


**PENGONTROLAN POSISI SIMULATOR LENGAN ROBOT
BERBASIS IBM PC**

TUGAS AKHIR

OLEH :

**SAMUEL PRAMATA
93.50.005**



PERPUSTAKAAN 	No. INV.	20 / TE / 01
	No. PEN.	
	PARAP.	IGL. 308-101

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA
SEMARANG
2001**

PENGESAHAN

Tugas Akhir dengan judul **Pengontrolan Posisi Simulator Lengan Robot Berbasis IBM PC** diajukan untuk memenuhi sebagian dari persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi Teknik Elektro di Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Soegijapranata Semarang. Tugas Akhir ini disetujui pada tanggal Februari 2001.

Semarang, Februari 2001

Mengetahui / Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

(Dr. Ir. J. Sanubari, MSc)

(F. Budi Setiawan, ST. MT)

Dekan Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Soegijapranata


(Hamet Riyadi, MT)

INTISARI

Intisari tugas akhir ini adalah pengendalian posisi simulator lengan robot berbasis IBM PC dalam sistem koordinat $P(X,Y,Z)$. Simulator lengan robot adalah seperangkat persambungan mekanik yang sengaja dibuat untuk melakukan variasi gerakan yang terkendali seperti gerakan lengan manusia. Susunan kerangka utama lengan robot adalah pangkal lengan, tangkai lengan, pergelangan dan jari tangan. Masing-masing elemen kerangka memiliki sumbu-sumbu gerak atau persendian.

Ada tiga persendian yang dimiliki lengan robot yaitu persendian bagian bahu untuk menggerakkan pangkal lengan, persendian bagian siku untuk menggerakkan tangkai lengan dan persendian untuk menggerakkan pergelangan dan jari tangan. Ketiga persendian tersebut dikendalikan secara elektrik oleh tiga motor dc. Sedangkan tiga motor dc dikendalikan secara digital melalui sistem komputer agar dapat dioperasikan menjadi tiga keadaan yaitu motor berputar searah jarum jam, berlawanan jarum jam dan berhenti.

Komputer sebagai pusat kendali berfungsi menentukan simpangan sudut yang diinginkan θ_c . Simpangan sudut θ_c dipresentasikan sebagai data pemrograman yang harus dimasukkan ke komputer dengan menekan tombol *keyboard*. Lengan robot yang bergerak dengan simpangan sudut θ_L dalam suatu lingkungan terbuka (*volume*) akan mencapai titik posisi P yang secara geometris adalah sistem koordinat $P(X, Y, Z)$.

Sumbu $X-Y$ adalah area tangkai lengan robot untuk menuju titik posisi dengan orientasi gerakan bagian bahu ke kiri atau ke kanan secara horisontal. Simpangan sudut tangkai lengan robot sumbu $X-Y$ adalah θ_1 . Sumbu $X-Z$ adalah area tangkai

lengan robot untuk menuju titik posisi dengan orientasi gerakan bagian siku yaitu naik atau turun secara vertikal. Simpangan sudut tangkai lengan robot pada sumbu $X-Z$ adalah θ_2 . Sumbu $Y-Z$ adalah area tangkai lengan robot untuk menuju titik posisi dengan orientasi gerakan bagian bahu dan siku yaitu kiri-kanan dan naik-turun secara vertikal dan horisontal. Simpangan sudut tangkai lengan robot sumbu $Y-Z$ adalah θ_3 .

Adapun perangkat keras (*hardware*) yang dibutuhkan untuk implementasi sistem kendali digital diatas adalah satu unit IBM PC dengan slot perluasan, antarmuka PPI Intel 8255A, jaringan dekoder alamat, penyangga data 8 bit, rangkaian pengendali motor, rangkaian penguat operasi, *manipulator* lengan robot dan bahasa pemrograman (*software*).

Keistimewaan simulator lengan robot yang dikendalikan dengan komputer adalah gerakan yang dihasilkan menjadi bervariasi (dapat diprogram ulang) dan terkendali seperti pekerjaan robot industri dalam aplikasi “ambil dan letakkan”. Sedangkan kekurangannya adalah ketepatan simpangan aktual yang dihasilkan lengan robot tidak cukup baik oleh karena tidak menggunakan umpan balik secara langsung kepada rangkaian pengendalinya tetapi hanya metode pengamatan empiris.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadirat Tuhan Maha Esa atas segala berkat, rahmat dan kemurahan yang telah dilimpahkanNya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan penulisan Laporan Tugas Akhir ini.

