

Fuzzy Inference System (FIS)

Sistem Pakar

Mekatronika dan Kecerdasan Buatan
Universitas Pendidikan Indonesia

Ketidakpastian

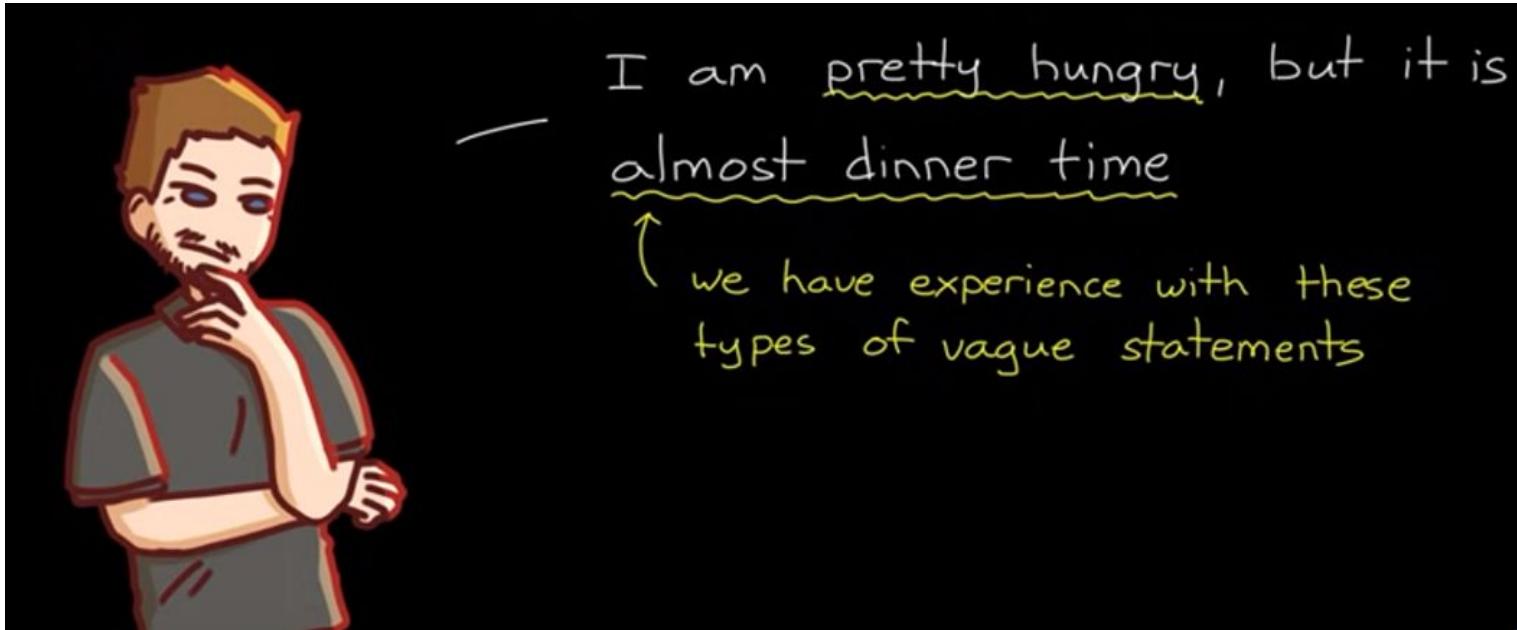
- Dalam menghadapi masalah, sering ditemukan jawaban yang tidak memiliki kepastian yang penuh.
 - Bahasa alami manusia itu terkadang ambigu dan tidak presisi
 - Kita bisa mendeskripsikan fakta dengan “kadang”, “sering”, “hampir tidak pernah”, “agak”
 - Akan susah memformulasikan hal tersebut ke dalam bentuk IF-THEN
- Fakta yang ada tidak lengkap atau tidak sesuai untuk dapat menghasilkan konklusi
- Ketidakpastian antar pakar: Tiap pakar mungkin saja memiliki opini/pemahaman yang berbeda terhadap sebuah kasus dan bisa saja membuat rule yang bertentangan

