

**SISTEM KENDALI FUZZY LOGIC PADA TEKANAN
DAN GERAKAN PENYEMPROTAN PENGE CETAN
PERMUKAAN BIDANG DATAR**

*CONTROL SYSTEM USING FUZZY LOGIC ON PRESSURE
AND MOVEMENT OF PAINTING SPRAYING ON
FLAT FIELD SURFACE*

TONY J. WUNGKANA



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

**SISTEM KENDALI FUZZY LOGIC PADA TEKANAN
DAN GERAKAN PENYEMPROTAN PENGECETAN
PERMUKAAN BIDANG DATAR**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi
Teknik Elektro

Disusun dan diajukan oleh

TONY J. WUNGKANA

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2013

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tony J. Wungkana
Nomor mahasiswa : P2700211449
Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Informatika

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Agustus 2013

Yang menyatakan

Tony J. Wungkana

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan hikmat, dan pengetahuan, sehingga penyusunan tesis ini telah dapat diselesaikan.

Kelancaran dan keberhasilan penulis dalam menyelesaikan penyusunan hasil penelitian ini adalah berkat bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih kepada **Ir. Zulfajri B. Hasanuddin, M.Eng** sebagai Ketua Komisi Penasehat dan **Dr.Ing. Faizal Samman, ST., MT** sebagai Anggota Komisi Penasehat atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mulai dari pembimbingan proposal penelitian, pelaksanaan penelitian sampai dengan penulisan hasil penelitian ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada yang terhormat Prof.Dr.Ir.H.Salama Manjang, MT selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Teknik Elektro Universitas Hasanuddin Makassar dan terima kasih kepada para penguji. Terima kasih kepada partisipan yang telah banyak membantu dalam rangka pengumpulan data dan informasi dalam pengujian aplikasi , serta kepada rekan-rekan mahasiswa pascasarjana Teknik Informatika Universitas Hasanuddin angkatan 2011 yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan hasil penelitian ini.

Makassar, Agustus 2013

Tonny Wungkana

ABSTRAK

Tony J. Wungkana, *Sistem Pengontrolan Menggunakan Logika Fuzzy pada Tekanan dan Gerakan Penyemprotan Pengecatan Permukaan Bidang Datar* (dibimbing oleh Ir. Zulfajri B. Hasanuddin, M.Eng, Dr.Ing. Faizal Samman, ST,. MT)

Perkembangan teknologi memiliki peranan penting dalam meningkatkan efisiensi kinerja. Salah satu bidang yang dapat menggunakan aplikasi dari pengembangan teknologi pengontrolan adalah kegiatan pengecatan, dengan tujuan mendapatkan kualitas pengecatan yang baik, kecepatan pengecatan untuk suatu objek dalam jumlah yang banyak serta keamanan dan kenyamanan pekerja, maka teknologi pengontrolan memiliki peran penting. Tujuan dari penelitian ini yaitu mendesain pola penyemprotan pengecatan yang memiliki kualitas yang baik dan membuat sistem kendali cerdas pada tekanan dan arah pergerakan penyemprotan.

Metode yang digunakan adalah Logika Fuzzy akan membuat banyak kondisi kemungkinan, sesuai dengan luasan media pengecatan .Sistem yang akan di bangun memanfaatkan data input untuk mengontrol arah dan tekanan penyemprotan.

Hasil yang peroleh adalah kualitas pengecatan pada bidang datar dengan memperhitungkan efisiensi waktu dan bahan cat, peningkatan efisiensi kinerja manusia, peningkatan mutu pengecatan dengan hasil yang berkualitas, dan mengurangi terjadinya pemborosan pemakaian bahan cat.

Kata kunci : Sistem pengontrolan,logika fuzzy, pengecatan bidang datar

ABSTRACT

Tony J. Wungkana, *Control System Using Fuzzy Logic on Pressure and Movement of Painting Spraying on Flat Field Surface* (Supervised by Ir. Zulfajri B. Hasanuddin, M.Eng, Dr.Ing. Faizal Samman, ST,.MT)

Technological developments play an important role in enhancing the efficiency of performance. A kind of job that can use the application of control technology is the development of painting activities, with the aim of getting a good quality painting, speed painting to objects in large numbers as well as the safety and comfort of workers, then the control technology has an important role. The purpose of this research is to design a good quality of paint spray patterns and make intelligent control system on the pressure and direction of movement of the spraying.

The method used is the fuzzy logic. the method will make a lot of possible conditions, according to the painting area. System will be built utilizing the data input to control the direction and pressure spraying.

The results obtained are pengecetan quality on a flat, with the consideration of the efficiency of time and paint materials, human performance efficiency improvement, improvement of painting quality as the results, and reduces wastage of paint material usage.

Keywords: control systems, fuzzy logic, painting the flat field

DAFTAR ISI

PRAKATA	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Manfaat Penelitian	2
E. Ruang Lingkup / Batasan Masalah	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Roadmap Penelitian	4
B. Dasar Sistem Kontrol	5
C. Sistem Kontrol Loop Terbuka	6
D. Sistem Kontrol Loop Tertutup	6
E. Motor DC	7
F. Fuzzy Logic	11

III. METODE PENELITIAN	26
A. Waktu dan Lokasi Penelitian	26
B. Teknik Pengumpulan Data	26
C. Alat dan Bahan	27
D. Tahapan Penelitian	27
E. Perancangan Sistem dengan Variabel Fuzzy	28
F. Perancangan Sistem Pengontrolan	29
G. Deskripsi Sistem	31
H. Media Pengecatan	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
A. Desain Logika Samar	36
B. Pengujian Sistem	43
C. Perbandingan Sistem	49
V. PENUTUP	51
1. Kesimpulan	51
2. Saran	52
Daftar Pustaka	53
Lampiran	

DAFTAR TABEL

nomor	Halaman
1. Data pengecatan industri	34
2. Perbandingan waktu pengerjaan sistem manual dengan sistem kontrol	49