Tujuan dari penyusunan dan penulisan Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi Teknik Elektro di Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis banyak mengalami kesulitan, hambatan dan tantangan akibat keterbatasan waktu, tempat dan biaya. Namun berkat bimbingan, dorongan dan bantuan dari berbagai pihak, akhirnya penulisan ini dapat diselesaikan. Untuk itu perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak / ibu :

1. Ir. Slamet Riyadi MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.
2. Dr. Ir. Junibakti Sanubari MSc selaku pembimbing utama.
3. Ir. Florentinus Budi MT selaku pembimbing kedua.
4. Ayahanda dan Ibunda tercinta atas segala doa, dorongan, motivasi, didikan, dan bimbingan secara rohani dan jasmani.
5. Effendi Sagala ST, Yuliati ST, Refritman B. Iman ST, Rosnaweti WG SPsi, Saulus, dan si bungsu Ruth Oktavina & Magdalena, sepupuku : Frankli Mantir, Joned, Aprianus Hangki, Pilonedi, Anne Silvia, Dewi Ambarwati dan seluruh kerabat yang ada di Palangkaraya Kalimantan Tengah.

6. Keluarga Bpk. Nursidi dan Pdt Hosea Hoo Tong Hien beserta seluruh anggota Jemaat GSJP Ngesrep yang kukasihi di dalam hati dan doaku.
7. Effridawati, SE yang tercinta dan tersayang sebagai sumber inspirasiku, Tyas, Tri, Desmia dan seluruh gank akuntansi '95 yang telah banyak menolong, memberi semangat dan motivasi.
8. Seluruh rekan-rekan mahasiswa FTI khususnya angkatan 1993, tim badminton, tim renang, tim sepak bola, laboran FTI : Achmad, Wiwid, Agung yang membantu dalam menyediakan fasilitas dan semua pihak yang tidak disebutkan namun telah banyak membantu dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini.

Semoga segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis, mendapat balasan yang sesuai dari Tuhan Yang Maha Esa.

Dalam kesempatan ini pula penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih kurang dari sempurna, oleh karena itu segala kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaannya sangat penulis harapkan.

Semarang, Februari 2001

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	I
HALAMAN PENGESAHAN	ii
INTISARI	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR ISTILAH	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xix
DAFTAR SIMBOL	xxi
BAB I : PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan Masalah	5
1.3 Manfaat Penelitian	6
1.4 Metodologi Penelitian	7
1.5 Sistematika Penyusunan Laporan Tugas Akhir	8
BAB II : SISTEM KENDALI DIGITAL	
2.1 Umum	10
2.2 Sistem Komputer	10
2.3 Bus perluasan	12

2.4	Peta Alamat I/O	15
2.5	Dekoder Alamat	16
2.5.1	Gerbang NOT	16
2.5.2	Gerbang NAND	18
2.6	Antarmuka	19
2.6.1	Antarmuka Serial	21
2.6.2	Antarmuka Paralel	24
2.7	Penyangga	26
2.8	Bahasa Pemrograman	27
2.9	Pengendali Motor DC	28
2.10	Motor DC	30
2.11	Rotasi Mekanik	33
2.12	Roda Gigi	34
BAB III	: SIMULATOR LENGAN ROBOT	
3.1	Umum	37
3.2	Persendian Lengan Robot	38
3.3	Titik Posisi Lengan Robot	44
3.4	Model Persendian Tunggal Lengan Robot	48
3.5	Pengendali Proporsional	49
3.6	Sistem Kendali Lengan Robot	50
BAB IV	: RANGKAIAN KENDALI DAN PEMROGRAMAN	
4.1	Umum	54
4.2	Perancangan	55

4.3	Isyarat Pulsa	56
4.4	Identifikasi Sistem	59
4.5	PPI Intel 8255A	62
4.6	Penahan Data	68
4.7	Pengendali Motor	70
4.8	Penguat Proporsional	72
4.9	Program Kendali	76
BAB V	: ANALISIS	
5.1	Umum	79
5.2	Analisis Kualitatif	79
5.2.1	Tanggapan Sistem Orde Dua	79
5.2.2	Waktu Tanggapan	83
5.2.3	Analisis Motor DC	86
5.3	Analisis Eksperimental	90
5.3.1	Pengamatan Empiris Terhadap Tanggapan Sistem ...	90
5.3.2	Pengamatan Empiris Terhadap Waktu Tanggapan ...	96
5.4	Analisis Kesalahan Stabil	99
BAB VI	: PENUTUP	
6.1	Kesimpulan	102
6.2	Saran-Saran	104

