

# LOGIKA FUZZY

Athia Saelan (13508029)

Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung  
Jalan Ganesha 10 Bandung  
e-mail: if18029@students.if.itb.ac.id

## ABSTRAK

Logika merupakan studi penalaran. Pada teori logika yang biasa, logika dinyatakan dengan benar atau salah. Namun, dalam kehidupan sehari-hari, sering ditemukan kasus yang tidak bisa dinyatakan sebagai benar atau salah, tapi harus dinyatakan dengan hampir benar, agak benar atau semacamnya. Dalam logika *fuzzy*, kita dapat menyatakan hal seperti itu dengan suatu nilai, antara benar dan salah. Logika *fuzzy* adalah logika yang kabur atau mengandung unsur ketidakpastian. Logika ini mulai dikembangkan pada tahun 1960-an di Amerika. Saat ini, logika *fuzzy* sudah banyak digunakan di negara-negara maju, terutama di Jepang. Logika *fuzzy* digunakan sebagai pengendali pada berbagai alat, misalnya pendingin ruangan dan mesin cuci. Logika ini memang cenderung lebih praktis untuk digunakan karena sederhana, mudah dimengerti, fleksibel, serta lebih baik dan hemat. Namun, pengaplikasian logika *fuzzy* dalam industri masih banyak terhambat karena beberapa hal, antara lain karena ilmu ini belum banyak dikenal dan belum adanya metode yang baku dan sistematis untuk mengembangkannya.

**Kata kunci:** Logika, Logika Fuzzy, Himpunan Fuzzy, Sistem Kendali Fuzzy.

## 1. PENDAHULUAN

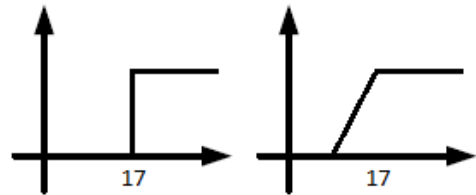
### 1.1 Pengertian Logika Fuzzy

Dalam bahasa Inggris, *fuzzy* mempunyai arti kabur atau tidak jelas. Jadi, logika *fuzzy* adalah logika yang kabur, atau mengandung unsur ketidakpastian.

Pada logika biasa, yaitu logika tegas, kita hanya mengenal dua nilai, salah atau benar, 0 atau 1. Sedangkan logika *fuzzy* mengenal nilai antara benar dan salah. Kebenaran dalam logika *fuzzy* dapat dinyatakan dalam derajat kebenaran yang nilainya antara 0 sampai 1.

Misalnya dalam kehidupan sehari-hari, dewasa didefinisikan dengan berusia 17 tahun ke atas. Jika

menggunakan logika tegas, seseorang yang berusia 17 tahun kurang 1 hari akan didefinisikan sebagai tidak dewasa. Namun dalam logika *fuzzy*, orang tersebut dapat dinyatakan dengan hampir dewasa.



Gambar 1 Logika tegas (kiri) dan logika *fuzzy* (kanan)

### 1.2 Sejarah Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* pertama kali dikembangkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh, seorang peneliti dari Universitas California, pada tahun 1960-an. Logika *fuzzy* dikembangkan dari teori himpunan *fuzzy*.

### 1.3 Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* adalah pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel bahasa (*linguistic variable*), yang dinyatakan dengan fungsi keanggotaan, dalam semesta  $U$ . Keanggotaan suatu nilai pada himpunan dinyatakan dengan derajat keanggotaan yang nilainya antara 0.0 sampai 1.0 [2].

Himpunan *fuzzy* didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sedemikian hingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval  $[0,1]$ . Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu item tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar, dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah.[4]

### 1.4 Kelebihan dan Kekurangan Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* memiliki beberapa keunggulan, antara lain sebagai berikut.

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran logika *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 fungsi2 nonlinear yang kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahas alami. [3]

Sementara itu, dalam pengaplikasiannya, logika *fuzzy* juga memiliki beberapa kelebihan, antara lain sebagai berikut.