Mengatasi Ketidakpastian

- Model probabilistik: Klasik, Teorema Bayes
- Faktor kepastian / certainty factor (CF)
- Teori Fuzzy

Fuzzy Logic





https://www.youtube.com/watch?v=_0nZuG4sTw

Fuzzy Logic

- Fuzzy logic is a way to model logical reasoning where the truth of a statement **is not binary**
- Metode yang memungkinkan penanganan data atau variabel yang memiliki nilai *uncertain* atau tidak pasti
- Berbeda dari logika klasik yang hanya mengenal nilai benar atau salah (0 atau 1)
- Logika fuzzy **memungkinkan nilai di antara 0 dan 1**, sehingga mampu menangani kasus di mana terdapat ketidakpastian, subjektivitas, atau batas yang tidak jelas.



LOGIKA FUZZY



Fuzzy Logic



- Kita sering menghadapi situasi di mana sesuatu tidak bisa didefinisikan secara hitam-putih
- Misalnya, "panas" atau "dingin" untuk suhu
- Fuzzy memungkinkan kita mengekspresikan kondisi yang "**di antaranya**"
- Misalnya "agak panas" atau "sedikit tinggi"

Fuzzy Logic

Kecepatannya sedang

Nilainya hampir memuaskan

Ketinggiannya tidak terlalu rendah

Cukup panas

Hampir selesai

Fuzzy Logic

- Dalam logika fuzzy, suatu nilai bisa termasuk dalam suatu kelompok (himpunan fuzzy) dengan derajat atau tingkat keanggotaan (**membership degree**) di antara 0 dan 1.
- Membership degree ditentukan oleh membership function (fungsi keanggotaan)
- Fungsi keanggotaan ini adalah **kurva** yang menunjukkan tingkat keanggotaan dari setiap nilai dalam suatu himpunan fuzzy.

Fuzzy Logic

Contoh:

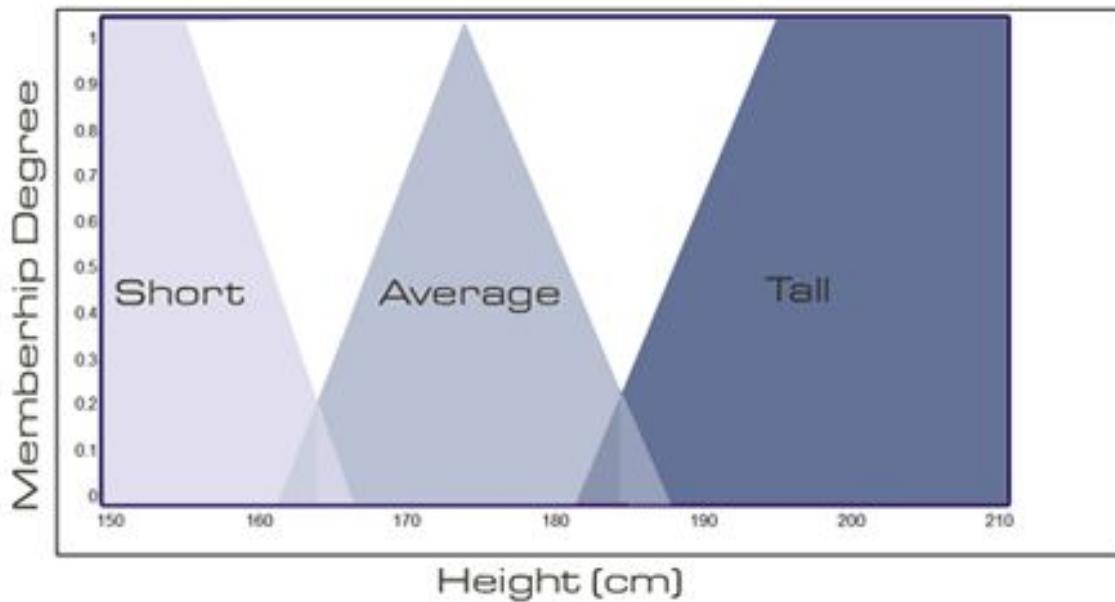
Suhu di atas 25°C hingga 40°C adalah "panas" dengan **derajat** yang meningkat seiring kenaikan suhu.

