

PERANCANGAN SISTEM KONTROL ROBOT LENGAN YANG DIHUBUNGKAN DENGAN KOMPUTER

Deny Wiria Nugraha*

Abstract

The robots were the result of technology development which used to help human being, both in industrial or beyond the industrial. In the beginning, the robots were such automatic machine which the system still feature as mechanic automatic with movement which controlled by simple control system. With the development of microcomputer, control system in the robot being developed by use the computer where the movement control and their sensor handled by the computer. It make the robot more skilled to handle any kind of jobs. In this study, the authors designed a type of arm robot. The planning of control system of arm robot using computer as data processor with interface PPI-8255 and parallel port (LPT1). The implementation of this study were one robot which made from iron frame by the prior driver power that were six DC motors which use transmission system with gear wheel characteristic, and as the movement/position sensor used encoder plates which will read by optocoupler. The system planning include generally mechanic system planning and hardware system planning.

Keyword: Robot, computer, control system

1. Pendahuluan

Dewasa ini perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terutama dalam bidang elektronika berkembang demikian pesatnya. Perkembangan ini seiring dengan naiknya tuntutan masyarakat akan barang-barang yang berkualitas tinggi yang dihasilkan oleh industri. Hal ini telah membuat banyak proses industri beralih dari sistem manual ke sistem otomatis, dengan peran manusia yang semakin kecil.

Untuk itu pihak industri berlomba-lomba untuk mengotomatisasi proses-proses produksi yang ada pada industri mereka. Dalam dunia otomatisasi tersebut, robot memegang peranan penting sebagai salah satu hal yang potensi pengembangannya saat ini terbesar. Fungsi utama robot dalam dunia industri saat ini adalah menggantikan tugas manusia yang berhubungan dengan kegiatan yang berulang-ulang atau repetitif, yang membutuhkan daya tahan serta konsentrasi yang tinggi, terutama untuk melakukan pekerjaan fisik yang berat, memindahkan barang, memosisikan benda dan proses-proses lainnya.

Pada awalnya robot merupakan suatu mesin otomatis dimana sistemnya masih berupa

otomatis mekanik dengan gerakan yang dikontrol oleh sistem kontrol yang sederhana. Dengan berkembangnya mikrokomputer, sistem kontrol pada robot dikembangkan dengan menggunakan komputer dimana kontrol gerakan serta sensor-sensornya ditangani oleh komputer. Keadaan ini membuat robot semakin handal untuk menangani suatu pekerjaan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pengertian robotika

Istilah robot pertama kali diperkenalkan dalam bahasa Inggris pada tahun 1921 oleh seorang dramawan Ceko Slowakia yang bernama Karel Capek dalam dramanya yang berjudul R.U.R (*Rossum's Universal Robots*).

Robot dalam arti mula-mula adalah "forced labour" yang berarti pekerja paksa, namun dalam pengertian modern kata robot sudah mengalami perluasan makna. Menurut *The Robotics International Division of The Society of Manufacturing Engineers (RI/SME)*, robot dapat didefinisikan sebagai "a reprogrammable and multifunctional manipulator designed to move

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

material, part, tools, and specialized devices through variable programmed motions for the performance of variety of tasks". Dari pengertian di atas, terdapat tiga kata kunci yang menunjukkan ciri sebuah robot yaitu: *reprogrammable* (dapat diprogram kembali), *multifunctional* (multifungsi), dan *move material, part, tools* (mendefinisikan tugas manipulator). Jadi definisi robot, khususnya robot industri adalah perangkat multifungsi yang dirancang untuk memanipulator dan mentransformasikan alat atau perangkat tertentu melintasi suatu lintasan yang telah diprogramkan guna menyelesaikan tugas-tugas tertentu.

