

**MERANCANG DAN MEMBUAT ROBOT LENGAN DENGAN
MENERAPKAN KONTROL LOGIKA *FUZZY* PADA
TELESKOP UNTUK *FINDING* BENDA LANGIT**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**IHDA WARDATI
NIM. 0510633044**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2010**

**MERANCANG DAN MEMBUAT ROBOT LENGAN DENGAN
MENERAPKAN KONTROL LOGIKA *FUZZY* PADA
TELESKOP UNTUK *FINDING* BENDA LANGIT**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun oleh:

**IHDA WARDATI
NIM. 0510633044**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II

**Ir. Purwanto, MT.
NIP. 19540424 198601 1 001**

**Ir. Bambang Siswojo, MT.
NIP. 19621211 198802 1 001**

**MERANCANG DAN MEMBUAT ROBOT LENGAN DENGAN
MENERAPKAN KONTROL LOGIKA FUZZY PADA
TELESKOP UNTUK *TRACKING* BENDA LANGIT**

Disusun oleh:

**IHDA WARDATI
NIM. 0510633044**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 4 Januari 2010

DOSEN PENGUJI

Fitriana Suhartati, ST., MT.
NIP. 19741017 199802 2 001

Goegoes Dwi Nusantoro, ST., MT
NIP. 19711013 200604 1 001

M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D
NIP. 19741203 200012 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Rudy Yuwono, ST., MSc.
NIP. 19710615 199802 1003

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr.wb. Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah -Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik dari jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan serta dorongan dari semua pihak penyelesaian skripsi ini tidak mungkin bisa terwujud. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu dan Bapak tercinta, suami dan putra pertamaku yang tersayang, berkat kasih sayang, dukungan dan doa yang telah mereka berikan.
2. Bapak Rudy Yuwono, ST.,M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Dr. M. Aziz Muslim, ST., MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Ir.Purwanto, MT. selaku KKDK Sistem Kontrol dan juga sebagai dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan saran, motivasi, serta pengarahan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Ir.Bambang Siswojo, MT selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini serta atas segala bentuk bantuan dan saran yang membangun.
6. Dosen-dosen penguji : Bapak Dr.M.Azis Muslim,ST.,MT,Bapak Goegoes Dwi Nusantoto,ST.,MT dan Ibu Fitriana Suhartati,ST.,MT ,Terimakasih sudah bersedia menguji skripsi ini.

7. Bapak, Ibu dosen serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
 8. Ibu Erni Yudaningtyas, ST. MT selaku dosen pembimbing akademik terimakasih atas semua nasehat-nasehatnya.
 9. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro Brawijaya, keluarga besar steamline serta sahabat-sahabatku terimakasih untuk semuanya.
 10. bu kusman terima kasih telah memberikan aq the best place in Malang, anak-anak Gamping House kalian adalah my best friends dan juga adik-adikku penghuni Gamping House sekarang terimakasih sudah menemani hari-hariku dan juga atas canda tawa yang kalian berikan.
 11. Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan skripsi ini.
- Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini belumlah sempurna, karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digun akan untuk pengembangan lebih lanjut. Wassalamualaikum wr.wb.

Malang, Januari 2010

Penulis

MERANCANG DAN MEMBUAT ROBOT LENGAN DENGAN MENERAPKAN KONTROL LOGIKA *FUZZY* PADA TELESKOP UNTUK *FINDING* BENDA LANGIT

ABSTRAK

IHDA WARDATI, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, Januari 2010. Merancang Dan Membuat Robot Lengan Dengan Menerapkan Kontrol Logika *Fuzzy* Pada Teleskop Untuk *Finding* Benda Langit.

Dosen Pembimbing : Ir.Purwanto,MT dan Ir.Bambang Siswojo,MT

Teknologi robotika saat ini mengalami peningkatan yang sangat pesat, salah satunya adalah jenis robot lengan, robot lengan dua derajat kebebasan ini dapat mempermudah melakukan pengamatan pada teleskop untuk melihat benda-benda langit. Perkembangan sistem kendali otomatis juga memegang peranan yang sangat penting dalam kemajuan ilmu dan teknologi modern. Sistem kendali logika *fuzzy* merupakan salah satu sistem kendali otomatis yang memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan sistem kendali konvensional, diantaranya mampu mengontrol sistem-sistem kompleks tanpa harus mengetahui model matematis sistem, dan juga dapat beroperasi secara *real time*. Dari hasil pengujian dengan Sistem kendali logika *fuzzy* yang memanfaatkan modul *Realtime Linux* didapatkan hasil dari pengujian sudut elevasi bahwa terjadi *overshoot* sebesar 44% pada saat setpoint 2V (sudut 36°) dan 22% pada saat setpoint 4V (sudut 72°). Sedangkan untuk pengujian sudut azimuth terjadi *overshoot* sebesar 8% pada saat setpoint 6V (sudut 192°) dan tidak terjadi *overshoot* pada saat setpoint 7,5V (sudut 240°).

Kata Kunci : *Fuzzy*, Sudut Azimuth, Sudut Elevasi



DAFTAR ISI

Kata Pengantar.....	i
Abstrak.....	iii
Daftar Isi.....	iv
Daftar Gambar.....	vi
Daftar Tabel.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penulisan	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Logika Fuzzy	4
2.1.1. Struktur Dasar Kontrol Logika Fuzzy	5
2.1.2. Fungsi Keanggotaan	6
2.1.3. Kontrol Logika Fuzzy	8
2.1.3.1. Fuzzifikasi	8
2.1.3.2. Aturan Fuzzy (Fuzzy Rule)	9
2.1.3.3. Metode Inferensi	9
2.1.3.4. Defuzzifikasi	11
2.2. Motor DC.....	12
2.2.1. Prinsip kerja motor DC	12
2.2.2. Pengaturan Motor DC	15
2.3. Robot Lengan... ..	15
2.3.1 Derajat Kebebasan.....	16
2.3.2 Kinematika Robot.....	16
2.4 Sensor Potensiometer	17
2.5 Teleskop	19
2.5.1 Jenis Teleskop	19
2.5.1.1 Teleskop Refracting.....	19
2.5.1.2 Teleskop Reflectin	20
2.5.1.3 Teleskop Catadioptric.....	21
2.5.2 Sistem Teleskop.....	21
2.5.3 Kontrol Teleskop.....	23
BAB III METODOLOGI	26
3.1. Penentuan Spesifikasi Alat.....	26
3.2. Studi Literatur.....	26
3.3. Pembuatan Alat	27
3.3.1. Perangkat Keras.....	27
3.3.2 Perangkat Lunak	27

3.4. Pengujian Alat	27
3.5. Pengambilan Kesimpulan	27
BAB IV PERANCANGAN.....	28
4.1 Diagram Blok Sistem	28
4.1.1 Kontroller Logika Fuzzy.....	28
4.1.2 Driver Motor.....	29
4.1.3 Mekanik Sambungan Robot	29
4.1.4 Sensor Sudut.....	29
4.2 Perancangan Kontroler Logika Fuzzy.....	30
4.3 Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak.....	36
BAB V PENGUJIAN ALAT	37
5.1 Kecepatan Motor DC terhadap tegangan.....	37
5.2 Sensor Potensiometer.....	39
5.3 Respon Kontroller Posisi Azimuth dan Elevasi.....	42
BAB VI PENUTUP	48
6.1. Kesimpulan	48
6.2. Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49

LAMPIRAN

Lampiran I Foto Alat

Lampiran II Listing Program





Daftar Gambar

Gambar 2.1 Pengendalian Fuzzy 5

Gambar 2.2 Stuktur Dasar Kontrol Logika Fuzzy 5

Gambar 2.3 Fungsi Keanggotaan Bentuk S 6

Gambar 2.4 Fungsi Keanggotaan Bentuk π 7

Gambar 2.5 Fungsi Keanggotaan Bentuk T riangular (T) 7

Gambar 2.6 Inferensi Fuzzy dengan Metode MAX-MIN 10

Gambar 2.7 Inferensi Fuzzy dengan Metode MAX-DOT 11

Gambar 2.8 Garis-garis Medan Magnet 12

Gambar 2.9 Gaya yang dihasilkan Motor DC 13

Gambar 2.10 Torsi yang ditimbulkan Motor DC 13

Gambar 2.11 Motor secara umum 14

Gambar 2.12 Hubungan antara *direct kinematics* dan *inverse kinematics* 17

Gambar 2.13 Potensiometer tahanan geser 18

Gambar 2.14 Potensiometer tahanan lilitan 19

 Gambar 2.14 a) Pergeseran Longitudinal 19

 Gambar 2.14 b) Pergeseran Sudut 19

Gambar 2.15 Prinsip kerja Teleskop Refracting 20

Gambar 2.16 Prinsip kerja Teleskop Reflecting 20

Gambar 2.17 Prinsip kerja Teleskop Catadioptric 21

Gambar 4.1 Blok Diagram Sistem Keseluruhan 28

Gambar 4.2 Sensor Potensiometer 30

Gambar 4.3 Kurva karakteristik tegangan jangkar terhadap error 31

Gambar 4.4 Fungsi keanggotaan *Error fuzzy* 34

Gambar 4.5 Fungsi Keanggotaan Perubahan Error (Ce) *Fuzzy* 34

Gambar 4.6 Fungsi Keanggotaan Keluaran Kontroler (Ci) 35

Gambar 4.7 Fungsi Keanggotaan Keluaran (Ci) 35

Gambar 4.8 Diagram Alir Pemrograman *Fuzzy* menggunakan sudut Elevasi 36

Gambar 4.9 Diagram Alir Pemrograman *Fuzzy* menggunakan sudut Azimuth 37

Gambar 5.1 Pengujian *tachogenerator* 39

Gambar 5.2 Grafik hasil pengukuran *tachogenerator* 40

Gambar 5.3.1 Grafik respon keluaran controller posisi elevasi dengan set point fungsi step 2 V menggunakan sudut elevasi 36 ° 44

Gambar 5.3.2 Grafik respon keluaran kontroller posisi elevasi dengan set point fungsi step 4 V menggunakan sudut elevasi 72 ° 45

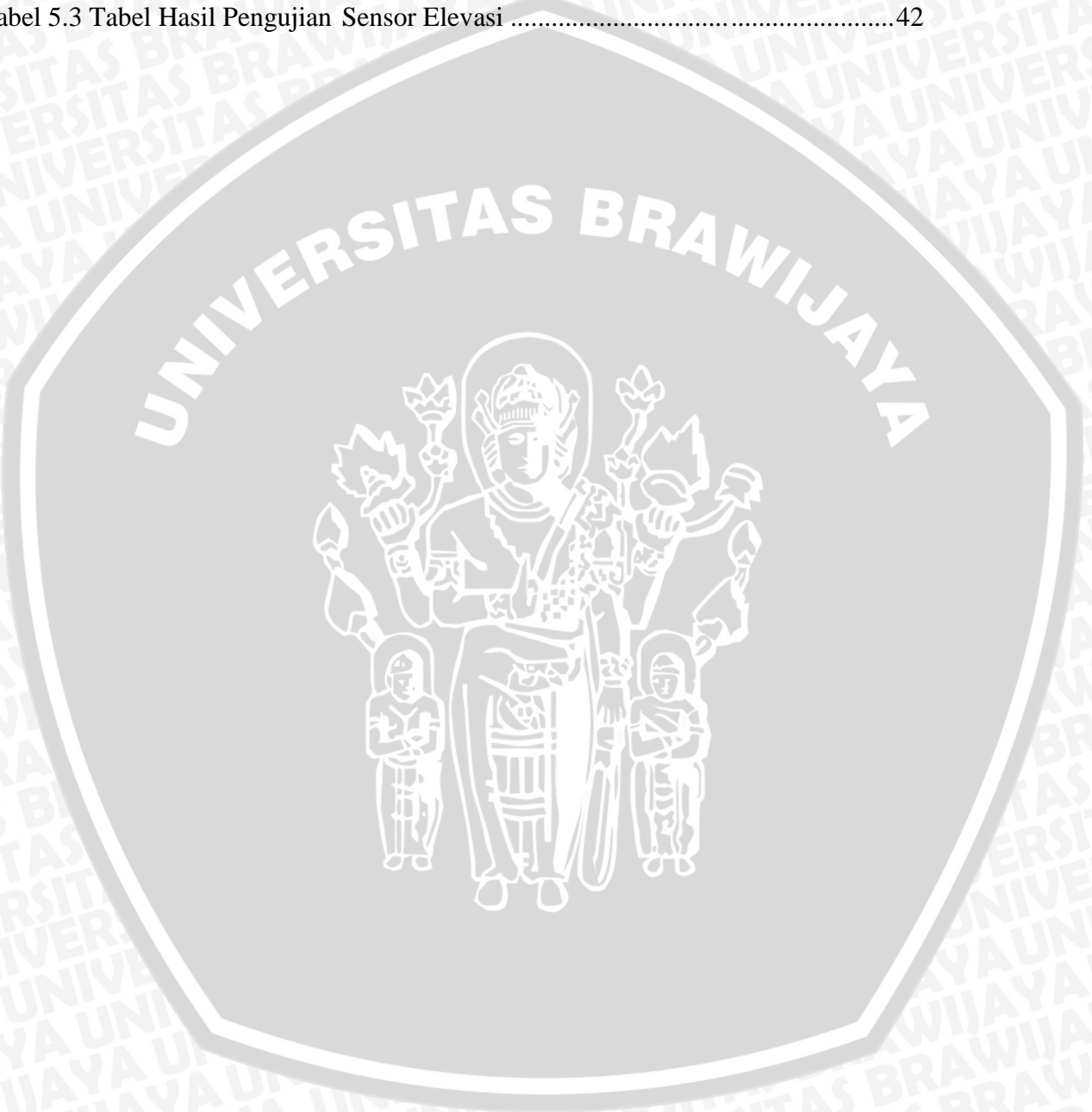
Gambar 5.3.3 Grafik respon keluaran kontroller posisi azimuth dengan set point fungsi step 6 V menggunakan sudut azimuth 192 ° 46

Gambar 5.3.4 Grafik respon keluaran kontroller posisi azimuth dengan set point fungsi step 7,5 V menggunakan sudut azimuth 240 ° 47



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel geografis pengamatan	23
Tabel 4.2 Tabel Kaidah Atur Mekanisme <i>Fuzzy</i>	32
Tabel 5.1 Tabel Pengujian Tachogenerator	39
Tabel 5.2 Tabel Hasil Pengujian Sensor Azimuth	41
Tabel 5.3 Tabel Hasil Pengujian Sensor Elevasi	42



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini perkembangan teknologi di bidang sistem kontrol dan elektronika semakin pesat sehingga membawa dampak yang luar biasa di berbagai bidang kehidupan. Kehadiran teknologi baru diharapkan dapat memberikan kemudahan dalam teknologi yang lain, sehingga proses-proses yang dikerjakan secara manual dapat dilakukan secara otomatis, akurat dan efisien.

Seperti yang diketahui bahwa perkembangan teleskop saat ini berkembang pesat. Teleskop lebih dikenal dengan sebutan teropong, yang sering digunakan orang untuk mengamati bintang. Hal ini dikarenakan kebutuhan akan informasi, pengetahuan, hobi dan berbagai hal lainnya sudah menjadi kebutuhan yang tidak dapat dielakkan. Tapi sering kali mendapatkan kesulitan untuk mencari letak bintang atau benda langit lainnya, supaya terlihat jelas diperlukan teknologi.

