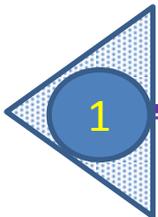




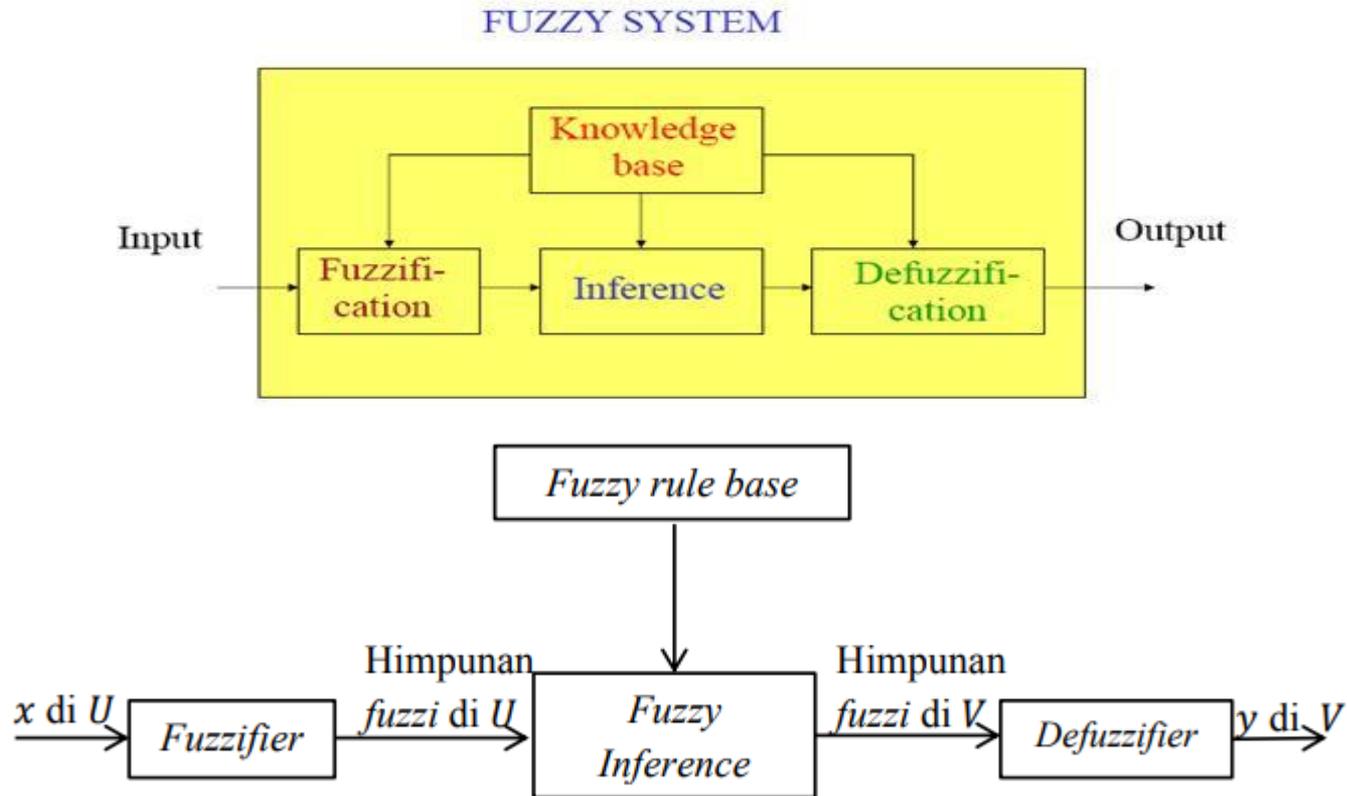
SISTEM FUZZY



Metodologi Desain Sistem Fuzzy



Sistem fuzzy merupakan sistem yang didasarkan pada aturan ataupun pengetahuan yang meliputi keseluruhan proses pengolahan input tegas menjadi output tegas menggunakan fuzzifier, fuzzy rule base, fuzzy inference engine, dan defuzzifier.





Beberapa hal yang perlu diketahui dalam sistem fuzzy adalah:

- Variabel fuzzy, yaitu variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem fuzzy
- Himpunan fuzzy, yaitu suatu grup yang mewakili suatu kondisi tertentu dalam suatu variabel fuzzy
- Semesta pembicaraan, yaitu interval nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy
- Domain, yaitu interval nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy





Fuzzification

- Tahap fuzzification merupakan tahapan awal dimana terjadi proses memetakan suatu nilai crisp dalam himpunan fuzzy. Dengan kata lain membuat suatu nilai crisp menjadi suatu nilai yang berkisar antara 0 hingga 1 dalam himpunan-himpunan fuzzy yang tersedia
- Proses untuk mengubah variabel non fuzzy (variabel numerik) menjadi variabel fuzzy (variabel linguistik)
- Pemetaan nilai/harga nyata $x^* \in U$ ke dalam himpunan fuzzy A' pada U . Proses pemetaan tersebut melalui pendekatan fungsi keanggotaan (menggunakan fuzzifier).





