

TEORI FUZZY LOGIC & APLIKASINYA

by wahyu dirgantara

Submission date: 17-Jul-2025 08:05AM (UTC+0700)

Submission ID: 2716114866

File name: Teori_Fuzzy_Logic_Aplikasinya-Full.pdf (22.81M)

Word count: 12736

Character count: 81564

A 3D rendered brain in a light blue/teal color is positioned above a glowing blue tablet. The background is a dark blue space filled with a complex, glowing circuit board pattern and some abstract light trails.

TEORI
FUZZY LOGIC
& APLIKASINYA

Wahyu Dirgantara
Andrijani Sumarahinsih
Resi Dwi Jayanti Kartika Sari

TEORI

FUZZY LOGIC

& APLIKASINYA

Wahyu Dirgantara
Andrijani Sumarahinsih
Resi Dwi Jayanti Kartika Sari



TEORI FUZZY LOGIC & APLIKASINYA

Ditulis oleh:

**Wahyu Dirgantara
Andrijani Sumarahinsih
Resi Dwi Jayanti Kartika Sari**

10

Diterbitkan, dicetak, dan didistribusikan oleh

PT. Literasi Nusantara Abadi Grup

Perumahan Puncak Joyo Agung Residence Blok B11 Merjosari

Kecamatan Lowokwaru Kota Malang 65144

Telp : +6285887254603, +6285841411519

Email: literasinusantaraofficial@gmail.com

Web: www.penerbitlitnus.co.id

Anggota IKAPI No. 340/JTI/2022



Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang mengutip atau memperbanyak baik sebagian ataupun keseluruhan isi buku dengan cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan I, Maret 2025

Perancang sampul: Rosyiful Aqli

Penata letak: Muhammad Ridho Naufal

ISBN : 978-634-206-952-3

x + 84 hlm. ; 15,5x23 cm.

©Maret 2025



■ PRAKATA ■

²⁴ Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas anugerah dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku yang berjudul “Teori *Fuzzy Logic* dan Aplikasinya”.

²⁴ Tak lupa penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya untuk rekan-rekan yang telah membantu dan meluangkan waktu dalam untuk berdiskusi serta memotivasi selama penulis supaya buku ini dapat selesai lebih cepat.

Buku “Teori *Fuzzy Logic* dan Aplikasinya” berisi cara berpikir serta langkah-langkah dalam menggunakan *fuzzy logic* dan menerapkannya dalam keperluan sehari-hari. Buku ini juga berisi contoh soal yang mudah dimengerti serta dapat dijadikan acuan dalam mempelajari teori *fuzzy logic*.

Penulis berharap buku ini dapat bermanfaat bagi pemula, khususnya mahasiswa yang ingin ²⁵ mempelajari *fuzzy logic* dan menyelesaikan tugas akhir. Namun, penulis ²⁵ menyadari buku ini tak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu, penulis menyampaikan permohonan maaf serta terbuka untuk kritik dan saran demi perbaikan di masa mendatang.

Malang, 3 Maret 2025

Penulis



■ DAFTAR ISI ■

Prakata	iii
Daftar Isi	v

BAB 1

Gambaran Sistem Kontrol—1

1.1 Pendahuluan	1
1.2 Struktur dan Cara Kerja Kontrol	3
1.3 Kontrol <i>Close Loop</i> dan <i>Open Loop</i>	4
1.4 Aspek Desain Sistem Kontrol	5
1.5 Istilah Sistem Kontrol	6
1.6 Latihan Soal	8

BAB 2

Gambaran Algoritma—11

2.1 Ilustrasi	11
2.2 Definisi Algoritma	13
2.3 <i>Artificial Intelligence</i> dan <i>Natural Intelligence</i>	15
2.4 Komputasi AI dan Komputasi Konvensional	16

2.5 Soft Computing.....	17
2.6 Latihan Soal.....	19

BAB 3

Algoritma—21

3.1 Ilustrasi	21
3.2 Dasar-Dasar Algoritma.....	23
3.3 Tabel Kebenaran	29
3.4 Latihan Soal.....	31

BAB 4

Fuzzy Logic—33

4.1 Ilustrasi	33
4.2 Pendahuluan	34
4.3 Alasan Digunakannya Fuzzy Logic.....	35
4.4 Himpunan Fuzzy	36
4.5 Fungsi keanggotaan.....	40
4.6 Operator Dasar zاده untuk Operasi Himpunan Fuzzy	50
4.7 Penalaran Monoton.....	52
4.8 Fungsi Implikasi.....	53
4.9 Sistem Inferensi Fuzzy	54
4.10 Latihan Soal.....	79

Daftar Pustaka.....	81
---------------------	----

Riwayat Penulis.....	83
----------------------	----



▪ DAFTAR GAMBAR ▪

Gambar 1.1	Diagram Blok Plant.....	2
Gambar 2.1	Skema Sistem Kontrol Tertutup (<i>close loop</i>)	3
Gambar 1.1	Himpunan MUDA, PAROBAYA dan TUA	37
Gambar 2.1	Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel Usia.....	38
Gambar 3.1	Kurva <i>Linear</i> Naik	40
Gambar 4.1	Kurva <i>Linear</i> Turun.....	41
Gambar 5.1	Kurva Segitiga	42
Gambar 6.1	Kurva Trapesium	43
Gambar 7.1	Representasi Kurva Bahu	44
Gambar 8.1	Kurva Pertumbuhan.....	45
Gambar 9.1	Kurva Penyusutan	46
Gambar 10.1	Kurva PI.....	47
Gambar 11.1	Kurva BETA	48
Gambar 12.1	Kurva GAUSS	49
Gambar 13.1	Titik Koordinat yang Menunjukkan Usia Beresiko	50
Gambar 14.1	Gambaran Tentang Proses Defuzzifikasi.....	58
Gambar 15.1	Fungsi Implikasi-1.....	59
Gambar 16.1	Fungsi Implikasi-2.....	60
Gambar 17.1	Fungsi Implikasi-3.....	60
Gambar 18.1	Fungsi Implikasi-4.....	61
Gambar 19.1	Grafik Fungsi Kelembapan Media Tanan (input)	65
Gambar 20.1	Grafik Fungsi Suhu Ruangan (input).....	66
Gambar 21.1	Grafik Fungsi pH Media Tanam (input)	67
Gambar 22.1	Grafik Fungsi Kipas (output).....	68
Gambar 23.1	Grafik Fungsi Selenoid 1 (output).....	69

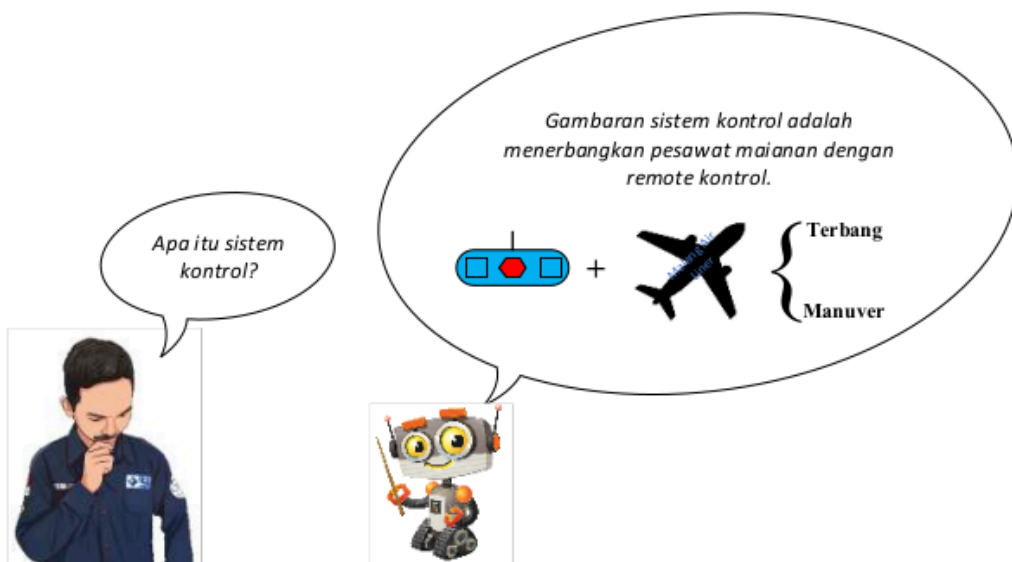
Gambar 24.1 Inferensi Metode Tsukamoto	73
Gambar 25.1 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Permintaan.....	74
Gambar 26.1 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Persediaan	75
Gambar 27.1 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Produksi Barang	76



7 ■ DAFTAR TABEL ■

Tabel 2.1	Perbedaan AI dengan Konvensional.....	17
Tabel 3.1	Simbol-Simbol <i>Flowchart</i> dan Fungsinya	27
Table 3.2	<i>AND</i>	31
Table 3.3	<i>OR</i>	31
Table 3.4	<i>NOT</i>	31
Table 3.5	Jawaban Contoh.....	31

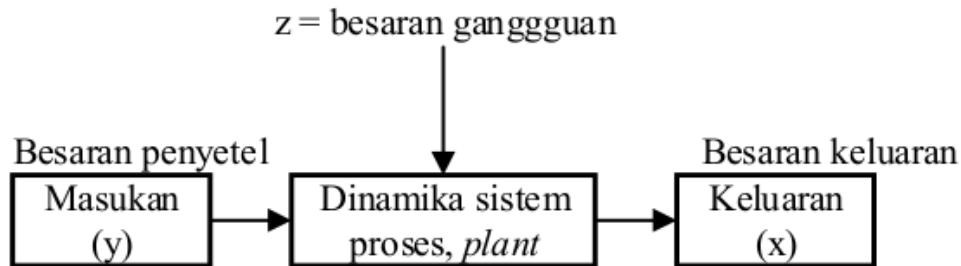
GAMBARAN SISTEM KONTROL



1.1 Pendahuluan

Control system dalam Bahasa Indonesia disebut sistem kontrol minimal, terdiri dari sebuah komponen yang diatur (*plant*). Komponen dikenal sebagai proses sistem yang singkatnya disebut sebagai PROSES. Komponen ini minimal memiliki 2 masukan dan 1 keluaran. Masukan yang dibutuhkan untuk men-trigger *plant* disebut sebagai besaran penyetel, sedangkan besaran masukan yang lain merupakan besaran

gangguan. Besaran gangguan inilah yang mempengaruhi tercapainya besaran keluaran *plant* dengan harga yang diinginkan. Yang terakhir adalah besaran keluaran, dimana dari ini sistem kontrol secara keseluruhan dapat dikatakan stabil, memiliki performa baik atau tidak baik.



Gambar 1.1 Diagram Blok Plant

Jika hubungan antara *plant* masukan dan keluaran bersifat dinamis terhadap waktu, maka analisis yang dipakai adalah diferensial. Persamaan diferensial mewakili hubungan antara proses masukan dan keluaran.

$$x = S\{y, z\}$$

Perhatikan!!!

Menurut Mochammad Rusli dalam bukunya yang berjudul *Dasar Teknik Kontrol*. Tujuan kontrol jika ditinjau dari sisi plant dinyatakan sebagai berikut:

Mengusahakan besaran keluaran plant berada pada harga yang diinginkan, dengan menyulut plant pada besaran penyetelnya. Walaupun plant terkena sinyal gangguan yang kadang-kadang sama sekali belum diketahui peilakunya.

Mengacu pada tujuan sistem kontrol Mochammad Rusli, salah satu solusi untuk pemecahan permasalahan adalah dengan:

Berdasarkan pengamatan yang terus menerus terhadap besaran keluaran plant, besaran penyetel plant diubah-ubah sehingga selisih antara besaran keluaran plant dengan besaran masukan sistem mencapai harga sekecil mungkin, walaupun terhadap p gang guan yang terus menerus mengenai sistem kontrol. Proses ini disebut sebagai kontrol.



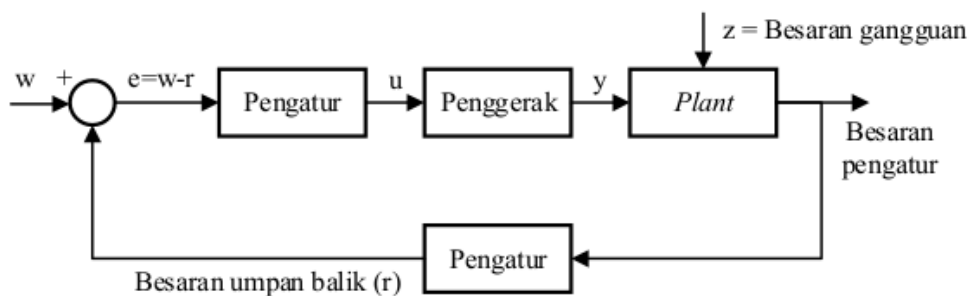
Apa yang bisa disimpulkan?



1.2 Struktur dan Cara Kerja Kontrol

Supaya dapat melihat secara *real time* besaran keluaran *plant* maka dipasanglah sensor pada besaran keluaran. Fungsi sensor sendiri selain untuk mengukur besaran keluaran, terkadang juga untuk mengubah besaran pengatur kedalam besaran lain yang sesuai dengan besaran masukan sistem.

Setelah besaran keluaran dipasang rangkaian kontrol, disebut sebagai besaran pengatur. Dan kebanyakan juga besaran pengatur bukanlah besaran listrik, contoh, volume, kecepatan, tekanan, dan banyak yang lainnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses pengukuran dalam sistem kontrol merupakan pengubah besaran yang terukur ke besaran lain yang sesuai dengan besaran masukan sistem.



Gambar 2.1 Skema Sistem Kontrol Tertutup (*close loop*)

Besaran umpan balik tidak hanya terdiri atas sinyal pengatur sistem namun juga besaran gangguan yang tidak diketahui perilakunya. Asal besaran gangguan berasal dari *plant* yang tercampur didalam secara tidak langsung. Dimana kemudian besaran umpan balik kemudian dibandingkan dengan besaran masukan atau besaran yang diinginkan yang di *triger* dari luar sistem. selisih besaran masukan dan besaran umpan balik adalah hasil kerja komponen pembanding.

Hasil dari komponen pembanding merupakan suatu kombinasi tertentu dari simbol-simbol yang tersusun baik menurut kaidah yang bergantung pada konteksnya. Yang dalam hal ini adalah kesalahan (*error*) $e = w - r$. Umumnya besaran umpan balik dan besaran

masukan merupakan besaran listrik, sehingga kedua besaran tersebut dapat saling dikurangkan.

Perlu diketahui, jika besaran masukan dan besaran umpan balik tidak sama ($e \neq 0$), hal ini disebabkan karena terjadi perbedaan sinyal masukan dengan besaran umpan balik tidak sama dengan nol. Sinyal kesalahan e ini harus men-*trigger plant* supaya besaran pengatur kembali kearah besaran yang diharapkan. Supaya besaran kesalahan dapat men-*trigger plant*, maka dibutuhkan komponen perantara yang menjembatani antara besaran kesalahan dengan *plant* dalam bentuk komponen penggerak.

Artinya dibelakang komponen penggerak, dipasang komponen pengatur, dimana komponen ini bertugas untuk memperbaiki perilaku dinamis sistem kontrol secara keseluruhan.

Perhatikan !!!

Benar !!!

Muhammad Rusli, 2015 dalam bukunya menjelaskan, sebuah kontrol adalah diagram blok yang terdiri dari plant yang belum diketahui perilakunya dan sinyal gangguan yang juga tidak dapat diramalkan. Besaran keluaran plant atau besaran pengatur sistem diukur terus menerus untuk dibandingkan dengan besaran masukan yang merupakan sinyal harapan perilaku sistem. serta dengan selisih kedua sinyal tersebut, komponen pembanding menggerakkan komponen pengatur sehingga besaran pengatur sistem secara keseluruhan memiliki karakteristik sesuai dengan yang diharapkan.

Error=[(Expected value-Actual value)/Actual value]

Percentage Error=[(Expected value-Actual value)/Actual value]×100

1.3 Kontrol *Close Loop* dan *Open Loop*

1.3.1 Kontrol *Close Loop*

Close loop control system atau kita kenal dengan sistem kontrol tertutup merupakan sistem kendali yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung terhadap aksi pengendaliannya. Sinyal kesalahan penggerak adalah selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan-balik (dapat berupa sinyal keluaran atau suatu fungsi sinyal keluaran dan turunannya), diumpankan ke elemen kendali untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran sistem mendekati harga yang diinginkan. Hal ini berarti bahwa pemakaian aksi umpan-balik pada *loop* tertutup bertujuan untuk memperkecil kesalahan sistem.

Perhatikan !!!

- Jenis Sistem Kontrol Close Loop

1. Feedback control system (Sistem Kontrol berumpan balik)
2. Inferential control system (Sistem kontrol inferensial)
3. Feedforward control system (Sistem kontrol berumpan maju)

Keterangan:

1. Input adalah harga yang di inginkan
2. Output adalah harga yang sebenarnya
3. Ada umpan balik ke alat ukur sebelum ke output

1.3.2 Kontrol Open Loop

Open loop control system atau kita kenal dengan sistem kontrol terbuka merupakan kebalikan dari *close loop control system*. Karena kontrol ini tidak memiliki sistem umpan balik, namun perlu diketahui bahwa faktor penting dari kontrol ini adalah waktu.

Perhatikan !!!

..... !!!
Bedanya dimana?

- Kelebihan

1. Konstruksi disain sederhana dan perawatannya mudah
2. lebih murah
3. Tidak memperlakukan kestabilan
4. Tidak ekonomis dalam hal ini sesuai untuk output yang sulit diukur

- Kekurangan

1. Gangguan dan perubahan kalibrasi
2. Untuk menjaga kualitas yang diinginkan perlu kalibrasi ulang dari waktu ke waktu

1.4 Aspek Desain Sistem Kontrol

Jelaskan 3 klasifikasi kebutuhan sistem kontrol !!!

1. Menekankan pengaruh gangguan (disturbance/upset) eksternal
2. Memastikan kestabilan suatu proses kimia
3. Optimisasi performansi suatu proses kimia

Dalam matematika, variabel atau peubah merupakan nilai yang dapat diubah dalam suatu cakupan soal atau himpunan perasi yang diberikan. Variabel dalam proses pada sistem kontrol dibagi menjadi 2 kelompok, antara lain:

- a) Variabel input
 - Manipulasi variabel
 - *Disturbance* : - Dapat diukur
- Tidak dapat diukur
- b) Variabel output
 - Dapat diukur
 - Tidak dapat diukur
- c) Elemen-elemen desain sistem kontrol
 - Mendefinisikan objektif pengontrolan
 - Menyeleksi pengukuran
 - Menyeleksi variabel yang dimanipulasikan
 - Menyeleksi konfigurasi kontrol
 - Mendesain kontroler

1.5 Istilah Sistem Kontrol

Beberapa istilah atau kalimat yang sering digunakan dalam sistem kontrol, antara lain:

- a) **Variabel**
Suatu sebutan yang bentuknya dapat diberi nilai angka (kuantitatif) atau nilai mutu (kualitatif).
- b) **Variabel Bebas**
Variabel bebas dapat dikatakan juga sebagai variabel independen. Dinamakan variabel bebas karena variabel ini memang bebas, maksudnya adalah dapat berdiri sendiri tanpa dipengaruhi oleh variabel lainnya.
Variabel ini juga dikatakan sebagai variabel pengaruh karena akan memberikan pengaruh terhadap variabel lainnya. Jadi, biasanya variabel bebas ini terletak di depan di dalam suatu judul penelitian.

c) Variabel Terikat

Variabel terikat atau variabel independen adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Oleh sebab itu, variabel terikat juga dikatakan sebagai variabel terpengaruh. Variabel terikat biasanya terletak di akhir judul suatu penelitian.

d) Kontrol Variabel

Variabel-variabel yang pengaruhnya harus dinetralkan. atau dapat disebut sebagai faktor-faktor yang dikontrol atau dinetralkan pengaruhnya oleh peneliti karena jika tidak dinetralkan diduga ikut mempengaruhi hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat.

e) Parameter

Parameter merupakan ukuran suatu keadaan secara relatif. Istilah parameter ini biasanya digunakan untuk membantu dalam menentukan atau mengklasifikasikan sistem tertentu. Jadi, parameter adalah komponen yang berguna dalam mengidentifikasi suatu sistem.

f) *Setpoint*

Harga yang diinginkan dari kontrol variabel.

g) Variabel yang Diubah-Ubah

Variabel yang digunakan untuk menjaga variabel kontrol berada pada setpoint-nya, biasanya berupa laju alir dari aliran tertentu yang masuk atau meninggalkan suatu proses.

h) *Feedback*

Umpan balik (*feedback*) merupakan sebuah informasi yang diterima sebagai hasil respons terhadap informasi yang telah dikirim sebelumnya.

i) Input

Alat-alat yang berfungsi untuk memasukkan data atau perintah dari luar sistem ke dalam suatu memori dan prosesor untuk diolah guna menghasilkan informasi yang diperlukan.

- j) **Output**
Alat-alat yang berfungsi mengeluarkan data-data yang berbentuk informasi yang dibutuhkan.
- k) **Trigger**
Dalam Bahasa Indonesia disebut sebagai pemicu atau menggerakkan.
- l) **Uncontrolled variable**
Variabel di dalam proses yang tidak bisa dikontrol. Contohnya: suhu dari sebuah tray dalam kolom distilasi.
- m) **Disturbance atau upset**
Variabel yang dapat menyebabkan variabel kontrol berubah dari harga setpoint-nya. Biasanya berupa laju alir, suhu, atau komposisi sebuah aliran yang masuk (tapi kadang meninggalkan) suatu proses.
- n) **Sensor**
17 Suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya.
- o) **Transduser**
16 Sebuah alat yang bila digerakan oleh suatu energi di dalam sebuah sistem transmisi, akan menyalurkan energi tersebut dalam bentuk yang sama atau dalam bentuk yang berlainan ke sistem transmisi berikutnya.

