

15.940/H/02



TESIS

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PENGATURAN POSISI PENEMPATAN BARANG PADA CRANE LENGAN FLEKSIBEL DENGAN KNOWLEDGE BASE

Oleh :

SURADI

NRP. 2200 202 042

RT
621.398 14
Sur
p-1
2002



BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SISTEM PENGATURAN
(TEKNIK KONTROL MESIN LISTRIK)
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2002

PERPUSTAKAAN	
Tgl. Terima	19-4-2002
Terima Dari	H
No. Agenda Prp	215402

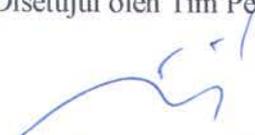
**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PENGATURAN POSISI
PENEMPATAN BARANG PADA CRANE LENGAN
FLEKSIBEL DENGAN KNOWLEDGE BASE**

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :
SURADI
NRP: 2200 202 0042

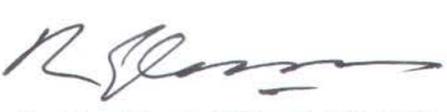
Disetujui oleh Tim Penguji Tesis

Tanggal Ujian : 5 Maret 2002
Periode Wisuda: September 2002

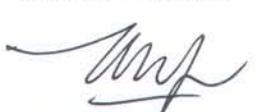

1. DR. Ir. Achmad Jazidie, M. Eng.
NIP. 131 647 788

Dosen Pembimbing

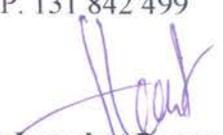

2. DR. Ir. Mochammad Rameli
NIP. 130 938 507


Ir. Rusdhianto Effendi AK, MT.
NIP. 131 453 676


3. DR. Ir. Ari Santoso, DEA.
NIP. 131 933 290


4. Ir. Ali Fathoni, MT.
NIP. 131 842 499

Direktur Program Pasca Sarjana


5. Ir. Josaphat Pramudijanto, M. Eng.
NIP. 131 918 366




DR. Ir. Sekartedjo, M.Sc.
NIP. 130 701 281

BISMILAAHIRAHMAANNIRAHIM

"Dengan Nama Allah yang Maha Pengasih
Lagi Maha Penyayang"

ABSTRAK

Di pelabuhan atau gudang biasanya menggunakan *crane* untuk memindahkan barang maupun peti kemas dari satu tempat ke tempat yang dikehendaki. Dalam memindahkan barang atau peti kemas dilakukan oleh operator. Hanya operator yang berpengalaman yang dapat memindahkan barang dengan tepat, atau dalam kondisi tidak ditemukan kesalahan pada sioperator (*human-error*). Dalam kenyataannya kemungkinan posisi barang tidak tepat dan berayun. Posisi *crane* sesuai target, jumlah ayunan dan waktu tempuh minimum sebagai kriteria dalam merancang pengaturan posisi *crane* ini.

Untuk mereduksi ayunan *crane*, sehingga diperoleh pengaturan seperti perilaku operator, dengan melakukan pengereman pada motor *crane*.

Dengan menggunakan pendekatan fungsi koridor dan analisis regresi polinomial diperoleh suatu fungsi pengereman sebagai basis pengetahuan . Dari fungsi tersebut diperoleh variabel sinyal kontrol (u_k), posisi target (θ_T), posisi rem (θ_p), dan *alpha* (α). Dengan melakukan eksperimen diperoleh nilai *alpha*(α) yang sesuai posisi target, ayunan dan waktu tempuh minimum .

Kata kunci : *knowledge base, crane, fungsi koridor dan regresi polinomial.*

ABSTRACT

In warehouses or loading docks, *cranes* are usually used for lifting and moving containers or goods. These activities need excellent operators to do all properly and safely, or to minimize the human errors. Actually the position of the lifted containers might be unstable, the number of swings and the elapsed time to reach the right *crane* position are the criteria for designing *crane* position control.

To reduce the *crane* swing that meet the requirement as well as operator action, is by applying brake on *crane* motor.

By using the *corridor function* and *polynomial regression* analysis, the braking function can be obtained as the *knowledge base*. The function is used to obtain control signal variable (U_k), target position (Q_T), brake position (Q_p), and alpha (α). The results of experiment are value of alpha (α) that shows target position, number of swings, and the minimum of elapsed time.

Keywords: *Knowledge base, crane, corridor function, and polynomial regression*

KATA PENGANTAR

Bismilahirrahmanhirahim, Assalammualaikum WW.

Tiada daya dan upaya selain memohon kepada Allah SWT, sehingga penulis diberikan kekuatan, kemudahan dalam menyelesaikan tesis ini.

Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan pendidikan untuk memperoleh gelar Magister Teknik bidang keahlian Teknik Sistem Pengaturan Program Studi Teknik Elektro Program Pascasarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tesis ini berjudul :

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PENGATURAN POSISI PENEMPATAN BARANG PADA *CRANE* LENGAN FLEKSIBEL DENGAN *KNOWLEDGE BASE*

Penulis mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada :

1. Bapak **Ir. Rusdhianto Effendi AK. MT.**, Sebagai dosen pembimbing yang dengan sangat sabar membimbing penulis, memberikan pengarahan dan bersedia meluangkan waktunya baik itu pagi, siang terkadang malam untuk berdiskusi yang berkaitan dengan penulis hadapi. Tidak berlebihan penulis sampaikan bahwa **"bapak adalah gurunya guru"**
2. Bapak **Dr. Ir. Achmad Jazidie**, M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
3. Bapak **DR. Ir. Mochammad Rameli** selaku Koordinator Bidang Keahlian Teknik Sistem Pengaturan yang selalu memberikan yang terbaik bagi mahasiswanya.

4. Bapak **Dr. Ir. Ari Santosa, DEA**, selaku Kepala Laboratorium Sistem Pengaturan dan Pengukuran, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang telah memberikan fasilitas untuk menyelesaikan tesis ini.
5. Bapak **Ir. Josaphat Pramudijanto, M. Eng**, yang sangat membantu penulis dalam merevisi tata tulis tesis ini.
6. Bapak-bapak dosen bidang keahlian Teknik Sistem Pengaturan, atas bantuannya memberikan pengertian dan pemahaman yang secara langsung berhubungan dengan penyelesaian tesis ini.
7. Para karyawan jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri ITS yang secara langsung maupun tidak langsung telah banyak membantu kelancaran studi penulis.
8. **Mas Wawan, Mas Selamat, Pak Santri** dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu kelancaran penyusunan tesis ini.

Kritik dan saran untuk perbaikan dan penyempurnaan tesis ini penulis terima dengan segala senang hati.

Akhirnya penulis berharap tesis ini bisa bermanfaat bagi para pembaca dan dapat menambah pengetahuan kita dalam bidang ilmu kontrol.

Wassalammualaikum WW.

Surabaya, Maret 2002

Karya ini ku persembahkan kepada;

orang-orang tercinta, kedua orang tuaku, ibunda Kasinah, Ayahnda (Alm) Madi, Istrinda Yeni liza yang dengan sangat sabar menunggu dan menunggu serta diiringi dengan berdo'a yang tiada henti-hentinya dan, anak-anaknda Inten, Indri dan Laras, Opa-Oma, mas Bejo sekeluarga, mas Agus sekeluarga, om Nano sekeluarga, Om Geng, OmUcuk. Semoga kita semua selalu dalam lindungan Allah SWT.

DAFTAR ISI

	Halaman
Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstrac</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xii
Bab I Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Permasalahan	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Metode Penelitian	3
1.6. Metode Penulisan	4
Bab II Dasar Teori	5
2.1. Pendahuluan	5
2.2. <i>Analog to Digital Converter (ADC)</i>	5
2.3. <i>Digital to Analog Converter (DAC)</i>	8
2.4. <i>Driver</i> Motor DC	10
2.5. Motor Searah	12
2.5.1. Prinsip Kerja Motor DC	12
2.5.2. Torsi	14
2.5.3. Gaya Gerak Listrik Lawan	15
2.5.4. Jenis-jenis Motor DC	17
2.5.4.1. Motor <i>shunt</i>	18
2.5.4.2. Motor seri	18
2.5.4.3. Motor kompon	19

2.6. Potensiometer Sebagai Transduser	19
2.7. <i>Transfer Function</i>	22
2.7.1. Rangkaian Jangkar	22
2.7.2. Rangkaian Jangkar dan Lengan	23
2.7.3. Torsi Motor	25
2.7.4. Rangkaian Beban	26
2.8. Karakteristik Respon	28
2.8.1. <i>Impuls</i> Respon Sistem orde I	28
2.8.2. Step Respon untuk Sistem Orde I	29
2.8.3. Spesifikasi Teknis	31
2.8.4. Spesifikasi Praktis	31
2.8.5. Spesifikasi Respon <i>steady state</i>	32
2.9. Teori Basis pengetahuan	33
2.9.1. Representasi pengetahuan	33
2.9.2. Mekanisme Inferensi	33
2.10. Pengertian Fungsi Koridor	35
2.12. Metode Regresi	35
Bab III Perencanaan dan Pembuatan Sistem Pengaturan posisi <i>crane</i> lengan Fleksibel	37
3.1. Perencanaan Perangkat Keras	37
3.1.1. Perencanaan Mekanis	37
3.1.2. Perencanaan Sistem Elektrik	39
3.1.2.1. <i>Analog to Digital Converter</i> (0804)	39
3.1.2.2. <i>Digital to Analog Converter</i> (0808)	41
3.1.2.3. Rangkaian <i>Driver</i> Motor	42
4.1.2.4. Potensiometer	43
3.2. Perencanaan Perangkat Lunak	44
3.2.1. Perencanaan Perangkat Lunak Tahap I	45
3.2.2. Perencanaan Perangkat Lunak Tahap II	48
3.3. Kriteria Perancangan Kontroler	52

Bab IV Pengujian, Pengukuran dan Analisa	53
4.1. Pengujian Perangkat Keras	53
4.1.1. Pengukuran ADC dan DAC	53
4.1.2. Pengukuran Potensiometer	56
4.2. Pengujian Sistem	57
4.2.1. Pengujian Tahap I	58
4.2.1.1. Pengujian posisi target 180°	58
4.2.1.2. Pengujian posisi target 230°	62
4.2.2. Pengujian Tahap II	66
4.2.3. Pengujian Tahap III	67
4.3. Analisa	68
Bab V Kesimpulan dan Saran	70
Daftar Pustaka	72

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Diagram blok DAC	8
Gambar 2.2. Bentuk gelombang DAC	9
Gambar 2.3. <i>Driver</i> satu arah	11
Gambar 2.4. <i>Driver</i> dua arah	11
Gambar 2.5. Kaidah tangan kiri	13
Gambar 2.6. Torsi Motor DC	14
Gambar 2.7. Proses terbangkitnya GGL	16
Gambar 2.8. Potensiometer	19
Gambar 2.9. Dua potensiometer fleksibel	20
Gambar 2.10. Potensiometer sebagai <i>feedback</i> posisi	21
Gambar 2.11. Rangkaian Motor DC Berbeban	22
Gambar 2.12. Rangkaian Jangkar	22
Gambar 2.13. Diagram blok rangkaian jangkar	23
Gambar 2.14. Motor DC dan Lengan	23
Gambar 2.15. Diagram blok motor DC dan lengan	24
Gambar 2.16. Gaya yang bekerja pada sumbu y dan x	24
Gambar 2.17. Diagram blok motor DC dan gaya pada bandul	25
Gambar 2.18. Proses terbangkitnya torsi pada motor	25
Gambar 2.19. Diagram blok torsi motor	26
Gambar 2.20. Rangkaian beban	26
Gambar 2.21. Diagram blok pengaturan posisi motor DC	27
Gambar 2.22. Diagram blok sistem orde satu	28
Gambar 2.23. <i>Impuls</i> respon untuk sistem orde I	29
Gambar 2.24. Respon <i>steady state</i>	29
Gambar 2.25. Spesifikasi respon transien sistem orde satu	30
Gambar 2.26. Spesifikasi respon <i>steady state</i>	32
Gambar 3.1. Kontruksi <i>Crane</i>	38
Gambar 3.2. Diagram blok rangkaian kontrol	39
Gambar 3.3. Rangkaian <i>Analog to Digital Converter</i> 0804	40

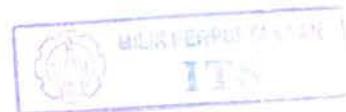
Gambar 3.4.	Rangkaian dasar DAC 0808 dengan pengaturan tegangan referensi	42
Gambar 3.5.	Rangkain <i>driver</i> motor DC dua arah putaran	43
Gambar 3.6.	Potensiometer sebagai sensor posisi <i>crane</i> lengan fleksibel	44
Gambar 3.7.	Metode pengereman	45
Gambar 3.8.	<i>Flowchart</i> pengambilan data	46
Gambar 3.9.	Hubungan fungsional <i>alpha</i> dengan posisi target	47
Gambar 3.10.	Hubungan fungsional <i>alpha</i> dengan posisi target setelah regresi	48
Gambar 3.11.	Hubungan fungsional posisi pengereman dengan posisi target	49
Gambar 3.12.	Hubungan fungsional posisi pengereman dengan posisi target setelah regresi	49
Gambar 3.13.	<i>Flowchart</i> pengaturan posisi <i>crane</i>	51
Gambar 4.1.	Karakteristik ADC	54
Gambar 4.2.	Karakteristik DAC	54
Gambar 4.3.	Hubungan posisi <i>crane</i> dengan tegangan output sensor	57
Gambar 4.4.	Hubungan fungsional sinyal kontrol dengan posisi target $\alpha = 0$	58
Gambar 4.5.	Respon <i>plant</i> untuk $\alpha = 0$	58
Gambar 4.6.	Hubungan fungsional sinyal kontrol dengan posisi target $\alpha = 0.7$	59
Gambar 4.7.	Respon <i>plant</i> untuk $\alpha = 0.7$	59
Gambar 4.8.	Hubungan fungsional sinyal kontrol dengan posisi target $\alpha = 1$	60
Gambar 4.9.	Respon <i>plant</i> untuk $\alpha = 1$	60
Gambar 4.10.	Hubungan fungsional sinyal kontrol dengan posisi target $\alpha = 2$	61
Gambar 4.11.	Respon <i>plant</i> untuk $\alpha = 2$	61
Gambar 4.12.	Hubungan fungsional sinyal kontrol dengan posisi target $\alpha = 0$	62
Gambar 4.13.	Respon <i>plant</i> untuk $\alpha = 0$	62
Gambar 4.14.	Hubungan fungsional sinyal kontrol dengan posisi target $\alpha = 0.45$	63
Gambar 4.15.	Respon <i>plant</i> untuk $\alpha = 0.45$	63
Gambar 4.16.	Hubungan fungsional sinyal kontrol dengan posisi target $\alpha = 1$	64
Gambar 4.17.	Respon <i>plant</i> untuk $\alpha = 1$	64
Gambar 4.18.	Hubungan fungsional sinyal kontrol dengan posisi target $\alpha = 1.1$	65
Gambar 4.19.	Respon <i>plant</i> untuk $\alpha = 1.1$	65

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Regresi dengan transformasi variabel	36
Tabel 3.1. Hasil percobaan α , θ_T , dan θ_P	47
Tabel 4.1. Pengujian ADC dan DAC	55
Tabel 4.2. Pengukuran tegangan output dengan posisi	56
Tabel 4.3. Nilai <i>alpha</i> , posisi target, posisi pengereman, ayunan dan waktu	66
Tabel 4.4. Keadaan transien dan <i>steady state</i> sebelum regresi	66
Tabel 4.5. Hasil pengujian setelah regresi	67
Tabel 4.6. Keadaan transien dan <i>steady state</i>	69

”Demi masa sesungguhnya manusia dalam keadaan merugi
kecuali orang-orang yang beriman dan beramal shaleh dan saling
nasehat menasehati dalam kesabaran”

(Al-Qur'an Surat Al'Ashr)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada pelabuhan atau gudang biasanya menggunakan *crane* untuk memindahkan barang maupun peti kemas dari satu tempat ke tempat yang dikehendaki. Dalam memindahkan barang yang dilakukan oleh operator, hanya operator yang berpengalaman yang dapat memindahkan barang dengan tepat, atau dalam kondisi tidak ditemukan kesalahan pada sioperator (*human-error*). Dalam kenyataannya kemungkinan ditemukan posisi barang tidak tepat dan berayun. Posisi *crane* sesuai target, ayunan dan waktu tempuh minimum sebagai kriteria dalam merancang kontroler *crane* ini. Untuk mereduksi ayunan *crane* supaya memperoleh pengaturan seperti perilaku operator, dengan melakukan pengereman pada motor *crane*.

Dengan menggunakan pendekatan fungsi koridor, pengereman dapat diturunkan menjadi suatu fungsi. Dari fungsi ini diperoleh beberapa variabel, posisi target (θ_T), posisi pengereman (θ_p), sinyal kontrol (u_k) dan *alpha* (α). Variabel-variabel tersebut sebagai basis pengetahuan, antara pengereman (θ_p) fungsi posisi target (θ_T) dan *alpha* (α) fungsi posisi target (θ_T). Dari fungsi pengereman (θ_p) fungsi posisi target (θ_T) dan *alpha* (α) fungsi posisi target (θ_T) diregresikan untuk mendapatkan persamaan baru sebagai basis data. Setelah melakukan beberapa kali percobaan diperoleh nilai *alpha* untuk sudut target, sudut rem, dan sinyal kontrol yang sesuai dengan kriteria di atas.

Dengan mentransformasikan bentuk data base dari kontroler *Knowledge Base* (basis pengetahuan) ke dalam bentuk fungsional hubungan input/output kontroler, kontroler ini dapat dibentuk dalam sebuah persamaan *input* dan *output* yang selanjutnya diimplementasikan ke dalam rangkaian PROM (*Programmable Read Only Memory*) dengan variabel input pada *pin address* dan variabel *output* pada *pin data* sehingga dapat dibuat sebuah kontroler *Knowledge Base*.

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah memperoleh kontroler yang dapat mengendalikan pemindahan barang dengan kriteria posisi *crane* tepat (posisi target), ayunan dan waktu tempuh minimum.

1.2. Perumusan masalah

Pada latar belakang diatas jelas bahwa pemindahan barang oleh *crane* kemungkinan, posisi barang tidak tepat dan berayun.. Permasalahannya adalah :

- Bagaimana mencari fungsi pengereman dan dijabarkan kedalam parameter.
- Bagaimana mengerem dan merumuskan kedalam suatu fungsi pengereman.
- Berapakah nilai *alpha* (α) yang sesuai untuk mengatur posisi *crane* dengan kriteria ayunan dan waktu tempuh minimum untuk setiap perubahan posisi *crane*.

