

## BAB 2

### LANDASAN TEORI

Bab ini akan menjelaskan mengenai logika *fuzzy* yang digunakan, himpunan *fuzzy*, penalaran *fuzzy* dengan metode Sugeno, dan *stereo vision*.

#### 2.1 Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output*. Pada permasalahan dunia nyata; kita tidak dapat memutuskan sesuatu secara sederhana (“ya” dan “tidak”). Sebagai contoh: penghitungan argo taksi pada saat macet dilakukan berdasarkan satuan waktu. Kita tidak dapat menentukan definisi macet tersebut seperti apa, sehingga diperlukan aturan-aturan tertentu untuk pemecahan secara matematis masalah tersebut. Logika *fuzzy* dapat digunakan untuk mencari solusi atas permasalahan tersebut.

Pada tahun 1965, Lotfi Zadeh menemukan himpunan kabur (*fuzzy set*). Himpunan ini berbeda dengan himpunan *crisp*; di mana setiap anggota dari himpunan kabur mempunyai derajat keanggotaan bernilai kontinu [0 1]. Sedangkan himpunan *crisp* hanya mempunyai 2 nilai yaitu “0” dan “1”. Berikut adalah beberapa kelebihan dari logika *fuzzy*[3] :

1. Logika *fuzzy* berdasarkan pada bahasa natural (*natural language*);
2. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti, karena konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti;
3. Logika *fuzzy* sangat fleksibel;
4. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat;
5. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi- fungsi non linear yang sangat kompleks;
6. Logika *fuzzy* dapat mengaplikasikan pengalaman para pakar secara

langsung tanpa harus melalui proses pelatihan;

7. Logika *fuzzy* dapat bekerja sama dengan teknik – teknik kendali secara konvensional.

Berikut adalah suatu penggambaran mengenai logika *fuzzy* :



**Gambar 2.1** Logika *fuzzy*

Logika *fuzzy* dapat dipandang sebagai kotak hitam yang memetakan ruang *input* ke sebuah ruang *output*. Dalam penelitian yang dilakukan; ruang *input* permasalahan adalah sudut yang dibentuk kamera dengan objek dan tinggi kamera sedangkan ruang *output* permasalahan adalah: koordinat piksel pada koordinat nyata.

### 2.1.1 Fuzzy negation

*Fuzzy negation* adalah operasi negasi yang digunakan di logika *fuzzy* dan dituliskan dengan notasi  $(^n)$ . Berdasarkan definisi, *fuzzy negation* adalah sebuah fungsi  $(^n)$  :  $[0,1] \rightarrow [1,0]$  yang memenuhi sifat – sifat berikut :

1.  $0^{(n)} = 1$ ; (2.1)

2.  $X_1^{(n)} > X_2^{(n)}$  jika  $X_1 < X_2$ ; (2.2)

3.  $(X^{(n)})^{(n)} = X$ ; (2.3)

### 2.1.2 T-norm

*T-norm* adalah operasi konjungsi yang digunakan pada logika *fuzzy* dan disimbolkan dengan *T* [3]. Selain dapat melakukan operasi konjungsi di

logika *fuzzy*, *T-norm* juga dapat digunakan sebagai basis untuk operator agregasi pada himpunan *fuzzy*. Berdasarkan definisi, *T-norm* adalah sebuah fungsi

$T : [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$  yang memenuhi sifat – sifat berikut :

$$1. T(x,0) = 0 \text{ dan } T(x,1) = x \quad (2.4)$$

$$2. T(x_1,x_2) = T(x_2,x_1) \quad (2.5)$$

$$3. T(x_1,T(x_2,x_3)) = T(T(x_1,x_2),x_3) \quad (2.6)$$

$$4. T(x_1,x_3) = T(x_2,x_3) \text{ jika } x_1 = x_2 \quad (2.7)$$

Operasi dasar Zadeh untuk operasi *T-norm* adalah interseksi. Operator interseksi seringkali digunakan sebagai batasan antededen dalam suatu aturan *fuzzy*, seperti :

IF X is A AND y is b THEN z is C

Kekuatan nilai keanggotaan antara konsekuen  $z$  dan daerah *fuzzy*  $C$  ditentukan oleh kuat tidaknya premis atau anteseden. Kebenaran anteseden ini ditentukan oleh  $\min(\mu_x(A), \mu_y(B))$ .