1.6 Latihan Soal

- 1) Apa yang dimaksud dengan sistem kontrol, dan apa komponen utama yang membentuk sistem kontrol tersebut?
- 2) Jelaskan perbedaan antara sistem kontrol terbuka (*open loop*) dan sistem kontrol tertutup (*close loop*)?
- 3) Apa peran sensor dalam sistem kontrol tertutup, dan bagaimana cara kerjanya?

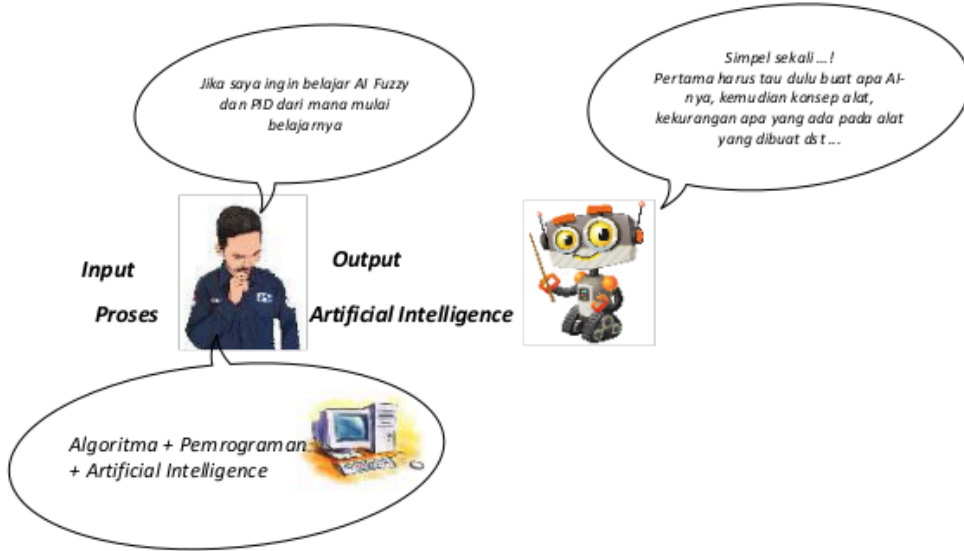
- 4) Bagaimana sebuah sistem kontrol tertutup memastikan bahwa output tetap sesuai dengan nilai yang diinginkan meskipun terdapat gangguan?
- 5) Sebutkan dan jelaskan tiga jenis sistem kontrol tertutup (*close loop*) yang disebutkan dalam referensi?
- 6) Apa yang dimaksud dengan besaran penyetel dalam sistem kontrol, dan bagaimana peranannya dalam mencapai keluaran yang diinginkan?
- 7) Jelaskan skema dasar dari diagram blok plant dalam sistem kontrol.
- 8) Apa yang dimaksud dengan sinyal kesalahan (*error signal*) dalam sistem kontrol tertutup, dan bagaimana pengaruhnya terhadap penggerak?
- 9) Dalam sistem kontrol, apa peran dari komponen penggerak (*actuator*), dan bagaimana interaksinya dengan pengatur (*controller*)?

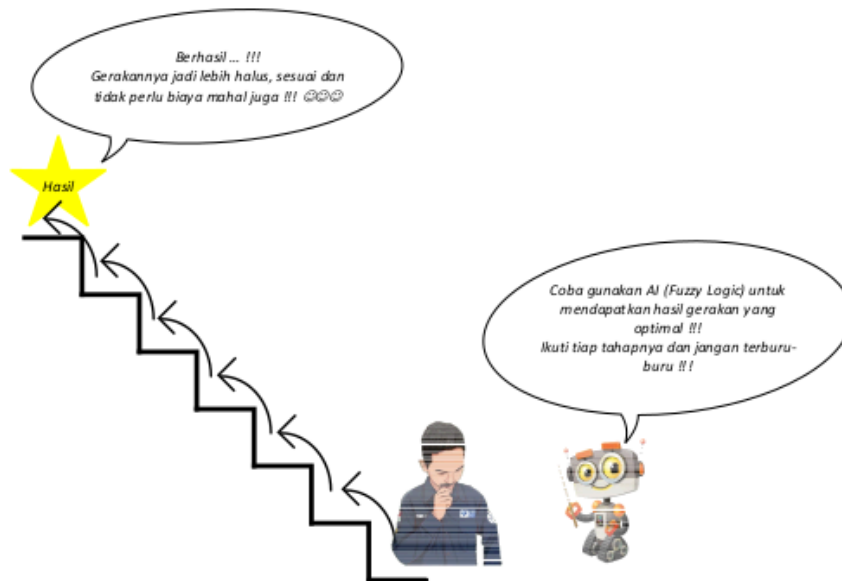
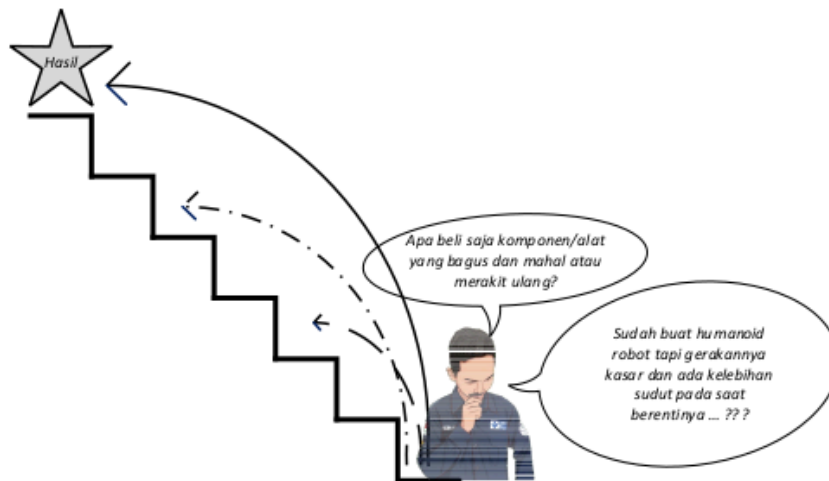
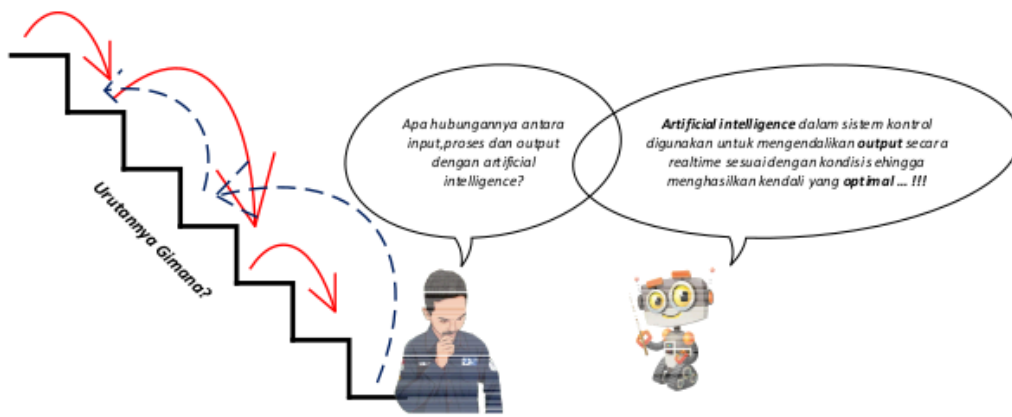
Apa yang dimaksud dengan diagram blok sistem kontrol dan mengapa penting dalam memahami cara kerja sistem kontrol?

2

GAMBARAN ALGORITMA

Ilustrasi





Dalam dunia elektronika dan komputer kita sering mengenal istilah algoritma serta kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*). Dalam matematika, Algoritma merupakan prosedur langkah demi langkah untuk perhitungan (proses). Kata algoritma berasal dari kata *algorism* yang mempunyai arti proses menghitung. Pertama kali diperkenalkan oleh Abu Ja'far Muhammad Ibnu Musa Al Khawarizmi, beliau seorang dosen dan ahli dalam bidang matematika, astronomi, geografi dan astrologi.

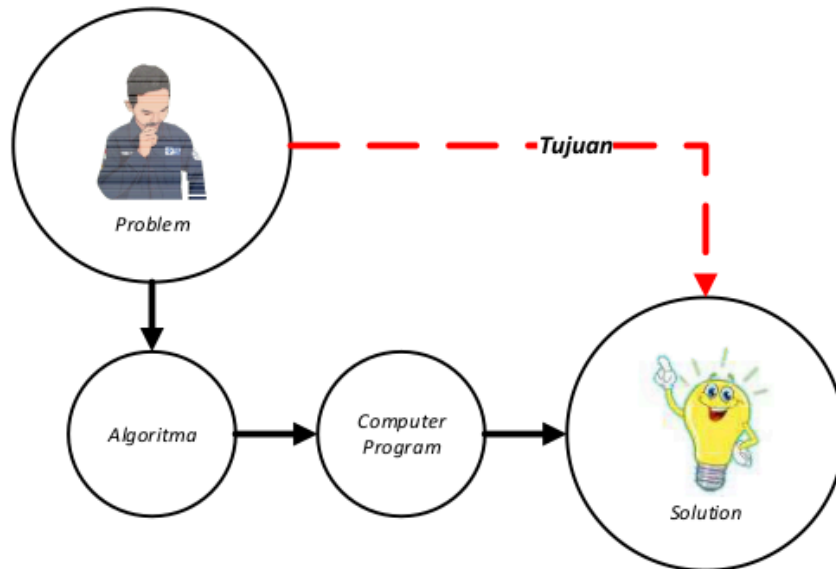
Sebenarnya apa yang dimaksud dengan kecerdasan buatan. Kecerdasan buatan atau kita kenal dengan *Artificial Intelligence* (AI) merupakan salah satu bagian dari ilmu komputer yang membuat supaya komputer (mesin) dapat melakukan pekerjaan layaknya yang dilakukan manusia. Dengan belajar maka semakin banyak pengalaman atau bekal individu yang nantinya diharapkan dapat digunakan dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi. Dalam implementasi sehari-hari, seseorang tidak cukup hanya mengandalkan pengetahuan saja, namun juga menggunakan akal serta perasaan untuk melakukan penalaran dan pengambilan kesimpulan dari pengalaman yang didapatkannya.

Jika kita ingin membuat komputer memiliki kemampuan layaknya manusia, maka kita perlu memberikan pengetahuan dimana nantinya akan digunakan untuk menalar. Dengan menggunakan metode AI yang kita tanamkan pada komputer diharapkan komputer bisa menjadi mesin yang pintar.

2.1 Definisi Algoritma

Algoritma merupakan deskripsi langkah demi langkah pelaksanaan suatu proses. Dimana sebuah proses dikerjakan oleh pemroses dengan berdasarkan algoritma yang diberikan. Sedangkan setiap langkah penyelesaian dinyatakan dengan sebuah pernyataan (*statement*), dan sebuah pernyataan menggambarkan aksi (*action*) algoritma yang dieksekusi. Bila suatu aksi dieksekusi, maka sejumlah operasi yang

bersesuaian dengan aksi tersebut dikerjakan oleh pemroses. Algoritma dapat ditulis dalam bentuk narasi yang disusun menjadi kalimat, atau dapat juga berupa tabel, gambar dan bagan.



Menurut Kusuma A dan Gregorius A, 2011. Buku “Algoritma Pemrograman C++ Dalam Ilustrasi” menyederhanakan pengertian algoritma, antara lain:

- a) Urutan langkah-langkah dalam menyelesaikan masalah.
- b) Deretan langkah-langkah komputasi yang mentransformasikan data input menjadi output.
- c) Deretan instruksi yang jelas untuk memecahkan masalah, yaitu dengan memperoleh output yang diinginkan dari suatu input dalam jumlah waktu yang terbatas.
- d) Prosedur komputasi yang terdefinisikan dengan baik yang menggunakan beberapa nilai sebagai masukan dan menghasilkan beberapa nilai yang disebut keluaran.

Knurth D, 1973. Buku “*The Art of Computer Programming*” mengatakan algoritma memiliki lima ciri penting, antara lain:

- a) Input atau masukan adalah algoritma tersebut tidak mempunyai input atau mempunyai input bisa satu atau lebih.

- b) Algoritma harus mempunyai output atau keluaran. output dalam hal ini merupakan besaran yang mempunyai hubungan dengan input, meskipun berjumlah hanya satu atau banyak output.
- c) *Finiteness* atau menyatakan bahwa suatu algoritma harus berakhir untuk semua kondisi setelah memproses suatu perintah dalam sejumlah langkah.
- d) *Definiteness* adalah setiap langkah harus dinyatakan dengan jelas serta memiliki satu arti (tidak memiliki banyak arti).
- e) Efektifitas adalah semua operasi yang dilakukan oleh algoritma harus sederhana serta dapat dikerjakan dalam waktu terbatas.

2.2 Artificial Intelligence & Natural Intelligence

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, *Artificial Intelligence* (AI) atau kecerdasan buatan membuat komputer (mesin) dapat berfikir dan bertindak layaknya manusia, sedangkan *Natural Intelligence* atau kecerdasan alami adalah jenis kecerdasan yang dimiliki oleh manusia.

beberapa kelebihan yang dimiliki oleh *artificial intelligence*, antara lain:

- a) *Artificial intelligence* bersifat permanen dan tidak akan berubah selama sistem komputer dan program tidak mengubahnya. Berbeda dengan *artificial intelligence*, *natural intelligence* akan cepat mengalami perubahan, hal ini disebabkan karena manusia mempunyai sifat lupa.
- b) *Artificial intelligence* mudah ditiru atau disalin dan disebar, yang artinya jika pengetahuan terletak pada sistem komputer maka pengetahuan tersebut dapat dipindahkan dengan mudah ke komputer yang lain. Sedangkan *natural intelligence* membutuhkan proses yang lama serta membutuhkan kemampuan dan keahlian khusus untuk dapat meniru dengan sempurna.
- c) *Artificial intelligence* memiliki nilai lebih murah jika dibandingkan dengan *natural intelligence*. Dalam hal ini akan lebih cepat, mudah dan murah dalam menyediakan komputer jika kita bandingkan

dengan mendatangkan seseorang (pakar/ahli) untuk mengerjakan sejumlah pekerjaan dalam jangka waktu tertentu.

- d) Sifat konsisten dimiliki oleh *artificial intelligence*, hal ini dikarenakan *artificial intelligence* merupakan bagian dari komputer. Sedangkan *natural intelligence* akan selalu serta mudah berubah-ubah.
- e) *Natural intelligence* sulit direproduksi, sedangkan *artificial Intelligence* dapat didokumentasikan dengan melacak setiap aktivitas dari sistem tersebut.
- f) Dengan menggunakan *artificial intelligence* akan mempercepat pengerjaan pekerjaan serta proses pengerjaannya lebih baik dibandingkan dengan *natural intelligence*.

Sedangkan kelebihan dari *natural intelligence* jika dibandingkan dengan *artificial intelligence*, antara lain:

- a) Manusia mempunyai sifat kreatif, dimana kemampuan untuk menambahkan atau memenuhi pengetahuan itu sangat melekat pada jiwa manusia. pada *artificial intelligence* untuk menambahkan pengetahuan harus melalui tahapan dan sistem yang sudah dirancang atau dibuat.
- b) *Natural intelligence* memungkinkan individu menggunakan pengalaman secara langsung. Berbeda pada *artificial intelligence*, pengguna akan dihadapkan pada input yang berupa simbol-simbol untuk melakukan pekerjaan.
- c) Pengalaman dari pemikiran individu dapat digunakan secara luas, sedangkan pada *artificial intelligence* terbatas.

2.3 Komputasi *Artificial Intelligent* & Komputasi Konvensional

Seperti pada penjelasan diatas, pada awal diciptakannya sebuah komputer hanya difungsikan sebagai alat hitung/komputasi konvensional, dalam pengembangannya dibagi menjadi empat generasi

yang salah satunya juga diperuntukkan dalam perang. Perbedaan yang mendasar dari kedua jenis komputasi ini, antara lain:

Tabel 3.1. Perbedaan *Artificial Intelligence* dengan Konvensional

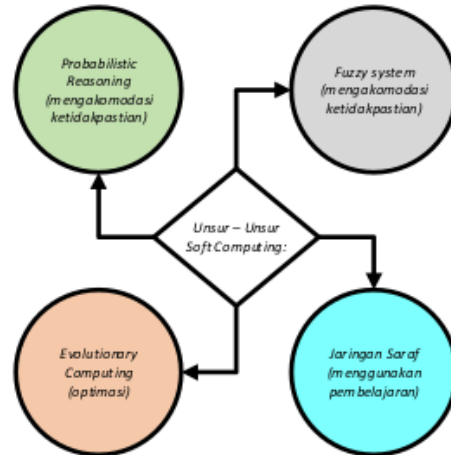
Dimensi	<i>Artificial Intelligence</i>	Pemrograman Konvensional
Pemrosesan	Mengandung konsep-konsep simbolik	Algoritmik
Sifat Input Pencarian	Bisa tindak lengkap Kebanyakan bersifat heuristik	Harus lengkap Bisa didasarkan pada algoritma
Keterangan	Disediakan	Biasanya tidak disediakan
Fokus Struktur	Pengetahuan Kontrol dipisah dari pengetahuan	Datan dan informasi Kontrol terintegrasi dengan informasi (data)
Sifat Output Pemeliharaan dan <i>Update</i>	Kuantitatif Relatif mudah	Kualitatif Sulit
Kemampuan Menalar	Ya	Tidak

2.4 Soft Computing

Soft Computing berasal dari bahasa Inggris, jika diartikan maka dapat diterjemahkan sebagai sekumpulan algoritma, termasuk jaringan saraf, logika *fuzzy*, dan algoritma genetika. Algoritma ini toleran terhadap ketidaktepatan, ketidakpastian, kebenaran parsial dan pendekatan. Ini kontras dengan komputasi keras: algoritma yang menemukan solusi yang terbukti benar dan optimal untuk masalah.

Soft Computing merupakan sebuah inovasi dalam merancang dan membangun sistem cerdas (*smart system*). Kemampuan pada *smart*

system merupakan sistem sama seperti manusia pada domain tertentu, mampu beradaptasi dan belajar terhadap kondisi real time, sehingga dapat menghasilkan output yang optimal.



Definisi *soft computing* menurut Zadeh adalah hubungan antara *fuzzy logic*, *neuro-computing*, *probabilistic reasoning*, dan *genetic algorithm*. Keempat unsur diatas dapat saling melengkapi satu dengan yang lain dan bukan lawan atau kebalikan dari masing-masing unsur.

Tabel Hubungan Antara Fuzzy/Probabilistic Reasoning, Artificial Neural Network, Evolutioner System dan AI Konvensional

	Learning	Ekstraksi Pengetahuan	Operasi Real Time	Representasi Pengetahuan	Optimasi
Fuzzy/Probabilistic Reasoning	Tidak	Ya	Ya	Sim bolik/ Numerik	Tidak
Artificial Neural Network	Ya	Tidak	Ya	Numerik	Tidak
Evolutioner System	Ya	Tidak	Tidak	Numerik	Ya
Sistem AI Konvensional	Tidak	Ya	Tidak	Sim bolik/ Numerik	Tidak



Soft computing memiliki karakteristik, antara lain:

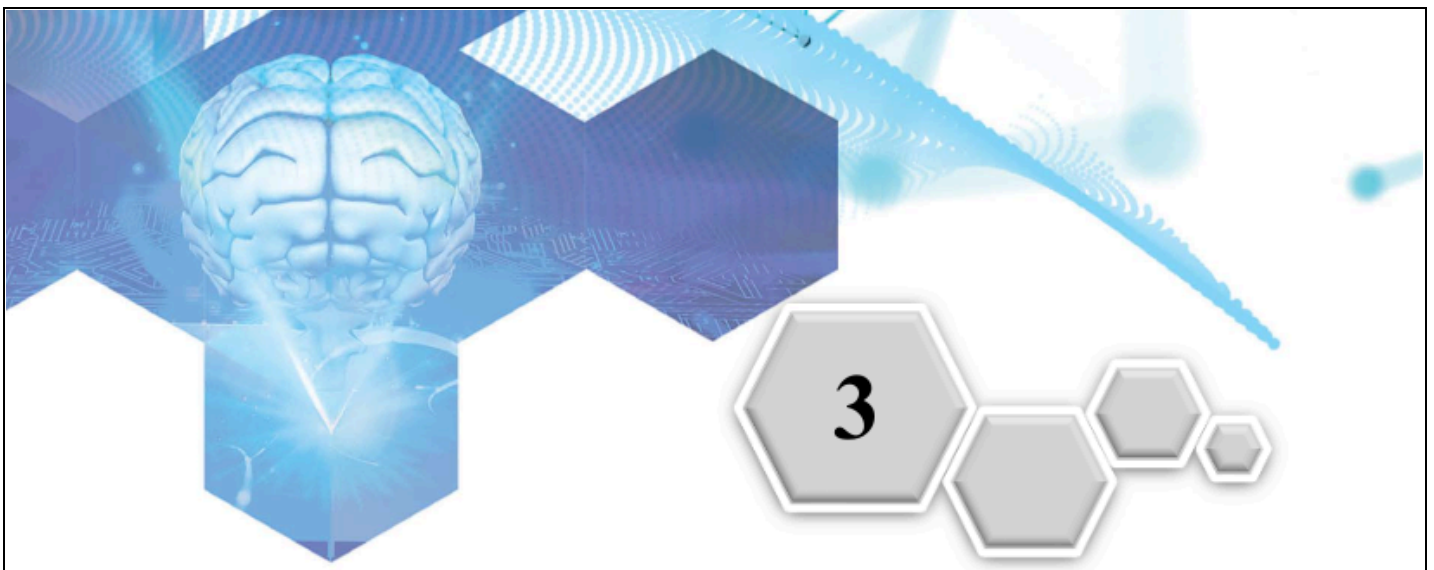
- Soft computing memerlukan keahlian dari manusia, apabila direpresentasikan dalam bentuk aturan (IF - THEN).
- Model komputasinya diilhami dari proses biologis.

- c) *Soft computing* merupakan teknik optimasi yang tergolong baru.
- d) *Soft computing* menggunakan komputasi numeris.
- e) *Soft computing* memiliki toleransi kegagalan (meskipun kualitasnya perlahan-lahan semakin jelek).