1.3. Batasan Permasalahan

Batasan dalam thesis ini adalah

- Mencari fungsi pengereman sebagai basis pengetahuan dengan melakukan percobaan untuk posisi crane (sudut target) : 90° , 110° , 120° , 130° , 140° , 150° , 160° , 170° , 180° , 190° , 200° , 210° , 220° , 230° .
- Untuk beban konstan.
- Ayunan hanya pada arah tangensial yang diminimumkan, karena konstruksi *plant* yang tidak memungkinkan untuk mengeliminasi arah radial.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah, :

- Fungsi pengereman didefinisikan sebagai fungsi koridor dijabarkan kedalam parameter.
- Metode pengereman dan merumuskan kedalam suatu fungsi pengereman.
- Mencari parameter *alpha* (α) yang sesuai untuk mengatur posisi *crane* dengan kriteria ayunan dan waktu tempuh minimum untuk setiap perubahan posisi *crane*.

1.5. Metode Penelitian

Dalam penulisan tesis ini digunakan metode sebagai berikut :

- Studi literatur.
- Metode fungsi koridor
- Metode regresi polinomial
- Metode eksperimen (coba-coba)

1.6. Metode Penulisan

Penulisan tesis meliputi sistematika sebagai berikut :

- Bab I Pendahuluan, berisi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian dan metode pelisan.
- Bab II Dasar teori berisi teori dasar sistem pengaturan.
- Bab III Perencanaan dan pembuatan pengaturan posisi *crane* lengan fleksibel dengan *knowledge base*.
- Bab IV Pengujian, Pengukuran dan analisa
- Bab V Kesimpulan dan Saran

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Pendahuluan

Beberapa pengetahuan dasar prinsip kerja, karakteristik dan spesifikasi dari beberapa komponen yang akan digunakan dalam suatu *Plant* akan sangat membantu dalam membuat kontroler sesuai dengan yang diharapkan. Pada perencanaan sistem pengaturan posisi *crane* lengan fleksibel dengan menggunakan kontroler *Knowledge Base* yang selanjutnya diimplementasikan dalam rangkaian PROM ini terbagi menjadi dua bagian besar yaitu perencanaan alat dan perencanaan kontroler *Knowledge Base* (basis pengetahuan).

2.2. *Analog to Digital Converter* (ADC)

Analog to Digital Converter (ADC) adalah suatu rangkaian pengubah informasi dari tegangan analog ke tegangan digital. Teknologi ADC ini telah banyak mengubah teknik-teknik konvensional analog dalam sistem-sistem kontrol, teknologi perekaman dan pembangkitan kembali sinyal-sinyal audio/video (*recording and playing*) dan berbagai aplikasi dalam instrumentasi lainnya. Permasalahan *noise* dalam sinyal, yang sebelumnya sulit dihilangkan kalau hanya mengandalkan filter analog, dengan filter digital berbasis ADC dapat diatasi dengan sangat baik. Apalagi faktor penentu keandalan filter digital ini adalah kehandalan program kemudinya. Makin handal programnya, makin handal pula kerja filter tersebut.

Sebuah konverter ADC umumnya memerlukan konverter DAC, spesifikasi untuk ADC dan DAC praktis sama. Spesifikasi dan ketelitian (akurasi) linearitas mempunyai arti sama untuk ADC maupun DAC. Spesifikasi penting untuk ADC adalah waktu konversi, yaitu waktu yang diperlukan ADC menghasilkan kode biner. Sebuah konverter disebut berkecepatan tinggi lebih mempunyai konversi yang pendek. Ada berbagai cara yang dapat digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi digital dengan nilai proporsional. ADC yang banyak digunakan adalah counter tipe ADC, *Successive Approximation* ADC (SAC), paralel komparator atau *flash* ADC dan *dual slope* atau *ratiometric* ADC.

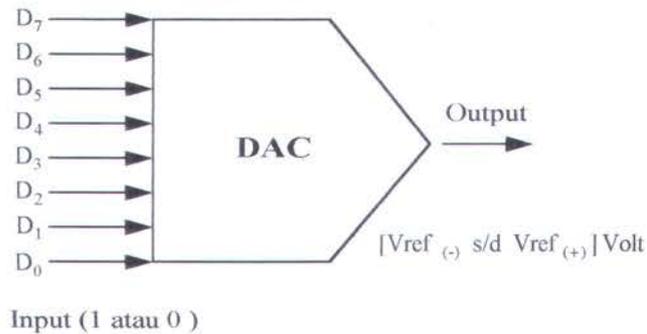
Komponen ADC yang banyak digunakan adalah IC ADC 0808 dan ADC 0804. IC ini memiliki 8 masukan Analog dari *In0* sampai dengan *In7*, sehingga dapat menerima masukan differensial dengan ketelitian yang cukup tinggi dengan 8 bit masukan. Dari 8 bit masukan dapat dipilih bit berapa yang akan dijadikan sebagai *input* analog dengan mengatur konfigurasi dari *address A (ADD A)*, *Address B (ADD B)*, *Address C (ADD C)*. Masukan analog sesungguhnya adalah selisih tegangan yang dimasukkan pada kedua pena masukan. Bila masukan sinyal analog berupa tegangan tunggal maka jika yang digunakan adalah pena *In0* maka konfigurasi dari ketiga address tersebut adalah pada kondisi *low* ($ADD A-ADD C = '0'$) sedangkan $V_{in(-)}$ harus dihubungkan ke *ground*. Pada umumnya ADC 0804 menggunakan tegangan referensi +5 Volt (jangkauan *analog* dinilai dari 0-5 Volt skala penuh). Karena IC ini adalah 8 bit dan resolusinya akan sama dengan $5 \text{ Volt}/255 = 19,6 \text{ mV}$.

Generator clock external ADC 0808 maupun 0800 dapat diaktifkan dengan sebuah rangkaian clock sederhana dari *Schmitt Trigger* yang nantinya diharapkan akan menghasilkan pulsa clock dengan frekuensi 500 Hz yang akan diberikan pada pin 10 yaitu pin CLK.

Ground pada ADC ini dibedakan atas *ground* analog dan *ground* digital. *Ground* digital memiliki banyak derau yang diakibatkan perubahan arus yang cepat dalam rangkaian yang menyebabkan komparator analog dalam ADC berubah keadaan sebelum waktunya karena itu diperlukan hubungan *ground* terpisah. Keluaran ADC 0804 dapat langsung disambungkan dengan saluran data mikrokomputer, karena ADC ini memiliki keluaran digital *three state*. Untuk mengaktifkan ADC ini digunakan masukan start, jika start berlogika '1' maka ADC dalam keadaan *disable*. Semua keluaran digital akan berada pada kondisi *low impedance*. Untuk mengaktifkan keluaran digital ADC 0808 digunakan masukan OE (*Output Enable*), jika OE berlogika '0' maka logika di pin MSB 2^7 – LSB 2^0 akan mengalami *tri state condition* (mengembang), dan jika OE berlogika '1' maka logika *output* dapat dipergunakan dengan data *input* yang diberikan. Hasil akhir konversi ADC yang dapat dibaca oleh komputer akan mengaktifkan pin EOC (*End of Condition*) sedangkan untuk proses konversi digunakan masukan start yang harus berlogika '1'. Masukan $V_{ref}/2$ digunakan untuk mengurangi tegangan referensi internal yang berarti mengubah jangkauan masukan analog. Apabila masukan $V_{ref}/2$ dihubungkan pada suatu tegangan eksternal maka tegangan eksternal untuk ADC 0808 maupun 0800 berubah menjadi 2 kali masukan tegangan eksternal dan jangkauan masukan tegangan analog sama dengan referensi eksternal.

2.3. Digital to Analog Converter (DAC)

DAC adalah suatu rangkaian pengubah informasi dari sinyal digital menjadi sinyal analog. Rangkaian ini diperlihatkan pada saat suatu rangkaian digital digunakan sebagai alat kontrol pada suatu sistem rangkaian yang mengoperasikan parameter tegangan/arusnya dalam analog. Misalnya peralatan pemanas (*heater*), *Speech Synthesizer*, sistem rekaman digital dan pengaturan posisi motor. DAC akan mengubah setiap konfigurasi logika pada *input-inputnya* ke dalam tegangan analog pada *outputnya* dengan perbandingan tertentu.



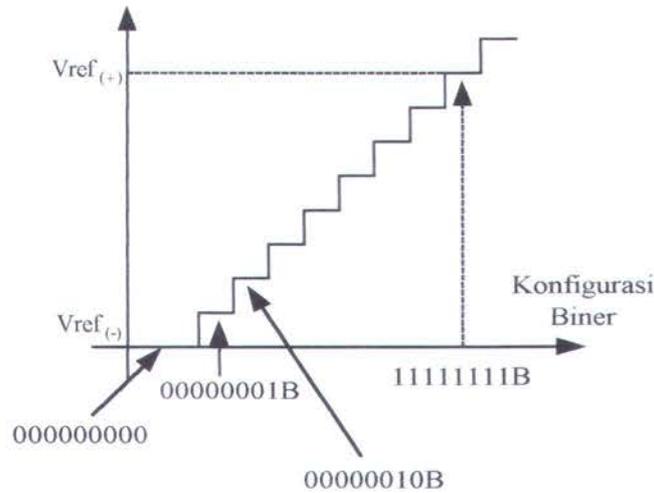
Gambar 2.1 Diagram blok DAC

Konfigurasi *input* bergerak dari nilai 00000000B ke 11111111B dengan kenaikan masing-masing 1 dalam biner (desimal : 0,1,2,3,4 ... 255), maka bentuk gelombang *output* dapat dinyatakan pada Gambar 2.2.

Pada Gambar 2.2 di bawah, DAC memiliki 8 bit *input*. Maka ketelitian tangga (*stair case*) pada *output* adalah 1/256 dari tegangan *output* maksimum bila tegangan *output* minimum diset pada 0 Volt.

Di mana persamaan V_{out} -nya dinyatakan dalam bentuk rumus dibawah ini :

$$V_{out} = (V_{ref(+)} - V_{ref(-)}) \times \left[\frac{D_0}{2} + \frac{D_1}{4} + \frac{D_2}{8} + \frac{D_3}{16} + \frac{D_4}{32} + \frac{D_5}{64} + \frac{D_6}{128} + \frac{D_7}{256} \right] \quad (2.1)$$



Gambar 2.2 Bentuk gelombang DAC

Pada persamaan tersedia berbagai tipe keluarga IC DAC, antara lain keluarga IC 71xx, keluarga DAC-08xx, keluaran *Analog-Device* (ADxxx) dan lain-lain. Dalam pembahasan ini akan diambil contoh DAC 0808 dan 0804.

DAC 0808 maupun ADC 0804 adalah *Digital to Analog Converter* yang memiliki 8 bit *input*, dibangun dengan metode konversi rangkaian *R-2R ladder*. *Input* data biner IC ini kompatibel dengan *gate* TTL (*Transistor-transistor Logic*), sehingga *output port* standar PIO, misalnya PPI 8255 atau Z80PIO, dapat dihubungkan secara langsung.

DAC ini disuplai pada V_{cc} dengan tegangan +5Volt untuk memberikan respon pada tegangan *output/level* TTL. Sedangkan jangkauan tegangan *output* ditentukan $V_{ref(+)}$ dan $V_{ref(-)}$. Pada dasarnya hubungan DAC ke sistem minimum adalah sederhana,

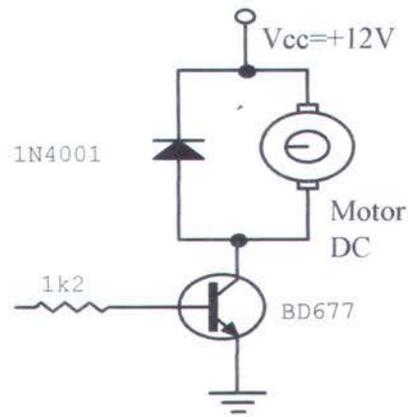
karena DAC adalah peralatan *output* yang penulisan datanya tidak memerlukan kontrol khusus (tidak perlu "*handshaking*").

Range tegangan *output* DAC dapat diatur sesuai dengan catu daya tegangan referensi yang diberikan. Pedoman tegangan *output* minimum juga dapat diset dengan mengeset perbandingan tegangan pada referensi-referensinya. Pada contoh di atas, tegangan referensi yang diberikan sebesar 10V. *Output* dikuatkan oleh sebuah rangkaian Op-Amp741 yang dikerjakan pada model *inverting*. Ditinjau dari fungsinya DAC adalah sebuah kumparan yang hanya mengubah data biner menjadi tegangan analog, tetapi apabila ditinjau dari sudut teknologi memrogramnya, DAC itu dapat berkembang menjadi peralatan yang canggih, seperti yang banyak kita lihat dipasaran, seperti halnya *compact disc* ataupun *laser disc* dan lain-lain.

2.4. *Driver* Motor DC

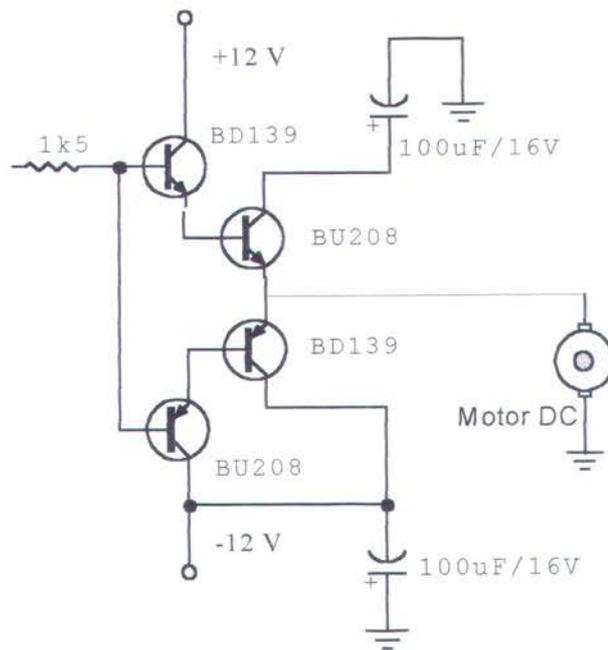
Motor DC umumnya menggunakan sikat (*brush*) dan lilitan pada *rotor* serta menggunakan magnet tetap pada *stator*. Pada dasarnya dapat dianggap sebagai suatu beban yang dapat dihubungkan secara langsung ke rangkaian *switching* arus DC. Oleh karena itu, pemilihan rangkaian yang tepat cukup diperoleh dengan memperhatikan seberapa besar kebutuhan arus untuk memutar motor DC secara nominal. Lilitan pada motor DC dapat diidentikkan dengan lilitan pada kumparan *relay*, sehingga rangkaian *drivernya* sama. Berikut ini akan ditunjukkan rangkaian *Driver* motor DC yang dapat memutar satu arah dan dua arah.





Gambar 2.3 *Driver satu arah.*

Pada beberapa kebutuhan, seringkali diperlukan arah putaran motor DC yang berubah-ubah. Prinsip dasar untuk mengubah arah putarannya ini adalah dengan membalik polaritas pada catu daya tegangannya.



Gambar 2.4 *Driver dua arah.*

Pemilihan arah putaran motor ditentukan oleh polaritas tegangan *input*. Apabila *input* yang diberikan adalah positif, maka motor DC akan berputar ke kanan dan apabila diberikan *input* polaritas tegangan yang negatif maka motor akan berputar ke kiri.

2.5. Motor Arus Searah (DC) [6]

Motor arus searah adalah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik, di mana tenaga gerak tersebut berupa putaran pada *rotor*.

Motor DC pada saat sekarang ini dipergunakan pada industri yang memerlukan gerakan dengan kepresisian yang sangat tinggi untuk pengaturan posisi pada torsi konstant.

Motor DC mempunyai dua bagian dasar :

- Bagian yang tetap/*stationer* disebut *stator*

Stator ini menghasilkan medan magnet, baik yang dibangkitkan dari sebuah *coil* (elektromagnetik) atau magnet permanen.

- Bagian yang berputar, disebut *rotor (armature)*.

Rotor ini berupa sebuah *coil* di mana arus listrik dapat mengalir.

2.5.1 Prinsip kerja motor DC

Prinsip dasar dari motor arus searah adalah: kalau sebuah kawat berarus diletakkan antara kutub magnet (U-S), maka pada kawat tersebut akan bekerja suatu gaya yang



menggerakkan kawat itu. Arah gerak kawat itu dapat ditentukan dengan "kaidah tangan kiri", yang berbunyi sebagai berikut [6] :

"Apabila tangan kiri terbuka diletakkan antara kutub U dan S, sehingga garis-garis gaya yang keluar dari kutub utara menembus telapak tangan kiri dan arus didalam kawat mengalir searah dengan keempat jari, maka kawat itu akan mendapat gaya yang arahnya sesuai dengan arah ibu jari".

Besarnya gaya tersebut adalah :

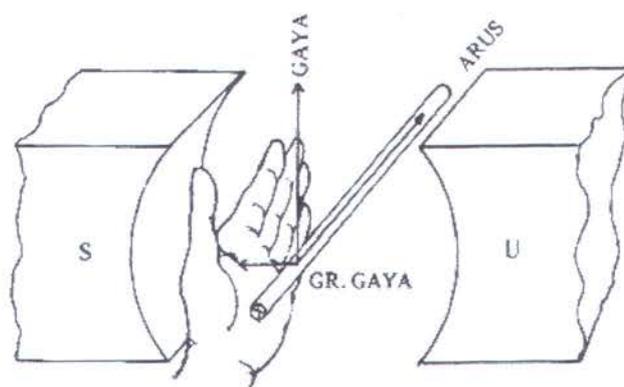
$$F = Bil 10^{-1} \text{ dyne} \quad (2.2)$$

di mana :

B adalah kepadatan fluks magnet dalam satuan Gauss.

l adalah panjang penghantar dalam satuan Cm.

I adalah arus listrik yang mengalir dalam satuan Ampere.



Gambar 2.5 Kaidah tangan kiri [6]

Dalam satuan MKS, $F = B \cdot i \cdot l$ Newton (2.3)

di mana B dalam satuan Weber

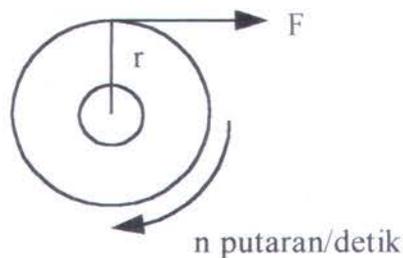
l dalam satuan Meter

i dalam satuan Ampere

2.5.2. Torsi

Torsi adalah putaran atau pemuntiran dari suatu gaya terhadap suatu poros. Ini diukur dengan hasil kali gaya dengan jari-jari lingkaran di mana gaya tersebut bekerja.

Pada suatu puli dengan jari-jari r meter bekerja suatu gaya F Newton yang menyebabkan benda berputar dengan kecepatan n putaran per detik.



