



SISTEM KENDALI LENGAN ROBOT 4-DOF UNTUK PEMINDAH BARANG

Muhammad Irwan*, Alauddin Y

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel:

Dikirim: 19 November 2022

Revisi: 25 November 2022

Diterima: 27 November 2022

Tersedia online: 27 November 2022

Keywords:

lengan robot, 4-DOF, koordinat, kecepatan

*Penulis Korespondensi:

Muhammad Irwan,
Program Studi Teknik Elektro,
Universitas Muhammadiyah
Parepare,
Jl Jenderal Ahmad Yani KM. 6,
Kota Parepare, Indonesia.
Email:
irwan.clashofclans@email.com

ABSTRACT

This research was conducted as the use of technology, especially in the field of robotics to assist humans in moving goods which is generally done manually, so a robot arm that has a 4-DOF system is used on each robot arm. In making the mechanical robot arm using a prototype. This study uses an experimental method by testing the function of a series of tools as expected and referring to previous literature studies that have been collected. The components in the manufacture of the 4-DOF robotic arm are Arduino Uno, potentiometer, servo motor, push button, I2C LCD and DC-DC Step Down. The data obtained in this study are in the form of the degree value of each servo motor when it reaches the predetermined coordinate point, both automatic control and manual control using a potentiometer as well as testing the robot arm to the coordinate point, lifting the object and placing the object in the box and also calculating the speed of the robot arm. as it moves toward each coordinate point. The results of the study show that the robotic arm can move to each position coordinate point with automatic or manual control with 3 (three) trials at each coordinate point with a 100% success rate and the robot arm can lift objects at each coordinate point which is carried out 10 (ten) times with a success rate of 99% and bring the object to the box provided with the highest average speed of 0.033 m/s.

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan sebagai pemanfaatan teknologi khususnya pada bidang robotika untuk membantu manusia dalam pemindah barang yang pada umumnya dilakukan secara manual maka digunakanlah lengan robot yang memiliki sistem 4-DOF pada tiap lengan robotnya. Dalam pembuatan mekanik lengan robotnya menggunakan *prototype*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menguji fungsi rangkaian alat apakah sesuai yang diharapkan serta mengacu pada studi pustaka terdahulu yang telah dikumpulkan. Komponen dalam pembuatan lengan robot 4-DOF yaitu arduino uno, potensiometer, motor servo, push button, LCD I2C dan Step Down DC-DC. Data yang didapatkan dalam penelitian ini berupa nilai derajat pada tiap motor servo pada saat menuju titik koordinat yang telah ditentukan baik kendali otomatis maupun kendali manual menggunakan potensiometer serta pengujian lengan robot menuju titik koordinat, mengangkat objek dan meletakkan objek pada kotak dan juga menghitung kecepatan lengan robot saat bergerak menuju tiap titik koordinat. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa lengan robot dapat bergerak ke tiap titik koordinat posisi dengan kendali secara otomatis ataupun secara manual dengan 3 (tiga) kali percobaan disetiap titik koordinatnya dengan tingkat keberhasilan 100% serta lengan robot dapat mengangkat objek di tiap titik koordinat yang dilakukan sebanyak 10 (sepuluh) kali percobaan dengan tingkat keberhasilan mencapai 99% dan membawa objek menuju kotak yang telah disediakan dengan kecepatan rata-rata tertinggi yaitu 0,033 m/s.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



I. PENDAHULUAN

Teknologi merupakan salah satu bagian penting dalam kehidupan manusia, tanpa adanya perkembangan teknologi, maka perubahan zaman tidak akan secanggih dan secepat seperti saat sekarang ini,

dalam perkembangan ilmu teknologi sekarang tentu banyak manfaat yang dapat kita rasakan, salah satunya untuk mempermudah berbagai macam pekerjaan manusia mulai dari bidang industri, pemerintahan, pendidikan, dan lain sebagainya, tak terkecuali pada

bidang robotika. Seiring dengan naiknya kebutuhan manusia dan teknologi yang semakin hari semakin canggih, maka dibuatlah suatu sistem yang dapat membantu pekerjaan manusia yang disebut dengan robot [1].

Lengan robot (*Arm Robot*) merupakan jenis lengan mekanik yang kemudian di program dengan fungsi yang menyerupai dengan manusia. Sendi pada lengan robot biasanya digerakkan oleh motor ataupun sejenisnya, lengan robot diklasifikasikan berdasarkan jumlah derajat kebebasannya [2]. Derajat kebebasan (*Degree of Freedom*) merupakan sambungan pada lengan, dapat dibengkokkan, digeser ataupun diputar. Derajat kebebasan digunakan untuk mengetahui cara robot bergerak yang biasanya, jumlah derajat kebebasan sama dengan jumlah sendi yang menggerakkan robot [3].