2.5 Latihan Soal

- 1) Apa yang dimaksud dengan algoritma dan sebutkan ciri-ciri penting dari sebuah algoritma?
- 2) Jelaskan perbedaan antara *Artificial Intelligence* (AI) dan *Natural Intelligence* (NI)?
- 3) Apa yang dimaksud dengan struktur urut (*sequence*) dalam algoritma, dan kapan struktur ini digunakan?
- 4) Apa yang dimaksud dengan *Pseudocode*, dan bagaimana hubungannya dengan penulisan algoritma?
- 5) Jelaskan apa itu *flowchart* dan sebutkan beberapa simbol dasar yang digunakan dalam *flowchart* beserta fungsinya!
- 6) Apa perbedaan utama antara pemrograman konvensional dan *Artificial Intelligence* (AI) dalam komputasi?
- 7) Apa yang dimaksud dengan *soft computing*, dan sebutkan unsur-unsur yang terkait dalam *soft computing*?
- 8) Jelaskan apa yang dimaksud dengan algoritma dan sebutkan empat generasi komputer yang digunakan dalam pengembangannya?
- 9) Apa kelebihan *Artificial Intelligence* (AI) dibandingkan *Natural Intelligence* (NI)?

Apa peran dari logika *fuzzy* dalam *Artificial Intelligence*, dan berikan contoh penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari?



ALGORITMA

Bab 3 ini akan membahas konsep dasar algoritma, yang meliputi beberapa istilah yang umumnya dipakai dalam pemrograman dan struktur dasar pembangunan algoritma (*sequence*, *selection* dan *repetition*). Konsep dasar ini akan dijelaskan dengan menggunakan contoh yang dibuat dalam bentuk ilustrasi sederhana, sehingga mudah dipahami.

3.1 Ilustrasi



Seperti dijelaskan pada bab sebelumnya, algoritma berarti deskripsi langkah demi langkah pelaksanaan suatu proses, juga bisa diartikan

sebagai solusi. Ketika orang berbicara mengenai algoritma di bidang pemrograman, maka yang dimaksud adalah solusi dari suatu masalah yang harus dipecahkan dengan menggunakan komputer. Algoritma harus dibuat secara runtut agar komputer mengerti dan mampu mengeksekusinya. Analisis kasus sangat dibutuhkan dalam membuat sebuah algoritma, misalnya proses apa saja yang sekiranya dibutuhkan untuk menyelesaikan masalah yang harus diselesaikan. Pengertian algoritma sangat lekat dengan kata logika, yaitu kemampuan seorang manusia untuk berfikir dengan akal tentang suatu masalah dan menghasilkan sebuah kebenaran, dapat dibuktikan dan masuk akal. Dalam menyelesaikan suatu masalah logika sangat diperlukan. Logika identik dengan masuk akal dan penalaran. Penalaran adalah salah satu bentuk pemikiran. Definisi logika sangat sederhana yaitu cara berfikir untuk tujuan tertentu namun menurut aturan yang berlaku.

Algoritma ini sangat berkaitan dalam hal pemrograman. Pemrograman adalah kumpulan instruksi-instruksi tersendiri yang biasanya disebut *source code* yang dibuat oleh *programmer* (pembuat program). Program adalah realisasi dari sebuah algoritma. Program terdiri dari algoritma dan bahasa pemrograman sehingga membentuk suatu intruksi komputer untuk menyelesaikan suatu permasalahan. Dalam menyusun sebuah program atau memulai pemrograman perlu diketahui syarat-syarat algoritma maupun program.

Syarat algoritma ini bertujuan untuk membuat suatu program harus berdasar pada algoritma yang sesuai sehingga jika terjadi *error* atau kesalahan dalam membuat program dapat diselesaikan dengan mudah. Kita pun dalam membuat program tidak selalu berkerja sendiri jadi sebaiknya membuat algoritma yang mudah dipahami atau dimengerti sehingga orang lain pun dapat mengembangkan atau membuat program baru dari program yang sebelumnya dibuat. Setelah membuat algoritma yang sesuai maka berlanjut ke tahap pembuatan program.

- Perhatikan !!!
1. **4** Harus dibuat algoritma yang benar.
 2. **4** Tingkat kepercayaannya tinggi (*reability*) Hasil yang diperoleh dari proses harus berakurasi tinggi dan benar.
 3. **4** Proses harus diselesaikan secepat mungkin dan frekuensi kalkulasi yang sependek mungkin.
 4. **4** Prosesan yang efisien (*cost rendah*).
 5. **4** Bukan sesuatu yang hanya untuk menyelesaikan satu kasus saja, tapi juga untuk kasus lain yang lebih.
 6. **4** Bisadikembangkan (*expandable*).
 7. **4** Bersifat umum (*general*).
 8. **4** Mudah dimengerti.
 9. **4** Mudah dilelala (*maintenance*).
 10. **4** Efektif.
 11. **4** Intruksi harus bisa dikerjakan dalam pemroses yang akan menjalankannya.
 12. **4** Jalan algoritma harus ada kriteria berhenti.
 13. **4** Output yang dihasilkan tepat.



Langkah-langkah pembuatan program ini bertujuan untuk menyusun sebuah algoritma tertata dan lebih berurutan sehingga tidak ada algoritma yang terlewat dan program sesuai dengan yang kita inginkan. Ketika algoritma dan program sudah sesuai dan benar maka proses pemrograman akan berjalan sesuai dengan output yang kita inginkan dan semisal terjadi sebuah *error* atau kesalahan maka dengan mudah kita memperbaikinya.

3.2 Dasar-Dasar Algoritma

Algoritma yang merupakan langkah-langkah penyelesaian masalah dapat dibedakan menjadi beberapa struktur dasar, yaitu Struktur Urut (*Sequence*), Struktur Pemilihan (*Selection*), dan Struktur Pengulangan (*Repetition*). Berikut penjelasannya:

1) Struktur Urut (*Sequence*)

Struktur urut adalah struktur yang digunakan untuk mengerjakan jenis program yang pernyataannya *sequential* atau berurutan. Pada struktur ini, perintah yang diberikan secara beruntun atau berurutan baris per baris mulai dari awal hingga akhir. Struktur urut tidak memuat lompatan atau pengulangan didalamnya.

Intruksi dalam struktur urut memiliki karakteristik seperti:

- a) Tiap perintah dikerjakan satu per satu sebanyak sekali.
- b) Pelaksanaan perintah dilakukan secara berurutan.
- c) Perintah terakhir merupakan akhir dari algoritma.
- d) Perubahan urutan dapat menyebabkan hasil yang berbeda.

Struktur urut dalam sains biasanya digunakan untuk melakukan perhitungan pada kasus yang melibatkan rumus-rumus sederhana dengan melibatkan operator penjumlahan, pengurangan, dan perkalian. Beberapa contoh kasus yang dapat menerapkan logika dengan struktur urut adalah perhitungan suatu besaran dengan rumus sederhana seperti jarak tempuh, luas persegi panjang, luas lingkaran, perhitungan upah pegawai, dan sejenisnya. Sebagai contoh kita akan membuat algoritma mencari luas sebuah persegi panjang, maka algoritma penyajiannya antara lain:

- Mulai.
- Masukkan nilai panjang.
- Masukkan nilai lebar.
- Hitung luas = panjang \times lebar.
- Tampilkan luas.
- Selesai.

Proses penyajian ini seperti kita mengerjakan matematika itu sendiri sehingga harus berurutan sampai menghasilkan output yang diinginkan.

2) Struktur Dasar Pemilihan (*Selection*)

Struktur Pemilihan adalah struktur yang digunakan pada program yang memerlukan proses pengujian kondisi untuk mengambil suatu keputusan apakah suatu baris perintah akan diproses atau tidak. Pengujian kondisi ini dilakukan untuk memilih salah satu dari beberapa alternatif yang tersedia. Tidak semua baris program akan dikerjakan pada struktur ini, melainkan hanya baris yang memenuhi syarat saja. Secara umum, perintah dalam struktur ini berjalan secara runtun atau berururur mulai dari perintah pertama hingga akhir, namun perintah dapat dibuat berpindah ke perintah lain atau berhenti jika syarat yang ditentukan terpenuhi. Dalam implementasi MATLAB, beberapa intruksi atau perintah yang dapat digunakan untuk membuat program dengan struktur pemilihan, antara lain perintah:

- *If Then And*
- *If Then Else And*
- *If Then Else If Else And*
- *Switch Case Otherwise*

Perintah-perintah ini digunakan sesuai dengan jenis struktur pemilihan yang akan dibuat.

3) Struktur Dasar Pengulangan (*Repetition*)

Struktur Pengulangan adalah struktur yang melakukan pengulangan beberapa kali terhadap satu baris atau satu blok baris program. Pengulangan akan dilakukan sesuai dengan persyaratan yang diberikan. Beberapa intruksi atau perintah yang dapat digunakan untuk membuat program dengan struktur pengulangan, antara lain perintah *for*, *while* atau *do, while*. Perintah ini digunakan sesuai dengan jenis struktur pengulangan yang akan dibuat.

Selain struktur algoritma, perlu diperhatikan juga penyajian sebuah algoritma itu sendiri. Penyajian algoritma adalah bagaimana langkah-langkah dalam memahami algoritma dan menuliskannya kedalam bentuk program. Bentuk penyajian algoritma dibagi menjadi 3 antara lain:

a) Algoritma dengan bahasa Indonesia (Umum)

Penyajian algoritma ini sangat umum digunakan, yang mana sifat dari penyajian algoritma ini sangat bebas tidak tergantung pada bahasa pemrograman dan notasinya dapat digunakan pada bahasa pemrograman manapun. Contoh program menghitung penjumlahan suatu bilangan. Algoritma dengan struktur Bahasa Indonesia yaitu.

- Baca nilai a,b,c.
- Jumlahkan ketiga bilangan.
- Tulis hasilnya.


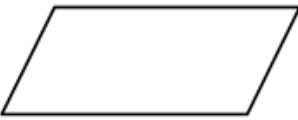

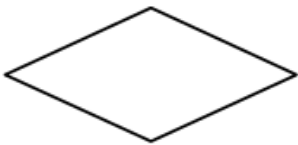

b) Algoritma dengan ⁵ *Pseudocode*.
Pseudocode berasal dari kata *pseudo* yang artinya imitasi/miri/menyerupai dan *code* yang berarti program. *Pseudocode* berbasis pada kode program yang sesungguhnya seperti Pascal, C, C++. Berikut adalah contoh struktur penggunaannya. Contoh struktur Indonesia, antara lain:




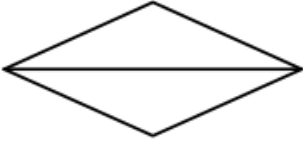
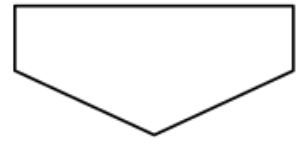
- ⁵ Baca data jam_kerja.
- Hitung gaji adalah jam_kerja dikalikan tarif.
- Tampilkan gaji.
- *Pseudocode* dengan Pascal.
- *Read* jam_kerja.
- Gaji = jam_kerja * tarif.
- *Write* gaji.

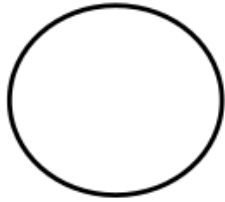
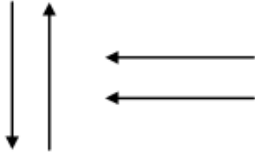
c) Algoritma dengan Flowchart

²² Dalam *structure English*/ struktur Indonesia digambarkan tahap-tahap penyelesaian masalah dengan menggunakan kata-kata (*teks*). Kelemahan cara ini adalah dalam penyusunan algoritma sangat dipengaruhi oleh tata bahasa pembuatnya, sehingga kadang-kadang orang lain sulit memahaminya. Oleh ¹⁶ sebab itu kemudian dikembangkan metode yang menggambarkan tahap-tahap pemecahan masalah dengan merepresentasikan simbol-simbol tertentu yang mudah dimengerti, mudah digunakan dan standar. Salah satu penulisan simbol tersebut adalah dengan menggunakan *flowchart*. Berikut adalah simbol-simbol yang biasa digunakan pada flowchart dan juga fungsinya.

Tabel 3.2. Simbol-Simbol *Flowchart* dan Fungsinya

Simbol	Keterangan
	5 Simbol Terminal, simbol yang digunakan untuk menyatakan awal atau akhir suatu program.
	5 Simbol Input/Output, simbol yang digunakan untuk menunjukkan operasi masukan atau keluaran.
	Simbol proses, simbol yang digunakan untuk menggambarkan proses pengolahan data.
	Simbol Keputusan, simbol yang digunakan untuk menyatakan suatu pilihan berdasarkan suatu kondisi tertentu.
	16 Simbol persiapan (<i>preparation</i>), simbol yang digunakan untuk memberikan nilai awal pada suatu variabel atau pencacah.

Simbol	Keterangan
	<p>5 Simbol proses terdefinisi (<i>predefined process symbol</i>), simbol yang digunakan untuk proses yang detilnya dijelaskan terpisah, misal dalam bentuk <i>subroutine</i>.</p>
	<p>5 Simbol yang menunjukkan dokumen yang digunakan untuk input dan output baik secara manual, mekanik maupun komputerisasi.</p>
	<p>Simbol yang menunjukkan pekerjaan yang dilakukan secara manual.</p>
	<p>Simbol yang menunjukkan proses pengurutan dokumen di luar komputer.</p>
	<p>5 Simbol yang digunakan untuk menghubungkan bagian diagram alir pada halaman yang berbeda.</p>

Simbol	Keterangan
	Simbol yang digunakan untuk menghubungkan bagian diagram alir pada halaman yang sama.
	Simbol yang digunakan untuk menunjukkan arah aliran proses.

Pedoman membuat *flowchart*:

- *Flowchart* dibuat dari atas ke bawah dimulai dari bagian kiri suatu halaman.
- Kegiatan dalam *flowchart* harus ditunjukkan dengan jelas.
- Kegiatan dalam *flowchart* harus jelas dimana akan dimulai dan dimana akan berakhir.
- Kegiatan yang ada dalam *flowchart* digunakan kata yang mewakili pekerjaan.
- Kegiatan dalam *flowchart* harus sesuai dengan urutannya.
- Kegiatan yang terpotong dihubungkan dengan simbol penghubung.
- Simbol-simbol yang digunakan *flowchart* adalah simbol-simbol standar.

3.3 Tabel Kebenaran

Tabel kebenaran (*truth table*) merupakan cara yang tepat untuk menentukan nilai kebenaran proposisi majemuk, dimana tabel kebenaran akan menampilkan hubungan antara nilai kebenaran

dari proposisi atomik. Secara umum pada tabel terdapat dua nilai T bernilai *true* (benar) dan F bernilai *false* (salah).

Tabel 3.3. And

p	q	$p \wedge q$
T	T	T
T	F	F
F	T	F
F	F	F

Tabel 3.4. Or

p	q	$p \vee q$
T	T	T
T	F	T
F	T	T
F	F	F

Tabel 3.5. Not

p	$\neg q$
T	F
F	T

Ketiga tabel diatas adalah merupakan tabel kebenaran dasar yang umum digunakan dalam menjelaskan nilai dari konjungsi, disjungsi dan ingkaran.

Contoh: Diketahui jika $p, q,$ dan r merupakan sebuah proposisi. Tentukan tabel kebenaran dari logika dibawah ini.

$$(p \wedge q) \vee (q \vee \neg r)$$

Penyelesaian:

Tabel 3.6. Jawaban Contoh

p	q	r	$p \wedge q$	$\neg r$	$q \vee \neg r$	$(p \wedge q) \vee (q \vee \neg r)$
T	T	T	T	F	T	T
T	T	F	T	T	T	T
T	F	T	F	F	F	F
T	F	F	F	T	T	T
F	T	T	F	F	T	T
F	T	F	F	T	T	T
F	F	T	F	F	F	F
F	F	F	F	T	T	T

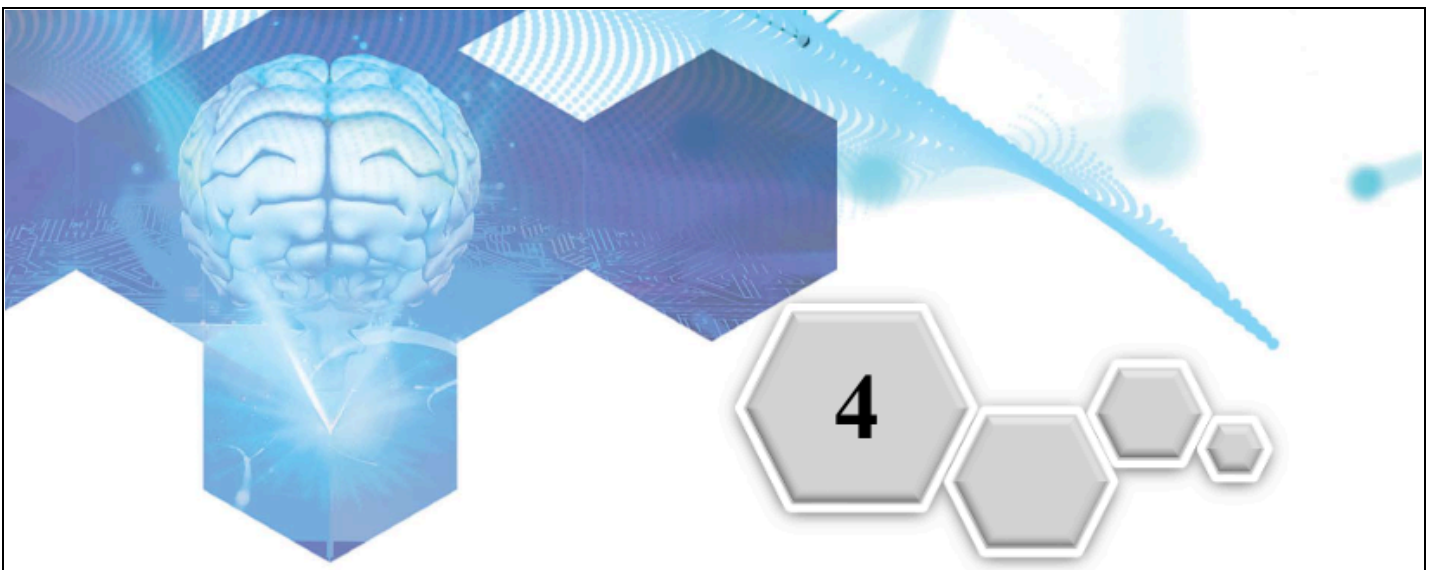
Penjelasan:

Karena terdapat tiga buah proposisi atomik dalam el=kspresi logika, yang mana setiap proposisinya mempunyai dua kemungkinan nilai,

sehingga jumlah kombinasi dari semua proposisi adalah “ $2 \times 2 \times 2 = 8$ ”.

3.4 Latihan Soal

- 1) Apa yang dimaksud dengan algoritma, dan mengapa pemahaman algoritma sangat penting dalam pemrograman komputer?
 - 2) Jelaskan perbedaan antara struktur urutan (*sequence*), struktur pemilihan (*selection*), dan struktur pengulangan (*repetition*) dalam algoritma?
 - 3) Apa saja karakteristik yang harus dimiliki sebuah algoritma agar dapat dikatakan sebagai algoritma yang baik?
 - 4) Berikan contoh penggunaan algoritma dalam kehidupan sehari-hari di luar pemrograman komputer?
 - 5) Apa itu *flowchart*, dan bagaimana *flowchart* dapat membantu dalam memahami dan merancang algoritma?
 - 6) Sebutkan dan jelaskan jenis-jenis simbol yang digunakan dalam *flowchart* serta fungsinya?
 - 7) Jelaskan apa yang dimaksud dengan *pseudocode* dan peranannya dalam pengembangan program?
 - 8) Berikan contoh sederhana dari algoritma dengan struktur pengulangan (*repetition*) yang digunakan dalam menghitung jumlah angka dari 1 sampai 10?
 - 9) Apa yang dimaksud dengan efektivitas algoritma dan bagaimana hal ini mempengaruhi kinerja sebuah program?
- Jelaskan bagaimana proses debugging dapat dibantu dengan menggunakan *flowchart* dan *pseudocode*?



FUZZY LOGIC

Bab 4 ini akan membahas *Fuzzy Logic* yang meliputi himpunan *fuzzy*, logika *fuzzy*, aturan *fuzzy*, konsep dasar algoritma yang meliputi beberapa istilah yang secara umum dipakai dalam pemrograman dan struktur dasar pembangunan algoritma (*sequence*, *selection* dan *repetition*). Konsep dasar ini akan dijelaskan dengan menggunakan contoh yang dibuat dalam bentuk ilustrasi sederhana, sehingga mudah dipahami.

4.1 Ilustrasi

Jadi Logika Fuzzy merupakan sistem cerdas untuk menalar, memecahkan dan mengkonstruksi untuk memecahkan masalah yang sama yang sulit didefinisikan model matematika.

Perhatikan !!!

Benar !!!

Perhatikan contoh berikut ini:

- Pertanyaan tentang seberapa sejuk ruangan, tentu linguistik manusia akan mengatakan sejuk, biasa atau panas, maka dengan kondisi demikian akan menentukan tindakan menyalakan A/C (Air Conditioning);
- Ada tiga wanita dan sebutkan mana yang lebih cantik dari ketiga wanita tersebut? Pasti kita akan menentukan beberapa karakter yang kita sebut cantik dari masing-masing persepsi individu laki-laki.