Gambar 2.6 Torsi motor DC

Torsi $T = F \times r$ Newton meter (N-m) (2.4)

Usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut pada satu putaran

= gaya x jarak

= $F \times 2 \pi r$ Joule (2.5)

Daya yang dibangkitkan

$$= F \times 2 \pi r \text{ Joule/ detik} \quad (2.6)$$

$$= (F \times r) \times 2 \pi n \text{ joule / detik}$$

kalau :

$$2 \pi n = \text{kecepatan sudut } (\omega) \text{ dalam radian / detik}$$

$$F \times r = \text{Torsi } T$$

Sehingga daya yang dibangkitkan = $T \times \omega$ joule/detik

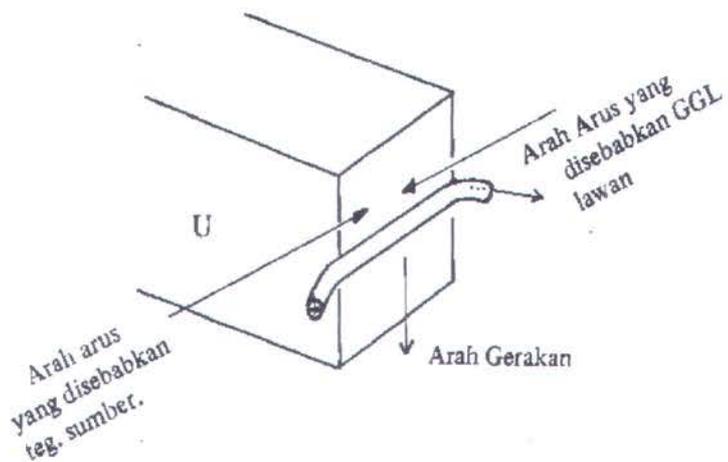
$$= T \times \omega \text{ watt.} \quad (2.7)$$

2.5.3. Gaya Gerak Listrik Lawan

Misal tahanan dari sebuah jangkar motor DC 10 HP 110 V adalah 0.05 Ohm. Apabila jangkar ini dihubungkan dengan sumber 110 V, maka menurut hukum Ohm arus jangkar :

$$I_a = \frac{110}{0.05} = 2200 A$$

Apabila jangkar tersebut berputar dalam medan magnetnya arus jangkar (I_a) tidak bisa dihitung berdasarkan hukum Ohm seperti di atas. Dalam hal ini jangkar dari motor DC sama halnya dengan jangkar dari sebuah generator, sehingga terjadi GGL lawan.



Gambar 2.7 Proses terbangkitnya GGL [6]

Proses terjadinya GGL lawan adalah :

- Kumparan jangkar (terletak diantara kutub-kutub magnet) diberi sumber DC
- Pada kumparan-kumparan jangkar timbul torsi, sehingga jangkar berputar (arahnya sesuai dengan hukum tangan kiri).
- Dalam hal ini jangkar berputar dalam medan magnet sehingga timbul GGL (arah GGL induksi tersebut sesuai dengan hukum tangan kanan).
- Arah GGL induksi tersebut berlawanan dengan arah GGL sumber sehingga kita sebut GGL lawan.

Jadi GGL lawan pada motor DC adalah GGL yang terjadi pada jangkar motor DC (pada waktu motor dioperasikan/berputar), yang disebabkan karena jangkar tersebut berputar dalam medan magnet.

Arah GGL lawan menentang arah GGL sumber, sehingga pada waktu motor beroperasi arus jangkarnya menjadi :

$$I_a = \frac{V - E}{R_a} \quad (2.8)$$

di mana V : tegangan

E : GGL lawan

R_a : tahanan jangkar

Besarnya GGL lawan (E) adalah :

$$E = \frac{P}{a} \cdot \frac{n}{60} \cdot Z \cdot \phi \quad (2.9)$$

di mana E : GGL lawan dalam volt

P : jumlah kutub

n : putaran motor dalam rpm

Z : jumlah penghantar untuk semua alur

ϕ : fluks magnetik tiap kutub dengan satuan Weber

2.5.4. Jenis-jenis Motor DC

Berdasarkan sumber arus penguat magnetnya motor DC dapat dibedakan atas:

- Motor DC penguat terpisah, bila arus penguat magnet diperoleh dari sumber DC diluar motor
- Motor DC dengan penguat sendiri, bila arus penguat magnet berasal dari motor itu sendiri.

Berdasarkan hubungan lilitan penguat magnet terhadap lilitan jangkar motor DC dengan penguat sendiri dapat dibedakan menjadi tiga bagian.

- motor *shunt*
- motor seri
- motor kompon dibagi menjadi 2 bagian , motor kompon panjang dan motor kompon pendek.

2.5.4.1 Motor *shunt*

Mempunyai kecepatan yang hampir konstant. Pada tegangan (U) konstan, motor *shunt* mempunyai putaran hampir konstant walaupun terjadi perubahan beban. Perubahan kecepatan hanya sekitar 10%. Pemakaian misalnya untuk kipas angin, *blower*, pompa *centrifugal*, *elevator*, pengaduk, mesin cetak, juga untuk pengerjaan kayu dan logam.

2.5.4.2 Motor seri

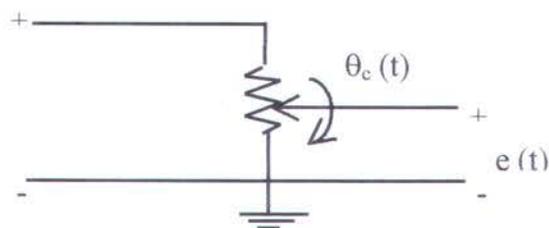
Dapat memberi momen yang besar pada waktu start dengan arus start yang rendah. Juga dapat memberi perubahan kecepatan/beban dengan arus yang kecil dibandingkan dengan motor tipe lain, tetapi kecepatan menjadi lebih besar bila beban rendah atau tanpa beban dan hal ini sangat berbahaya. Dengan mengetahui sifat ini dapat dipilih motor seri untuk daerah perubahan kecepatan yang luas. Misalnya : untuk traksi, pengangkat dan lain-lain.

2.5.4.3 Motor kompon

Mempunyai sifat diantara motor seri dan motor *shunt*, tergantung mana yang kuat lilitannya (kumparan seri atau *shunt*) umumnya mempunyai moment start yang besar. Perubahan kecepatan sekitar 25% terhadap kecepatan tanpa beban. Pemakaian untuk pompa *plunger*, pemecah, *bulldozer*, *elevator* dan lain-lain.

2.6. Potensiometer Sebagai Tranduser[14]

Potensiometer adalah tranduser elektromekanik yang mengubah energi mekanik ke energi listrik. Masukan ke perangkat tersebut adalah perpindahan mekanik, baik linier atau putaran. Pada saat tegangan dipasang melintasi ujung tertentu dari potensiometer, tegangan keluaran yang diukur melintasi ujung variabel dan *ground* adalah sebanding dengan perpindahan masukan linier maupun non linier.



Gambar 2.8 Potensiometer

Pada sensor di atas tegangan keluaran $e(t)$ akan sebanding dengan posisi batang $\theta_c(t)$ pada kasus gerak rotasi, seperti pada persamaan dibawah ini.

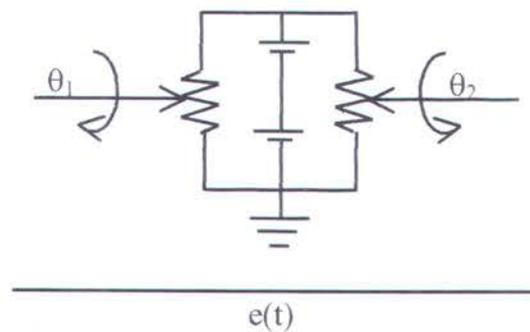
$$e(t) = k_s \cdot \theta_c(t) \quad (2.10)$$

di mana k_s adalah konstanta pembanding.

Untuk N- putaran potensiometer, perpindahan total dari lengan variabel adalah $2\pi N$ konstanta proposional k_s diberikan oleh :

$$k_s = \frac{E}{2\pi N} \text{ V/rad} \quad (2.11)$$

Di mana E adalah magnitude tegangan referensi terhadap ujung yang telah ditetapkan. Penyusunan yang lebih fleksibel didapat dengan menggunakan dua potensiometer yang dihubungkan secara paralel, seperti ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Dua potensiometer fleksibel

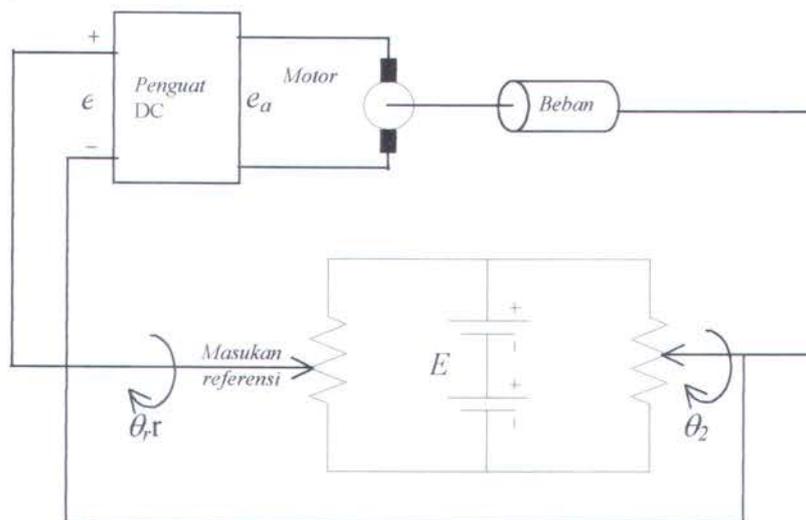
Tegangan keluaran yang diambil melintasi ujung yang telah ditentukan dari dua potensiometer diberikan oleh persamaan di bawah ini.

$$e(t) = k_s[\theta_1(t) - \theta_2(t)]$$

$$\frac{e(t)}{k_s} = \theta_1(t) - \theta_2(t)$$

$$\frac{e(t) \cdot 2\pi \cdot N}{E} = \theta_1(t) - \theta_2(t) \quad (2.12)$$

Pada sistem kendali motor DC, potensiometer sering digunakan untuk umpan balik posisi. Potensiometer pada lintasan umpan balik untuk membandingkan posisi beban sebenarnya dengan posisi referensi yang diinginkan. Jika terdapat perbedaan antara posisi beban dengan masukan referensi, suatu sinyal *error* dibangkitkan oleh potensiometer yang akan menggerakkan motor sedemikian rupa sehingga eror ini secepatnya. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.13, sinyal *error* dikuatkan dengan suatu penguat DC yang keluarannya menggerakkan jangkar dari suatu motor DC dengan magnet permanen.

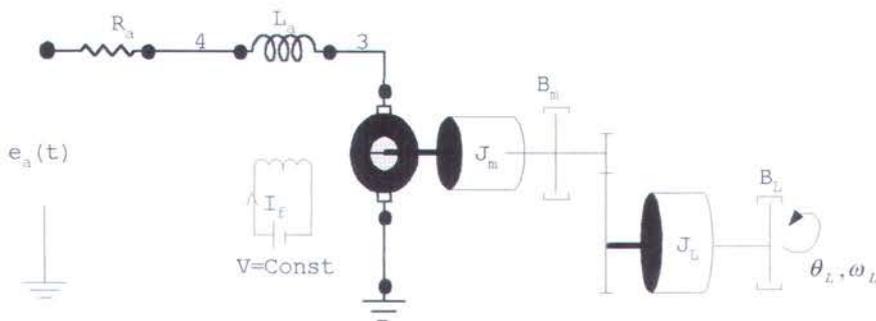


Gambar 2.10 Potensiometer sebagai *feedback* posisi.

2.7. Transfer function

Motor DC yang digunakan adalah tipe motor jenis *shunt* dengan penguat terpisah. Dalam perencanaan ini kita perlu mengetahui perbandingan antara *input* dan *output* pada motor atau kita definisikan sebagai *transfer function*.

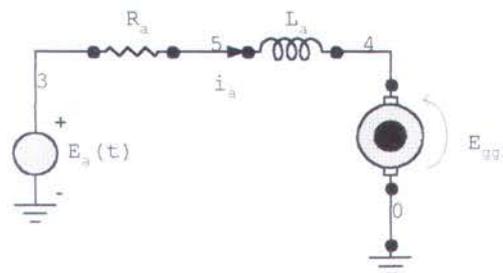
Motor DC dalam keadaan berbeban seperti ditunjukkan dalam gambar 2.11.



Gambar 2.11 Rangkaian motor DC berbeban

Jika kita perinci satu persatu model matematis dari motor DC berbeban terdiri dari beberapa bagian :

2.7.1. Rangkaian Jangkar



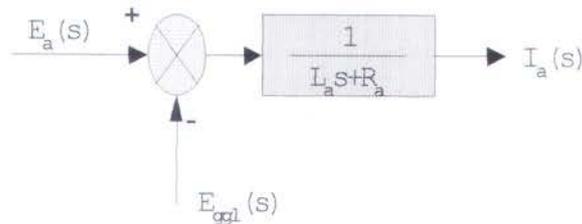
Gambar 2.12 Rangkaian Jangkar

Model matematikanya adalah [16]:

$$E_a(s) - E_{gg1}(s) = R_a + L_a \frac{di}{dt}$$

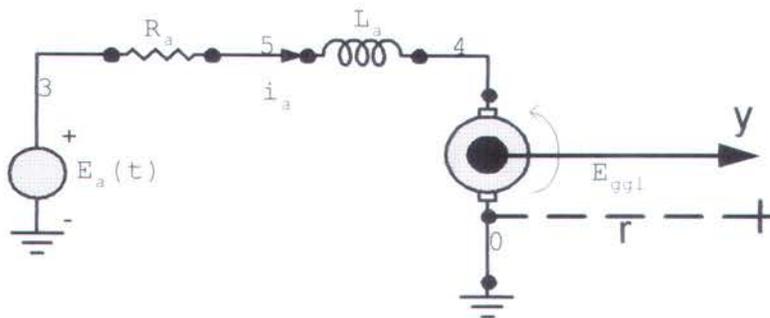
$$T_L : E_a(s) - E_{ggl}(s) = (R_a + L_a s) I_a(s)$$

$$I_a(s) = \frac{1}{L_a s + R_a} (E_a(s) - E_{ggl}(s)) \quad (2.13)$$



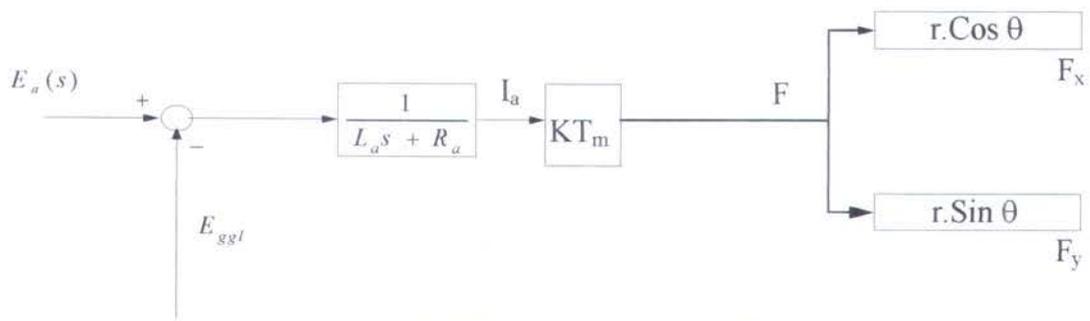
Gambar 2.13 Diagram blok rangkaian jangkar

2.7.2. Rangkaian Jangkar Dan Lengan



Gambar 2.14 Motor DC dan Lengan

$$T = F \cdot r \quad F = \frac{1}{r} \cdot T \quad (2.14)$$

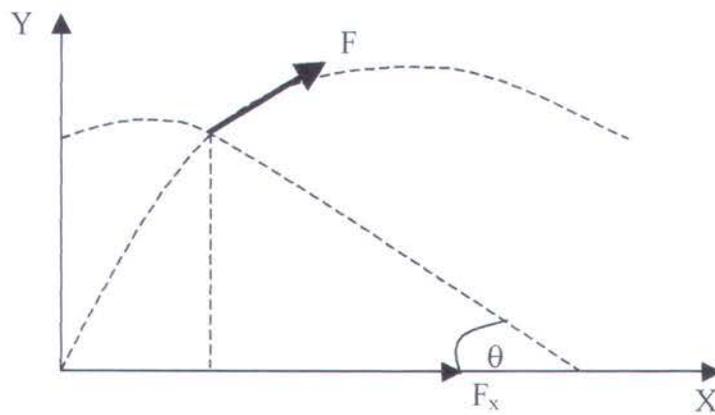


Gambar 2.15 Diagram blok motor DC dan lengan

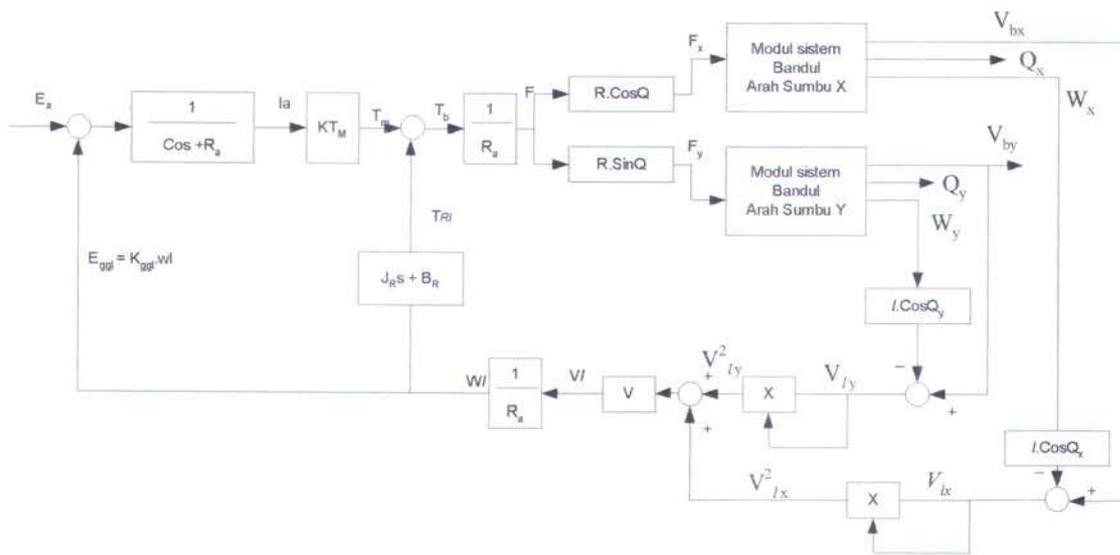
$$T_m = T_{rotor+lengan} + T_{bandul}$$

$$T_{bandul} = T_m - T_{rotor+lengan} \quad (2.15)$$

Gambar di bawah ini menunjukkan kedua gaya, gaya pada sumbu x dan sumbu y.