Suhu 30°C bisa dianggap "**agak panas**" dengan **derajat keanggotaan 0,6** pada himpunan "panas".

Seberapa panas 30°C? 60% panas

Fuzzy recognizes **not only clear-cut**, black-and-white alternatives, but also the infinite gradations in between.

Fuzzy Logic



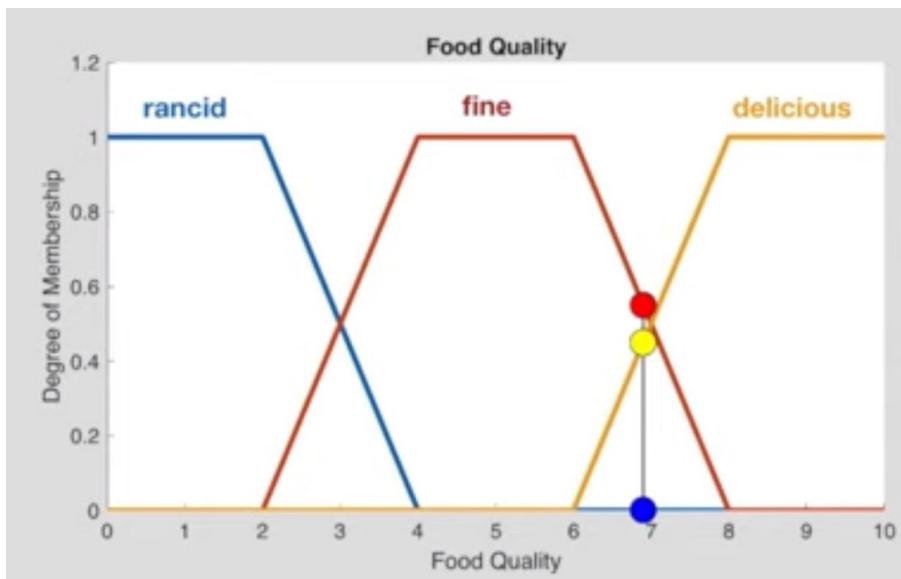
Is a man whose height is 180 cm average or tall?

In fuzzy terms, the height of the man would be classified within a range of [0, 1] as

average to a degree of 0.6

tall to a degree of 0.4.

Fungsi Keanggotaan



Fungsi Keanggotaan

Bentuk fungsi keanggotaan yang paling umum meliputi:

- **Triangular:** Memiliki bentuk segitiga, cocok untuk situasi di mana ada nilai tengah yang jelas dan perubahan antar kategori cukup sederhana (misalnya, kontrol suhu).
- **Trapezoidal:** Mirip dengan segitiga tetapi memiliki bagian datar di tengah, cocok untuk rentang nilai yang lebih lebar, memberikan keanggotaan penuh pada area tengah yang lebih stabil (misalnya, kualitas air).
- **Gaussian:** Menghasilkan kurva mulus, sering digunakan untuk menghindari batas tajam. Tipakai untuk transisi halus yang memerlukan respons lembut dan bertahap (misalnya, kecepatan kendaraan).

Menggunakan Aturan Fuzzy

Setelah mendefinisikan nilai keanggotaan, kita bisa membuat aturan untuk mengambil keputusan. Contoh aturan:

- “Jika suhu agak panas (keanggotaan 0,6) DAN kelembaban rendah (keanggotaan 0,8), maka nyalakan kipas sedang.”

Di sinilah fuzzy membantu kita membuat keputusan ketika data yang kita miliki tidak pasti atau berada di antara beberapa kategori.