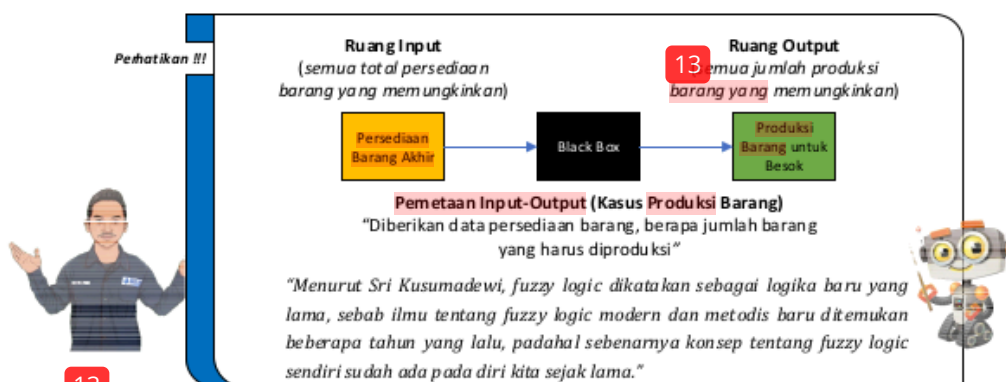
Pertanyaannya sekarang adalah:

- Bagaimana kita memberikan sebuah nilai tentang sejuk untuk setiap orang dan apa yang diharapkan untuk mendapatkan suhu sejuk tersebut?
- Bagaimana membuat klasifikasi tentang cantik dan bagaimana cara menuliskan dalam bentuk matematika?
- Dan banyak pertanyaan yang lainnya!

Fuzzy logic merupakan sistem cerdas untuk menalar, memetakan dan menghitung untuk memecahkan masalah yang samar dan sulit didefinisikan dengan model matematik. Masalah yang samar atau kita sebut saja sebagai ke tidak jelasan ini antara lain input yang kurang jelas sehingga tidak dapat dipresentasikan dalam bentuk nilai (angka) dan model matematis. *fuzzy logic* juga mempunyai metode yang dapat mempresentasikan perhitungan atau yang kita kenal dengan FIS (*Fuzzy Inference System*) dengan pendekatan Sugeno, Tsukamoto, dan Mamdani.

4.2 Pendahuluan

Bagi beberapa orang yang belum mengenal *fuzzy logic* akan mengira bahwa metode tersebut sulit, rumit, tidak pasti bahkan tidak menyenangkan. Namun, sekali orang mengetahui metode *fuzzy logic* maka orang tersebut akan tertarik sehingga akan mempelajari metode ini. Salah satu ketidaktepatan jenis informasi yang ditemukan dalam sistem disebabkan bahasa (pemrograman) yang digunakan untuk mendeskripsikan informasi. Jika informasi tidak dideskripsikan dalam bahasa formal maka tidak dapat diterjemahkan secara tepat.



Fuzzy logic merupakan cara untuk memetakan suatu ruang input kedalam ruang output, sebagai contoh:

- 1) Manager **pergudangan** mengatakan kepada manager **produksi** seberapa banyak **persediaan barang** pada akhir minggu ini,

kemudian manager produksi akan menetapkan jumlah barang yang harus diproduksi esok hari.

- 2) Penumpang taxi berkata kepada sopir taxi seberapa cepat laju kendaraan yang diinginkan, sopir taxi akan mengatur pijakan gas taksinya.
- 3) Pernyataan tentang kepuasan pelanggan atas pelayanan kasir dalam suatu swalayan, apakah pelanggan puas, biasa atau tidak puas.

4.3 Alasan Digunakannya *Fuzzy Logic*

Beberapa contoh aplikasi *fuzzy* yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari yang ada disekeliling kita, antara lain:

- 1) Pada bidang transportasi, sistem *fuzzy* diimplementasikan pada transmisi otomatis pada mobil Nissan, hasilnya adalah penghematan bahan bakar bensin 12-17%.
- 2) Diagnosis sistem yang didasarkan pada logika *fuzzy* pada bidang ilmu biologi dan kedokteran untuk deteksi kanker, manipulasi peralatan prostetik, klasifikasi, pencocokan pola dan lain-lain.
- 3) Manajemen dan pengambilan keputusan, seperti manajemen basis data yang didasarkan pada *fuzzy logic*, tata letak pabrik yang didasarkan pada *fuzzy logic*, sistem pembuat keputusan di militer didasarkan pada *fuzzy logic*, dan lain-lain.
- 4) Psikologi, pemanfaatan *fuzzy logic* untuk mengamati dan mengklasifikasikan kelakuan masyarakat, pencegahan dan investigasi criminal, dan lain-lain.
- 5) Pada riset, pemanfaatan *fuzzy logic* digunakan sebagai pemodelan, penjadwalan, dan lain-lain.
- 6) Teknik, pemanfaatan *fuzzy logic* digunakan sebagai perancangan jaringan komputer, prediksi adanya gempa, lalu lintas jaringan, dan lain-lain.
- 7) Ekonomi, pemanfaatan *fuzzy logic* digunakan untuk menentukan harga dan sistem pemasaran yang kompleks.

4.4 Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy merupakan himpunan dimana setiap anggota himpunan memiliki derajat keanggotaan tertentu (0 dan 1), Jika X merupakan himpunan semesta, maka fungsi keanggotaan μ_A didefinisikan oleh himpunan fuzzy A yang sering ditulis dengan $\mu_A[X]$, memiliki dua kemungkinan, yaitu:

- 1) Nol (0), artinya bahwa item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau.
- 2) Satu (1), artinya bahwa item menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Contoh 1:

Diketahui:

$S = [1. 2. 3. 4. 5. 6]$ merupakan semesta pembicaraan.

$A = [1. 2. 3]$

$B = [3. 4. 5]$

Dapat didefinisikan:

- 1) Nilai keanggotaan 2 pada himpunan A , $\mu_A[2] = 1$, karena $2 \in A$.
- 2) Nilai keanggotaan 3 pada himpunan A , $\mu_A[3] = 1$, karena $3 \in A$.
- 3) Nilai keanggotaan 4 pada himpunan A , $\mu_A[4] = 0$, karena $4 \notin A$.
- 4) Nilai keanggotaan 2 pada himpunan B , $\mu_B[2] = 0$, karena $2 \notin B$.
- 5) Nilai keanggotaan 3 pada himpunan B , $\mu_B[3] = 1$, karena $3 \in B$.

Contoh 2:

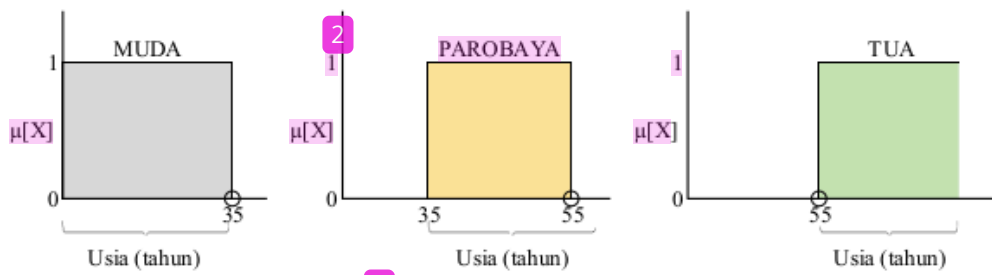
Variabel usia dibagi menjadi 3 kategori, antara lain:

MUDA usia < 35 tahun

PAROBAYA $35 \leq \text{usia} \leq 55$ tahun

TUA usia > 55 tahun

Nilai keanggotaan secara grafik untuk himpunan Muda, PAROBAYA, dan TUA adalah:

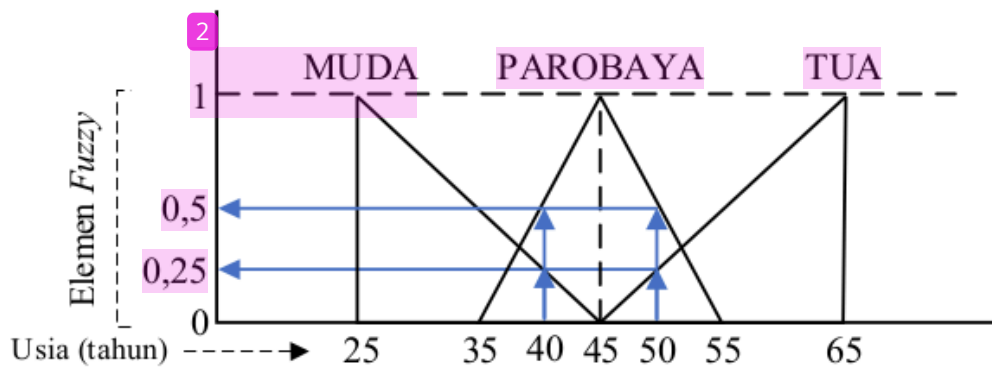


Gambar 1.1 Himpunan MUDA, PAROBAYA dan TUA

Pada Gambar 4.1. Terdapat 3 himpunan yang mengartikan:

- 1) ($\mu_{MUDA} = 1$) jika seseorang berusia 34 tahun, maka dikatakan MUDA.
- 2) ($\mu_{MUDA} = 0$) jika seseorang berusia 35 tahun, maka dikatakan TIDAK MUDA.
- 3) ($\mu_{MUDA}[35 \text{ tahun} - 1 \text{ hari}] = 0$) jika seseorang berusia 35 tahun kurang 1 hari, maka dikatakan TIDAK MUDA.
- 4) ($\mu_{PAROBAYA}[35 \text{ tahun}] = 1$) jika seseorang berusia 35 tahun, maka dikatakan PAROBAYA.
- 5) ($\mu_{MUDA}[34 \text{ tahun}] = 0$) jika seseorang berusia 34 tahun, maka dikatakan TIDAK PAROBAYA.
- 6) ($\mu_{MUDA}[35 \text{ tahun} - 1 \text{ hari}] = 0$) jika seseorang berusia 35 tahun kurang 1 hari, maka dikatakan TIDAK PAROBAYA.

Pada contoh Gambar 4.1. menjelaskan bahwa perbedaan kecil dari usia menyebabkan perbedaan katagori yang signifikan. Dari pemakaian himpunan *crisp* juga terlihat perbedaan atau kerancuan pada usia. Untuk mencega hal tersebut maka digunakan himpunan *fuzzy*. Seseorang dapat masuk dalam 2 katagori yang berbeda, MUDA dan PAROBAYA, PAROBAYA dan TUA.



Gambar 2.1 Himpunan Fuzzy Variabel Usia

Perhatikan Gambar 4.2. terlihat bahwa:

- 1) Seseorang yang memiliki usia 40 tahun termasuk dalam himpunan MUDA dengan $\mu_{MUDA}[40] = 0.25$, namun dia juga termasuk dalam himpunan PAROBAYA dengan $\mu_{PAROBAYA}[40] = 0.5$.
- 2) Seseorang yang memiliki usia 50 tahun termasuk dalam himpunan MUDA dengan $\mu_{MUDA}[50] = 0.25$, namun dia juga termasuk dalam himpunan PAROBAYA dengan $\mu_{PAROBAYA}[50] = 0.5$.

Perhatikan !!!

Itu apa lagi, bikin pusing saja

- Fuzzy set merupakan dasar dari fuzzy logic dan fuzzy system.
- Crisp set merupakan himpunan yang membedakan anggota dan non anggota dengan batasan yang jelas.
- Fuzzy set è misalkan U adalah universe (semesta) objek dan x adalah anggota U . Suatu fuzzy set A di dalam U didefinisikan sebagai suatu fungsi keanggotaan $\mu_A[x]$, yang memetakan setiap objek di U menjadi suatu nilai real dalam interval $(0,1)$. Nilai $\mu_A[x]$ menyatakan derajat keanggotaan x di dalam A .

Jika pada himpunan *crisp*, nilai keanggotaan hanya ada 2 kemungkinan 0 atau 1, pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1. Apabila x memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu_A[x] = 0$, yang artinya x tidak menjadi anggota himpunan A , demikian pula jika x memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu_A[x] = 1$ yang artinya x menjadi anggota penuh pada himpunan A .

Ada karakter dan beberapa hal yang perlu diketahui dan dipahami dalam mempelajari sistem *fuzzy* di awal, Adapun hal tersebut adalah:

- 1) Linguistik, artinya penamaan kelompok yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti MUDA, PAROBAYA, TUA.
- 2) Numeris, artinya suatu angka (nilai) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti 40, 25, 50 dan seterusnya.

Beberapa hal yang perlu dipahami dalam memahami sistem *fuzzy*, adapun hal tersebut, antara lain:

- 1) Variabel *Fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*, seperti usia, temperatur, konsentrasi gas dan lain-lain.
- 2) Himpunan *Fuzzy* merupakan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.
- 3) Semesta Pembicaraan merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan himpunan bilangan real yang selalu bertambah secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif (+) atau negatif (-). Perhatikan contoh berikut ini:
 - Semesta pembicaraan untuk variabel usia ($0 - \infty$ tahun).
 - Semesta pembicaraan untuk variabel konsentrasi gas ($0 - 1000$ ppm).
- 4) Domain himpunan *fuzzy* merupakan keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang selalu bertambah secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif (+) atau negative (-).

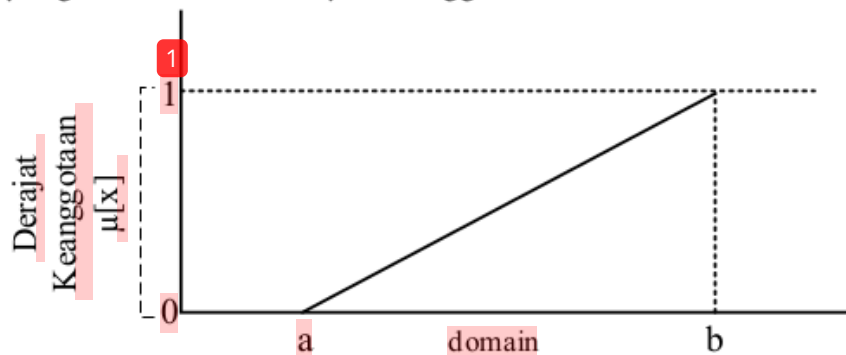
6 4.5 Fungsi Keanggotaan

Membership function jika dibaca atau diartikan dalam bahasa Indonesia merupakan kurva yang mewakili pemetaan variabel input terhadap nilai keanggotaannya (nama lainnya adalah derajat keanggotaan), yang memiliki interval nilai 0 – 1. Di dalam sistem *fuzzy*, fungsi keanggotaan memiliki peranan penting dalam mempresentasikan masalah dan menghasilkan keputusan yang akurat.

Terdapat banyak fungsi keanggotaan yang bisa kita gunakan, namun yang umum digunakan pada dunia nyata adalah fungsi *sigmoid*, fungsi *phi*, fungsi segitiga dan fungsi trapesium. berikut merupakan cara untuk mendapatkan nilai keanggotaan menggunakan pendekatan fungsi, antara lain:

1) Representasi *Linear*

Pemetaan input derajat keanggotaan digambarkan sebagai garis lurus, yang dibagi menjadi 2 keadaan (*representasi linear* naik dan turun) yang dimulai dari derajat keanggotaan 0 (nol).



Gambar 3.1 Kurva *Linear* Naik

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0. & x \leq a \\ \frac{x - a}{b - a}. & a \leq x \leq b \\ 1. & x \geq b \end{cases} \quad (\text{Pers, 1})$$

Perhatikan !!!
 Bis a beri contoh kasus sederhana?

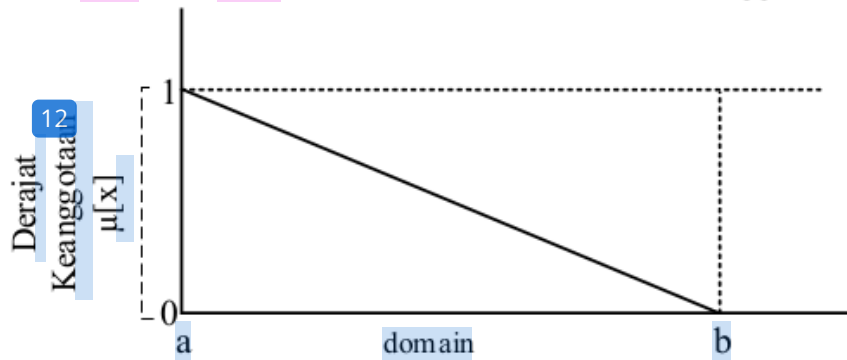
Contoh:

- Variabel temperatur ruangan memiliki fungsi keanggotaan untuk himpunan panas, sebagai berikut!

$$\mu_{\text{panas}}[32] = \frac{32 - 25}{35 - 25} = \frac{7}{10} = 0,7$$

Lihat rumus untuk menyelesaikan kasus tersebut!!!

2 Kurva **linear turun** merupakan kebalikan dari kurva **linear naik** yang diawali dari kiri (**nilai terendah**) ke kanan (**nilai tertinggi**).



Gambar 4.1 Kurva **Linear Turun**

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} \frac{b - x}{b - a} & a \leq x \leq b \\ 0 & x \leq a \end{cases} \quad (\text{Pers. 2})$$

Perhatikan !!!
 Bagaimana dengan contoh untuk linear turun?

Contoh:

- Variabel temperatur ruangan memiliki fungsi keanggotaan untuk himpunan dingin, sebagai berikut!

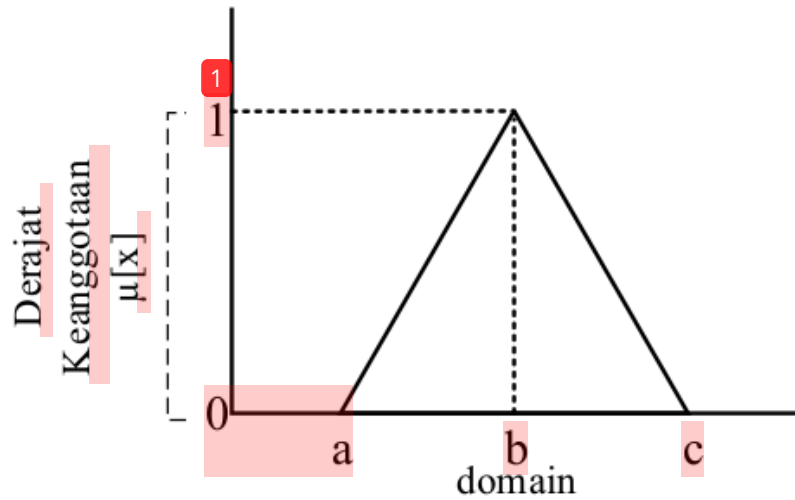
$$\mu_{\text{dingin}}[20] = \frac{30 - 20}{30 - 15} = \frac{10}{15} = 0,67$$

Lihat rumus untuk menyelesaikan kasus tersebut!!!

8

2) Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga merupakan gabungan antara kurva *linear* naik dan turun. Perhatikan Gambar 4.5. untuk mengetahui derajat keanggotaan-nya.



Gambar 5.1 Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (\text{Pers, 3})$$

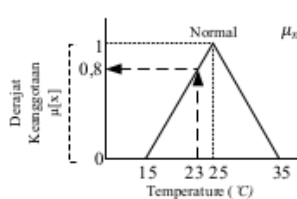
Perhatikan !!!

Bagaimana dengan contoh Kurva Segitiga?



Contoh:

- Variabel temperatur ruangan memiliki fungsi keanggotaan untuk himpunan normal, sebagai berikut!



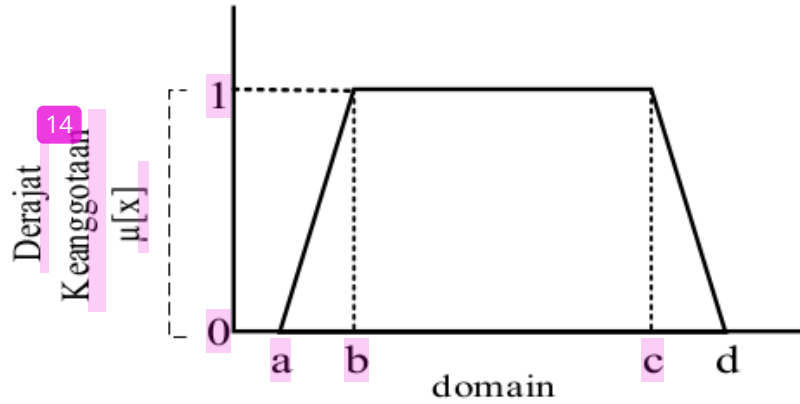
$$\begin{aligned} \mu_{\text{normal}} [23] &= \frac{23 - 15}{25 - 15} \\ &= \frac{8}{10} \\ &= 0,8 \end{aligned}$$



Untuk memahami Kurva segitiga perhatikan contoh yang berada pada domain linear naik !!!

3) Representasi Kurva Trapesium

Sama seperti pada kurva segitiga, yang membedakan dengan kurva trapesium adalah nilai tertinggi ada pada beberapa titik. Perhatikan Gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 6.1 Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0. & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}. & a \leq x \leq b \\ 1. & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}. & x \geq d \end{cases} \quad (\text{Pers, 4})$$

Perhatikan !!!

Bagaimana dengan contoh Kurva Trapesium?

Contoh:

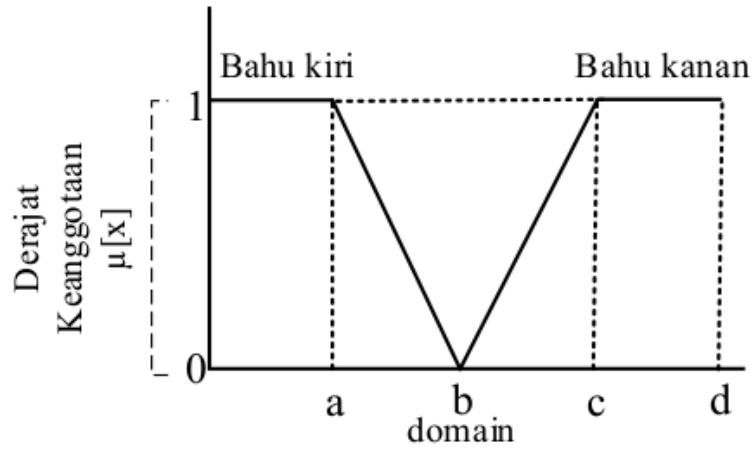
- Variabel temperatur ruangan memiliki fungsi keanggotaan untuk himpunan normal, sebagai berikut!

$$\mu_{\text{normal}} [32] = \frac{35 - 32}{35 - 27} = \frac{3}{8} = 0,38$$

Karena Kurva Trapesium memiliki 4 titik (a, b, c, d) maka perhatikan domain yang dipakai !!!