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

a. Manipulator

Manipulator yaitu merupakan unit mekanik yang melakukan fungsi gerakan. Pada robot, manipulator biasanya terdiri dari bagian lengan (*main frame*) dan bagian pergelangan (*wrist*). Fungsi dari manipulator ini adalah untuk memungkinkan robot untuk mencapai suatu posisi tertentu dengan presisi.

b. Aktuator

Berfungsi sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan manipulator. Aktuator pada robot dapat memakai sistem hidrolik, sistem pneumatik, motor DC, motor AC, motor stepper dan berbagai jenis penggerak lainnya.

c. Prosesor

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

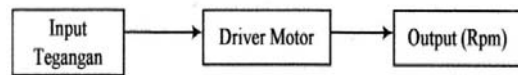
2.2 Klasifikasi sistem robot

Berdasarkan tipe kontrolnya, suatu robot dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

a. Sistem loop terbuka (*open-loop system*)

Dalam sistem loop terbuka, robot hanya dapat bergerak berdasarkan input yang diterima. Output yang dihasilkan tidak dikembalikan untuk mengubah input. Contoh dari sistem ini misalnya adalah tegangan yang diaplikasikan pada sebuah motor. Disini tegangan berfungsi

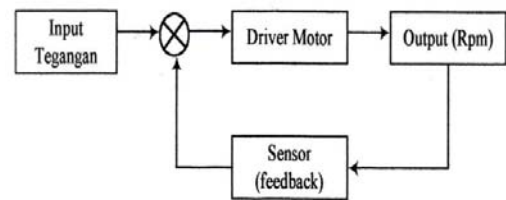
sebagai input dan kecepatan gerak motor sebagai output. Jika tegangan diberikan maka motor akan mulai bergerak dengan kecepatan tertentu. Semakin tinggi tegangan yang diberikan, maka kecepatan motor juga akan semakin tinggi. Namun jika pada motor diberikan beban maka kecepatan motor akan berkurang dan situasi ini akan menyebabkan terjadinya *error*, karena kecepatan yang diinginkan tidak tercapai akibat faktor beban.



Gambar 1. Sistem open-loop

b. Sistem loop tertutup (*closed-loop system*)

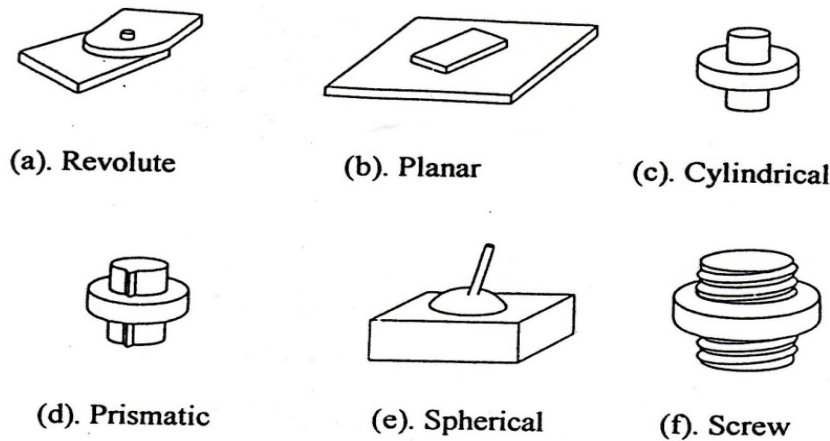
Sistem loop tertutup memperbaiki kelemahan yang timbul pada sistem loop terbuka yang telah dijelaskan di atas. Sesuai dengan contoh di atas, perubahan kecepatan akibat beban tersebut akan dikembalikan untuk dibandingkan dengan variabel input, sehingga variabel input dapat diubah untuk menyesuaikan diri terhadap perubahan beban tersebut, dan output yang diinginkan akan tercapai.



Gambar 2. Sistem closed-loop

2.3 Gerakan dasar pada robot

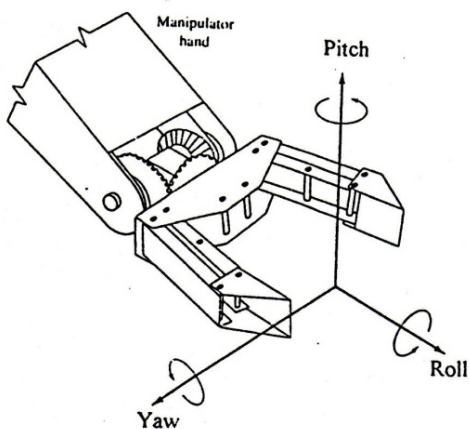
Gerakan lengan robot tergantung dari tipe persendian. Tiap jenis persendian menentukan gerakan apa yang dimiliki oleh lengan yang terhubung pada sendi tersebut. Dua gerakan robot yang paling dasar adalah gerakan rotasional (*revolute*) dan gerakan linear (*prismatic*). Namun secara keseluruhan terdapat banyak jenis gerakan yang dapat dibuat oleh robot seperti diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 3. Jenis-jenis persendian dan tipe pergerakan lengan robot