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Komponen dasar sistem kontrol	5
2. Komponen sistem kontrol terbuka	6
3. Komponen sistem kontrol tertutup	7
4. Kaidah tangan kanan motor	8
5. Motor DC Universal	9
6. Representase of dark gray level with crips and fuzzy set	14
7. Grafik fungsi keanggotaan linier	15
8. Grafik keanggotaan S	16
9. Grafik keanggotaan Pi	17
10. Grafik fungsi keanggotaan segitiga	18
11. Grafik keanggotaan trapesium	19
12. Grafik fungsi keanggotaan kecepatan	21
13. Diagram alir proses pengaturan himpunan fuzzy	25
14. Blok Diagram Sistem	29
15. Rancangan Kontruksi Sistem	30
16. Diagram air input sistem	31
17. Diagram alir input sistem	32
18. Pengukuran batas penyebaran penyemprotan objek	33
19. Desain input dan output sistem	36

20. Rancangan membership fungsi input luasan cat	37
21. Rancangan membership fungsi input jarak objek	38
22. Rancangan membership fungsi output tuas	39
24. Rule penempatan setiap kondisi penegcatan	40
25. Pengisian rule	41
26. Pengisian Rule	42
27. Grafik Decision Surface	43
28. Pengujian pada tarikan tuas 10 derajat	44
28. Pengujian pada tarikan tuas 20 derajat	45
29. Pengujian pada tarikan tuas 30 derajat	46
30. Pengujian pada tarikan tuas 40 derajat	47
31. Pengujian pada tarikan tuas 50 derajat	48

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Peralatan Pendukung	54
2. Peralatan Kontrol	56
3. Objek Pengecatan	59
4. Proses Pengecatan	63

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Dalam meningkatkan efisiensi kinerja adalah dengan memanfaatkan perkembangan teknologi, dimana salah satunya adalah teknologi pengontrolan. Teknologi pengontrolan sederhana telah banyak digunakan dan terus berkembang sampai saat ini, seiring dengan munculnya hasil-hasil karya manusia dalam berbagai bidang yang umumnya bertujuan untuk mengefisienkan sumber daya yang ada.

Berdasarkan pemikiran diatas, maka dapat dikembangkan teknologi-teknologi pengontrolan untuk membantu manusia sebagai bagian dari efisiensi sumber daya walaupun dalam wujud sistem yang sederhana. Salah satu bidang yang dapat menggunakan aplikasi dari pengembangan teknologi pengontrolan adalah kegiatan pengecatan. Sistem pengontrolan bertujuan untuk mendapatkan kualitas pengecatan yang baik, kecepatan pengecatan untuk suatu objek dalam jumlah yang banyak serta keamanan dan kenyamanan pekerja.

Pemanfaatan teknologi pengontrolan untuk kegiatan pengecatan sebenarnya telah digunakan terutama pada pabrik-pabrik besar dengan produksi berskala besar. Namun di Indonesia, biaya pembuatan dan pengoperasian yang besar, serta tidak ditunjang dengan penerapan

teknologi yang ada, membuat pemanfaatan teknologi kontrol belum menjangkau seluruh lapisan industri khususnya yang berkaitan dengan kegiatan pengecatan.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana mengontrol tekanan penyemprotan pada pengecatan dinding bidang datar berdasarkan jarak objek dan luasan semprotan
2. Bagaimana mengontrol arah gerakan penyemprotan.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendesain Pola penyemprotan pengecatan yang memiliki kualitas yang baik.
2. Membuktikan bahwa metode *Fuzzy Logic* dapat diterapkan untuk kendali cerdas pada Tekanan dan arah pergerakan penyemprotan.

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk hal-hal sebagai:

1. Peningkatan efisiensi kinerja manusia.
2. Peningkatkan mutu pengecatan dengan hasil yang berkualitas.
3. Mengurangi terjadinya pemborosan pemakaian bahan cat.

E. Ruang Lingkup / Batasan Penelitian

Ruang lingkup materi yang dibahas adalah;

1. Sistem kontrol mencakup; metode kontrol dengan *fuzzy logic*, tekanan dan gerakan pengecatan.
2. Bidang pengecatan mencakup; bidang datar pada dinding.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Roadmap Penelitian

Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya:

1. Tesis, ITS, 2009

Judul : **Pengaturan Gerakan Lateral dan Longitudinal pada Helikopter Model Berbasis Fuzzy Logic**

Hasil Yang Diperoleh :

Pengaturan kecepatan sudut dari baling-baling utama dan ekor sesuai dengan gerakan yang dilakukan..

2. Jurnal. EEPIS , 2009

Judul : **Pengembangan Metode Fuzzy logic untuk control pengendali volume air**

Hasil Yang Diperoleh :

Mengendalikan pergerakan volume air .

3. Jurnal. EEPIS , 2010.

Judul : **Kendali Fuzzy Logic pada Mobile robot**

Hasil Yang Diperoleh :

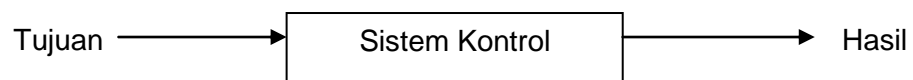
Pengambilan keputusan pergerakan putaran poros roda penggerak robot, dalam memperkuat torsi motor.

B. Dasar Sistem Kontrol

Kontrol atau juga disebut kendali berarti mengukur nilai dari variabel sistem yang dikontrol dan menerapkan manipulasi ke sistem untuk mengoreksi atau membatasi penyimpangan nilai yang diukur dari nilai yang dikehendaki. Sedangkan sistem adalah kombinasi dari beberapa komponen yang bekerja bersama-sama dan melakukan suatu sasaran tertentu.