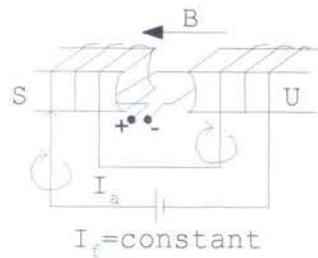
Gambar 2.16 Gaya yang bekerja pada sumbu y dan x



Gambar 2.17 Diagram Blok Motor DC dan gaya pada bandul

$$T_{RI} = (J_R \cdot S + B_R) \omega_I(s) \quad (2.16)$$

2.7.3. Torsi Motor



Gambar 2.18 Proses terbangkitnya torsi pada motor

Pada sepotong kawat:

$$B = \frac{\mu_k N_f i_f}{2\pi l_f} \quad (2.17)$$

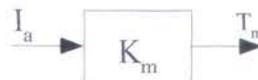
Sehingga untuk N_a kawat :
$$FN_a = \frac{\mu_k N_f N_a i_a}{2\pi l_f} i_f i_a \quad (2.18)$$

Jika jari-jari rata-rata komponen jangkar adalah r_a maka :

$$T_m = r_a F_m = \frac{\mu_k N_f N_a I_a R_a}{2\pi l_f} i_f i_a \quad (2.19)$$

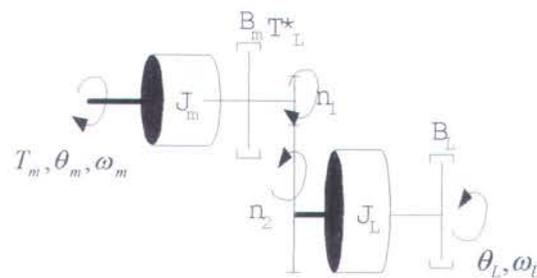
Karena I_f konstant maka :

$$T_L : T(s) = K_m I_a (s) \quad (2.20)$$



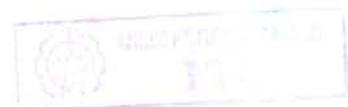
Gambar 2.19 Diagram blok torsi motor

2.7.4. Rangkaian Beban



Gambar 2.20 Rangkaian beban

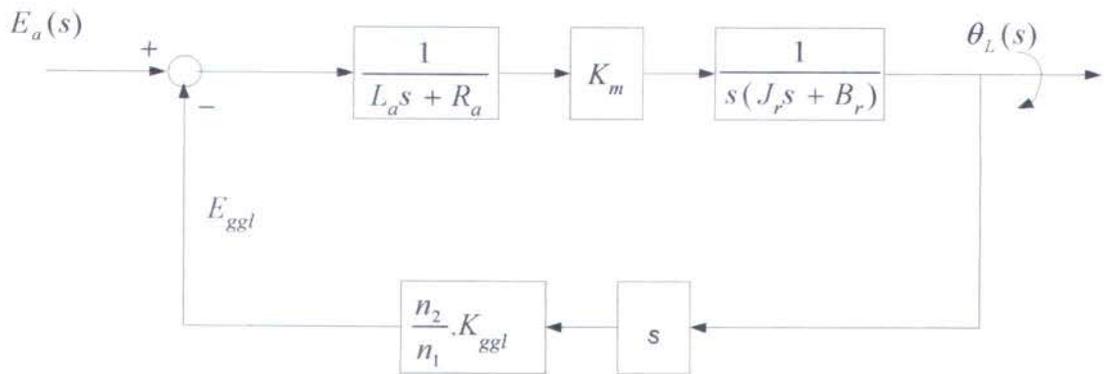
T^*_L = Torsi yang ditransfer ke beban lewat roda gigi



Pada rotor :

$$\sum T = J\alpha \rightarrow T_m - T^*_L - T_{Bm} = J_m \frac{d^2\theta_m}{dt} \quad (2.21)$$

Diagram blok pengaturan posisi motor DC adalah seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.21 Diagram Blok Pengaturan Posisi Motor DC

Model matematika dari blok pengaturan posisi motor DC di atas adalah :

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{\frac{1}{L_a \cdot s + R_a} \cdot K_m \cdot \frac{1}{s(J_r \cdot s + B_r)}}{1 + \frac{1}{L_a \cdot s + R_a} \cdot K_m \cdot \frac{1}{s(J_r + B_r)} \cdot \frac{n_2}{n_1} \cdot K_{ggl} \cdot s}$$

Apabila, $\frac{n_2}{n_1} \cdot K_{ggl} = P$

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{K_m}{(L_a \cdot s + R_a) \cdot s(J_r + B_r)} \cdot \frac{(L_a \cdot s + R_a) \cdot s(J_r + B_r)}{(L_a \cdot s + R_a) \cdot s(J_r + B_r) + K_m \cdot P \cdot s}$$

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{K_m}{(L_a \cdot s + R_a) \cdot s(J_r + B_r) + K_m \cdot P \cdot s} \quad (2.21)$$

2.8. Karakteristik Respon

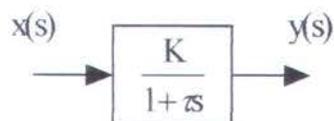
Karakteristik respon adalah ciri-ciri khusus dari perilaku dinamik (spesifikasi performansi), suatu sistem yang dikarakteristikan berdasarkan respon sistem terhadap suatu masukan yang khas (disebut sinyal uji). [2]

Berdasarkan sinyal uji yang lazim digunakan adalah :

- Sinyal *impuls* : untuk melihat karakteristik *respons transient* (sinyal internal).
- Sinyal *step* : untuk melihat karakteristik *respons transient* dan *respons steady state*.
- Sinyal *ramp* : untuk melihat kemampuan *tracking*.
- Sinyal *sinusoida* : untuk melihat *respons frequency*.

2.8.1. Impuls respon sistem orde I

Suatu sistem orde satu dapat dituliskan sebagai berikut [16]:



Gambar 2.22 Diagram blok sistem orde satu

Di mana $K = \text{Gain over all}$

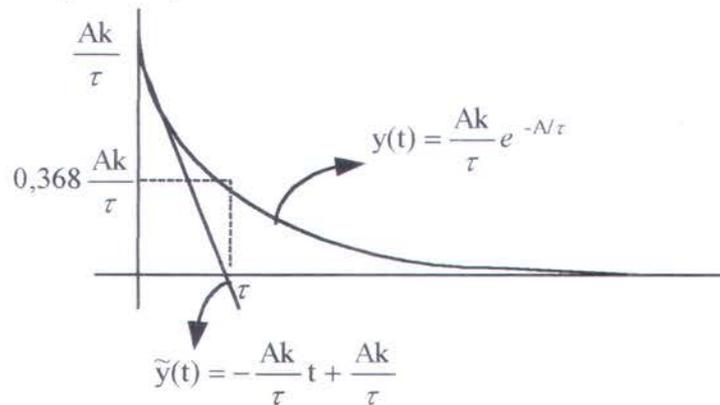
$\tau = \text{Time constant}$

$$t = \tau \rightarrow y(\tau) = \frac{AK}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{AK}{\tau} e^{-1} = 0.368 \frac{AK}{\tau} \quad (2.22)$$

Pada $t = 0, \tilde{y} = \frac{AK}{\tau} \rightarrow \frac{AK}{\tau} = mt + n$

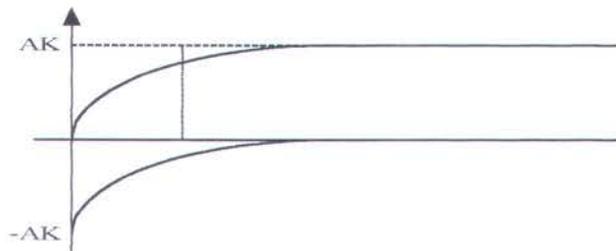
di mana $t = 0; n = \frac{AK}{\tau}$

garis singgung : $\tilde{y} = -\frac{AK}{\tau^2} t + \frac{AK}{\tau}$ (2.23)



Gambar 2.23 Impuls Respon untuk sistem orde I [16]

2.8.2 Step Respon Untuk Sistem Orde I



Gambar 2.24 Respon steady state [16]

Respon steady state :

$$t \rightarrow \infty \rightarrow x(\infty) = \lim_{s \rightarrow \infty} sX(s) = \lim_{s \rightarrow \infty} \frac{A}{s} = A \quad (X_{ss})$$

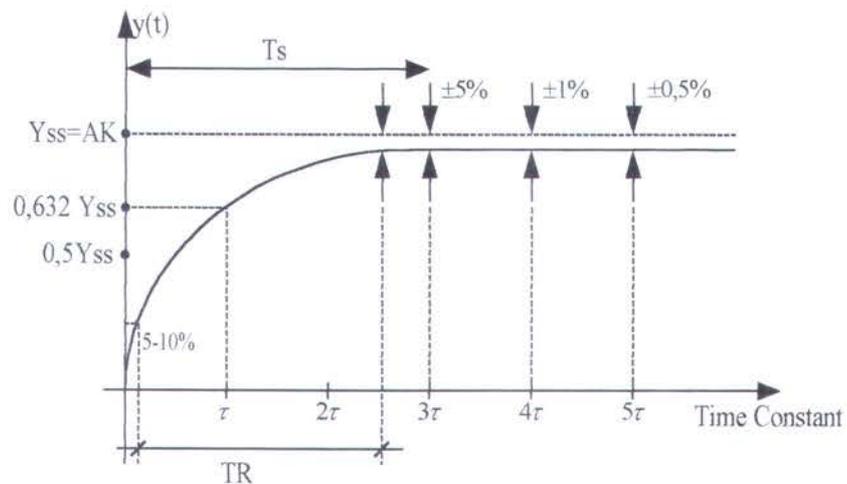
$$y \rightarrow \infty \rightarrow x(\infty) = \lim_{s \rightarrow \infty} sY(s) = \lim_{s \rightarrow \infty} \frac{AK}{s(\frac{1}{\tau}s + 1)} = AK \quad (Y_{ss}) \quad (2.34)$$

Error Steady state (Mutlak)

$$E_{ss} = E(\infty) = Y(\infty) - X(\infty) = AK - A = A(K - 1) \quad (2.35)$$

Error Relatif Steady state

$$E_{ss} = \frac{E_{ss}}{X_{ss}} \times 100\% = \frac{A(K - 1)}{A} \times 100\% = (K - 1)100\% \quad (2.36)$$



Gambar 2.25 Spesifikasi respon transien sistem orde I [16]

Waktu yang diperlukan respon untuk dari $t=0$ sampai dengan $t=t_n \% \rightarrow y$

$$(t_n \%) = n \% \cdot Y_{ss} \quad (2.37)$$

2.8.3. Spesifikasi Teknis

τ : *Time Constant* → Menyatakan kecepatan respon untuk mencapai keadaan *steady state*

$\tau <$: Respon cepat

$\tau >$: Respon Lambat

2.8.4. Spesifikasi Praktis

a. *Settling Time*(T_s) : ukuran waktu yang menyatakan sistem telah masuk pada kondisi *steady state*.

- Proses kimia (T : dalam orde jam)

$$T_s (\pm 5\%) \approx 3\tau \quad (2.38)$$

- Proses mekanik

$$T_s (\pm 2\%) \approx 4\tau \quad (2.39)$$

- Sistem elektronik dan elektrik

$$T_s (\pm 0,5\%) \approx 5\tau \quad (2.40)$$

b. *Rise Time*(T_R): ukuran waktu yang menyatakan bahwa respon sistem dianggap telah mencapai seluruhnya.

- T_R sistem elektronik dan elektrik

$$T_R(5\%-95\%) = \tau_{95\%} - \tau_{5\%}$$

$$= -\tau \ln(100\%-95\%) + \tau \ln(100\%-5\%)$$

$$\begin{aligned}
 &= \tau \ln 95/5 \\
 &= \tau \ln 19
 \end{aligned}
 \tag{2.41}$$

- T_R Proses Kimia

$$T_R(10\%-90\%) = \tau \ln 9 \tag{2.42}$$

c. *Delay Time* (T_d) : ukuran waktu yang menyatakan faktor keterlambatan respon terhadap suatu waktu sampling tertentu.

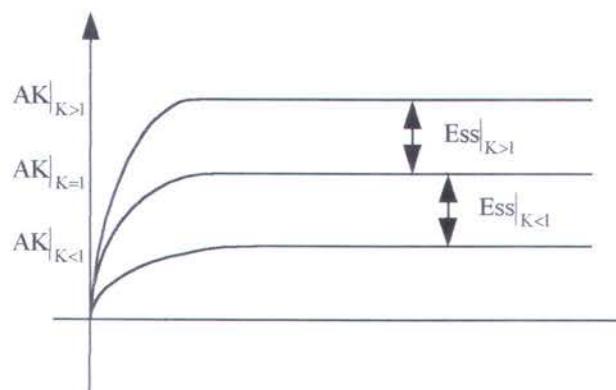
Proses sampling tanpa faktor *delay*

$$\begin{aligned}
 T_d(50\%) &= -\tau \ln (100\%-50\%) = -\tau \ln 0,5 \\
 &= \tau \ln 1/0,5 \\
 &= -\tau \ln 2
 \end{aligned}
 \tag{2.43}$$

2.8.5. Spesifikasi Respon *Steady state*

Spesifikasi ini dinyatakan dengan *error* absolut atau *error* relatif

$$E_{ss} = A (K-1) \text{ atau } Ess = (K-1) \times 100 \% \tag{2.44}$$



Gambar 2.26 Spesifikasi respon *steady state*

2.9. Teori Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan berisi fakta-fakta tentang *objek* dalam *domain* yang ditentukan dan hubungannya satu sama lain. Basis pengetahuan juga berisi pikiran, teori, prosedur praktis dan hubungannya satu sama lain. Basis pengetahuan merupakan informasi terorganisasi dan teranalisis agar bisa lebih mudah dimengerti dan bisa diterapkan pada pemecahan masalah dan pengambilan keputusan [17].

2.9.1. Representasi Pengetahuan

Pola representasi pengetahuan menggambarkan aspek-aspek penting dari suatu masalah (*problema*). Dari pola representasi yang dibuat, kemudian akan dirancang suatu basis pengetahuan berdasarkan pola tersebut.

Syarat-syarat bahasa representasi yang baik adalah :

- Memadai untuk mengekspresikan informasi yang diperlukan.
- Mendukung eksekusi yang efisien dari kode yang dihasilkan.
- Menghasilkan suatu yang alamiah untuk mengekspresikan pengetahuan yang dibutuhkan.

2.9.2. Mekanisme Inferensi

Mekanisme inferensi adalah suatu cara untuk mengarahkan sistem pada kesimpulan, yang diperoleh dari aturan dan fakta yang ada. Dengan pendekatan tertentu, mekanisme inferensi ini melibatkan konversi dari representasi pengetahuan yang ada ke dalam bentuk pendekatan mekanisme inferensi yang dipilih. Misalnya konversi pohon keputusan (*decision tree*) ke dalam bentuk aturan *IF-THEN*. Seperti *knowledge*, mesin

inferensi terdiri dari *rule* dan fakta untuk mengontrol dan digunakan dalam strategi pencarian untuk mencari solusi.

Mesin inferensi melakukan pelacakan, mencocokkan kaidah dalam basis pengetahuan terhadap informasi yang ada di dalam basis data. Bila setiap kaidah bisa merubah isi basis data, maka status masalah akan diperbaiki. Fakta baru tersedia untuk digunakan dalam proses pengambilan keputusan, Selanjutnya, fungsi khusus seperti permintaan penambahan informasi dari *user* dapat diberikan.

Dalam melacak keadaan, *rule interpreter* dapat melakukan dua macam pendekatan dasar, yaitu *forward chaining* dan *backward chaining*. Dalam *forward chaining*, *rule interpreter* mencocokkan fakta atau *statement* dalam basis data dengan situasi yang dinyatakan dalam bagian sebelah kiri atau kaidah *IF*. Bila fakta yang ada itu sudah sesuai dengan kaidah *IF*, maka kaidah distimulasi. Pada *backward chaining*, *rule interpreter* mulai dari fakta yang ada dalam basis data, yaitu hipotesa. *Rule interpreter* kemudian mulai menguji kaidah sebelah kanan, yaitu bagian *THEN* untuk mencari yang sesuai. Mesin inferensi melacak bukti-bukti yang mendukung hipotesa awal. Jika ternyata cocok, maka basis data berfungsi sebagai pencatat kondisi atau premis yang diperbaharui yang mendukung kesimpulan yang sesuai.

Dalam penulisan ini, basis pengetahuan (*knowledge base*) dianggap terdiri dari basis data (*data base*) yang diperoleh dari pendekatan suatu fungsi dan representasi pengetahuan yang digunakan adalah representasi dengan sistem basis data (*data-base*).

2.10. Pengertian Fungsi Koridor

Apabila terdapat dua variabel dalam suatu fungsi namun data tidak ada maka dengan mendefinisikan suatu fungsi dan mencocokkan fungsi tersebut dapat diketahui hubungannya. Maka perubahan nilai perbandingan tersebut dapat diperoleh fungsi koridor, yaitu suatu fungsi yang memiliki nilai-nilai yang berubah seperti membuka dan menutupnya koridor suatu pintu yang berasal dari perubahan parameter pada bentuk-bentuk dan fungsi-fungsi tertentu [8].

Dalam tesis ini menggunakan fungsi koridor bentuk polinomial untuk memperoleh sinyal kontrol (u_k) pada posisi *crane* (θ_T) yang diinginkan, dengan persamaan :

$$u_k = 0.8 * \left(\frac{\theta_T - \theta}{\theta_T - \theta_p} \right)^\alpha * U_{mak} \quad (2.45)$$

untuk $\theta_p \leq \theta \leq \theta_T$

θ_T : Posisi Target *crane*

θ_p : Posisi Pengereman *crane*

θ : Posisi *crane* antara sudut θ_T dengan sudut θ_R

α : Variabel yang diubah-ubah (coba-coba)

u_k : sinyal kontrol

2. 11. Metode Regresi

Ada beberapa metode yang biasa digunakan, antara lain:

- *Regresi Linier*

Regresi linier dapat digunakan apabila hubungan *input-output* dapat didekati dengan persamaan :

$$y = ax + b \quad (2.46)$$

- *Regresi Dengan Transformasi Variabel*

Regresi nonlinier dengan pendekatan regresi linier dengan transformasi variabel seperti pada tabel (2-1).