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

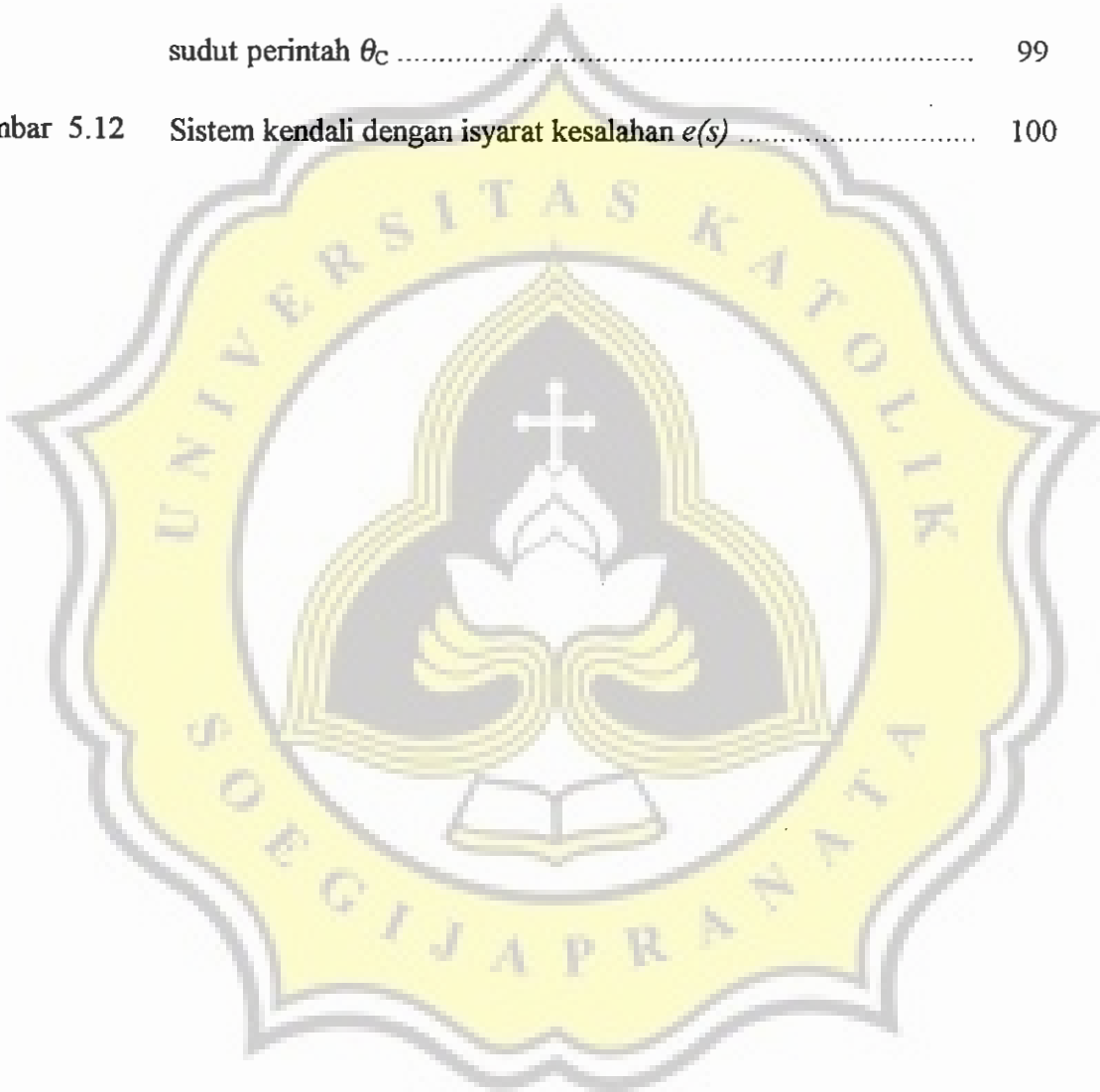
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Pengendalian posisi lengan robot berbasis komputer	3
Gambar 1.2	Blok diagram pengendalian posisi lengan robot	5
Gambar 2.1	Blok diagram sistem kendali digital lengan robot	10
Gambar 2.2	Susunan dasar perangkat keras komputer	11
Gambar 2.3	Konektor bus perluasan komputer	14
Gambar 2.4	Simbol logika gerbang NOT dan tabel kebenaran	17
Gambar 2.5	Simbol logika gerbang NAND dan tabel kebenaran	19
Gambar 2.6	Antarmuka terpeta memori dan antarmuka terisolasi	20
Gambar 2.7	Format karakter serial	21
Gambar 2.8	Alur pengendalian serial	22
Gambar 2.9	UART - pengirim penerima tak serempak	23
Gambar 2.10	Antarmuka paralel sederhana	24
Gambar 2.11	Antarmuka paralel yang dapat diprogram	25
Gambar 2.12	Blok diagram penyangga data 8 bit	26
Gambar 2.13	Rangkaian dasar pengendali motor dc	29
Gambar 2.14	Diagram motor dc	30
Gambar 2.15	Blok diagram motor dc	32
Gambar 2.16	Elemen - elemen rotasi mekanis	33
Gambar 2.17	Roda gigi	35
Gambar 2.18	Kopling roda gigi	35
Gambar 3.1	Kerangka lengan robot	37

