BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Himpunan dan Logika

2.1.1 Himpunan

Himpunan adalah suatu kumpulan atau koleksi objek-objek (konkret maupun abstrak) yang mempunyai kesamaan sifat tertentu yang terdefinisi secara tegas. Objek ini disebut elemen-elemen atau anggota-anggota dari himpunan [6].

2.1.2 Logika

Logika adalah ilmu yang mempelajari secara sistematis kaidah-kaidah penalaran yang valid. Terdapat dua macam penalaran, antara lain [7]:

1. Penalaran Deduktif

   Penalaran deduktif adalah penalaran untuk menarik kesimpulan berdasarkan premis-premis yang diandaikan benar dengan pola penalaran tertentu. Penalaran deduktif seringkali juga disebut penalaran formal karena penalaran itu didasarkan pada bentuk/pola/susunan premis-premisnya. Kebenaran kesimpulan dalam penalaran deduktif adalah suatu kepastian (*certainty*) dan premis-premisnya adalah benar.

   Contoh penalaran deduktif:

   Premis 1 : Semua mahasiswa mempunyai motor.

   Premis 2 : Dani adalah seorang mahasiswa.

   Kesimpulan : Dani mempunyai motor.

   Jika kedua premis dalam penalaran tersebut dianggap benar maka pastilah kesimpulannya benar.

2. Penalaran Induktif

   Penalaran induktif adalah penalaran untuk menarik kesimpulan yang berlaku umum berdasarkan sejumlah premis yang bersifat faktual. Penalaran induktif seringkali juga disebut penalaran material karena didasarkan pada fakta/materi yang diungkapkan oleh premis-premisnya. Kebenaran kesimpulan dalam penalaran induktif adalah suatu kemungkinan (*probability)*.

Contoh penalaran induktif:

Premis 1 : Bintang 1 beredar dari timur ke barat.

Premis 2 : Bintang 2 beredar dari timur ke barat.

Premis 3 : Bintang 3 beredar dari timur ke barat.

↓ ↓ ↓

Premis 50 : Bintang 50 beredar dari timur ke barat.

Kesimpulan : Semua bintang beredar dari timur ke barat.

Kebenaran kesimpulan tersebut bukanlah suatu kepastian melainkan hanyalah suatu kemungkinan.

2.2 Variabel

Variabel adalah segala sesuatu yang berbentuk apapun yang ditetapkan menjadi penelitian/objek pengamatan [7]. Variabel terdiri dari 2 jenis, yaitu:

1. Variabel Bebas

   Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi/yang menyebabkan terjadi perubahan.
2. Variabel Terikat

   Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas.

2.3 Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* merupakan suatu proses pengambilan keputusan berbasis aturan yang bertujuan untuk memecahkan masalah dan sistem tersebut sulit untuk dimodelkan atau terdapat ambiguitas dan ketidakjelasan. Logika *fuzzy* pertama kali oleh Prof.Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam ruang *output*. Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu [3]:

1. Variabel *Fuzzy*

   Variabel *fuzzy* merupakan suatu lambang atau kata yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*.

   Contoh: produksi, permintaan, persediaan, dan sebagainya.

2. Himpunan *Fuzzy*

   Himpunan *fuzzy* merupakan sekumpulan objek yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

   Contoh: Variabel produksi dibagi menjadi 2 himpunan *fuzzy*: bertambah dan berkurang.

3. Semesta Pembicaraan

   Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*.

   Contoh: Semesta pembicaraan untuk variabel produksi: $[0 - 400]$.

4. Domain

   Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.

   Contoh:

   Domain untuk variabel produksi turun : $[\ 0 - 200]$.

   Domain untuk variabel produksi naik : $[\ 200 - \ 400]$.

Ada beberapa alasan mengapa logika *fuzzy* sering digunakan, yaitu [8]:

1. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.