Martunis Didi, dkk pada tahun 2015 telah melakukan sebuah penelitian yang berkaitan dengan pembuatan lengan robot yang berjudul "Rancang Bangun Pengendalian Robot Lengan 4 DOF dengan GUI (*Graphical User Interface*) Berbasis Arduino Uno" yang memiliki persamaan pada perancangan lengan robotnya yang menggunakan lengan 4-DOF pada lengan robotnya tetapi pada penelitian kali pengendalian pada lengan robot menggunakan 2 (dua) sistem kendali yaitu pengendalian manual dan pengendalian otomatis. Lengan robot yang menggunakan empat derajat kebebasan (*Degree of Freedom*) pada sistem mekaniknya memiliki banyak pergerakan-pergerakan yang dapat dihasilkan oleh lengan robot ini dalam proses pemindahan barang.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Untuk jenis penelitiannya sendiri menggunakan metode eksperimen dengan menguji fungsi rangkaian alat apakah sesuai yang diharapkan serta mengacu pada studi pustaka terdahulu yang telah dikumpulkan.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan sejak tanggal dikeluarkannya izin penelitian dalam kurun waktu kurang lebih 4 (empat) bulan yang dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Parepare, dengan uraian kegiatan yaitu studi pustaka, perancangan alat, pengadaan alat dan bahan, pemasangan dan instalasi alat, Pengujian dan dilanjut pembuatan laporan akhir.

C. Alat dan Bahan

Adapun Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan sistem kendali lengan robot 4-DOF yaitu :

1) Lengan Robot

Lengan robot (*arm robot*) adalah robot mekanik yang gerakan pada robotnya dibuat hampir mirip dengan lengan manusia pada umumnya. Lengan robot memiliki beberapa sendi pergerakan tergantung kebutuhan dari lengan robot yang dibuat dan juga memiliki komponen-komponen lain yaitu aktuator dan kontroler. Lengan robot juga memiliki sistem DOF (*Degree of Freedom*) atau derajat kebebasan yang memiliki fungsi menentukan banyaknya gerakan pada robot tersebut [2].

2) Arduino Uno

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik open source yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu chip mikrokontroler dengan jenis AVR yang dibuat dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler merupakan chip atau integrated circuit (IC) yang dapat deprogram menggunakan komputer [4], ada berbagai macam jenis arduino mulai dari Arduino USB, Arduino Serial, Arduino Mega, Arduino FIO, Arduino LILYPAD, Arduino BT, Arduino UNO R3, Arduino Nano dan sebagainya [5].



Gambar 2. Arduino Uno

3) Potensiometer

Potensiometer merupakan perangkat komponen elektronika yang digunakan untuk mengubah gerak translasi (pergeseran) atau anguler (gerak melingkar) kedalam suatu perubahan resistansi yang mana dapat langsung diubah menjadi arus listrik atau sinyal tegangan [6].



Gambar 3. Potensiometer

4) *Arduino IDE*

Software arduino yaitu berupa software processing yang digunakan untuk menulis program kedalam Arduino Uno, merupakan penggabungan antara bahasa C++ dan java. Software Arduino dapat di-Install diberbagai operating sistem seperti Linux, Mac OS dan Windows. Software IDE (Integrated Development Environment) Arduino Uno terdiri dari tiga bagian yaitu editor program, compiler dan uploader [7].



Gambar 4. Arduino Sketch

5) *Motor Servo*

Motor servo adalah salah satu jenis aktuator yang sering digunakan dalam bidang industri ataupun dalam sistem robotika [8]. Motor servo juga merupakan sebuah motor berarus DC yang dilengkapi dengan rangkaian kendali yang memiliki sistem closed feedback yang saling berkaitan antara satu sama lain dalam motor servo tersebut. Pada motor servo posisi putaran sumbu (axis) dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada pada bagian dalam motor servo [1].