Gambar 3.2	Persendian bagian bahu dengan gerak bebas kiri - kanan pada sumbu X-Y	41
Gambar 3.3	Persendian bagian siku dengan gerak bebas naik - turun pada sumbu Y-Z	42
Gambar 3.4	Persendian bagian pergelangan dan jari tangan dengan gerak bebas menjepit - melepas pada sumbu X-Y	43
Gambar 3.5	Dua derajat kebebasan gerak sendi tangkai lengan	44
Gambar 3.6	Tiga derajat kebebasan gerak sendi tangkai lengan	45
Gambar 3.7	Dua derajat kebebasan sendi pergelangan tangan dan jari tangan	46
Gambar 3.8	Blok diagram persendian tunggal lengan robot	49
Gambar 3.9	Pengendali proporsional pada sistem dengan beban inersia	50
Gambar 3.10	Tanggapan terhadap masukan undak satuan	50
Gambar 3.11	Sistem kendali lintasan terbuka persendian lengan robot	51
Gambar 3.12	Sistem kendali lintasan terbuka persendian tunggal dengan gangguan	53
Gambar 4.1	Blok diagram rangkaian kendali	54
Gambar 4.2	Susunan lengkap rangkaian kendali	55
Gambar 4.3	Bentuk isyarat undak E_1 yang dibangkitkan rangkaian kendali ..	56
Gambar 4.4	Isyarat pulsa E_1	57
Gambar 4.5	Isyarat pulsa yang diumpankan ke pengendali motor	58
Gambar 4.6	Pengaturan tegangan jangkar E_a dengan isyarat pulsa E_1	59
Gambar 4.7	Diagram PPI Intel 8255A	62
Gambar 4.8	Dekoder alamat dengan gerbang NOT dan NAND	66

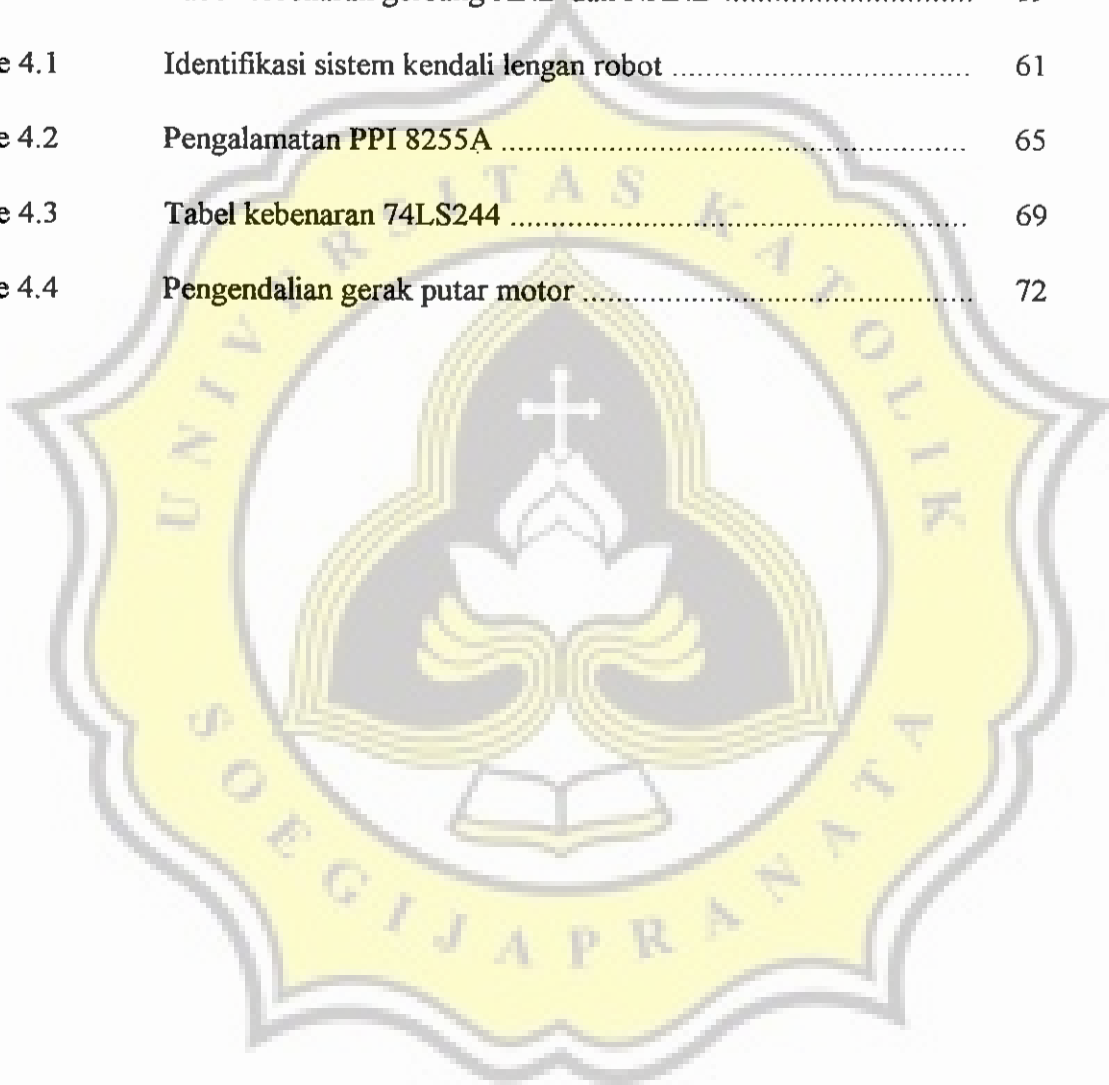
Gambar 4.9	Persambungan antara 8255A dengan slot IBM PC	66
Gambar 4.10	Format mode operasi 8255A	67
Gambar 4.11	Skematik penyangga 74LS244	68
Gambar 4.12	Persambungan antara 74LS244 dengan 8255A	69
Gambar 4.13	Skematik pengendali BA6208	70
Gambar 4.14	Persambungan antara 3 keping pengendali BA6208 dengan 74LS244	71
Gambar 4.15	Rangkaian dasar penguat proporsional dengan op-amp.....	72
Gambar 4.16	Rangkaian penguat proporsional	74
Gambar 4.17	Rangkaian penguat proporsional untuk motor dc	75
Gambar 4.18	Diagram alir program kendali posisi simulator lengan robot	77
Gambar 5.1	Tanggapan sistem kendali lengan robot terhadap isyarat undak .	83
Gambar 5.2	Tanggapan sistem kendali lengan dengan redaman kurang	86
Gambar 5.3	Torsi yang dibangkitkan dari motor dc, roda gigi dan beban	86
Gambar 5.4	Torsi yang dibangkitkan dari motor dc, pegas, roda gigi dan beban	87
Gambar 5.5	Torsi τ yang diberikan untuk mengangkat lengan robot	89
Gambar 5.6	Bentuk gelombang isyarat E_1	92
Gambar 5.7	Diagram pengamatan empiris untuk simpangan sudut aktual dengan resolusi waktu = sudut	94
Gambar 5.8	Pengamatan empiris untuk kalibrasi sudut dengan resolusi waktu = sudut	95
Gambar 5.9	Diagram pengamatan empiris terhadap waktu tanggapan	