2.4 Himpunan *Fuzzy*

Himpunan didefinisikan sebagai himpunan yang anggotanya memiliki derajat keanggotaan tertentu. Setiap anggota memiliki derajat keanggotaan tertentu yang ditentukan oleh fungsi keanggotaan (*membership funct*ion) tertentu atau disebut juga fungsi karakteristik (*characteristic function*). Keanggotaan suatu unsur di dalam himpunan dinyatakan secara tegas, suatu objek merupakan anggota himpunan atau bukan. [6]

Pada himpunan tegas, nilai keanggotaan x dalam suatu himpunan A sering ditulis dengan $\mu(x)$, yang memiliki dua kemungkinan, yaitu [9] :

a) Satu (1), yang berarti bahwa suatu objek menjadi anggota dalam suatu himpunan
b) Nol (0), yang berarti bahwa suatu objek tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Himpunan *fuzzy* didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik, sedemikian hingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval [0,1]. Nilai keanggotaan menunjukkan bahwa suatu objek dalam semesta pembicaraan tidak hanya bernilai 0 atau 1, akan tetapi juga nilai yang terletak di antaranya. Dengan kata lain nilai suatu *item* tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, sedangkan nilai 1 menunjukkan benar dan masih ada nilai-nilai yang terletak diantara benar atau salah [10].

2.5 Fungsi Keanggotaan

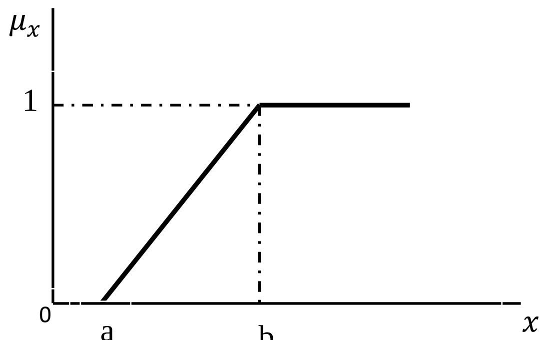
Fungsi keanggotaan *fuzzy* (*membership function*) adalah fungsi yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai yang keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) memiliki interval dari 0 sampai 1 [3]. Jika X adalah suatu himpunan dan $x \in X$ maka himpunan *fuzzy* A didalam X didefinisikan sebagai himpunan pasangan berurutan [11]:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\} \tag{2.1}$$

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Terdapat beberapa fungsi yang bisa digunakan, yaitu [8]:

2.5.1 Representasi Linear Naik

Kenaikan nilai derajat keanggotaan *fuzzy* dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.



Gambar 2.1 Representasi linear naik

Fungsi keanggotaan :

$$\mu_{[x]} = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a < x < b \\ 1 & ; x \geq b \end{cases} \qquad (2.2)$$

Keterangan:

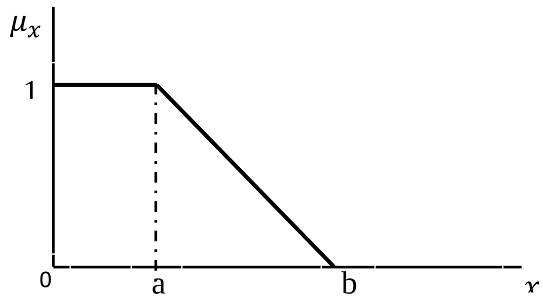
a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

2.5.2 Representasi Linear Turun

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 2.2 Representasi linear turun

Fungsi keanggotaan :

$$\mu_{[x]} = \begin{cases} 1 & ; x \leq a \\ \frac{(b-x)}{(b-a)} & ; a < x < b \\ 0 & ; x \geq b \end{cases} \tag{2.3}$$

Keterangan :

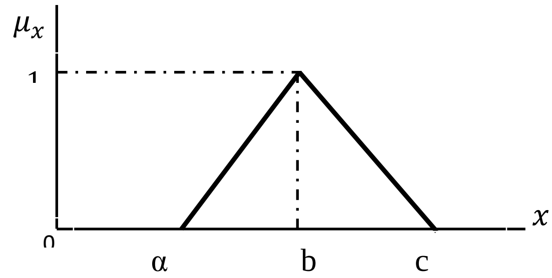
a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai *input* yang akan diubah kedalam bilangan *fuzzy*

2.5.3 Representasi Kurva Segitiga

Suatu fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* disebut fungsi keanggotaan segitiga jika memiliki tiga parameter, yaitu $a, b, c \in \mathbb{R}$ dan $a < b < c$ [6]. Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear turun dan linear naik).



