FUZZY INFERENCE SYSTEM

Landung Sudarmana

Program Studi Manajemen Informatika
STMIK Jenderal Achmad Yani Yogyakarta

willer_kasani@yahoo.com

ABSTRAK

Fuzzy merupakan representasi suatu pengetahuan yang dikontruksikan dengan if-then rules, dengan karakteristik metode pemecahan masalah dilakukan dengan menjelaskan sistem bukan lewat angka-angka, melainkan secara linguistik, atau variable-variabel yang mengandung ketidakpastian dan menjelaskan kaitan antara satu variabel dengan yang lain.

Mamdani memperkenalkan aplikasif fuzzy sebagai alat kontrol steam-engine yang merupakan awal bagi teknologi fuzzy dan memiliki kelebihan dapat mengekspresikan konsep yang sulit untuk dirumuskan serta pemakaian membership-function memungkinkan fuzzy untuk melakukan observasi obyektif terhadap nilai-nilai subyektif, sehingga akan memudahkan dalam pengambilan keputusan yang penuh dengan ketidakpastian.

Kata kunci: *if-then rules*, teknologi *fuzzy*, *membership-function*.

A. PENDAHULUAN

Logika *fuzzy* dikatakan sebagai logika baru yang lama, dikarenakan ilmu tentang logika *fuzzy* modern ditemukan beberapa tahun yang lalu, padahal konsep tentang *fuzzy* sendiri sudah ada sejak lama.

Dewasa ini, *fuzzy* merupakan salah satu metode yang memiliki aplikasi luas, disebabkan *fuzzy* merupakan aplikasi kontrol yang memiliki aplikasi yang luas di berbagai bidang dan kuantitas materi dalam sistem kontrol dapat diekspresikan dengan istilah yang *fuzzy* seperti besar, banyak serta perkembangan teori *fuzzy* sangat pesat, sehingga batas-batasnya dapat dirumuskan dengan jelas.

B. KONSEP LOGIKA *FUZZY*

Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output*. Model logika *fuzzy* bekerja dengan menggunakan derajat keanggotaan dari sebuah nilai, kemudian digunakan untuk menentukan hasil yang diinginkan, berdasarkan aturan-aturan yang telah ditentukan.

Logika *fuzzy* adalah suatu sistem yang digunakan untuk menangani konsep kebenaran parsial yaitu kebenaran yang berada di antara sepenuhnya benar dan sepenuhnya salah.

Proses logika *fuzzy* adalah suatu proses yang berdasarkan basis pengetahuan atau basis aturan, adapun aturan logika *fuzzy* terdiri dari pernyataan IF-THEN dalam sebuah fungsi keanggotaan.

Himpunan Tegas dan Himpunan Kabur

Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A, yang sering ditulis dengan $\mu_A[x]$, memiliki 2 kemungkinan, yaitu:

a. Satu (1), yang artinya suatu item menjadi anggota suatu himpunan, atau
b. Nol (0), yang berarti bahwa suatu item bukan anggota suatu himpunan.

Jika dalam himpunan *crisp*, nilai keanggotaan hanya ada 2 kemungkinan, yaitu 0 dan 1, maka pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 dan 1. Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu:

a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu kondisi tertentu menggunakan bahasa alami, seperti muda, parobaya, dan tua.
b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti 40, 25, 50, dan sebagainya.

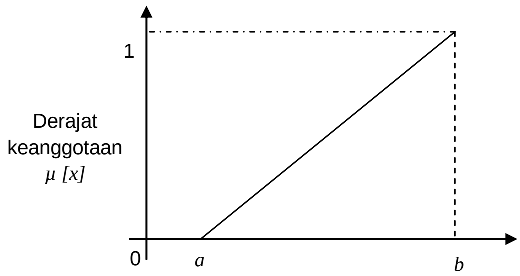
Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa dipakai, antara lain:

a. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai sebuah garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas.

Ada 2 keadaan himpunan *fuzzy* yang linear. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai *domain* yang memiliki derajat keanggotaan nol bergerak ke kanan menuju ke nilai *domain* yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.