4) Representasi Bentuk Kurva Bahu

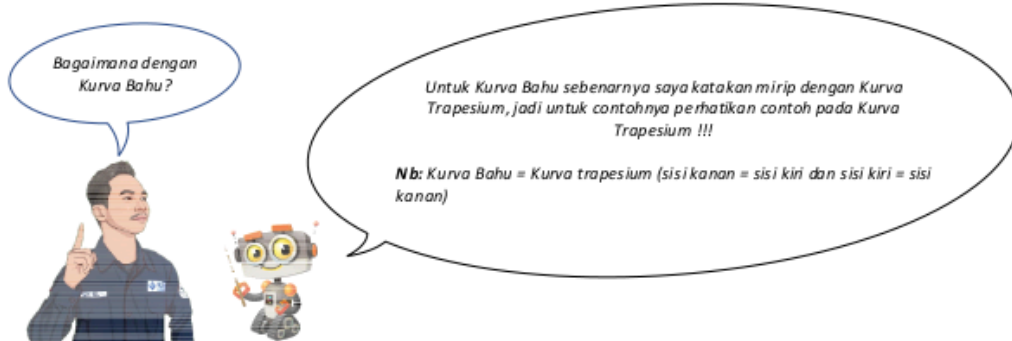
Kurva bahu merupakan representasi kurva trapesium dan segitiga. Pada bagian samping kanan dan kiri merupakan kurva trapesium sedangkan bagian tengahnya merupakan kurva segitiga.



Gambar 7.1 Representasi Kurva Bahu

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 1 & 0 \leq x \leq a \text{ atau } c \leq x \leq d \\ \frac{b-x}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{x-b}{c-b} & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (\text{Pers, 5})$$

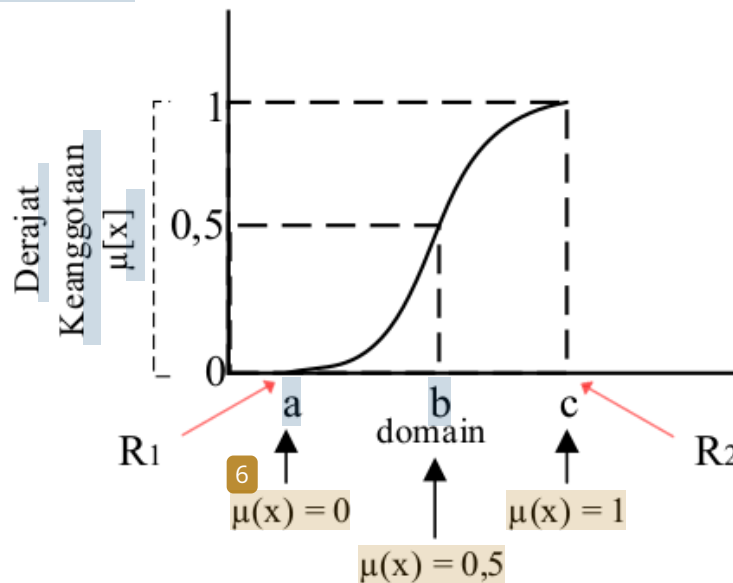


5) Representasi kurva S

Bentuk kuva S (*sigmoid*) memiliki kesamaan dengan huruf “S” mempunyai 3 parameter (derajat keanggotaan = 0, derajat keanggotaan = 1 dan derajat keanggotaan = 0.5). Kurva ini memiliki 2 bentuk yaitu, kurva Pertumbuhan (kenaikan) dan Penyusutan (penyusutan).

a) Kurfa Pertumbuhan

Ciri dari dari kurva pertumbuhan adalah bergerak ⁸ dari sisi kiri (derajat keanggotaan = 0) menuju sisi kanan (derajat keanggotaan = 1).



Gambar 8.1 Kurva Pertumbuhan

Fungsi Keanggotaan:

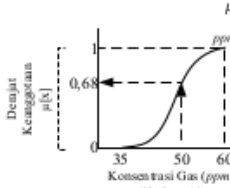
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ 2 \left(\frac{x-a}{c-a} \right)^2; & a \leq x \leq b \\ 1 - 2 \left(\frac{c-x}{c-a} \right)^2; & b \leq x \leq c \\ 1; & x \geq c \end{cases} \quad (\text{Pers, 6})$$

Perhatikan !!!

• Bagaimana dengan contoh Kurva Pertumbuhan?

Contoh:

- Variabel Gas LPG memiliki fungsi keanggotaan untuk himpunan Konsentrasi gas, sebagai berikut!

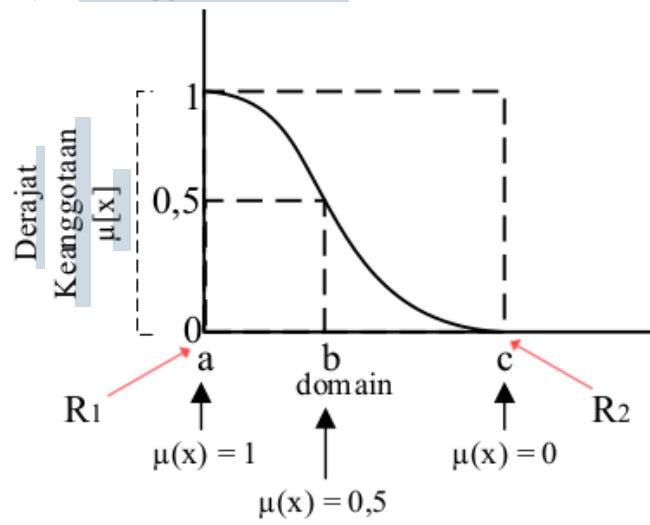


$$\begin{aligned} \mu_{ppm}[500] &= 1 - 2 \left(\frac{600 - 500}{600 - 350} \right)^2 \\ &= 1 - 2 \left(\frac{100}{250} \right)^2 \\ &= 1 - (2 \times 0,16) \\ &= 1 - 0,32 \\ &= 0,68 \end{aligned}$$

Sekali lagi perhatikan rumus dan domain yang diberikan tanda panah !!!

b) Kurva Penyusutan

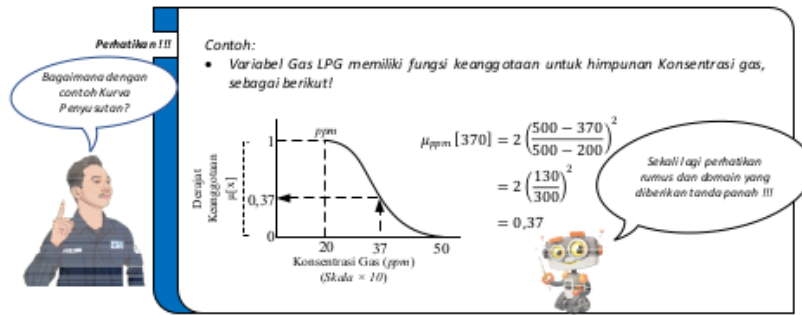
Kurva penyusutan merupakan kebalikan dari kurva pertumbuhan. Sisi kiri (derajat keanggotaan = 1) dan sisi kanan (derajat keanggotaan = 0).



Gambar 9.1 Kurva Penyusutan

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ 2 \left(\frac{x-a}{c-a} \right)^2; & a \leq x \leq b \\ 1 - 2 \left(\frac{c-x}{c-a} \right)^2; & b \leq x \leq c \\ 0; & x \geq c \end{cases} \quad (\text{Pers, 7})$$

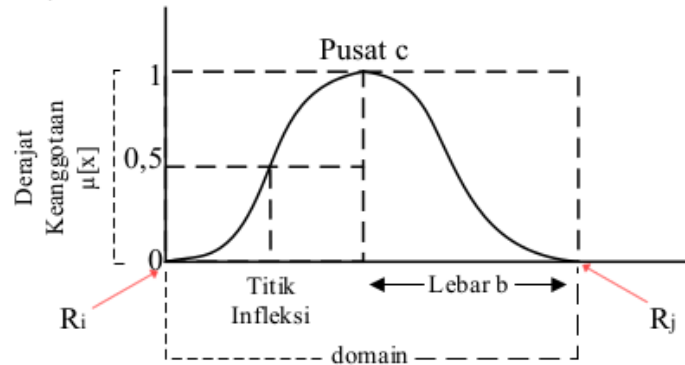


6) Representasi Kurva Lonceng

Kurva lonceng (*Bell Curve*) merupakan gambaran dari gabungan dari kurva S (sisi kanan dan kiri) atau kurva trapesium. Kurva lonceng memiliki 3 jenis, antara lain:

a) Kurva PI

Derajat keanggotaan = 1 kurva PI berada di puncak pada domain "c" sedangkan lebar kurva adalah selebar "b". Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar. 10 kurva PI dibawah ini.



Gambar 10.1 Kurva PI

Fungsi keanggotaan:

$$\pi[x.b.c] = \begin{cases} S\left(x; c - b, c - \frac{b}{2} \cdot c\right). & x \leq c \\ 1 - S\left(x; c, c + \frac{b}{2} \cdot c + b\right). & x > c \end{cases} \quad (\text{Pers, 8})$$

Perhatikan !!!

• Variabel Gas LPG memiliki fungsi keanggotaan untuk himpunan Konsentrasi gas, sebagai berikut!

Bagaimana dengan contoh Kurva R?

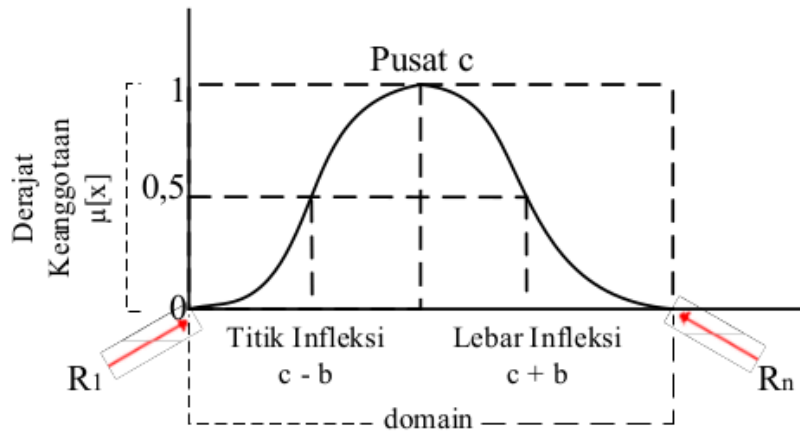
$\mu_{ppm} [42] = 1 - 2 \left(\frac{45 - 42}{45 - 35} \right)^2$
 $= 1 - 2 \left(\frac{45 - 42}{45 - 35} \right)^2$
 $= 1 - 2 \left(\frac{3}{10} \right)^2$
 $= 1 - (2 \times 0,09)$
 $= 1 - 0,18$
 $= 0,82$

$\mu_{ppm} [51] = 2 \left(\frac{55 - 51}{55 - 45} \right)^2$
 $= 2 \left(\frac{4}{10} \right)^2$
 $= 2 \left(\frac{4}{10} \right)^2$
 $= 2 \times 0,16$
 $= 0,32$

Karena ada 2 wilayah maka diperoleh 2 hasil !!!

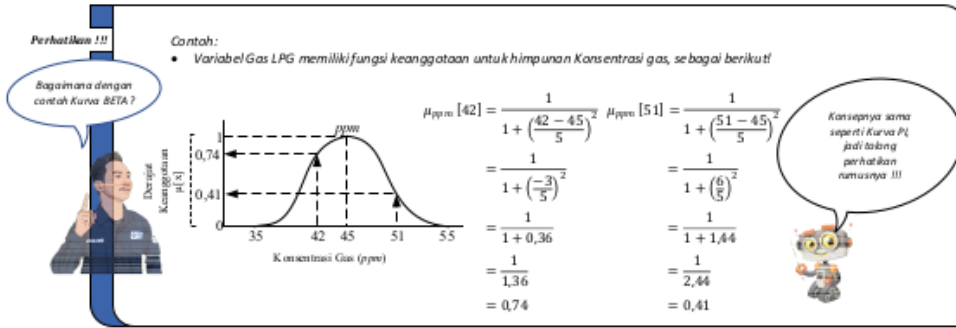
b) Kurva BETA

Kurva BETA hampir sama seperti kurva PI, dimana derajat keanggotaan tertinggi = 1 (titik c), titik b merupakan setengah lebar kurva sedangkan infleksi berada diantara titik $c - b$ dan titik $c + b$. Perbedaan kurva BETA dengan PI adalah fungsi keanggotaannya akan bernilai 0 (nol) hanya jika b sangat besar.



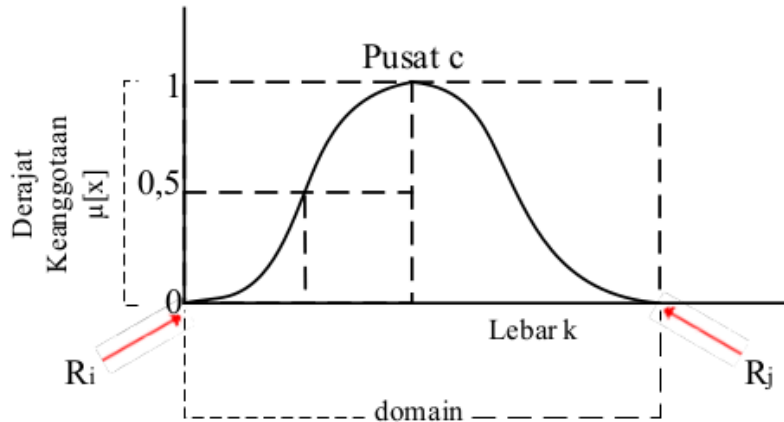
Gambar 11.1 Kurva BETA

Fungsi keanggotaan:



c) $B(x, c, b) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-c}{b}\right)^2}$ (Pers, 9) Kurva GAUSS

Jika kita perhatikan dua kurva PI dan BETA menggunakan 2 parameter (c dan b). Pada kurva GAUSS menggunakan c sebagai penunjuk nilai domain pada pusat kurva, sedangkan k sebagai penunjuk lebar kurva. Untuk melihat nilai dari domain x dapat kita perhatikan dari Gambar 4.12.



Gambar 12.1 Kurva GAUSS

Fungsi keanggotaan:

23 $G(x, k, c) = e^{-k(c-x)^2}$ (Pers, 10)

7) Koordinat Anggota

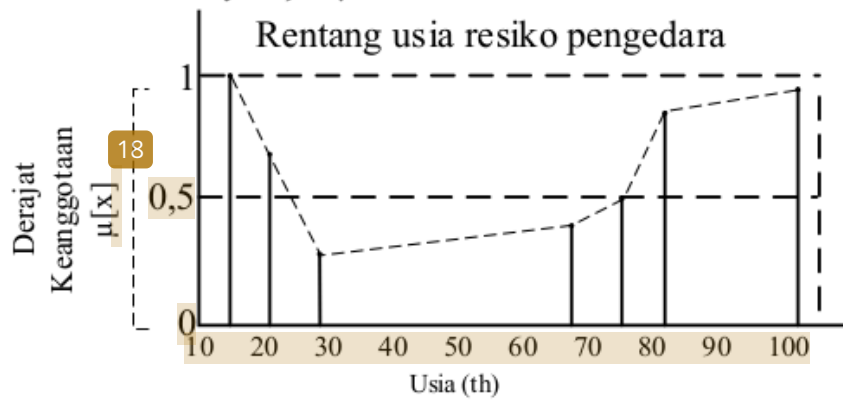
Himpunan fuzzy berisi urutan pasangan berurutan yang berisi nilai domain serta kebenaran nilai keanggotaan dalam bentuk:

$$\frac{\text{Skalar}(i)}{\text{Derajat}(i)}$$

Keterangan:

$Skalar(i)$ = merupakan suatu nilai yang digambarkan dari domain himpunan fuzzy.

$Derajat(i)$ = merupakan derajat keanggotaan himpunan fuzzy-nya.



Gambar 13.1 Titik Koordinat yang Menunjukkan Usia Beresiko

Penjelasan dari contoh Gambar 4.13, merupakan himpunan fuzzy yang diterapkan pada sistem asuransi yang menanggung resiko seorang pengendara kendaraan bermotor berdasarkan usia yang akan berbentuk “U”. berikut koordinatnya:

16/1 21/0.7 28/0.3 68/0.4 81/0.8 101/0.9

4.6 Operator Dasar Zadeh untuk Operasi Himpunan

Fuzzy

Zadeh telah menciptakan 3 jenis operator dasar yang dipakai untuk mengkombinasikan himpunan fuzzy, antara lain:

1) Operator AND

Jenis operator ini terkait dengan operasi interaksi pada himpunan α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator AND, didapatkan dari mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan yang saling terkait.

$$\mu_{A \cap B} = \min (\mu_A[x] \cdot \mu_B[x])$$

Perhatikan !!!

Contoh:

Diketahui:

$$\mu_{Muda} [27] = 0,6$$

$$\mu_{Gaji\ Tinggi} [2 \times 10^6] = 0,8$$

Ditanyakan:

α -predikat usia muda yang memiliki penghasilan tinggi?

Jawab:

$$\begin{aligned}\mu_{Muda \cap Gaji\ Tinggi} &= \min(\mu_{Muda} [27], \mu_{Gaji\ Tinggi} [2 \times 10^6]) \\ &= \min(0,6; 0,8) \\ &= 0,6\end{aligned}$$

Contoh ini dibuat sederhana menggunakan variabel usia dan pendapatan, jadi perhatikan baik-baik supaya dapat memahaminya !!!

Nb: Nilai yang dipakai adalah nilai minimum.



18

2) Operator NOT

Jenis operator ini terkait dengan operasi komplemen pada himpunan, α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator NOT, didapatkan dari mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang saling terkait dari 1.

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A[x]$$

Perhatikan !!!

Contoh:

Diketahui:

$$\mu_{Muda} [27] = 0,6$$

$$\mu_{Gaji\ Tinggi} [2 \times 10^6] = 0,8$$

Ditanyakan:

Hitung nilai α -predikat untuk usia tidak muda?

Jawab:

$$\begin{aligned}\mu_{Muda} [27] &= 1 - \mu_{Muda} [27] \\ &= 1 - 0,6 \\ &= 0,4\end{aligned}$$

Contoh ini merupakan lanjutan dari Operator AND dimana variabelnya adalah sama !!!

Apakah sekarang kalian dapat melihat perbedaannya?



1

3) Operator OR

Jenis operator ini terkait dengan operasi union pada himpunan α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator OR, didapatkan dari mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan yang saling terkait.

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

Perhatikan !!!

Contoh:

Diketahui:

$$\mu_{Muda} [27] = 0,6$$

$$\mu_{Gaji Tinggi} [2 \times 10^6] = 0,8$$

Ditanyakan:

Hitung nilai α -predikat untuk usia tidak muda atau berpenghasilan tinggi?

Jawab:

$$\begin{aligned}\mu_{Muda \cap Gaji Tinggi} &= \max(\mu_{Muda} [27], \mu_{Gaji Tinggi} [2 \times 10^6]) \\ &= \max(0,6; 0,8) \\ &= 0,8\end{aligned}$$



Contoh ini merupakan lanjutan dari Operator AND dimana variabelnya adalah sama !!!

Perbedaan pada Operator OR adalah nilai yang dipakai adalah nilai maksimum !!!

4.7 Penalaran Monoton

Pemakaian metode ini jarang sekali dipakai namun masih dipakai sebagai cara untuk menskalakan *fuzzy*. Cara ini merupakan salah satu cara dasar dari teknik implikasi *fuzzy*. Sebagai contoh, jika terdapat 2 daerah yang di realisasikan menggunakan implikasi, hasilnya adalah:

IF x is A THEN Y is B

Transfer function $\rightarrow y = f((x.A).B)$

9

Maka sistem *fuzzy* dapat berjalan tanpa harus merangkai dan mengurai *fuzzy*. Nilai output langsung dapat diperkirakan dari nilai keanggotaan yang berhubungan dengan antesedennya.