	motor dc	96
Gambar 5.10	Prosedur pengamatan waktu naik, waktu puncak dan waktu stabil	97
Gambar 5.11	Grafik kesalahan simpangan sudut aktual θ_L dan simpangan sudut perintah θ_C	99
Gambar 5.12	Sistem kendali dengan isyarat kesalahan $e(s)$	100



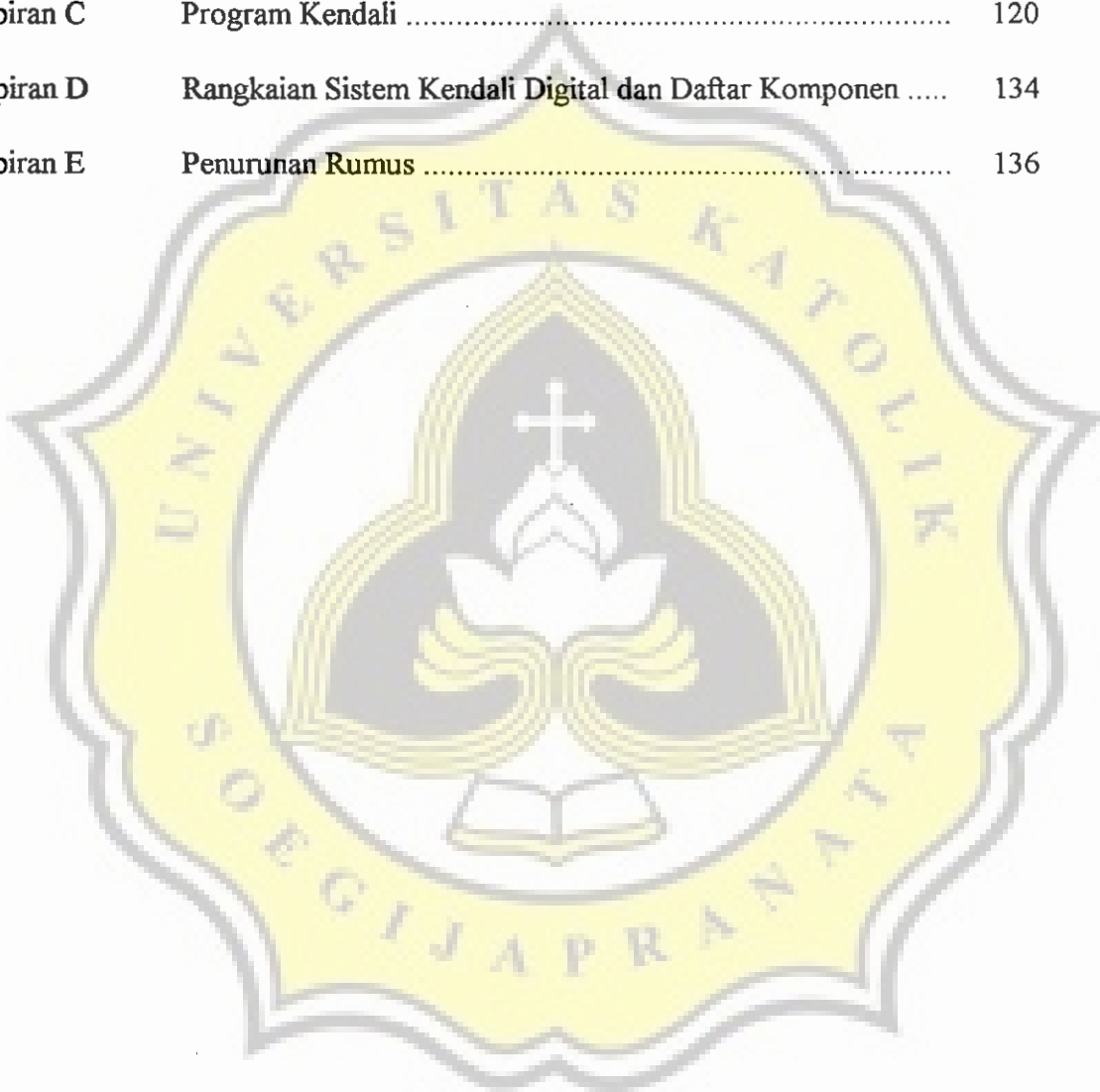
DAFTAR TABEL

Table 2.1	Peta alamat I/O sistem komputer	15
Table 2.2	Tabel kebenaran gerbang NOT	17
Table 2.3	Tabel kebenaran gerbang AND dan NAND	19
Table 4.1	Identifikasi sistem kendali lengan robot	61
Table 4.2	Pengalamatan PPI 8255A	65
Table 4.3	Tabel kebenaran 74LS244	69
Table 4.4	Pengendalian gerak putar motor	72



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Data Pengamatan	106
Lampiran B	Grafik Pengamatan	117
Lampiran C	Program Kendali	120
Lampiran D	Rangkaian Sistem Kendali Digital dan Daftar Komponen	134
Lampiran E	Penurunan Rumus	136



DAFTAR ISTILAH


Alternating current	Arus bolak balik
Address enable	Pengaktif alamat
Address latch enable	Pengaktif penahan alamat
Actuator	Penggerak
Adapter	Penyesuai
Address	Alamat
Array	Larik
Assembling	Perakitan
Basic input output system	Sistem untuk masukan keluaran dasar
Bi-directional	Isyarat dua arah
Bit	Istilah untuk angka biner 1 dan 0
Buffer	Penyangga data
Byte	Word delapan bit
Central processing unit	Unit pengolah pusat
Chip select	Pemilih serpih
Clock	Pulsa
Clock wise	Searah jarum jam
Counter clock wise	Berlawanan arah jarum jam
Degree of freedom	Derajat kebebasan
Direct current	Arus searah
Direct memory access	Akses memori langsung
Disable	Tidak diaktifkan
Disk operating sistem	Disk sistem operasi
DMA acknowledge	Pengenal DMA
DMA request	Permintaan DMA
Driver	Pengendali
Driver bus	Pengendali bus
Duty cycle	Siklus tugas
Enable	Diaktifkan
Energy magnetik force	Energi gaya magnet
Error	Kesalahan