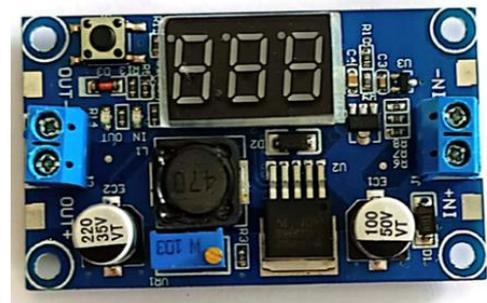


Gambar 5. Motor Servo

6) *Step Down LM2596 DC-DC*

Step Down LM2596 DC-DC merupakan modul regulator yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari DC ke DC yang adjustable. Tegangan

input pada modul ini memiliki rentang antara 4 volt hingga 40 volt dengan output 1,23 volt hingga 35 volt yang memiliki proteksi berupa pembatasan arus hubung singkat [9].



Gambar 6. Step Down LM2596

7) *LCD (Liquid Crystal Display) 16x2*

LCD (Liquid Crystal Display) adalah salah satu jenis display elektronik dengan pembuatannya sendiri menggunakan teknologi CMOS logic dengan cara kerja yaitu dengan memantulkan cahaya yang ada disekeliling terhadap front-line atau mentransmisikan cahaya backlit [10]. LCD merupakan lapisan yang terbuat dari campuran organik antara elektroda transparan indium oksida dengan lapisan kaca bening dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada bagian kaca belakang [11].



Gambar 7. LCD 16x2

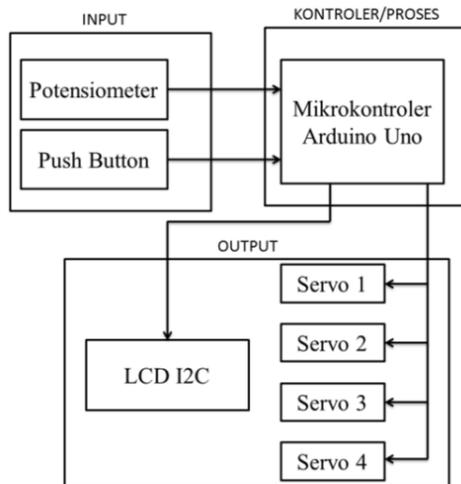
8) *I2C (Inter Integrated Circuit)*

I2C (Inter Integrated Circuit) merupakan modul yang digunakan untuk mengurangi penggunaan pin pada LCD yang memiliki 4 buah pin yang terdiri dari VCC, GND, SDA dan SCL yang nantinya akan dihubungkan ke Arduino Uno [10].



Gambar 8. Inter Integrated Circuit

D. Rancangan Penelitian



Gambar 9. Blok Diagram Rancangan Penelitian

Dari blok diagram rancangan penelitian diatas terdapat dua kendali untuk menggerakkan servo pada lengan robot yaitu dengan potensiometer dan dengan menggunakan push button, untuk potensiometernya sendiri pergerakan lengan robot diatur secara manual dan untuk push button pergerakan lengan robot diatur secara otomatis melalui program yang telah diatur yang nantinya setiap sudut pergerakan yang dibuat oleh servo akan ditampilkan pada layar LCD. Pada bagian lengan robot menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontrolernya dan lengan robot menggunakan 4 (empat) servo yaitu servo 1 (satu), servo 2 (dua), servo 3 (tiga) dan servo 4 (empat) yang berfungsi sebagai sendi atau derajat kebebasan pada lengan robot.

E. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan melakukan studi pustaka terdahulu yang berkaitan dengan teori robotika ataupun teori penunjang lainnya. Selanjutnya melakukan perancangan sistem yang meliputi perancangan perangkat lunak (*software*) dan perancangan perangkat keras (*hardware*) yang kemudian disatukan sehingga dapat berfungsi sesuai dengan yang diinginkan. Terakhir melakukan pengujian alat untuk mengetahui kinerja dari alat tersebut, selanjutnya melakukan analisa untuk mendapatkan kesimpulan akhir dari proses penelitian.

F. Teknik Pengambilan Data

Pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari dua tahapan yaitu tahapan pertama dilakukan melalui studi literatur, tahapan ini dilakukan untuk mempelajari konsep dasar dan rumus dalam pergerakan lengan robot pada beberapa referensi jurnal dan artikel, tahapan yang kedua yaitu dengan melakukan pengujian pergerakan lengan robot, total ada 4 pengujian yang dilakukan dalam pengujian lengan robot yaitu pengujian posisi servo pada kendali manual,

pengujian lengan robot pada titik koordinat dengan kendali otomatis, pengujian pemindahan objek pada kendali otomatis dan yang terakhir yaitu pengujian kecepatan pergerakan lengan robot dengan kendali otomatis.