Contoh:
Diketahui terdapat 2 himpunan fuzzy (Tinggi Badan dan Berat Badan) sebagai berikut:

Artinya antara 2 himpunan yang dipaparkan dengan aturan fuzzy, menjadi:

Badan @ Tinggi **IMPLIKASI** Badan @ Berat

Ala kita (adik) implikasi mana, akan kita pilih antara domain fuzzy A dan B, hal nya adalah:

- Pada saat elemen x yang berada di domain A, dan nilai n nilai keanggotaannya ya dalam domain fuzzy A, yaitu $\mu_A(x)$
- Pada domain fuzzy B, nilai keanggotaannya yang berhubungan dengan nilai keanggotaan fuzzy nya. Tapi gara gara berada domain, maka pada saat di domain B, domain y merupakan nilai (dari fungsi implikasi tersebut). Ala kita kita akan menjadi $\rightarrow Y = f(\mu_A(x), 0)$

Perhatikan lagi:

- Senorang dengan tinggi badan 165 cm memiliki derajat keanggotaan 0,75 pada domain fuzzy Tinggi:

$$\mu_{\text{Tinggi}}(165) = \frac{165 - 150}{170 - 150}$$

$$= \frac{15}{20}$$

$$= 0,75$$

- Senorang dengan berat badan 59,4 kg akan dipertalikan pada domain fuzzy Berat:

$$\mu_{\text{Berat}}(y) = S(y; 40,5; 70) = 0,75$$

Karena $0,75 > 0,5$ maka nilai y, berada di antara $52,5 - 70$, dengan derivasi:

$$\rightarrow 1 - 2 \left(\frac{70 - y}{70 - 40} \right)^2 = 0,75$$

$$\rightarrow 1 - 2 \left(\frac{(70 - y)^2}{900} \right) = 0,75$$

$$\rightarrow 2 \left(\frac{(70 - y)^2}{900} \right) = 0,25$$

$$\rightarrow (70 - y)^2 = 112,5$$

$$\rightarrow (70 - y) = \pm \sqrt{112,5}$$

$$\rightarrow y = 70 \pm 10,6 \rightarrow \text{ambil } (-) \text{nya, nilai harus } < 70$$

$$\rightarrow y = 59,4$$

6 4.8 Fungsi Implikasi

Setiap proposisi (aturan) yang ada pada basis pengetahuan fuzzy akan saling berhubungan dengan relasi fuzzy. Secara umum proposisi dalam fungsi implikasi adalah:

$$IF \ x \text{ is } A \ THEN \ y \text{ is } B$$

Keterangan:

x dan y : Scalar

A dan B : Himpunan fuzzy

Antesenden : Proposisi yang mengikuti IF

Konsekuensi : Proposisi yang mengikuti THEN

Proposisi ini dapat diperluas dengan menggunakan operator fuzzy, sebagai contoh:

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) \cdot (x_2 \text{ is } A_2) \cdot (x_3 \text{ is } A_3) \cdot \dots \dots$$

$$\cdot (x_n \text{ is } A_n) \ THEN \ y \text{ is } B$$

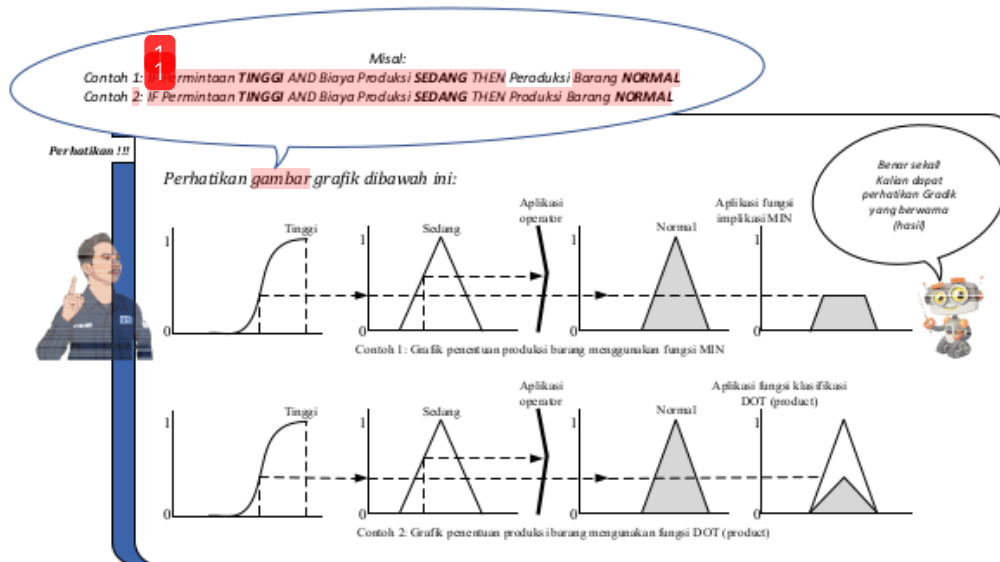
Dengan \cdot merupakan sebuah operator, seperti AND dan OR. Secara umum terdapat 2 fungsi implikasi yang digunakan, yaitu:

1) **Minimum (Min)**

Fungsi ini digunakan untuk mendapatkan nilai α -predikat (hasil implikasi) dengan memotong output himpunan *fuzzy* dengan nilai keanggotaan terkecil.

2) **Product (Dot)**

Fungsi ini digunakan untuk mendapatkan nilai α -predikat (hasil implikasi) dengan menskalakan output himpunan *fuzzy* sesuai dengan nilai keanggotaan terkecil.



4.9 Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem inferensi *fuzzy* merupakan metode yang dipakai untuk memproses input yang ambigu menggunakan logika *fuzzy*. Sistem ini mengubah input yang jelas (*crisp*) menjadi nilai *fuzzy*, memprosesnya berdasarkan aturan *fuzzy*, dan kemudian mengubahnya kembali menjadi output yang jelas. Ada beberapa metode yang umum digunakan dalam sistem inferensi *fuzzy*, yaitu:

1) **Metode Mamdani**

Metode ini dikenal sebagai metode Min-Max. Metode ini menggunakan aturan yang menggabungkan nilai *fuzzy* dari input untuk menghasilkan output *fuzzy*, proses ini melibatkan:

- a) Pembentukan Himpunan *Fuzzy* merupakan Langkah yang pertama kali dalam logika *fuzzy* yang melibatkan pengelompokan elemen-elemen berdasarkan derajat keanggotaan. Berikut aturannya:
- b) Menentukan *Universe of Discourse*
Himpunan semesta (*Universe of Discourse*) merupakan himpunan semua elemen yang relevan dengan masalah yang dianalisis. Contoh, jika kita ingin mengelompokkan konsentrasi gas, himpunan semestanya bisa berupa semua nilai konsentrasi gas yang memungkinkan.
- c) Menentukan *Membership Function*
Fungsi keanggotaan (*Membership Function*) adalah menentukan derajat keanggotaan (0 dan 1) setiap elemen dalam himpunan. Bentuk fungsi keanggotaan yang umum digunakan adalah segitiga (*triangle*) dan trapesium (*trapezoid*).
- d) Fuzzifikasi
Proses ini adalah mengubah nilai *crisp* menjadi nilai *fuzzy* berdasarkan fungsi keanggotaan yang sudah ditentukan. Contoh, konsentrasi gas 100 ppm bisa memiliki derajat keanggotaan 0.5 dalam himpunan “sedang”.
- e) Pembentukan Aturan *Fuzzy*
Untuk menghubungkan input dan output, aturan yang umum digunakan berupa pertanyaan *IF – THEN*. Contoh, *IF* konsentrasi gas rendah *THEN* buzzer on.
- f) Fungsi Implikasi
Khusus untuk metode Mamdani aturan khusus yang digunakan untuk fungsi implikasi adalah “*Min*”.
- g) Komposisi Aturan
Berbeda dengan penalaran monoton, jika sistem memiliki beberapa aturan maka inferensi didapat dari kumpulan dan hubungan antar aturan “3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi *fuzzy* adalah:

- Metode *Max*

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

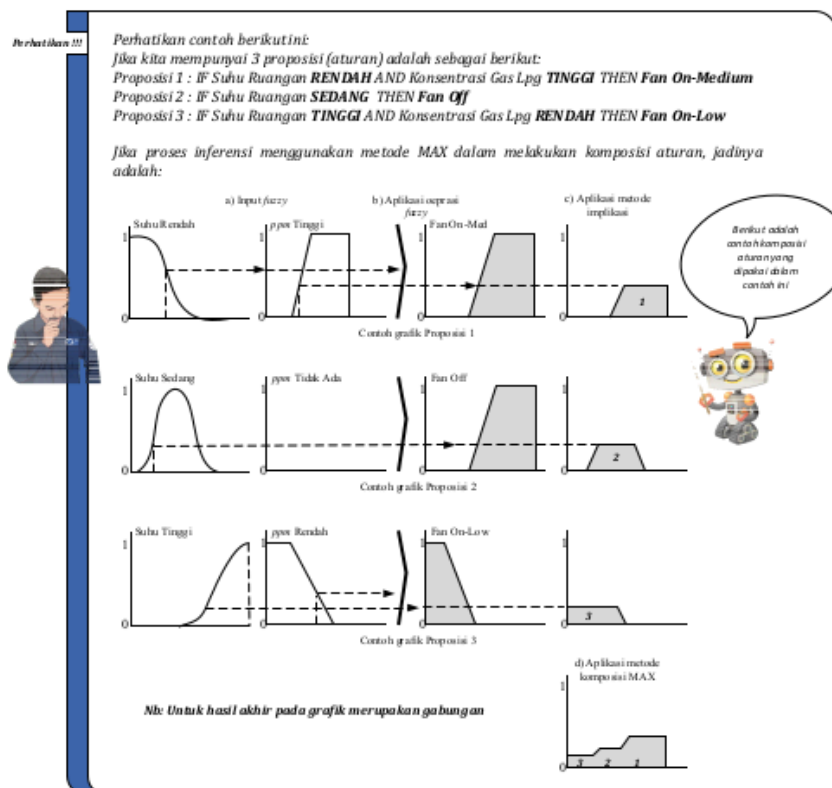
Keterangan:

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

$\mu_{kf}[X_i]$: nilai keanggotaan konsekuensi *fuzzy* sampai aturan ke-*i*.

Metode ini memberikan solusi himpunan *fuzzy* yang didapat dengan mengambil nilai maksimum, selanjutnya digunakan untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (gabungan (*union*)).

Jika semua sudah dinilai, selanjutnya output akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang menggambarkan peran dari masing-masing proposisi. Kita dapat menuliskannya dalam bentuk:



- Metode Additive

$$\mu_{sf}[X_i] \leftarrow \min(1, \mu_{sf}[X_i] + \mu_{kf}[X_i])$$

Keterangan:

$\mu_{sf}[X_i]$: nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke- i .

$\mu_{kf}[X_i]$: nilai keanggotaan konsekuensi fuzzy sampai aturan ke- i .

Metode *additive* (*Sum*), perolehan solusi himpunan fuzzy didapatkan dari melakukan *bounded-sum* terhadap semua output daerah fuzzy.

- Metode Probor

$$\mu_{sf}[X_i] \leftarrow (\mu_{sf}[X_i] + \mu_{kf}[X_i]) - (\mu_{sf}[X_i] \times \mu_{kf}[X_i])$$

Keterangan:

$\mu_{sf}[X_i]$: nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke- i .

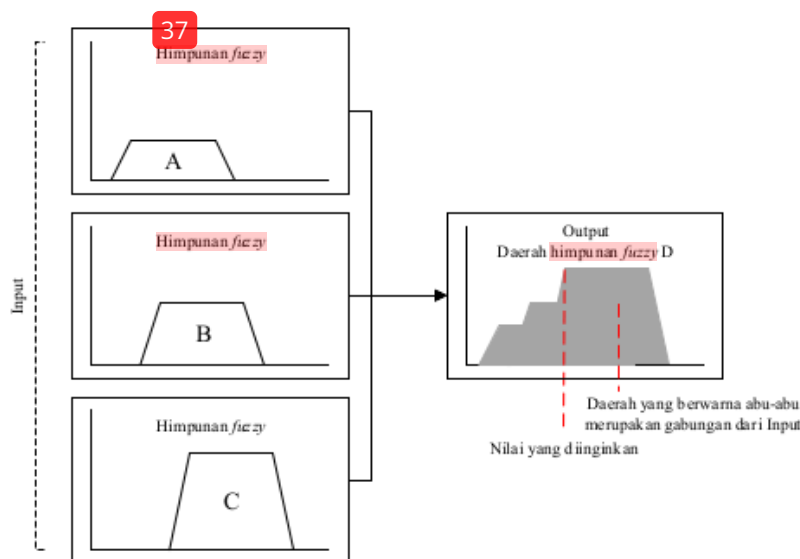
$\mu_{kf}[X_i]$: nilai keanggotaan konsekuensi fuzzy sampai aturan ke- i .

Probabilistik OR (*Probor*), perolehan solusi himpunan fuzzy didapatkan dari melakukan *product* terhadap semua output.

h) Defuzzy

Defuzzifikasi merupakan langkah terakhir dalam sistem logika fuzzy yang bertujuan untuk mengubah hasil dari proses inferensi fuzzy (yang berupa himpunan fuzzy) menjadi nilai *crisp* (nilai yang jelas dan pasti).

Input dari defuzzifikasi merupakan suatu himpunan fuzzy yang didapatkan dari komposisi beberapa aturan fuzzy. Sedangkan untuk hasil dari output merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut.



Gambar 14.1 Gambaran Tentang Proses Defuzzifikasi

Defuzzifikasi pada metode Mamdani memiliki beberapa tipe yang perlu kita ketahui, antara lain:

a) Metode *Centroid*

$$z^* = \frac{\int_z z\mu(z)dz}{\int_z \mu(z)dz} \rightarrow \text{untuk semesta kontinu}$$

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j\mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \rightarrow \text{untuk semesta diskrit}$$

Metode *centroid (Composite Moment)*, penyelesaian *crisp* didapatkan dari mengambil titik pusat (z^*) daerah *fuzzy*.

b) Metode *Bisektor*

$$z_p \text{ sedemikian hingga } \int_{R_1}^p \mu(z)dz = \int_p^{R_n} \mu(z)dz$$

Cara untuk mendapatkan penyelesaian *crisp* pada metode ini adalah dengan mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang mempunyai nilai keanggotaan setengah dari keseluruhan total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*.

c) Metode MOM

Cara untuk mendapatkan penyelesaian *crisp* pada metode *Mean of Maximum (MOM)* adalah dengan mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

12

d) Metode LOM

Cara untuk mendapatkan penyelesaian *crisp* pada metode *Largest of Maximum* (LOM) adalah dengan mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai terbesar domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e) Metode SOM

Cara untuk mendapatkan penyelesaian *crisp* pada metode *Smallest of Maximum* (SOM) adalah dengan mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

Supaya mempermudah dalam memahami variabel dan fungsi implikasi MIN pada metode Mamdani, kita bisa mempelajari dari contoh kasus sederhana berikut ini:

a) Implikasi

Diketahui:

Fungsi Implikasi-1 = IF suhu **turun** AND konsentrasi gas Lpg **banyak** THEN Fan-Low

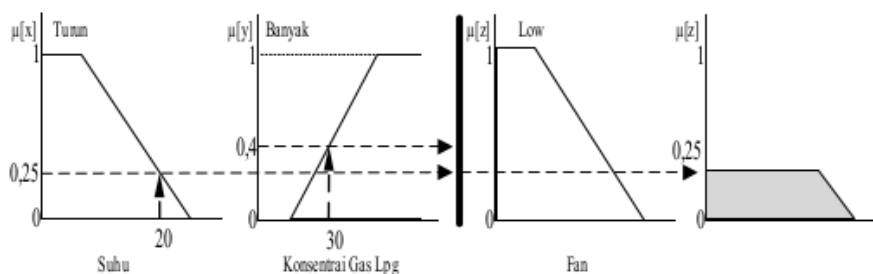
Fungsi Implikasi-2 = IF suhu **turun** AND konsentrasi gas Lpg **sedikit** THEN Fan-Low

Fungsi Implikasi-3 = IF suhu **tinggi** AND konsentrasi gas Lpg **banyak** THEN Fan-Medium

Fungsi implikasi-4 = IF suhu **naik** AND konsentrasi gas Lpg **sedikit** THEN Fan-Medium

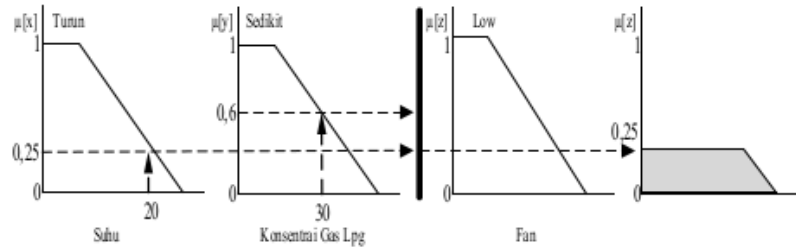
Ditanya: Tentukan α -predikat-nya?

Jawaban:



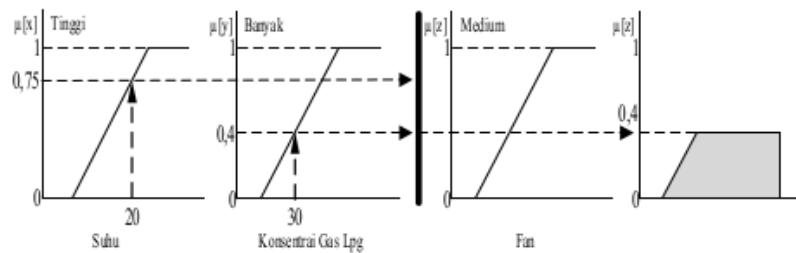
Gambar 15.1 Fungsi Implikasi-1

$$\begin{aligned}
 \alpha - \text{predikat}_1 &= \mu_{\text{suhu}_{\text{turun}}} \cap \text{konsentrasi gas} \\
 &\quad \text{Lpg}_{\text{banyak}} \\
 &= \min(\mu_{\text{suhu}_{\text{turun}}}[20^\circ\text{C}] \cap \mu_{\text{kons gas}} \\
 &\quad \text{gas Lpg}_{\text{banyak}} [30 \text{ ppm}]) \\
 &= \min(0.25; 0.4) \\
 &= \min 0.25
 \end{aligned}$$



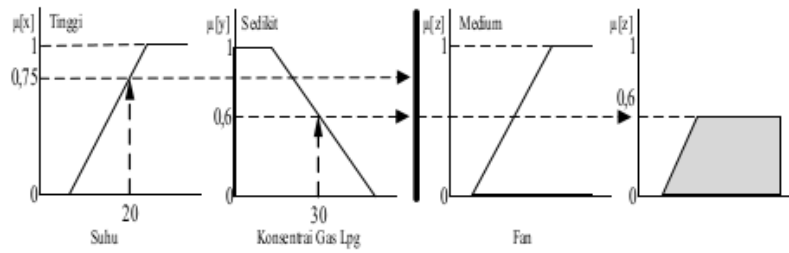
Gambar 16.1 Fungsi Implikasi-2

$$\begin{aligned}
 \alpha - \text{predikat}_2 &= \mu_{\text{suhu}_{\text{turun}}} \cap \text{konsentrasi gas} \\
 &\quad \text{Lpg}_{\text{sedikit}} \\
 &= \min(\mu_{\text{suhu}_{\text{turun}}}[20^\circ\text{C}] \cap \mu_{\text{kons gas}} \\
 &\quad \text{gas Lpg}_{\text{sedikit}} [30 \text{ ppm}]) \\
 &= \min(0.25; 0.6) \\
 &= \min 0.25
 \end{aligned}$$



Gambar 17.1 Fungsi Implikasi-3

$$\begin{aligned}
 \alpha - \text{predikat}_3 &= \mu_{\text{suhu}_{\text{tinggi}}} \cap \text{konsentrasi gas} \\
 &\quad \text{Lpg}_{\text{banyak}} \\
 &= \min(\mu_{\text{suhu}_{\text{tinggi}}}[20^\circ\text{C}], \mu_{\text{kons gas}} \\
 &\quad \text{gas Lpg}_{\text{banyak}}[30 \text{ ppm}]) \\
 &= \min(0.75; 0.4) \\
 &= 0.4
 \end{aligned}$$

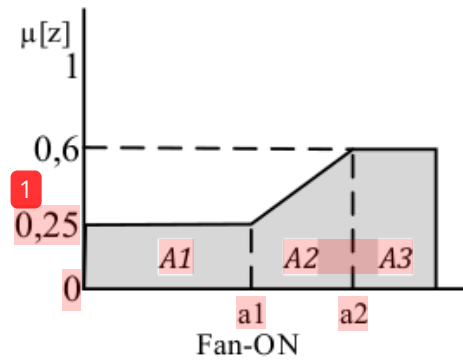


Gambar 18.1 Fungsi Implikasi-4

$$\begin{aligned}
 \alpha - \text{predikat}_1 &= \mu_{\text{suhu}_{\text{tinggi}}} \cap \text{konsentrasi gas} \\
 &\quad \text{Lpg sedikit} \\
 &= \min(\mu_{\text{suhu}_{\text{tinggi}}}[20^\circ\text{C}], \mu_{\text{kons gas}} \\
 &\quad \text{gas Lpg}_{\text{sedikit}}[30 \text{ ppm}]) \\
 &= \min(0.75; 0.6) \\
 &= 0.6
 \end{aligned}$$

b) Komposisi Aturan

Untuk melakukan komposisi antar semua aturan adalah menggunakan metode MAX dengan menggunakan hasil dari fungsi implikasi. Hasilnya adalah:



Gambar 4.1. Daerah Hasil

Pada Gambar 19. terdapat 2 daerah hasil (A_1 , A_2 dan A_3), selanjutnya kita akan mencari nilai dari (a_1 dan a_2):

$$\begin{aligned}
 \frac{a_1 - 20}{50} &= 0.25 \\
 a_1 - 20 &= 50 \times 0.25 \\
 a_1 - 20 &= 12.5 \\
 a_1 &= 12.5 + 20 \\
 a_1 &= 32.5
 \end{aligned}$$

$$\frac{a_2 - 20}{50} = 0.6$$

$$a_2 - 20 = 50 \times 0.6$$

$$a_2 - 20 = 30$$

$$a_2 = 30 + 20$$

$$a_2 = 50 \text{ Hasil komposisi aturan:}$$

$$\mu[z] = \begin{cases} 0.25. & z \leq 32.5 \\ \frac{z - 20}{50}. & 32.5 \leq x \leq 50 \\ 0.6. & z \geq 50 \end{cases}$$

c) *Defuzzy*

Penegasan (*defuzzy*) yang dipakai dalam kasus ini adalah *centroid*.