CF vs Fuzzy



CF vs Fuzzy

Fakta:

CF ->> **Data kategorikal**, seperti “demam = ya/mungkin/tidak” dengan keyakinan tertentu (misal 0.7)

Fuzzy ->> **Data numerik yang bersifat kontinu**, seperti suhu, kecepatan, tekanan, dsb.

CF vs Fuzzy

Contoh dengan CF:

Jika gejala “demam” dan “batuk” ada, maka kemungkinan pasien menderita penyakit **flu** dengan CF = 0.8.

Fakta: pasien mengalami demam (CF=0.9), batuk (CF=0.7).

Sistem menghitung kepercayaan terhadap kesimpulan “flu” dengan rumus CF kombinasi (CF total= 0.56).

Di sini, data gejalanya hanya “ada/mungkin/tidak ada”, tapi **diberi tingkat keyakinan**.

CF vs Fuzzy

Contoh dengan Fuzzy:

Variabel	input:	suhu	tubuh	=	37.8°C
----------	--------	------	-------	---	--------

Fuzzy set:

- “Normal” = $\mu = 0.2$
- “Demam ringan” = $\mu = 0.7$
- “Demam tinggi” = $\mu = 0.1$

Aturan: Jika suhu tubuh **demam ringan**, maka kemungkinan **flu tinggi**.

Nilai suhu numerik dikonversi menjadi *derajat keanggotaan* dalam beberapa himpunan fuzzy, lalu diproses dalam *inference engine*.

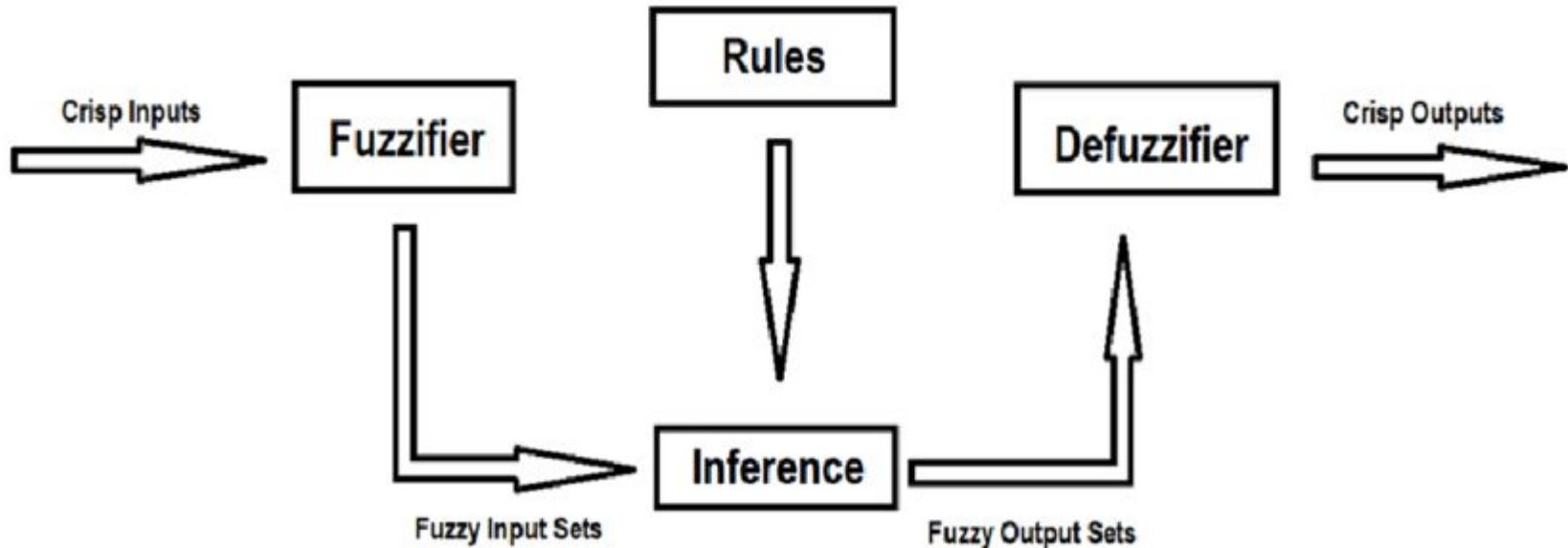
Fuzzy cocok ketika data bersifat *numerik kontinu* dan kita ingin memodelkan *kONSEP SAMAR* (agak, sedang, tinggi, cepat, dsb.)