Gerakan robot yang lain adalah gerakan dari pergelangan tangan robot. Gerakan ini harus dirancang agar *end effector* dapat melakukan tugasnya. Gerakan dari pergelangan tangan ini meliputi:

- Gerakan *roll*, gerakan rotasi pergelangan terhadap sumbu lengannya.
- Gerakan *pitch*, gerakan rotasi pergelangan ke arah atas dan bawah.
- Gerakan *yaw*, gerakan rotasi pergelangan ke samping kiri dan kanan.



Gambar 4. Tiga aksis pergerakan pergelangan tangan robot

2.4. Port Paralel (LPT1)

Setiap personal komputer (PC) memiliki standar port paralel yang biasanya digunakan untuk pemakaian printer. Nama lain dari port paralel adalah port printer, karena memang dirancang untuk melayani pencetak paralel. Port ini sebenarnya salah satu dari port paralel yang tersedia yaitu LPT0, LPT1, dan LPT2. Yang disebut port printer adalah port 1. Slot printer dengan mudah dapat ditemukan di setiap komputer dalam bentuk konektor DB25. Berikut ini adalah gambaran umum LPT1, yang perlu diperhatikan adalah sifat R/W (*Read/Write*) dan logikanya.

Tabel 1. Sifat dan alamat port paralel

LPT0	LPT1	LPT2	SIFAT	NAMA
3BCH	378H	278H	R/W	Data Port (DP), 8 bit
3BEH	37AH	27AH	R/W	Printer (PC), 5/4 bit
3BDH	379H	279H	R	Printer Status, 5 bit

2.5. Programmable Peripheral Interface 8255 (PPI-8255)

PPI-8255 adalah salah satu dari *I/O device* yang dapat diprogram oleh pemakai. PPI-8255

biasanya digunakan sebagai *general purpose I/O* untuk menginterfacekan peralatan luar ke dalam sistem bus komputer (CPU). PPI-8255 dirancang untuk membuat port masukan dan keluaran. IC ini mempunyai 24 bit I/O yang terorganisasi menjadi 3 port 8 bit dengan nama port A, port B, dan port C. Dapat dilihat diagram blok IC ini seperti pada gambar 5.