Sehingga dapat dikatakan sistem kontrol atau sistem kendali adalah suatu kombinasi beberapa komponen yang bekerja sama dalam mengukur, memanipulasi dan memerintahkan suatu variabel untuk mendapatkan tujuan yang diinginkan. Komponen dasar dari sistem kontrol adalah tujuan, komponen sistem kontrol serta hasil.

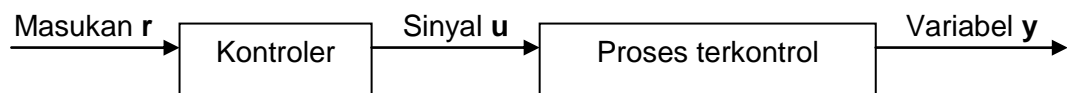
Tujuan dapat dihubungkan erat dengan 'masukan' atau sinyal penggerak yang sering dilambangkan u , dan hasilnya disebut 'keluaran' atau variabel yang dikendalikan, y . Secara umum, tujuan sistem kendali adalah untuk mengendalikan keluaran dengan berbagai masukan tertentu melalui unsur-unsur sistem kendali.



Gambar 1. Komponen dasar sistem kontrol.

C. Sistem Kontrol Loop Terbuka

Pada sistem kontrol terdapat dua model sistem dasar, sistem kontrol loop terbuka dan sistem kontrol loop tertutup. Sistem kontrol loop terbuka atau juga disebut sistem kendali simpal terbuka adalah suatu sistem yang keluarannya tidak mempunyai pengaruh terhadap aksi kontrol itu sendiri. Dimana biasanya sistem ini hanya terdiri dari pengendali dan proses yang dikendalikan. Suatu sinyal masukan atau perintah r diberikan ke pengendali, yang kemudian keluarannya bertindak sebagai sinyal penggerak u , sinyal penggerak tersebut kemudian mengendalikan proses yang dikendalikan sehingga variabel yang dikendalikan y akan dihasilkan sesuai persyaratan yang telah ditentukan.

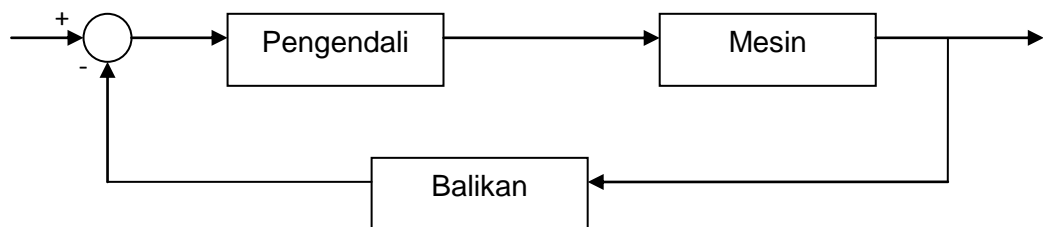


Gambar 2. Komponen sistem kontrol loop terbuka.

D. Sistem Kontrol Loop Tertutup

Untuk meningkatkan keakuratan dari sistem kontrol yang telah ada, maka sistem kontrol loop terbuka harus diberi suatu hubungan atau balikan dari keluaran ke masukan dari sistem. Jadi, sinyal y yang dikontrol, harus dibalikan dan dibandingkan dengan masukan referensi. Kemudian jika terdapat perbedaan antara sinyal keluaran dengan referensi yang sebenarnya, maka diubah menjadi suatu sinyal pembanding. Keadaan

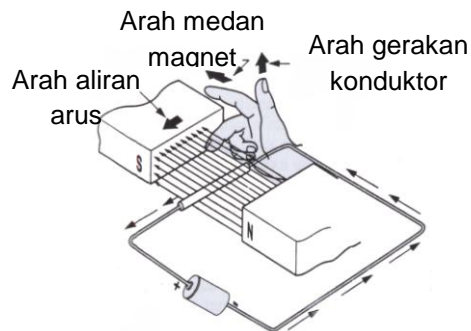
pada saat ini disebut dengan sistem umpan balik. Sinyal pembanding menjadi sinyal penggerak dan dikirimkan seluruh sistem untuk memperkecil atau menghilangkan perbedaan yang ada. Sistem yang telah dilengkapi seperti ini disebut sistem kontrol loop tertutup. Akan tetapi istilah sistem umpan balik dan sistem kontrol loop tertutup dalam penggunaannya sering disama-artikan.



Gambar 3. Komponen sistem kontrol loop tertutup.

E. Motor DC

Motor *dc* adalah salah satu alat listrik yang berfungsi menghasilkan energi mekanis. Dengan menggunakan energi listrik dan energi magnet, motor dapat menghasilkan gaya yang dapat menggerakkan. Prinsip dasar dari kerja motor sesuai dengan kaidah tangan kanan motor, “jika sepotong kawat yang berada diantara dua kutub magnet dialiri arus listrik maka pada kawat tersebut terkena suatu gaya Lorentz yang berarah tegak lurus dengan arah arus dan arah medan magnet”.



Gambar 4. Kaidah tangan kanan motor.

(A.E.Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr., "Mesin-Mesin Listrik", Jakarta, 2000)

