



**SISTEM PENGENDALI MANIPULATOR LENGAN ROBOT
DENGAN KONTROLLER PROPORSIONAL INTEGRAL DAN
DERIVATIF (PID)**

SKRIPSI

Oleh

Lutfi Rochman

NIM 051910201044

**PROGRAM STUDI STRATA I TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2013**



**SISTEM PENGENDALI MANIPULATOR LENGAN ROBOT
DENGAN KONTROLLER PROPORSIONAL INTEGRAL DAN
DERIVATIF (PID)**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi syarat – syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata I Teknik Elektro
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Lutfi Rochman
NIM 051910201044

**PROGRAM STUDI STRATA I TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2013**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini merupakan karya tulis yang sangat berharga dan menjadi pengalaman yang tak terlupakan dalam hidup ini yang memberikan motivasi dan inspirasi untuk kemajuan yang lebih baik. Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tuaku, Ayahanda H. Nur kho'id dan Ibundaku Hj. Musti Sa'adah, terima kasih telah memberikan semangat, dukungan dan doanya hingga studi penulis dapat terselesaikan
2. Dwi Putri Lestari, istriku tercinta yang setiap saat tidak pernah lelah mencintai dan memotivasi penulis beserta calon bayiku yang akan segera lahir beberapa bulan lagi.
3. Para kerabat dan Keluarga besar baik yang di Surabaya maupun di Jember yang masih menjunjung tinggi tali silaturahmi.
4. Keluarga besar ustadz Khoirul Hadi terimakasih atas keramahan dan kekeluargaannya selama penulis menempuh studi.
5. Teman-teman pejuang Markaz Annahlah dan IMM Teknik Unej terima kasih atas sharing ilmu dan pengalamannya.
6. Sobat-sobat elektro '05 yang selama ini telah berjuang bersama yang merupakan teman terbaik penulis yang tak akan pernah terlupakan.
7. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.
8. Dan semua orang yang menyempatkan diri membaca skripsi ini.

MOTTO

“Tidak ada balasan kebaikan kecuali kebaikan (pula).
Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan?”
(Ar Rohman (55):60-61)

“Man Jadda Wa Jadda
Siapa yang sungguh-sungguh ia pasti akan meraihnya”
(Pepatah Arab)

“Boleh jadi kamu tiada menyukai sesuatu, padahal baik bagimu dan
boleh jadi kamu menyukai sesuatu padahal tidak baik bagimu.
Tapi Allah mengetahui dan kamu tiada mengetahui”
(Al Baqarah (2):216)

“Rahasia jiwa adalah kehidupan dari hati”
(El Rohman)

“Hidup cuma sekali.. hidup mulia dan berarti... setelah itu mati...”
(El Rohman)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Lutfi Rochman

NIM : 051910201044

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “*Sistem Pengendali Manipulator Lengan Robot Dengan Kontroller Proporsional Integral Dan Derivatif (PID)*” adalah benar-benar hasil karya sendiri kecuali jika dalam pengutipan subtransi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, September 2013

Yang menyatakan,

Lutfi Rochman

NIM 051910201044

SKRIPSI

**SISTEM PENGENDALI MANIPULATOR LENGAN ROBOT
DENGAN KONTROLLER PROPORSIONAL INTEGRAL DAN
DERIVATIF (PID)**

Oleh

Lutfi Rochman

NIM 051910201044

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Bambang Supeno, ST., MT.

Dosen Pembimbing Anggota : Satryo Budi Utomo, ST., MT.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Sistem Pengendali Manipulator Lengan Robot Dengan Kontroller Proporsional Integral Dan Derivatif (PID)*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember Pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 28 Maret 2013

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Pembimbing Utama (Ketua Penguji)

Pembimbing Anggota (Sekretaris)

Bambang Supeno, ST., MT.

NIP. 19690630 199512 1 001

Satryo Budi Utomo, ST., MT.

NIP. 19850126 200812 1 002

Mengetahui,

Penguji I

Penguji II

Ir. Widyono Hadi, MT

NIP. 19610414 198902 1 001

Sumardi, ST., MT.