1. Daya gunanya dianggap lebih baik daripada teknik kendali yang pernah ada.
2. Pengendali *fuzzy* terkenal karena keandalannya.
3. Mudah diperbaiki.
4. Pengendali *fuzzy* memberikan pengendalian yang sangat baik dibandingkan teknik lain
5. Usaha dan dana yang dibutuhkan kecil.[5]

Selain itu, logika *fuzzy* juga memiliki kekurangan, terutama dalam penerapannya. Kekurangan-kekurangan tersebut antara lain:

1. Para enjinir dan ilmuwan generasi sebelumnya dan sekarang banyak yang tidak mengenal teori kendali *fuzzy*, meskipun secara teknik praktis mereka memiliki pengalaman untuk menggunakan teknologi dan perkakas kontrol yang sudah ada.
2. Belum banyak terdapat kursus/balai pendidikan dan buku-buku teks yang menjangkau setiap tingkat pendidikan (*undergraduate*, *postgraduate*, dan *on site training*)
3. Hingga kini belum ada pengetahuan sistematis yang baku dan seragam tentang metodologi pemecahan problema kendali menggunakan pengendali *fuzzy*.
4. Belum adanya metode umum untuk mengembangkan dan implementasi pengendali *fuzzy*. [5]

## 2. LOGIKA DAN HIMPUNAN FUZZY

### 2.1 Fungsi Keanggotaan

Dalam logika tegas, fungsi keanggotaan menyatakan keanggotaan pada suatu himpunan. Fungsi keanggotaan  $\chi_A(x)$  bernilai 1 jika  $x$  anggota himpunan  $A$ , dan bernilai 0 jika  $x$  bukan anggota himpunan  $A$ . Jadi, fungsi keanggotaan ini hanya bisa bernilai 0 atau 1.

$$\chi_A : x \rightarrow \{0,1\} \quad (1)$$

Sedangkan dalam logika *fuzzy*, fungsi keanggotaan menyatakan derajat keanggotaan pada suatu himpunan. Nilai dari fungsi keanggotaan ini berada dalam selang  $[0,1]$ , dan dinyatakan dengan  $\mu_A$ .

$$\mu_A : x \rightarrow [0,1] \quad (2)$$

Fungsi keanggotaan  $\mu_A(x)$  bernilai 1 jika  $x$  anggota penuh himpunan  $A$ , dan bernilai 0 jika  $x$  bukan anggota himpunan  $A$ . Sedangkan jika derajat keanggotaan berada dalam selang  $(0,1)$ , misalnya  $\mu_A(x) = \mu$ , menyatakan  $x$  sebagian anggota himpunan  $A$  dengan derajat keanggotaan sebesar  $\mu$ .

Ada 3 cara mendefinisikan himpunan *fuzzy*:

#### 1. Sebagai himpunan pasangan berurutan

Misalkan himpunan *fuzzy*  $A$  didefinisikan dalam semesta  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , maka himpunan pasangan berurutan yang menyatakan himpunan *fuzzy*-nya adalah

$$A = \{ (x_1, \mu_A(x_1)), (x_2, \mu_A(x_2)), \dots, (x_n, \mu_A(x_n)) \} \quad (3)$$

Cara ini hanya dapat digunakan pada himpunan *fuzzy* yang anggotanya bernilai diskrit.

#### 2. Dengan menyebut fungsi keanggotaan

Misalkan himpunan *fuzzy*  $A$  didefinisikan dalam semesta  $X$  yang anggotanya bernilai kontinu, maka himpunan pasangan berurutan yang menyatakan himpunan *fuzzy*-nya adalah

$$A = \{ (x, \mu_A(x)) \mid \mu_A(x) = \dots, x \in X \} \quad (4)$$

#### 3. Menuliskan sebagai

$$A = \{ \mu_A(x_1)/x_1 + \mu_A(x_2)/x_2 + \dots + \mu_A(x_n)/x_n \} = \{ \sum_{i=1}^n \mu_A(x_i)/x_i \} \quad (5)$$

untuk  $X$  diskrit, atau

$$A = \{ \int_X \mu_A(x)/x \} \quad (6)$$

untuk  $X$  kontinu. Lambang  $\int$  bukan berarti integral. [1]

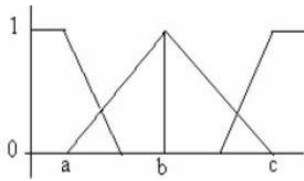
Fungsi keanggotaan suatu himpunan *fuzzy* dapat ditentukan dengan fungsi segitiga (*triangle*), trapesium (*trapezoidal*), atau Fungsi Gauss (*Gaussian*). [2]

#### 1. Fungsi keanggotaan segitiga

Persamaan fungsi keanggotaan segitiga adalah

$$\mu(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b < x \leq c \\ 1 & x > c \end{cases} \quad (7)$$

Persamaan tersebut direpresentasikan dalam bentuk grafik sebagai berikut.