Fuzzification

Terdapat beberapa metode fuzzifier :

1. Singleton Fuzzifier

Fuzzifier ini memetakan data real $x^* \in U$ ke dalam nilai fuzzy singleton A' pada U dengan derajat keanggotaan 1 pada x^* dan 0 pada nilai selain x^* , ditulis :

$$\mu_{A'} = \begin{cases} 1, & x = x^* \\ 0, & \text{untuk } x \text{ yang lain} \end{cases}$$





Fuzzification

Terdapat beberapa metode fuzzifier :

2. Gaussian Fuzzifier

Fuzzifier ini memetakan data real $x^* \in U$ ke dalam himpunan fuzzy A' di U dengan fungsi keanggotaan :

$$\mu_{A'}(x) = e^{\left(\frac{x_1 - (x_1^*)}{a_1}\right)^2} \diamond \dots \diamond e^{\left(\frac{x_n - (x_n^*)}{a_n}\right)^2}$$

Dimana : a_i menyatakan parameter positif

\diamond menyatakan perkalian product atau min





Fuzzification

Terdapat beberapa metode fuzzifier :

3. Triangular Fuzzifier

Fuzzifier ini memetakan data real $x^* \in U$ ke dalam himpunan fuzzy A' di U dengan fungsi keanggotaan :

$$\mu_{A'}(x) =$$

$$\begin{cases} 1 - \left(\frac{|x_1 - x_1^*|}{b_1}\right) \diamond \dots \diamond 1 - \left(\frac{|x_n - x_n^*|}{b_n}\right) & ; \text{jika } |x_i - x_i^*| \leq b_i, i = 1, 2, \dots, n \\ 0 & ; \text{untuk yang lain} \end{cases}$$

Dimana : b_i menyatakan parameter positif

\diamond menyatakan perkalian product atau min





Fuzzy Ruled Base

pada umumnya aturan-aturan fuzzy dinyatakan dalam bentuk “**IF THEN**” (jika-maka) yang merupakan inti dari relasi fuzzy.

Aturan fuzzy IF-THEN disusun berdasarkan data masukan dan keluaran.

Aturan pada fuzzy menunjukkan bagaimana suatu sistem beroperasi.

Cara penulisan aturan secara umum adalah :

If $(X_1 \text{ is } A_1) \cdot \dots \cdot (X_a \text{ is } A_n)$ Then Y is B

dengan (\cdot) adalah operator (OR atau AND), X adalah scalar dan A adalah variabel linguistik.





Fuzzy Ruled Base

Hal yang perlu diperhatikan dalam membuat aturan adalah :

- Kelompokkan semua aturan yang memiliki solusi pada variabel yang sama.
- Urutkan aturan sehingga mudah dibaca.
- Gunakan identitas untuk memperlihatkan struktur aturan.
- Gunakan penamaan yang umum untuk mengidentifikasi variabel-variabel pada kelas yang berbeda.
- Gunakan komentar untuk mendeskripsikan tujuan dari suatu atau sekelompok aturan.
- Berikan spasi antar aturan.
- Tulis variabel dengan huruf-huruf besar-kecil, himpunan fuzzy dengan huruf besar dan elemen-elemen bahasa lainnya dengan huruf kecil.

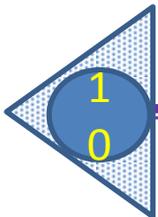




Fuzzy Inference Engine

Inferensi fuzzy merupakan proses pengolahan input berupa nilai fuzzy yang didapat dari fuzzifier dengan mengkombinasikan fuzzy rule base untuk memperoleh output berupa nilai fuzzy baru. Alat yang digunakan dalam proses fuzzy inference disebut fuzzy inference engine.

Inferensi Fuzzy merupakan suatu pemetaan himpunan fuzzy A' di U ke suatu himpunan fuzzy B' di V





Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses pengolahan nilai fuzzy yang didapat dari Fuzzy Inference Engine menjadi nilai tegas.

Defuzzifikasi merupakan suatu pemetaan himpunan fuzzy B' di V ke nilai tegas $Y^* \in V$

Defuzzifikasi dapat diartikan proses mengubah nilai fuzzy menjadi nilai crisp. Nilai crisp inilah yang nantinya akan digunakan dalam implementasi dan analisis

Alat yang digunakan dalam defuzzifikasi disebut defuzzifier



Defuzzifikasi

Terdapat 3 defuzzifier :

1. Center of Gravity Defuzzifier (Centroid)

nilai tegas diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy.
Secara umum dirumuskan:

$$y^* = \frac{\int_V y \mu_{B'}(y) dy}{\int_V \mu_{B'}(y) dy}$$

dimana

\int_V adalah integral biasa

$\mu_{B'}(y)$ adalah derajat keanggotaan setelah inferensi



Defuzzifikasi

Terdapat 3 defuzzifier :

2. Center Average Defuzzifier

Digunakan jika output fungsi keanggotaan dari beberapa proses fuzzy mempunyai bentuk yang sama. Metode ini mengambil nilai rata-rata dengan menggunakan pembobotan berupa derajat keanggotaan.