Fan-in	Saluran masukan untuk arus tinggi
Fan-out	Saluran keluaran dengan arus tinggi
Forced labor	Tenaga kuli
Gain	Penguatan
Ground	Tanah / netral
Handshaking	Jabat tangan
Hardware	Perangkat keras
High	Isyarat logika tinggi
I/O channel check	Saluran I/O diperiksa
I/O channel ready	Saluran I/O siap pakai
Input	Masukan
Input output read	Pembacaan masukan / keluaran

Input output write	Penulisan masukan / keluaran
Inport()	Instruksi untuk membaca dari port()
Integrated circuit	Rangkaian terpadu
Intellegent robots	Robot-robot cerdas
Interface	Antarmuka
International bussiness machine	Jenis/merk komputer bisnis standar
Interrupt request	Permintaan interupsi
Invert bubble	Gelembung pembalik
Keyboard	Papan ketik
Latch	Penahan
Low	Isyarat logika rendah
Manipulator	Mekanik lengan robot
Memory read	Pembacaan memori
Memory write	Penulisan memori
No connection	Tidak ada hubungan
Off	Mati / tidak menghantar
On	Hidup / menghantar
Open environment	Lingkungan terbuka
Operational amplifier	Penguat operasi
Oscillator	Pembangkit denyut pulsa
Outport()	Instruksi untuk menulis ke port()
Output	Keluaran
Overdamped	Redaman lebih
Peak time	Waktu puncak
Personal computer	Komputer pribadi
Phase-lead	Fasa mendahului
Port	Terminal
Positive-going	Isyarat pulsa dengan sisi naik
Power	Daya
Programmable input / output	Masukan / keluaran yang dapat diprogram
Programmable peripheral interface	Piranti antarmuka yang dapat diprogram
Proportional derivatif	Penguat diferensial
Pulse width modulation	Modulasi lebar pulsa
Random access memory	Akses memori acak
Range	Area / jangkauan
Read	Baca
Read only memory	Memory hanya dibaca
Read status	Status baca
Reserved	Alamat kosong
Reset	Mengulang kembali
Rise time	Waktu naik
Rotation per minutes	Putaran per menit
Signal	Isyarat
Software	Perangkat lunak
Start	Mulai