NIP. 19670113 199802 1 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik

Ir. Widyono Hadi, MT

NIP. 19610414 198902 1 001

SISTEM PENGENDALI MANIPULATOR LENGAN ROBOT DENGAN KONTROLLER PROPORSIONAL INTEGRAL DAN DERIVATIF (PID)

Lutfi Rochman

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Otomatisasi dalam bidang industri merupakan dampak dari perkembangan teknologi yang semakin pesat kecanggihannya. Muncul berbagai macam robot yang disesuaikan dengan kebutuhan manusia pada umumnya, fungsi dan bentuknya beraneka ragam. Robot industri juga dibutuhkan sekali keberadaannya terutama untuk berbagai macam tingkat kesulitan dan kerumitan yang sulit untuk dilakukan oleh manusia sebagai subyek pekerja. Salah satu diantaranya ialah robot manipulator dengan derajat kebebasan tertentu, memiliki bentuk menyerupai lengan manusia. Manipulator robot lengan merupakan suatu struktur mekanik yang terdiri atas beberapa badan kaku yang disebut *link*, antara satu dengan lainnya dihubungkan oleh sendi (*joint*). Lengan inilah yang akan melakukan pergerakan, pergelangan (*wrist*) memberikan kecekatan serta *end effector* akan melakukan tugasnya, seperti misalnya *gripper* (penjepit). Untuk berhubungan secara fleksibel dengan lingkungan sekitarnya dibutuhkan masukan dari sensor internal maupun eksternal, sensor posisi digunakan manipulator robot lengan menuju titik tertentu dengan akurasi tinggi. Kontroler merupakan jantung dari sistem robot yang akan menyimpan informasi dan mengendalikan pergerakan dari manipulator lengan robot. Suatu kontroler membutuhkan sistem untuk bisa berjalan dengan baik, sistem kontrol Proporsional Integral Derivatif dipilih karena merupakan tipe sistem kontrol lup tertutup. Sinyal yang dimasukkan pada sistem ini adalah nilai set point (nilai keluaran yang diinginkan). Gabungan dari sistem kontrol ini mempunyai karakteristik sistem kontrol penyusunnya, sehingga respon keluaran dari sistem akan cepat, tidak ada offset, dan tidak berosilasi.

Kata kunci : Otomatisasi industri, Manipulator Lengan Robot, derajat kebebasan, *end effector*, Sistem kontrol PID.

***CONTROL SYSTEM MANIPULATOR ROBOT ARM WITH PID
(PROPORTIONAL INTEGRAL AND DERIVATIVE) CONTROLLER***

Lutfi Rochman

Electrical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Jember

ABSTRACT

In the field of industrial automation is the impact of rapid technological developments sophistication. Appear various kinds of robots that are required to the needs of human beings in general, function and variegated forms. Industrial robots are also required once its existence primarily to varying degrees of difficulty and complexity that is difficult to do by humans as subjects of labor. One of them is a robot manipulator with a certain degree of freedom, has a shape resembling a human arm. Robotic manipulator arm is a mechanical structure consisting of several rigid bodies called links, connected to each other by joints (joint). This is what will to do the arm movements, wrist (wrist) provides dexterity and end effector will do its job, such as a gripper (clamp). For dealing flexibly with the surrounding environment takes input from internal and external sensors, position sensors used robotic manipulator arm toward a certain point with high accuracy. The controller is the heart of a robot system that will store the information and controlling the movement of a robot manipulator arm. A controller requires the system to be run properly, Proportional Integral Derivative control system is selected because it is a type of closed-loop control system. Signals are fed to the system is the set point value (the value of the desired output). Combination of the control system has the characteristics of its constituent control system, so the output response of the system will be faster, there is no offset, and does not oscillate.

Keywords : Industrial Automation, Manipulator Robot Arm, degree of freedom, end effector, control system PID.

RINGKASAN

Sistem Pengendali Manipulator Lengan Robot Dengan Kontroller Proporsional Integral dan Derivatif (PID); Lutfi Rochman; 051910201044; 2013; 76 halaman; Program Studi Strata Satu Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember.