Tabel 2-1. Regresi dengan transformasi variabel

<i>Fungsi</i>	<i>Transformasi untuk linierisasi</i>	<i>Bentuk Linier</i>
<i>Exponential</i> : $y = \alpha e^{\beta x}$	$y' = \ln(y)$	$y' = \ln(\alpha) + \beta x$
<i>Power</i> : $y = \alpha x^{\beta}$	$y' = \ln(y), x' = \ln(x)$	$y' = \ln(\alpha) + \beta x'$
$y = \alpha + \beta \log(x)$	$x' = \ln(x)$	$y = \alpha + \beta x'$
<i>Reciprocal</i> : $y = \alpha + \beta \cdot 1/x$	$x' = 1/x$	$y = \alpha + \beta x'$

- *Regresi Polinomial*

Jika pasangan data $(x_i, y_i), i = 1 \dots n$, akan didekati dengan fungsi polinomial berderajat k seperti fungsi berikut :

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_kx^k \quad (2.47)$$

maka dengan metode kuadrat-terkecil koefisien-koefisien a_0, a_1, \dots, a_k dapat ditentukan dengan persamaan dalam bentuk matrik sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \sum x_i & \dots & \sum x_i^k \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \dots & \sum x_i^{k+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum x_i^k & \sum x_i^{k+1} & \dots & \sum x_i^{2k} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \\ \vdots \\ \sum x_i^k y_i \end{bmatrix} \quad (2.48)$$

BAB III
PERENCANAAN DAN PEMBUATAN
SISTEM PENGATURAN POSISI PENEMPATAN BARANG
PADA *CRANE* LENGAN FLEKSIBEL

Pada bab ini akan dibahas mengenai perencanaan dan pembuatan alat untuk sistem pengaturan posisi *crane* lengan fleksibel dengan menggunakan kontroler berbasis *knowledge base*. Perencanaan ini dibagi menjadi dua bagian,

1. Perencanaan perangkat keras.
 - Sistem mekanik.
 - Sistem elektrik
2. Perencanaan perangkat lunak.

3.1. Perencanaan Perangkat Keras

3.1.1. Perencanaan Sistem Mekanik

Untuk memperoleh hasil sistem pengaturan maksimal dan sesuai dengan yang diharapkan ukuran konstruksi *crane* harus sesuai dengan ukuran komponen elektrik (konstruksi kebesaran atau kekecilan).

Perencanaan sistem mekanis *crane* mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Panjang(P) : 15 Cm

Tinggi(t) : 30 Cm

Lebar(l) : 13 Cm

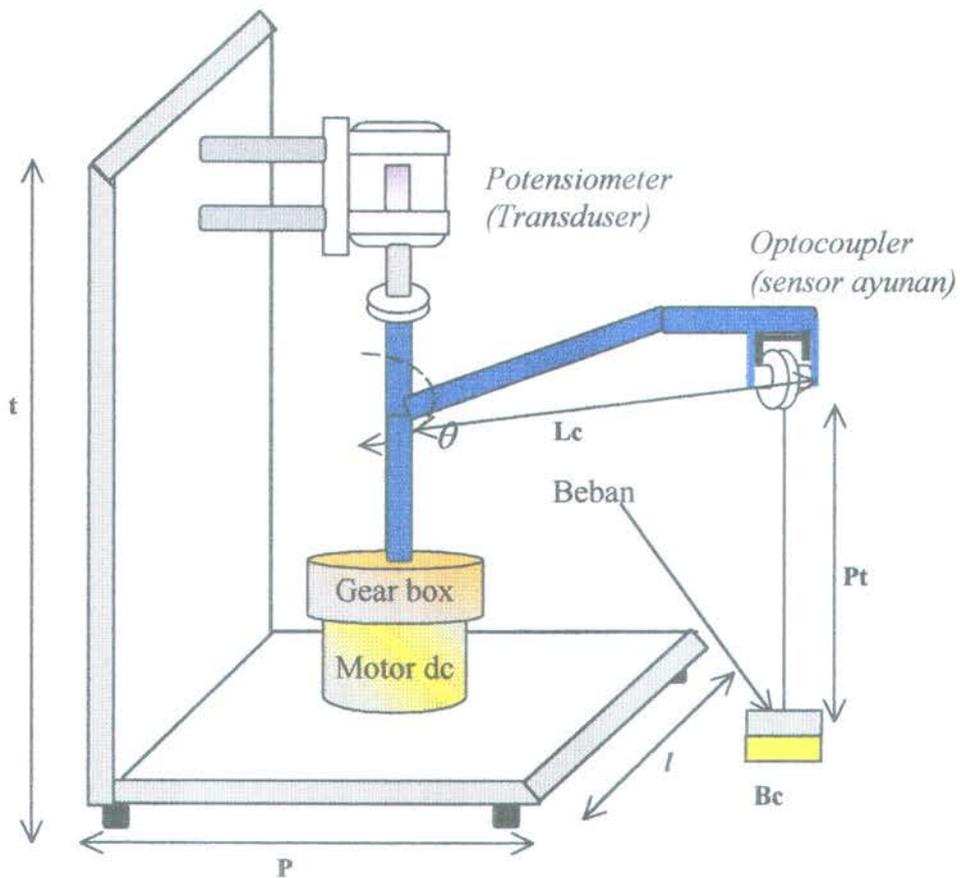
Lengan *crane*(L_c): 20.5 Cm

Panjang tali(P_t) : 15 Cm

Beban *crane*(B_c): 89.5 Gram (konstan).

Sudut lintasan(θ): 270°

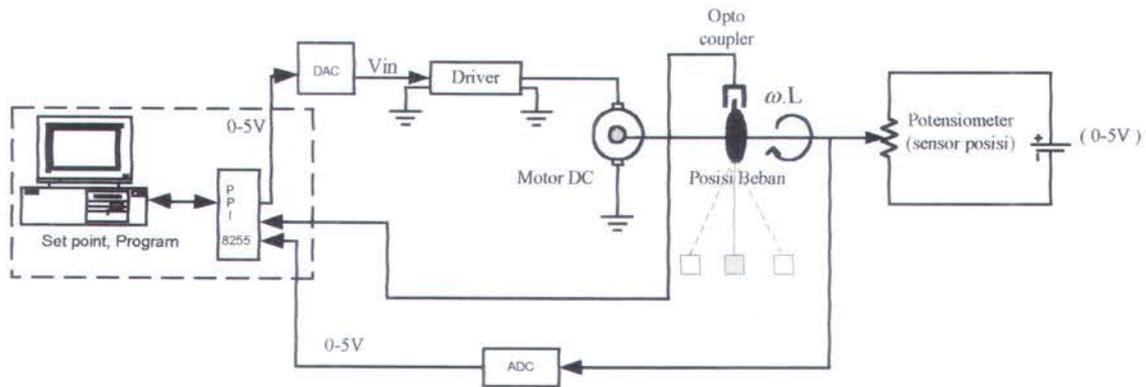
Secara keseluruhan gambar mekanik *crane* dapat dilihat pada gambar (3.1) di bawah ini.



Gambar 3.1 Kontruksi *crane*

3.1.2. Perencanaan Sistem Elektrik

Secara keseluruhan *plant* dapat dilihat pada diagram blok di bawah ini.



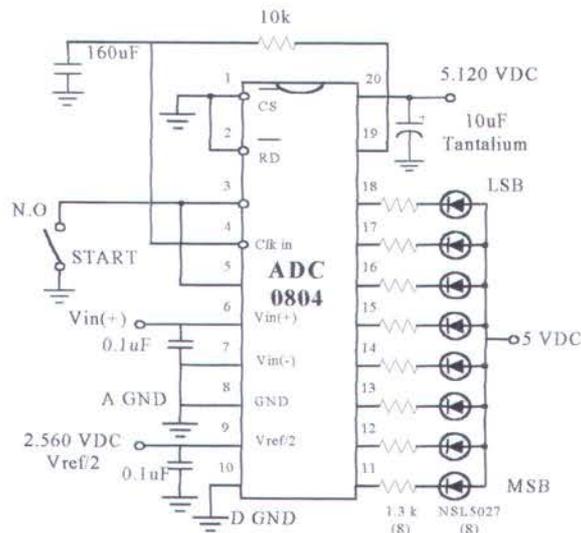
Gambar 3.2. Diagram blok rangkaian kontrol

Perangkat sistem elektrik yang akan dibahas adalah *Analog to Digital Converter* (ADC 0804), DAC (DAC 0808), *Driver* motor DC putaran dua arah, Potensiometer .

3.1.2.1. Analog to Digital Converter (ADC 0804)[12]

ADC pada dasarnya berfungsi untuk mengubah sinyal tegangan *analog* menjadi sinyal data digital (*binary*). Pada rangkaian ini terdiri dari komponen aktif dan komponen pasif, yaitu IC 0804, IC TTL (*Transistor-Transistor Logic*) dan beberapa kapasitor dan resistor.

Konfigurasi ADC 0804 mempunyai 20 buah pin dan dilengkapi dengan *LEDs* pada pin 11 sampai pin 18 sebagai *display* dari beroperasinya ADC ini. Pada pin 9 ($V_{ref/2}$) harus diberi tegangan dengan $2.560 V_{DC}$ dan tegangan V_{CC} sebesar $5.12 V_{DC}$. Nilai LSB disetel sebesar 20 mV.



Gambar 3.3 Rangkaian *Analog to Digital Converter 0804*

Rangkaian ADC 0804 ini mempunyai kemampuan untuk menahan data yang dikeluarkan. Sebelum ia diberi masukan data yang berikutnya. ADC ini bekerja dengan tegangan referensi 2.5 V (LM 336), dan memiliki tegangan *analog input* dengan batas 0V-5V, resolusinya 8 bits, total *error* sebesar $\pm \frac{1}{4} \text{LSB}$, $\pm \frac{1}{2} \text{LSB}$ dan $\pm 1, \text{LSB}$ dan konversi waktu 100 μs .

Rangkaian ADC ini dalam memulai mencacah data *analog* untuk dijadikan data digital memerlukan sinyal *CLOCK*. Untuk itu dibuat rangkaian *CLOCK* yang digunakan komponen IC CMOS dan komponen pasif lainnya. $V_{IN(+)}$ dan $V_{IN(-)}$ pada pin 6 dan pin 7 harus *diground*-kan. Pulsa yang dihasilkan oleh rangkaian *clock* ini adalah 625 KHz, dimana pulsa ini akan terus ada selama tegangan masih ada dan menyuplai rangkaian ADC 0800.

3.1.2.2. Digital Analog to Converter (DAC 0808)

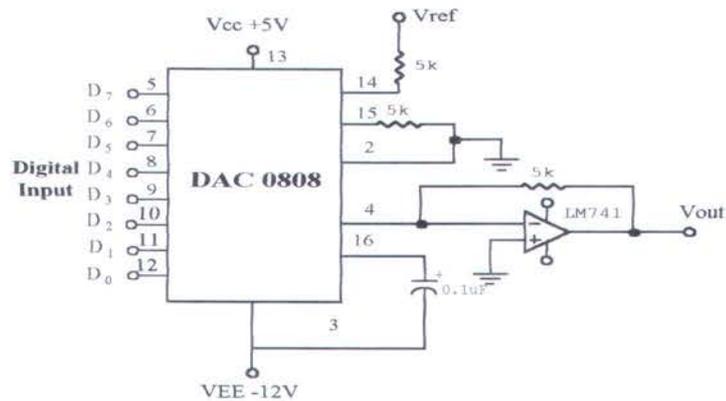
DAC yang digunakan pada sistem pengaturan posisi *crane* lengan fleksibel diimplementasikan dalam rangkaian ROM tersebut berfungsi untuk merubah data/ sinyal digital dari ROM menjadi data/sinyal *analog*.

Sinyal yang dikeluarkan adalah sinyal kontrol untuk mengendalikan alat atau suatu sistem kontrol yang berupa pengaturan kecepatan dari putaran motor. IC DAC 0808 ini mempunyai konfigurasi pin dan diagram seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3. DAC yang dipergunakan dalam pembuatan *plant* ini adalah DAC 0808 yang merupakan DAC 8 bit dari keluarga DAC 08XX.

Komponen utama dari DAC 0808 ini ada dua buah, yaitu IC DAC 0808 dan MC 1458. Sinyal *output* yang dikeluarkan oleh DAC 0808 perlu diperkuat oleh penguat operasional amplifier MC 1458 supaya didapat sinyal yang cukup untuk membangkitkan kerja dari bagan berikutnya. Sedangkan keluaran pada DAC dapat dikalkulasi dengan cara berikut :

$$I_o = \frac{V_{ref(+)}}{R1} \left[\frac{A1}{2} + \frac{A2}{4} + \frac{A3}{6} + \dots + \frac{A8}{255} \right] \quad (3.1)$$

Pemberian tegangan referensi harus sesuai dengan tegangan keluaran maksimum yang diinginkan. Pada $V_{ref (+)}$ DAC diberikan rangkaian tambahan yaitu rangkaian pembagi tegangan dengan komponen utama resistor variabel. Dengan demikian level keluaran tegangan *analog* DAC dapat diatur dengan variasi tegangan referensi. Rangkaian DAC secara sederhana dapat dilihat pada gambar 3.5



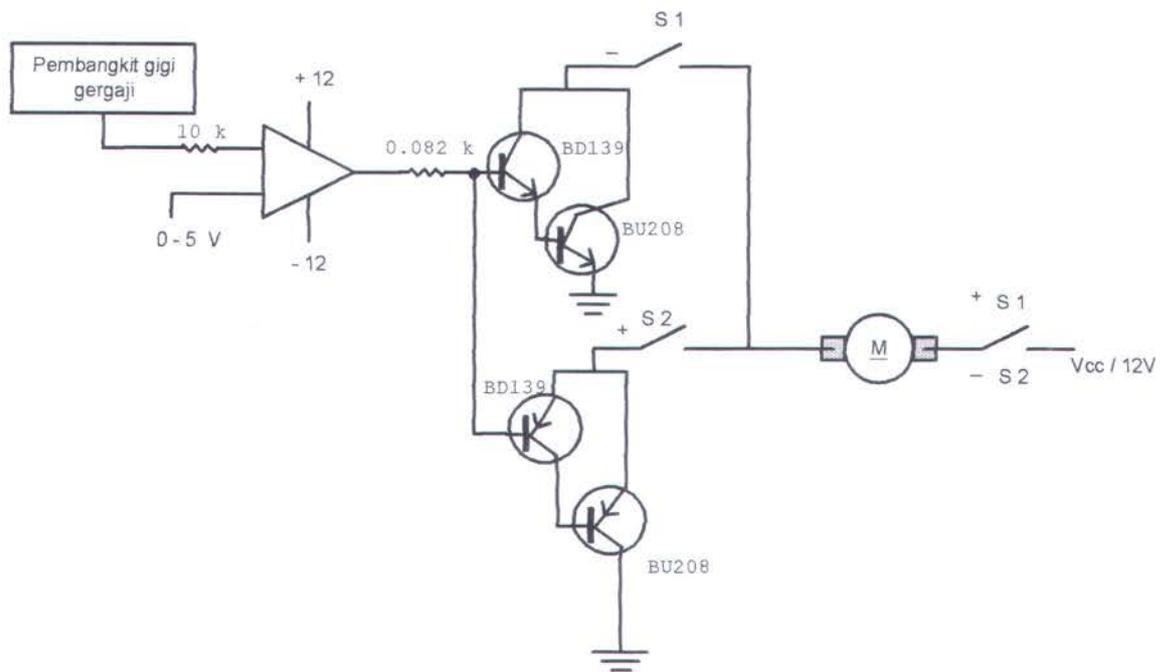
Gambar 3.4. Rangkaian dasar DAC 0808 dengan pengaturan tegangan referensi

3.1.2.3. Rangkaian *Driver Motor*

Rangkaian *driver motor* yang digunakan adalah rangkaian darlington dengan pasangan transistor type NPN dan NPN.

Rangkaian ini dibuat dari rangkaian darlington yang terdiri dari transistor penguat arus BU208 dan BD139. *Output* dari *driver motor* diambil dari kaki *colector* transistor BU208 dan BD139

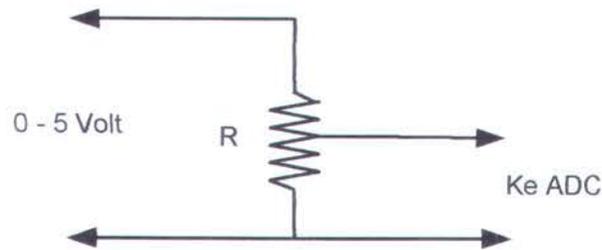
Apabila *input* dari *driver motor* positif, maka motor akan bergerak searah putaran jarum jam, dan apabila *input driver motor* negatif, maka motor akan bergerak berlawanan dengan arah jarum jam.



Gambar 3.5. Rangkaian *driver* motor dc dua arah putaran

3.1.2.4. Potensiometer

Pada perencanaan rancang bangun *plant* pengaturan posisi *crane* lengan fleksibel ini menggunakan sensor posisi potensiometer, dengan tegangan *input* 5 V. Potensiometer ini memberikan umpan balik ke motor dc, sehingga motor berhenti pada posisi yang diinginkan. Gambar dibawah ini menunjukkan potensiometer sebagai sensor posisi.



Gambar 3.6. Potensiometer sebagai sensor posisi *crane* lengan fleksibel

3.2. Perencanaan Perangkat Lunak

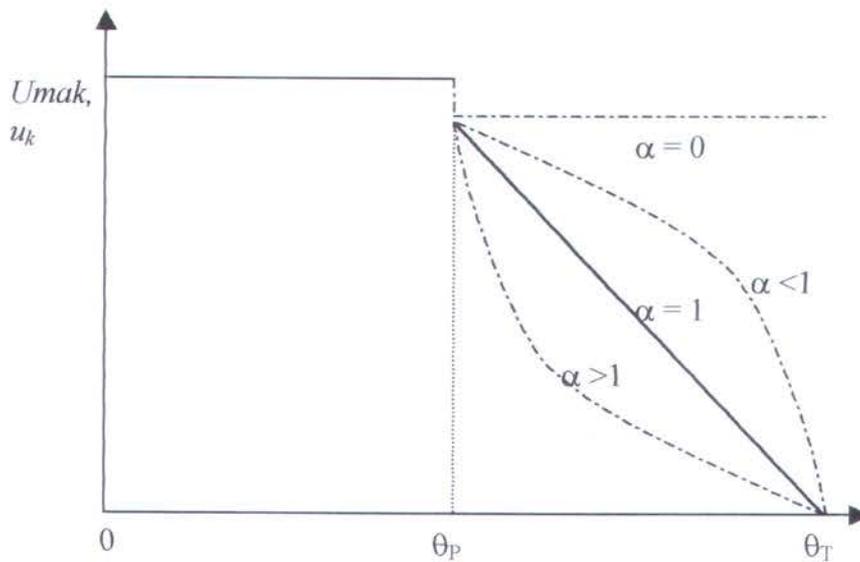
Dalam merancang perangkat lunak untuk mendapatkan sinyal kontrol dengan menggunakan pendekatan suatu fungsi pengereman, yang dinamakan dengan fungsi koridor.