Teknologi robot saat ini telah banyak digunakan oleh dunia industri untuk meningkatkan jumlah produksi, Keadaan ini menuntut peningkatan penguasaan keterampilan dan teknologi pada SDM Indonesia sehingga diharapkan dapat memberikan nilai positif dalam upaya peningkatan daya saing nasional dan secara tidak langsung dapat memicu percepatan penguasaan teknologi khususnya perekayasaan robot.

Lengan robot digunakan untuk mempermudah proses industri seperti pengelasan, perakitan, dll dengan prinsip pengaturan posisi pada sambungan lengan robot (arm joint) selain itu lengan robot dapat digunakan untuk mesin perkakas dengan teknologi CNC (Computer Numerically Control) yang didasari pada penghitungan koordinat.

Lengan robot dapat juga digunakan untuk menggerakkan teleskop sehingga mempermudah pengamat mengamati benda-benda langit dan dengan lengan robot ini dapat dimasukkan salah satu program untuk melihat benda langit yang diinginkan, dengan demikian lengan robot akan dapat bergerak sendiri mencari benda langit yang dimaksud.

Pada tugas akhir ini akan diaplikasikan lengan robot dengan dua derajat kebebasan yaitu azimuth dan elevasi untuk *finding* benda langit secara otomatis. Yang dimaksud di sini adalah ketika lengan robot sudah menemukan benda langit yang diinginkan, maka lengan robot akan mengikuti pergeseran posisi benda langit tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan permasalahan dalam skripsi ini berdasarkan latar belakang di atas adalah:

- 1) Bagaimana mengatur posisi teleskop dengan koordinat yang sudah diatur dengan menggunakan lengan robot.
- 2) Bagaimana menerapkan controller logika fuzzy sebagai controller posisi dua derajat kebebasan dengan menggunakan sistem real time linux.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan lebih terarah, maka dapat dibuat batasan masalah sebagai berikut:

- 1) Robot jenis lengan robot dua derajat kebebasan.
- 2) Menggunakan controller logika fuzzy menggunakan sistem operasi real time linux Real Time Linux berfungsi sebagai sistem operasi yang bekerja secara realtime, tetapi disini sistem operasi real time linux tidak di bahas.
- 3) Lengan robot hanya dapat berputar sampai dengan sudut azimuth 320° dan sudut elevasi 180° .
- 4) Plant yang digunakan adalah Motor DC Servo W 0,1 kw 220V DC, untuk mempermudah pergerakan sudut.
- 5) Data yang digunakan diset sesuai dengan kebutuhan dalam pengujian.

1.4 Tujuan

Tujuan penyusunan skripsi ini adalah merancang dan membuat robot lengan dua derajat kebebasan dengan menerapkan kontrol logika fuzzy pada teleskop untuk *finding* benda-benda langit. Sehingga mempermudah dalam pengamatan.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika pembahasan.

BAB II Teori Penunjang

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat.

BAB III Metodologi

Menjelaskan tentang metode yang digunakan dalam perancangan alat.

BAB IV Perancangan Alat

Perancangan alat yang meliputi diagram blok sistem, prinsip kerja rangkaian sistem alat tersebut dan realisasi alat.

BAB V Pengujian Alat

Memuat hasil pengujian terhadap alat yang telah di buat.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Memuat kesimpulan dan saran-saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Untuk memudahkan dalam memahami cara kerja rangkaian maupun dasar-dasar perencanaan dari alat ini, maka perlu adanya penjelasan dan uraian teori penunjang yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini. Teori penunjang yang akan dijelaskan adalah :

- Logika Fuzzy
- Motor DC Servo
- Robot Lengan
- Potensiometer
- Teleskop

2.1 Logika Fuzzy

Fuzzy secara harfiah berarti samar, sedangkan kebalikannya dalam hal ini adalah *Crips* yang secara harfiah berarti tegas. Dalam kehidupan sehari-hari nilai samar lebih akrab daripada nilai tegas. Temperatur / suhu tertentu biasa dinyatakan sebagai panas, agak panas, atau sangat dingin daripada dinyatakan dalam nilai terukur tertentu. Tahun 1965 L A Zadeh memodifikasi teori himpunan yang disebut himpunan kabur (Fuzzy Set). Himpunan fuzzy didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sehingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval $[0,1]$.

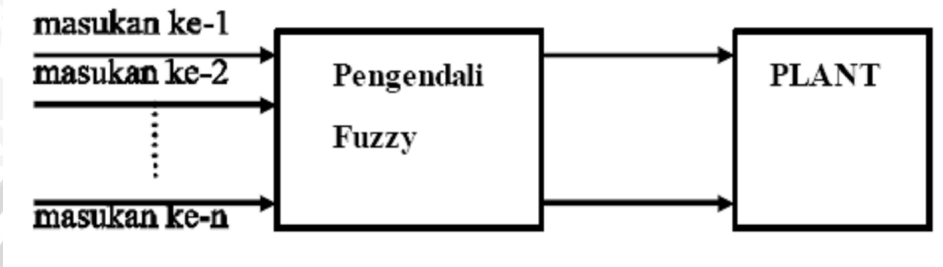
Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu item dalam semesta pembicaraan tidak hanya berada pada 0 atau 1, namun juga nilai yang terletak diantaranya. Dengan kata lain nilai kebenaran suatu item tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar dan masih ada nilai-nilai yang terletak diantaranya.

Sejak 1985 pengendalian berbasis logika fuzzy mengalami perkembangan pesat, terutama dalam hubungannya dengan penyelesaian masalah kendali yang

bersifat tak linier, sulit dimodelkan, berubah karakteristiknya terhadap waktu (time varying) dan kompleks.

2.1.1 Struktur Dasar Kontrol Logika Fuzzy

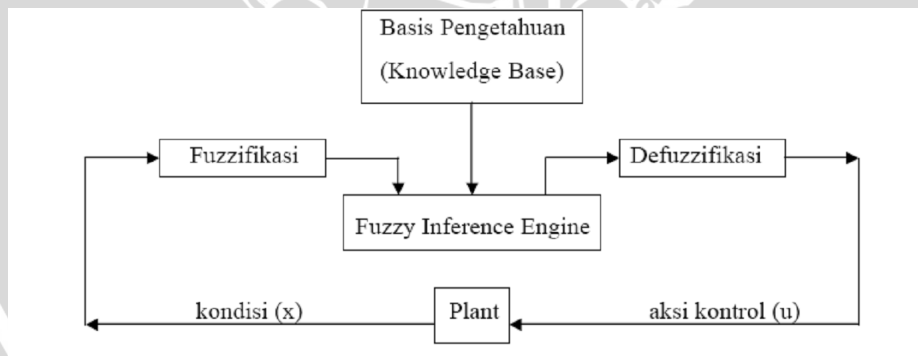
Dalam sistem pengendalian dengan logika fuzzy melibatkan suatu blok pengendali yang menerima satu atau lebih masukan dan mengumpangkan satu atau lebih keluaran ke plant atau blok lain sebagaimana terlihat da lam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pengendali Fuzzy

Sumber : Donald Coughanowr,1991

Komponen utama penyusun *Fuzzy Logic Controller* adalah unit fuzzifikasi, fuzzy inference, basis pengetahuan dan unit defuzzifikasi. Struktur dasar *Fuzzy Logic Controller* dapat dilihat dalam Gambar 2.2



Gambar 2.2. Struktur Dasar Kontrol Logika Fuzzy

Sumber : Jun Yan, 1994

Basis pengetahuan terdiri dari dua jenis (Yan : 94) :

- Basis data

Mendefinisikan parameter fuzzy sebagai bagian dari himpunan fuzzy dengan menentukan batas-batas fungsi keanggotaan pada semesta pembicaraan untuk tiap-tiap variabel.

- Basis aturan

Memetakan nilai masukan fuzzy menjadi nilai keluaran fuzzy.

2.1.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan menotasikan nilai kebenaran anggota-anggota himpunan *fuzzy*. Interval nilai yang digunakan untuk menentukan fungsi keanggotaan, yaitu nol dan satu. Tiap fungsi keanggotaan memetakan elemen himpunan *crisp* ke semesta himpunan *fuzzy* (G.Kilir and Bo Yuan, 1996 : 11). Suatu himpunan *fuzzy* A dalam semesta pembicaraan U dinyatakan dengan fungsi keanggotaan, μ_A yang harganya berada dalam interval [0,1]. (Son Kuswadi, 2000:27).

Secara matematika hal ini dinyatakan dengan :

$$\mu_A : U \rightarrow [0,1] \tag{2.1}$$

Berikut ini beberapa macam keanggotaan yang sering digunakan antara lain fungsi keanggotaan S, π , T (triangular).

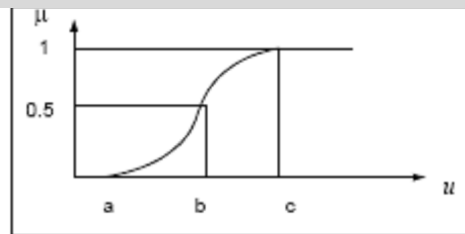
1. Fungsi keanggotaan bentuk S

Definisi fungsi-S adalah sebagai berikut :

$$S(u,a,b,c) = \begin{cases} 0 & u < a \\ 2\left(\frac{u-a}{c-a}\right)^2 & a \leq u \leq b \\ 1-2\left(\frac{u-a}{c-a}\right)^2 & b \leq u \leq c \\ 1 & u > c \end{cases}$$

$$b = \frac{(a+c)}{2} \tag{2.2}$$

Bentuk fungsi keanggotaan bentuk S ditunjukkan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Fungsi Keanggotaan Bentuk S

Sumber : Jun Yan, 1994 : 18

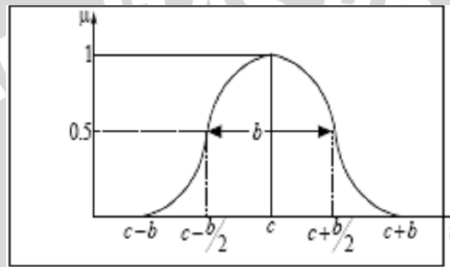
Fungsi keanggotaan bentuk S ini digunakan bila diinginkan himpunan *fuzzy* mempunyai nilai kebenaran mendekati nol dan satu lebih banyak.

2. Fungsi keanggotaan bentuk π

Definisi fungsi- π adalah sebagai berikut:

$$\pi(u; a, b, c) = \begin{cases} S(u; c - b, c - \frac{b}{2}, c) & u \leq c \\ 1 - S(u; c, c + \frac{b}{2}, c + b) & u \geq c \end{cases} \quad (2.3)$$

Bentuk fungsi keanggotaan bentuk π ditunjukkan dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Fungsi Keanggotaan Bentuk π

Sumber : Jun Yan, 1994 : 19

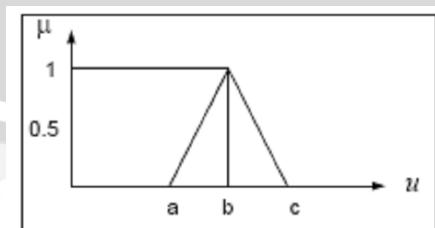
Fungsi keanggotaan bentuk π digunakan jika diinginkan elemen himpunan *fuzzy* memiliki nilai kebenaran mendekati nol lebih banyak.

3. Fungsi keanggotaan bentuk Triangular

Definisi fungsi triangular sebagai berikut:

$$T(u; a, b, c) = \begin{cases} 0 & u < a \\ \frac{u-a}{b-a} & a \leq u \leq b \\ \frac{c-u}{c-b} & b \leq u \leq c \\ 0 & u > c \end{cases} \quad (2.4)$$

Fungsi keanggotaan bentuk Triangular ditunjukkan dalam Gambar 2.5



Gambar 2.5. Fungsi Keanggotaan Bentuk Triangular (T)

Sumber : Jun Yan, 1994 : 19

Fungsi keanggotaan bentuk T ini digunakan bila diinginkan himpunan *fuzzy* mempunyai nilai kebenaran tidak nol.

2.1.3 Kontrol Logika Fuzzy

Kontrol logika fuzzy adalah sistem berbasis aturan (*rule based system*) yang didalamnya terdapat himpunan aturan fuzzy yang mempresentasikan mekanisme pengambilan keputusan. Aturan yang dibuat digunakan untuk memetakan variabel input ke variabel output dengan pernyataan *If - Then*.

Kontroler ini akan menggunakan data tertentu (*crisp*) dari sejumlah sensor kemudian mengubahnya menjadi bentuk linguistik atau fungsi keanggotaan melalui proses fuzzifikasi. Lalu dengan aturan fuzzy, *inference engine* yang akan menentukan hasil keluaran fuzzy. Setelah itu hasil ini akan diubah kembali menjadi bentuk numerik melalui proses defuzzifikasi.

2.1.3.1 Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah variabel non *fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik). Nilai masukan-masukan yang masih dalam bentuk variabel numerik yang telah dikuantisasi sebelum diolah oleh pengendali logika *fuzzy* harus diubah terlebih dahulu ke dalam variabel *fuzzy*. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun, maka dari nilai-nilai masukan tersebut menjadi informasi *fuzzy* yang berguna nantinya untuk proses pengolahan secara *fuzzy* pula. Proses ini disebut fuzzifikasi. (Jun Yan, 1994 : 49).

Proses fuzzifikasi diekspresikan sebagai berikut:

$$x = \text{fuzzifier}(x_0)$$

dengan:

x_0 = nilai *crisp* variabel masukan

x = himpunan *fuzzy* variabel yang terdefinisi

fuzzifier = operator fuzzifikasi yang memetakan himpunan *crisp* ke himpunan *fuzzy*

Pedoman memilih fungsi keanggotaan untuk proses fuzzifikasi, menurut Jun Yan, menggunakan :

1. Himpunan fuzzy dengan distribusi simetris.
2. Gunakan himpunan fuzzy dengan jumlah ganjil, berkaitan erat dengan jumlah kaidah (*rules*).
3. Mengatur himpunan fuzzy agar saling menumpuk.
4. Menggunakan fungsi keanggotaan bentuk segitiga atau trapezoidal.

2.1.3.2 Aturan Fuzzy

Fuzzy rule adalah bagian yang menggambarkan dinamika suatu sistem terhadap masukan yang dikarakteristikan oleh sekumpulan variabel-variabel linguistik dan berbasis pengetahuan seorang operator ahli. Pernyataan tersebut umumnya dinyatakan oleh suatu pernyataan bersyarat. Dalam pengendali berbasis fuzzy aturan pengendalian fuzzy berbentuk aturan “IF – THEN”. Untuk sebuah sistem SISO (*Single Input Single Output*) basis aturan pengendalian fuzzy berbentuk seperti berikut ini.

Rule 1 IF X1 is A11 THEN Y is B1

Rule 2 IF X1 is A21 . THEN Y is B2

•
•
•

Rule n IF Xn is An1 THEN Y is Bn

Dengan X_j merupakan variabel masukan sistem , Y merupakan variabel keluaran sistem, AND adalah operator fuzzy.

2.1.3.3 Metode Inferensi

Metode inferensi merupakan proses untuk mendapatkan keluaran dari suatu kondisi masukan dengan mengikuti aturan-aturan yang telah ditetapkan. Keputusan yang didapatkan pada proses ini masih dalam bentuk fuzzy yaitu derajat keanggotaan keluaran.