### 2.1.3 S-norm

*S-norm* (juga dikenal sebagai *T-conorm*) adalah operasi disjungsi yang digunakan pada logika *fuzzy* dan disimbolkan dengan  $\oplus$  [3]. Berdasarkan *T-norm*, *S-norm* dapat didefinisikan sebagai  $(a,b) = 1 - T(1-a,1-b)$ .

Berdasarkan definisi, *S-norm* adalah sebuah fungsi  $S : [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$  yang memenuhi sifat-sifat berikut :

$$1. S(x,0) = x, \quad S(x,1) = 1 \quad (2.8)$$

$$2. S(x_1,x_2) = S(x_2,x_1) \quad (2.9)$$

$$3. S(x_1, S(x_2,x_3)) = S(S(x_1,x_2),x_3) \quad (2.10)$$

$$4. S(x_1,x_3) = S(x_2,x_3) \text{ jika } x_1 = x_2 \quad (2.11)$$

Operasi dasar Zadeh untuk operasi *S-norm* adalah *union*. Operator *union* seringkali digunakan sebagai batasan andeseden dalam suatu aturan *fuzzy*, seperti :

*IF X is A AND y is b THEN z is C*

Kekuatan nilai keanggotaan antara konsekuen  $z$  dan daerah *fuzzy*  $C$  ditentukan oleh kuat tidaknya premis atau anteseden. Kebenaran anteseden ini ditentukan oleh  $\max(\mu_{[x \text{ is } A]}, \mu_{[y \text{ is } B]})$ .

## 2.2 Himpunan *Fuzzy*

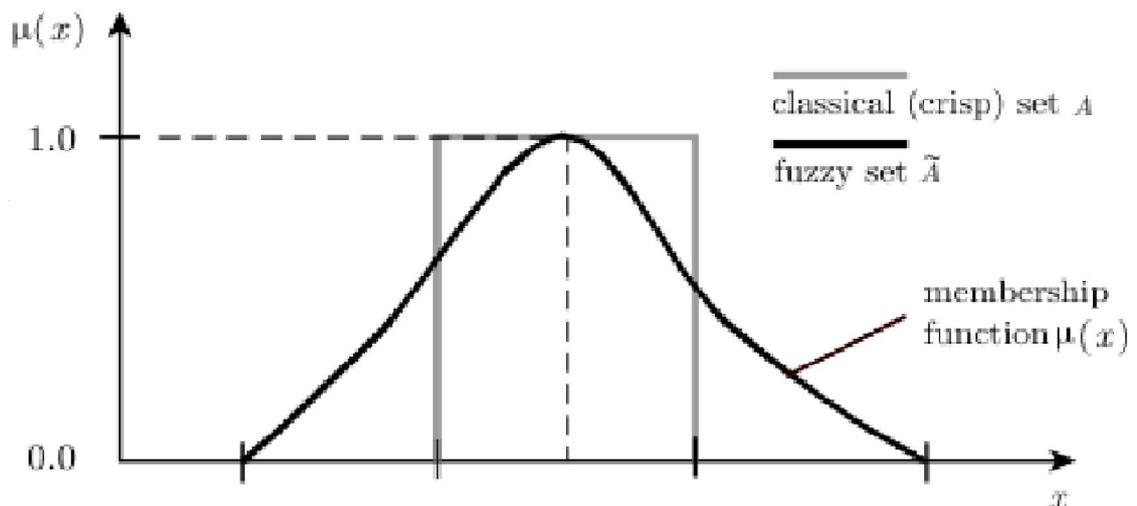
Himpunan *fuzzy* berbeda dengan himpunan pada himpunan *crisp*. Pada himpunan *fuzzy*; suatu *membership function* tidak dapat langsung dipetakan ke dalam domain 0 dan 1 tetapi dapat berkisar antara domain [0 1].

Fungsi keanggotaan suatu himpunan *fuzzy* didefinisikan sebagai berikut: Jika  $X$  adalah himpunan semesta, maka fungsi keanggotaan  $\mu_a$  (fungsi definisi / fungsi karakteristik  $A$  pada  $X$ ) yang didefinisikan oleh himpunan *fuzzy*  $A$  memiliki ketentuan berikut :

$$\mu_a : X \rightarrow [0,1]$$

dimana  $[0,1]$  adalah interval bilangan real dari nol sampai dengan satu.