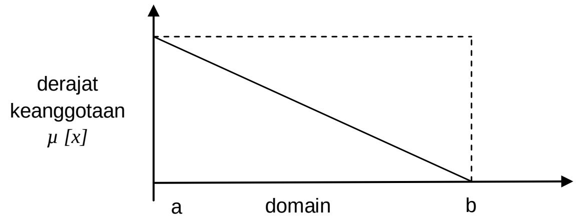


Gambar 1 Representasi Linear Naik

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & x \le a \\ \dfrac{x-a}{b-a} & a \le x \le b \\ 1 & x \ge b \end{cases} \qquad \text{.........(1)}$$

Kedua, merupakan kebalikan yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai *domain* dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai *domain* yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.



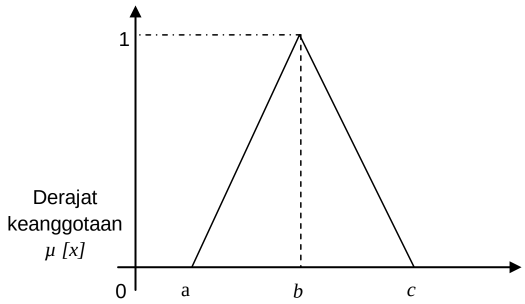
Gambar 2 Representasi Linear Turun

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} \dfrac{b-x}{b-a} & a \le x \le b \\ 0 & x \ge b \end{cases} \qquad \text{.........(2)}$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear) seperti terlihat pada gambar 3.



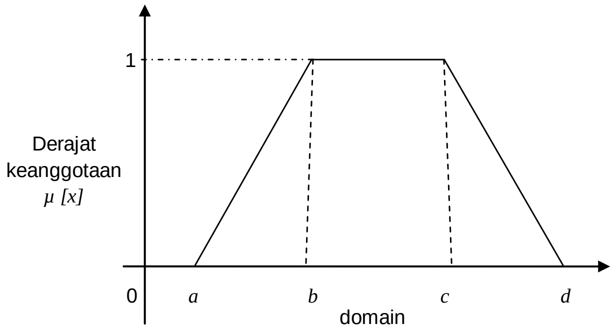
Gambar 3 Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & x \le a \text{ atau } x \ge c \\ \dfrac{x-a}{b-a} & a \le x \le b \\ \dfrac{c-x}{c-b} & b \le x \le c \end{cases} \qquad \text{.........(3)}$$

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



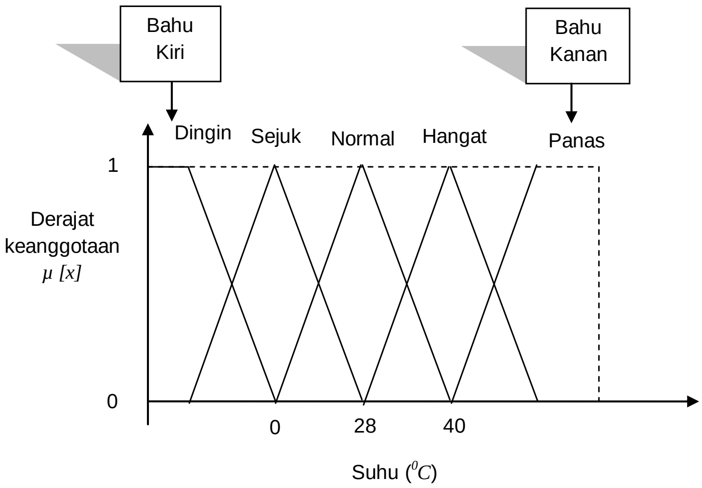
Gambar 4 Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & x \le a \text{ atau } x \ge d \\ \dfrac{x-a}{b-a} & a \le x \le b \\ 1 & b \le x \le c \\ \dfrac{d-x}{d-c} & c \le x \le d \end{cases} \qquad \text{...(4)}$$

d. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun. Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Himpunan *fuzzy* “bahu”, bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy*. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Gambar 5 menunjukkan variabel suhu dengan daerah bahunya.

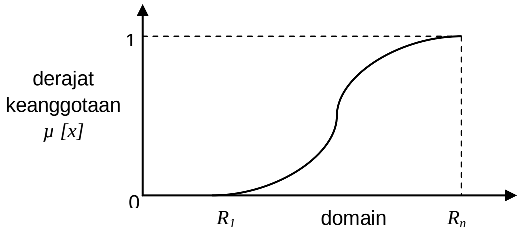


Gambar 5 Daerah ‘bahu’ pada variabel suhu

e. Representasi Kurva-S

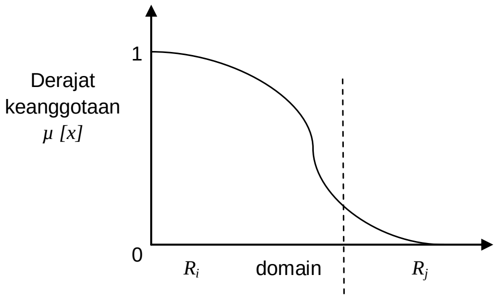
Kurva pertumbuhan dan penyusutan merupakan kurva-S atau *sigmoid* yang berhubungan dengan kenaikan dan penurunan permukaan yang tak linear.