Ada beberapa cara untuk mengidentifikasi aturan mana yang akan dipakai dengan menggunakan nilai keanggotaan masukan. Menurut Jun Yan,

diantara bermacam metode inferensi fuzzy ada dua metode yang paling sering digunakan pada fuzzy logic kontrol yaitu :

1. Metode INFERENSI MAX – MIN

Pada metode Max – Min aturan operasi minimum Mamdani digunakan untuk implikasi fuzzy. Persamaan aturan minimum adalah

$$\mu_{c'} = \bigcup_1^n \alpha_i \wedge \mu_{ci}$$

(2.5)

dengan $\alpha_i = \mu_{A_i}(x_0) \wedge \mu_{B_i}(y_0)$

Sebagai contoh, terdapat dua basis kaidah atur *fuzzy*, yaitu :

R₁ : Jika x adalah A₁ dan y adalah B₁ maka z adalah C₁

R₂ : Jika x adalah A₂ dan y adalah B₂ maka z adalah C₂

Pada metode penalaran MAX-MIN fungsi keanggotaan konsrkuen dinyatakan

dengan

$$\mu_{c_1}(w) = \mu_{c_1} \vee \mu_{c_2} = [\alpha_1 \wedge \mu_{c_1}(w)] \vee [\alpha_2 \wedge \mu_{c_2}(w)]$$

(2.6)

dimana

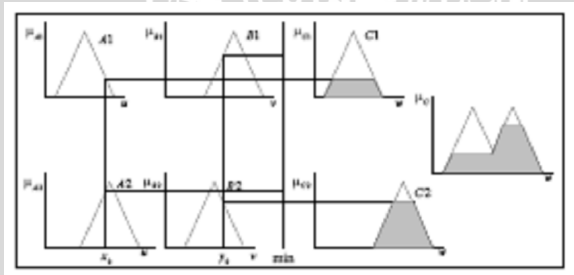
$$\alpha_1 = \mu_{A_1}(x_0) \wedge \mu_{B_1}(y_0)$$

(2.7)

$$\alpha_2 = \mu_{A_2}(x_0) \wedge \mu_{B_2}(y_0)$$

(2.8)

Lebih jelas metode ini dideskripsikan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Inferensi Fuzzy dengan Metode MAX-MIN

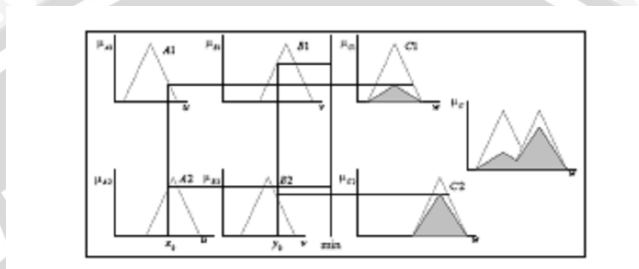
Sumber : Jun Yan, 1994 : 55

2. Metode INFERENSI MAX – DOT

Pada metode inferensi Max – Dot, aturan operasi Larsen digunakan untuk fungsi implikasi fuzzy. Metode MAX-DOT fungsi keanggotaan konsekuen C dinyatakan dengan:

$$\mu_c(\omega) = (\alpha_1 \bullet \mu_{c1}(\omega)) \vee (\alpha_2 \bullet \mu_{c2}(\omega)) \tag{2.9}$$

Metode penalaran MAX-DOT diperlihatkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Inferensi Fuzzy dengan Metode MAX-DOT

Sumber : Jun Yan,1994 : 55

2.1.3.4 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses untuk mendapatkan nilai numerik dari data fuzzy yang dihasilkan dari proses inferensi. (Jun Yan, 1994 : 55).

Proses defuzzifikasi dinyatakan sebagai berikut :

$$y_0 = defuzzifier(y) \tag{2.10}$$

dengan:

y : aksi kontrol fuzzy.

y0 : aksi kontrol crisp

defuzzifier : operator defuzzifikasi.

Dua metode defuzzifikasi yang umum digunakan adalah :

1. Metode (Center Of Area)

Metode ini didefinisikan sebagai berikut:

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n w_i u_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \tag{2.11}$$

dengan:

U = output

W_i = Bobot nilai benar W_i

u_i = Nilai linguistic pada fungsi keanggotaan output

n = Jumlah proposisi / domain

2. Metode (*Mean of Maximum*)

Metode ini didefinisikan sebagai berikut:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n z_i}{n}$$

(2.12)

dengan:

n = Jumlah proposisi / domain

Z = Output

z_i = Domain yang memiliki derajat keanggotaan terbesar / maximum.

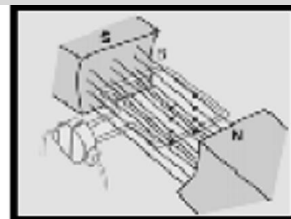
2.2 Motor DC

2.2.1 Prinsip Kerja Motor DC

Segulung kawat yang dialiri arus listrik dan ditempatkan di dalam suatu medan magnet akan mengalami gaya yang sebanding dengan arus dan kekuatan medan magnetnya. Gaya yang ditimbulkan disebut dengan Gaya *Lorentz* [Soemarwanto, 1997:28] yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

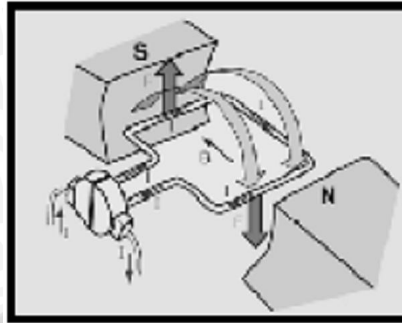
$$F = B I L (N) \quad (2.13)$$

Dalam hal ini B (tesla) adalah kerapatan *fluks* magnet, I (ampere) adalah arus yang mengalir dan L (cm) adalah panjang kawat.



Gambar 2.8. Garis-Garis Medan Magnet

Sumber: Sumanto, MA : 65

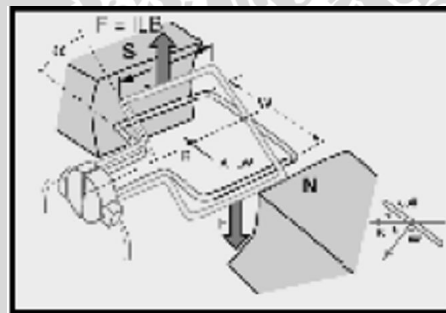


Gambar 2.9. Gaya Yang Dihasilkan Motor dc

Sumber: Sumanto,MA : 65

Persamaan 2.33 merupakan prinsip dasar sebuah motor, dimana terjadinya proses perubahan energi listrik (I) akan menimbulkan gaya mekanik (F). Jika motor mempunyai jari-jari sebesar r (Soemarwanto, 1997:28), maka akan menimbulkan torsi sebesar:

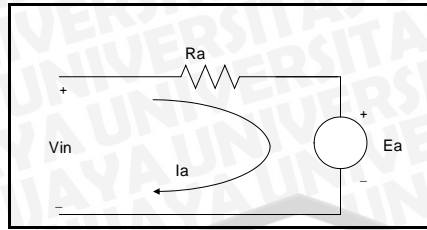
$$= F.r = B.I.L.r \text{ (Nm)} \tag{2.14}$$



Gambar 2.10. Torsi Yang Ditimbulkan Motor DC

Sumber: Sumanto,MA : 66

Pada saat dibangkitkan, konduktor akan bergerak di dalam medan magnet dan akan menimbulkan gaya gerak listrik (ggl) yang merupakan reaksi lawan terhadap tegangan penyebabnya. Proses konversi energi listrik menjadi energi mekanik dapat berlangsung jika tegangan sumber lebih besar dari gaya gerak listrik lawan.



Gambar 2.11. Gambar Motor Secara Umum

Sumber: Fitzgerald, 1992 : 269

Motor dapat berputar jika tegangan masukan motor lebih besar dari ggl yang timbul. Hubungan antara tegangan sumber dan ggl lawan seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.20, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E_a = V_{in} - I_a.R_a \quad (V) \quad (2.15)$$

Dalam hal ini E_a (V) adalah tegangan pada jangkar, V_{in} (V) adalah tegangan masukan, I_a (A) adalah arus jangkar dan R_a (ohm) adalah tahanan jangkar, sedangkan induksi yang timbul adalah:

$$E_a = C n \quad (V) \quad (2.16)$$

Dengan C adalah konsatanta, n adalah kecepatan motor, dan Φ adalah fluks magnetik yang besarnya sebanding dengan arus penguatan torsi. Torsi pada motor juga sebanding dengan fluks magnetik dan arus. Hal ini ditunjukkan pada Persamaan 2.37 berikut:

$$T = C I_a \quad (Nm) \quad (2.17)$$

Jika diketahui kecepatan sudut ω adalah:

$$\omega = 2 \pi \frac{n}{60} \quad (rad/s) \quad (2.18)$$

Maka hubungan torsi dan kecepatan motor adalah:

$$\begin{aligned} T &= \frac{P}{\omega} \\ &= \frac{P}{2\pi \frac{n}{60}} \quad (Nm) \quad (2.19) \end{aligned}$$

Dengan P adalah daya motor.

2.2.2 Pengaturan Motor DC

Apabila Persamaan 2.38 disubstitusikan dengan Persamaan 2.19 akan didapatkan rumus kecepatan motor (n) sebagai berikut:

$$n = \frac{V_{in} - I_a R_a}{C\Phi} (\text{rpm}) \quad (2.20)$$

Dari Persamaan 2.40 terlihat bahwa kecepatan motor sebanding dengan tegangan masukan (V_{in}) [Zuhal, 1993: 91]. Jadi apabila tegangan masukan besar maka kecepatan motor akan cepat, demikian pula sebaliknya, jika tegangan masukan kecil maka kecepatan motor akan lambat.

2.3 Robot Lengan

Robot dalam arti mula-mula adalah “*forced labour*” yang artinya pekerja paksa, namun dalam pengertian modern kata ‘robot’ sudah mengalami perluasan makna. Menurut *The Robotics International Division of the Society of Manufacturing Engineers (RI/SME)*, robot dapat didefinisikan sebagai: “*a reprogrammable and multifunctional manipulator designed to move material, part, tools and specialized devices through variable programmed motion for the performance of a variety of tasks*”.

Dari pengertian di atas, terdapat tiga kata kunci yang menunjukkan ciri sebuah robot, yaitu : *a reprogrammable* (dapat diprogram kembali), *multifunctional* (multifungsi), *move material, part, tools* (mendefinisikan tugas manipulator).

Dalam dunia industri, pengertian di atas tentu saja akan semakin bertambah luas apalagi dalam perkembangan-perkembangan teknologi terbaru, robot sudah dilengkapi dengan *artificial intelligence*.

Untuk dapat disebut sebagai sistem robot modern dalam dunia industri, sebuah mesin sedikitnya terdiri dari tiga hal utama :

1. *Manipulator*, yaitu merupakan unit mekanik yang melakukan fungsi gerakan pada robot. *Manipulator* biasanya terdiri dari bagian lengan (mainframe), dan bagian pergelangan. Fungsi dari *manipulator* adalah untuk memungkinkan robot untuk mencapai suatu posisi tertentu dengan presisi. Untuk tugas akhir kali robot yang digunakan menggunakan 2 derajat kebebasan yang semua fungsinya adalah memposisikan dan mengorientasikan lengan pada sudut tertentu.

2. *Actuator*, yang berfungsi sebagai sumber tenaga yang berfungsi untuk menggerakkan *manipulator*. *Actuator* pada robot dapat memakai sistem hidrolis, sistem pneumatic, Motor DC, DC Servomotor, Motor Stepper dan berbagai jenis tenaga penggerak lainnya.

3. *Processor*, yang merupakan otak dari robot, berfungsi untuk menyimpan dan memproses setiap urutan gerakan pada robot. Biasanya bagian *Processor* ini yang memungkinkan robot untuk melakukan berbagai jenis tugas yang diprogramkan kepadanya.

Secara umum robot sedikitnya harus memiliki satu fungsi khusus, dan untuk menunjang fungsi khusus tersebut biasanya pada ujung lengan robot diberikan sebuah alat spesifik, yang tergantung dari fungsi akan robot tersebut. Alat spesifik tersebut disebut sebagai *end effector*.

2.3.1 Derajat Kebebasan

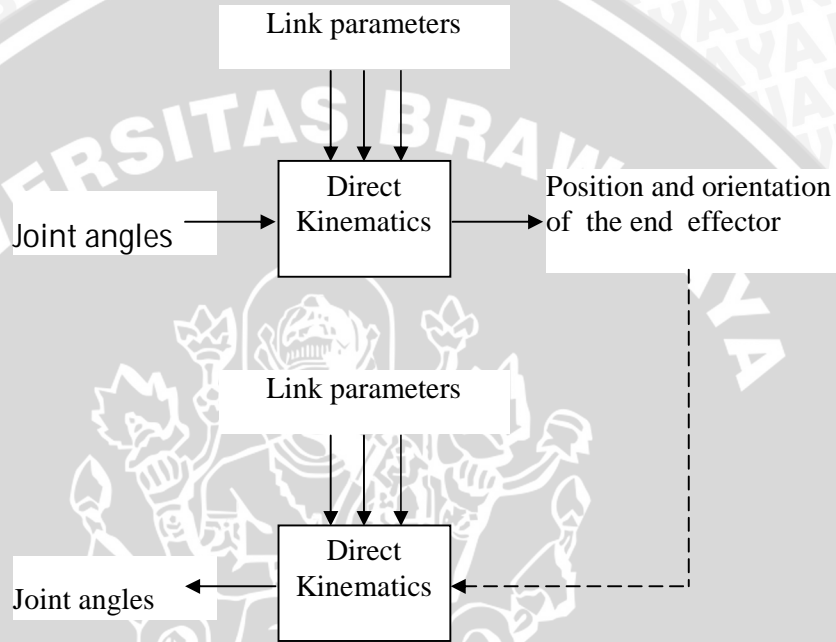
Derajat kebebasan adalah ruang batas pergerakan dari sebuah lengan robot. Jumlah derajat kebebasan tergantung dari arah gerakan dari sebuah robot itu sendiri, misalnya gerak vertical atas atau bawah dan gerak putar kanan atau kiri maka lengan tersebut dapat dikatakan memiliki dua derajat kebebasan. Bila derajat-derajat tersebut digabungkan maka seakan-akan robot tersebut akan menjadi sebuah lengan yang dapat bergerak dengan dua gerakan sekaligus.

2.3.2 Kinematika Robot

Sebuah konstruksi manipulator robot dapat dimodelkan sebagai rangkaian bodi kaku yang disebut *links*. *Links* ini saling dihubungkan satu sama lain oleh adanya *joint*. Salah satu rangkaian dari *links* ini berdiri pada suatu landasan (*base*), sedangkan ujung yang lain bergerak bebas untuk menggerakkan *tool* atau *end effector*. Untuk mempermudah pemahaman, maka diberikan notasi yang berbeda untuk tiap *joint*. Variabel-variabel yang dimiliki oleh sebuah *joint* akan di ikuti notasi “n” (n=0,1,2,3,...) di mana n=0 di mulai dari *joint* yang merupakan dasar/*base* dari robot.