$\mu_a(x)$  bernilai nol, berarti  $x$  bukan anggota dari himpunan *fuzzy*  $A$ . Nilai satu menunjukkan  $x$  adalah anggota penuh dari himpunan *fuzzy*  $A$ . Sementara nilai nol sampai satu menunjukkan bahwa  $x$  merupakan anggota himpunan *fuzzy*  $A$  secara parsial. Berikut adalah gambar mengenai perbandingan himpunan *fuzzy* dengan himpunan *crisp*:



**Gambar 2.2** Perbandingan himpunan *fuzzy* dengan himpunan *crisp*  
(6)

### 2.3 Penalaran *Fuzzy* Metode Sugeno (5)

Ada banyak sekali penalaran *fuzzy* yang sering digunakan dalam sistem pembuat keputusan. Beberapa penalaran yang sering digunakan adalah: metode penalaran Mamdani dan metode penalaran Sugeno. Metode Mamdani diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 sedangkan metode Sugeno diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985. Berikut adalah tabel perbedaan metode penalaran mamdani dengan metode penalaran Sugeno.

**Tabel 2.1** Perbandingan metode *Mamdani* dengan *Sugeno*

Mamdani	Sugeno
Lebih intuitif	Lebih efisien dalam masalah komputasi
Lebih diterima oleh banyak pihak	Bekerja paling baik untuk teknik-teknik linear
Lebih cocok apabila <i>input</i> diterima bukan dari mesin	Bekerja paling baik untuk teknik optimisasi dan adaptif
	Menjamin kontinuitas permukaan <i>output</i>
	Lebih cocok untuk analisa secara matematis

Secara umum di dalam logika *fuzzy* ada 5 langkah dalam melakukan penalaran yaitu[5]:

- a. Memasukkan *input fuzzy*
- b. Mengaplikasikan operator *fuzzy*
- c. Mengaplikasikan metode implikasi
- d. Komposisi semua *output*
- e. Defuzzifikasi

### 2.3.1 Model *fuzzy* Sugeno orde-nol

Secara umum bentuk model *fuzzy* Sugeno orde-nol adalah :

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \ (x_2 \text{ is } A_2) \ (x_3 \text{ is } A_3) \ \dots \ (x_n \text{ is } A_n) \ \text{THEN } z = k$$

Dengan  $A_i$  adalah himpunan *fuzzy* ke- $i$  sebagai anteseden dan  $k$  adalah suatu konstanta sebagai konsekuen[2].

### 2.3.2 Model *fuzzy* Sugeno orde-satu

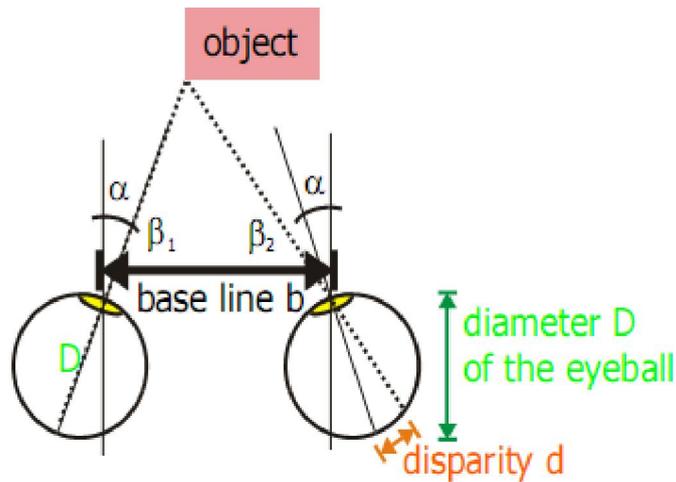
Secara umum bentuk model *fuzzy* Sugeno orde-satu adalah :

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \ \dots \ (x_n \text{ is } A_n) \ \text{THEN } z = p_i * x_i + \dots + p_n * x_n + q$$

Dengan  $A_i$  adalah himpunan *fuzzy* ke- $i$  sebagai anteseden dan  $p_i$  adalah suatu konstanta ke- $i$  dan  $q$  juga merupakan konstanta dalam konsekuen. Apabila komposisi aturan menggunakan metode Sugeno, maka defuzzifikasi dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya[2].