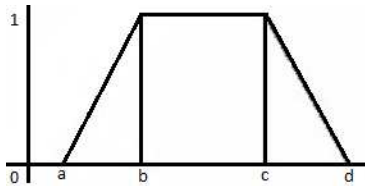
**Gambar 2 Grafik fungsi keanggotaan segitiga**

## 2. Fungsi keanggotaan trapesium

Persamaan fungsi keanggotaan segitiga adalah

$$\mu(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x < b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & c < x \leq d \\ 0 & x > d \end{cases} \quad (8)$$

Persamaan tersebut direpresentasikan dalam bentuk grafik sebagai berikut.



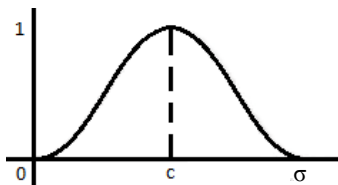
**Gambar 3 Grafik fungsi keanggotaan trapesium**

## 3. Fungsi keanggotaan Gaussian

Persamaan fungsi keanggotaan segitiga adalah

$$\mu(x; c, \sigma) = \frac{1}{1 + \left( \frac{x-c}{\sigma} \right)^2} \quad (9)$$

Persamaan tersebut direpresentasikan dalam bentuk grafik sebagai berikut.



**Gambar 4 Grafik fungsi keanggotaan gaussian**

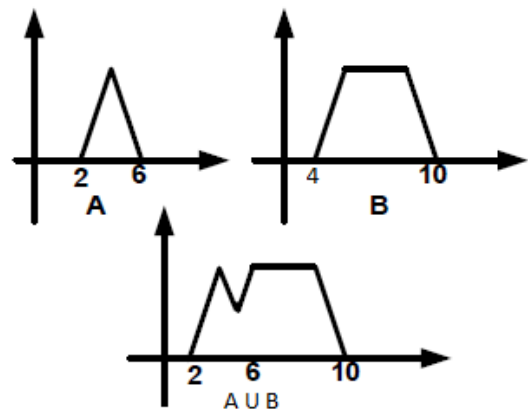
## 2.2 Operasi Logika Fuzzy

Operasi-operasi yang dapat dilakukan dalam logika dan himpunan *fuzzy* sama dengan dalam logika dan himpunan biasa. Namun definisinya agak berbeda.

### 1. Gabungan

Gabungan antara himpunan A dan himpunan B dapat diartikan sebagai himpunan yang dekat dengan A atau dekat dengan B.

$$A \cup B \rightarrow \mu_{A \cup B} = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

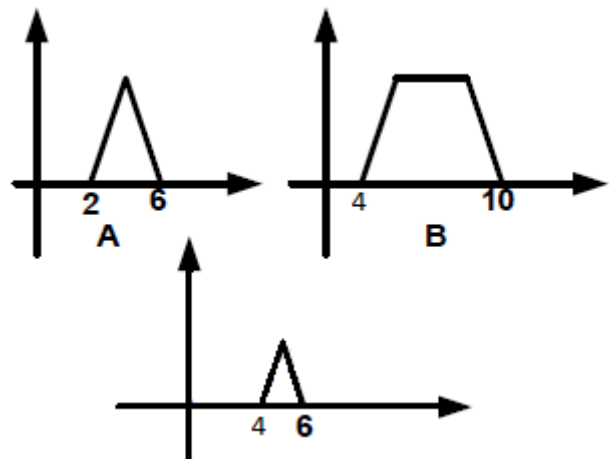


**Gambar 5 Grafik gabungan A dan B**

### 2. Irisan

Irisan antara himpunan A dan himpunan B dapat diartikan sebagai himpunan yang dekat dengan A dan dekat dengan B.

$$A \cap B \rightarrow \mu_{A \cap B} = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (10)$$

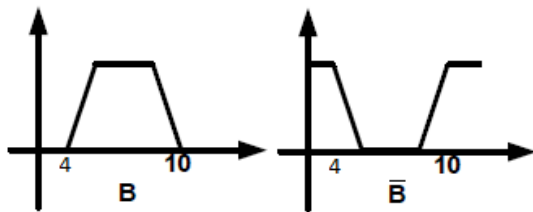


**Gambar 6 Grafik irisan A dan B**

### 3. Komplemen

Komplemen dari himpunan A dapat diartikan sebagai himpunan yang tidak dekat dengan A.

$$\bar{A} \rightarrow \mu_{\bar{A}} = 1 - \mu_A(x) \quad (11)$$



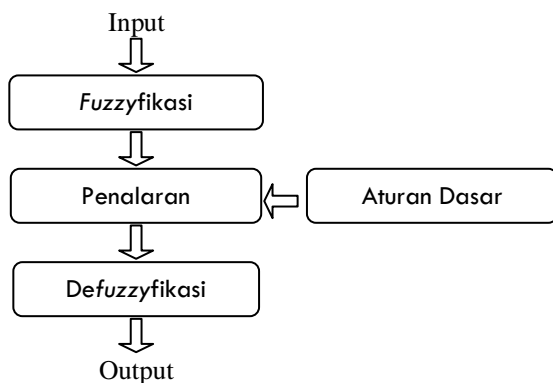
Gambar 7 Grafik komplemen B

### 3. KENDALI LOGIKA FUZZY

Sistem kendali logika *fuzzy* disebut juga sistem Inferensi *Fuzzy* (*Fuzzy Inference System/FIS*) atau *fuzzy inference engine* adalah sistem yang dapat melakukan penalaran dengan prinsip serupa seperti manusia melakukan penalaran dengan nalurinya.

