg A}(x) = 1 - \mu_A(x)$

Penalaran/Inferensi

- Sangat dikenal:
 - Model Fuzzy Mamdani
 - Model Fuzzy Sugeno
 - Model Fuzzy Tsukamoto

Defuzzification

- Output fuzzy yang dikeluarkan oleh mesin inferensi dikonversi ke nilai biasa menggunakan analogi fungsi keanggotaan yang digunakan pada tahapan *fuzzification*.
- Pendekatan yang banyak digunakan adalah Centroid of Area (COA):

$$COA = \frac{\sum_{z=a}^b \mu_A(z) \cdot z}{\sum_{z=a}^b \mu_A(z)}$$

Model Fuzzy Mamdani

- Diusulkan oleh E. Mamdani, 1975.
- Paling banyak digunakan.
- 4 langkah proses inferensi: Fuzzification variabel input, evaluasi aturan, agregasi hasil, dan defuzzification.
- Contoh:
 - Rule 1: IF Suhu Rendah AND Angin Bertiup Kencang THEN Cuaca Dingin
 - Rule 2: IF Suhu Sedang OR Angin Bertiup Pelan THEN Cuaca Sedang
 - Rule 3: IF Suhu Tinggi OR Angin Bertiup Pelan THEN Cuaca Panas

Contoh: Variabel *Fuzzy*

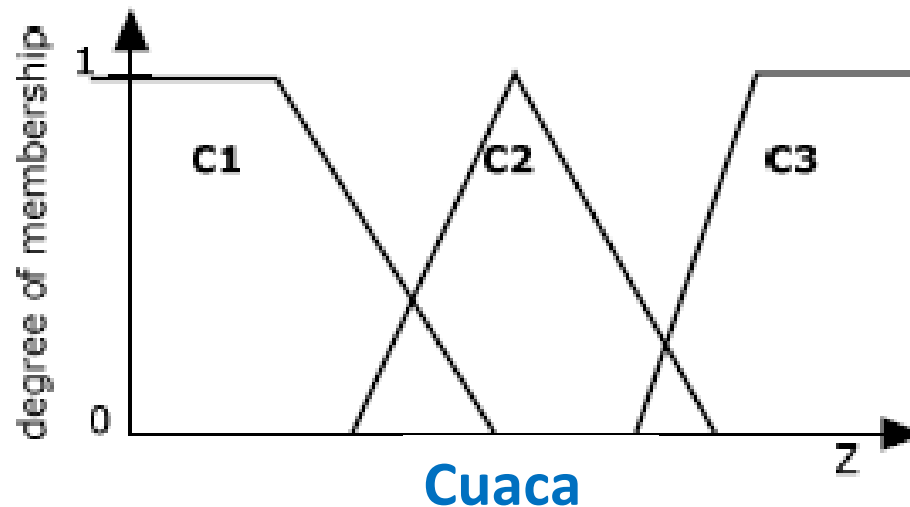
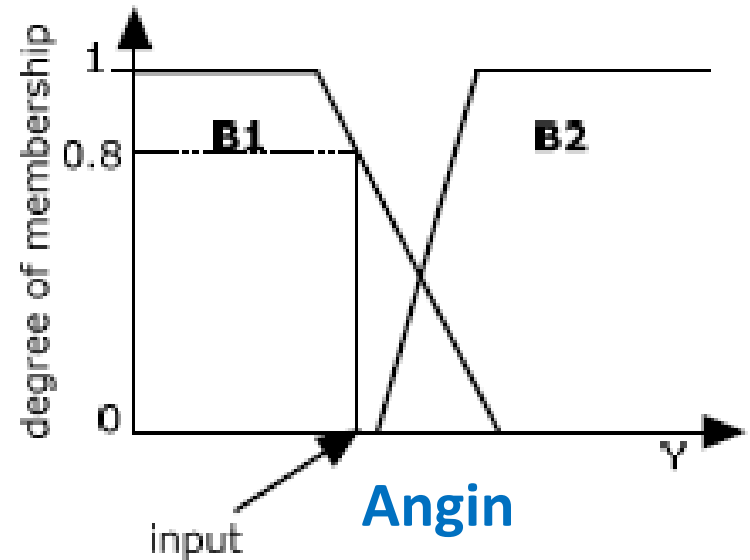
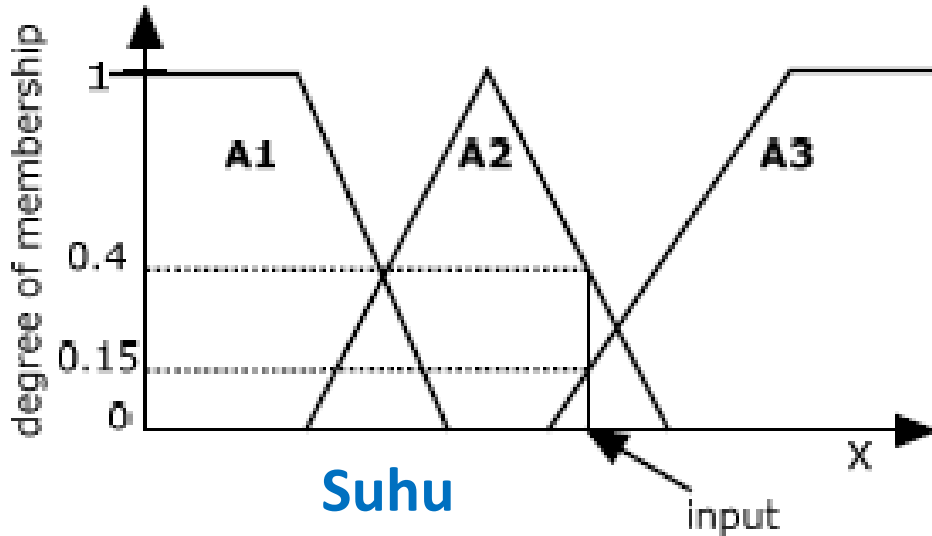
- Ada 3 variabel: Suhu, Angin, Cuaca.
- Himpunan fuzzy untuk **Suhu** (x):
Rendah (A1), Sedang (A2), Tinggi (A3)
- Himpunan fuzzy untuk **Angin** (y):
Kencang (B1), Pelan (B2)
- Himpunan fuzzy untuk **Cuaca** (z):
Dingin (C1), Sedang (C2), Panas (C3)
- Semesta pembicaraan untuk tiga variabel tersebut: X, Y, Z.