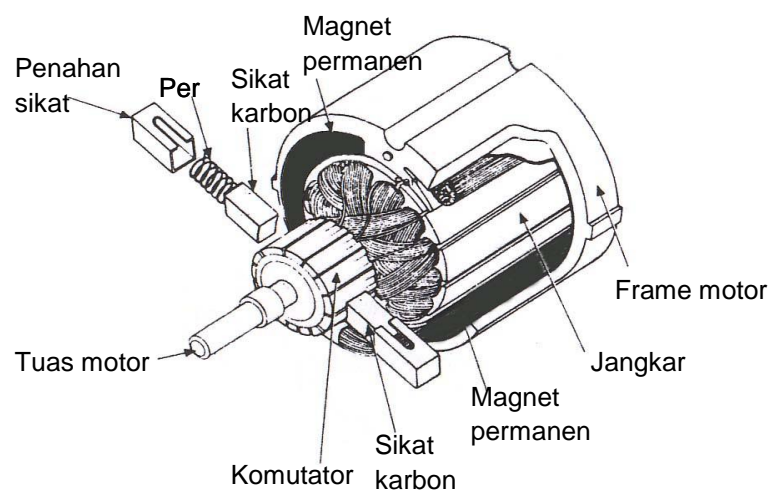
Pada sistem kontrol, pemanfaatan motor *dc* sudah lama dan sangat banyak digunakan saat ini seiring dengan perkembangan motor *dc* itu sendiri. Pengelompokan dasar dari motor *dc*, berdasarkan rangkaiannya dibagi dalam tiga bagian yaitu motor *dc* shunt, motor *dc* seri dan motor *dc* kompond pendek^[8]. Sedangkan berdasarkan perancangan jangkar, motor *dc* terdiri dari tiga jenis yaitu motor inti besi, motor dengan belitan permukaan dan motor kumparan bergerak^[3]. Ketiga motor *dc* berdasarkan perancangan jangkar ini memiliki sikat. Selain ketiga jenis ini, terdapat motor *dc* tanpa sikat.

Motor *dc* universal adalah salah satu bentuk motor *dc* seri. Motor *dc* ini memiliki torsi start dan kecepatan variabel yang tinggi^[7]. Artinya motor dapat *start* dan menggerakkan beban yang sangat berat dengan kecepatannya bergantung pada besarnya beban. Semakin besar beban, semakin turun kecepatannya.

Pada suatu rangkaian motor *dc* sebenarnya terdapat beberapa variabel dan parameter yang berpengaruh, diantaranya adalah empat variabel berikut :

1. Torsi motor atau gaya yang menggerakkan (T_m)
2. Tegangan terminal (V_t)
3. Fluks magnetik (Φ)
4. Arus jangkar (I_a)

Hubungan dari keempat variabel ini adalah merupakan prinsip dasar kerja motor *dc*, dimana besarnya torsi motor bergantung pada besarnya tegangan terminal, fluks magnetik dan arus jangkar. Semakin besar satu dari ketiga variabel ini, semakin besar pula torsi motor. Sedangkan untuk suatu nilai torsi yang tetap, perubahan ketiga variabel ini mempengaruhi kecepatan dari motor.



Gambar 5. Motor *dc* universal.

(A.E.Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr., "Mesin-Mesin Listrik", Jakarta, 2000)

Pada motor *dc* universal, kecepatan motor selain berdasarkan ketiga variabel diatas, juga dapat diatur lewat letak sikat karbon yang dihubungkan dengan suplai daya. Semakin dekat jarak antara sikat, semakin cepat putaran motor. Hal ini didapat dengan asumsi bahwa semakin jauh jarak antar sikat, maka semakin banyak jumlah lilitan (koil) yang dilewati sehingga menambah nilai tahanan jangkar. Referensi asumsi ini adalah persamaan berikut :

$$N = \frac{V_t - (I_a \cdot R_a)}{C \times \phi} \quad \text{..... (2-1)}$$

dan

$$C = \frac{P \times Z}{a \cdot 60} \quad \text{..... (2-2)}$$

dimana :

- N = putaran rotor (rpm)
- V_t = tegangan terminal (Volt)
- I_a = arus jangkar (Ampere)
- P = jumlah kutub magnet
- Z = jumlah penghantar dari seluruh armatur
- a = jumlah kelompok kumparan

F. Fuzzy Logic

1. *Fuzzy Logic*

Logika fuzzy atau *fuzzy logic* bermula dari kenyataan bahwa dunia nyata sangat kompleks. Kompleksitas ini muncul dari ketidakpastian dalam bentuk informasi *imprecision* (ketidakpastian). Mengapa komputer yang dibuat oleh manusia tidak mampu menangani persoalan yang kompleks dan tidak presisi ini sedangkan manusia bisa. Jawabannya adalah manusia mempunyai kemampuan untuk menalar (*Reasoning*) dengan baik yaitu kemampuan yang komputer tidak mempunyainya. Pada suatu sistem jika kompleksitasnya berkurang, maka persamaan matematik dapat digunakan dan ketelitian yang dihasilkan menjadi sangat berguna dalam pemodelan sistem tetapi jika kompleksitasnya bertambah dimana persamaan matematik tidak dapat digunakan, logika fuzzy menjadi salah satu alternatif penyelesaiannya. Logika fuzzy merupakan alternatif cara berpikir yang dapat memodelkan kompleks sistem menggunakan pengetahuan dan pengalaman yang dipunyai logika dimulai sebagai studi tentang bahasa dalam argument dan persuasif, dan hal itu kemungkinan digunakan untuk menilai kebenaran dari rantai reasoning, dalam bentuk matematikanya sebagai contoh adalah sebagai berikut : Dalam dua nilai logika proporsinya bisa benar atau salah, tetapi tidak keduanya. Kebenaran ditandai dengan *statement*(pernyataan) nilai kebenaran. Dalam fuzzy logic proporsi kemungkinan benar atau salah atau mempunyai setengah nilai

kebenaran , seperti kemungkinan benar. Ide pemikiran pada sistem fuzzy yaitu nilai kebenaran (dalam *fuzzy logic*) atau nilai fungsi keanggotaan (*Membership function*) dalam *fuzzy set* diindikasikan oleh nilai pada range $[0.0,1.0]$, dengan 0.0 mewakili kesalahan absolut dan 1.0 mewakili kebenaran absolut. Dalam kasus ini berhubungan dengan *multivalued logic*(logika bernilai banyak).

Sebagai contoh , kalimat :”Arthur is old.”