Terdapat beberapa jenis FIS yang dikenal yaitu Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto. FIS yang paling mudah dimengerti, karena paling sesuai dengan naluri manusia adalah FIS Mamdani. FIS tersebut bekerja berdasarkan kaidah-kaidah linguistik dan memiliki algoritma *fuzzy* yang menyediakan sebuah aproksimasi untuk dimasuki analisa matematik. [4]

Sistem kendali logika *fuzzy* terdiri dari beberapa tahapan seperti pada diagram berikut.



Gambar 8 Proses Kendali Logika *Fuzzy*

Proses dalam kendali logika *fuzzy* ditunjukkan pada Gambar di atas. Input yang diberikan kepada adalah berupa bilangan tertentu dan output yang dihasilkan juga harus berupa bilangan tertentu. Aturan-aturan dalam bahasa linguistik dapat digunakan sebagai input yang bersifat teliti harus dikonversikan terlebih dahulu, lalu melakukan penalaran berdasarkan aturan-aturan dan mengkonversi hasil penalaran tersebut menjadi output yang bersifat teliti.[4]

### 3.1 Fuzzyfikasi

*Fuzzyfikasi* adalah pemetaan nilai input yang merupakan nilai tegas ke dalam fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy*, untuk kemudian diolah di dalam mesin penalaran.

$$\text{fuzzyfikasi} : x \rightarrow \mu(x) \quad (12)$$

### 3.2 Aturan Dasar

Aturan dasar dalam kendali logika *fuzzy* adalah aturan implikasi dalam bentuk “jika ... maka ...”. Aturan dasar tersebut ditentukan dengan bantuan seorang pakar yang mengetahui karakteristik objek yang akan dikendalikan.

Contoh bentuk implikasi yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\text{Jika } X = A \text{ dan } Y = B \text{ maka } Z = C.$$

### 3.3 Penalaran

Pada tahapan ini sistem menalar nilai masukan untuk menentukan nilai keluaran sebagai bentuk pengambil keputusan. Sistem terdiri dari beberapa aturan, maka kesimpulan diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan.

Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu *max*, *additive* dan probabilistik OR.

Pada metode *max*, 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*). Secara umum dapat ditulis[4]

$$\mu_{df}(x_i) \leftarrow \max(\mu_{df}(x_i), \mu_{kf}(x_i)) \quad (13)$$

Selain itu, salah satu model penalaran yang banyak digunakan adalah *max-min*. Dalam penalaran ini, pertama-tama dilakukan proses operasi *min* sinyal keluaran lapisan *fuzzyfikasi*, kemudian diteruskan dengan operasi *max* untuk mencari nilai keluaran yang selanjutnya akan didefuzzyfikasikan sebagai bentuk keluaran pengendali [2]. Operasi *max-min* tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut.

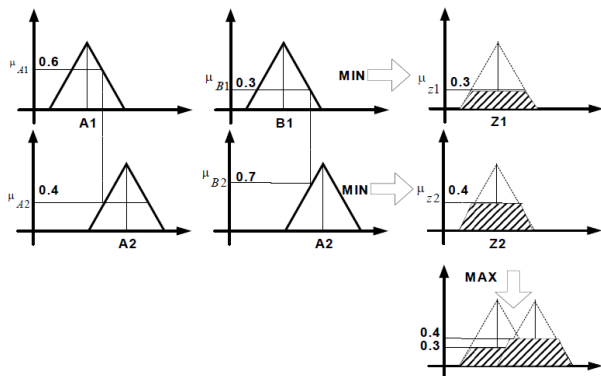
Operasi *min* atau irisan

$$a \wedge b = \min(a, b) = a \text{ if } a \leq b \\ = b \text{ if } a > b \quad (14)$$

Operasi *max* atau gabungan

$$a \vee b = \max(a, b) = a \text{ if } a \geq b \\ = b \text{ if } a < b \quad (15)$$

Proses penalaran max-min dijelaskan dalam grafik berikut. [2]



Gambar 9 Proses Penalaran max-min

### 3.4 Defuzzyfikasi

Defuzzyfikasi merupakan kebalikan dari fuzzyfikasi, yaitu pemetaan dari himpunan fuzzy ke himpunan tegas. Input dari proses defuzzyfikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy. Hasil dari defuzzyfikasi ini merupakan output dari sistem kendali logika fuzzy.