Fuzzy Inference System



Fuzzy Inference System

Fuzzy Inference System adalah proses pengambilan keputusan yang menggunakan logika fuzzy untuk menentukan output berdasarkan input fuzzy. Proses dalam FIS meliputi:



Fuzzy Inference System

1. Fuzzification

Mengubah nilai input (angka pasti) menjadi nilai derajat keanggotaan fuzzy

2. Inference

Menggunakan aturan-aturan fuzzy (rule base) untuk menghasilkan kesimpulan berdasarkan input fuzzy. Pada tahap ini, *forward chaining* dapat digunakan.

3. Defuzzification: Mengubah nilai fuzzy output kembali menjadi angka pasti jika dibutuhkan.

Fuzzy Inference System

Dalam sistem *forward chaining* dengan logika fuzzy, rules bisa berbentuk **paralel** atau **sekuensial**.

- **Aturan Paralel:** Beberapa aturan dapat dievaluasi bersamaan (dengan input yang sama), dan hasilnya digabungkan.
- **Aturan Sekuensial:** Suatu aturan dipicu oleh hasil dari aturan sebelumnya, sehingga aturan-aturan ini dievaluasi secara berurutan.

Fuzzy Logic Operators

Binary OR		
A	B	OR
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

$\text{Max}(A, B)$

0
1
1
1

Binary AND		
A	B	AND
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

$\text{Min}(A, B)$

0
0
0
1

Contoh



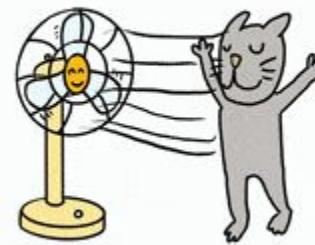
Pengaturan Kecepatan Kipas Berdasarkan Suhu dan Kelembaban

Tujuan:

Menentukan kecepatan kipas (**output**) berdasarkan kondisi suhu dan kelembaban ruangan (**input**)

Kita memiliki data input sebagai berikut:

- Suhu = 27°C
- Kelembaban = 65%

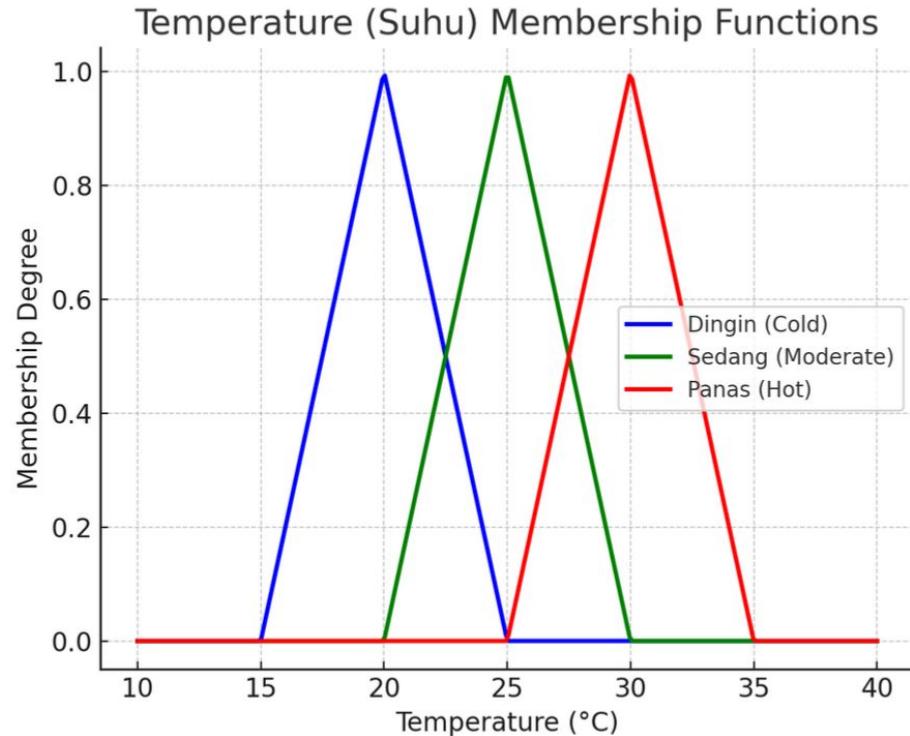


Pengaturan Kecepatan Kipas Berdasarkan Suhu dan Kelembaban

Variabel dan Himpunan Fuzzy (dari fungsi keanggotaan):

Suhu (°C) dengan himpunan fuzzy:

- **Dingin** (Triangular, 15, 20, 25)
- **Sedang** (Triangular, 20, 25, 30)
- **Panas** (Triangular, 25, 30, 35)

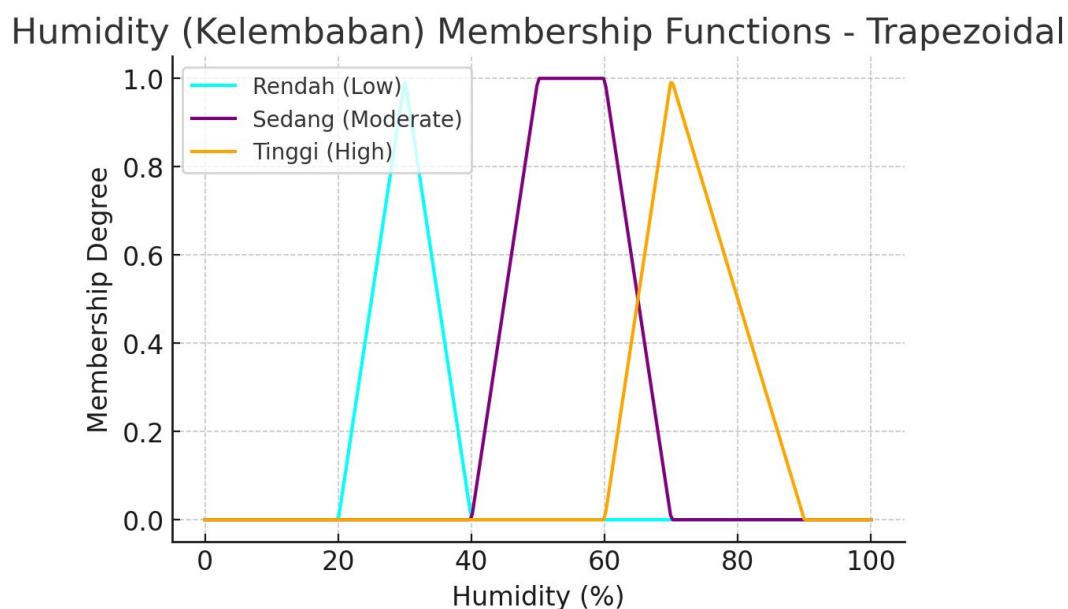


Pengaturan Kecepatan Kipas Berdasarkan Suhu dan Kelembaban

Variabel dan Himpunan Fuzzy (dari fungsi keanggotaan):

Kelembaban (%) dengan himpunan fuzzy:

- **Rendah** (Trapezoidal, 20, 30, 40, 50)
- **Sedang** (Trapezoidal, 40, 50, 60, 70)
- **Tinggi** (Trapezoidal, 60, 70, 80, 90)