Jika umur Arthur 80, kemungkinan akan memberikan *statement* nilai kebenaran 0.80. *Statement* dapat diartikan menjadi set terminologi sebagai berikut:”Arthur adalah anggota dari set orang tua .” Suatu logika berdasar pada dua nilai kebenaran *true* and *false* kadang-kadang tidak cukup manakala menguraikan dan menggambarkan pemikiran manusia. Logika fuzzy menggunakan keseluruhan interval 0(*False*) dan 1(*True*) untuk menguraikan pemikiran manusia . Sebagai hasilnya logika fuzzy diterapkan dalam mengatur sebuah sistem karena sifatnya yang lebih sesuai dengan cara berpikir manusia.

2. Sejarah *Fuzzy Logic*

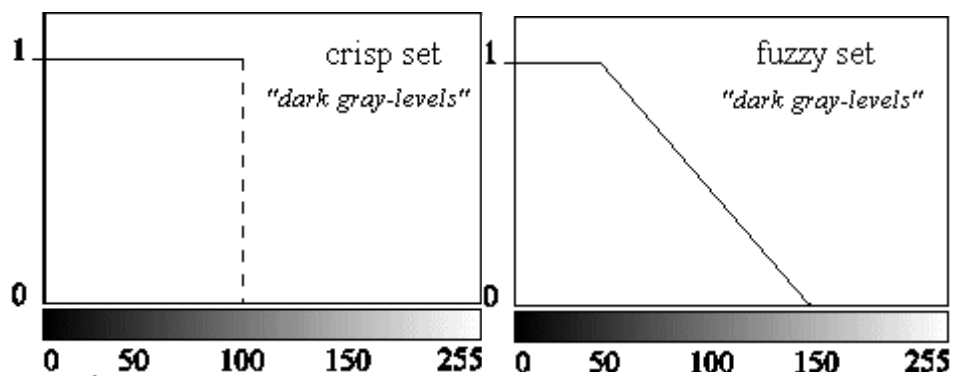
Sistem fuzzy merupakan suatu alternatif untuk pemikiran tradisional dari set keanggotaan dan logika yang berasal dari filosofi Yunani dan aplikasi pada intelegensia semu. Logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh seseorang profesor *computer science* dari *University of California* di Berkeley yang bernama Lofti A.Zadeh pada tahun 1965 dan berhasil diaplikasikan dalam bidang

kontrol oleh E.H.Mamdani. Sejak itu aplikasi dari logika fuzzy ini berkembang pesat terutama dinegara Jepang dengan dihasilkannya ribuan paten mulai dari bermacam-macam produk elektronik sampai aplikasi pada kereta api di kota Sendai. Logika fuzzy pada dasarnya merupakan logika bernilai banyak (*Multivalued Logic*) yang dapat mendefinisikan nilai diantara keadaan yang biasa dikenal seperti ya atau tidak, hitam atau putih, benar atau salah. logika fuzzy menirukan cara manusia mengambil keputusan dengan kemampuannya bekerja dari data yang samar atau tidak rinci dan menemukan penyesuaian yang tepat.

3. Teori Set Fuzzy (*Fuzzy Set Theory*)

Teori set fuzzy atau *Fuzzy set theory* adalah perpanjangan dari teori himpunan crisp yang konvensional. *Fuzzy set theory* mengatur konsep dari *partial truth* (nilainya antara 1(True) dan 0(False)). Dikenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh di UC/Berkeley pada tahun 1965 untuk dimaksudkan sebagai memodelkan kesamaran dan ambiguitas dalam sistem yang kompleks. Ide dari fuzzy set sendiri adalah simpel dan alami. Sebagai contoh, kita mau mendefinisikan sebuah set (Himpunan) dari *gray level* yang propertinya *dark*. Dalam teori set yang klasik, kita harus mendeterminasikan sebuah *threshold*, katakanlah *gray level*nya bernilai 100. Semua *gray level* yang nilainya antara 0 dan 100 adalah elemen dari set ini, yang lain nya tidak termasuk dalam set ini (Gambar 2.1 bagian kiri) Tetapi kegelapannya hanya masalah pada derajat. Jadi sebuah fuzzy set bisa memodelkan properti ini dengan lebih baik. Untuk

mendefinisikan himpunan ini , kita juga membutuhkan dua *threshold*, katakanlah *gray level* 50 dan 150. Semua *gray level* yang dibawah 50 adalah full member dari himpunannya, *gray level* yang di atas 150 bukan merupakan member dari himpunannya. *Gray level* diantara 50 da 150, mempunyai sebagian *membership* dalam himpunan.



Gambar 6. Representation of "dark gray-levels" with a crisp and a fuzzy set (Adapted from: Tizhoosh, Fuzzy Image Processing, ©CopyRight Springer, 1997)

4. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik – titik input data ke dalam derajat keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Pada dasarnya ada dua cara mendefinisikan keanggotaan dari *Fuzzy Set*, yaitu secara numeris dan fungsional. Definisi numeris menyatakan fungsi derajat keanggotaan sebagai vektor jumlah yang tergantung pada tingkat diskretisasi. Misalnya, jumlah elemen diskret dalam semesta pembicaraan. Definisi fungsional menyatakan derajat keanggotaan sebagai batasan ekspresi analitis yang dapat dihitung. Standar atau

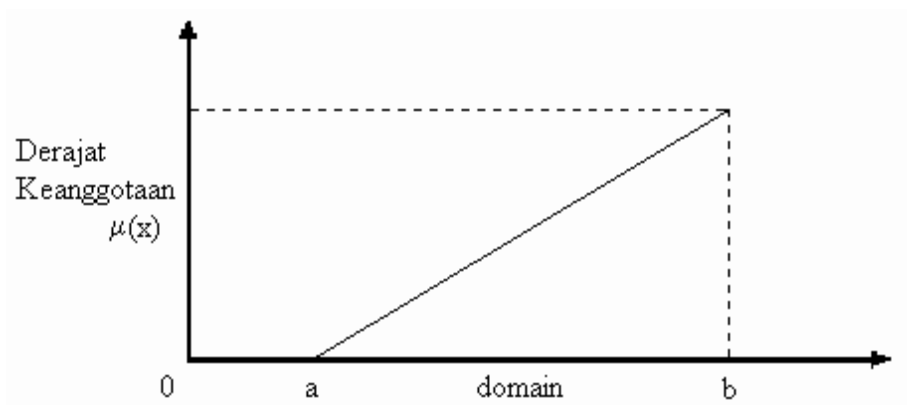
ukuran tertentu pada fungsi keanggotaan secara umum berdasar atas semesta X bilangan *real*. Fungsi keanggotaan (*membership function*) yang sering digunakan terdiri dari beberapa jenis, yaitu :

a. Fungsi Linear

Fungsi keanggotaan dari fungsi linear adalah :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x < a, x > c \\ (x - a)/(b - a) & \text{jika } a \leq x \leq b \dots\dots\dots (2-3) \\ 1 & \text{jika } x \geq b \end{cases}$$