Kurva-S untuk pertumbuhan akan bergerak dari sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) ke sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1). Fungsi keanggotaannya akan bertumpu pada 50% nilai keanggotaannya yang sering disebut dengan titik infleksi.



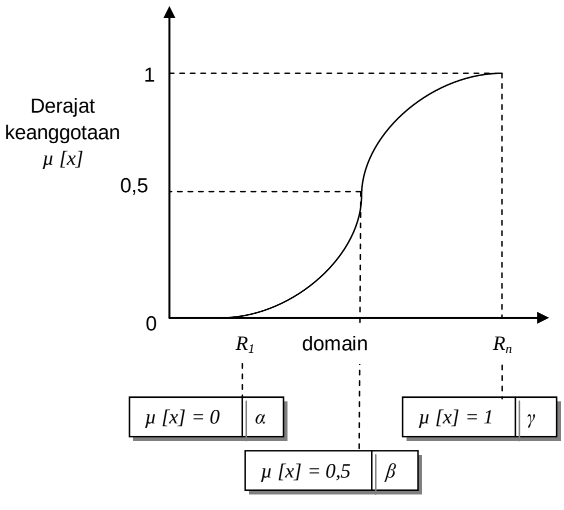
Gambar 6 Himpuan fuzzy dengan kurva-S: pertumbuhan

Kurva-S untuk penyusutan akan bergerak dari sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1) ke sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) seperti yang terlihat pada gambar 7.



Gambar 7 Himpuan fuzzy dengan kurva-S: penyusutan

Kurva-S didefinisikan dengan menggunakan 3 parameter, yaitu nilai keanggotaan nol (α), nilai keanggotaan lengkap (γ), dan titik infleksi atau *crossover* (β) yaitu titik yang memiliki domain 50% benar. Gambar 8 menunjukkan karakteristik kurva-S dalam bentuk skema.



Gambar 8 Karakteristik fungsi kurva-S

Fungsi keanggotaan pada kurva pertumbuhan adalah:

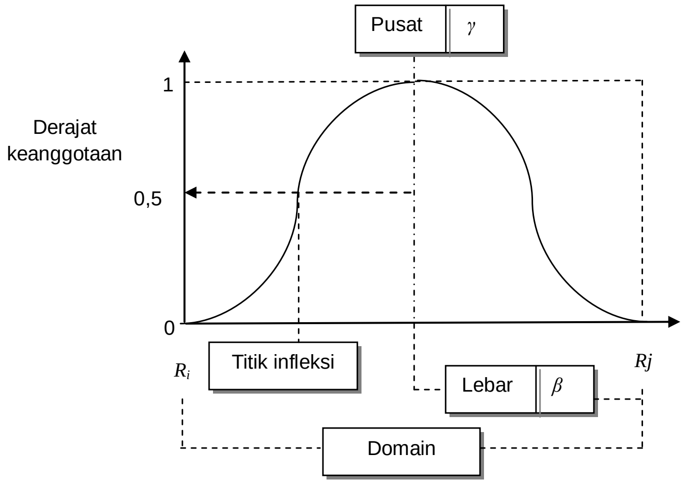
$$S(x,\alpha,\beta,\gamma)=\begin{cases} 0 & x \le \alpha \\ 2\left(\dfrac{x-\alpha}{\gamma-\alpha}\right)^2 & \alpha \le x \le \beta \\ 1-2\left(\dfrac{\gamma-x}{\gamma-\alpha}\right)^2 & \beta \le x \le \gamma \\ 1 & x \ge \gamma \end{cases} \quad \text{...(5)}$$

f. Representasi Kurva Bentuk Lonceng (*Bell Curve*)

Untuk merepresentasikan bilangan *fuzzy*, biasanya digunakan kurva berbentuk lonceng. Kurva berbentuk lonceng ini terbagi atas 3 kelas, yaitu himpunan *fuzzy* π, beta dan gauss. Perbedaan ketiga kurva ini terletak pada gradiennya.