Gambar 2.3 Representasi kurva segitiga

Fungsi keanggotaan:

$$
\mu_{[x]} = \begin{cases} 0 & ;\ x < \alpha \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ;\ \alpha \le x < \mathrm{b} \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} & ;\ \mathrm{b} \le x \le \mathrm{c} \\ 0 & ;\ x > \mathrm{c} \end{cases} \qquad (2.4)
$$

Keterangan:

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

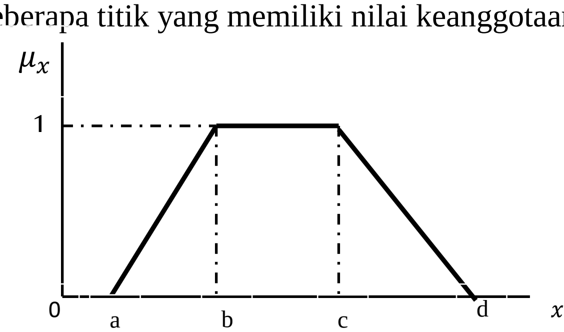
b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai *input* yang akan diubah kedalam bilangan *fuzzy*

2.5.4 Representasi Kurva Trapesium

Representasi kurva trapesium pada dasarnya mirip dengan bentuk kurva segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 (satu).



Gambar 2.4 Representasi kurva trapesium

Fungsi keanggotaan:

$$\mu_{[x]} = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a < x < b \\ 1 & ; b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & ; c < x < d \\ 0 & ; x \geq d \end{cases} \tag{2.5}$$

Keterangan:

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan satu

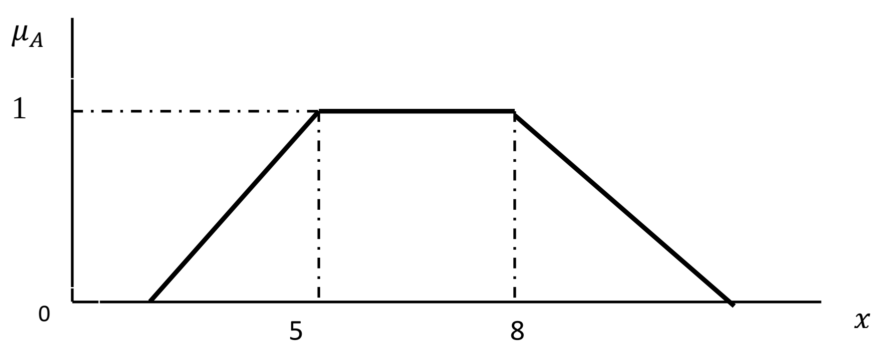
c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan satu

d = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

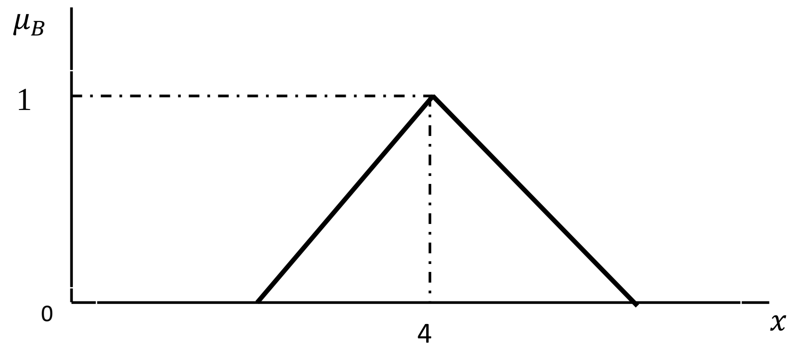
x = nilai *input* yang akan diubah kedalam bilangan *fuzzy*

2.6 Operasi pada Himpunan *Fuzzy*

Nilai keanggotaan hasil dari operasi dua himpunan dikenal dengan nama *fire strength* atau α-predikat [3]. Misalkan himpunan *fuzzy* A dan himpunan *fuzzy* B masing-masing memiliki kurva fungsi keanggotaan seperti pada Gambar 2.5 dan Gambar 2.6, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan *fuzzy* [7] yaitu:



Gambar 2.5 Grafik fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* A



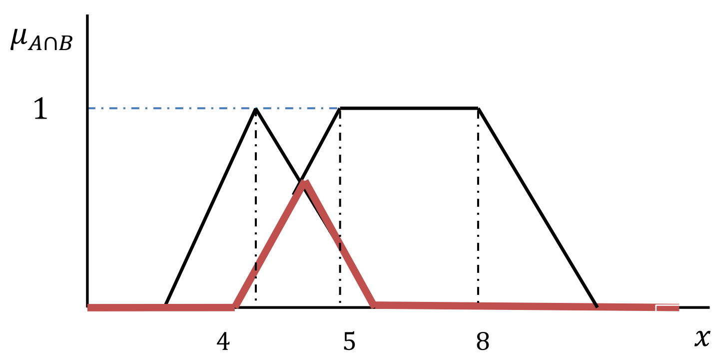
Gambar 2.6 Grafik fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* B

2.6.1 Operator AND (irisan)

Operator ini berhubungan dengan operasi irisan pada himpunan. Nilai α-predikat (keanggotaan) sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan [10]. Misalkan a_1 adalah hasil operasi AND pada himpunan A dan B maka:

$$a_1 = \mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \tag{2.6}$$

Garis yang berwarna merah menunjukkan derajat keanggotaan hasil irisan [7].



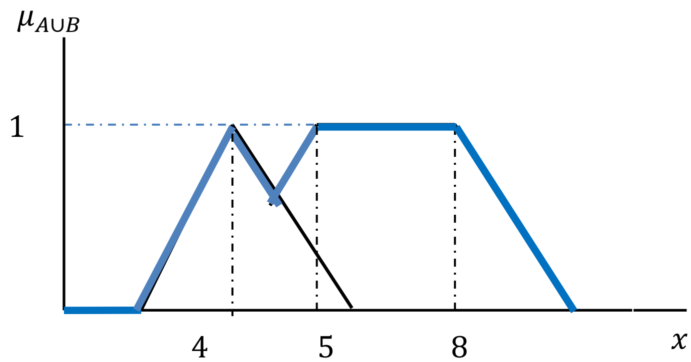
Gambar 2.7 Grafik fungsi keanggotaan operator AND

2.6.2 Operator OR (gabungan)

Operator ini berhubungan dengan operasi *union*/ gabungan pada himpunan. Nilai α-predikat sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan. Gabungan dua bilangan himpunan adalah himpunan semua elemen dalam semesta yang merupakan himpunan A atau anggota himpunan B [10]. Misalkan a_2 adalah hasil operasi OR pada himpunan A dan B maka:

$$a_2 = \mu_{A\cup B} = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (2.7)$$

Garis yang berwarna biru menunjukkan derajat keanggotaan hasil gabungan [7]



Gambar 2.8 Grafik fungsi keanggotaan operator OR

2.6.3 Operator NOT (komplemen)

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen atau negasi pada himpunan. Nilai α-predikat sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1 atau dengan kata lain, komplemen atau negasi suatu himpunan berisi semua elemen yang tidak berada di himpunan

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A(x) \quad (2.8)$$

2.7 Proposisi *Fuzzy*

Proposisi *fuzzy* adalah kalimat yang memuat predikat *fuzzy*, yaitu predikat yang dapat dipresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy*. Proposisi *fuzzy* yang mempunyai nilai kebenaran tertentu disebut pernyataan *fuzzy*. Nilai kebenaran suatu pernyataan *fuzzy* dapat disajikan dengan suatu bilangan real dalam interval [0,1]. Nilai kebenaran itu disebut juga derajat kebenaran pernyataan *fuzzy*.

2.8 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:

Jika x adalah A maka y adalah B

dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Proposisi yang mengikuti *IF* (jika) disebut sebagai anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti *THEN (*maka) disebut sebagai konsekuen [3].