Dari persamaan (2.45)

$$u_k = 0.8 * \left(\frac{\theta_T - \theta}{\theta_T - \theta_p} \right)^\alpha * U_{mak} \quad (3.1)$$

untuk $\theta_p \leq \theta \leq \theta_T$

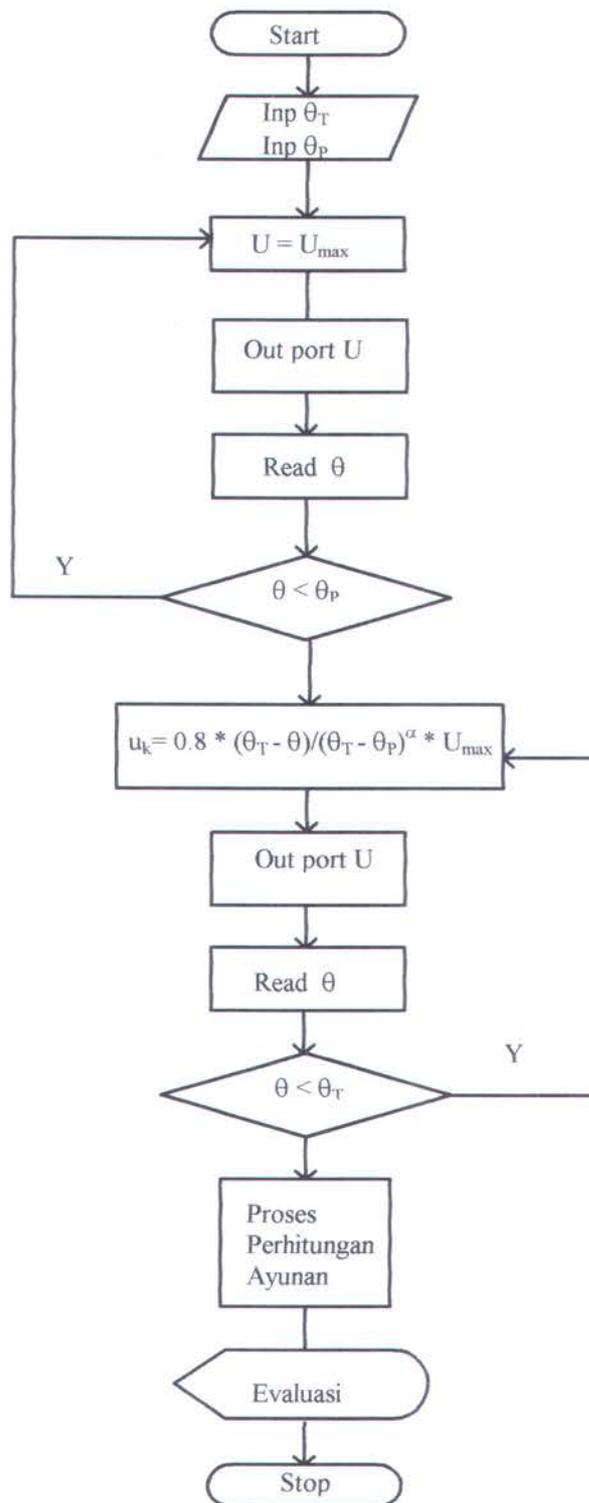
Dari fungsi ini diperoleh beberapa variabel, posisi target (θ_T), sudut pengereman (θ_p), sinyal kontrol (u_k) dan *alpha* (α). Variabel-variabel tersebut sebagai basis pengetahuan, antara pengereman (θ_p) fungsi posisi target (θ_T) dan *alpha* (α) fungsi posisi target (θ_T). Dari fungsi pengereman (θ_p) fungsi posisi target (θ_T) dan *alpha* (α) fungsi posisi target (θ_T) diregresikan untuk mendapatkan persamaan baru sebagai basis data dalam merancang kontroler berbasis pengetahuan.



Gambar 3.7 Metode pengereman

3.2.1. Perencanaan Perangkat Lunak Tahap I

Tujuan perancangan perangkat lunak tahap pertama untuk mendapatkan data hubungan posisi pengereman (θ_p) dengan posisi target (θ_T) dan data hubungan variabel $alpha(\alpha)$ dengan posisi target (θ_T), atau kita sebut dengan program sebelum regresi. Dalam bentuk *flowchart* dapat dibuatkan programnya seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.8

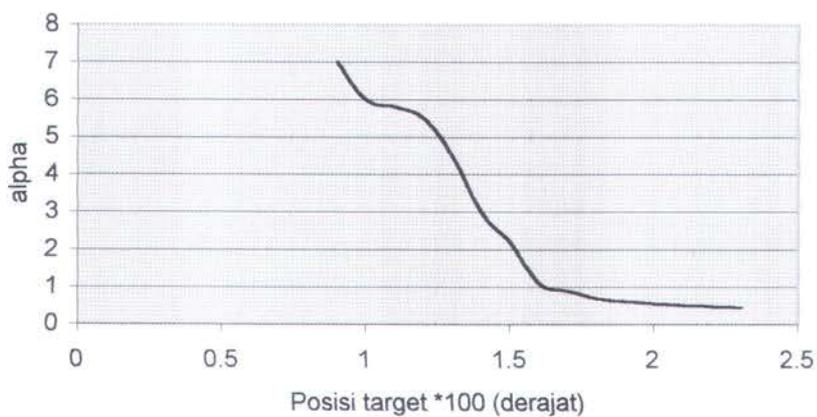


Gambar 3.8 Flowchart pengambilan data

Tabel 3.1. Hasil Percobaan α , θ_T dan θ_P .

No	α	$\theta_T(^{\circ})$	$\theta_P(^{\circ})$
1	7.0000	90	36
2	6.0000	100	40
3	5.8000	110	44
4	5.5000	120	48
5	4.5000	130	52
6	3.0000	140	56
7	2.2000	150	60
8	1.1000	160	64
9	0.9000	170	68
10	0.7000	180	72
11	0.6000	190	76
12	0.5500	200	80
13	0.5000	210	84
14	0.4800	220	88
15	0.4500	230	92

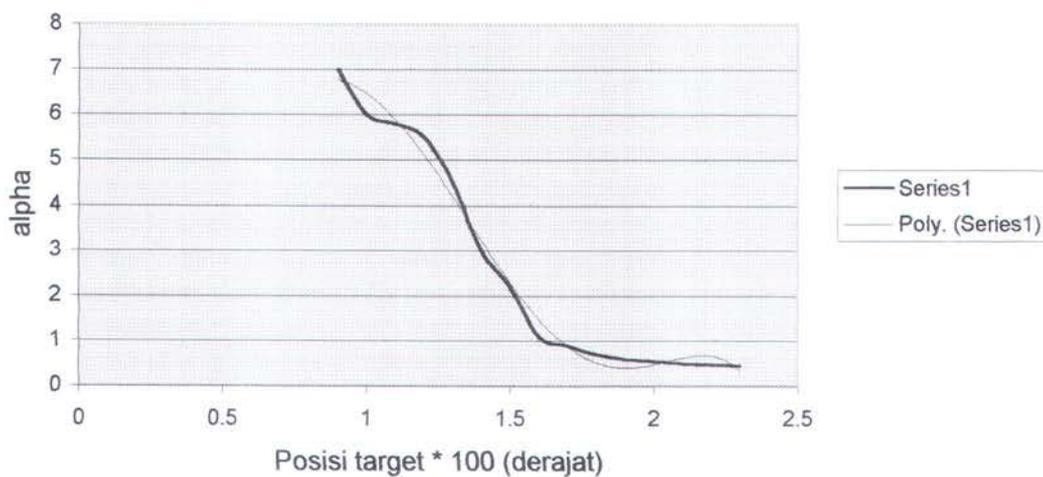
Dari tabel 3.1. dapat dibuatkan hubungan fungsional antara posisi pengereman (θ_P) dengan posisi target (θ_T) dan *alpha* (α) dengan posisi target (θ_T) .



Gambar 3.9 Hubungan fungsional *alpha* dengan posisi target

3.2.2. Perencanaan Perangkat Lunak Tahap II

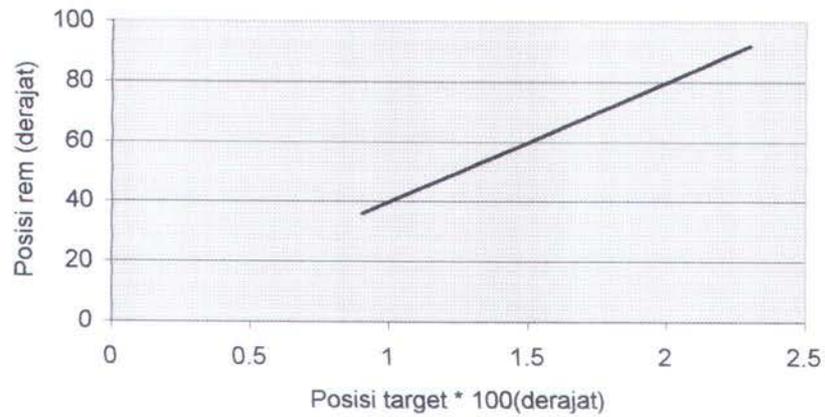
Tujuan perancangan perangkat lunak tahap kedua ini untuk membuat sistem kontroler dengan meregresi data hasil percobaan tahap pertama. Metode regresi yang digunakan regresi polinomial dalam orde lima, dengan menggunakan fasilitas MS *Excel*. Dari hasil regresi diperoleh grafik baru seperti pada gambar dibawah ini.



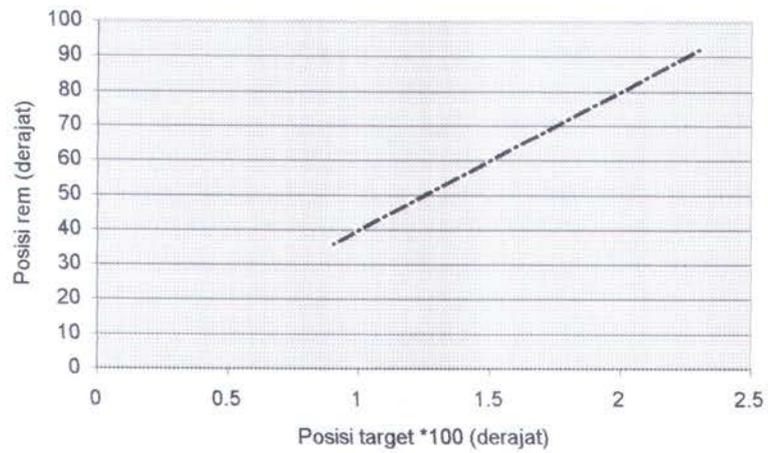
Gambar 3.10. Hubungan fungsional *alpha* dengan posisi target setelah regresi

Dari hasil regresi diperoleh suatu persamaan,

$$Y = -9.3432 x^5 + 62.834 x^4 - 153.3 x^3 + 163.5 x^2 - 76.227 x + 19.003 \quad (3.2)$$



Gambar 3.11. Hubungan fungsional posisi pengereman dengan posisi target

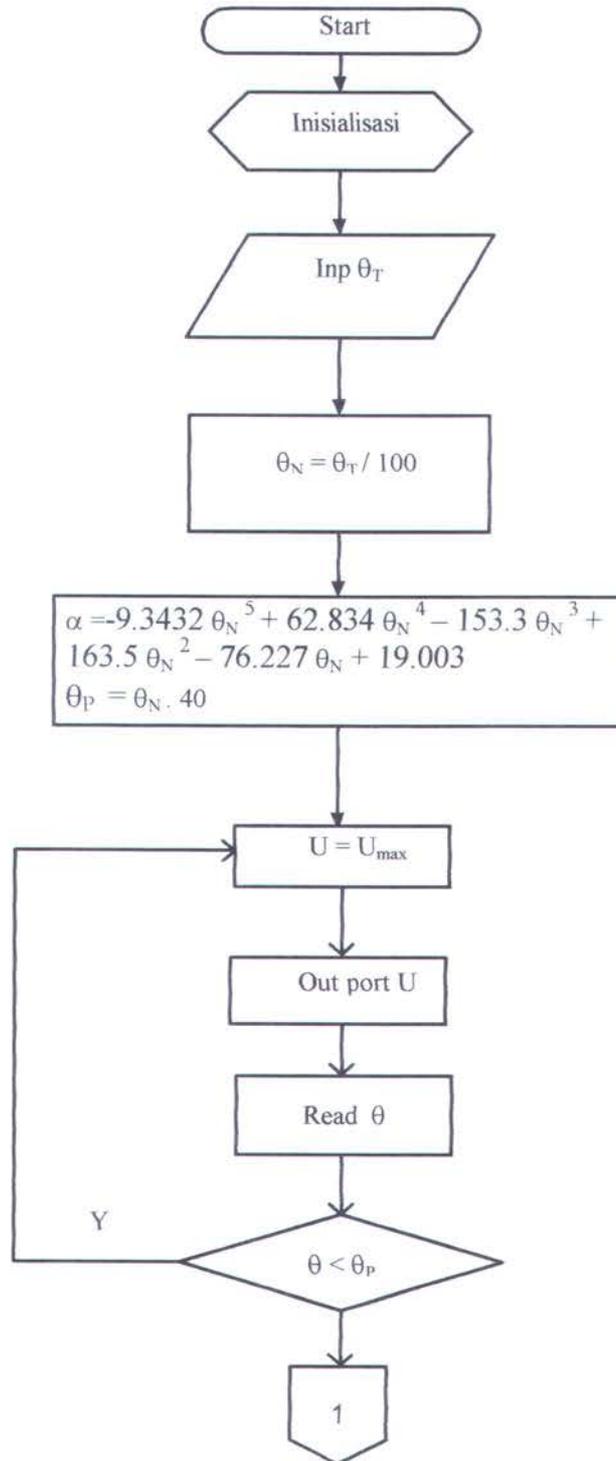


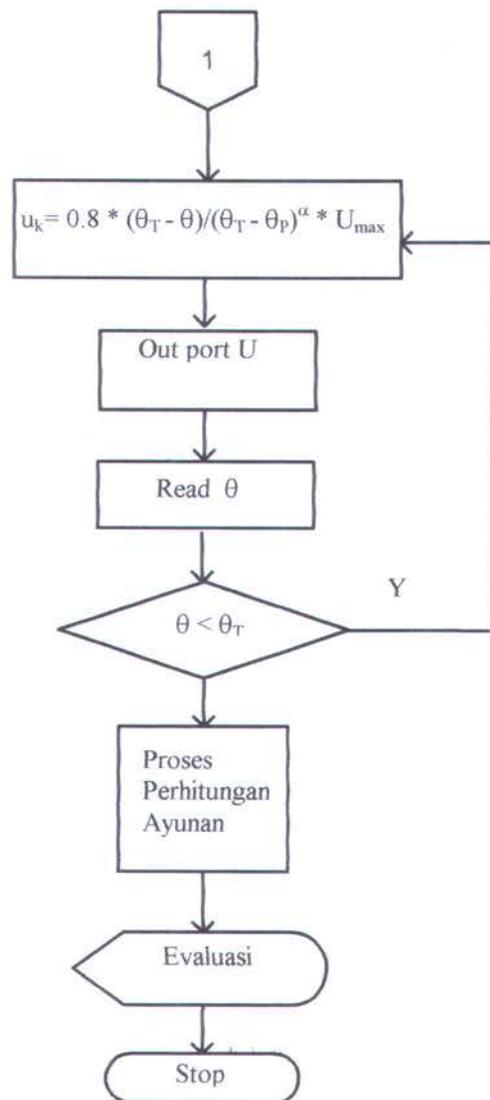
Gambar 3.12. Hubungan fungsional posisi pengereman dengan posisi target setelah regresi

Dari regresi diatas diperoleh persamaan dibawah ini,

$$y = 40 x \quad (3.3)$$

Dari persamaan (3.2) dan (3.3) dapat dibuatkan *flowchart* pengaturan posisi pengaturan posisi *crane* dibawah ini.





Gambar 3.13 *flowchart* pengaturan posisi pengaturan posisi crane

3.3. Kriteria Perancangan kontroler

Kriteria perancangan kontroler yang diharapkan adalah :

- Keadaan Steady state, Error steady state $< 5\%$.
- Ayunan *crane* dan waktu tempuh minimum.

BAB IV

PENGUJIAN, PENGUKURAN DAN ANALISA

4.1. Pengujian Perangkat Keras

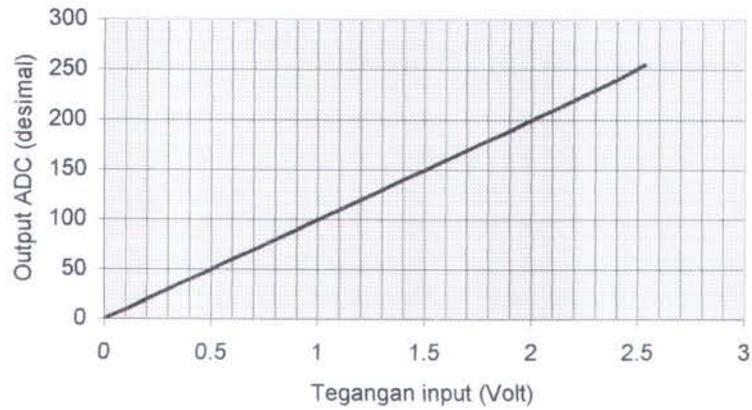
Pengujian perangkat keras dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat keras yang dibuat telah berfungsi sebagaimana mestinya. Untuk memperoleh hasil yang diharapkan perlu dilakukan kalibrasi, pengukuran pada setiap modul. Disamping itu perlu diketahui batas maksimum dan minimum yang diijinkan oleh sistem. Seluruh perangkat keras yang digunakan dalam sistem diharapkan benar-benar dalam keadaan baik.

4.1.1 Pengukuran ADC dan DAC

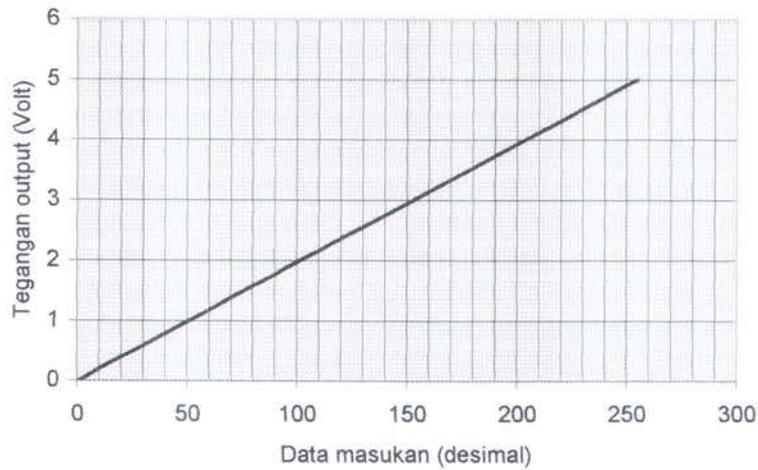
Pengukuran ADC/DAC bertujuan untuk mengkalibrasi perubahan besaran sinyal output DAC dengan sinyal ADC pada kondisi yang sama. Pengujian ADC dan DAC diterapkan langsung pada *plant* yaitu untuk mengatur sinyal *driver* (mengatur posisi *crane*) dilakukan dengan mengatur bit-bit DAC. Karena *crane* bergerak dengan posisi tertentu dan potensiometer yang terkopel langsung dengan poros motor akan menghasilkan tegangan, tegangan tersebut digunakan sebagai *feed back* (sensor posisi). Tegangan potensiometer yang masih berbentuk analog dikonverikan kembali dalam bentuk digital dengan menggunakan ADC.