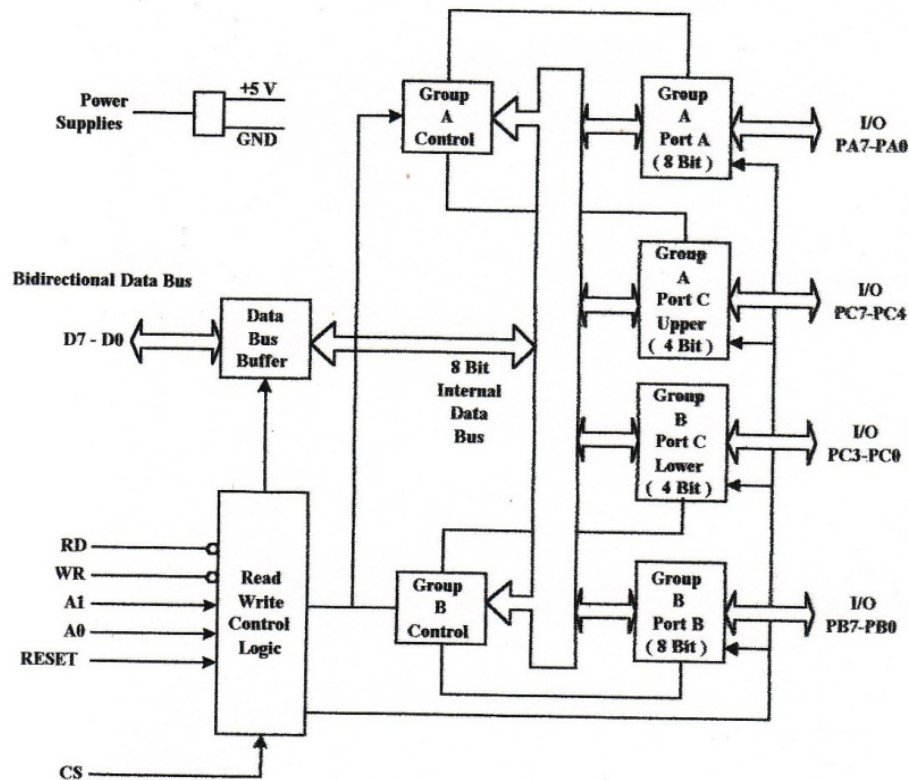
3. Perancangan Sistem

3.1. Perancangan Sistem Mekanik Robot

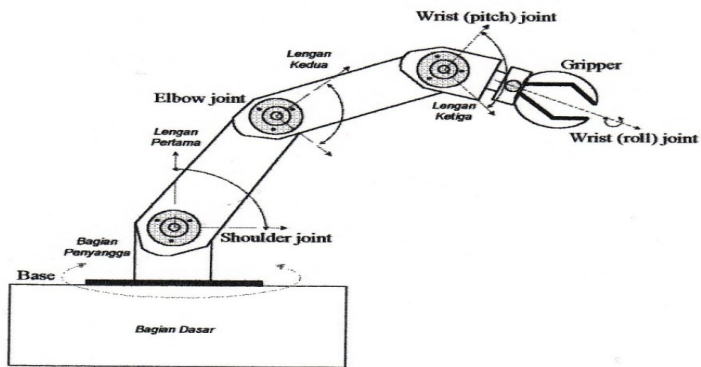
Robot ini secara garis besar dapat dibagi menjadi beberapa bagian. Yang pertama adalah *base* yang merupakan *fixed base* tetapi mempunyai sebuah mekanisme yang berfungsi untuk memindahkan barang secara keseluruhan. Yang kedua adalah rangkaian mekanisme lengan yang menempel

terhadap *fixed base* dan yang terakhir adalah *end effector* yang berupa sebuah penjepit sederhana (*grripper*). Pada dasarnya perangkat mekanik robot dirancang agar dapat bergerak sepanjang sumbu x, y, dan z.

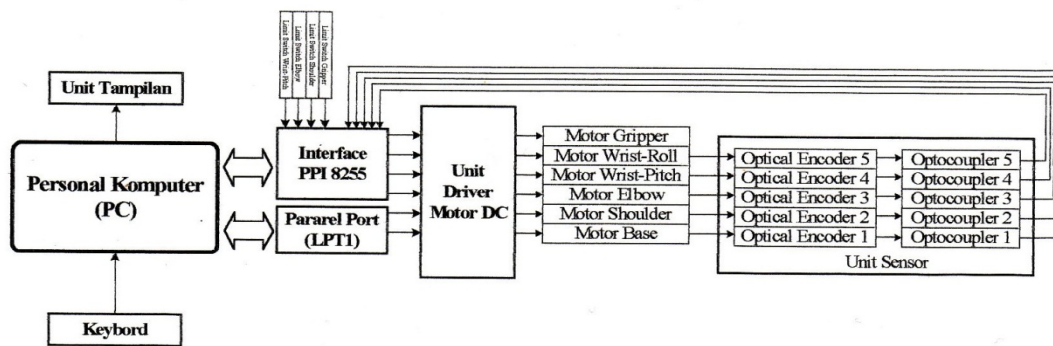
Untuk mekanisme penggerakannya, digunakan motor DC yang sudah mempunyai kotak roda gigi (*gearbox*). Motor penggerak *base* tidak langsung dihubungkan dengan *base*, melainkan melalui pasangan roda gigi lurus (*spur gear*) untuk mereduksi kecepatan agar kecepatan putar *base* tidak mengakibatkan munculnya momen yang terlalu besar yang dapat menyebabkan robot bergerak berlebihan. Untuk lengan robot digunakan pasangan roda gigi cacing (*worm gear*). Untuk lebih jelasnya dapat diperlihatkan konstruksi fisik robot lengan yang dirancang (Gambar 6).