Contoh: Rule disederhanakan

- Rule 1: IF x A1 AND y B1 THEN z C1
- Rule 2: IF x A2 OR y B2 THEN z C2
- Rule 3: IF x A3 OR y B2 THEN z C3

- DATA INPUT: Nilai Suhu 25 derajat dan Kecepatan Angin 35 km/jam.
- Bagaimana Cuacanya?

Langkah 1. *Fuzzification*



Nilai Keanggotaan Variabel Input

- $\mu_{A_1}(x) = 0;$
- $\mu_{A_2}(x) = 0.4;$
- $\mu_{A_3}(x) = 0.15;$

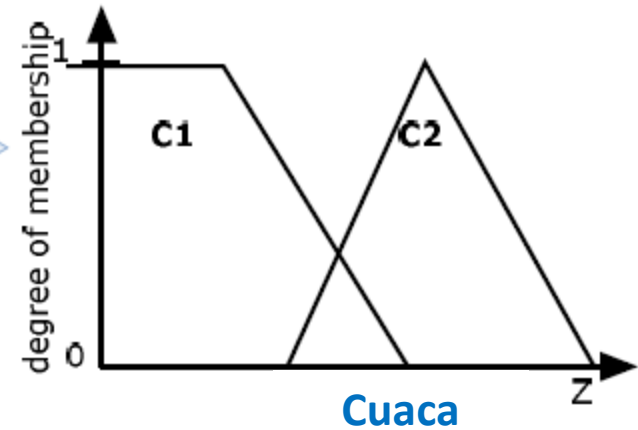
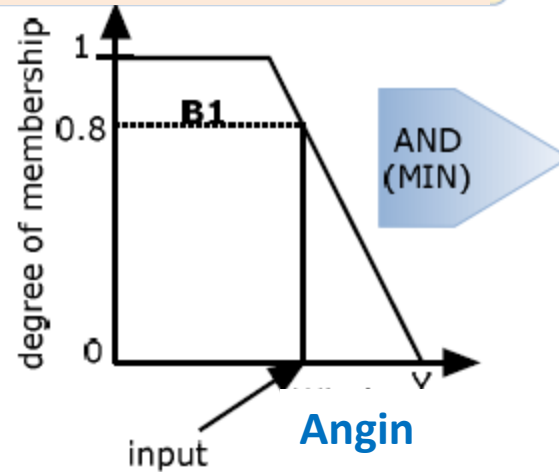
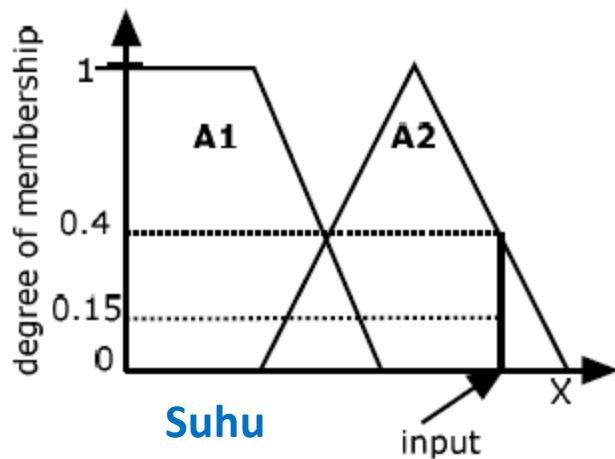
- $\mu_{B_1}(y) = 0.8;$

- $\mu_{B_2}(y) = 0;$

Langkah 2. Evaluasi Aturan

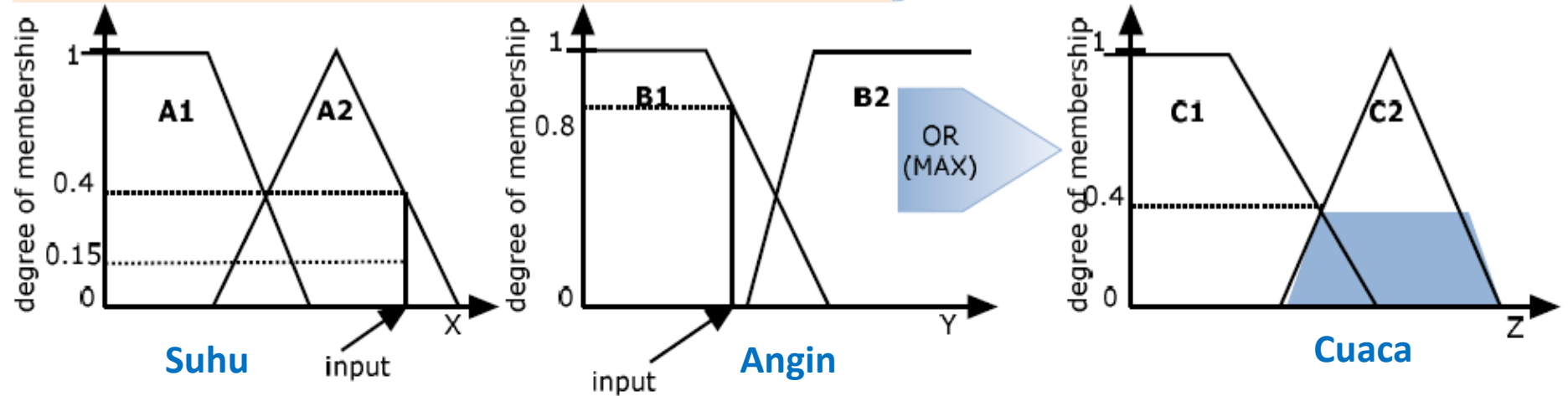
- Ada 3 rule, semuanya dijalankan.