G. Teknik Analisis Data

Untuk analisis data sendiri yaitu menganalisis sudut putar servo mana yang paling efektif dalam setiap arah pergerakan lengan robot serta kecepatan pergerakan lengan robot saat menuju ke titik koordinat dan kembali ke posisi semula data yang didapatkan akan disajikan dalam bentuk tabel. Adapun rumus yang digunakan mengetahui kecepatan pergerakan lengan robot yaitu :

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (1)$$

Dengan :

v = Kecepatan (m/s)

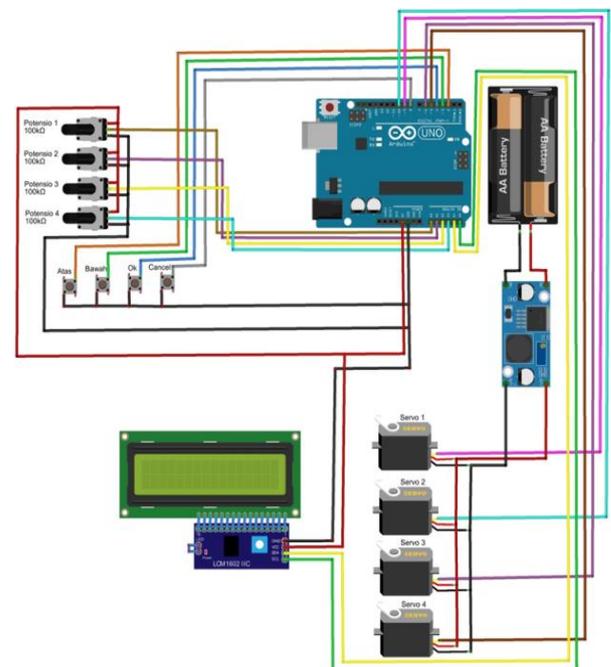
Δs = Perubahan Jarak (m)

Δt = Perubahan Waktu (s)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

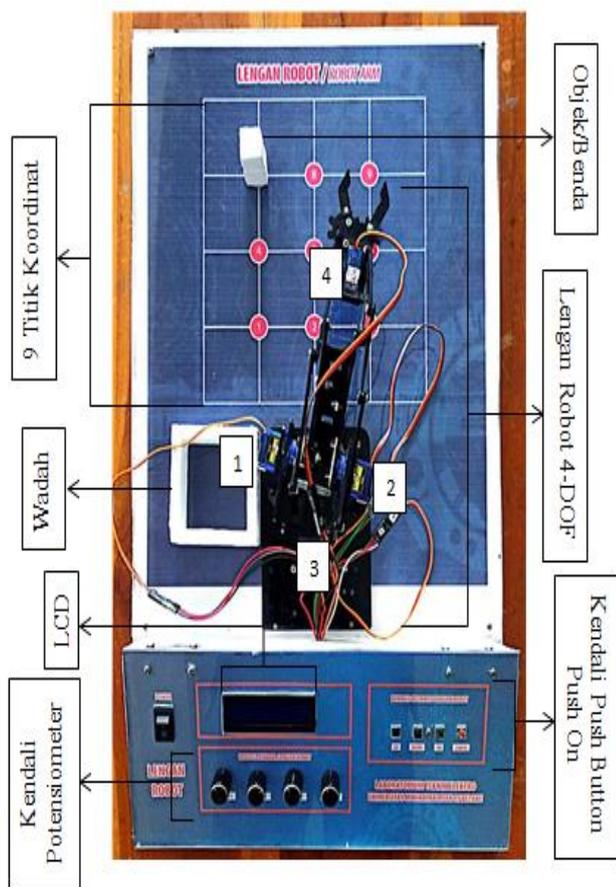
A. Perancangan Hardware

Perancangan Hardware atau Perangkat Keras pada Sistem Kendali Lengan Robot 4-Dof Untuk Pemindah Barang secara umum dapat dilihat pada Gambar 10 sebagai berikut :



Gambar 10. Diagram Pengkabelan Lengan Robot 4-DOF

Adapun komponen dan perangkat yang digunakan pada perancangan perangkat keras pada penelitian ini, yaitu dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