Gambar grafik fungsi keanggotaannya adalah :



Gambar 7. Grafik Fungsi keanggotaan Linear

b. Fungsi-S (S-function)

Fungsi-S atau Sigmoid merupakan kurva yang dibentuk sehubungan dengan kenaikan dan penurunan nilai yang tidak linear. Fungsi keanggotaannya akan tertumpu pada 50% nilai keanggotaan yang sering disebut dengan titik infleksi.

Persamaan dari Fungsi-S ini adalah:

$$0 \text{ jika } x < a$$

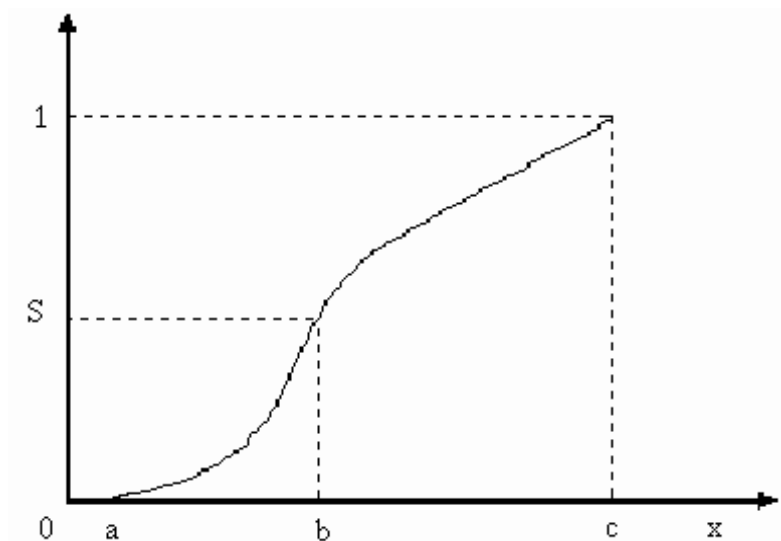
$$S(x,a,b) = 2[(x-a)/(c-a)]^2 \text{ jika } a \leq x \leq b \text{(2-4)}$$

$$1 - 2[(x-a)/(c-a)]^2 \text{ jika } b \leq x \leq c$$

$$1 \text{ jika } x > c$$

Dengan $b = a+c/2$.

Gambar grafik fungsi keanggotaannya adalah :



Gambar 8. Grafik fungsi keanggotaan S

c. Fungsi-PI (*PI-function*)

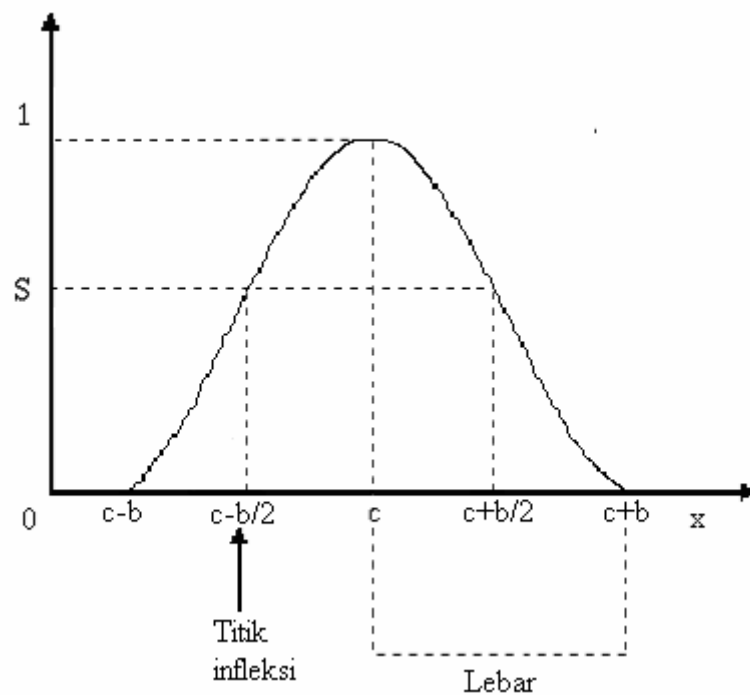
Fungsi-PI merupakan salah satu kurva berbentuk lonceng, di mana derajat keanggotaan yang bernilai 1 tepat terletak pada pusat domain c (lihat gambar 9).