Rule 1: IF x A1 (0.0) AND y B1 (0.8) THEN z C1 (0.0)

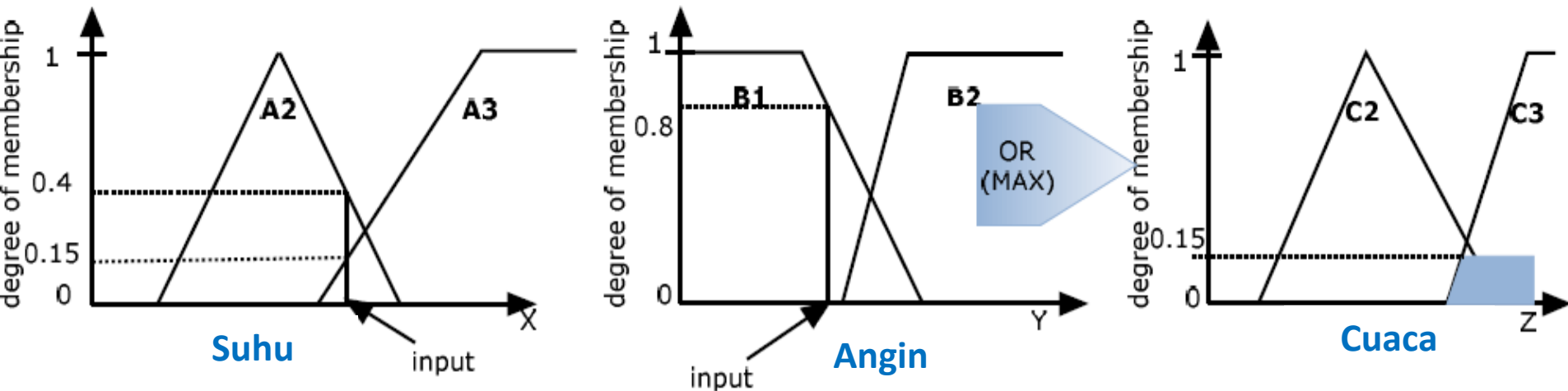


Langkah 2. Evaluasi Aturan

Rule 2: IF x A2 (0.4) OR y B2 (0.0) THEN z C2 (0.4)



Rule 3: IF x A3 (0.15) OR y B2 (0.0) THEN z C3 (0.15)