Defuzzifikasi ini secara umum dirumuskan :

$$y^* = \frac{\sum_{l=1}^M y_c (\prod_{i=1}^n \mu_{A_i}(x_i))}{\sum_{l=1}^M (\prod_{i=1}^n \mu_{A_i}(x_i))}$$



Defuzzifikasi

Terdapat 3 defuzzifier :

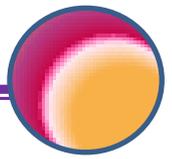
3. Maximum Defuzzifier

Mengambil salah satu dari nilai-nilai variabel dimana himpunan bagian fuzzy memiliki nilai kebenaran maksimum sebagai nilai tegas bagi variabel output.

Terdapat 3 macam maximum defuzzifier, yaitu:

- a. Smallest of maxima  mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum untuk memperoleh bilangan tegas
- b. Largest of maxima  mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum untuk memperoleh bilangan tegas
- c. Mean of maxima  mengambil nilai rata-rata dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum untuk memperoleh bilangan tegas





Jenis Sistem Fuzzy

1. Sistem Fuzzy Mamdani

Dikenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975, sering juga dikenal sebagai Metode Min-max. Beberapa tahapan :

1. Fuzzifikasi

Setiap variabel input / output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy

2. Aplikasi fungsi implikasi

setiap aturan diimplikasikan menggunakan fungsi implikasi min

3. Komposisi aturan

Himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum dari korelasi antar aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator “atau” (gabungan)

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i])$$

μ_{sf} = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

μ_{kf} = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

4. Penegasan (defuzzifikasi) : Proses defuzzifikasi pada metode Mamdani menggunakan metode Centroid dengan rumus berikut:

$$z = \frac{\int \mu(z).z dz}{\int \mu(z)dz}$$





Jenis Sistem Fuzzy

2. Sistem Fuzzy Sugeno

Sistem Fuzzy Sugeno memiliki penalaran yang hampir sama dengan Sistem Fuzzy Mamdani, hanya saja output yang dihasilkan berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi Sugeno Kang pada tahun 1985.

Aturan fuzzy khas dalam model fuzzy Sugeno dibentuk :

if x is A and y is B then $z = f(x,y)$

dimana A dan B himpunan fuzzy dalam anteseden dan $z = f(x,y)$ fungsi tegas dalam konsekuen.

- Jika $f(x, y)$ polinomial orde satu, FIS yang dihasilkan disebut model fuzzy Sugeno orde satu.
- Jika f konstan, dihasilkan model fuzzy Sugeno orde nol.



Jenis Sistem Fuzzy

2. Sistem Fuzzy Sugeno

Sistem inferensi fuzzy menggunakan metode Sugeno memiliki karakteristik, yaitu konsekuen tidak merupakan himpunan fuzzy, namun merupakan suatu persamaan linear dengan variabel - variabel sesuai dengan variabel - variabel inputnya.

- **Metode sugeno orde-0**

Secara umum bentuk model *fuzzy* sugeno orde-0 adalah :

$$\text{if } (x_1 \text{ is } A_1) \diamond (x_2 \text{ is } A_2) \diamond \dots \diamond (x_i \text{ is } A_i) \text{ then } z = k$$

A_i = himpunan *fuzzy* ke- i pada variabel x_i

k = konstanta tegas sebagai konsekuen

\diamond = operator *fuzzy*

- **Metode sugeno orde-1**

Secara umum bentuk model *fuzzy* sugeno orde-1 adalah :

$$\text{if } (x_1 \text{ is } A_1) \diamond (x_2 \text{ is } A_2) \diamond \dots \diamond (x_i \text{ is } A_i) \text{ then } z = p_1x_1 + \dots + p_ix_i + q$$

A_i = himpunan *fuzzy* ke- i pada variabel x_i

q = konstanta tegas sebagai konsekuen

\diamond = operator *fuzzy*



Jenis Sistem Fuzzy

2. Sistem Tsukamoto

Metode **Tsukamoto** merupakan perluasan dari penalaran monoton. Pada metode **Tsukamoto**, Setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-THEN harus dipresentasikan dengan suatu himpunan **fuzzy** dengan fungsi keanggotaan yang monoton.

- Saat proses evaluasi aturan dalam mesin inferensi, metode fuzzy Tsukamoto menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai α -predikat tiap-tiap rule ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$). Masing-masing nilai α -predikat digunakan untuk menghitung hasil inferensi secara tegas (crisp) masing-masing rule ($z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$).
- Proses defuzzyfikasi pada metode Tsukamoto menggunakan metode rata-rata (Average) dengan rumus berikut:

$$Z = \frac{\sum \alpha_i \cdot z_i}{\sum \alpha_i}$$