Robot di zaman sekarang ini beraneka ragam bentuk dan fungsinya, mengikuti berbagai macam kebutuhan dari tujuan kenapa robot tersebut diciptakan. Dalam dunia industri sering ditemui adanya lengan robot manipulator dengan berbagai macam derajat kebebasan untuk mengerjakan tugas tertentu.

Dalam mengendalikan lengan robot manipulator dibutuhkan suatu sistem kontrol serta sensor yang akan membuatnya mampu berkomunikasi dengan lingkungan sekitar. Sensor posisi yang digunakan bertujuan untuk memberikan ketepatan pergerakan dari lengan robot menuju suatu derajat kebebasan tertentu. Sistem kontrol yang digunakan ialah sistem kontrol Proporsional Integral Derivatif (PID) merupakan tipe sistem kontrol lup tertutup. Sistem kontrol ini ialah gabungan dari tiga sistem kontrol yaitu sistem kontrol proporsional, integral dan derivatif. Sinyal yang dimasukkan pada sistem ini adalah nilai *set point* (nilai keluaran yang diinginkan). Sistem kontrol proporsional pada dasarnya adalah suatu penguat dengan konstanta penguatan tertentu. Dengan menggunakan sistem kontrol ini saja, maka respon dari sistem yang dikontrol kurang memuaskan karena adanya *offset*, yaitu jarak (selisih) antara nilai keluaran yang terjadi dengan nilai keluaran yang diinginkan. Oleh karena itu dipakailah gabungan dari ketiga sistem kontrol diatas menghasilkan sistem kontrol Proporsional Integral Derivatif (PID). Gabungan dari sistem kontrol ini mempunyai karakteristik sistem kontrol penyusunnya, sehingga respon keluaran dari sistem akan cepat, tidak ada *offset*, dan tidak berosilasi.

Manipulator lengan robot secara *realtime* dikontrol melalui personal komputer dengan program delphi untuk menerjemahkan dari bahasa tingkat tinggi atau bahasa manusia menuju ke bahasa mesin yang berupa sinyal digital. Input dimasukkan

kedalam *software* kontrol melalui *interface serial port* (RS232) lalu ditransfer oleh driver unit dalam bentuk sinyal digital untuk mengontrol motor- motor yang ada pada aktuator. Dalam sistem mekanik tidak semua kondisi bisa direalisasikan karena dibatasi oleh *tool-tool* yang disediakan oleh pasaran. Keterbatasan ini yang nantinya akan digunakan sebagai kekurangan karena kendala mekanik. Pada robot manipulator akan digunakan dua buah *limit switch* yang dipasang pada batas sudut 0° dan 180° dari pergerakan lengan yang berfungsi untuk memutuskan sumber tegangan, sehingga pada saat lengan robot sampai disudut 0° atau 180° motor akan berhenti berputar.

Apabila data pada software telah terisi maka data tersebut dikirimkan ke mikrokontroler, kemudian mikrokontroler melakukan verifikasi data yang dikirim. Setelah mikrokontroler mengetahui jenis data yang dikirim oleh laptop maka mikrokontroler melakukan perintah pergerakan pada robot agar bergerak sesuai dengan data yang dikirim tersebut. Dan terakhir manipulator robot bergerak sesuai dengan masukan dari mikrokontroler yang disesuaikan dengan data yang dikirimkan laptop dengan perhitungan controller PID yang telah dimasukkan dalam data *input*.

PRAKATA

Puji syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadirat Allah SWT dan junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW atas berkat dan rahmatNya-lah sehingga skripsi dengan judul “*Perancangan Sistem Pengendali Manipulator Lengan Robot Menggunakan Kontroller PID (Proporsional Integral Derivatif) Dengan Metode Ziegler-Nichols*” dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ir. Widyono Hadi, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Sumardi, ST., MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember dan selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan nasehat dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
3. Bambang Supeno, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I dan Satriyo Budi Utomo, ST., MT selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini
4. Ir. Widyono Hadi, MT_selaku Dosen Penguji I dan Sumardi, ST., MT selaku dosen penguji II yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
5. Ibunda Hj. Musti Sa’adah dan Ayahanda H. Nur kho’id atas doa dan keberadaannya yang selalu memotivasiku untuk meraih yang terbaik;
6. Istri tercinta Dwi Putri Lestari, SE., untuk hari – hari penuh tawa, semangat dan kepercayaan dalam pencarian apakah yang mungkin dan nyata itu yang lebih dari segalanya;