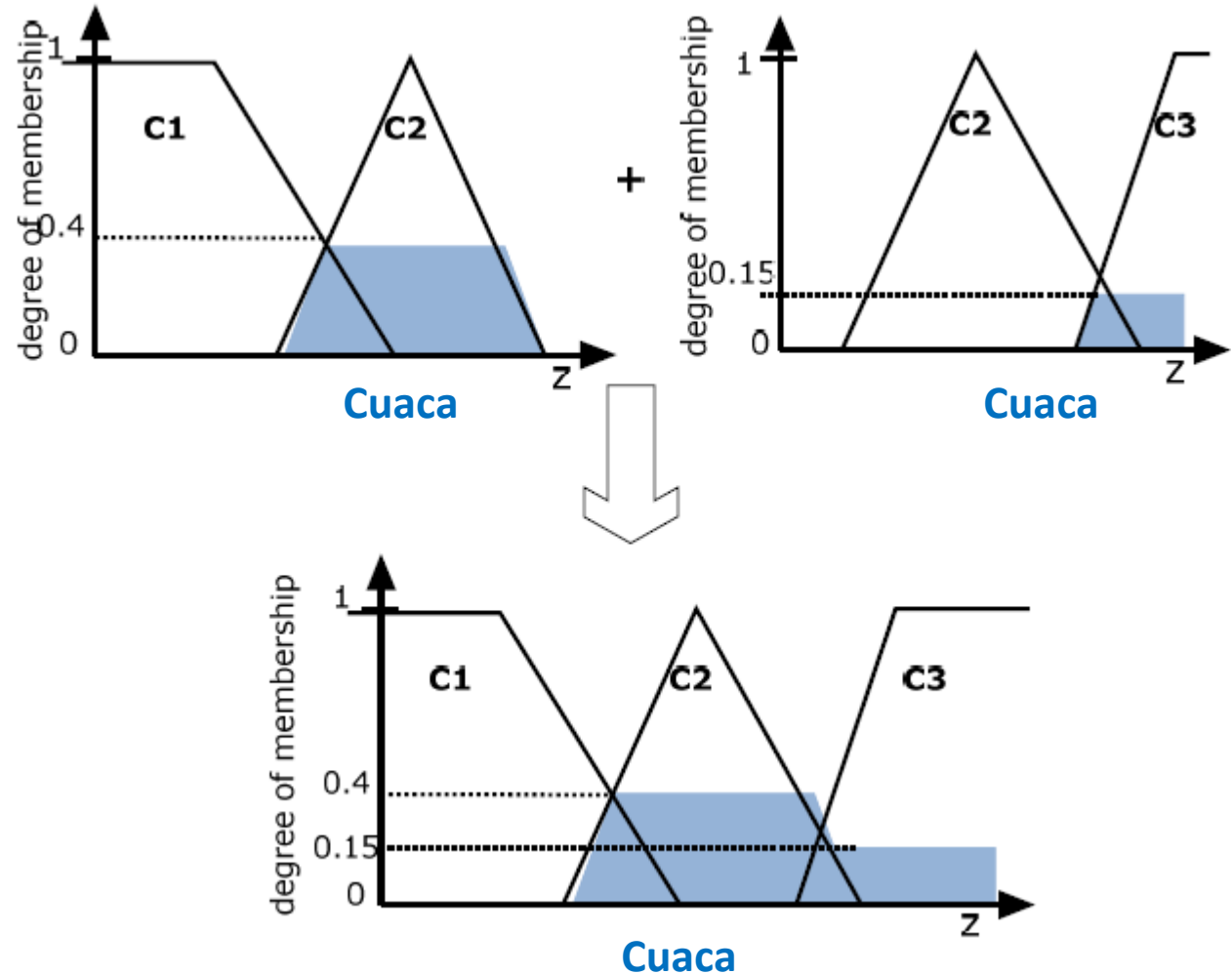
Langkah 3. Agregasi Hasil

- Diperoleh hasil:

$$\mu_{C_1}(z) = 0;$$

$$\mu_{C_2}(x) = 0.4;$$

$$\mu_{C_3}(z) = 0.15;$$

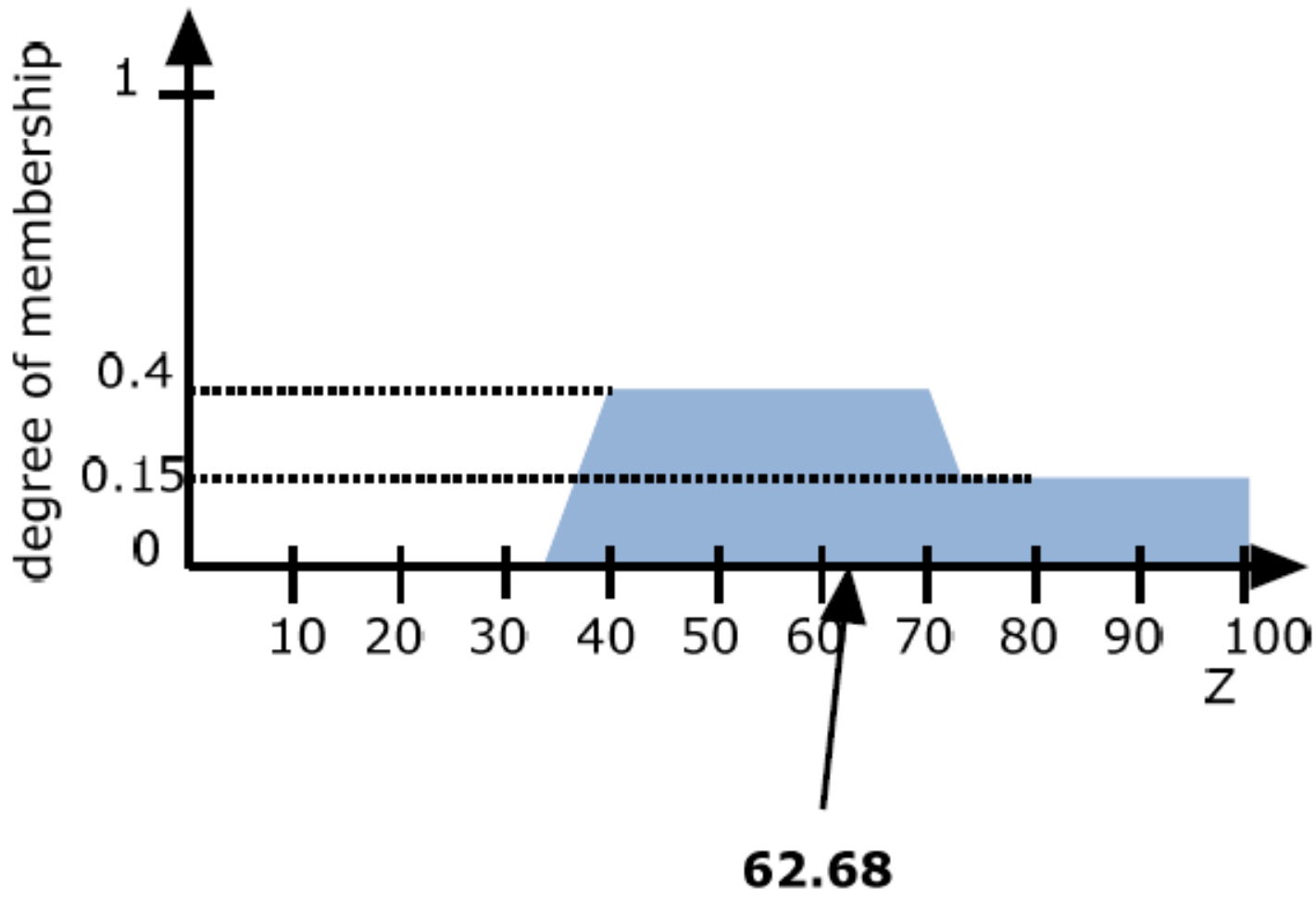


Langkah 4. *Defuzzification*

- Konversi ke suatu nilai biasa, *crisp output*.
- Gunakan COA.

$$\begin{aligned} COG &= \frac{(0 + 10 + 20 + 30) \cdot 0.0 + (40 + 50 + 60 + 70) \cdot 0.4 + (80 + 90 + 100) \cdot 0.15}{0 + 0 + 0 + 0 + 0.4 + 0.4 + 0.4 + 0.4 + 0.15 + 0.15 + 0.15} \\ &= \frac{88 + 40.5}{2.05} = \frac{128.5}{2.05} = 62.68 \end{aligned}$$

- Dengan anggapan rentang nilai 0 s.d 100 dan kenaikan 10.
- Kemungkinan Cuaca Panas adalah 62.68%