Dalam perhitungan kinematika robot, ada dua cara menentukan posisi dari manipulator. Yang pertama adalah *direct kinematics* dan yang kedua adalah *inverse kinematics* dimana hubungan keduanya adalah untuk mencari orientasi

posisi *end effector* dengan masukan yang berbeda. Pada *direct kinematics* maka masukannya berupa posisi sudut tiap *link* sehingga didapat posisi manipulator pada sudut kartesian. Sedangkan pada *inverse kinematics* masukannya berupa posisi manipulator pada sudut kartesian sehingga dapat mengetahui posisi tiap link. Hubungan antara *direct kinematics* dan *inverse kinematics* dapat dilihat pada gambar 2.12 dibawah ini :



Gambar 2.12

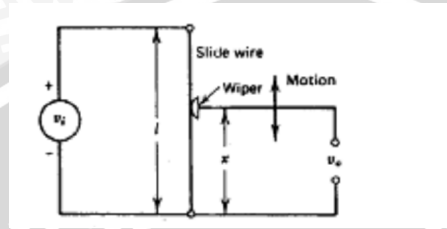
2.4 Potensiometer

Tipe sederhana dari potensiometer secara skematik ditunjukkan didalam Gambar 2.12 adalah merupakan sebuah tahanan geser. Sensor ini terdiri dari panjang l dari kawat tahanan yang diberikan tegangan sumber v_i . Hubungan antara tegangan keluaran v_o dan posisi x dari wiper, bergerak sepanjang kawat, dapat diekspresikan sebagai :

$$v_o = \frac{x}{l} v_i \quad \text{atau} \quad x = \frac{v_o}{v_i} l$$

Maka potensiometer geser dapat dipakai untuk mengukur pergeseran x .

Tahanan kawat lurus tidak fisibel untuk dipakai, karena tahanan kawat yang pendek adalah tahanan yang sangat kecil diperlukan tenaga lebih pada tegangan sumber. Untuk mengatasi kesulitan ini, tahanan tinggi, diperoleh dengan cara menggulung kawat tahanan pada sebuah core beri solasi seperti dalam Gambar 2.13 dibawah ini :



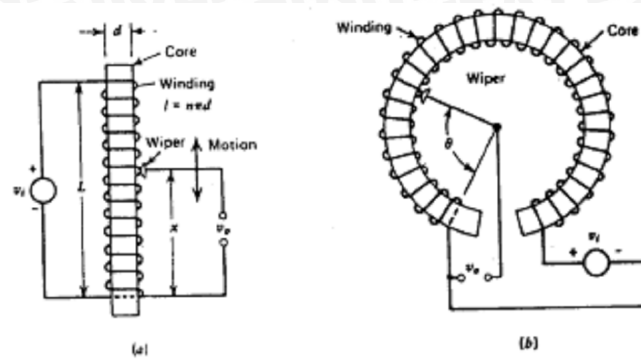
Gambar 2.13. Potensiometer tahanan geser

Sumber :

Ilustrasi potensiometer dalam Gambar 2.13a dipakai untuk mengukur pergeseran linier. Potensiometer berbentuk silinder, seperti dalam Gambar 2.13b dipakai untuk mengukur pergeseran putaran. Tahanan dari potensiometer lilitan kawat pada range antara 10 dan $10^6 \Omega$ tergantung pada tipe dan diameter kawat yang dipakai dan panjang koil.

Tahanan dari potensiometer lilitan kawat naik setiap step dari pergerakan wiper dari satu ke lainnya. Perubahan step ini dalam tahanan dibatasi resolusi potensiometer L/n , dimana n adalah jumlah lilitan dari panjang koil. Range resolusi dari 0,05 ke 1 %, dengan batas bawah diperoleh dengan beberapa gulungan dengan diameter kawat yang sangat kecil.

Range potensiometer dikontrol dengan panjang aktif L koil. Potensiometer linier tersedia dalam beberapa panjang sampai 1 m. Range dari potensiometer pergeseran sudut dapat diperluas dengan menyusun koil dalam bentuk helix. Potensiometer helix secara komersial dengan 20 lilitan; oleh karena itu pergeseran sudut sebesar-besarnya 7200 derajat dapat diukur dengan mudah.



Gambar 2.14. Potensiometer tahanan lilitan untuk a) Pergeseran longitudinal b) Pergeseran sudut.

Sumber :

2.5 Teleskop

Teleskop optik adalah instrumen pengamatan yang berfungsi mengumpulkan radiasi elektromagnetik dan sekaligus membentuk citra dari benda yang di amati. Radiasi elektromagnetik yang dapat dideteksi sangat bervariasi, mulai dari panjang gelombang radio hingga sinar-X, sesuai dengan elemen atau material detektornya. Teleskop optik berdasarkan obyektifnya dapat dibagi ke dalam 3 jenis utama:

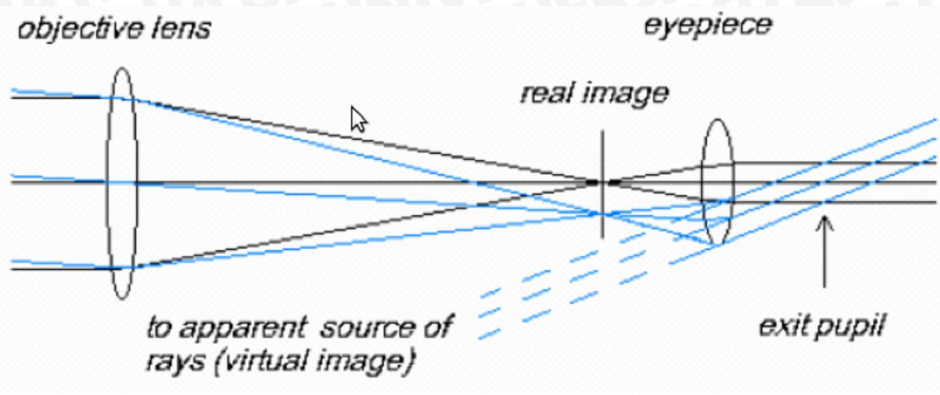
Refraktor (Dioptrik) yang menggunakan lensa, Reflektor (Catoptrik) yang menggunakan cermin cekung, dan sistem lensa-cermin (Catadioptrik) yang menggunakan kombinasi lensa dan cermin.

2.5.1 Jenis Teleskop

Teleskop optik berdasarkan obyektifnya dapat dibagi ke dalam 3 jenis utama: Refracting (Dioptrik) yang menggunakan lensa, Reflecting (Catoptrik) yang menggunakan cermin cekung, dan sistem lensa -cermin (Catadioptrik) yang menggunakan kombinasi lensa dan cermin.

2.5.1.1 Teleskop Refracting (Pembiasan)

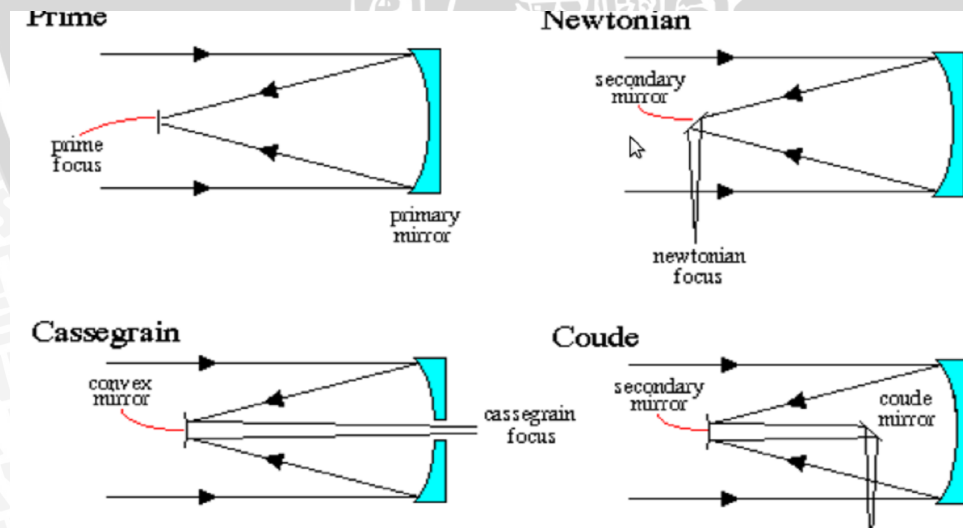
Teleskop jenis ini menggunakan lensa sebagai pengumpul cahaya. Lensa adalah elemen yang dapat ditembus / di lewati oleh cahaya. Prinsip kerjanya seperti terlihat dalam Gambar 2.15 :



Gambar 2.15. Prinsip kerja Teleskop Refracting

2.5.1.2 Teleskop Reflecting (Pemantulan)

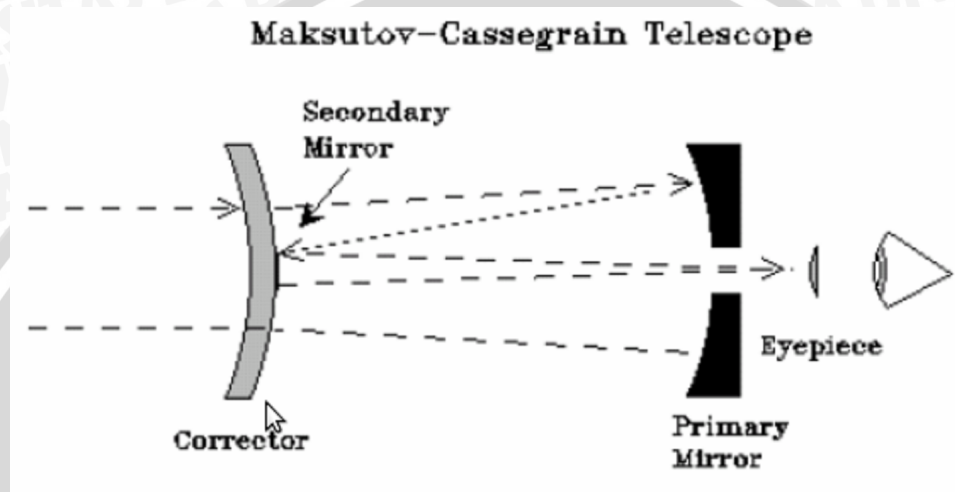
Teleskop jenis ini menggunakan cermin sebagai pengumpul cahaya. Cermin adalah elemen yang memantulkan cahaya. Prinsip kerjanya terlihat dalam Gambar 2.16 :



Gambar 2.16. Prinsip kerja Teleskop Reflecting

2.5.1.3 Teleskop Catadioptric (Kombinasi Pembiasan dan Pemantulan)

Teleskop jenis ini menggunakan elemen yang bersifat refraktif (lensa) maupun reflektif (cermin) sebagai pengumpul cahaya. Prinsip kerjanya terlihat dalam Gambar 2.17 :



Gambar 2.17. Prinsip kerja Teleskop Catadioptric (Kombinasi Pembiasan dan Pemantulan)

2.5.2 Sistem Teleskop

Sebuah sistem teleskop terdiri atas tabung teleskop dan penyangga. Teleskop mempunyai dua buah sumbu yang saling tegak lurus yang memungkinkan untuk digerakkan ke segala arah langit. Sebagai sebuah instrumen pengamatan, teleskop harus memiliki kemampuan mengikuti pergerakan benda langit yang diamati dengan sebebaskan-bebasnya. Kemampuan ini terkait dengan penyangga teleskop yang bersangkutan (teleskop mounting), yang tidak lain adalah sistem koordinat langit yang diterapkan pada perangkat optik ini.

Secara garis besar ada dua macam sistem sangga teleskop, yaitu alt-azimuth dan ekuatorial. Sistem sangga alt-azimut mengacu pada tata koordinat

horizon yang lebih familiar dengan menyatakan posisi benda langit menurut ketinggian (altitude) dan azimut.

Teleskop dengan sistem sangga ini memiliki dua sumbu yang saling tegak lurus, yaitu sumbu ketinggian (horisontal) dan sumbu azimut (vertikal). Di kedua sumbu tersebut terdapat skala ketinggian dan azimuth untuk membaca posisi benda langit. Skala ketinggian menyatakan jarak obyek dari horizon atau cakrawala.

Besaran ini dinyatakan dalam satuan derajat, mulai dari 0 derajat di horizon sampai +90 derajat di meridian. Artinya, obyek -obyek yang belum terbit alias masih berada di bawah cakrawala memiliki ketinggian negatif. Sudut azimut dihitung sepanjang horizon dari arah selatan ke barat sampai lingkaran n vertikal (meridian) yang melalui benda langit. Skala azimut dimulai dari 0 derajat di selatan, bertambah 90 derajat ke arah barat, dan seterusnya hingga sempurna satu lingkaran 360 derajat kembali di titik selatan.

Bumi berotasi dari barat ke timur, sehingga benda-benda langit lainnya tampak bergerak dalam arah yang berlawanan. Akibat rotasi bumi yang menyapu sudut 15 derajat tiap jamnya, agar obyek yang diamati senantiasa berada dalam medan pandang teleskop kita harus selalu mengubah -ubah kedua sumbu teleskop, sumbu horizontal dan vertikal. Ini adalah kekurangan sistem sangga alt -azimut untuk teleskop-teleskop amatir, yaitu tidak mampu bergerak “dengan halus” dalam ketinggian dan azimut guna mengoreksi efek gerak harian benda -benda langit akibat rotasi bumi. Meskipun demikian, sejak dikenalnya mekanisme kendali di bawah kontrol komputer, sistem sangga ini masih disukai untuk instrumen profesional berukuran besar.

Untuk mengatasi kekurangan yang ada pada sistem sangga alt -azimut, orang mendesain sistem sangga ekuatorial yang didasarkan pada tata koordinat ekuatorial. Tata koordinat ekuatorial menyatakan posisi benda langit dalam asensio (right ascension, ekuivalen dengan garis bujur dalam koordinat bumi) dan deklinasi (declination, ekuivalen dengan garis lintang).

Pada posisi sangga ini, salah satu sumbu teleskop dibuat mengarah ke kutub langit sehingga disebut sebagai sumbu kutub, sedangkan sumbu lainnya (disebut sumbu deklinasi) tegak lurus sumbu kutub dan sejajar dengan bidang

ekuator langit yang merupakan perluasan ekuator bumi. Bila sumbu kutub memungkinkan teleskop bergerak bebas mengikuti gerak semu benda langit dari timur ke barat, sumbu deklinasi memungkinkan teleskop bergerak sepanjang arah utara dan selatan.

Dengan sistem sangga ekuatorial ini, suatu obyek langit seperti Matahari, Bulan, bintang atau planet berada dalam medan pandang teleskop, teleskop hanya perlu digerakkan sekitar sumbu kutub untuk mengoreksi gerak semu harian benda langit akibat rotasi bumi. Jadi, selalu mengubah kedua sumbu teleskop seperti halnya pada sistem sangga alt-azimut, pada sistem ekuatorial hanya perlu mengubah satu sumbu saja untuk mengikuti gerak benda langitnya. Kemudahan ini tentunya diimbangi juga dengan kebutuhan berupa ketelitian yang tinggi dalam pemasangan.

2.5.3 Kontrol Teleskop

Saat ini sebuah sistem teleskop modern tidak lagi terdiri atas teleskop dan sistem sangga semata, melainkan juga dilengkapi dengan sistem kontrol dan basis data. Kemampuan sistem kontrol teleskop diukur dari akurasi dalam melakukan pointing dan tracking sebuah obyek langit.

Pointing merupakan kemampuan teleskop untuk bergerak ke suatu posisi benda langit yang ditentukan. Kemampuan pointing sebuah sistem teleskop sangat bergantung pada pengaturan (setting) dan penempatan (initial position) teleskop. Oleh karena itu, pengaturan dan penempatan harus dilakukan sedemikian rupa sehingga mendekati posisi teleskop yang sebenarnya sesuai dengan lintang geografis pengamatan.