## 2.4 Stereo vision

*Stereo vision* adalah sebuah segitiga yang terdiri atas objek yang dicitrakan dan proyeksinya pada kedua kamera[1]. Gambar di bawah ini menunjukkan suatu *stereo vision* terhadap objek tertentu:



**Gambar 2.3** *Stereo vision*

Berikut adalah langkah – langkah kegiatan yang dilakukan untuk *stereo vision* suatu objek[5] :

1. Pengambilan citra (*image acquisition*)
2. Pemodelan kamera (*camera modelling*)
3. Ekstraksi ciri (*feature extraction*)
4. Analisa korespondensi (*correspondence analysis*)
5. Triangulasi (*triangulation*)
6. Interpolasi (*interpolation*)

Pada laporan ini penulis melakukan pencarian *stereo vision* hanya pada langkah 1, 2, 5 dan 6. *Input* parameter pencarian yang dilakukan

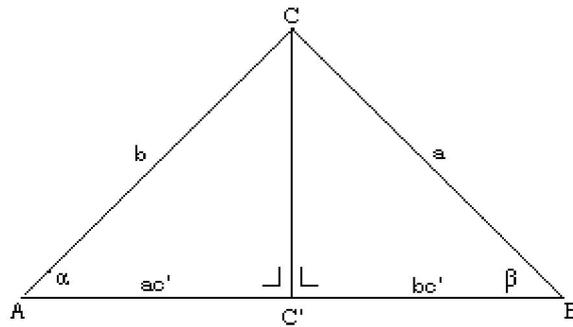
berupa sudut yang dibentuk antara kamera dengan objek dan tinggi kamera pada saat pemotretan dilakukan. Gambar di bawah merupakan salah satu contoh dalam triangulasi:



**Gambar 2.4 Triangulasi**

Pada gambar di atas, objek yang ingin dicari berupa sudut pintu (dilingkar merah). Apabila pada kamera awal objek tersebut berada pada piksel  $X,Y$ ; pada piksel berapakah  $(X',Y')$  objek tersebut terdapat pada kamera kedua? Lalu pada koordinat berapakah letak piksel tersebut di dunia nyata? Triangulasi dari *stereo vision* dapat digunakan untuk mencari solusi atas permasalahan tersebut. Sedangkan sistem inferensi *fuzzy* digunakan untuk mengatasi ketidakpastian yang terjadi (*input* masukan sudut kamera berbeda dengan sudut pada saat pencitraan, *input* tinggi kamera berbeda dengan tinggi pada saat pencitraan)

Berikut adalah model citra pemotretan yang dilakukan:



**Gambar 2.5** Pemodelan pemotretan citra

$C$  = objek yang dideteksi

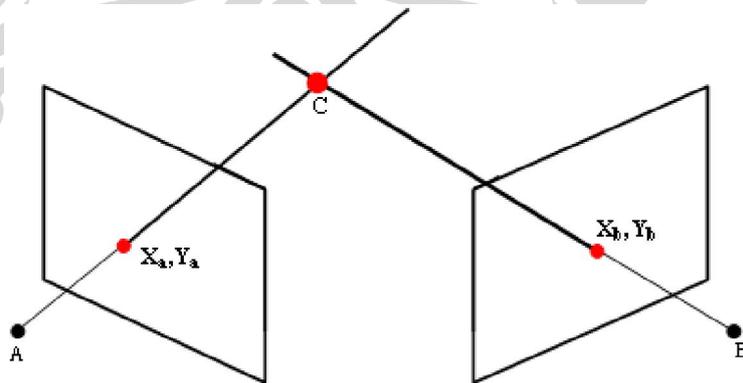
$A$  = posisi kamera 1

$B$  = posisi kamera 2

$\alpha, \beta$  = sudut yang dibentuk oleh kamera  $A$  dan kamera  $B$  terhadap objek  $C$ .

$ac'$  = jarak kamera  $A$  dengan proyeksi titik  $C$  pada garis  $AB$ .

$bc'$  = jarak kamera  $B$  dengan proyeksi titik  $C$  pada garis  $AB$ .



**Gambar 2.6** Pemetaan titik pada 2 citra

Hasil pencitraan objek  $C$  pada kamera  $A$  terletak pada titik  $X_a, Y_a$  pada citra yang dibentuk. Sedangkan apabila objek  $C$  diambil melalui kamera  $B$  maka objek  $C$  terletak pada titik  $X_b, Y_b$  pada citra yang dibentuk.