7. Adikku Linda Rachmawati S.ST, M. Iqbal Ali dan keluarga besar yang telah memberiku dukungan;
8. “Pangsud 183 kontrakan” team, Sunni, Mbah, Tamtam, Nyikuk, Iwak seger, Septian, Vampir, Aang, tetap berjuang untuk berfastabiqul khoirot;
9. Segenap keluarga besar teknik elektro dan teman - teman satu angkatanku yang telah menemani, menghibur, memberikan dorongan semangat hingga terselesaikan skripsi ini, beserta semua pihak yang telah banyak membantu selama ini.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari masih banyak kekurangan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro, kritik dan saran diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan diharapkan dapat dikembangkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Jember, Juni 2013

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
RINGKASAN	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Robot Manipulator.....	5
2.2 Klasifikasi Robot Manipulator Menurut Konstruksi Mekanik	8
2.3 Kinematika dan Dinamika Lengan Robot.....	10
2.4 Sistem Kontrol Proportional Integral Derivatif (PID)	12
2.4.1 Metode Pertama Ziegler-Nichols.....	19

2.4.2 Metode Kedua Ziegler-Nichols	21
2.6 Mikrokontroler ATMEL ATMEGA16	23
2.6 Personal Computer (PC) atau Laptop	27
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	29
3.2 Alat	29
3.3 Perencanaan Sistem Secara Umum	31
3.4 Studi Literatur	33
3.4 Pengujian Sistem	42
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Pengujian Mikrokontroler	44
4.2 Pengujian Sensor Sudut (Potensiometer)	45
4.3 Pengujian Port Serial	48
4.4 Pengujian Driver Motor	51
4.4.1 Driver Kontrol Tegangan	51
4.4.2 Driver PWM	51
4.4.3 Driver H	51
4.5 Pengujian Tegangan Kerja Motor	53
4.6 Pengujian Time Sampling	54
4.7 Pengujian Kontroller	55
4.7.1 Pengujian Kontroler Proporsional	55
4.7.2 Pengujian Kontroler Integral	59
4.7.3 Pengujian Kontroler Proporsional- Integral	61
4.7.4 Pengujian Kontroler Derivatif	64
4.7.5 Pengujian Kontroler Proporsional- Integral- Derivatif	67

BAB 5. PENUTUP	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Aturan Penalaan Metoda Pertama Ziegler-Nichols	20
Tabel 2.2 Aturan Penalaan Metoda Kedua Ziegler-Nichols.....	22
Tabel 2.3 Fungsi pin-pin <i>serial port</i>	28
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Mikrokontroller ATmega 16	41
Tabel 4.2 Nilai Tegangan / Proses Variabel (Volt) pada Motor Base	45
Tabel 4.3 Nilai Tegangan / Proses Variabel (Volt) pada Motor Joint1.....	46
Tabel 4.4 Nilai Tegangan / Proses Variabel (Volt) pada Motor Joint2.....	47
Tabel 4.5 Pengujian Tegangan Output Driver Motor	52
Tabel 4.6 Pengukuran Tegangan Minimal Motor.....	54
Tabel 4.7 Nilai <i>Error Steady state</i> dan <i>Rise time</i> dengan Penggunaan Beberapa Nilai K_p	59
Tabel 4.8 Nilai <i>Error Steady state</i> dan <i>Rise time</i> pada Kontroler PI	63
Tabel 4.9 Nilai <i>Error Steady state</i> dan <i>Rise time</i> pada Kontroler PD.....	66
Tabel 4.10 Nilai <i>Error Steady state</i> dan <i>Rise time</i> pada kontroler PID	70