1) Kurva π

Kurva π berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 terletak pada pusat dengan domain (γ), dan lebar kurva (β) seperti terlihat pada gambar 9. Nilai kurva untuk suatu domain x diberikan sebagai:



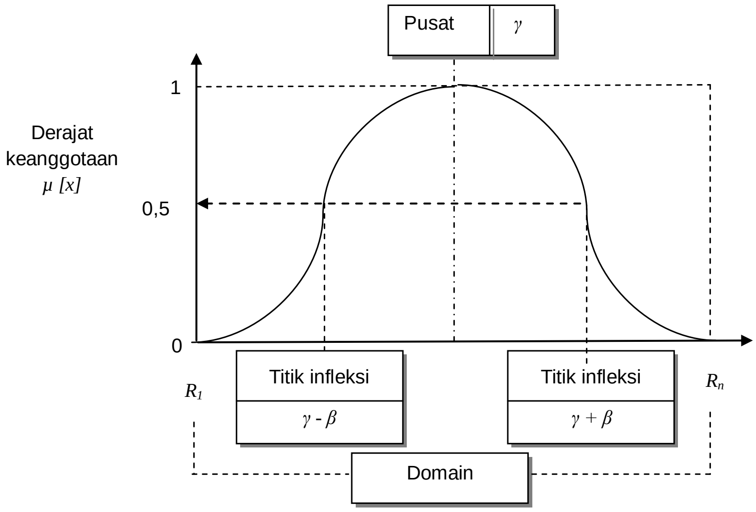
Gambar 9 Karakteristik fungsional kurva π

Fungsi keanggotaannya:

$$\Pi(x,\beta,\gamma)=\begin{cases} S\left(x;\gamma-\beta,\gamma-\dfrac{\beta}{2},\gamma\right) & x \le \gamma \\ 1-S\left(x;\gamma,\gamma-\dfrac{\beta}{2},\gamma-\beta\right) & x > \gamma \end{cases} \quad \text{..(6)}$$

2) Kurva Beta

Seperti halnya kurva π, kurva beta juga berbentuk lonceng namun lebih rapat. Kurva ini juga didefinisikan dengan 2 parameter, yaitu nilai pada domain yang menunjukkan pusat kurva (γ), dan setengah lebar kurva (β) seperti terlihat pada gambar 10. Nilai kurva untuk suatu nilai pada domain x diberikan sebagai:



Gambar 10 Karakteristik fungsional kurva Beta

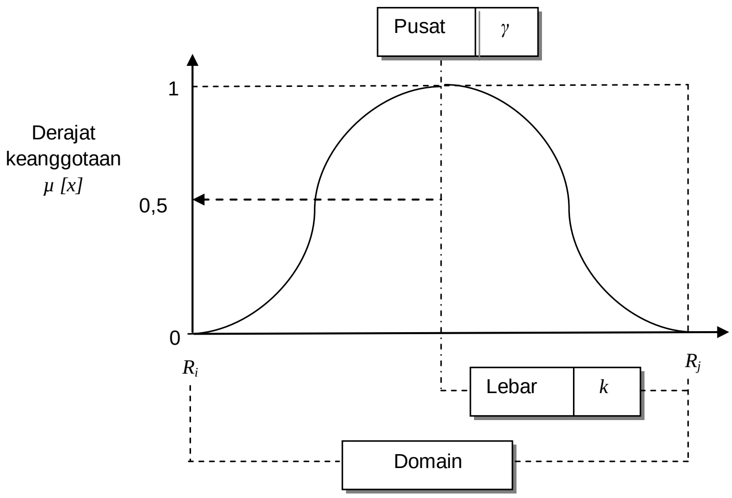
Fungsi keanggotaannya:

$$B(x,\gamma,\beta)=\frac{1}{1+\frac{x-\gamma}{\beta}} \qquad (7)$$

Salah satu perbedaan mencolok kurva beta dari kurva π adalah fungsi keanggotaannya akan mendekati nol hanya jika nilai β sangat besar.