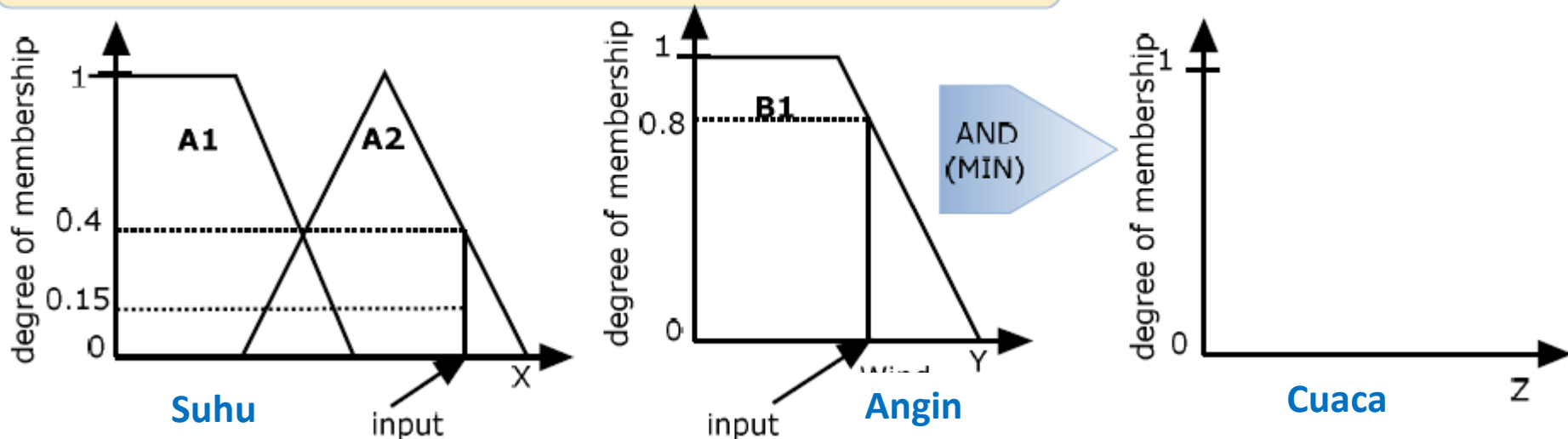
Model Fuzzy Sugeno

- Diusulkan oleh Takagi Sugeno Kang, 1985
- Cukup sering digunakan.
- Bentuk rule umum:
IF x bernilai A
AND y bernilai B
THEN $z = f(x,y)$
- Sangat mirip dengan model Mamdani, perbedaan adalah pada consequent (Akibat).
- Fungsi keanggotaan dapat linier atau konstanta.
- Contoh: (lihat sebelumnya pada model Mamdani)

Langkah 1 dan 2

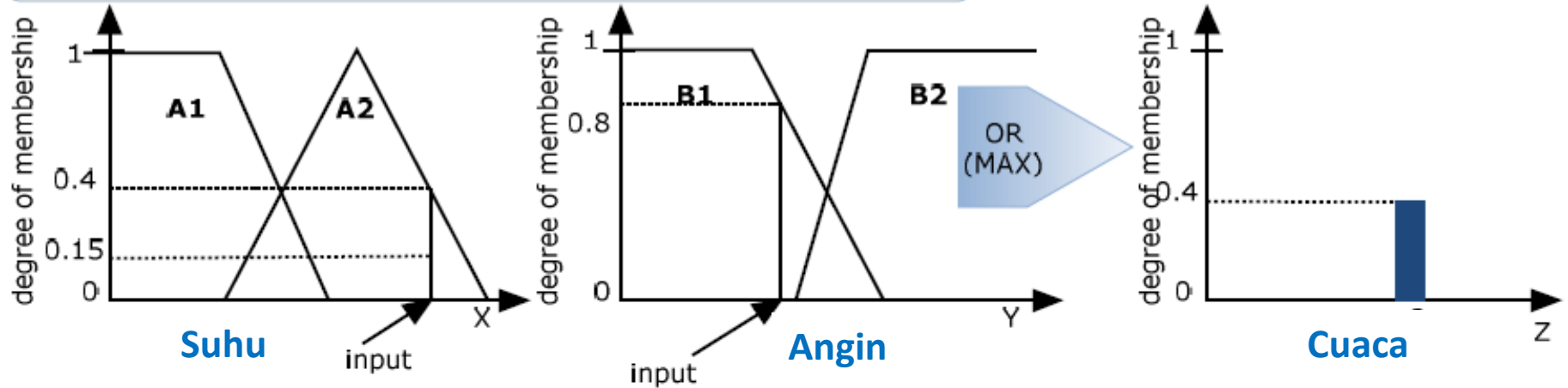
- *Fuzzification* dan evaluasi rule, sama dengan model Mamdani
- Berbeda bentuk representasi output.

RULE 1: IF x is in A1 (0.0) AND y is in B1 (0.8) THEN z is in C1 (0.0)