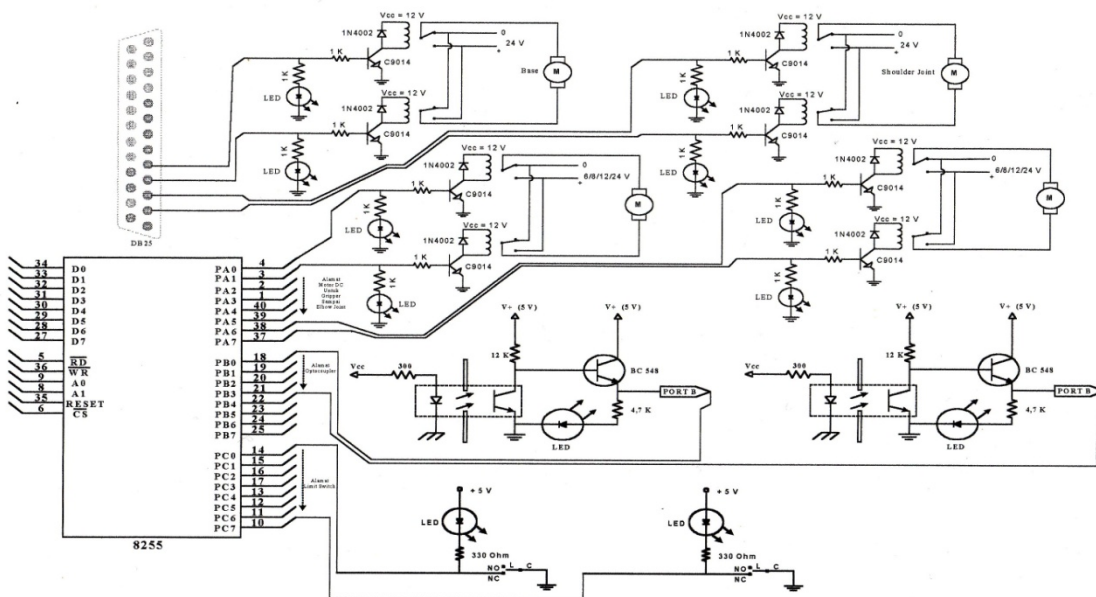
Gambar 5. Blok diagram PPI-8255



Gambar 6. Konstruksi fisik robot lengan



Gambar 7. Blok diagram sistem perangkat keras robot lengan



Gambar 8. Rangkaian keseluruhan sistem kontrol robot lengan

3.2. Perancangan Sistem Perangkat Keras (Sistem Kontrol) Robot

Pada prinsipnya robot adalah peralatan yang digunakan untuk mencapai atau menjangkau suatu posisi tertentu pada suatu bidang. Agar dapat mencapai tujuan tersebut diperlukan suatu sistem pengendalian/pengontrolan yang baik. Adapun secara garis besar blok diagram sistem perangkat keras dari robot lengan yang dirancang dapat dilihat pada gambar 7, gambar 8.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil pengujian

Pengujian dilaksanakan untuk mengetahui apakah robot lengan yang dirancang telah sesuai dengan yang diinginkan. Pengujian ini dilakukan pada keseluruhan bagian dari robot lengan yang dirancang dan hasil pengujian disajikan pada Tabel 2..

Tabel 2. Hasil pengujian sistem kontrol robot lengan secara keseluruhan

Pengujian	B	Sh	El	WP	WR	G	Error (⁰)	(E _i - \bar{E}) ²	Posisi (⁰)
RAM	227	35	35	94	101	B	-		
1	227,5	31,5	34,8	94	103	B	1,3	0,2025	Posisi 1
2	227	32,5	35,3	94,5	103	B	1,06	0,4761	
3	227,5	30	35,5	95	104	B	2	0,0625	
4	227,5	30,5	35,5	96	102	B	1,7	0,0025	
5	228	30,5	35,5	93,8	97	B	3,4	2,7225	
6	227,5	29,5	35,5	90	98	B	2,7	0,9025	
7	227,5	29,5	34,5	91	98	B	2,7	0,9025	
8	227,5	31,5	35,5	92	97	B	2,1	0,1225	
9	227,5	33	35,3	92	98	B	1,56	0,0361	
10	227,5	34	35,5	97	97	B	1,8	0,0025	
11	228	34	35,2	97	91	B	3,24	2,2201	
12	228	33	35,5	99	110	B	3,5	3,0625	
13	228	33	35,3	98	108	B	2,86	1,2321	
14	227	33	35,3	90	101	B	1,26	0,2401	
15	227	33	35,5	92	101	B	0,9	0,7225	
16	228	33	35,5	93,5	102	B	1	0,5625	
17	227,5	32	35,5	94	103	B	1,2	0,3025	
18	227	32	35,5	94	98	B	1,5	0,0625	
19	227	31	35	94	97	B	1,6	0,0225	
20	228,5	33,5	35,5	97	98	B	1,9	0,0225	
21	227,5	32,5	35,5	92	100	B	1,3	0,2025	
22	227,5	31,5	35,3	92	101	B	1,26	0,2401	
23	228	34	35,3	93	107	B	1,86	0,0121	
24	228	33,5	35,3	96	107	B	2,16	0,1681	
25	228,5	32,5	35	100	106	B	3	1,5625	
26	227	31,5	34,8	96	108	B	2,54	0,6241	