Tegangan *feed back* (potensiometer) adalah 5 Volt, kemudian agar tegangan *feed back* tersebut diubah menjadi digital dengan menggunakan ADC. dikalibrasi menjadi 2.53 Volt pada saat posisi maksimum. Tegangan tersebut nantinya akan digunakan

sebagai tegangan kontrol. Untuk jelasnya hasil uji ADC dan DAC dapat dilihat pada Tabel 4.1, dan karakteristik ADC dan DAC dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Karakteristik ADC



Gambar 4.2 Karakteristik DAC

Tabel 4.1 Pengujian ADC dan DAC

Pengujian DAC

No	Input DAC (desimal)	Output DAC Volt
1	0	0.0011
2	1	0.0020
3	10	0.1959
4	20	0.3920
5	30	0.5880
6	40	0.7870
7	50	0.9820
8	60	1.1790
9	70	1.3780
10	80	1.5740
11	90	1.7680
12	100	1.9670
13	110	2.1600
14	120	2.3600
15	130	2.5500
16	140	2.7500
17	150	2.9500
18	160	3.1400
19	170	3.3400
20	180	3.5400
21	190	3.7300
22	200	3.9300
23	210	4.1300
24	220	4.3200
25	230	4.5200
26	240	4.7200
27	250	4.9200
28	255	5.0100

Pengujian ADC

No	Input (Volt)	Output (desimal)
1	0.0066	1
2	0.1000	10
3	0.2000	20
4	0.3000	30
5	0.4000	40
6	0.5000	50
7	0.6000	60
8	0.7000	70
9	0.8000	80
10	0.9000	90
11	1.0000	100
12	1.1000	110
13	1.2000	120
14	1.3000	130
15	1.4000	140
16	1.5000	150
17	1.6000	160
18	1.7000	170
19	1.8000	180
20	1.9000	190
21	2.0000	200
22	2.1000	210
23	2.2000	220
24	2.3000	230
25	2.4000	240
26	2.5300	255

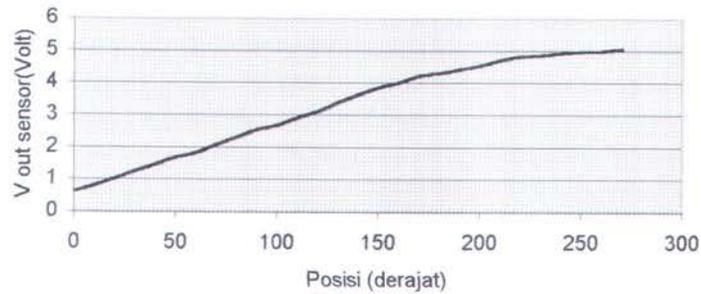
4.1.2. Pengukuran Potensiometer

Pengukuran tegangan *output* potensiometer sebagai sensor posisi dilakukan pada saat sudah terkopel dengan motor DC. Ini dimaksudkan juga untuk mengkalibrasi berapa tegangan *output* posisi *crane* pada posisi *crane* minimum sampai maksimum. Hasil pengukuran seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Pengukuran tegangan *output* dengan posisi

No	Posisi θ°	V out sensor volt
1	0	0.6200
2	10	0.8100
3	20	1.0200
4	30	1.2500
5	40	1.4600
6	50	1.6700
7	60	1.8200
8	70	2.0700
9	80	2.3200
10	90	2.5400
11	100	2.6800
12	110	2.9200
13	120	3.1200
14	130	3.4000
15	140	3.6300
16	150	3.8600
17	160	4.0100
18	170	4.2200
19	180	4.3000
20	190	4.4200
21	200	4.5400
22	210	4.7100
23	220	4.8200
24	230	4.8600
25	240	4.9200
26	250	4.9800
27	260	5.0000
28	270	5.0600





Gambar 4.3 Hubungan posisi *crane* dengan tegangan *output* sensor

4.2. Pengujian Sistem

Pengujian *plant* dilakukan 3 tahap, tahap pertama untuk mengetahui pengaruh nilai *alpha* (α) yang berubah-ubah, dengan posisi target, posisi rem tetap terhadap sinyal kontrol. Tahap kedua untuk mencari fungsi pengereman dengan nilai *alpha* (α) pada posisi target [90°, 100°, 110°, 120°, 130°, 140°, 150°, 160°, 170°, 180°, 190°, 200°, 210°, 220°, 230°, dan posisi rem [40% * posisi target] dengan kriteria ayunan dan waktu tempuh minimum. Tahap ketiga untuk mengetahui kecocokan atau kesesuaian variabel posisi target (θ_T), posisi pengereman (θ_p), *alpha* dengan kriteria *crane* ayunan dan waktu tempuh minimum setelah diregresi. Semakin tinggi orde regresinya semakin mendekati fungsi persamaan sesuai dengan hasil eksperimen. Dalam hal ini yang digunakan dengan orde lima.

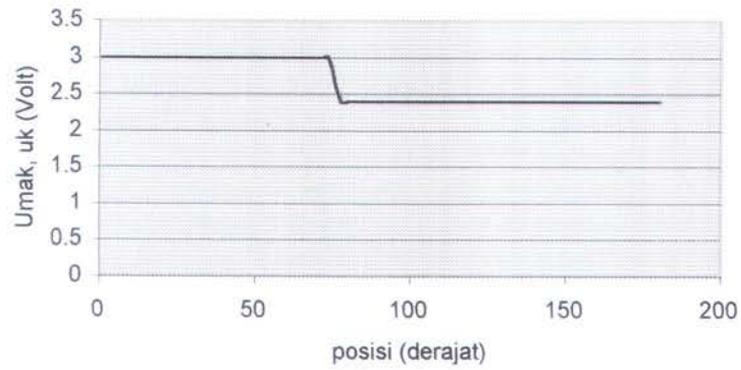
4.2.1. Pengujian tahap I

4.2.1.1. Pengujian pada posisi target 180°

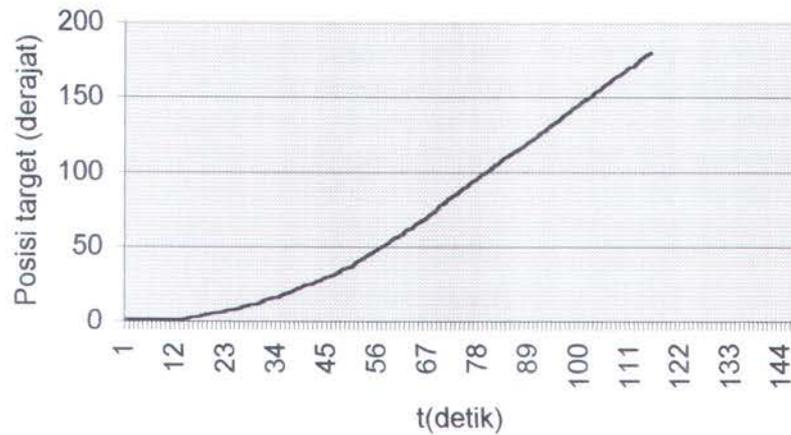
- Pengujian untuk $\alpha = 0$, Posisi Target: 180°, Posisi Rem: $40\% * 180^\circ = 72^\circ$

Waktu tempuh : 10 detik (115)

Osilasi saat berhenti: 11

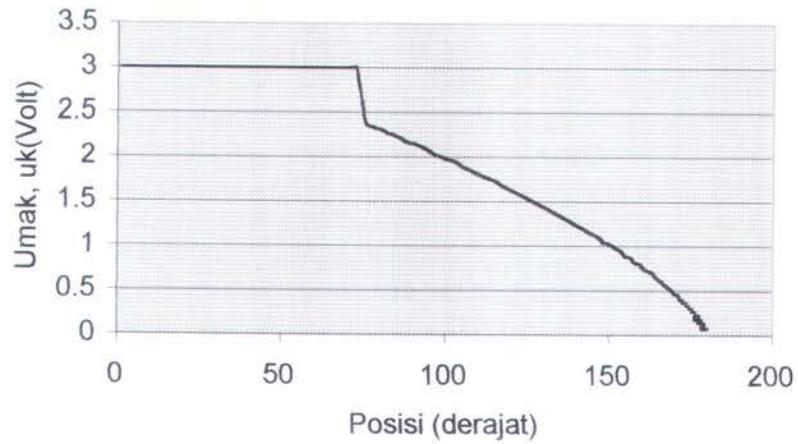


Gambar 4.4. Hubungan fungsional sinyal kontrol dengan Posisi target untuk $\alpha = 0$

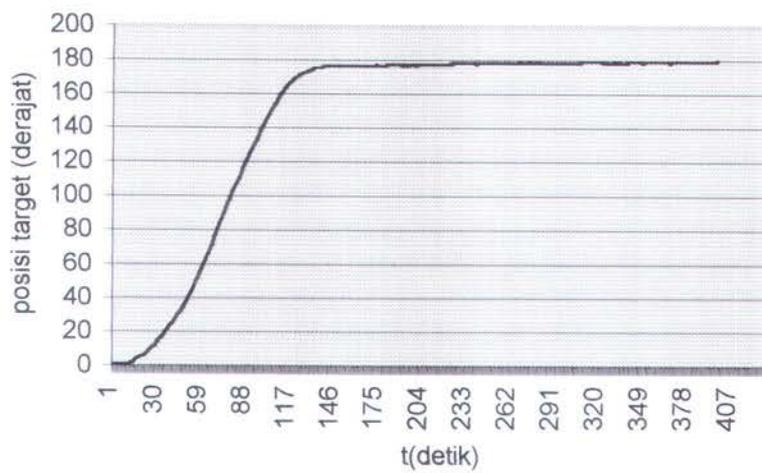


Gambar 4.5. Respon *Plant* untuk $\alpha = 0$

- Pengujian untuk α : 0.7, Posisi Target: 180° , Posisi Rem: $40\% \cdot 180^\circ = 72^\circ$
 Waktu tempuh : 13 detik (397)
 Osilasi : 1

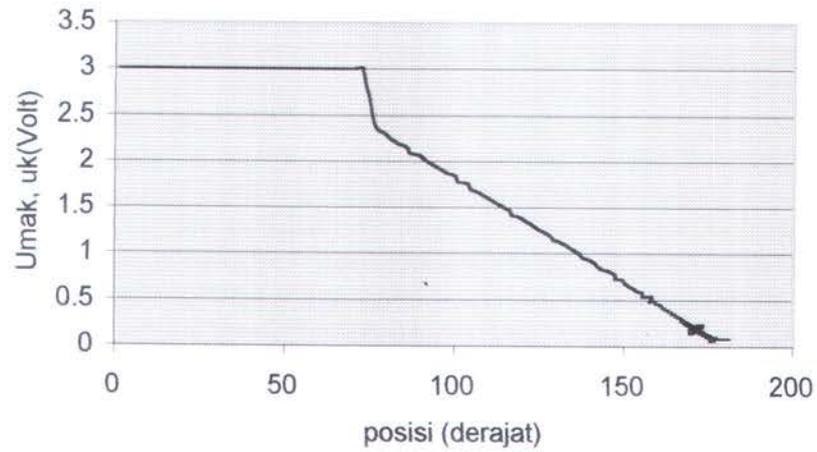


Gambar 4.6. Hubungan fungsional sinyal kontrol dengan Posisi target untuk $\alpha = 0.7$

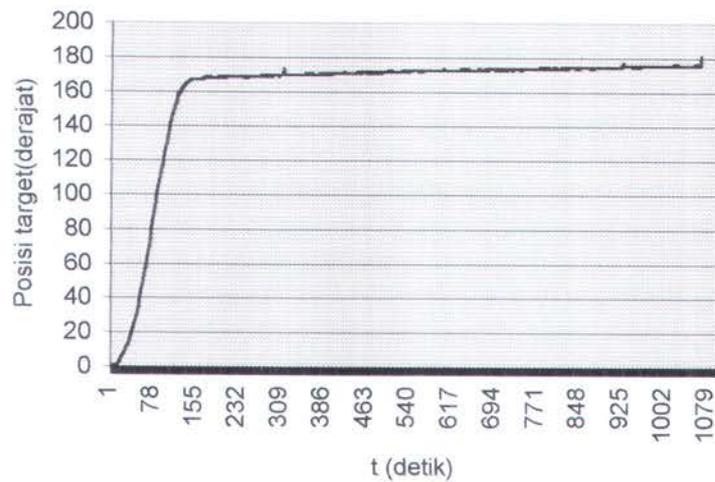


Gambar 4.7. Respon *Plant* untuk $\alpha = 0.7$

- Pengujian untuk $\alpha: 1$, Posisi Target: 180° , Posisi Rem: $40\% * 180^\circ = 72^\circ$
 Waktu tempuh : 20 detik (1064)
 Osilasi : 3

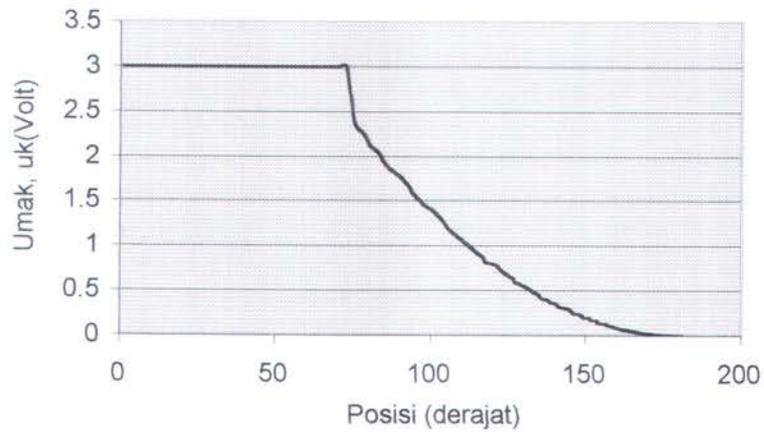


Gambar 4.8. Hubungan fungsional sinyal kontrol dengan Posisi target untuk $\alpha = 1$

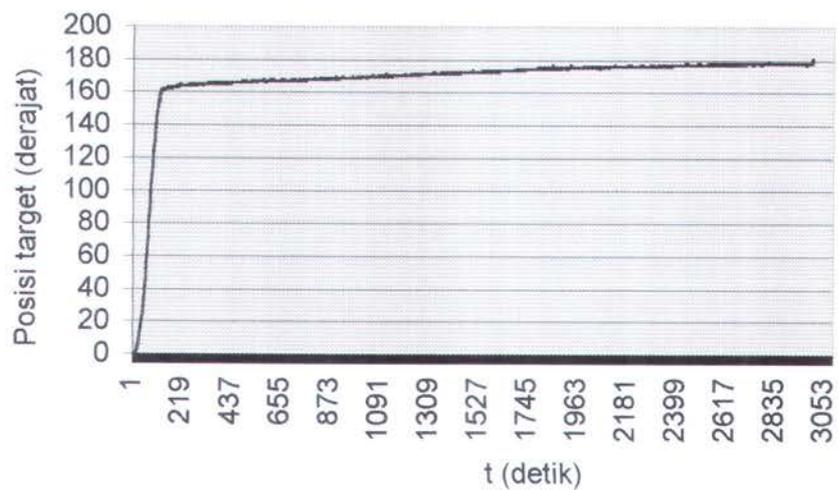


Gambar 4.9. Respon *Plant* untuk $\alpha = 1$

- Pengujian untuk $\alpha: 2$, Posisi Target: 180° , Posisi Rem: $40\% * 180^\circ = 72^\circ$
 Waktu tempuh : 60 detik (2995)
 Osilasi : 3



Gambar 4.10 Hubungan fungsional sinyal kontrol dengan posisi target untuk $\alpha = 2$



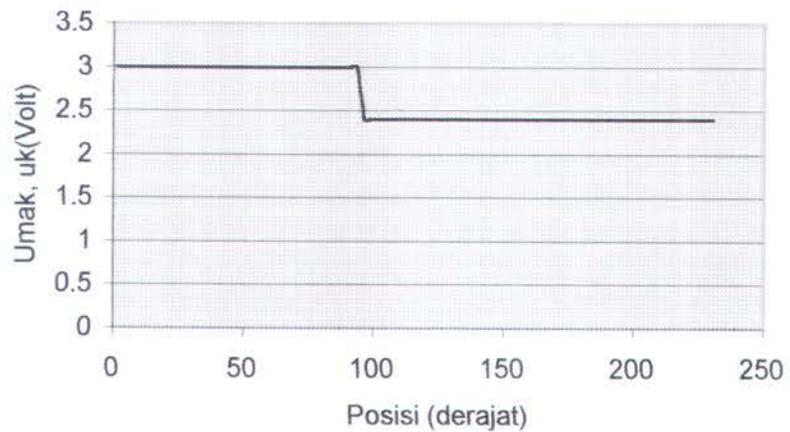
Gambar 4.11. Respon *Plant* untuk $\alpha = 2$

4.2.1.2. Pengujian pada posisi target 230°

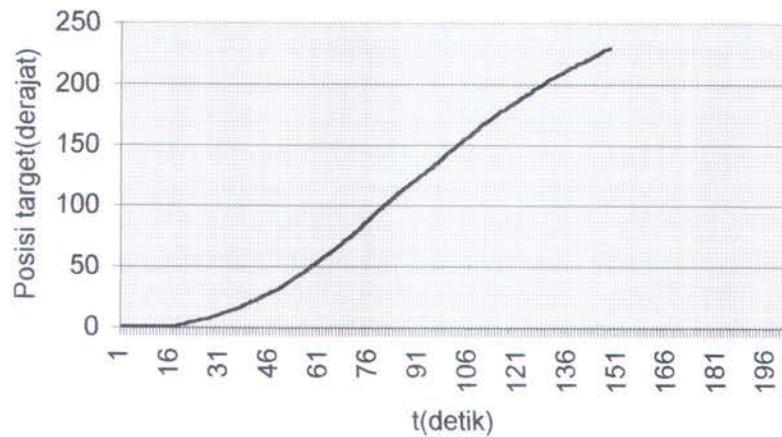
- Pengujian untuk $\alpha = 0$, Posisi Target: 230°, Posisi Rem: $40\% \cdot 180^\circ = 92^\circ$

Waktu tempuh : 32 detik (148)

Osilasi saat berhenti: 27

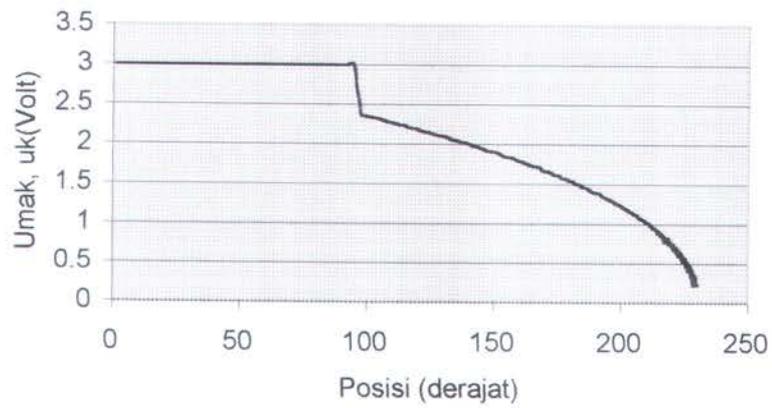


Gambar 4.12 Hubungan fungsional sinyal kontrol dengan posisi target untuk $\alpha = 0$