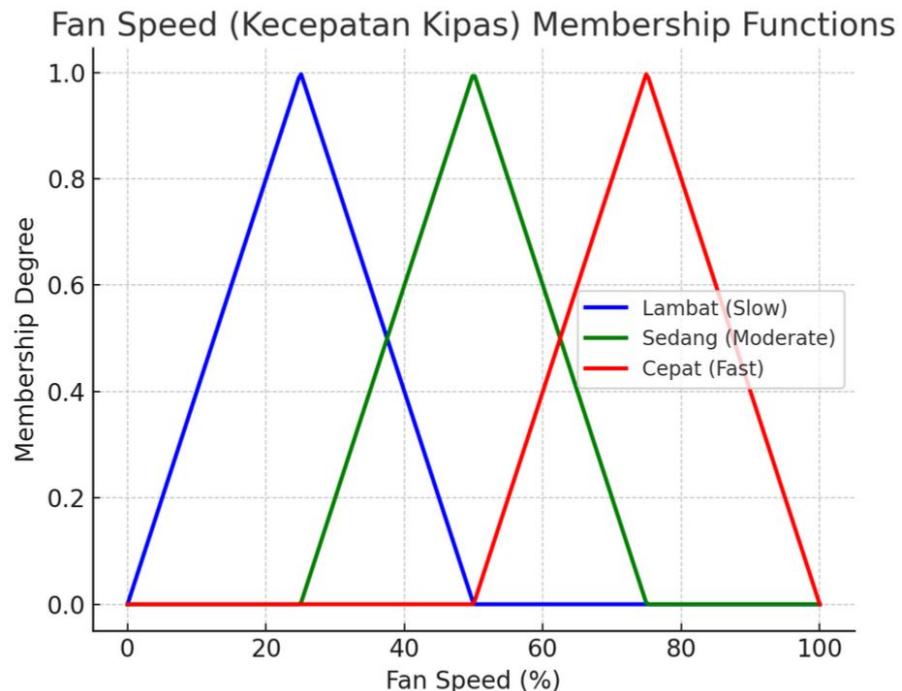


Pengaturan Kecepatan Kipas Berdasarkan Suhu dan Kelembaban

Variabel dan Himpunan Fuzzy (dari fungsi keanggotaan):

Kecepatan Kipas (Output) dengan himpunan fuzzy:

- Lambat (Triangular, 0, 25, 50)
- Sedang (Triangular, 25, 50, 75)
- Cepat (Triangular, 50, 75, 100)



Pengaturan Kecepatan Kipas Berdasarkan Suhu dan Kelembaban

Rules

- Jika Suhu Dingin DAN Kelembaban Rendah, maka Kecepatan Kipas Lambat.
- Jika Suhu Sedang DAN Kelembaban Sedang, maka Kecepatan Kipas Sedang.
- Jika Suhu Panas ATAU Kelembaban Tinggi, maka Kecepatan Kipas Cepat.

Langkah-langkah dalam Fuzzy Forward Chaining

FUZZIFIKASI

kita memiliki data input sebagai berikut:

- Suhu = 27°C
- Kelembaban = 65%

Lakukan fuzzifikasi dengan menghitung nilai keanggotaan (membership degree) dari setiap himpunan fuzzy.

1. Fuzzifikasi untuk Suhu (27°C):

$$\mu(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & x \geq c \end{cases}$$

- Dingin: $\mu_{\text{Dingin}}(27) = 0$
- Sedang: Menggunakan fungsi triangular (20, 25, 30):

$$\mu_{\text{Sedang}}(27) = \frac{30 - 27}{30 - 25} = 0.6$$

- Panas: Menggunakan fungsi triangular (25, 30, 35):

$$\mu_{\text{Panas}}(27) = \frac{27 - 25}{30 - 25} = 0.4$$

Langkah-langkah dalam Fuzzy Forward Chaining

FUZZIFIKASI

2. Fuzzifikasi untuk kelembaban (65%):

- **Rendah:** $\mu_{\text{Rendah}}(65) = 0$
- **Sedang:** Menggunakan fungsi trapezoidal (40, 50, 60, 70):

$$\mu_{\text{Sedang}}(65) = \frac{70 - 65}{70 - 60} = 0.5$$

- **Tinggi:** Menggunakan fungsi trapezoidal (60, 70, 80, 90):

$$\mu_{\text{Tinggi}}(65) = \frac{65 - 60}{70 - 60} = 0.5$$

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

Langkah-langkah dalam Fuzzy Forward Chaining

EVALUASI ATURAN

Gunakan operasi fuzzy (MIN untuk AND, MAX untuk OR) untuk menghitung output dari setiap aturan.