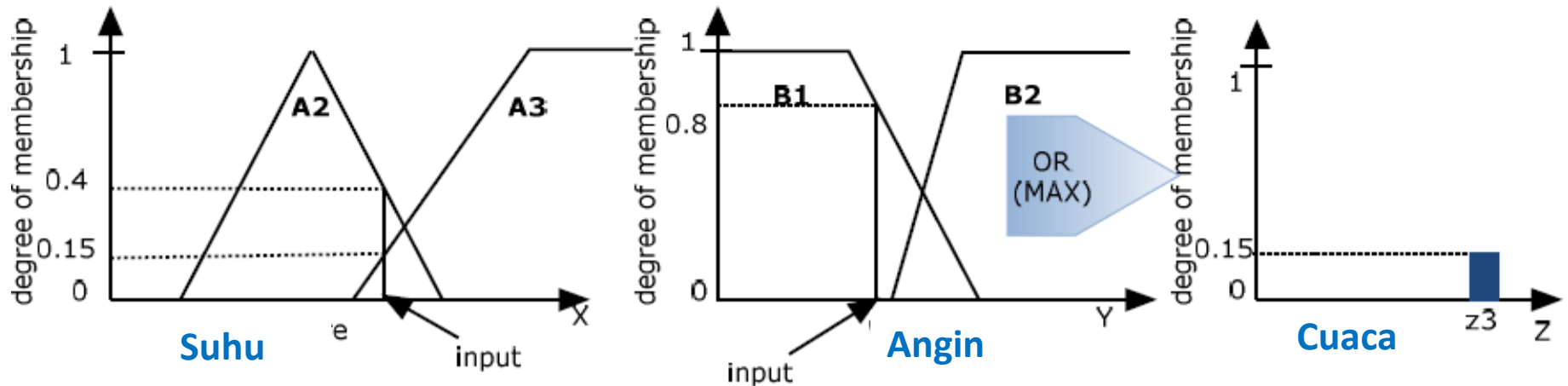


Langkah 2. Evaluasi Rule

RULE 2: IF x is in A2 (0.4) OR y is in B2 (0.0) THEN z is in C2 (0.4)

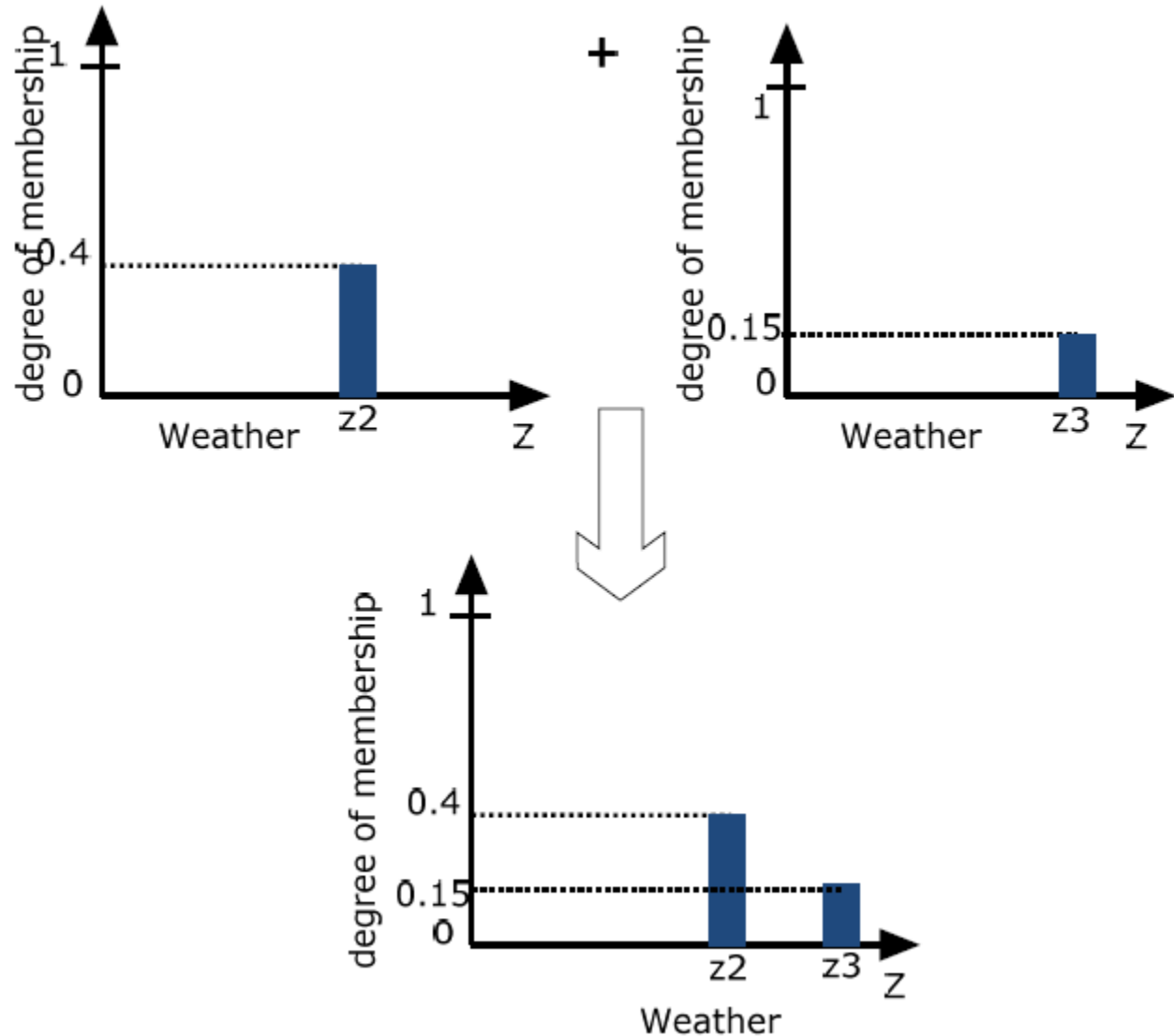


RULE 3: IF x is in A3 (0.15) OR y is in B2 (0.0) THEN z is in C3 (0.15)



Langkah 3. Agregasi Hasil

- $z1 = 0$
- $z2 = 0.4$
- $z3 = 0.15$



Langkah 4. *Defuzzification*

- Gunakan rata-rata berbobot:

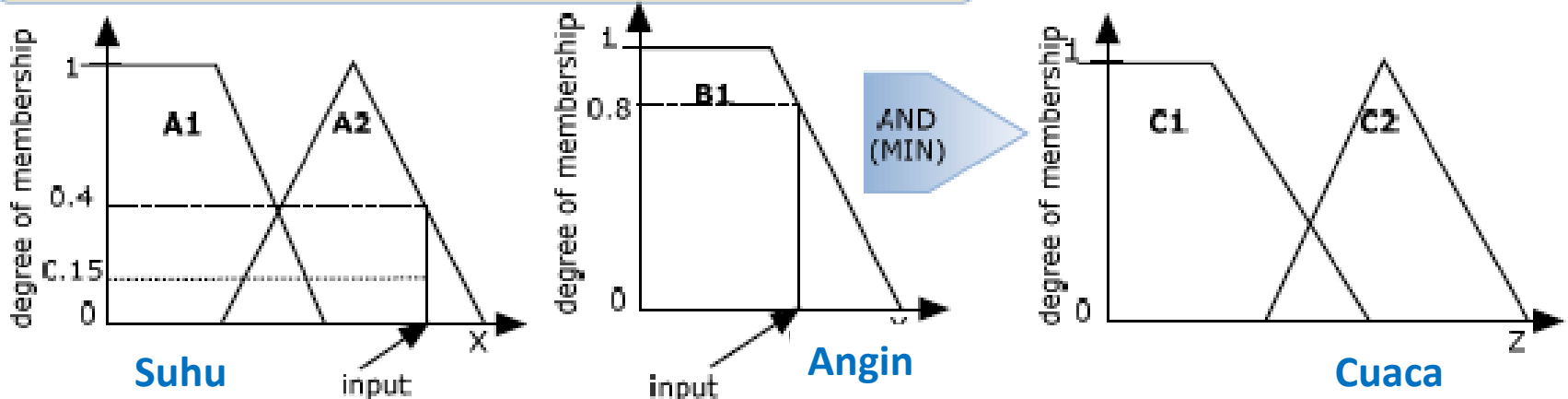
$$\begin{aligned} \text{Crisp output} &= \frac{\mu(z1) \cdot z1 + \mu(z2) \cdot z2 + \mu(z3) \cdot z3}{\mu(z1) + \mu(z2) + \mu(z3)} = \frac{0 + 0.4 \cdot 0.55 + 0.15 \cdot 0.75}{0 + 0.4 + 0.15} \\ &= \frac{0.22 + 0.11}{0.55} = \frac{0.33}{0.55} = 0.6 \end{aligned}$$

Model Fuzzy Tsukamoto

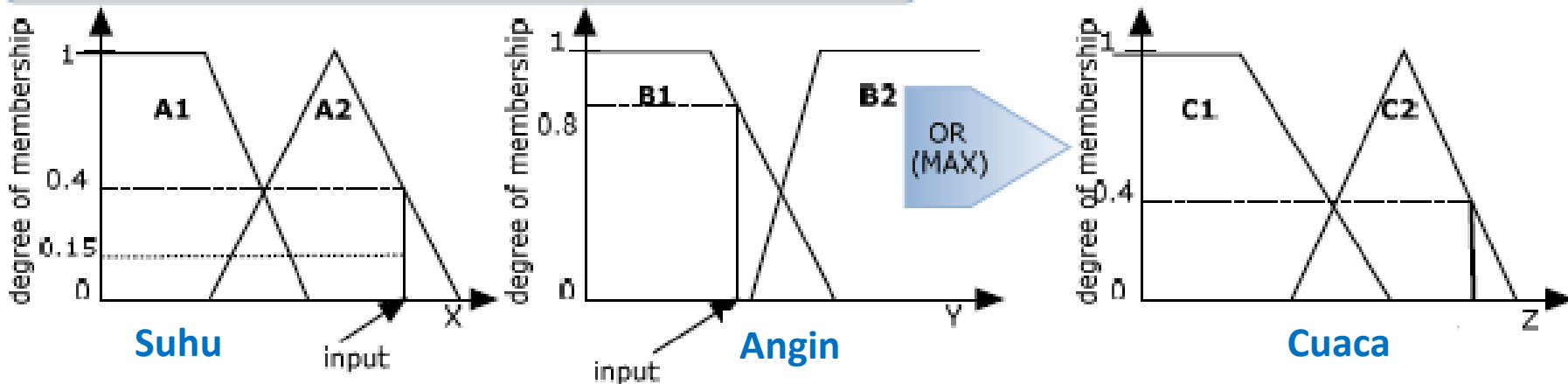
- Output akhir diperoleh dengan mengambil rata-rata terbobot dari setiap output rule.
- **Contoh: Seperti sebelumnya**
- Langkah 1 (*fuzzification*) dan 4 (*defuzzification*) sama dengan Sugeno.
- **Langkah 2 (evaluasi rule) dan 3 (agregasi hasil)....?**

Langkah 2. Evaluasi Rule

RULE 1: IF x is in A1 (0.0) AND y is in B1 (0.8) THEN z is in C1 (0.0)