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur mekanik dari suatu lengan robot	5
Gambar 2.2 Robot dan kontroller	7
Gambar 2.3 End efektor robot manipulator.....	8
Gambar 2.4 Manipulator Kartesian.....	9
Gambar 2.5 Manipulator Silindris.....	9
Gambar 2.6 Manipulator Sferis	10
Gambar 2.7 Manipulator <i>Revolute</i>	10
Gambar 2.8 Diagram Blok Pengontrol Proporsional	14
Gambar 2.9 Diagram Blok Pengontrol Integral.....	15
Gambar 2.10 Diagram Blok Pengontrol Derivatif.....	15
Gambar 2.11 Diagram Blok Pengontrol PID.....	17
Gambar 2.12 Tanggapan undak satuan suatu kendalian	19
Gambar 2.13 Kurva respon yang berbentuk huruf S.....	20
Gambar 2.14 <i>Output</i> yang beresilasi dengan periode P_{cr}	21
Gambar 2.15 Pin-pin ATmega16 kemasan 40-pin.....	24
Gambar 2.16 Ilustrasi proses pembentukan PWM.....	25
Gambar 2.17 Skema rangkaian <i>Successive-approximation</i> ADC.....	26
Gambar 2.18 Pin-pin <i>serial port</i>	28
Gambar 3.1 Manipulator Lengan Robot.....	30
Gambar 3.2 Sistem kontrol manipulator secara umum	31
Gambar 3.3 Bentuk fisik <i>micro switch</i> (a) dan fungsi kaki-kakinya (b).	32
Gambar 3.4 Koneksi sensor <i>micro switch</i> pada motor <i>base</i> robot.....	32
Gambar 3.5 Blok diagram sistem <i>hardware</i>	33
Gambar 3.6 Blok diagram PID	34
Gambar 3.7 Pemodelan motor DC.....	36
Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> Pengendalian Gerak Pada Manipulator Robot.....	38

Gambar 3.9	<i>visualisasi software control manipulator</i>	39
Gambar 3.10	<i>Flowchart</i> Pembuatan software visualisasi kontroller PID	40
Gambar 3.11	<i>Flowchart</i> Pengujian Pada Manipulator Robot	42
Gambar 4.1	Grafik Nilai Tegangan / Proses Variabel (Volt) pada Motor Base	46
Gambar 4.2	Grafik Nilai Tegangan / Proses Variabel (Volt) pada Motor Joint1	47
Gambar 4.3	Grafik Nilai Tegangan / Proses Variabel (Volt) pada Motor Joint2	48
Gambar 4.4	<i>setting awal pada Hyperterminal</i>	49
Gambar 4.5	<i>setting properties pada Hyperterminal</i>	49
Gambar 4.6	<i>Hyperterminal menerima data dari konverter</i>	50
Gambar 4.7	<i>Rangkaian Driver Motor</i>	52
Gambar 4.8	<i>Hasil Pengujian Time Sampling</i>	55
Gambar 4.9	Sinyal SP dan PV Hasil Pengujian dengan $K_p=2$	56
Gambar 4.10	Sinyal SP dan PV Hasil Pengujian dengan $K_p=5$	57
Gambar 4.11	Sinyal SP dan PV Hasil Pengujian dengan $K_p=10$	58
Gambar 4.12	Sinyal SP dan PV Hasil Pengujian dengan $K_p=10$ dan $K_I=0,1$...	61
Gambar 4.13	Sinyal SP dan PV Hasil Pengujian dengan $K_p=10$ dan $K_I=0,5$...	61
Gambar 4.14	Sinyal SP dan PV Hasil Pengujian dengan $K_p=10$ dan $K_I=1$	62
Gambar 4.15	Sinyal SP dan PV Hasil Pengujian dengan $K_p=10$ dan $K_D=1$...	64
Gambar 4.16	Sinyal SP dan PV Hasil Pengujian dengan $K_p=10$ dan $K_D=5$...	65
Gambar 4.17	Sinyal SP dan PV Hasil Pengujian dengan $K_p=10$ dan $K_D=10$.	66
Gambar 4.18	Sinyal SP dan PV Hasil Pengujian dengan $K_p=10$, $K_I=1$ dan $K_D=1$	68
Gambar 4.19	Sinyal SP dan PV Hasil Pengujian dengan $K_p=10$, $K_I=1$ dan $K_D=5$	69
Gambar 4.20	Sinyal SP dan PV Hasil Pengujian dengan $K_p=10$, $K_I=1$ dan $K_D=10$	70