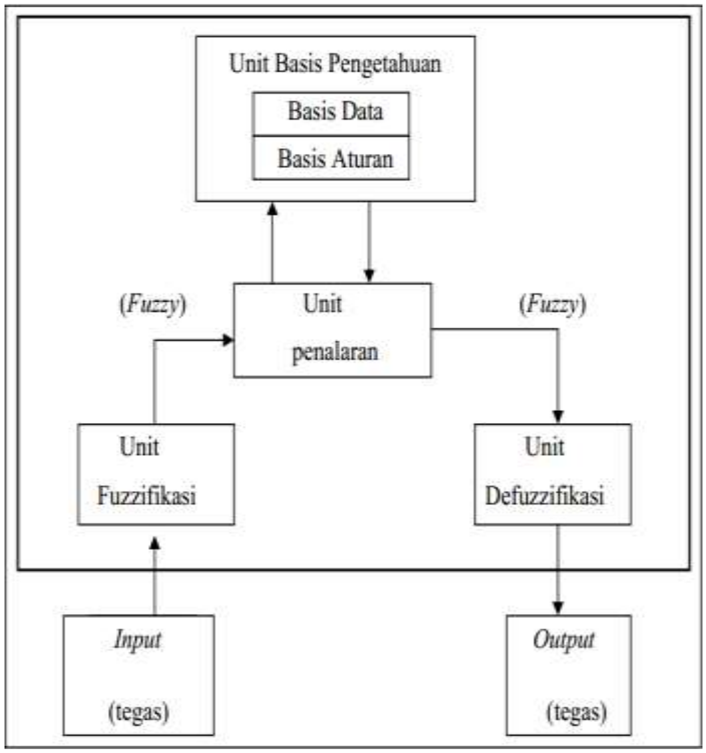
2.9 Sistem Inferensi *Fuzzy*

Salah satu aplikasi logika *fuzzy* yang telah berkembang sangat luas adalah sistem inferensi *fuzzy* (*fuzzy inference system*/FIS), yaitu sistem komputasi yang bekerja atas dasar prinsip penalaran *fuzzy*, seperti halnya manusia melakukan penalaran dengan nalurinya. Misalnya sistem klasifikasi data, sistem pakar, sistem pengenalan pola, robotika, dan sebagainya [3].

Inferensi merupakan penarikan kesimpulan dan sistem inferensi *fuzzy* adalah penarikan kesimpulan dari sekumpulan kaidah *fuzzy*. Sistem inferensi *fuzzy* akan berfungsi sebagai pengendali proses tertentu dengan menggunakan aturan-aturan inferensi berdasarkan logika *fuzzy*. Struktur dasar dari suatu sistem inferensi *fuzzy* disajikan pada Gambar 2.9. Sistem inferensi memiliki empat unit [6] yaitu:

1. Unit fuzzifikasi (*fuzzification unit*).

   Proses fuzzifikasi merupakan proses mengubah variabel numerik menjadi variabel linguistik [6]. Untuk masing-masing variabel *input*, ditentukan suatu fungsi fuzzifikasi (*fuzzification function*) yang akan mengubah variabel masukan yang tegas (yang biasa dinyatakan dalam bilangan real) menjadi nilai pendekatan *fuzzy*. Fungsi fuzzifikasi ditentukan berdasarkan beberapa kriteria:



Gambar 2.9 Struktur dasar suatu sistem inferensi *fuzzy* [12]

a. Fungsi fuzzifikasi diharapkan mengubah suatu nilai tegas, misalnya $a \in \mathbb{R}$, ke suatu himpunan *fuzzy* dengan nilai keanggotaan a terletak pada selang tertutup [0,1].
b. Fungsi *fuzzifikasi* diharapkan dapat membantu menyederhanakan komputasi yang harus dilakukan oleh sistem tersebut dalam proses inferensinya.

2. Unit penalaran logika *fuzzy* (*fuzzy logic reasoning unit*).

   Penalaran *fuzzy* adalah suatu cara penarikan kesimpulan berdasarkan seperangkat implikasi *fuzzy* dan suatu fakta yang diketahui (sering disebut premis) [6].
3. Unit basis pengetahuan (*knowledge base unit*) yang terdiri dari dua bagian:

a. Basis data (*data base*), yang memuat fungsi-fungsi keanggotaan dari himpunan-himpunan *fuzzy* yang terkait dengan nilai dari variabel linguistiknya.

b. Basis aturan (*rule base*), yang memuat aturan-aturan berupa implikasi *fuzzy*.