3) Kurva Gauss

Jika kurva π dan kurva beta menggunakan 2 parameter yaitu γ dan β, kurva gauss juga menggunakan γ untuk menunjukkan nilai domain pada pusat kurva, dan k yang menunjukkan lebar kurva. Nilai kurva untuk suatu nilai domain x diberikan sebagai:



Gambar 11 Karakteristik fungsional kurva Gauss

Fungsi keanggotaannya:

$$G(x;k,\gamma) = e^{-k(\gamma - x)^2} \quad \text{.........(8)}$$

g. Koordinasi Keanggotaan

Himpunan *fuzzy* berisi urutan pasangan berurutan yang berisi nilai *domain* dan kebenaran nilai keanggotaannya dalam bentuk:

$$\frac{\text{Skalar}(i)}{\text{Derajat}(i)} \quad \text{.........(9)}$$

‘Skalar’ adalah suatu nilai yang digambar dari *domain* himpunan *fuzzy*, sedangkan ‘Derajat’ skalar merupakan derajat keanggotaan himpunan *fuzzy*-nya.

Operator Zadeh Untuk Operasi Himpunan Fuzzy

Seperti halnya himpunan konvensional, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama *fire strength* atau α-*predikat*. Ada 3 operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh.

a. Operator AND

Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan. α-*predikat* sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \circ B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad \text{.........(10)}$$

b. Operator OR

Operator ini berhubungan dengan operasi *union* pada himpunan. α-*predikat* sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \circ B} = \max(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad \text{.........(11)}$$

c. Operator NOT

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan. α-*predikat* sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari nilai 1 (satu).

$$\mu_A' = 1 - \mu_A[x] \quad \text{.........(12)}$$

Penalaran Monoton

Metode penalaran secara monoton digunakan sebagai dasar untuk teknik implikasi *fuzzy*. Meskipun penalaran ini sudah jarang sekali digunakan, namun terkadang masih digunakan untuk penskalaan *fuzzy*. Jika 2 daerah *fuzzy* direlasikan dengan implikasi sederhana sebagai berikut:

```
IF x is A THEN y is B
```

Transfer fungsi:

$$y = f((x, A), B) \quad \text{.......(13)}$$

maka sistem *fuzzy* dapat berjalan tanpa harus melalui komposisi dan dekomposisi *fuzzy*. Nilai *output* dapat diestimasi secara langsung dari nilai keanggotaan yang berhubungan dengan *anteseden*-nya.

Fungsi Implikasi

Tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy*. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah:

```
IF x is A THEN y is B
```

Dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Proposisi yang mengikuti IF disebut sebagai anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut sebagai konsekuen. Proposisi ini dapat diperluas dengan menggunakan operator *fuzzy*.

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ (x_3 \text{ is } A_3) \circ \ldots \circ (x_n \text{ is } A_n) \text{ THEN } y \text{ is } B$$

dengan ○ adalah operator (misal: OR atau AND).

Secara umum, ada 2 fungsi implikasi yang dapat digunakan, yaitu:

a. Min (*minimum*). Fungsi ini akan memotong *output* himpunan *fuzzy*.
b. Dot (*product*). Fungsi ini akan menskala *output* himpunan *fuzzy*.

C. *FUZZY INFERENCE SYSTEM*

Fuzzy inference system disebut juga *fuzzy inference engine* adalah sistem yang dapat melakukan penalaran dengan prinsip serupa seperti manusia melakukan penalaran dengan nalurinya. *Input* yang diberikan untuk proses *fuzzy inference sistem* adalah berupa bilangan tertentu dan keluaran yang dihasilkan juga harus berupa bilangan tertentu.

Kaidah-kaidah dalam bahasa linguistik dapat digunakan sebagai *input* yang bersifat teliti harus dikonversikan terlebih dahulu, lalu melakukan penalaran berdasarkan kaidah-kaidah dan mengkonversi hasil penalaran tersebut menjadi keluaran yang bersifat teliti.