Tabel 2. (lanjutan)

Pengujian	B	Sh	El	WP	WR	G	Error (⁰)	$(E_i - \bar{E})^2$	Posisi (⁰)
RAM	227	35	35	94	101	B	-		
27	227	32,5	35	95	106	B	1,7	0,0025	
28	227,5	30	35,2	89	107	B	3,34	2,5281	
29	227	29	35,2	91	107	B	3,04	1,6641	Posisi
30	227	31,5	35	98	113	B	3,9	4,6225	1
n= 30							$\sum \bar{E} = 1,75$	$\sum (E - \bar{E})^2$ =25,5086	
RAM	100	40	49	47	46	T	-		
1	100,5	42	50	47	39	T	2,1	1,6129	
2	101	44	49,5	48	40	T	2,5	0,7569	
3	101	46	49,5	48	41	T	2,7	0,4489	
4	101,5	56	51	48,5	41	T	5	2,6569	
5	101	55	50,8	48,5	45	T	4,06	0,4761	
6	101,5	59	50,3	50	44	T	5,36	1,69	
7	101	57	50,2	50,5	43	T	5,14	1,1664	
8	101	57	50,8	51	44	T	5,16	1,21	
9	101	56	50	51	46	T	4,4	0,1156	
10	100	45	50	51	45	T	2,2	3,4596	
11	100,5	43	49,5	47,5	44	T	1,3	7,6176	
12	101	42	50	47	43	T	1,4	7,0756	
13	101	41	49,8	46	38	T	2,36	2,89	
14	100,5	43	50	45	38	T	2,9	1,3456	Posisi 2
15	101	45	49,2	50	39	T	3,64	0,1764	(negatif)
16	100,5	46	49,5	49	45	T	2	4,2436	
17	101	44	50,3	48,5	46	T	1,56	6,25	
18	100	61	49,5	49	46	T	4,7	0,4096	
19	101	48	49,2	46	45	T	2,24	3,3124	
20	101	55	50	46	44	T	4	0,0036	
21	101	56	49,8	51	44	T	4,36	0,09	
22	100,5	45	49,5	50	44	T	2,2	3,4596	
23	101	41	50	48	55	T	2,6	2,1316	
24	100,5	45	50,2	49	46	T	1,74	5,3824	
25	101,5	48	49,8	50	46	T	2,66	1,96	
26	101,5	55	49,5	50	45	T	4,2	0,0196	
27	101	56	50	50	47	T	4,4	0,1156	
28	100,5	57	50	50	45	T	4,5	0,1936	
29	101,5	60	50	50,5	46	T	5	0,8836	
30	100,5	58	50	50	45	T	4,7	0,4096	
n=30							$\sum \bar{E} = 3,37$	$\sum (E - \bar{E})^2$ =61,563	

Untuk posisi 1 (positif) :

$$\begin{aligned} \text{Standar Deviasi (S)} &= \sqrt{\frac{\sum (E_i - \bar{E})^2}{n}} \\ &= \sqrt{\frac{25,5086}{30}} = 0,92^\circ \end{aligned}$$

Untuk posisi 2 (negatif) :

$$\begin{aligned} \text{Standar Deviasi (S)} &= \sqrt{\frac{\sum (E_i - \bar{E})^2}{n}} \\ &= \sqrt{\frac{61,5633}{30}} = 1,43^\circ \end{aligned}$$

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, *error* dihitung berdasarkan kumulatif selisih sudut yang timbul antara data posisi yang dihasilkan pada saat pengujian dan data posisi aktual/awal yang dikontrol dibagi dengan kumulatif derajat kebebasan pada robot lengan yaitu 5, dimana pengujian tersebut dilakukan pada saat eksekusi mode otomatis.