Untuk mengetahui dapat dilihat pada tabel 2.1 di bawah ini :

No.	Kota	Sudut		Kedudukan	
		Elevasi	Azimuth	Bujur	Lintang
1	Banda Aceh	76,15	66,58	95,30 BT	5,6 LU
2	Padang	80,88	84,03	100,40 BT	0,8 LS
3	Pekanbaru	82,20	64,83	101,04 BT	0,6 LU
4	Bengkulu	82,84	33,07	102,30 BT	3,7 LS

5	Jambi	84,75	70,06	103,60 BT	1,6 LS
6	Batam	85,12	-15,39	104,00 BT	1,1 LU
7	Palembang	84,42	48,74	104,70 BT	2,9 LS
8	Jakarta	82,30	9,70	106,90BT	6,45 LS
9	Bandung	81,80	3,33	107,60 BT	6,9 LS
10	Pangkal Pinang	86,76	43,50	106,10 BT	2,6 LS
11	Pontianak	87,80	00,00	109,30 BT	0,0
12	Cilacap	80,74	-13,74	109,90 BT	7,8 LS
13	Yogyakarta	79,43	-16,49	110,30 BT	7,8 LS
14	Semarang	81,32	-18,98	110,40 BT	7,0 LS
15	Surabaya	79,65	-33,10	112,80 BT	7,4 LS
16	Palangkaraya	82,48	-69,94	114,00 BT	2,2 LS
17	Banjarmasin	81,01	-64,58	114,60 BT	2,2 LS
18	Denpasar	80,66	-39,79	115,10 BT	8,6LS
19	Mataram	76,40	-44,22	116,00 BT	8,6 LS
20	Samarinda	79,17	-87,53	117,52 BT	0,4 LS
21	Tarakan	77,98	-70,15	117,60 BT	3,5 LU
22	Ujung Pandang	74,96	-65,80	119,40 BT	5,2 LS
23	Palu	75,97	-85,74	119,90 BT	0,9 LU
24	Kendari	72,34	-74,90	122,50 BT	4,0 LS
25	Kupang	68,22	-57,62	123,00 BT	10,2 LS
26	Manado	71,03	-85,04	124,80 BT	1,5 LU
27	Ternate	47,36	-87,72	127,30 BT	0,8 LS
28	Ambon	66,90	-80,05	128,20 BT	3,7 LS
29	Sorong	62,75	-88,14	131,30 BT	0,8 LS
30	Fakfak	61,50	-83,58	131,30 BT	2,9 LS

31	Biak	57,30	-88,12	136,00 BT	1,0 LS
32	Merauke	55,28	-76,84	140,00 BT	8,4 LS
33	Jayapura	51,97	-89,90	140,60 BT	2,5 LS

Catatan : Semua satuan dalam derajat

Tracking merupakan kemampuan sistem teleskop untuk bergerak mengikuti gerak sebuah obyek langit. Semakin lama sebuah teleskop dapat bergerak mengikuti benda langit yang dimaksud, semakin baik kemampuan *tracking* teleskop yang bersangkutan. Karena kecepatan gerak semu Matahari, Bulan, planet dan bintang berbeda satu sama lain, maka kecepatan tracking teleskop harus diatur sedemikian rupa sehingga dapat mengikuti gerak obyek yang sedang diamati.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penyusunan skripsi ini didasarkan pada masalah yang telah disebutkan dalam latar belakang. Hal ini dimaksudkan untuk memahami dasar-dasar dalam merancang dan membuat robot lengan dengan menerapkan Kontrol Logika Fuzzy pada teleskop untuk mempermudah dalam finding benda-benda langit.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat adalah penentuan spesifikasi alat, studi literatur, perancangan alat, pembuatan alat, pengujian alat, dan pengambilan kesimpulan.

3.1 Penentuan Spesifikasi Alat

Sebelum melakukan perencanaan alat yang akan dibuat, maka ditentukan spesifikasi alat yang akan dirancang terlebih dahulu. Beberapa spesifikasi alat yang akan dirancang adalah sebagai berikut:

- a. Robot Lengan digunakan untuk mentracking.
- b. Motor DC Servo sebagai penggerak lengan.
- c. *Fuzzy Logic Controller* yang dihubungkan ke PC.
- d. Sensor potensiometer yang berfungsi untuk menghitung posisi pada poros.
- e. Teleskop berfungsi untuk melihat benda langit.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mempelajari teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat. Beberapa teori-teori yang perlu dipelajari adalah sebagai berikut:

- a. *Fuzzy Logic Controller*
- b. Studi literatur tentang robot lengan
- c. Sensor potensiometer
- d. Motor DC
- e. Teleskop

3.3 Pembuatan Alat

3.3.1 Perangkat Keras (*Hardware*)

Komponen utama perangkat keras (*hardware*) adalah sensor potensiometer, Driver, Motor DC, PC

3.3.2 Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak yang di buat menggunakan Sistem operasi real time linux. Program yang dibuat berupa kontroller logika fuzzy untuk pengendalian sudut elevasi dan sudut azimuth. Selain itu berupa program perhitungan sudut azimuth dan sudut elevasi berdasarkan pada posisi benda langit dan posisi teleskop.

3.4 Pengujian Alat

Pengujian dilakukan secara bertahap. Adapun pengujian tersebut setelah semua terealisasi maka akan dilakukan pengujian yang meliputi :

- Pengujian respon kontroller logika fuzzy untuk sudut elevasi dan sudut azimuth.
- Pengujian secara keseluruhan.

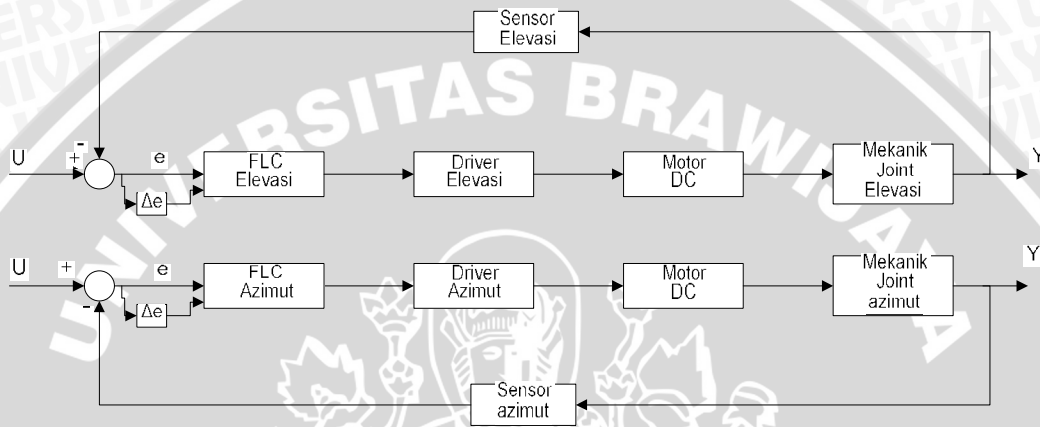
3.5 Pengambilan Kesimpulan

Kesimpulan didapat berdasarkan dari hasil perealisasi dan pengujian alat sesuai dengan tujuan dan rumusan masalah. Saran diberikan setelah melihat adanya kekurangan dalam sistem yang telah dibuat, dengan harapan agar alat ini dapat dikembangkan lebih baik.

BAB IV PERANCANGAN

4.1 Diagram Blok Sistem

Secara diagram blok, Sistem secara keseluruhan dapat digambarkan seperti yang diperlihatkan dalam gambar 4.1 di bawah ini



Gambar 4.1. Diagram Blok Sistem

Sumber : Perancangan

Secara keseluruhan dalam gambar 4.1, sistem terdiri dari :

- a) Kontroller logika fuzzy (FLC).
- b) Driver motor DC.
- c) Mekanik sambungan lengan robot.
- d) Sensor Sudut.

Masing-masing sudut sambungan lengan robot yaitu sudut azimuth dan sudut elevasi diatur oleh Kontroller logika fuzzy secara terpisah. Dengan memberikan sudut azimuth dan sudut elevasi untuk posisi benda langit sesuai dengan perhitungan, maka teleskop akan terarah ke benda langit yang akan diamati.

4.1.1 Kontroller Logika Fuzzy

Kontroller logika fuzzy menggunakan 5MBF masing-masing untuk E (Error) dan CE (Change Error). Algoritma logika fuzzy ini, deprogram dengan menggunakan sistem operasi realtime linux dengan memasukkan rulebase ; dibahas dalam subbb 4.2

4.1.2 Driver Motor

Driver motor berfungsi untuk mednyediakan tegangan untuk motor DC, yang menimbulkan tegangan 0 – 220 V DC. Tegangan yang bervariasi antara 0 – 220 V DC diperoleh dengan memberikan tegangan analog antara 0 – 10 V.

4.1.3 Mekanik Sambungan Robot

Mekanik sambungan lengan robot berfungsi untuk mengarahkan teleskop sesuai dengan sudut elevasi dan sudut azimuth yang dibutuhkan dari hasil perhitungan. Dimana hasil perhitungan tergantung pada possisi bintang dan posisi teleskop.

4.1.4 Sensor Sudut

Sensor sudut berfungsi untuk memberikan umpan balik berupa tegangan analog 0 – 10 V. Tegangan ini akan bervariasi sesuai dengan cakupan sudut lengan. Sensor yang digunakan adalah potensiometer untuk servo yang memiliki linearitas dan kepresesian 0.1 %, seperti yang diperlihatkan dalam gambar 4.2 dibawah ini :



Gambar 4.2. Sensor Potensiometer

Sumber : Perancangan

Sebagai contoh untuk lengan elevasi $0 \dots 320^\circ$

Jika sudut elevasi yang diperlukan 45° , maka tegangan yang dikeluarkan sensor adalah:

$$\frac{45}{320} \times 16 = 2,25$$

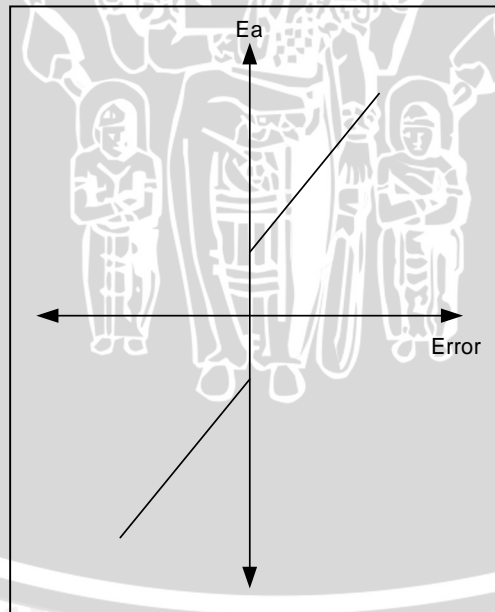
4.2 Perancangan Kontroler Logika Fuzzy

Variabel masukan kontroler *fuzzy* akan diseleksi sebagai kesalahan (*error*, E) dan perubahan kesalahan (*change of error*, CE), keluaran kontroler merupakan variasi perintah yang disusun melalui logika sebagai berikut [Jun Yan :59)

Jika keluaran kontroler memiliki nilai yang diinginkan dan perubahan *error* sama dengan nol, maka keluaran *Fuzzy Logic Controller* (FLC) sebelumnya dipertahankan.

- Jika keluaran tidak sesuai dengan yang diharapkan, aksi kontrol tergantung pada nilai *error* (E) dan perubahan *error* (CE)

-



Gambar 4.3. Kurva karakteristik tegangan jangkar terhadap error .

Sumber : Kurnianto : 1999: 31

Berdasarkan kurva karakteristik kecepatan motor DC terhadap perubahan tegangan jangkar, tegangan jangkar sebanding dengan kecepatan putaran motor, semakin besar tegangan jangkar maka kecepatan motor semakin besar. Tetapi pada tegangan jangkar antara -1 dan 1 volt motor tidak berputar dan semakin positif *error*, tegangan jangkar semakin positif serta semakin negatif *error*, tegangan jangkar semakin negatif. Kurva karakteristik tegangan jangkar terhadap *error* diperlihatkan dalam Gambar 4.3.

Kaidah atur yang digunakan dalam kontroler *fuzzy* ini adalah :

Aturan ke-i : Jika (E adalah Ei) dan (CE adalah CEi) maka (CI adalah C Ii)

Tabel 4.2 Kaidah atur mekanisme *fuzzy*.

CError

E
r
r
o
r

	MN	N	Z	P	MP
MN	FP (1)	FP (2)	FP (3)	HP (4)	MP (5)
N	FP (6)	FP (7)	HP (8)	MP (9)	LP (10)
Z	FP (11)	HP (12)	ZP (13)	ZP (14)	ZP (15)
P	ZP (16)	ZP (17)	ZP (18)	LP (19)	LP (20)
MP	ZP (21)	ZP (22)	ZP (23)	ZP (24)	LP (25)

Sumber : Perancangan

Berdasar Tabel 4.2 dalam kaidah atur yang digunakan adalah 25 kaidah atur, yaitu :

IF error IS more_negative AND CError IS more_negative THEN power IS full_power

IF error IS more_negative AND CError IS negative THEN power IS full_power

IF error IS more_negative AND CError IS zero THEN power IS full_power

IF error IS more_negative AND CError IS positive THEN power IS high_power

IF error IS more_negative AND CError IS more_positive THEN power IS more_power

IF error IS negative AND CError IS more_negative THEN power IS full_power

IF error IS negative AND CError IS negative THEN power IS full_power
 IF error IS negative AND CError IS zero THEN power IS high_power
 IF error IS negative AND CError IS positive THEN power IS more_power
 IF error IS negative AND CError IS more_positive THEN power IS low_power

IF error IS zero AND CError IS more_negative THEN power IS full_power
 IF error IS zero AND CError IS negative THEN power IS high_power
 IF error IS zero AND CError IS zero THEN power IS zero_power
 IF error IS zero AND CError IS positive THEN power IS zero_power
 IF error IS zero AND CError IS more_positive THEN power IS zero_power

IF error IS positive AND CError IS more_negative THEN power IS zero_power
 IF error IS positive AND CError IS negative THEN power IS zero_power
 IF error IS positive AND CError IS zero THEN power IS zero_power
 IF error IS positive AND CError IS positive THEN power IS low_power
 IF error IS positive AND CError IS more_positive THEN power IS low_power

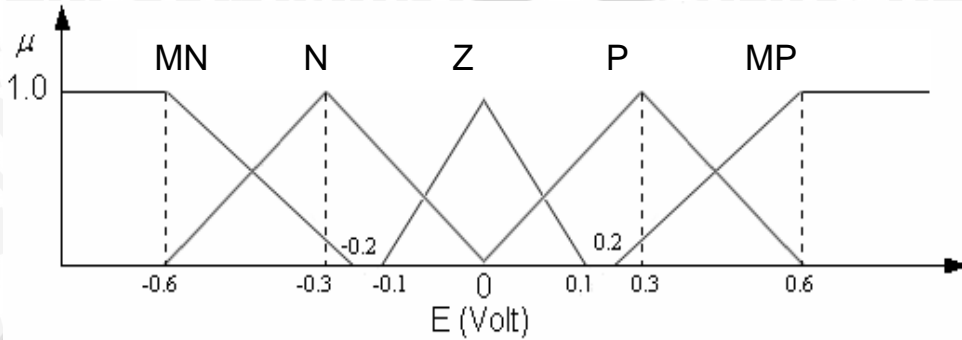
IF error IS more_positive AND CError IS more_negative THEN power IS zero_power
 IF error IS more_positive AND CError IS negative THEN power IS zero_power
 IF error IS more_positive AND CError IS zero THEN power IS zero_power
 IF error IS more_positive AND CError IS positive THEN power IS zero_power
 IF error IS more_positive AND CError IS more_positive THEN power IS low_power