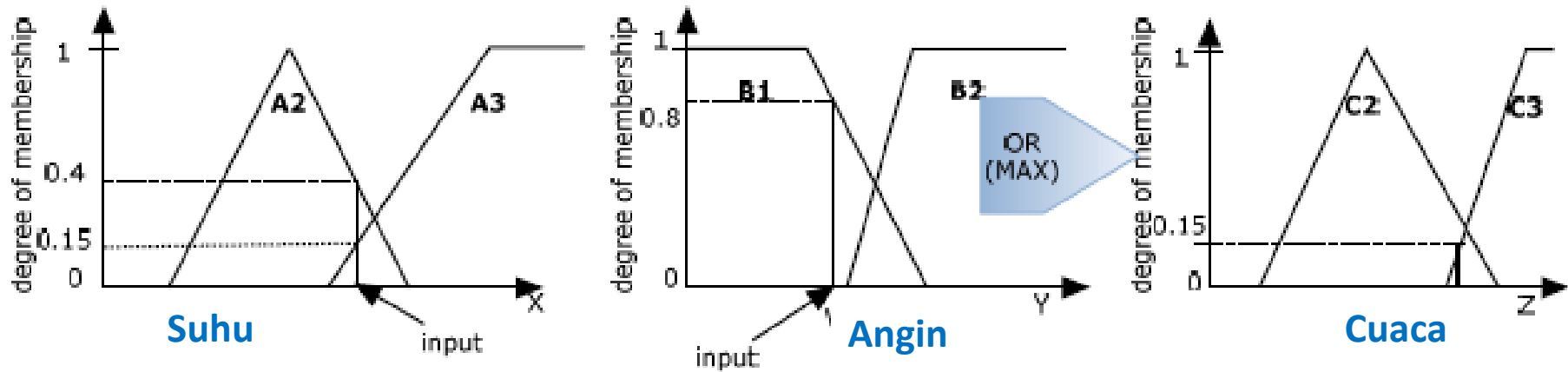


RULE 2: IF x is in A2 (0.4) OR y is in B2 (0.0) THEN z is in C2 (0.4)

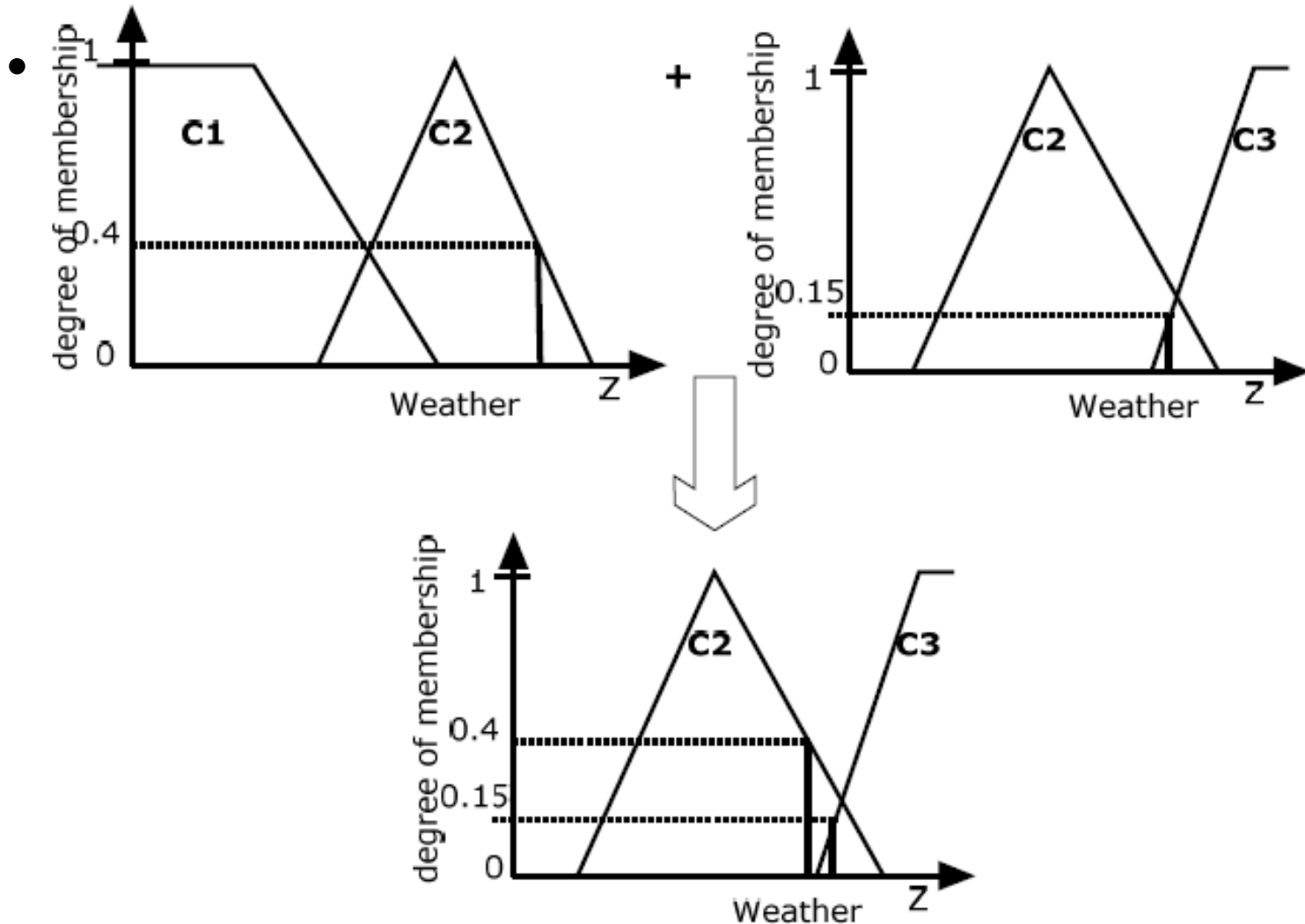


Langkah 2. Evaluasi Rule

RULE 3: IF x is in A3 (0.15) OR y is in B2 (0.0) THEN z is in C3 (0.15)



Langkah 4. Agregasi Hasil



Tugas

- Kerjakan Latihan No. 2, 3 dan 4 pada halaman 259, buku [Intelligent System: A Modern Approach](#), Springer: 2011.

Tugas

- Rule 1:
IF pendanaan proyek memenuhi syarat OR penggajian proyek kecil THEN Resiko rendah
- Rule 2:
If Pendanaan mepet/kurang memenuhi syarat AND penggajian proyek besar THEN Resiko normal
- Rule 3:
IF Pendanaan proyek tidak memenuhi syarat THEN Resiko tinggi.
- Jika pendanaan proyek 60% dan penggajian proyek 35%, Bagaimana dengan resikonya? Gunakan model Mamdani dan Sugeno.