Sedangkan *error* rata-rata merupakan perbandingan antara kumulatif *error* yang dihasilkan pada tiap-tiap pengujian dengan banyaknya data yang dilakukan pada saat pengujian, yaitu 30 kali. Standar deviasi atau simpangan baku merupakan akar dari perbandingan kumulatif kuadrat pengurangan masing-masing *error* yang dihasilkan pada tiap-tiap pengujian dan *error* rata-rata dengan banyaknya data yang dilakukan pada saat pengujian. Standar deviasi digunakan untuk mencari simpangan baku dan *error-error* hasil pengujian, sehingga dapat diketahui dengan jelas dan dapat menarik kesimpulan mengenai simpangan yang dihasilkan dari *error-error* tersebut.

Dari hasil pengujian dan perhitungan standar deviasi terlihat bahwa standar deviasi untuk *error* pada kedua posisi masih signifikan/terlihat berarti, dimana pada posisi 1 (positif) standar deviasi *error*nya sebesar $0,92^\circ$ dan pada posisi 2 (negatif) standar deviasi *error*nya sebesar $1,43^\circ$, sehingga dari standar deviasi *error* tersebut dapat disimpulkan bahwa gerakan robot lengan yang

dibuat sudah tercapai dengan baik, hanya saja posisinya belum akurat.

5. Kesimpulan

Setelah dilakukan serangkaian pengujian dan analisa dalam penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Robot lengan merupakan robot pemindah barang yang memiliki lima derajat kebebasan dengan menggunakan sistem *point-to-point programming*.
- Respon terhadap sistem kontrol *on-off* tampak kurang memadai. Hal ini disebabkan karena adanya faktor-faktor yang mempengaruhi gerak motor, antara lain: faktor motor itu sendiri, faktor ketidaksimetrisan gerak ke kiri dan ke kanan pada motor, faktor beban lengan robot, faktor torsi, faktor momen, dan faktor kendala mekanis lainnya seperti ketidaksimetrisan pemasangan mekanik, pemasangan roda gigi yang kurang standar, adanya *backlash* pada roda gigi yang mungkin cukup besar, bahan roda gigi yang kurang keras, dan sebagainya.
- Dari hasil pengujian secara keseluruhan terlihat bahwa standar deviasi atau simpangan baku untuk *error* masih signifikan/terlihat berarti. Hal ini dapat disimpulkan bahwa gerakan yang diinginkan pada robot lengan sudah tercapai dengan baik, hanya saja posisinya belum akurat.

6. Daftar Pustaka

- Fu, K. S., Gonzalez, R. C., Lee, C. S. G., 1987, *ROBOTICS: Control, Sensing, Vision, and Intelligence*, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Korem, Y., 1985, *ROBOTICS for Engineers*, McGraw-Hill Book Company.
- Manaf, A., 1987, *Mesin Arus Searah*, Politeknik Universitas Brawijaya, Malang.
- McDonald, A. C., 1986, *Robot Technology: Theory, Design, and Application*, Prentice-Hall, USA.
- Pitowarno, E., 1994, *Mikroprosesor & Interface I*, PT. Garuda Indonesia & Politeknik Elektronika Surabaya ITS, Surabaya

- Pitowarno, E., 1994, Mikroprosesor & Interface II, PT. Garuda Indonesia & Politeknik Elektronika Surabaya ITS, Surabaya.
- Rothbart, H. A., 1985, Mechanical Design Handbook, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Schuler, C. A., McNamee, W. L., 1986, Industrial Electronic and Robotics, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Spong, M. W., Vidyasagar, M., 1989, Robot Dynamics and Control, John Wiley & Sons, Singapore.
- Warsito, S., 1987, Teknik Arus Searah, Karya Utama, Jakarta.

Dari hasil pengujian secara keseluruhan terlihat