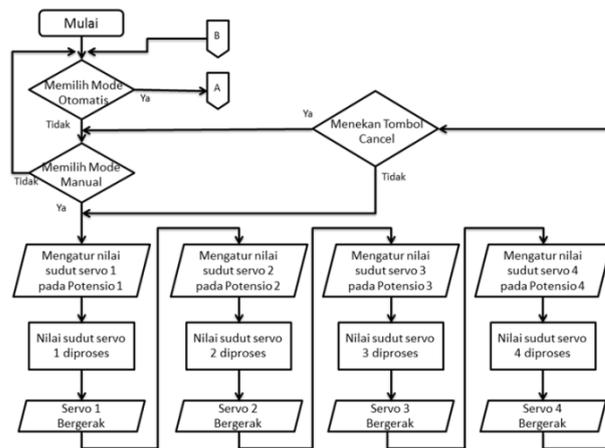


Gambar 11. Rancangan Lengan Robot 4-DOF

- 1) Arduino Uno sebagai Mikrokontroler pada sistem kendali lengan robot 4-DOF.
- 2) Potensiometer yang digunakan yaitu potensiometer rotary yang berjumlah 4 (empat) buah.
- 3) Push button push on digunakan sebagai tombol untuk menggerakkan kursor pada menu yang ditampilkan pada LCD.
- 4) Servo yang digunakan berjenis SG90 dengan sudut putar pergerakan 180 derajat.
- 5) Step Down LM2596 yang berfungsi menurunkan tegangan Power Supply.
- 6) LCD I2C untuk menampilkan menu pada display yang telah deprogram pada Arduino Uno.

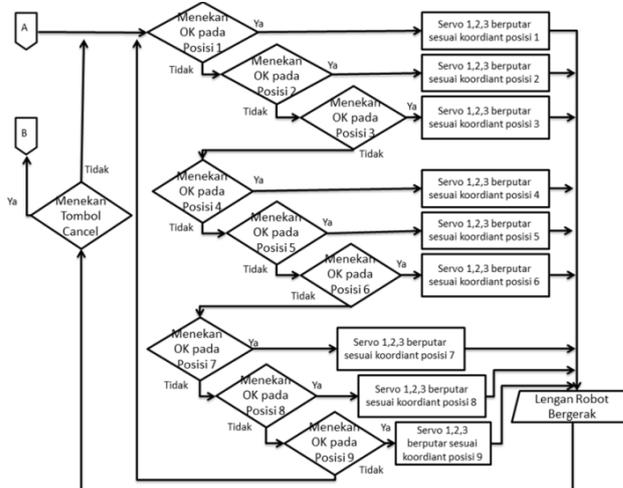
B. Perancangan Software

Perancangan perangkat lunak atau software dilakukan dengan menggunakan aplikasi yang disebut dengan Arduino IDE. Baris kode program yang telah dibuat pada Arduino IDE akan di upload masuk ke perangkat Arduino Uno. Perancangan perangkat lunak atau perancangan software ini bertujuan untuk mengatur kinerja pada input dan output dari perangkat keras dengan adanya instruksi-instruksi yang dimasukkan ke Mikrokontroler. Flowchart prinsip kerja sistem dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 12. Flowchart Mode Manual

Pada Gambar 12 merupakan flowchart untuk bagian Manual pada program lengan robot 4-DOF, dengan cara kerjanya yaitu memilih mode pada menu yang tertera pada LCD dengan menggunakan push button. Ada dua mode yang disajikan yaitu otomatis dan manual, ketika memilih mode manual maka kendali lengan robot menggunakan potensiometer. Ada 4 potensiometer yang digunakan yang masing-masing mengatur tiap sudut servo dengan memutar potensimeter untuk mengatur nilai sudut yang akan menggerakkan servo 1(satu), servo 2 (dua), servo 3 (tiga) dan servo 4 (empat) yang membuat lengan robot bergerak sesuai nilai sudut yang diatur kemudian apabila menekan cancel pada tombol maka akan kembali ke pemilihan mode.



Gambar 12. Flowchart Mode Otomatis

Selanjutnya jika kita memilih mode otomatis maka akan tampil posisi titik koordinat yang dapat dilihat pada LCD. Ketika memilih posisi 1 maka servo 1 (satu), 2 (dua) dan servo 3 (tiga) akan bergerak sesuai koordinat posisi 1 (satu) yang membuat lengan robot bergerak ke posisi 1 (satu) yang selanjutnya akan mengangkat objek yang ada didepannya dan meletakkan objek pada tempat yang telah ditentukan total ada 9 (Sembilan) titik koordinat yang dapat dipilih pada menu lengan robot 4-DOF.

C. Pengujian Pergerakan Lengan Robot

Pada pengujian pergerakan lengan robot ada 4 (empat) pengujian yang dilakukan yaitu yang pertama pengujian posisi servo pada kendali manual, pengujian lengan robot pada titik koordinat dengan kendali otomatis, pengujian pemindahan objek pada kendali otomatis dan pengujian kecepatan pergerakan lengan robot dengan kendali otomatis. Adapun data yang diperoleh akan disajikan dalam bentuk tabel.