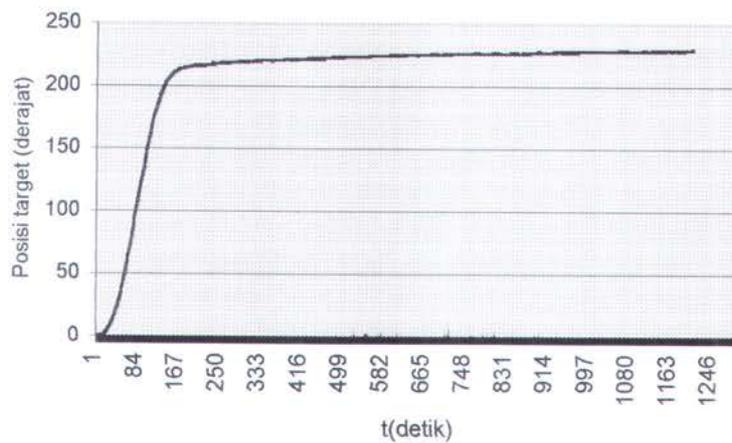


Gambar 4.13 Respon *Plant* untuk $\alpha = 0$

- Pengujian untuk $\alpha = 0.45$, Posisi Target: 230° , Posisi Rem: $40\% * 180^\circ = 92^\circ$
 Waktu tempuh : 24 detik (1205)
 Osilasi saat berhenti: 0

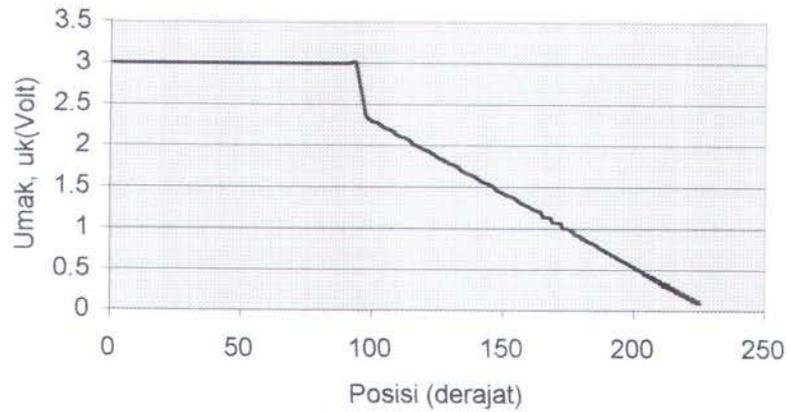


Gambar 4.14. Hubungan fungsional sinyal kontrol dengan posisi target untuk $\alpha = 0.45$

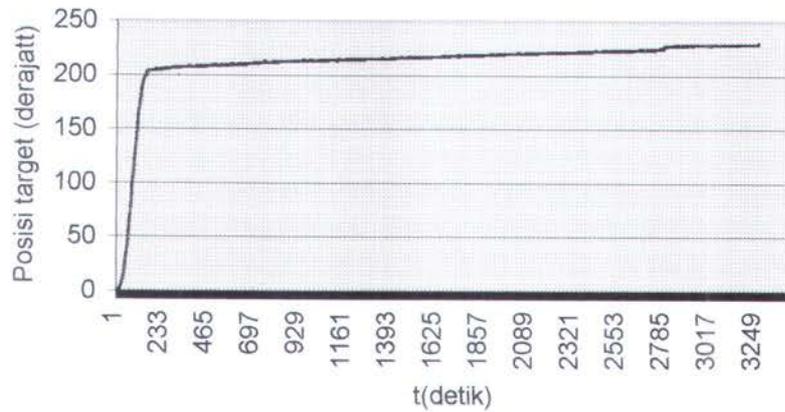


Gambar 4.15. Respon *Plant* untuk $\alpha = 0.45$

- Pengujian untuk $\alpha = 1$, Posisi Target: 230° , Posisi Rem: $40\% \cdot 180^\circ = 92^\circ$
 Waktu tempuh : 64 detik (3259)
 Osilasi : 3

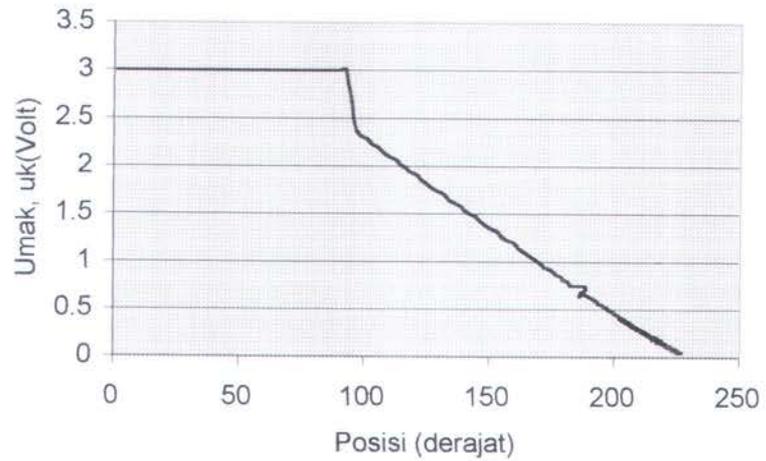


Gambar 4.16. Hubungan fungsional sinyal kontrol dengan posisi target untuk $\alpha = 1$

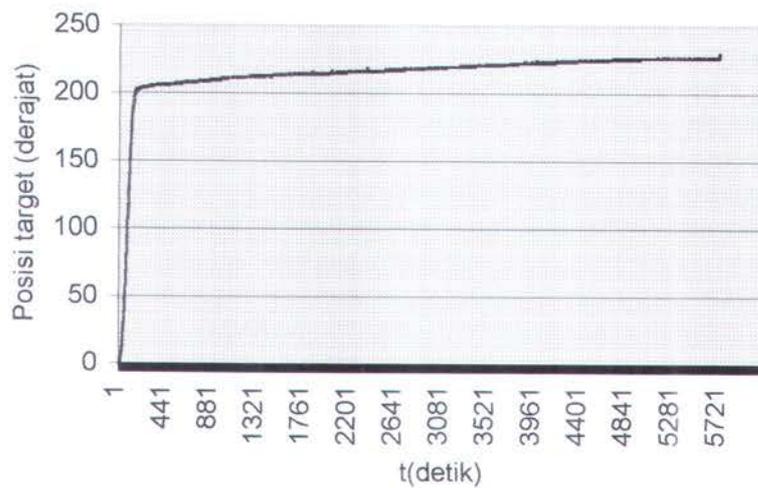


Gambar 4.17. Respon *Plant* untuk $\alpha = 1$

- Pengujian untuk $\alpha = 1.1$, Posisi Target: 230° , Posisi Rem: $40\% * 180^\circ = 92^\circ$
 Waktu tempuh : 114 detik (5710)
 Osilasi : 1



Gambar 4.18. Hubungan fungsional sinyal kontrol dengan posisi target untuk $\alpha = 1.1$



Gambar 4.19. Respon *Plant* untuk $\alpha = 1.1$

4.2.2. Pengujian tahap II

Tabel 4.3. Nilai α , posisi target, posisi pengereman, ayunan dan waktu.

No	α (α)	Posisi target θ_T (°)	Posisi Rem θ_P (°)	Jumlah ayunan total	Jumlah ayunan saat Mencapai posisi target	Waktu t(detik)
1	7	90	36	4	1	5
2	6	100	40	5	1	7
3	5.8	110	44	5	2	9
4	5.5	120	48	4	0	10
5	4.5	130	52	3	0	14
6	3	140	56	7	1	13
7	2.2	150	60	8	1	20
8	1.1	160	64	6	4	15
9	0.9	170	68	5	4	9
10	0.7	180	72	4	0	13
11	0.6	190	76	2	0	12
12	0.55	200	80	2	0	15
13	0.5	210	84	1	0	17
14	0.48	220	88	2	0	23
15	0.45	230	92	5	0	24

Tabel 4.4. Keadaan transien dan *steady state* sebelum regresi

No	Posisi target (°)	Transient (detik)		Steady State	
		T_s	τ	Steady State(°)	Ess(%)
1	90	4.2950	1.4317	90.5660	0.6200
2	100	4.0720	1.3570	100.0000	0.0000
3	110	5.6110	1.8700	110.3774	0.3430
4	120	6.5530	2.1800	120.7554	0.6289
5	130	3.0630	1.0210	130.1887	0.1451
6	140	4.6280	1.5420	141.5090	1.0780
7	150	4.8560	1.6180	150.9433	0.6280
8	160	3.4350	1.1450	160.3770	0.2350
9	170	7.5300	2.5100	170.7540	0.4430
10	180	4.3800	1.4600	180.1880	0.1040
11	190	4.6110	1.5370	190.5660	0.2970
12	200	6.0930	2.0310	203.7740	1.8800
13	210	5.1600	1.7200	210.3774	0.1790
14	220	5.2200	1.7400	220.7547	0.3430
15	230	5.6490	1.8830	230.1880	0.0800

4.2.3. Pengujian tahap III

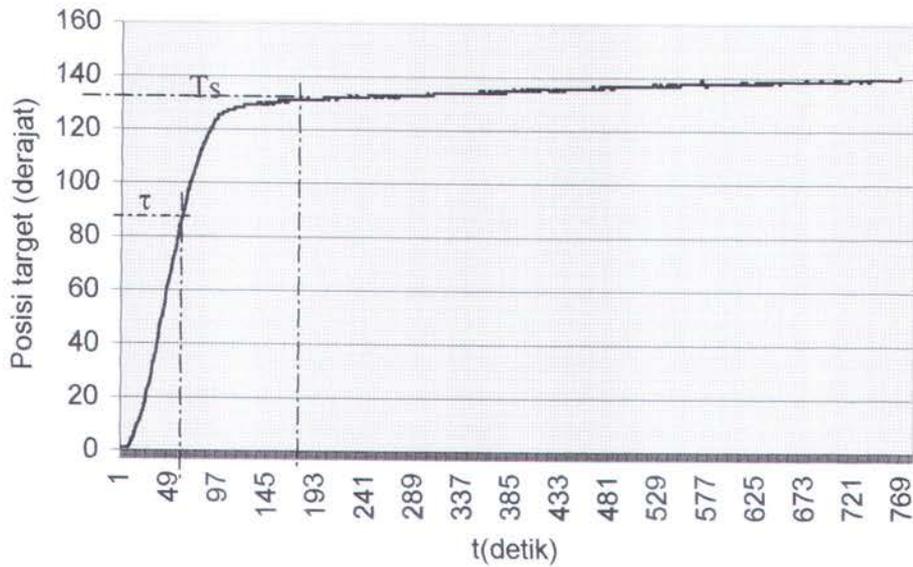
Pengujian ini untuk mengetahui kecocokan variable θ_P , θ_T , dan α setelah diregresi.

Tabel 4.5. Hasil pengujian setelah regresi.

No	Alpha (α)	Posisi target θ_T (°)	Posisi Rem θ_R (°)	Jumlah ayunan Total	Jumlah ayunan saat mencapai posisi target	Waktu t(detik)
1	6.7860	90.5660	36.2264	4	1	3
2	6.4668	100.1000	40.0400	4	1	5
3	5.8439	110.3774	44.1510	3	0	6
4	5.1119	120.7574	48.3030	3	1	11
5	4.1923	130.1887	52.0755	5	0	9
6	3.2231	140.5660	56.2264	3	1	16
7	2.2972	150.9434	60.3774	4	1	15
8	1.5010	162.2640	64.9056	3	1	12
9	0.9050	170.7547	68.3019	6	2	10
10	0.5480	180.1887	72.0755	5	5	9
11	0.4341	190.5660	76.2264	9	7	10
12	0.5106	200.0000	80.0000	2	1	5
13	0.6660	211.3208	84.5283	4	0	23
14	0.7152	220.7547	88.3019	3	0	87
15	0.3870	230.1887	92.0755	3	0	15

4.3. Analisa

Dari data percobaan diperoleh respon *plant* seperti dibawah ini :



- Menghitung τ

Posisi *steady state* = waktu (detik) = waktu sampling

$$140.566^\circ = 16 \text{ detik} = 764$$

$$\tau = 0.632 \times \text{posisi } \textit{steady state}$$

$$= 0.632 \times 140.556^\circ$$

$$= 88.83^\circ, \text{ posisi ini setara dengan waktu sampling } 61 \text{ (pada lampiran)}$$

$$\text{maka diperoleh } \tau = \frac{61}{764} \times 16$$

$$\tau = 1.2772 \text{ detik}$$

$$T_s = 3 \times \tau$$

$$= 3.832 \text{ detik}$$

- Menghitung Persentase *Error steady state*

$$\% E_{ss} = \frac{\text{Posisi steady state} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100 \%$$

$$\% E_{ss} = \frac{140.566 - 140}{140} \times 100 \%$$

$$E_{ss} = 0.4042 \%$$

Secara keseluruhan seperti pada tabel dibawah ini,

Tabel 4.6. Keadaan transien dan steady state setelah regresi

No	Posisi target ($^{\circ}$)	Transient (detik)		Steady State	
		Ts	τ	Steady State($^{\circ}$)	Ess(%)
1	90	2.5710	0.8570	90.5660	0.6288
2	100	3.5200	1.1760	101.1000	1.1000
3	110	3.5800	1.1950	110.3774	0.3430
4	120	3.7270	1.2420	120.7574	0.6311
5	130	3.3800	1.1270	130.1887	0.1510
6	140	3.3820	1.2770	140.5660	0.4420
7	150	3.8350	1.2780	150.9493	0.6289
8	160	3.7100	1.2380	160.2640	1.4150
9	170	5.7600	1.9300	170.7574	0.4439
10	180	8.0000	2.6660	180.1887	0.1048
11	190	9.0909	3.0303	190.5660	0.2970
12	200	4.2480	1.4160	200.0000	1.8800
13	210	4.4380	1.4790	211.3208	0.1790
14	220	4.8380	1.6120	220.7574	0.3430
15	230	4.8960	1.6320	230.1887	0.0820

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil percobaan dan analisa dapat diambil beberapa kesimpulan,

- *Error steady state* kurang dari 5 %, ini berarti hasil perancangan kontroler sesuai dengan yang dikehendaki.
- Diperoleh nilai parameter *alpha* (7,6, 5.8, 5.5, 4.5, 3, 2.2, 1.1, 0.9, 0.7, 0.6, 0.55, 0.5, 0.48, 0.45) yang sesuai dengan sudut target (90°, 100°, 110°, 120°, 130°, 140°, 150°, 160°, 170°, 180°, 190°, 200°, 210°, 220°, 230°) yang digunakan sebagai *data base* dalam pengaturan posisi *crane* berbasis pengetahuan.
- Dengan menggunakan fungsi koridor diperoleh fungsi pengereman sebagai sinyal kontrol sebagai berikut :

$$uk = \left(\frac{\theta_T - \theta}{\theta_T - \theta_P} \right)^\alpha * U_{mak} * 0.8$$

dengan mengubah-ubah nilai α diperoleh sinyal kontrol yang sesuai dengan posisi target dan meminimumkan ayunan yang terjadi pada *crane*.

- Terdapat perbedaan minimum jumlah ayunan sebelum regresi dengan setelah regresi, hal ini disebabkan adanya perbedaan parameter *alpha* (α) yang akan mempengaruhi sinyal kontrol.

5.2. Saran-Saran

- Tesis yang penulis kerjakan ini adalah pengaturan posisi *crane* lengan fleksibel dengan beban konstan, kedepan bisa kembangkan dengan beban berubah-ubah.
- Perlu dikembangkan metode untuk mengevaluasi fungsi *Knowledge Base* yang dapat memperbaiki bentuk fungsinya sendiri (*Adaptive Knowledge Base*), sehingga kegiatan eksperimen dapat dihilangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Albert Paul Malvino, Ph. D, 1994. "*Elektronika Komputer Digital*", cetakan kelima, edisi ketiga, penerbit Erlangga, Jakarta.
- [2] Charles L. Phillipps, Royce D. Harbour, 1998, Auburn University, University of West Florida, "*Sistem Kontrol Dasar*", Edisi bahasa Indonesia, Penerbit PT. Prenhaliindo, Jakarta.
- [3] Katsuhiko Ogata, 1996, "*Sistem pengaturan I, II*", Nassau Community Colledge Garden City, cetakaan ketiga.
- [4] Ronald J. Tocci, 1991. "*Digital System Principles and Application Fifth Edition*", Penerbit Prentice Hall International Edition.
- [5] Abdul Kadir, 1984, "*Mesin Arus Searah*", cetakan kedua, penerbit Djambatan.
- [6] Sumanto, 1991, "*Mesin Arus Searah*", edisi kedua, cetakan pertama, penerbit ANDI OFFSET, Yogyakarta.
- [7] J. Michael Jacob, Purdue University, 1989. "*Industrial Control Electronics Appllication and Design*". Prentice Hill International, Inc, London.
- [8] Usman Tahir, 2001, "*Memperkecil Rugi-rugi Daya dengan metode Heurisfik pada Motor Induksi melalui Slip Energi Recovery*" Tesis ITS
- [9] John Yen, Reza Langari, Lotfi A Zadeh, 1995, Industrial Application of Fuzzy Logic and Intelegent Systems, "*IEEE Neural Networks Council*", IEEE PRESS, New York.
- [10] Robert F. Coughlin, 1994. "*Penguat Operational dan Rangkaian Terpadu*".
- [11] Millman, Halkins, 1995. "*Elektronika Terpadu*", Penerbit Erlangga Jakarta.



- [12] Suparman, 1991 "*Mengenal Artificial Inteligence*", Penerbit ANDI OFFSET, Yogyakarta.
- [13] Malvino, Barmawi, 1991. "*Prinsip-Prinsip Elektronika*", Edisi ketiga, Jilid 2, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [14] Benjamin C. Kuo, 1998 . "*Teknik Kontrol Automatik*", Edisi Bahasa Indonesia, Jilid 1, Penerbit Prentice Hall Inc.
- [15] Avelino J. Gonzalez dan Douglas D. Dankel, 1993 "*The Engineering of Knowledge-based systems*", Penerbit Prentice Hall Inc.
- [16] Rusdhianto Effendi AK. 1999, "*Sistem pengaturan I*" Diktat Kuliah FTI ITS Surabaya.
- [17] Wah, Benjamin W, and C.V. Ranmoor, 1990, "*Computer For Artificial Intelegence Processing*", John Wiley & Son, Inc.
- [18], 1996, "*National Semiconductor Data Book*" National.