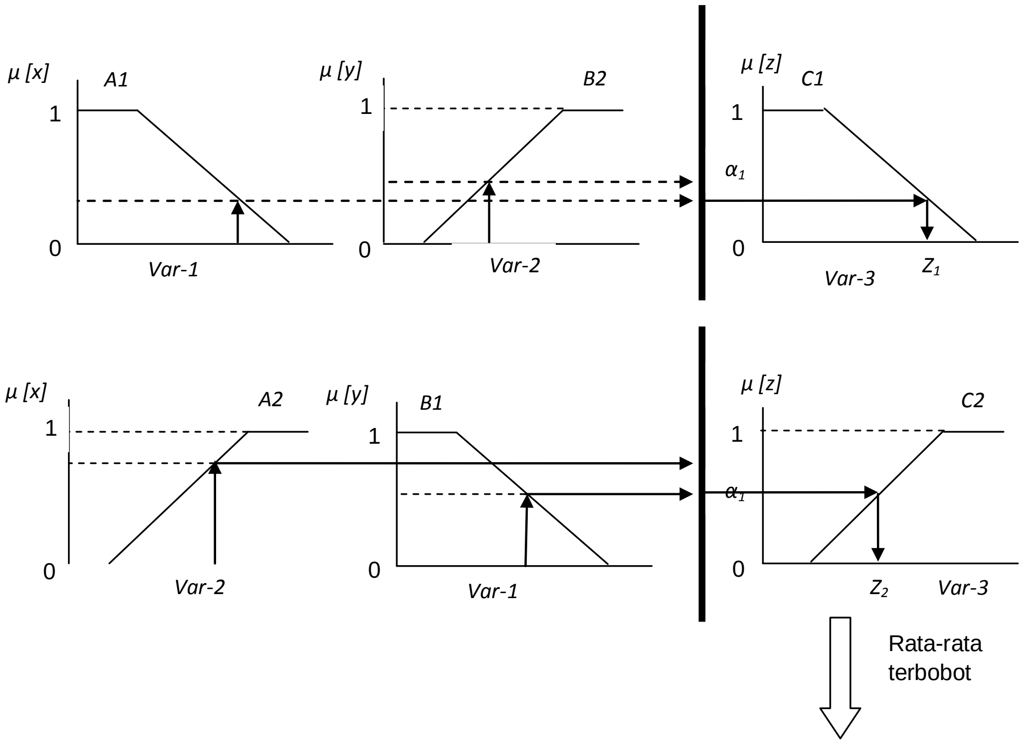
Metode Tsukamoto

Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-THEN harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α-*predikat* (*fire strenght*). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot.

Misalkan ada 2 variabel *input*, *Var-1* (x) dan *Var-2* (y), serta 1 variabel *ouput*, *Var-3* (z), dimana *Var-1* terbagi atas 2 himpunan yaitu A_1 dan A_2, *Var-2* terbagi atas 2 himpunan B_1 dan B_2, *Var-3* juga terbagi atas 2 himpunan yaitu C_1 dan C_2 (C_1 dan C_2 harus monoton). Ada 2 aturan yang digunakan, yaitu:

```
[R1] IF (x is A1) and (y is B2) THEN (z is C1)
[R2] IF (x is A2) and (y is B1) THEN (z is C2)
```

Alur inferensi satu nilai *crisp* z seperti terlihat pada gambar 12.



$$z = \frac{\alpha_1 Z_1 + \alpha_2 Z_2}{\alpha_1 + \alpha_2}$$

Gambar 12 Inferensi dengan menggunakan Metode Tsukamoto

Metode Mamdani

Metode Mamdani sering dikenal sebagai metode *Max-Min*. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan *output*, diperlukan 4 tahapan:

a. Pembentukan himpunan *fuzzy*

Pada metode Mamdani, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

b. Aplikasi fungsi implikasi

Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah *Min*.

c. Komposisi aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu *max*, *additive* dan probalistik OR (*probor*).

1) Metode *Max* (*Maximum*)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator OR (*union*). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan sebagai:

$$\mu_{sf}[x_i] = \max\left(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]\right) \quad (14)$$

dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i.

2) Metode *Additive* (*Sum*)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan sebagai:

$$\mu_{sf}[x_i] = \min\left(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]\right) \quad (15)$$

dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i.

3) Metode probalistik OR (*probor*)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan sebagai:

$$\mu_{sf}[x_i] = (\mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) - (\mu_{sf}[x_i] * \mu_{kf}[x_i]) \text{..................................(16)}$$

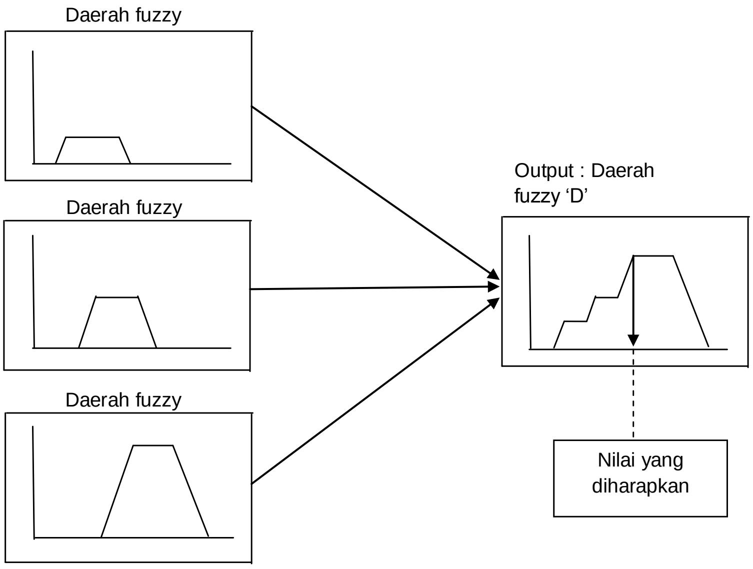
dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i.