1) Pengujian Posisi Servo pada Kendali Manual

Pada pengujian pertama servo digerakkan melalui kendali manual dengan menggunakan potensiometer. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sudut putar tiap pergerakan servo yaitu servo 1 (satu), servo 2 (dua) dan servo 3 (tiga) pada lengan robot saat digerakkan ke titik koordinat yang telah ditentukan. Untuk pengambilan data tiap pengujian titik koordinat dilakukan 3 (tiga) kali percobaan.

Berikut data hasil pengujian lengan robot pada titik koordinat dengan kendali otomatis pada lengan robot 4-DOF untuk pemindah barang.

Tabel 1. Pengujian Posisi Servo pada Kendali Manual

Nomor Posisi	Pengujian Ke-	Sudut Putaran Servo		
		Servo 1	Servo 2	Servo 3
1	1	25°	103°	114°
	2	26°	105°	115°
	3	25°	105°	115°
2	1	19°	107°	84°
	2	18°	105°	84°
	3	20°	108°	81°
3	1	21°	106°	58°
	2	20°	110°	57°
	3	24°	108°	58°
4	1	53°	119°	105°
	2	54°	123°	102°
	3	56°	120°	104°
5	1	44°	124°	84°
	2	44°	121°	85°
	3	45°	123°	85°
6	1	55°	119°	67°
	2	57°	120°	65°
	3	56°	119°	66°
7	1	86°	151°	100°
	2	86°	148°	99°
	3	87°	152°	99°

Nomor Posisi	Pengujian Ke-	Sudut Putaran Servo		
		Servo 1	Servo 2	Servo 3
8	1	90°	149°	81°
	2	89°	149°	83°
	3	93°	150°	83°
9	1	88°	152°	66°
	2	87°	151°	68°
	3	87°	154°	67°

Dari data yang didapatkan dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai derajat tiap sudut servo 1 (satu), servo 2 (dua) dan servo 3 (tiga) untuk tiap percobaan berbeda pada tiap titik koordinatnya.

Untuk koordinat Posisi 1 (satu), dari beberapa pengujian yang telah dilakukan diperoleh servo 1 (satu) berputar pada sudut 25°-26°, servo 2 (dua) berputar pada sudut 103°-105° dan untuk servo 3 (tiga) berputar pada sudut 114°-115°. Untuk koordinat Posisi 2 (dua) diperoleh servo 1 (satu) berputar pada sudut 18°-20°, servo 2 (dua) berputar pada sudut 105°-108° dan untuk servo 3 (tiga) berputar pada sudut 81°-84°. Untuk koordinat Posisi 3 (tiga) diperoleh servo 1 (satu) berputar pada sudut 20°-24°, servo 2 (dua) berputar pada sudut 106°-110° dan untuk servo 3 (tiga) berputar pada sudut 57°-58°. Untuk koordinat Posisi 4 (empat) diperoleh servo 1 (satu) berputar pada sudut 53°-56°, servo 2 (dua) berputar pada sudut 119°-123° dan untuk servo 3 (tiga) berputar pada sudut 102°-105°. Untuk koordinat Posisi 5 (lima) diperoleh servo 1 (satu) berputar pada sudut 44°-45°, servo 2 (dua) berputar pada sudut 121°-124° dan untuk servo 3 (tiga) berputar pada sudut 84°-85°. Untuk koordinat Posisi 6 (enam) diperoleh servo 1 (satu) berputar pada sudut 55°-57°, servo 2 (dua) berputar pada sudut 119°-120° dan untuk servo 3 (tiga) berputar pada sudut 65°-67°. Untuk koordinat Posisi 7 (tujuh) diperoleh servo 1 (satu) berputar pada sudut 86°-87°, servo 2 (dua) berputar pada sudut 148°-152° dan untuk servo 3 (tiga) berputar pada sudut 99°-100°. Untuk koordinat Posisi 8 (delapan) diperoleh servo 1 (satu) berputar pada sudut 89°-93°, servo 2 (dua) berputar pada sudut 149°-150° dan untuk servo 3 (tiga) berputar pada sudut 81°-83°. Untuk koordinat Posisi 9 (sembilan) diperoleh servo 1 (satu) berputar pada sudut 87°-88°, servo 2 (dua) berputar pada sudut 151°-154° dan untuk servo 3 (tiga) berputar pada sudut 66°-68°.