Steady state	Kedaaan tunak
Steady time	Waktu tunak
Stop	Berhenti
Tachometer	Alat pengukur kecepatan putaran
Time resolution unit	Unit resolusi berdasarkan waktu
Underdamped	Redaman kurang
Universal asynchronous receiver transmitter	Pengirim-penerima tak serempak
Universal synchronous asynchronous receiver transmitter	Pengirim-penerima serempak - tak serempak
Voltage	Tegangan
Voltage gain	Penguatan tegangan
Volume	Ruang tiga dimensi
Wait state	Kedaaan tunggu
Word	Kombinasi empat bit
Write	Tulis
Write status	Status tulis

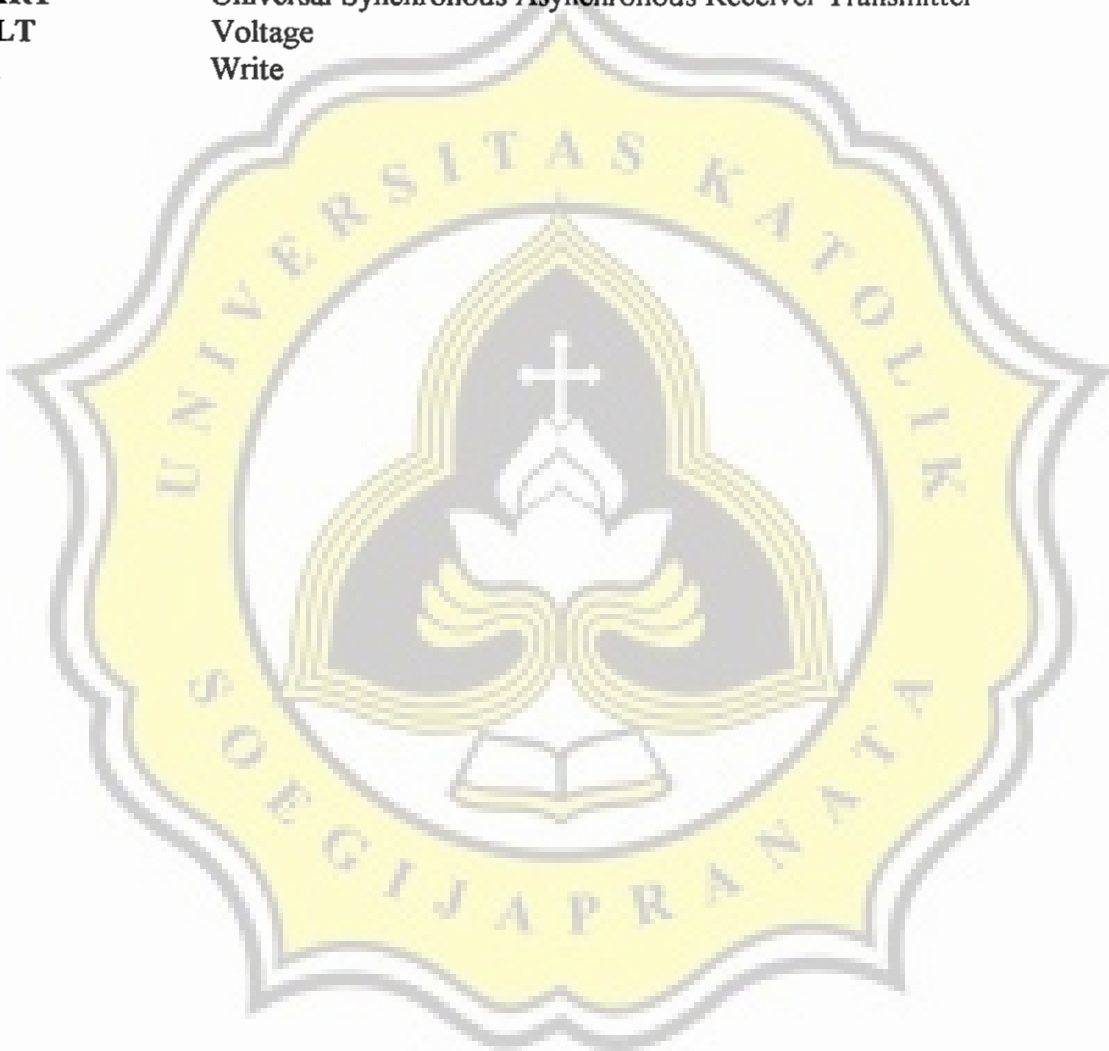


DAFTAR SINGKATAN



AMP	Ampere
AC	Alternating Current
AEN	Address Enable
ALE	Address Latch Enable
BIOS	Basic Input Output System
CCW	Counter Clock Wise
CLK	Clock
CPU	Central Processing Unit
CS	Chip Select
CW	Clock Wise
DACK	DMA Acknowledge
DC	Direct Current
DMA	Direct Memory Access
DOS	Disk Operating Sistem
DRQ	DMA Request
DRV	Drive
EMF	Energy Magnetik Force
EN	Enable
GND	Ground
IBM	International Machine Bussiness
I/O	Input / Output
I/O CH CK	I/O Channel Check
I/O CH RDY	I/O Channel Ready
IC	Integrated Circuit
IN	Input
IOR	Input Output Read
IOW	Input Output Write
IRQ	Interrupt Request
KG	Kilogram
LIM	Limit
MEMR	Memory Read
MEMW	Memory Write
NC	No Connection
NPN	Negative - Positive - Negative
OP-AMP	Operational Amplifier
OSC	Oscillator
OUT	Output
PC	Personal Computer
PD	Proportional Derivatif
PIO	Programmable Input Output
PPI	Programmable Peripheral Interface
PWM	Pulse Width Modulation
RAD	Radian

RAM	Random Access Memory
RD	Read
ROM	Read Only Memory
RPM	Rotation per Minutes
SAT	Saturasi
TC	Terminal Count
TRU	Time Resolution Unit
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter
VOLT	Voltage
WR	Write



DAFTAR SIMBOL

α_{ref}	Data sudut acuan
θ_C	Simpangan sudut yang diinginkan atau yang diperintahkan
θ_L	Simpangan sudut aktual lengan robot
$\theta_1, \theta_2, \theta_3$	Simpangan sudut tangkai lengan robot pada sumbu $X-Y, X-Z, Y-Z$
θ_{KN}, θ_{KR}	Simpangan sudut tangkai lengan terhadap sumbu $X-Y$
θ_N, θ_T	Simpangan sudut tangkai lengan terhadap sumbu $Y-Z$
θ_{JL}	Simpangan sudut yang dihasilkan jari tangan terhadap sumbu $X-Y$