Semesta pembicaraan untuk kaidah atur kontrol fuzzy dibagi sebagai berikut:

- **Error (Kesalahan,E)**

Kesalahan ini merupakan selisih antara *setpoint* dengan kecepatan sebenarnya yang telah diubah ke dalam besaran tegangan. Fungsi keanggotaan *error* terdiri dari lima bagian dengan jelajah yang dicapai adalah -6V sampai 6V, yaitu Sangat Negatif (SN), Negatif (N), Z (Zero), Positif (P), Sangat Positif (SP). Nilai *error* lebih kecil -0,6V nilai kebenarannya satu ($\mu_{SN} = 1$) dan nilai *error* lebih besar 0,6V nilai kebenarannya juga satu ($\mu_{SP} = 1$). Besarnya Z pada fungsi

keanggotaan *Error* dibuat sempit agar SN maupun SP besar sehingga akan mempercepat mencapai nilai yang diharapkan, juga P dan N mendekati nilai 0V sebagai langkah pendekatan agar sesuai dengan Gambar 4.3 dan untuk menekan *overshoot* yang timbul. Fungsi keanggotaan *Error* dapat dilihat dalam Gambar 4.4

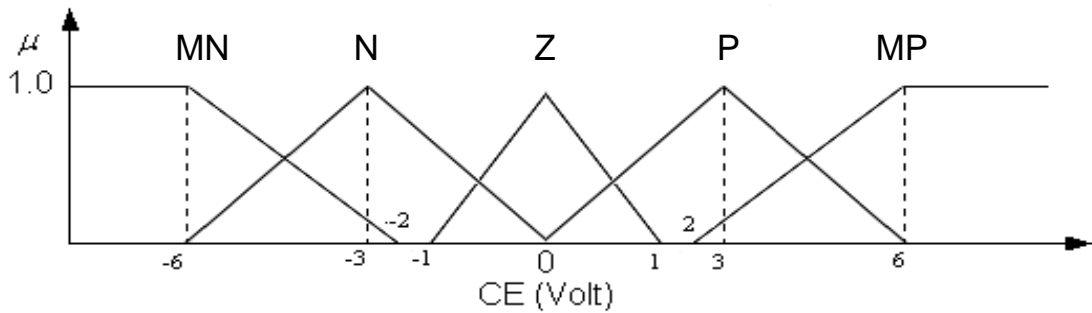


Gambar 4.4. Fungsi keanggotaan *Error fuzzy*.

Sumber : Perancangan

- **Perubahan error (CE)**

Perubahan *Error* merupakan selisih *error* sekarang dengan error sebelumnya. Fungsi keanggotaan ini terdiri lima bagian, jelajah yang dicapai $-6V$ sampai $6V$ yaitu Sangat Negatif (SN), Negatif (N), Z (Zero), Positif (P), Sangat Positif (SP). Fungsi keanggotaan Perubahan error (CE) dapat dilihat dalam Gambar 4.5.

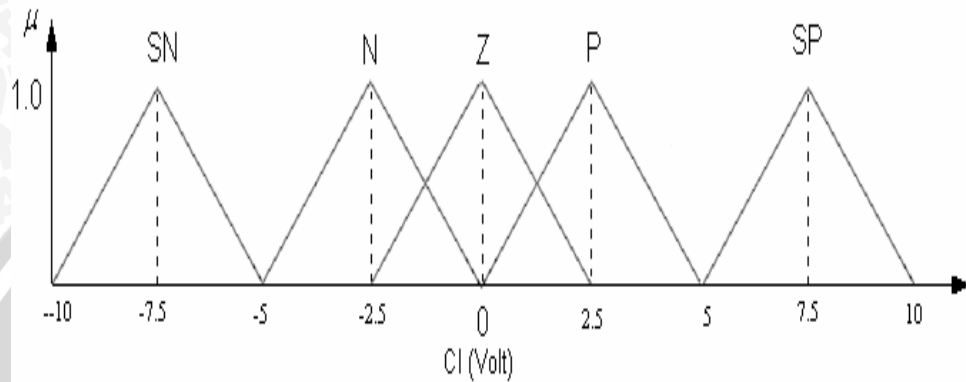


Gambar 4.5. Fungsi keanggotaan perubahan error (CE) *fuzzy*

Sumber : Perancangan

- **Keluaran Kontroler CI**

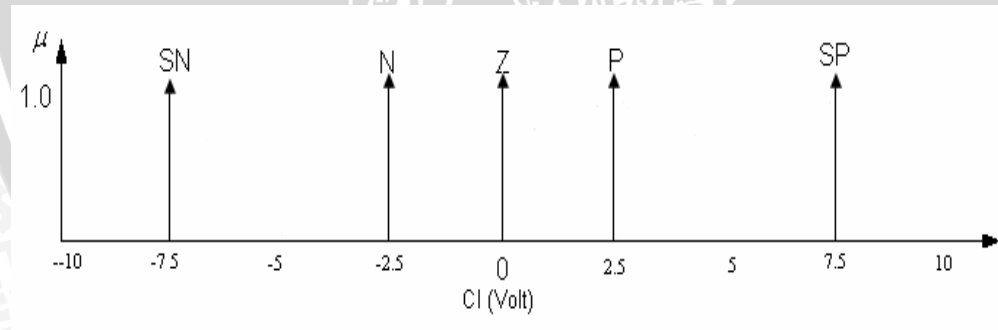
Himpunan semesta keluaran kontroler dibagi dalam lima bagian dengan jelaah yang dicapai adalah -10 V sampai 10 V , sesuai dengan tegangan kerja motor DC (*plant*), yaitu Sangat Negatif (SN), Negatif (N), Z (Zero), Positif (P), Sangat Positif (SP). Fungsi keanggotaan keluaran kontroler dalam Gambar 4. 6



Gambar 4.6. Fungsi keanggotaan keluaran kontroler (CI)

Sumber : Perancangan

Fungsi keanggotaan keluaran kontroler dalam Gambar 4.5 diubah menjadi seperti dalam Gambar 4.6. Masing-masing *fuzzy* tunggal dalam Gambar 4.6 merupakan perwakilan titik berat dari Gambar 4.7.



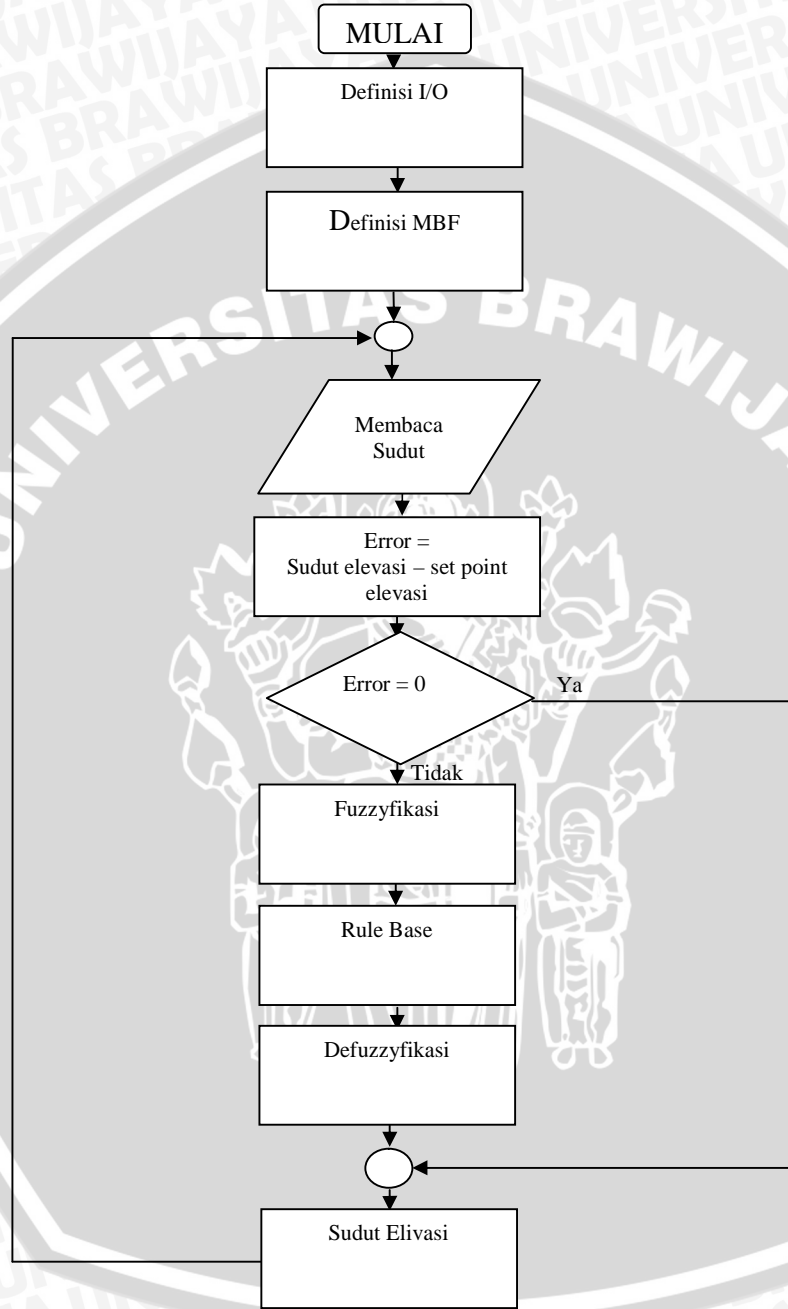
Gambar 4.7. Fungsi keanggotaan keluaran (CI) .

Sumber : Perancangan

4.3

Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak

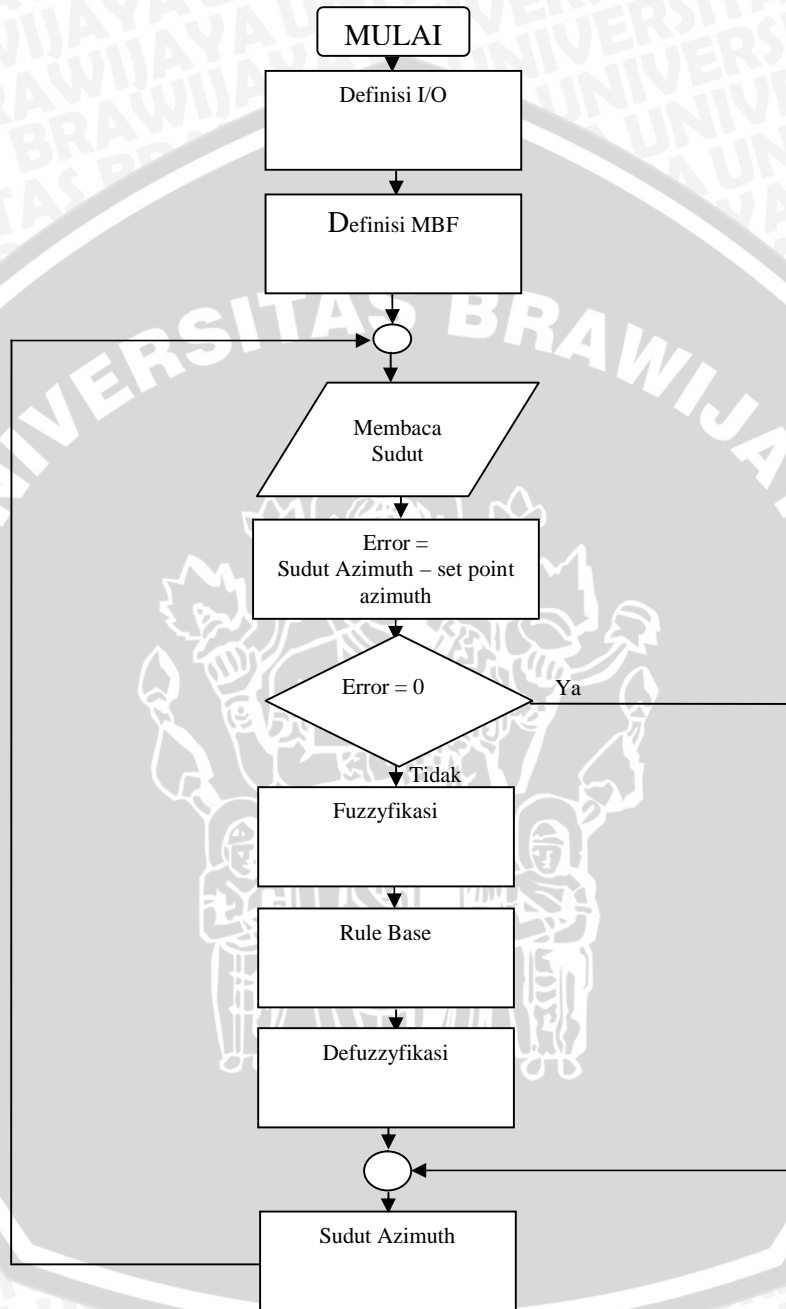
Diagram alir perancangan perangkat lunak secara garis besar dapat dilihat dalam Gambar 4.8



Gambar 4.8. Diagram Alir Pemrograman *Fuzzy* menggunakan sudut Elevasi

Sumber : Perancangan

Diagram alir perancangan perangkat lunak secara garis besar dapat dilihat dalam Gambar 4.9



Gambar 4.9. Diagram Alir Pemrograman *Fuzzy* menggunakan sudut Azimuth

Sumber : Perancangan

BAB V

PENGUJIAN ALAT

Pengujian alat ini bertujuan untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perencanaan. Pengujian ini meliputi pengujian setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk mempermudah analisis apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perencanaan.

5.1 Kecepatan motor DC terhadap tegangan

a. Tujuan

Mengetahui kecepatan motor DC terhadap perubahan tegangan catu antara 0 ..220VDC. Kecepatan motor DC yang dihasilkan dibaca melalui tegangan yang dihasilkan oleh tachogenerator.

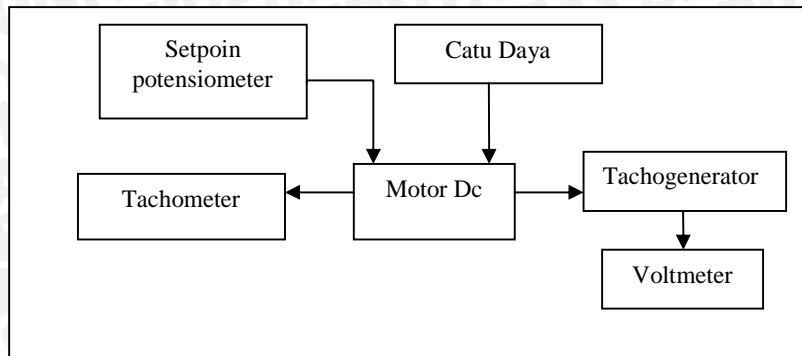
b. Peralatan yang digunakan :

- Voltmeter
- Catu daya
- *Tachometer*
- *Tachogenerator*
- Motor dc
- *Setpoint* Potensiometer

c. Langkah pengujian

- Merangkai peralatan seperti dalam Gambar 5.5 Keluaran potensiometer terhubung dengan motor dc sedangkan keluaran motor dc terhubung dengan *tachogenerator* dan *tachometer*, Kemudian keluarannya dilihat menggunakan voltmeter dan tachogenerator.

- Mengaktifkan catu daya.
- Memutar potensiometer untuk mendapatkan keluaran *tachogenerator* 1 volt sampai dengan 8 volt dengan kenaikan 0,5 volt.
- Mencatat data keluaran *tachometer* dan *tachogenerator*.