Hasil dari pengujian ini akan menentukan sudut putar tiap servo pada pengujian selanjutnya yaitu kendali otomatis dengan mengambil sudut rata-rata tiap servo untuk setiap titik koordinat yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Nilai Sudut Rata-rata Tiap Servo

Nomor Posisi	Sudut Putaran Servo		
	Servo 1	Servo 2	Servo 3
1	25°	104°	114°
2	19°	106°	83°
3	21°	108°	57°
4	54°	120°	103°
5	44°	122°	84°
6	56°	119°	65°
7	86°	150°	99°
8	90°	149°	82°
9	87°	152°	67°

2) Pengujian Lengan Robot pada Titik Koordinat dengan Kendali Otomatis

Untuk pengujian yang kedua servo digerakkan melalui kendali otomatis dengan tampilan menu pada LCD yang dikendalikan menggunakan push button. Pengujian ini dilakukan untuk melihat pergerakan lengan robot apakah tiap pergerakan motor servo yaitu servo 1 (satu), servo 2 (dua) dan servo 3 (tiga) yang telah di program dengan memasukkan nilai tiap servo dari pengujian pertama apakah lengan robot bergerak sesuai dengan titik koordinat yang telah dipilih pada tampilan menu. Untuk pengambilan data tiap pengujian titik koordinat dilakukan 3 (tiga) kali percobaan.

Berikut data hasil pengujian lengan robot pada titik koordinat dengan kendali otomatis pada lengan robot 4-DOF untuk pemindah barang.

Tabel 3. Pengujian Lengan Robot pada Titik Koordinat dengan Kendali Otomatis

Nomor Posisi Target	Pengujian Ke-	Nomor Posisi Hasil Pengujian	Sudut Putaran Servo		
			Servo 1	Servo 2	Servo 3
1	1	1	25°	104°	114°
	2	1	25°	104°	114°
	3	1	25°	104°	114°
2	1	2	19°	106°	83°
	2	2	19°	106°	83°
	3	2	19°	106°	83°
3	1	3	21°	108°	57°
	2	3	21°	108°	57°
	3	3	21°	108°	57°
4	1	4	54°	120°	103°
	2	4	54°	120°	103°
	3	4	54°	120°	103°
	1	5	44°	122°	84°

Nomor Posisi Target	Pengujian Ke-	Nomor Posisi Hasil Pengujian	Sudut Putaran Servo		
			Servo 1	Servo 2	Servo 3
5	2	5	44°	122°	84°
	3	5	44°	122°	84°
6	1	6	56°	119°	65°
	2	6	56°	119°	65°
	3	6	56°	119°	65°
7	1	7	86°	150°	99°
	2	7	86°	150°	99°
	3	7	86°	150°	99°
8	1	8	90°	149°	82°
	2	8	90°	149°	82°
	3	8	90°	149°	82°
9	1	9	87°	152°	67°
	2	9	87°	152°	67°
	3	9	87°	152°	67°

Dari data yang didapatkan dari hasil pengujian lengan robot pada titik koordinat dengan kendali otomatis menunjukkan bahwa dari pengujian titik koordinat Posisi 1 (satu) hingga titik koordinat posisi 9 (Sembilan) yang telah dilakukan, sudut tiap servo 1 (satu), servo 2 (dua) dan servo 3 (tiga) yang dihasilkan sesuai dengan yang telah diatur pada program dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%.

3) Pengujian Pemindah Objek pada Kendali Otomatis

Untuk pengujian yang ketiga pada lengan robot dengan kendali otomatis bertujuan untuk mengetahui apakah lengan robot dapat menuju ke tiap titik koordinat dan mengangkat objek atau benda di tiap titik koordinat kemudian meletakkan objek di kotak yang telah disediakan. Untuk pengambilan data tiap pengujian dilakukan sebanyak 10 (sepuluh) kali percobaan.

Berikut data hasil pengujian pemindahan objek pada kendali otomatis pada lengan robot 4-DOF untuk pemindah barang.