$\phi(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$	Vektor sudut posisi $(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$ tangkai lengan robot
(P, ϕ)	Analogi antara $P(X, Y, Z)$ dengan $\phi(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$
$P(X, Y, Z)$	Titik P dalam sistem koordinat (X, Y, Z)
$P(X_i, Y_i)$	Titik posisi tangkai lengan terhadap sumbu $X-Y$
$P(X_i, Y_i, Z_i)$	Titik posisi tangkai lengan terhadap sumbu $X-Y-Z$
R_L	Panjang tangkai lengan
R_{JL}	Panjang jari tangan
$X-Y, X-Z, Y-Z$	Sumbu $X-Y, X-Z, Y-Z$
X_i, Y_i, Z_i	Mekanisme planar posisi lengan robot terhadap sumbu $X-Y-Z$
$X_i', Y_i', Z_i', P',$ $X_{i,1}', Y_{i,1}', Z_i'$	Turunan waktu untuk kecepatan posisi (X, Y, Z)
ϕ	Fluks medan
θ, θ_m	Sudut, sudut poros motor
$d\theta/dt$	Kecepatan sudut poros
ω	Kecepatan sudut
B	Koefisien gesekan
$E_a, E_a(t), E_a(s)$	Tegangan jangkar motor
E_m	Tegangan balik motor
g	Gravitasi
I_a	Arus jangkar
J	Momen inersia
K, K_c, K_m, K_i	Parameter / konstanta motor
l	Panjang
L_a	Induktansi jangkar
M	Massa
M_1, M_2, M_3	Motor
n	Rasio roda gigi
r	Radius / diameter
R_a	Tahanan jangkar
$\tau, T(t), T(s)$	Torsi
β	Faktor redaman
π	Phi

$D(t), D(s)$	Isyarat gangguan
$e, e(t), e(s), e_{ss}$	Isyarat kesalahan
$f^1(s), s, 1/s$	Fungsi dalam transformasi Laplace
$f(t)$	Fungsi dalam kawasan waktu
$G(s), G_{PD}(s)$	Fungsi alih
K_p	Konstanta penguatan proporsional
M_p	Lewatan maksimum
t_r, t_p, t_s, t_n	Waktu naik, waktu puncak, waktu stabil, waktu proses
W_d	Frekuensi natural teredam
W_n	Frekuensi natural

A	Ampere
A_{CL}	Penguatan umpan balik tertutup
$A_9 \dots A_0$	Alamat9 ... Alamat0
$B - C - E$	Basis, Collector, Emitter
C, C_i, C_r	Kapasitor, kapasitor masukan, kapasitor umpan balik
$E_6 \dots E_1$	Isyarat yang dibangkitkan dari terminal keluaran 8255A
d	Lebar denyut isyarat
D	Siklus tugas
$D_7 \dots D_0$	Data7 ... Data0
E, V	Tegangan
f	Frekuensi
h_{fe}	Penguatan transistor
I, I_B, I_C, I_E	Arus, arus basis, arus collector, arus emitter
PA, PB, PC	Terminal keluaran serba guna 8255A
Q	Transistor
R, R_i, R_f	Perioda
T	Tahanan, tahanan masukan, tahanan umpan balik
V_{CC}	Catu daya
Z, Z_i, Z_r	Impedansi, impedansi masukan, impedansi umpan balik