Defuzzyfikasi dideskripsikan sebagai

$$Z^* = \text{defuzzyfier}(Z) \quad (16)$$

dengan

$Z$  = hasil penalaran fuzzy  
 $Z^*$  = keluaran kendali logika fuzzy  
 defuzzyfier = fungsi defuzzyfikasi [2]

Metode defuzzyfikasi antara lain: [2]

#### 1. Metode Maximum

Metode ini juga dikenal dengan metode puncak, yang nilai keluarannya dibatasi oleh fungsi  $\mu_C(z^*) > \mu_C I(z)$ .

#### 2. Metode titik tengah

Metode titik tengah juga disebut metode pusat area. Metode ini lazim dipakai dalam proses defuzzyfikasi. Keluaran dari metode ini adalah titik tengah dari hasil proses penalaran.

#### 3. Metode rata-rata

Metode ini digunakan untuk fungsi keanggotaan keluaran yang simetris. Keluaran dari metode ini adalah nilai rata-rata dari hasil proses penalaran.

#### 4. Metode penjumlahan titik tengah

Keluaran dari metode ini adalah penjumlahan titik tengah dari hasil proses penalaran.

#### 5. Metode titik tengah area terbesar

Dalam metode ini, keluarannya adalah titik pusat dari area terbesar yang ada.

## 4. APLIKASI

Jika diamati pengalaman pada negara-negara berteknologi tinggi, khususnya di negara Jepang, pengendali fuzzy sudah sejak lama dan luas digunakan di industri-industri dan alat-alat elektronika. Beberapa contoh aplikasi yang menggunakan pengendali fuzzy antara lain:

- Dalam teknologi otomotif : sistem transmisi otomatis fuzzy dan pengendali kecepatan idle fuzzy.
- Dalam teknologi transportasi :  
 Pengendali fuzzy anti-slip untuk kereta listrik, sistem pengaturan dan perencanaan parkir, sistem pengaturan lampu lalu lintas, dan pengendalian kecepatan kendaraan di jalan bebas hambatan.
- Dalam peralatan sehari-hari : mesin cuci fuzzy dan vacuum cleaner fuzzy dan lain-lain.
- Dalam aplikasi industri di antaranya : industri kimia, sistem pengolahan kertas, dan lain-lain.
- Dalam power satations : sistem diagnosis kebocoran- $H_2$  [5]

## 5. KESIMPULAN

Makalah harus memiliki suatu kesimpulan. Sama seperti makalah ini, kita bisa mengambil beberapa kesimpulan. Kesimpulan-kesimpulan tersebut antara lain:

1. Logika fuzzy adalah logika yang mengandung unsur ketidakpastian.
2. Keanggotaan dalam himpunan fuzzy dinyatakan dengan derajat keanggotaan. Suatu nilai dapat menjadi anggota dua himpunan sekaligus dengan derajat yang berbeda.
3. Kendali logika fuzzy dilakukan dengan proses fuzzyfikasi, penalaran sesuai dengan aturan, dan defuzzyfikasi.
4. Sistem kendali logika fuzzy cukup praktis diaplikasikan dalam berbagai bidang.

## REFERENSI

- [1] Rinaldi Munir, "Matematika Diskrit", Penerbit Informatika, 2005
- [2] Logika\_Fuzzy, [http://k12008.widyagama.ac.id/ai/diktatpdf/Logika\\_Fuzzy.pdf](http://k12008.widyagama.ac.id/ai/diktatpdf/Logika_Fuzzy.pdf), 19 Desember 2009
- [3] Logika\_Fuzzy ~ Teknologi Berbasis Perasaan ~, <http://mitsuke.multiply.com/journal/item/8>, 19 Desember 2009
- [4] Jannus Maurits Nainggolan, "Logika Fuzzy (Fuzzy Logic) : Teori dan Penerapan Pada Sistem Daya (Kajian Pengaruh Induksi Medan Magnet)", <http://member.unila.ac.id/~ft-elektro/lab/ltp/dokumen/Fuzzy%20Logic%20Paper.doc>, 19 desember 2009
- [5] Teknologi Sistem Fuzzy, <http://elektroindonesia.com/elektro/no6b.html>, 19 Desember 2009