Gambar 5.1. Pengujian *tachogenerator*

Sumber : Pengujian

Tegangan keluaran maksimum *tachogenerator* sebesar 8 volt sedangkan kecepatan putaran maksimum motor dc adalah sebesar 2000 rpm, dengan demikian didapat persamaan :

$$1 \text{ volt (tachogenerator) } = \frac{2000}{8} \text{ rpm (tachometer) } = 250 \text{ rpm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, 1 volt keluaran *tachogenerator* sebanding dengan 250 rpm.

$$\% \text{ error} = \frac{|\text{keluaran tachogenerator} - \text{hasil perhitungan}|}{\text{hasil perhitungan}} \times 100\%$$

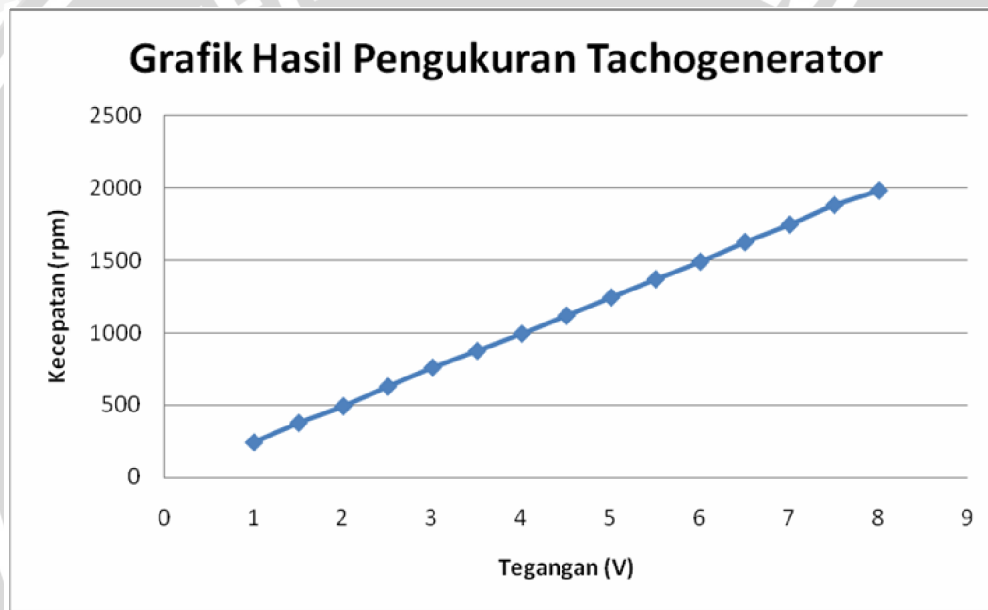
Table 5.1 Pengujian *tachogenerator*

Keluaran			Persentase
Tachogenerator	Tachometer	Hasil Perhitungan	kesalahan
(volt)	(rpm)	(rpm)	(%)
1	245	250	2
1.5	380	375	1.3333
2	495	500	1
2.5	630	625	0.8
3	760	750	1.3333
3.5	875	875	0
4	995	1000	0.5
4.5	1120	1125	0.4444
5	1245	1250	0.4
5.5	1370	1375	0.36364

6	1490	1500	0.6667
6.5	1625	1625	0
7	1745	1750	0.2857
7.5	1880	1875	0.2667
8	1980	2000	1

Sumber : Pengujian

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengukuran dalam Tabel 5.5, *error* rata-rata kurang dari 5%, jadi dapat disimpulkan bahwa *tachogenerator* telah bekerja sebagaimana mestinya.



Gambar 5.2. Grafik hasil pengukuran *tachogenerator*

Sumber : Pengujian

5.2 Sensor Potensiometer

a. Tujuan

Menguji sensor potensiometer untuk elevasi dan azimuth.

Peralatan yang digunakan :

- Voltmeter
- Catu daya
- Sensor Potensiometer

c. Langkah Pengujian :

Potesiometer sebelumnya telah diletakkan di sambungan lengan azimuth dan elevasi. Adapun langkah pengujian :

- Putar lengan mulai sudut 0° samapai 320° untuk sudut azimuth dan 0° sampai 180° untuk sudut elevasi.
- Ukur tegangan keluaran potensiometer.
- Ulangi pengujian lainnya dengan penambahan sudut 10° .

Hasil pengujian diperlihatkan pada table 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Sensor Azimuth (0° - 320°)

NO	Sudut	Hasil Pengukuran	Hasil Perhitungan	Kesalahan
1	0°	0 V	0 V	0%
2	10°	0.46V	0.3125V	42.7%
3	20°	0.701V	0.625V	12.15%
4	30°	0.89V	0.9375V	4.45%
5	40°	1.29V	1.25V	3.2%
6	50°	1.465V	1.5625V	6.24%
7	60°	1.987V	1.875V	5.9%
8	70	2.245V	2.1875V	2.6%
9	80	2.65V	2.5V	6%
10	90	2.985V	2.8125V	6.1%
11	100	3.25V	3.125V	4%
12	110	3.55V	3.4375V	3.2%
13	120	3.875V	3.75V	3.3%
14	130	4.12V	4.0625V	1.04%
15	140	4.45V	4.375V	1.7%
16	150	4.765V	4.6875V	1.6%
17	160	5.02V	5V	0.4%
18	170	5.4125V	5.3125V	1.8%
19	180	5.75V	5.625V	2.2%
20	190	6.01V	5.9375V	1.2%

21	200	6.3V	6.25V	0.8%
22	210	6.685V	6.5625V	1.8%
23	220	6.95V	6.875V	1.09%
24	230	7.0125V	7.1875V	2.4%
25	240	7.65V	7.5V	2%
26	250	7.975V	7.8125V	2.08%
27	260	8.225V	8.125V	1.2%
28	270	8.5V	8.4375V	0.7%
29	280	8.85	8.75V	1.1%
30	290	9.105V	9.0625V	0.4%
31	300	9.45V	9.375V	0.8%
32	310	9.85V	9.6875V	1.6%
33	320	10V	10V	0%

Sumber : Pengujian

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Sensor Elevasi (0°-180°)

NO	Sudut	Hasil Pengukuran	Hasil Perhitungan	Kesalahan
1	0	0 V	0V	0%
2	10	0.6V	0.56	7.1%
3	20	1.21V	1.1V	10%
4	30	1.875V	1.67V	12.2%
5	40	2.01V	2.2V	8.6%
6	50	2.678V	2.78V	3.6%
7	60	3.38V	3.3V	2.4%
8	70	3.94V	3.89V	1.2%
9	80	4.6V	4.4V	4.5%
10	90	5.09V	5V	1.8%
11	100	5.76V	5.6V	2.8%
12	110	6.2V	6.1V	1.6%
13	120	6.85V	6.7V	2.2%
14	130	7.3V	7.2V	1.3%

15	140	7.75V	7.8V	0.6%
16	150	8.39V	8.3V	1.08%
17	160	9V	8.9V	1.1%
18	170	9.55V	9.4V	1.5%
19	180	10.1V	10V	1%

Sumber : Pengujian

5.3 Respon Kontroller Posisi Azimuth dan Elevasi

a. Tujuan

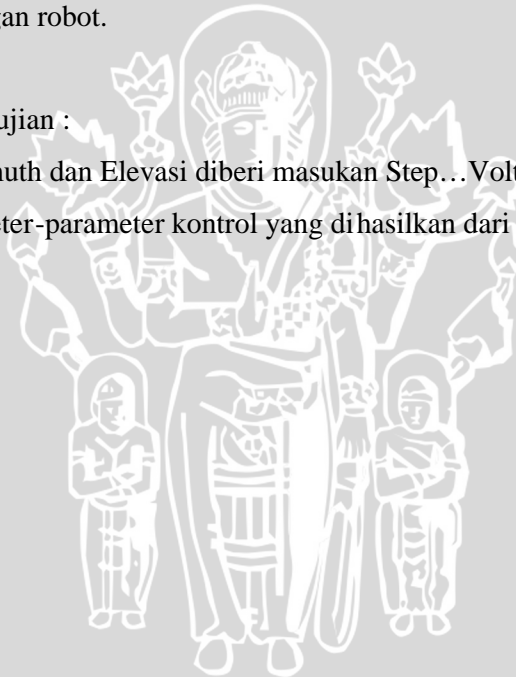
Menguji respon keluaran controller posisi Azimuth dan Elevasi.

b. Peralatan yang diperlukan :

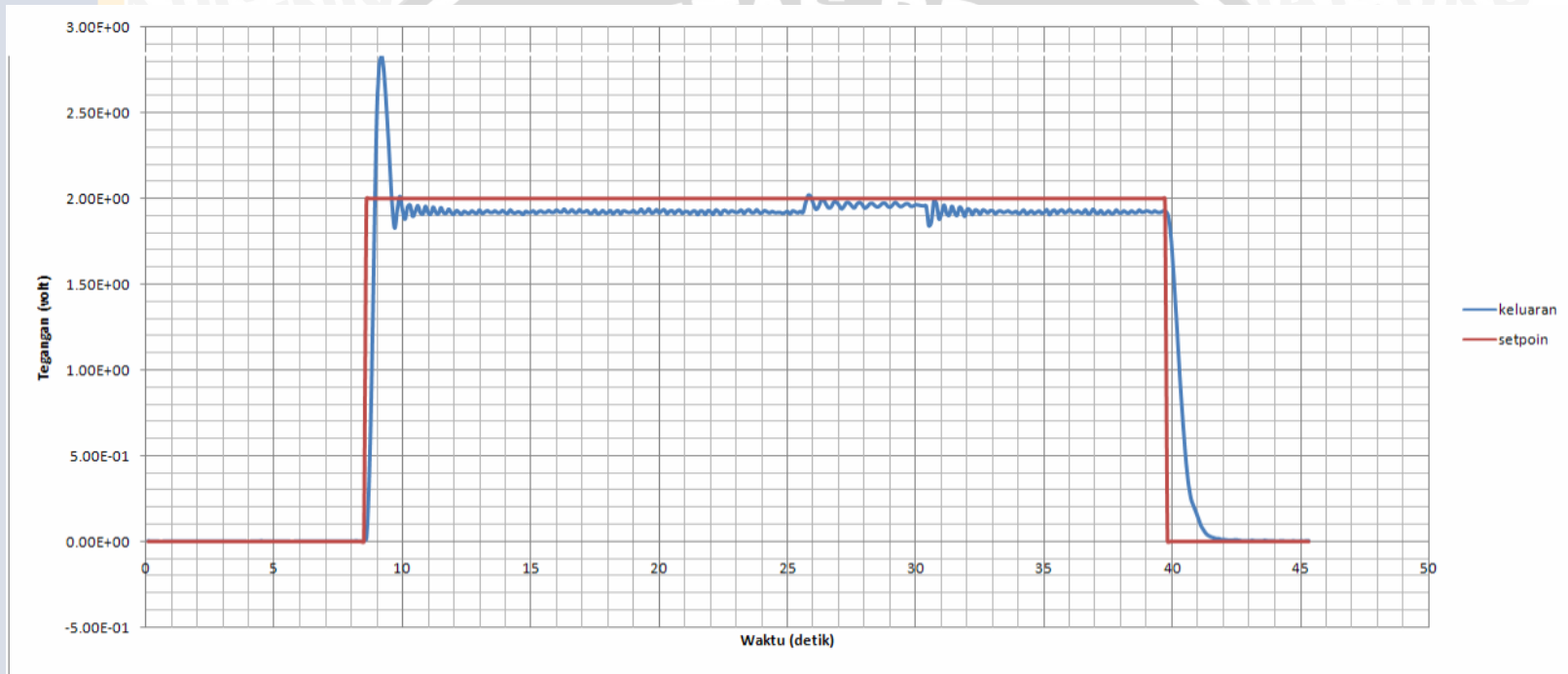
- Perangkat lengan robot.
- Komputer PC.

c. Langkah Pengujian :

- Set point Azimuth dan Elevasi diberi masukan Step... Volt.
- Hitung parameter-parameter kontrol yang dihasilkan dari pengujian.



Grafik respon keluaran controller posisi elevasi dengan setpoint fungsi step 2Volt menggunakan sudut elevasi 36°

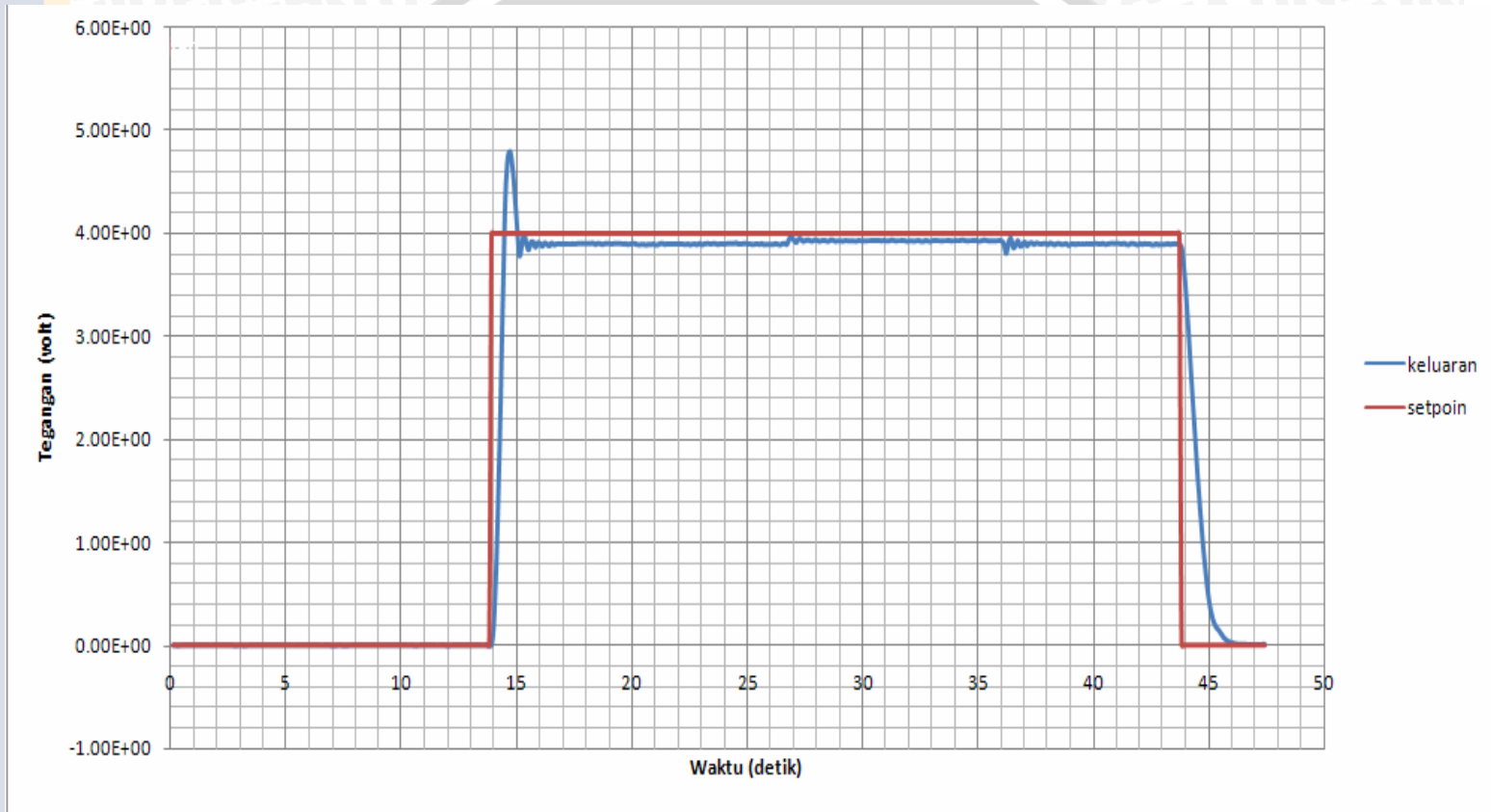


Gambar 5.3.1 Grafik respon keluaran controller posisi elevasi dengan set point fungsi step 2 V menggunakan sudut elevasi 36°