Persamaan fungsi-PI diperoleh dari persamaan fungsi-S, yaitu :

$$\text{PI}(x,b,c) = S(x,c - b,c - b/2,c) \text{ jika } x \leq c \dots(2-5)$$

$$1 - S(x;c,c + b/2,c + b) \text{ jika } x \geq c$$

Gambar grafik fungsi keanggotaannya adalah :



Gambar 9. Grafik fungsi keanggotaan PI

Fungsi keanggotaan segitiga (*Triangular membership function*)

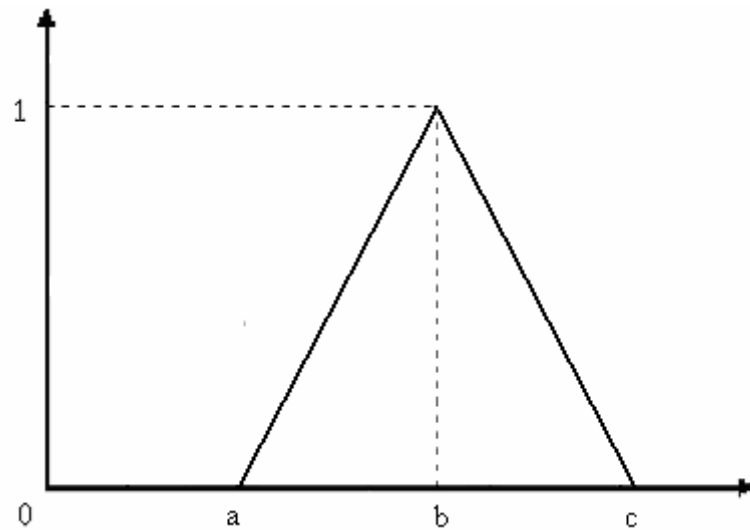
Persamaan untuk bentuk segitiga ini adalah :

$$0 \text{ jika } x < a, \\ x > c$$

$$T(x;a,b,c) = \frac{(x - a)}{(b - a)} \text{ jika } a \leq x \leq b \dots\dots (2-6)$$

$$\frac{(c - x)}{(c - b)} \text{ jika } b \leq x \leq c$$

Gambar grafik fungsi keanggotaannya adalah :



Gambar 10. Grafik fungsi keanggotaan segitiga

Fungsi keanggotaan trapesium (*Trapezoidal membership function*)

Persamaan untuk bentuk trapesium ini adalah :

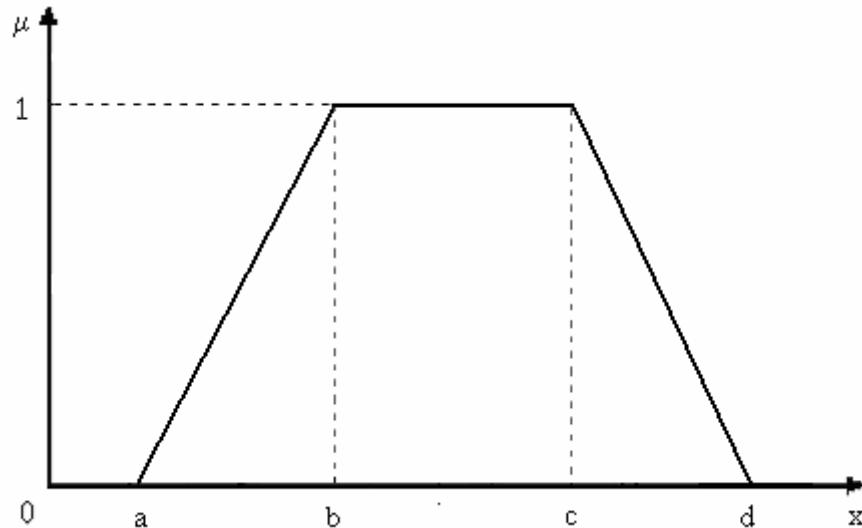
$$0 \quad \text{jika } x < a, x > d$$

$$Z(x;a,b,c,d) = \quad 1 \quad \text{jika } b \leq x \leq c$$

$$(x - a)/(b - a) \quad \text{jika } a \leq x \leq b \quad \dots\dots\dots (2-7)$$

$$(d - x)/(d - c) \quad \text{jika } c \leq x \leq d$$

Gambar grafik fungsi keanggotaannya adalah :



Gambar 11. Grafik fungsi keanggotaan trapesium

5. Variabel Fuzzy (Variabel Linguistik)

Inti dari teknik pemodelan fuzzy adalah nama suatu *fuzzy set* yang disebut variabel linguistik. Variabel linguistik merupakan variabel yang bernilai kata/kalimat, bukan angka. Sebagai alasan menggunakan kata/kalimat daripada angka karena informasi yang disampaikan akan menjadi lebih informatif, meskipun kenyataannya peranan linguistik kurang spesifik dibandingkan dengan angka. Variabel linguistik merupakan konsep penting dalam *Fuzzy Logic* dan memegang peranan penting dalam beberapa aplikasi. Misal, jika “kecepatan” adalah suatu variabel linguistik, maka nilai linguistik untuk variabel kecepatan tersebut antara lain “lambat”, “sedang”, dan “cepat“. Hal ini sesuai dengan kebiasaan manusia sehari – hari dalam menilai sesuatu, misalnya : “la mengendarai mobil dengan **cepat**“, tanpa memberikan nilai berapa

kecepatannya.

Konsep tentang variabel linguistik dikarakteristikan dengan

$$(X, T(x), U, G, M) \dots\dots\dots (2-8)$$

dimana :

- X = Nama variabel (variabel linguistik).
- T(x) = Semesta pembicaraan untuk x atau disebut juga nilai linguistik dari x.
- U = Jangkauan dari setiap nilai fuzzy untuk x yang dihubungkan dengan variabel dasar U.
- G = Aturan sintaksis untuk memberikan nama (x) pada setiap nilai X.
- M = Aturan semantik yang menghubungkan setiap X dengan artinya.