1. Aturan 1: Tidak aktif karena nilai keanggotaan Suhu Dingin dan Kelembaban Rendah adalah 0.
2. Aturan 2: Menggunakan MIN untuk "dan":

$$\text{MIN}(\mu_{\text{Suhu Sedang}}, \mu_{\text{Kelembaban Sedang}}) = \text{MIN}(0.6, 0.5) = 0.5$$

Output: Kecepatan Kipas Sedang dengan keanggotaan 0.5.

3. Aturan 3: Menggunakan MAX untuk "atau":

$$\text{MAX}(\mu_{\text{Suhu Panas}}, \mu_{\text{Kelembaban Tinggi}}) = \text{MAX}(0.4, 0.5) = 0.5$$

Output: Kecepatan Kipas Cepat dengan keanggotaan 0.5.

Langkah-langkah dalam Fuzzy Forward Chaining

AGREGASI HASIL

Hasil dari semua aturan digabungkan untuk menghasilkan satu himpunan fuzzy untuk output "Kecepatan Kipas."

- Kecepatan Kipas Sedang dengan derajat keanggotaan 0.5.
- Kecepatan Kipas Cepat dengan derajat keanggotaan 0.5.

Dari kurva fungsi keanggotaan:

- **Sedang** memiliki puncak di 50%.
- **Cepat** memiliki puncak di 75%.

Langkah-langkah dalam Fuzzy Forward Chaining

DEFUZZIFIKASI

Rumus Weighted Average:

$$\text{Output} = \frac{\sum(\mu_i \times x_i)}{\sum \mu_i}$$

di mana:

- μ adalah nilai keanggotaan
- x adalah nilai crisp

$$\text{Output} = \frac{(\mu_{\text{Sedang}} \times x_{\text{Sedang}}) + (\mu_{\text{Cepat}} \times x_{\text{Cepat}})}{\mu_{\text{Sedang}} + \mu_{\text{Cepat}}}$$

$$\text{Output} = \frac{(0.5 \times 50) + (0.5 \times 75)}{0.5 + 0.5}$$

$$\text{Output} = \frac{25 + 37.5}{1.0}$$

$$\text{Output} = \frac{62.5}{1.0} = \mathbf{62.5\%}$$

Jadi, hasil defuzzifikasi memberikan nilai output kecepatan kipas sebesar **62.5%**.

Latihan

Dikumpulkan 7 Nov, 2025
12.00



Pengaturan Kecepatan Kipas Berdasarkan Suhu dan Kelembaban

Tujuan:

Menentukan kecepatan kipas (**output**) berdasarkan kondisi suhu dan kelembaban ruangan (**input**)

Diketahui data input sebagai berikut:

- **Suhu = 30°C**
- **Kelembaban = 65%**

Gunakan fungsi keanggotaan seperti pada contoh soal yang telah dibahas di kelas dan gunakan **rumus centroid** (**bukan weighted average**) untuk menghitung nilai crisp pada output akhir

Rules:

- Aturan 1: Jika *Suhu* adalah Panas, maka *Kecepatan Kipas* adalah Cepat.
- Aturan 2: Jika *Kecepatan Kipas* adalah Cepat dan *Kelembaban* adalah Sedang atau Tinggi, maka *Kecepatan Kipas* tetap Cepat.
- Aturan 3: Jika *Suhu* adalah Sedang, maka *Kecepatan Kipas* adalah Sedang.
- Aturan 4: Jika *Kecepatan Kipas* adalah Sedang dan *Kelembaban* adalah Tinggi, maka *Kecepatan Kipas* menjadi Cepat.

SEE YA LATER