Sumber : Pengujian

Catatan : $2 / 10 \times 180 = 36^\circ$

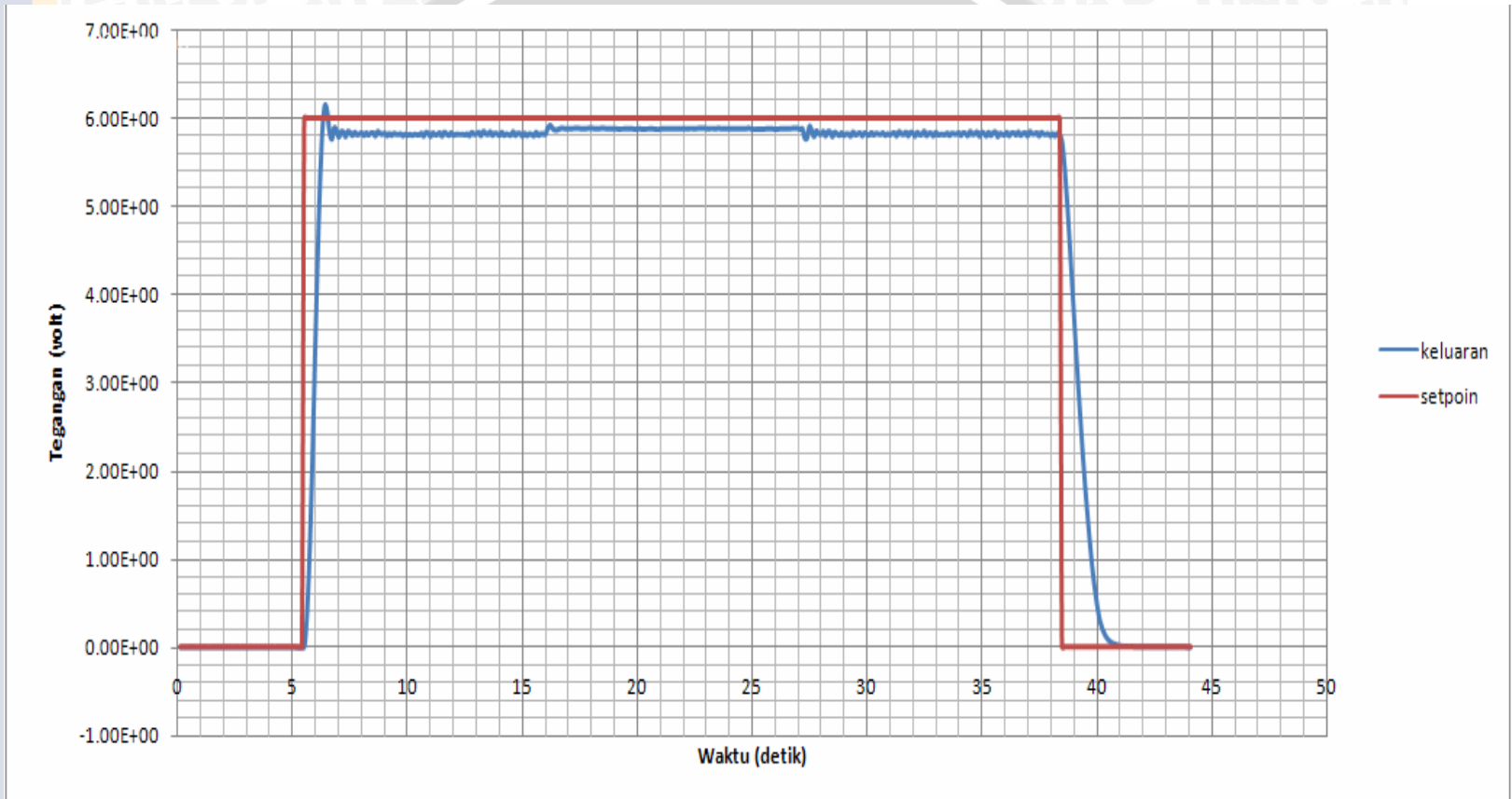
Grafik respon keluaran kontroller posisi elevasi dengan setpoint fungsi step 4Volt menggunakan sudut elevasi 72°



Gambar 5.3.2 Grafik respon keluaran kontroller posisi elevasi dengan set point fungsi step 4 V menggunakan sudut elevasi 72 °
 Sumber : Pengujian

Catatan : $4 / 10 \times 180 = 72^\circ$

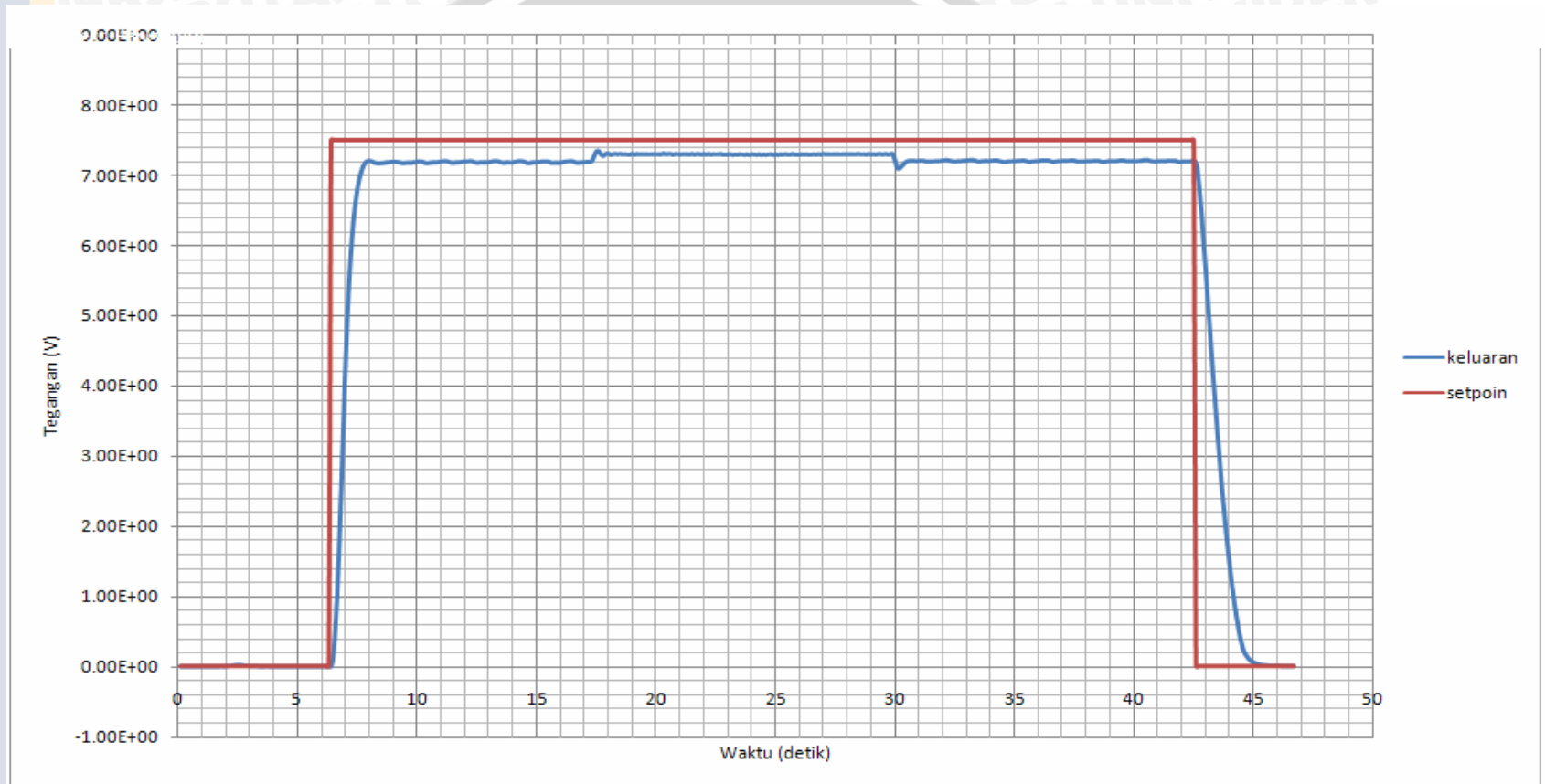
Grafik respon keluaran kontroller posisi azimuth dengan setpoint fungsi step 6 Volt menggunakan sudut azimuth 192°



Gambar 5.3.3 Grafik respon keluaran kontroller posisi azimuth dengan set point fungsi step 6 V menggunakan sudut azimuth 192 °
 Sumber : Pengujian

Catatan : $6 / 10 \times 320 = 192^\circ$

Grafik respon keluaran kontroller posisi azimuth dengan setpoint fungsi step 7,5 Volt menggunakan sudut azimuth 240°



Gambar 5.3.4 Grafik respon keluaran kontroller posisi azimuth dengan set point fungsi step 7,5 V menggunakan sudut azimuth 240°
Sumber : Pengujian

Catatan : $7,5 / 10 \times 320 = 240^\circ$

Table 5.4 Tanggapan transien sistem menggunakan sudut elevasi

Setpoint (V)	Td (s)	Tr (s)	Ts (s)	Tp (s)	Mp (%)	Ess (V)
2	0.2	0.4	3.5	0.7	44	0.12
4	0.2	0.4	2.4	0.7	22	0.15

Table 5.5 Tanggapan transien sistem menggunakan sudut azimuth

Setpoint (V)	Td (s)	T _r (s)	Ts (s)	Tp (s)	Mp (%)	Ess (V)
6	0.2	0.4	2.3	0.9	8	0.25
7,5	0.2	0.4	1.4	1	0	0.27



BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil setelah melakukan penelitian, perancangan, pembuatan alat dan pengujian alat adalah :

1. a) Terjadi *overshoot* sebesar 44% pada saat setpoint 2V (sudut 36°) dan 22% pada saat setpoint 4V (sudut 72°).
b) Terjadi *overshoot* sebesar 8% pada saat setpoint 6V (sudut 192°) dan tidak terjadi *overshoot* pada saat setpoint 7,5V (sudut 240°).
2. Dengan algoritma *fuzzy* , robot sudah bisa bergerak 180° sudut elevasi dan 320° sudut azimuth.

6.2 Saran

Dalam perancangan alat ini masih terdapat kekurangan,saran-saran untuk menyempurnaan kinerja alat dan pengembangan selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Robot Lengan ini untuk meningkat performa sistem, diperlukan penggunaan sensor incremental encoder yang memiliki tingkat ketelitian (presisi) yang tinggi sehingga performa sistem menjadi lebih baik.
2. Robot Lengan ini untuk lebih presisi bisa digunakan motor servo, Brushless DC motor.
3. Robot Lengan ini bisa digunakan untuk *tracking* benda langit
4. Robot lengan ini bisa dikembangkan sebagai pelacak pesawat dan peluru tembak.

DAFTAR PUSTAKA

dewey.petra.ac.id/jiunkpe_dg_7502.html (Tanggal akses : 11 April 2009)

elearning.gunadarma.ac.id (Tanggal akses : 12 April 2009)

elektro-terapan.blogspot.com/2008/07/motor-dc-servo.html (Tanggal akses : 16 April 2009)

fisikanet.lipi.go.id (Tanggal akses : 19 April 2009)

id.wikipedia.org/wiki/Potensiometer (Tanggal akses : 19 April 2009)

id.wikipedia.org/wiki/Teleskop (Tanggal akses : 21 April 2009)

Kurnianto, Didik, 1999, "Penerapan Logika Fuzzy Pada Pengaturan Posisi Motor Servo DC", Universitas Brawijaya, Malang

Ross, T. 1997 **Fuzzy Logic With Engineering Application**. University of New Mexico

Soemarwanto, Ir. , 1997, Dasar Konversi Energi elektrik jilid I,II. Malang.

Yan, J. Ryan, M., dan Power, J. 1993 **Using Fuzzy Logic**. Prentice-Hall, New York London





SISTEM KONTROL - TEKNIK ELEKTRO UNIV. BRAWIJAYA
Oleh: Ihda Wardati
januari 2010
#####

MBF error
#FUZZY_SET more_negative error LINEAR_SATURATED_LEFT -0.6 -0.2
FUZZY_SET more_negative error HEAVISIDE_LEFT -0.2
FUZZY_SET negative error TRIANGULAR -0.3 +0.3
FUZZY_SET zero error TRIANGULAR +0 +0.1
FUZZY_SET positive error TRIANGULAR +0.3 +0.3
FUZZY_SET more_positive error LINEAR_SATURATED_RIGHT +0.2 +0.6

MBF error_dot
FUZZY_SET more_negative error_dot LINEAR_SATURATED_LEFT -6 -2
FUZZY_SET negative error_dot TRIANGULAR -3 +3
FUZZY_SET zero error_dot TRIANGULAR +0 +1
FUZZY_SET positive error_dot TRIANGULAR +3 +3
FUZZY_SET more_positive error_dot LINEAR_SATURATED_RIGHT +2 +6

#Output
FUZZY_SET zero_power power TRIANGULAR 0 2.5
FUZZY_SET low_power power TRIANGULAR 2.5 2.5
FUZZY_SET more_power power TRIANGULAR 5 2.5
FUZZY_SET high_power power TRIANGULAR 7.5 2.5
FUZZY_SET full_power power TRIANGULAR 10 2.5

IF error IS more_negative AND error_dot IS more_negative THEN power IS full_power
IF error IS more_negative AND error_dot IS negative THEN power IS full_power
IF error IS more_negative AND error_dot IS zero THEN power IS full_power
IF error IS more_negative AND error_dot IS positive THEN power IS high_power
IF error IS more_negative AND error_dot IS more_positive THEN power IS more_power

IF error IS negative AND error_dot IS more_negative THEN power IS full_power
IF error IS negative AND error_dot IS negative THEN power IS full_power
IF error IS negative AND error_dot IS zero THEN power IS high_power
IF error IS negative AND error_dot IS positive THEN power IS more_power
IF error IS negative AND error_dot IS more_positive THEN power IS low_power

IF error IS zero AND error_dot IS more_negative THEN power IS full_power
IF error IS zero AND error_dot IS negative THEN power IS high_power
IF error IS zero AND error_dot IS zero THEN power IS zero_power
IF error IS zero AND error_dot IS positive THEN power IS zero_power
IF error IS zero AND error_dot IS more_positive THEN power IS zero_power

IF error IS positive AND error_dot IS more_negative THEN power IS zero_power
IF error IS positive AND error_dot IS negative THEN power IS zero_power
IF error IS positive AND error_dot IS zero THEN power IS zero_power
IF error IS positive AND error_dot IS positive THEN power IS low_power
IF error IS positive AND error_dot IS more_positive THEN power IS low_power

IF error IS more_positive AND error_dot IS more_negative THEN power IS zero_power
IF error IS more_positive AND error_dot IS negative THEN power IS zero_power
IF error IS more_positive AND error_dot IS zero THEN power IS zero_power
IF error IS more_positive AND error_dot IS positive THEN power IS zero_power
IF error IS more_positive AND error_dot IS more_positive THEN power IS low_power

/*****