4. Unit defuzzifikasi atau unit penegasan (*defuzzification unit*).

   Unit defuzzifikasi digunakan untuk menghasilkan nilai variabel solusi yang diinginkan dari suatu daerah konsekuen *fuzzy*. Sistem inferensi ini hanya dapat membaca nilai yang tegas maka diperlukan suatu mekanisme untuk mengubah nilai *fuzzy output* itu menjadi nilai yang tegas. Terdapat beberapa metode *defuzzifikasi* dalam pemodelan sistem *fuzzy* [12]*:*

   a. Metode *Centroid*

   Metode *Centroid* adalah metode pengambilan keputusan dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy* [6]. Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*.

   b. Metode Bisektor

   Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*.

   c. Metode *Mean of Maximum* (MOM)

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

2.10 Metode *Fuzzy* Sugeno

Sistem inferensi *fuzzy* terbagi atas tiga jenis, yaitu metode *fuzzy* Sugeno, metode *fuzzy* Mamdani, dan metode *fuzzy* Tsukamoto. Secara keseluruhan metode *fuzzy* Sugeno hampir sama dengan metode *fuzzy* Mamdani, hanya saja *output* sistem metode Sugeno tidak berupa himpunan *fuzzy*. Pada metode Sugeno *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy* tetapi berupa konstanta atau persamaan linier. Metode Sugeno terdiri dari dua jenis, yaitu [13]:

a. Model *fuzzy* Sugeno orde nol

   Secara umum bentuk *fuzzy* sugeno orde nol sebagai berikut:

   IF $(x_1 \; is \; A_1) \circ (x_2 \; is \; A_2) \circ \ldots \circ (x_N \; is \; A_N)$ THEN $z = k$, dengan A_i adalah himpunan *fuzzy* ke–i sebagai anteseden dan k adalah konstanta tegas sebagai konsekuen.

b. Model *fuzzy* Sugeno orde satu

   Secara umum bentuk *fuzzy* Sugeno orde satu sebagai berikut:

   IF $(x_1 \; is \; A_1) \circ (x_2 \; is \; A_2) \circ \ldots \circ (x_N \; is \; A_N)$ THEN $z = p_1 * x_1$ +…+ $p_N * x_N$ $+q$

   Dengan A_i adalah himpunan *fuzzy* ke–i sebagai anteseden, p_i konstanta tegas ke-i dan q konstanta pada konsekuen.

Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985. Perbedaan antara metode *fuzzy* Mamdani dan metode *fuzzy* Sugeno ada pada konsekuen. Untuk mendapatkan *output* (hasil) pada metode Sugeno maka terdapat empat langkah tahapan sebagai berikut [10]:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*

   Pertama, tentukan variabel-variabel permasalahan yang akan dicari solusinya, kemudian membentuk fungsi-fungsi sesuai keanggotaan..

2. Aplikasi fungsi implikasi

   Kemudian bentuk basis aturan, yaitu aturan-aturan berupa implikasi-implikasi *fuzzy* yang menyatakan relasi antara variabel *input* dengan variabel *output*. Bentuk umumnya adalah sebagai berikut:

   Jika x adalah A dan y adalah B maka $z = f(x, y)$

x, y, dan z adalah variabel linguistik, A dan B himpunan *fuzzy* ke-i untuk x dan y , dan $f\ (x, y)$ adalah fungsi matematika. Banyaknya aturan ditentukan oleh banyaknya nilai linguistik untuk masing-masing variabel *input*.