Sebagai contoh, jika :

$$X = \text{"kecepatan"}, U [0,100], \text{ dan } T(\text{kecepatan}) = \{\text{lambat, sedang, cepat}\}$$

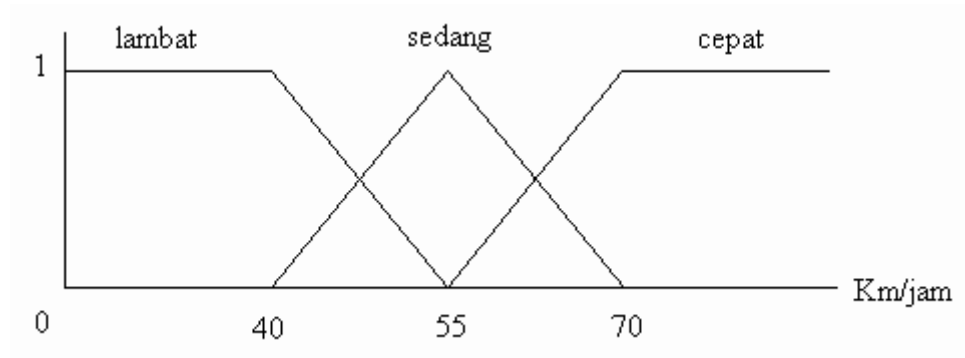
Maka M untuk setiap X adalah :

$$M(\text{lambat}) = \text{Fuzzy setnya "kecepatan dibawah 40 km/jam" dengan fungsi keanggotaan lambat.}$$

$$M(\text{sedang}) = \text{Fuzzy setnya "kecepatan mendekati 55 km/jam" dengan fungsi keanggotaan sedang.}$$

$M(\text{cepat}) =$ Fuzzy setnya „kecepatan diatas 70 km/jam“
dengan fungsi keanggotaan cepat.

Gambar grafik fungsi keanggotaannya sebagai berikut :



Gambar 12. Grafik fungsi keanggotaan kecepatan

6. Diagram Alir *Fuzzy Set*

Dalam teori *Fuzzy Set* untuk mendapatkan solusi yang eksak, maka ada tiga langkah umum yang dapat dilakukan :

a. Fuzzifikasi (*fuzzification*)

Fuzzifikasi adalah fase pertama dari perhitungan fuzzy yaitu perubahan nilai tegas ke nilai fuzzy. Proses fuzzifikasi dapat dinyatakan sebagai berikut : $x = \text{fuzzifier}(x_0)$

dengan x_0 adalah sebuah vektor nilai tegas dari satu variabel input, x adalah vektor *fuzzy set* yang didefinisikan sebagai variabel, dan *fuzzifier* adalah sebuah operator fuzzifikasi yang mengubah nilai tegas ke *fuzzy set*.

b. Penalaran/Evaluasi Kaidah (*rule evaluation*)

Aturan pada suatu model fuzzy menunjukkan bagaimana suatu sistem beroperasi. Secara umum aturan dituliskan sebagai :

$$IF (X_1 is A_1) * (X_2 is A_2) * (X_3 is A_3) * * (X_n is A_n) THEN Y is B(2-9)$$

Dengan * adalah operator (misal : OR atau AND), X_1 adalah skalar dan A_1 adalah variabel linguistik. Apabila sistem tidak menggunakan hedge, maka variabel linguistiknya sama dengan himpunan fuzzy. Untuk menulis aturan perlu diperhatikan hal-hal berikut ini :

1. Kelompokkan semua aturan yang memiliki solusi pada variabel yang sama.
2. Urutkan aturan sehingga mudah dibaca.
3. Gunakan identitas untuk memperlihatkan struktur aturan.
4. Gunakan penamaan yang umum untuk mengidentifikasi variabel- variabel pada kelas yang berbeda.
5. Gunakan komentar untuk mendeskripsikan tujuan dari suatu atau sekelompok aturan.
6. Berikan spasi antar aturan.
7. Tulis variabel dengan huruf besar-kecil, himpunan fuzzy dengan huruf besar, dan elemen-elemen bahasa lainnya dengan huruf kecil.

c. Defuzzifikasi (*Defuzzification*)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu fuzzy set yang diperoleh dari komposisi aturan – aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain fuzzy set tersebut. Sehingga jika diberikan suatu fuzzy set dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output.

Pengendali logika fuzzy harus mengubah variabel keluaran kabur menjadi nilai-nilai tegas yang dapat digunakan untuk mengendalikan sistem. Proses ini disebut penegasan (*Defuzzification*). Telah dikembangkan banyak metode untuk melakukan penegasan ini, diantaranya adalah :

1. Metode *Centroid (Composite Moment)*

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy, dirumuskan:

$$x \leftarrow \frac{\sum_{i=0}^n di * \mu A(di)}{\sum_{i=0}^n \mu A(di)} \dots\dots\dots(2-10)$$

Dengan di adalah nilai domain ke- i dan $\mu(di)$ adalah nilai keanggotaan titik tersebut.

2. Metode Bisektor

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

$$X = \text{disdh}\mu(di) = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^n \mu A(di) \quad \dots\dots\dots (2-11)$$

3. Metode *Mean Of Maximum* (MOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum, dirumuskan sebagai berikut:

$$X = \text{mean} \{ di | \mu(di) = \text{maximum} \mu A \} \quad \dots\dots\dots (2-12)$$

4. Metode *Largest Of Maximum* (LOM)

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

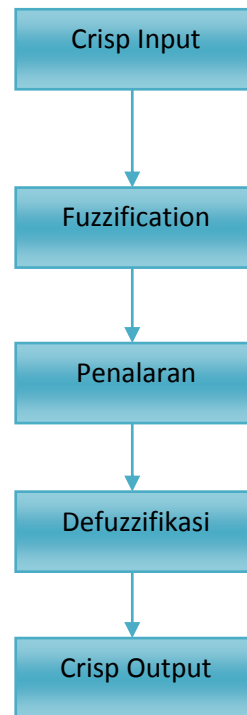
$$X = \max \{ \text{abs}(di) | \mu(di) = \text{maximum} \mu A \} \quad \dots\dots\dots (2-13)$$

5. Metode *Smallest Of Maximum* (SOM)

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

$$X = \min \{ \text{abs}(di) | \mu(di) = \text{maximum} \mu A \} \quad \dots\dots\dots (2-14)$$

Diagram alir proses pengaturan dalam teori fuzzy set dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 13. Diagram alir proses pengaturan himpunan fuzzy