Langkah pertama yang kita lakukan adalah menghitung momen untuk setiap daerah:

$$\begin{aligned} M1 &= \int_0^{32.5} (0.25)z \, dz \\ &= 0.25 \left[\frac{z^2}{2} \right]_0^{32.5} \\ &= 0.25 \left(\frac{32.5^2}{2} - \frac{0^2}{2} \right) \\ &= 0.25 \left(\frac{1056.25}{2} - \frac{0}{2} \right) \\ &= 0.25(528.125 - 0) \\ &= 0.25 \times 528.125 \\ &= 132.03125 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M2 &= \int_{32.5}^{50} \left(\frac{z - 20}{50} \right) z \, dz \\ &= \frac{z^2 - 20z}{50} - \frac{2z}{5} \\ &= \int \frac{z^2}{50} - \frac{2z}{5} \, dz \\ &= \frac{1}{50} \int z^2 \, dz - \frac{2}{5} \int z \, dz \\ &= \frac{z^3}{50 \times 3} - \frac{2z^2}{5 \times 2} \\ &= \frac{z^3}{150} - \frac{2z^2}{10} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{z^3}{150} - \frac{1z^2}{5} \\
&= \frac{z^3}{150} - \frac{30z^2}{5 \times 30} \\
&= \frac{z^3 - 30z^2}{150} \\
&= \left[\frac{z^2(z - 30)}{150} \right]_{32.5}^{50} \\
&= \frac{50^2(50 - 30)}{150} - \frac{32.5^2(32.5 - 30)}{150} \\
&= \frac{50000}{150} - \frac{2640.625}{150} \\
&= 333.33 - 17,60 \\
&= 315.73
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M3 &= \int_{50}^{70} (0.6)z \, dz \\
&= 0.6 \left[\frac{z^2}{2} \right]_{50}^{70} \\
&= 0.6 \left(\frac{70^2}{2} - \frac{50^2}{2} \right) \\
&= 0.6 \left(\frac{4900}{2} - \frac{2500}{2} \right) \\
&= 0.6(2450 - 1250) \\
&= 0.6 \times 1200 \\
&= 720
\end{aligned}$$

Langkah kedua adalah menghitung luas setiap daerah:

$$\begin{aligned}
A_1 &= 32.5 \times 0.25 \\
&= 8.125 \\
A_2 &= \frac{(0.25 + 0.6) \times (50 - 32.5)}{2} \\
&= \frac{8.125 \times 17.5}{2} \\
&= 71,09375 \\
A_3 &= (70 - 50) \times 0.6 \\
&= 20 \times 0.6 \\
&= 12
\end{aligned}$$

Perolehan titik pusat adalah:

$$z = \frac{132.03125 + 315.73 + 720}{8.125 + 71.09375 + 12}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1167.76125}{91.21875} \\
 &= 12.80
 \end{aligned}$$

Sehingga kita dapat mengetahui kecepatan *Fan* saat kondisi hidup adalah 12,80 rpm.

2) Metode Sugeno

Kita dapat menyebut metode ini sebagai metode tunggal, umumnya output memiliki rentang domain (misal: 1–10) namun untuk metode ini kita bisa memiliki nilai domain tunggal (misal: 5). Berbeda dengan metode Mamdani, metode ini menghasilkan output yang berupa fungsi linier atau konstanta. Metode ini sering dipakai dalam sistem kendali karena lebih efisien secara komputasi.

Dua jenis pemodelan Takagi-Sugeno yang diperkenalkan untuk metode Sugeno, antara lain:

a) Model Fuzzy Sugeno Orde-Nol

$$\begin{aligned}
 &IF(x_1 \text{ is } A_1) \cdot (x_2 \text{ is } A_2) \cdot (x_3 \text{ is } A_3) \cdot \dots \\
 &\quad \cdot (x_n \text{ is } A_n) THEN z = k
 \end{aligned}$$

Keterangan:

A_i : himpunan fuzzy ke- i sebagai antensenden (suatu yang muncul sebelum sesuatu yang lain).

k : suatu konstanta (tegas) sebagai konsekuen.

b) Model Fuzzy Sugeno Orde-Satu

$$\begin{aligned}
 &IF (x_1 \text{ is } A_1) \cdot \dots \cdot (x_n \text{ is } A_n) THEN z \\
 &\quad = p_1 \times x_1 + \dots + p_n \times x_n + q
 \end{aligned}$$

Keterangan:

A_i : himpunan fuzzy ke- i sebagai antensenden (suatu yang muncul sebelum sesuatu yang lain).

p_i : suatu konstanta (tegas) ke- i .

q : konstanta dalam konsekuen.

Jika komposisi aturan menggunakan metode Sugeno, maka defuzzifikasi dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya.

Untuk memahami metode *fuzzy* Sugeno perhatikan contoh berikut ini:

Ditetahui:

Jika nilai pH media tanah = 4

Suhu ruangan = 25°C

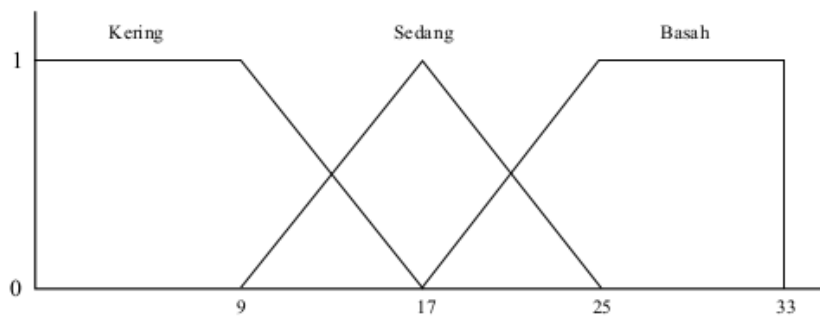
Kelembapan = 30%

Ditanyakan:

Bagaimana cara kerja kipas dengan kondisi sesuai data sebelumnya?

Jawaban:

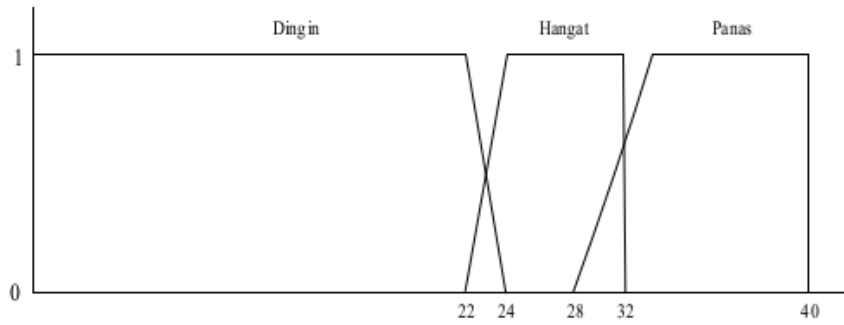
Pada contoh diketahui grafik fungsi adalah sebagai berikut:



Gambar 19.1 Grafik Fungsi Kelembapan Media Tanan (input)

Persamaan fungsi keanggotaan kelembapan media tanam:

$$\mu_{kering}[x] = \begin{cases} 1. & x \leq 9 \\ \frac{17-x}{2}. & 9 \leq x \leq 17 \\ 0. & x \geq 17 \end{cases}$$
$$\mu_{sedang}[x] = \begin{cases} 0. & x \leq 9 \text{ atau } x \geq 25 \\ \frac{x-9}{8}. & 9 \leq x \leq 17 \\ \frac{17-x}{8}. & 17 \leq x \leq 25 \end{cases}$$
$$\mu_{basah}[x] = \begin{cases} 1. & x \leq 9 \\ \frac{17-x}{2}. & 9 \leq x \leq 17 \\ 0. & x \geq 17 \end{cases}$$



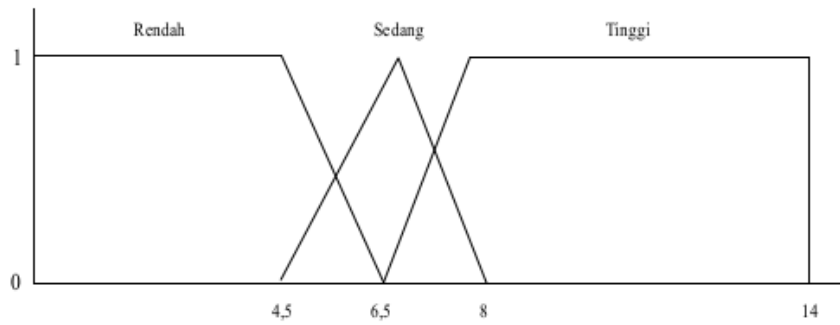
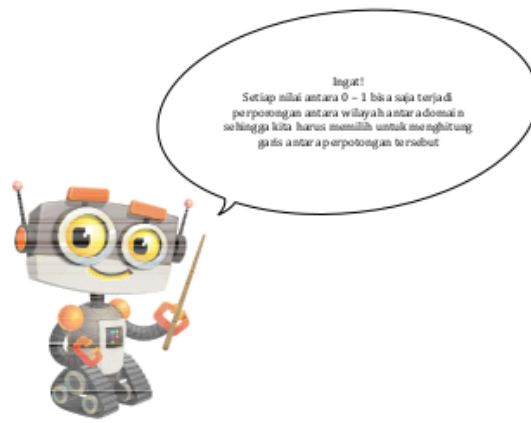
Gambar 20.1 Grafik Fungsi Suhu Ruangan (input)

Persamaan fungsi keanggotaan suhu ruangan:

$$\mu_{dingin}[x] = \begin{cases} 1. & x \leq 22 \text{ atau } x \leq 0 \\ \frac{24 - x}{2}. & 22 \leq x \leq 24 \\ 0. & x \geq 24 \end{cases}$$

$$\mu_{hangat}[x] = \begin{cases} 0. & x \leq 22 \text{ atau } x \leq 0 \\ \frac{32 - x}{4}. & 22 \leq x \leq 32 \\ 1. & 24 \leq x \leq 30 \\ \frac{30 - x}{0}. & x \geq 30 \end{cases}$$

$$\mu_{panas}[x] = \begin{cases} 0. & x \leq 22 \text{ atau } x \leq 0 \\ \frac{32 - x}{4}. & 28 \leq x \leq 32 \\ 1. & x \geq 32 \end{cases}$$



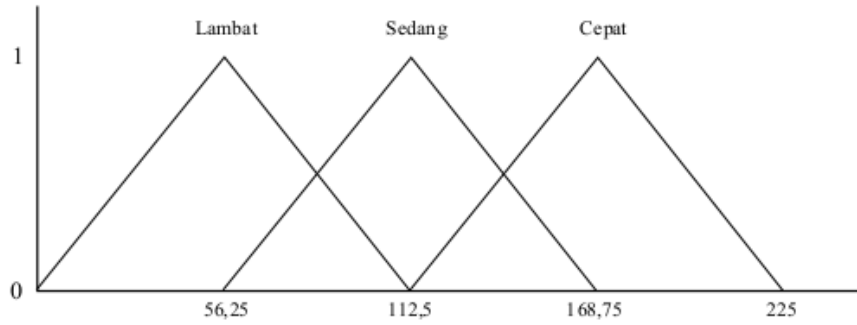
Gambar 21.1 Grafik Fungsi pH Media Tanam (input)

Persamaan fungsi keanggotaan pH media tanam:

$$\mu_{rendah}[x] = \begin{cases} 1. & x \leq 4.5 \\ \frac{6.5 - x}{2}. & 4.5 \leq x \leq 6.5 \\ 0. & x \geq 6.5 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}[x] = \begin{cases} 0. & x \leq 4.5 \text{ atau } x \geq 8 \\ \frac{x - 4.5}{2}. & 4.5 \leq x \leq 6.5 \\ \frac{6.5 - x}{1.5}. & 6.5 \leq x \leq 8 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}[x] = \begin{cases} 0. & x \leq 6.5 \\ \frac{8 - x}{1.5}. & 6.5 \leq x \leq 8 \\ 1. & x \geq 8 \end{cases}$$



Gambar 22.1 Grafik Fungsi Kipas (output)

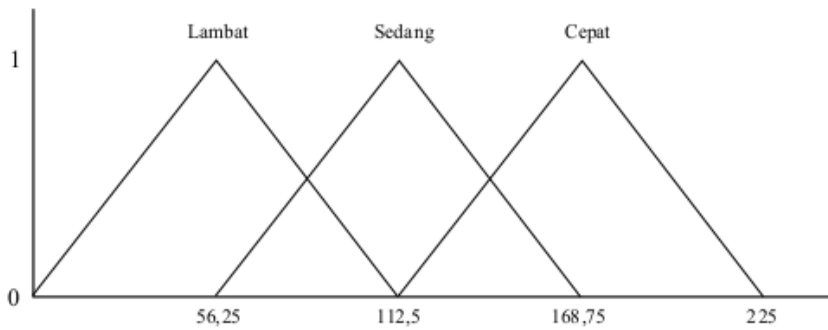
Persamaan fungsi keanggotaan kipas:

$$\mu_{lambat}[x] = \begin{cases} 0. & x \geq 112.5 \\ \frac{x - 0}{56.25} & 0 \leq x \leq 52.25 \\ \frac{56.25 - x}{56.25} & 56.25 \leq x \leq 112.5 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}[x] = \begin{cases} 0. & x \geq 56.25 \text{ atau } x \geq 168.75 \\ \frac{x - 56.25}{56.25} & 56.25 \leq x \leq 168.75 \\ \frac{168.75 - x}{56.25} & 112.5 \leq x \leq 168.75 \end{cases}$$

$$\mu_{cepat}[x] = \begin{cases} 0. & x \geq 112.5 \text{ atau } x \geq 225 \\ \frac{x-112.5}{56.25}. & 112.5 \leq x \leq 225 \\ \frac{168.75-x}{112.5}. & 56.25 \leq x \leq 168.75 \end{cases}$$

Ingat!
Setiap nilai antara 0 - 1 bisa saja terjadi perpotongan antara wilayah antar domain sehingga kita harus memilih untuk menghitung garis antar perpotongan tersebut



Gambar 23.1 Grafik Fungsi Selenoid 1 (output)

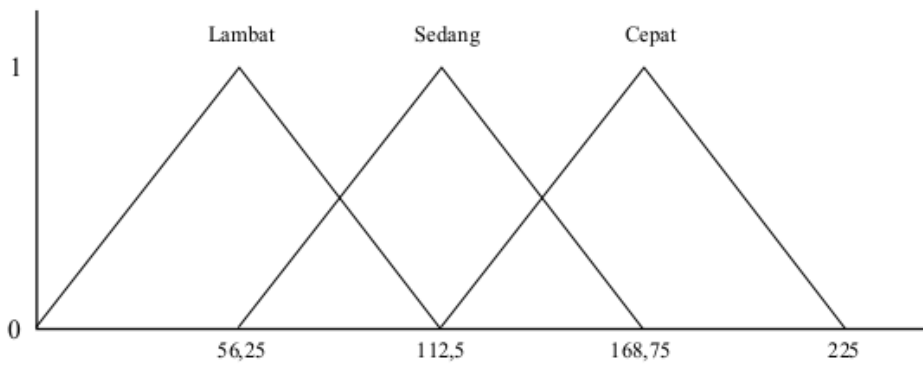
Persamaan fungsi keanggotaan solenoid 1:

$$\mu_{lambat}[x] = \begin{cases} 0. & x \geq 112.5 \\ \frac{x-0}{56.25}. & 0 \leq x \leq 52.25 \\ \frac{56.25-x}{56.25}. & 56.25 \leq x \leq 112.5 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}[x] = \begin{cases} 0. & x \geq 56.25 \text{ atau } x \geq 168.75 \\ \frac{x-56.25}{56.25}. & 56.25 \leq x \leq 168.75 \\ \frac{168.75-x}{56.25}. & 112.5 \leq x \leq 168.75 \end{cases}$$

$$\mu_{cepat}[x] = \begin{cases} 0, & x \geq 112.5 \text{ atau } x \geq 225 \\ \frac{x-112.5}{56.25}, & 112.5 \leq x \leq 225 \\ \frac{168.75-x}{112.5}, & 56.25 \leq x \leq 168.75 \end{cases}$$

Ingat!
Setiap nilai antara 0 - 1 bisa saja terjadi perporongan antara wilayah antara domain sehingga kita harus memilih untuk menghitung garis antara perpotongan tersebut



Grafik Fungsi Selenoid 2 (output) Persamaan fungsi keanggotaan selenoid 2:

$$\mu_{lambat}[x] = \begin{cases} 0, & x \geq 112.5 \\ \frac{x-0}{56.25}, & 0 \leq x \leq 52.25 \\ \frac{56.25-x}{56.25}, & 56.25 \leq x \leq 112.5 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}[x] = \begin{cases} 0, & x \geq 56.25 \text{ atau } x \geq 168.75 \\ \frac{x-56.25}{56.25}, & 56.25 \leq x \leq 168.75 \\ \frac{168.75-x}{56.25}, & 112.5 \leq x \leq 168.75 \end{cases}$$

$$\mu_{cepat}[x] = \begin{cases} 0, & x \geq 112.5 \text{ atau } x \geq 225 \\ \frac{x-112.5}{56.25}, & 112.5 \leq x \leq 225 \\ \frac{168.75-x}{112.5}, & 56.25 \leq x \leq 168.75 \end{cases}$$

- a) Langkah pertama ³ menentukan himpunan *fuzzy*:
 Variabel pH dibagi menjadi tiga himpunan yaitu rendah, sedang dan tinggi, maka tingkat keanggotaan variabel pH media tanam 4 yaitu $\mu_{rendah}(4) = 1$, $\mu_{sedang}(4) = 0$, $\mu_{tinggi}(4) = 0$, maka didapatkan hasil pH media tanam kondisi rendah dengan tingkat keanggotaan 100%.

Variabel suhu dibagi menjadi tiga himpunan yaitu dingin, hangat dan panas, maka tingkat keanggotaan variabel suhu 25°C yaitu $\mu_{dingin}(25) = 0$, $\mu_{hangat}(25) = 1$, $\mu_{panas}(25) = 0$, maka didapatkan hasil suhu kondisi hangat dengan tingkat keanggotaan 100%.

Variabel Kelembapan dibagi menjadi tiga himpunan yaitu kering, sedang dan basah, maka tingkat keanggotaan variabel kelembapan 30% yaitu $\mu_{kering}(10) = 0,8$, $\mu_{sedang}(10) = 0,2$, $\mu_{basah}(10) = 0$, maka didapatkan hasil kelembapan kondisi Kering dengan tingkat keanggotaan 80% dan kondisi Sedang dengan tingkat keanggotaan 20%.

- b) Langkah ke dua menentukan ³ fungsi implikasi:
 Pada tahap ini fungsi MIN digunakan untuk membuat aturan dengan mengambil tingkat keanggotaan yang paling rendah dari variabel input untuk output. Dengan aturan sebagai berikut:

$[R_1]$ IF pH adalah rendah, suhu adalah sedang dan kelembapan adalah kering THEN kipas adalah sedang.

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat} &= \mu_{pH_{rendah}} \cap \mu_{suhu_{rendah}} \cap \mu_{kelembapan_{kering}} \\ &= \min(\mu_{pH_{rendah}}(4), \mu_{suhu_{rendah}}(25), \mu_{kelembapan_{kering}}(10)) \\ &= \min(1; 1; 0,8) \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

[R₂] IF pH adalah rendah, suhu adalah sedang dan kelembapan adalah sedang THEN kipas adalah sedang.

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat} &= \mu_{\text{pH}_{\text{rendah}}} \cap \mu_{\text{suhu}_{\text{sedang}}} \cap \mu_{\text{kelembapan}_{\text{kering}}} \\ &= \min (\mu_{\text{pH}_{\text{rendah}}} (4), \mu_{\text{suhu}_{\text{sedang}}} (25) \\ &\quad \mu_{\text{kelembapan}_{\text{kering}}} (10)) \\ &= \min (1; 1; 0,2) \\ &= 0,2\end{aligned}$$

c) Langkah ke tiga membuat komposisi aturan

Komposisi aturan dibuat untuk mendapatkan daerah solusi fuzzy, dengan cara menyimpulkan nilai keanggotaan yang paling tinggi dari fungsi implikasi dan gabungan kesimpulan dari masing-masing aturan. Berikut ini merupakan daerah solusi fuzzy:

$$\begin{aligned}\mu_{sf(x)} &= \max\{\mu_{SD(x)}\} \\ &= \max\{0,8\}\end{aligned}$$

Titik potong aturan adalah ketika $\mu_{Fan_{sedang}} = 0,8$, sehingga nilai x adalah:

$$\begin{aligned}x &= 56.25 + 56.25(0.8) \\ &= 56.25 + 45 \\ &= 101.25\end{aligned}$$

Maka didapatkan fungsi keanggotaan daerah solusi, adalah:

$$\mu_{kipas} = \{0.8; 101.25 \leq x \leq 168.75\}$$

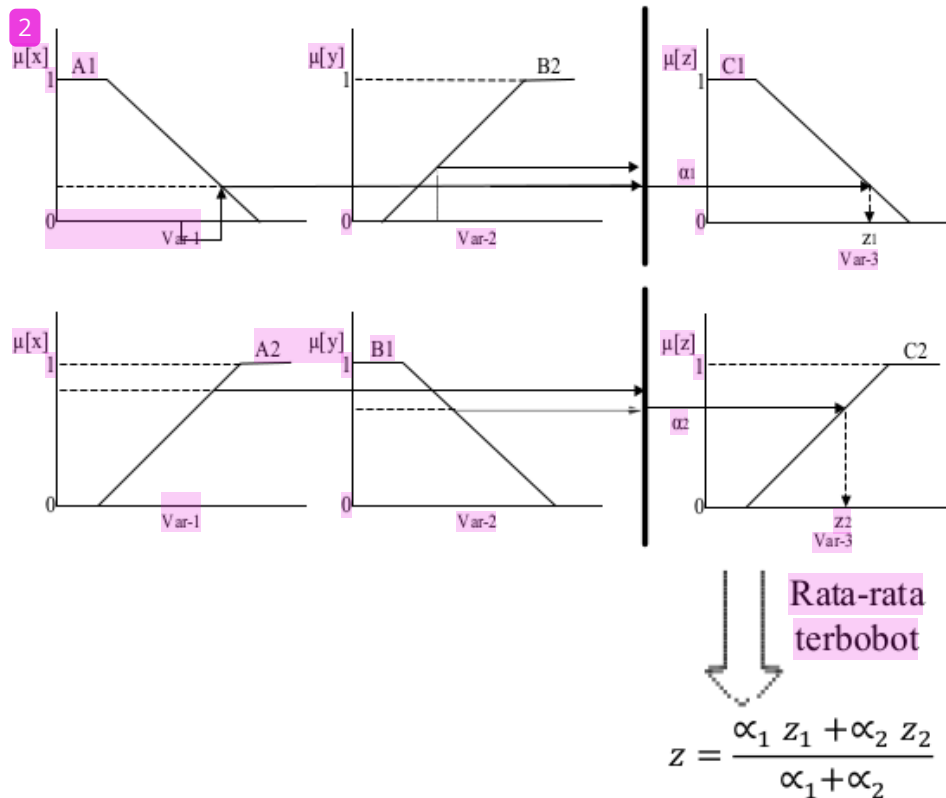
d) Langkah ke empat menentukan defuzifikasi

Defuzifikasi pada contoh ini menggunakan metode Centroid.

$$\begin{aligned}x &= \frac{\int_{101.25}^{168.75} 0.8(x)dx}{\int_{101.25}^{168.75} 0.8dx} \\ &= \frac{7290}{54} \\ &= 135\end{aligned}$$

3) Metode Tsukamoto

Hasil dari metode Tsukamoto berupa output *fuzzy* yang berbentuk *crisp* dengan menggunakan aturan *IF – THEN* yang memiliki konsekuen *fuzzy* yang monoton. Hasil output inferensi dari setiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α – predikat (*fire strange*) sehingga mendapatkan hasil akhir dari rata-rata terbobot.