3. Komposisi aturan

   Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Metode yang digunakan dalam melakukan *inferensi* sistem *fuzzy* adalah metode *Min* (minimum). Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai minimum aturan, kemudian menggunakan nilai tersebut untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator *or (union).* Secara umum dapat dituliskan sebagai berikut:

   $$\mu_{sf}[x_i] = \min(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]) ; i = 1, 2, 3, ..., N \quad (2.9)$$

   dengan:

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

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

4. Penegasan

   Masukan dari proses penegasan adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy,* sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan real yang tegas. Apabila komposisi aturan menggunakan metode Sugeno maka defuzzifikasi (Z^*) dilakukan dengan cara mencari nilai rata-rata terpusatnya.

   $$Z^* = \frac{\sum_{i=1}^{N} a_i z_i}{\sum_{i=1}^{N} a_i} \ , i = 1, 2, 3, \ldots, N \quad (2.10)$$

   dengan:

   a_i adalah nilai keluaran pada aturan ke- i.

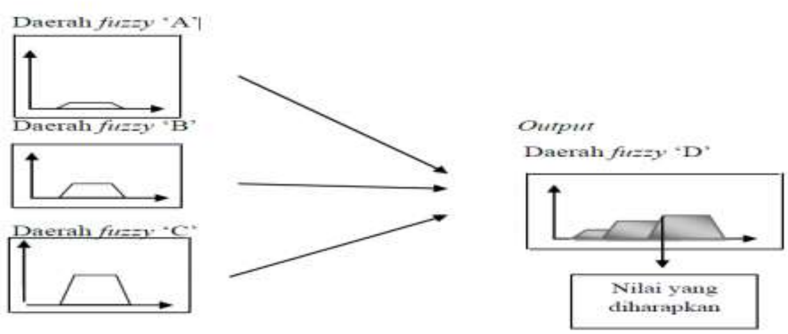
   z_i adalah derajat keanggotaan nilai keluaran pada aturan ke-i.

   N adalah banyaknya aturan yang digunakan.

2.11 Metode *Fuzzy* Mamdani

Metode *fuzzy* Mamdani sering dikenal dengan nama metode Min-Max. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Pada metode *fuzzy* Mamdani, setiap aturan yang berbentuk implikasi (“sebab-akibat”) anteseden yang berbentuk konjungsi (AND) mempunyai nilai keanggotaan berbentuk minimum (min), sedangkan konsekuen gabungannya berbentuk maksimum (max) karena himpunan aturan-aturannya bersifat *independent* (tidak saling bergantungan). Untuk memperoleh keluaran (*output*) diperlukan tiga tahap, yaitu [13]:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy* pada metode Mamdani, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.
2. Aplikasi fungsi implikasi (aturan) pada metode *fuzzy* Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah min.
3. Komposisi aturan metode yang digunakan yaitu metode max (maksimum).
4. Penegasan (defuzzifikasi) pada komposisi aturan metode Mamdani menggunakan metode *Centroid*. Pada metode *Centroid*, solusi diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (Z^*) daerah *fuzzy*..



Gambar 2.10 Metode *Centroid* [7]

Pusat daerah *fuzzy* secara umum dirumuskan, sebagai berikut:

$$Z^* = \frac{\int_a^b z\,\mu(z)\,dz}{\int_a^b \mu\,(z).dz} \tag{2.11}$$

dengan:

Z^* adalah nilai *output* defuzzifikasi.

$\mu(z)$ adalah derajat keanggotaan pada suatu titik.

z adalah nilai domain.

2.12 *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah persentase kesalahan rata-rata secara mutlak (absolut). Pengertian *Mean Absolute Percentage Error* adalah pengukuran statistik tentang akurasi perkiraan (prediksi) pada metode peramalan. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dapat digunakan oleh masyarakat luas karena MAPE mudah dipahami dan diterapkan dalam memprediksi akurasi peramalan. Metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) memberikan informasi seberapa besar kesalahan peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya. Semakin kecil nilai persentase kesalahan (*percentage error*) pada MAPE maka semakin akurat hasil peramalan tersebut. Perbedaan itu terjadi karena adanya keacakan pada data atau karena estimasi tidak mengandung informasi yang dapat menghasilkan estimasi yang lebih akurat [14].

$$\text{MAPE} = \frac{1}{\text{n}} \sum_i^n \frac{(y_i - \hat{y}_i)}{y_i} \tag{2.12}$$

dengan,

MAPE	: *Mean Squared Error*
n	: Jumlah sampel
y_i	: Nilai aktual indeks
$\hat{y}_i$	: Nilai prediksi indeks