d. Penegasan (defuzzyfikasi)

Input dari proses *defuzzy* adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada *domain* himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output* seperti terlihat pada gambar 13.



Gambar 13 Proses Defuzzy

Ada beberapa metode *defuzzy* yang bisa dipakai pada komposisi aturan Mamdani, antara lain:

1) Metode *Centroid* (*Composite Moment*)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat ($z*$) daerah *fuzzy*. Secara umum dirumuskan:

$$Z* = \frac{\int_z z\mu(z)dz}{\int_z \mu(z)dz} \text{, untuk variabel kontinu..(17)}$$

$$Z^* = \frac{\sum_{j=1}^{n} z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^{n} \mu(z_j)}$$, untuk variabel kontinu .... (18)

2) Metode Bisektor

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaaan pada daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan sebagai:

Z_p sedemikian hingga $\int_{\Re}^{p} \mu(z)dz = \int_{p}^{\Re_n} \mu(z)dz$ .... (19)

3) Metode *Mean of Maximum* (MOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata *domain* yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

4) Metode *Largest of Maximum* (LOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari *domain* yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

5) Metode *Smallest of Maximum* (SOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari *domain* yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

Metode Sugeno

Penalaran dengan Metode Sugeno hampir sama dengan penalaran Mamdani, tetapi *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985.

1) Model *Fuzzy* Sugeno Orde-Nol

Secara umum bentuk model *fuzzy* Sugeno Orde-Nol adalah:

IF $(x_1$ is $A_1) \circ (x_2$ is $A_2) \circ (x_3$ is $A_3) \circ \ldots \circ (x_N$ is $A_N)$ THEN z=k

Dengan A_i adalah himpunan *fuzzy* ke-i sebagai *anteseden*. Dan k adalah suatu konstanta (tegas) sebagai konsekuen.

2) Model *Fuzzy* Sugeno Orde-Satu

Secara umum bentuk model *fuzzy* Sugeno Orde-Satu adalah:

IF $(x_1$ is $A_1) \circ \ldots \circ (x_N$ is $A_N)$ THEN $z = p_1*x_1 + \ldots + p_N*x_N + q$

Dengan A_i adalah himpunan fuzzy ke-i sebagai *anteseden*, dan p_i adalah suatu konstanta (tegas) ke-i dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuen. Apabila komposisi aturan menggunakan metode Sugeno, maka *defuzzy* dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya.

D. PENUTUP

Fuzzy Inference System merupakan metode yang mampu mengolah data dengan baik walaupun di dalamnya terdapat ketidakpastian, ketidakakuratan maupun kebenaran parsial, yang banyak terdapat pada masalah dari *real world domain*.

DAFTAR PUSTAKA

Chin-Teng Lin dan CS George Lee, 1996, *Neural Fuzzy Systems*, London: Prentince-Hall.

Gelley, Ned dan Roger Jang, 2000, *Fuzzy Logic Toolbox*, USA: MMathwork, Inc.

Hagiwara, Masafumi, 2003, *Neuro-Fuzzy-GA*. Sangyotosho, cetakan ke-9, Japan.

Kosko, Bart, 1992, *Neural Network and Fuzzy System*, USA: Prentince-Hall.

Kusumadewi, Sri dan Hari Purnomo, 2004, *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*, Yogyakarta: Graha Ilmu.

Terano, Thosiro, Kiyoji Asai, dan Michio Sugeno, 1992, *Fuzzy Systems Theory and Its Applications*, London: Academic Press.

Yan Jun, Michael dan James Power, 1994, *Using Fuzzy Logic*, New York: Prentince-Hall.

Zimmerman, 1991, *Fuzzy Set Theory and Its Applications*, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.