Gambar 24.1 Inferensi Metode Tsukamoto

Untuk memahami metode *fuzzy* Tsukamoto perhatikan *contoh* berikut ini:

Data 1 bulan terakhir dari perusahaan adalah sebagai berikut:

Ditetahui:

Permintaan terbesar = 5000 kemasan/hari

Permintaan terkecil = 1000 kemasan/hari

Persediaan barang di gudang terbanyak = 600 kemasan/hari

Persediaan barang di gudang terkecil = 100 kemasan/hari

Maksimum produksi perusahaan = 7000 kemasan/hari

Efisiensi mesin dan SMD = 2000 kemasan

Ketentuan khusus jika aturan fuzzy yang dipakai adalah:

[R₁] IF permintan Turun AND persediaan Banyak THEN produksi barang Berkurang.

[R₂] IF permintan Turun AND persediaan Sedikit THEN produksi barang Berkurang.

[R₃] IF permintan Naik AND persediaan Banyak THEN produksi barang Bertambah.

[R₄] IF permintan Naik AND persediaan Sedikit THEN produksi barang Bertambah.

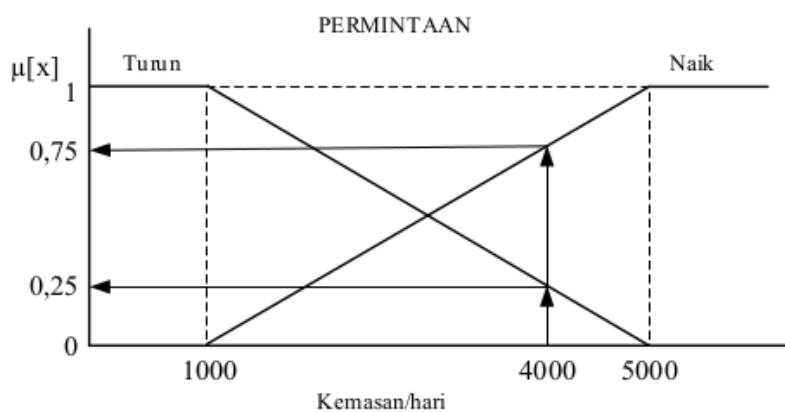
Ditanyakan:

Jumlah kemasan yang harus diproduksi jika jumlah permintaan sebanyak 4000 kemasan dan juga persediaan di gudang masih ada sebanyak 300 kemasan?

Jawaban:

Untuk menyelesaikan kasus ini terdapat 3 variabel fuzzy yang dapat kita buat untuk pemodelannya, antara lain:

Permintaan



Gambar 25.1 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Permintaan

Didapatkan fungsi keanggotaan:

$$\mu_{pmt_{Turun}}[x] = \begin{cases} 1. & x \leq 1000 \\ \frac{5000 - x}{4000}. & 1000 \leq x \leq 5000 \\ 0. & x \geq 5000 \end{cases}$$

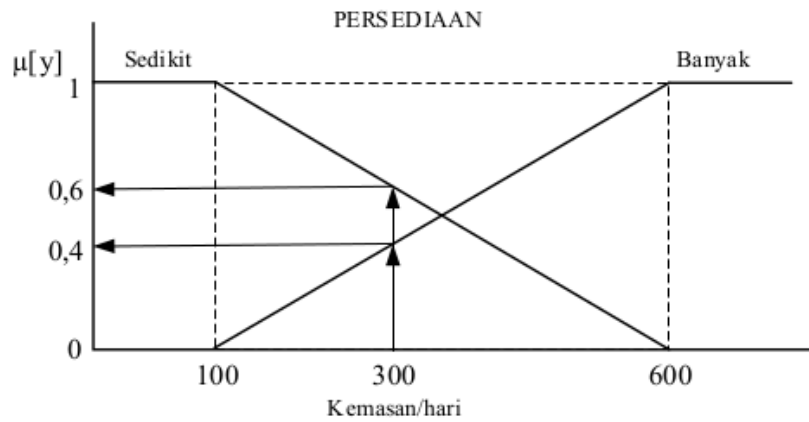
$$\mu_{pmt_{Naik}}[x] = \begin{cases} 0. & x \leq 1000 \\ \frac{x - 1000}{4000}. & 1000 \leq x \leq 5000 \\ 1. & x \geq 5000 \end{cases}$$

Didapatkan nilai keanggotaan:

$$\mu_{pmt_{Turun}}[4000] = \frac{5000 - 4000}{4000} = 0.25$$

$$\mu_{pmt_{Naik}}[4000] = \frac{4000 - 1000}{4000} = 0.75$$

Persediaan



Gambar 26.1 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Persediaan

Didapatkan fungsi keanggotaan:

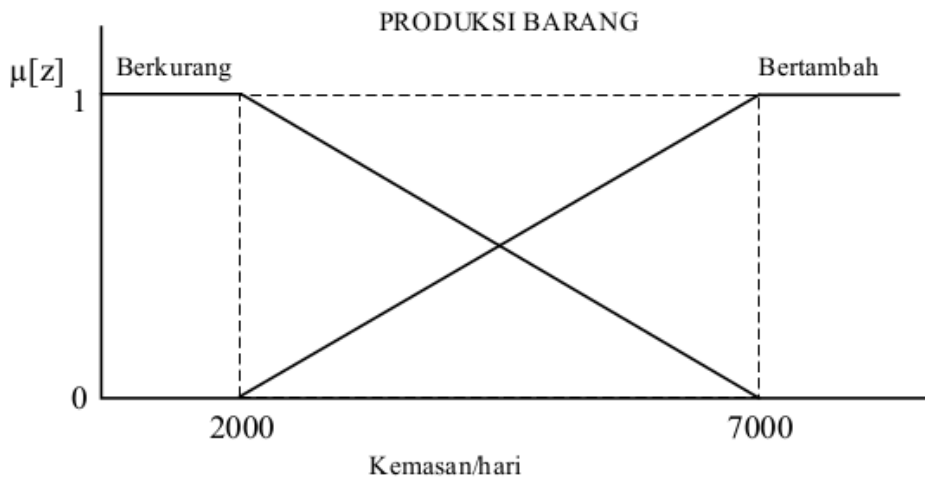
$$\mu_{psd_{Sedikit}}[y] = \begin{cases} 1. & y \leq 100 \\ \frac{600 - y}{500}. & 100 \leq y \leq 600 \\ 0. & y \geq 600 \end{cases}$$

$$\mu_{psd_{Banyak}}[y] = \begin{cases} 0. & y \leq 100 \\ \frac{y - 100}{500}. & 100 \leq y \leq 600 \\ 1. & y \geq 600 \end{cases}$$

Didapatkan nilai keanggotaan:

$$\begin{aligned}\mu_{psd_{Sedikit}}[300] &= \frac{600 - 300}{500} \\ &= 0.6 \\ \mu_{psd_{Banyak}}[300] &= \frac{300 - 100}{500} \\ &= 0.4\end{aligned}$$

Produksi barang



Gambar 27.1 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Produksi Barang

Didapatkan fungsi keanggotaan:

$$\begin{aligned}\mu_{pr_brg_{Berkurang}}[z] &= \begin{cases} 1. & z \leq 2000 \\ \frac{7000 - z}{5000}. & 2000 \leq z \leq 7000 \\ 0. & z \geq 7000 \end{cases}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{pr_brg_{Bertambah}}[z] &= \begin{cases} 0. & z \leq 2000 \\ \frac{z - 2000}{5000}. & 2000 \leq z \leq 7000 \\ 1. & z \geq 7000 \end{cases}\end{aligned}$$

Karena z merupakan hasil (keinginan), maka untuk mendapatkan nilai z untuk setiap aturan didapatkan dari nilai terkecil (fungsi MIN), sehingga didapatkan fungsi implikasi sebagai berikut:

[R₁] IF permintaan Turun AND persediaan Banyak THEN produksi barang Berkurang.

$$\alpha - \text{predikat}_1 = \mu_{pmt_{Turun}} \cap \mu_{psd_{Banyak}}$$

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat}_1 &= \mu_{pmt_{Turun}}(4000) \cap \mu_{psd_{Banyak}}(300) \\ &= \min(0,25; 0,4) \\ &= 0.25\end{aligned}$$

Jika kita perhatikan pada Gambar 4.29. dimana produksi barang Berkurang, maka:

$$\frac{7000 - z_1}{5000} = 0.25$$

$$\rightarrow \text{Pembuktian: } 7000 - z_1 = 5000 \times 0.25$$

$$7000 - z_1 = 1250$$

$$z_1 = 7000 - 1250$$

$$z_1 = 5750$$

[R₂] IF permintaan Turun AND persediaan Sedikit THEN produksi barang Berkurang.

$$\alpha - \text{predikat}_2 = \mu_{pmt_{Turun}} \cap \mu_{psd_{Sedikit}}$$

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat}_2 &= \mu_{pmt_{Turun}}(4000) \cap \mu_{psd_{Sedikit}}(300) \\ &= \min(0,25; 0,6) \\ &= 0.25\end{aligned}$$

Jika kita perhatikan pada Gambar 4.29. dimana produksi barang Berkurang, maka:

$$\frac{7000 - z_2}{5000} = 0.25$$

$$\rightarrow \text{Pembuktian: } 7000 - z_2 = 5000 \times 0.25$$

$$7000 - z_2 = 1250$$

$$z_2 = 7000 - 1250$$

$$z_2 = 5750$$

[R₃] IF permintaan Naik AND persediaan Banyak THEN produksi barang Bertambah.

$$\alpha - \text{predikat}_3 = \mu_{pmt_{Naik}} \cap \mu_{psd_{Banyak}}$$

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat}_3 &= \mu_{pmt_{Naik}}(4000) \cap \mu_{psd_{Banyak}}(300) \\ &= \min(0,75; 0,4)\end{aligned}$$

$$= 0.4$$

Jika kita perhatikan pada Gambar 4.29. dimana produksi barang Berkurang, maka:

$$\frac{z_3 - 2000}{5000} = 0.4$$

$$\rightarrow \text{Pembuktian: } z_3 - 2000 = 5000 \times 0.4$$

$$z_3 - 2000 = 2000$$

$$z_3 = 2000 + 2000$$

$$z_3 = 4000$$

[R₄] IF permintaan Naik AND persediaan Sedikit THEN produksi barang Bertambah.

$$\alpha - \text{predikat}_4 = \mu_{pmt_{Naik}} \cap \mu_{psd_{Sedikit}}$$

$$\alpha - \text{predikat}_4 = \mu_{pmt_{Naik}}(4000) \cap \mu_{psd_{Sedikit}}(300)$$

$$= \min(0,75; 0,6)$$

$$= 0.6$$

Jika kita perhatikan pada Gambar 29. dimana produksi barang Berkurang, maka:

$$\frac{z_4 - 2000}{5000} = 0.6$$

$$\rightarrow \text{Pembuktian: } z_4 - 2000 = 5000 \times 0.6$$

$$z_4 - 2000 = 3000$$

$$z_3 = 2000 + 3000$$

$$z_3 = 5000$$

Setelah mendapatkan nilai z, langkah selanjutnya adalah menjumlahkan keseluruhan nilai z₁ – z₄ dan α – predikat, sehingga:

$$z = \frac{(\alpha \text{ pred}_1 \times z_1) + (\alpha \text{ pred}_2 \times z_2) + (\alpha \text{ pred}_3 \times z_3) + (\alpha \text{ pred}_4 \times z_4)}{\alpha \text{ pred}_1 + \alpha \text{ pred}_2 + \alpha \text{ pred}_3 + \alpha \text{ pred}_4}$$

$$z = \frac{(0.25 \times 5750) + (0.25 \times 5750) + (0.4 \times 4000) + (0.6 \times 5000)}{0.25 + 0.25 + 0.4 + 0.6}$$

$$z = \frac{1437.5 + 1437.5 + 1600 + 3000}{1.5}$$

$$z = \frac{7475}{1.5}$$

$$z = 4983$$

Kesimpulan-nya, untuk jumlah produksi yang harus dipenuhi adalah 2983 kemasan.

4.10 Latihan Soal

- 1) Apa itu logika fuzzy dan bagaimana logika ini berbeda dari logika biner?
- 2) Jelaskan apa yang dimaksud dengan himpunan *fuzzy* dan bagaimana cara kerjanya dalam logika *fuzzy*?
- 3) Apa saja metode yang digunakan dalam *Fuzzy Inference System* (FIS) dan jelaskan salah satu metode tersebut?
- 4) Apa yang dimaksud dengan fungsi keanggotaan dalam logika *fuzzy* dan sebutkan dua contoh bentuk fungsi keanggotaan?
- 5) Bagaimana proses defuzzifikasi bekerja dalam logika *fuzzy*, dan mengapa penting?
- 6) Berikan contoh aplikasi logika *fuzzy* dalam kehidupan sehari-hari dan jelaskan bagaimana logika *fuzzy* digunakan dalam aplikasi tersebut?
- 7) Apa yang dimaksud dengan representasi linear dalam fungsi keanggotaan dan bagaimana bentuknya?
- 8) Apa itu fungsi implikasi dalam logika *fuzzy*, dan sebutkan dua fungsi implikasi yang umum digunakan?
- 9) Bagaimana sistem inferensi *fuzzy* dapat digunakan dalam pemodelan dan pengendalian sistem?
- 10) Sebuah ruangan dapur terdapat kebocoran gas dan pada saat tersebut suhu ruangan semakin naik, buatlah solusi untuk menyelesaikan kasus tersebut:

Diketahui: Konsentrasi Gas Lpg = 0 – 1000 ppm (input)

Suhu Raungan = 0 – 39°C (input)

Rpm Blower = 0 – 300 Rpm (output)

Ditanyakan:

- a) Buatlah Grafik membership function!
- b) Selesaikan kasus tersebut dengan menggunakan metode mamdani dan Sugeno!
- c) Manakah yang lebih baik diantara kedua metode tersebut!



▪ DAFTAR PUSTAKA ▪

- Rusli, M. (2015). Dasar Teknik Kontrol. Malang: Universitas Brawijaya Press (UB Press). 1-6
- Munir. R. (2007). Algoritma & Pemrograman: Dalam Bahasa Pascal dan C. Bandung: Informatika Bandung. 1-13
- Kusumadewi, S. (2003). Artificial Intelligence: Teknik dan Aplikasinya. Yogyakarta: Graha Ilmu. 153-196
- Sonalitha, E., Asriningtias, S. R., Nurdewanto, B. (2020). FUZZY CLUSTERING. Yogyakarta: Graha Ilmu. 1, 8-12
- Dirgantara, W., Suyono, H., Setyawati, O. (2017). Sistem Peringatan Dini untuk Deteksi Kebocoran Gas Menggunakan Fuzzy Logic Control. Jurnal EECCIS. 11(1), 27-32



▪ RIWAYAT PENULIS ▪



Wahyu Dirgantara lahir dan dibesarkan di Sidoarjo hingga menyelesaikan SMA, kemudian melanjutkan Pendidikan di Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Setelah menyelesaikan Pendidikan S1, bekerja sebagai guru robotika di SMK MAWA 2 Waru Sidoarjo, dan staf tata usaha di SMP PGRI 9 Sidoarjo.

Pendidikan S2 diselesaikan di Teknik Elektro (Sistem Kontrol Elektronika) Universitas Brawijaya. Saat ini, sebagai staf pengajar di Fakultas Teknik, Prodi S1 Teknik Elektro, Universitas Merdeka Malang.



Andrijani Sumarahinsih lahir dan dibesarkan di Malang hingga menyelesaikan SMA, kemudian melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. Setelah menyelesaikan pendidikan S1, bekerja sebagai staf pengajar di Politeknik Negeri Kupang.

Pendidikan S2 Teknik Elektro (Sistem Kontrol Elektronika) dan S3 Kedokteran (Biomedika) diselesaikan di Universitas Brawijaya. Saat ini, sebagai staf pengajar di Fakultas Teknik, Prodi S1 Teknik Elektro, Universitas Merdeka Malang.



Resi Dwi Jayanti Kartika Sari, lahir dan dibesarkan di Surabaya hingga menyelesaikan SMA, kemudian melanjutkan pendidikan D3 di Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Listrik Politeknik Negeri Malang, dan D4 di Fakultas Teknik, Jurusan Elektronika Industri Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS-ITS). Penulis pernah bekerja di dunia industri, salah satunya di PT.SCHNEIDER ELECTRIC INDONESIA selama 5 tahun di bagian engineering.

Pendidikan S2 diselesaikan di Teknik Elektro (Sistem Tenaga Listrik) Universitas Brawijaya. Saat ini, sebagai staf pengajar di Fakultas Teknik, Prodi S1 Teknik Elektro, Universitas Merdeka Malang.

TEORI FUZZY LOGIC & APLIKASINYA

Control system dalam Bahasa Indonesia disebut sistem kontrol minimal, terdiri dari sebuah komponen yang diatur (*plant*). Komponen dikenal sebagai proses sistem yang singkatnya disebut sebagai PROSES. Komponen ini minimal memiliki 2 masukan dan 1 keluaran. Masukan yang dibutuhkan untuk men-triger *plant* disebut sebagai besaran penyetel, sedangkan besaran masukan yang lain merupakan besaran gangguan. Besaran gangguan inilah yang mempengaruhi tercapainya besaran keluaran *plant* dengan harga yang diinginkan. Yang terakhir adalah besaran keluaran, dimana dari ini sistem kontrol secara keseluruhan dapat dikatakan stabil, memiliki performa baik atau tidak baik.

Fuzzy logic merupakan sistem cerdas untuk menalarkan, memetakan dan menghitung untuk memecahkan masalah yang samar dan sulit didefinisikan dengan model matematik. Masalah yang samar atau kita sebut saja sebagai ke tidak jelasan ini antara lain input yang kurang jelas sehingga tidak dapat dipresentasikan dalam bentuk nilai (angka) dan model matematis. *fuzzy logic* juga mempunyai metode yang dapat mempresentasikan perhitungan atau yang kita kenal dengan FIS (*Fuzzy Inference System*). Bagi beberapa orang yang belum mengenal *fuzzy logic* akan mengira bahwa metode tersebut sulit, rumit, tidak pasti bahkan tidak menyenangkan. Namun, sekali orang mengetahui metode *fuzzy logic* maka orang tersebut akan tertarik sehingga akan mempelajari metode ini.

Buku "Teori Fuzzy Logic dan Apalikasinya" berisi cara berpikir serta langkah-langkah dalam menggunakan *fuzzy logic* dan menerapkannya dalam keperluan sehari-hari. Buku ini juga berisi contoh soal yang mudah dimengerti serta dapat dijadikan acuan dalam mempelajari teori *fuzzy logic*.



literasinusantaraofficial@gmail.com
www.penerbitlitnus.co.id
Literasi Nusantara
[literasinusantara_](https://www.instagram.com/literasinusantara_)
085755971589

Teknologi

+17



TEORI FUZZY LOGIC & APLIKASINYA

ORIGINALITY REPORT

21 %	%	%	21 %
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universitas Putera Batam Student Paper	3 %
2	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	2 %
3	Submitted to Universitas Merdeka Malang Student Paper	2 %
4	Submitted to Universitas PGRI Semarang Student Paper	1 %
5	Submitted to STIKOM Surabaya Student Paper	1 %
6	Submitted to Universitas Muria Kudus Student Paper	1 %
7	Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper	1 %
8	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	1 %
9	Submitted to Universitas Pamulang Student Paper	1 %
10	Submitted to Universitas Islam Malang Student Paper	1 %
11	Submitted to Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Student Paper	1 %
12	Submitted to Universitas Dian Nuswantoro Student Paper	1 %

13	Submitted to UIN Syarif Hidayatullah Jakarta Student Paper	1 %
14	Submitted to Universiti Kebangsaan Malaysia Student Paper	1 %
15	Submitted to Universitas Mercu Buana Student Paper	1 %
16	Submitted to Universitas Nasional Student Paper	<1 %
17	Submitted to Syiah Kuala University Student Paper	<1 %
18	Submitted to Universitas Pendidikan Ganesha Student Paper	<1 %
19	Submitted to Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya Student Paper	<1 %
20	Submitted to IAIN Kediri Student Paper	<1 %
21	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	<1 %
22	Submitted to Universitas Musamus Merauke Student Paper	<1 %
23	Submitted to Universitas Atma Jaya Yogyakarta Student Paper	<1 %
24	Submitted to Universitas Sebelas Maret Student Paper	<1 %
25	Submitted to Universitas Tidar Student Paper	<1 %
26	Submitted to UIN Maulana Malik Ibrahim Malang Student Paper	<1 %

27	Submitted to Udayana University Student Paper	<1 %
28	Submitted to itera Student Paper	<1 %
29	Submitted to Universitas Negeri Semarang Student Paper	<1 %
30	Submitted to STKIP Sumatera Barat Student Paper	<1 %
31	Submitted to Diamond Bar High School Student Paper	<1 %
32	Submitted to Submitted on 1692281427405 Student Paper	<1 %
33	Submitted to UIN Sultan Syarif Kasim Riau Student Paper	<1 %
34	Submitted to Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia Student Paper	<1 %
35	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1 %
36	Submitted to Universitas Amikom Student Paper	<1 %
37	Submitted to Walters State Community College Student Paper	<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches < 3 words

Exclude bibliography On