Tabel 4. Pengujian Pemindahan Objek pada Kendali Otomatis

Nomor Posisi	Pengujian Ke-	Hasil Pengujian		
		Menuju Titik Kordinat	Mengangkat Objek	Meletakkan Objek di Kotak
1	1	√	√	√
	2	√	√	√
	3	√	√	√
	4	√	√	√
	5	√	√	√
	6	√	√	√
	7	√	√	√

Nomor Posisi	Pengujian Ke-	Hasil Pengujian			Nomor Posisi	Pengujian Ke-	Hasil Pengujian		
		Menuju Titik Kordinat	Mengangkat Objek	Meletakkan Objek di Kotak			Menuju Titik Kordinat	Mengangkat Objek	Meletakkan Objek di Kotak
	8	√	√	√		5	√	√	√
	9	X	√	√		6	√	√	√
	10	√	√	√		7	√	√	√
2	1	√	√	√	7	8	√	√	√
	2	√	√	√		9	√	√	√
	3	√	√	√		10	√	√	√
	4	√	√	√		1	√	√	√
	5	√	√	√		2	√	√	√
	6	√	√	√		3	√	√	√
	7	√	√	√		4	√	√	√
	8	√	√	√		5	√	√	√
	9	√	√	√		6	√	√	√
	10	√	√	√		7	√	√	√
3	1	√	√	√	8	8	√	√	√
	2	√	√	√		9	√	√	√
	3	√	√	√		10	√	√	√
	4	√	√	√		1	√	√	√
	5	√	√	√		2	√	√	√
	6	√	√	√		3	√	√	√
	7	√	√	√		4	√	√	√
	8	√	√	√		5	√	√	√
	9	√	√	√		6	√	√	√
	10	√	√	√		7	√	√	√
4	1	√	√	√	9	8	√	√	√
	2	√	√	√		9	√	√	√
	3	√	√	√		10	√	√	√
	4	√	√	√		1	√	√	√
	5	√	√	√		2	√	√	√
	6	√	√	√		3	√	√	√
	7	√	√	√		4	√	√	√
	8	√	√	√		5	√	√	√
	9	√	√	√		6	√	√	√
	10	√	√	√		7	√	√	√
5	1	√	√	√		8	√	√	√
	2	√	√	√		9	√	√	√
	3	√	√	√		10	√	√	√
	4	√	√	√					
	5	√	√	√					
	6	√	√	√					
	7	√	√	√					
	8	√	√	√					
	9	√	√	√					
	10	√	√	√					
6	1	√	√	√					
	2	√	√	√					
	3	√	√	√					
	4	√	√	√					

Dari data yang didapatkan dari hasil pengujian pemindahan objek pada kendali otomatis menunjukkan bahwa dari pengujian titik koordinat Posisi 1 (satu) hingga titik koordinat posisi 9 (Sembilan) yang telah dilakukan, hasil pengujian menuju titik koordinat, mengangkat objek dan meletakkan objek di kotak yang dilakukan sebanyak 10 kali memiliki tingkat keberhasilan mencapai 99% dengan kesalahan pada posisi 1 (satu) pada pengujian ke-9 (Sembilan) pada saat menuju titik koordinat.

4) Pengujian Kecepatan Pergerakan Lengan Robot dengan Kendali Otomatis

Untuk pengujian yang ke empat bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan lengan robot dapat bergerak ke tiap titik koordinat serta mengetahui kecepatan pergerakan lengan robot untuk sampai ke tiap titik koordinat. Untuk pengambilan data tiap pengujian dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali percobaan dan untuk kondisi awal sudut tiap servo digunakan sudut yaitu untuk servo 1 (satu) 10°, servo 2 (dua) 30° dan untuk servo 3 (tiga) 40°.

Berikut data hasil pengujian kecepatan pergerakan lengan robot dengan kendali otomatis pada lengan robot 4-DOF untuk pemindah barang.

Tabel 5. Pengujian Kecepatan Pergerakan Lengan Robot dengan Kendali Otomatis

Nomor Posisi	Pengujian Ke-	Waktu (s)	Kecepatan (cm/s)	Jarak Titik Koordinat (cm)
1	1	5,20	1,44	7,5
	2	5,20	1,44	
	3	5,20	1,44	
Rata-rata Kecepatan = 1,44 cm/s				
2	1	5,20	1,25	6,5
	2	5,20	1,25	
	3	5,20	1,25	
Rata-rata Kecepatan = 1,25 cm/s				
3	1	5,20	1,44	7,5
	2	5,20	1,44	
	3	5,20	1,44	
Rata-rata Kecepatan = 1,44 cm/s				
4	1	5,20	2,30	12
	2	5,20	2,30	
	3	5,20	2,30	
Rata-rata Kecepatan = 2,30 cm/s				
5	1	5,20	2,21	11,5
	2	5,20	2,21	
	3	5,20	2,21	
Rata-rata Kecepatan = 2,21 cm/s				
6	1	5,20	2,30	12
	2	5,20	2,30	
	3	5,20	2,30	
Rata-rata Kecepatan = 2,30 cm/s				
7	1	5,20	3,26	17
7	3	5,20	3,26	Rata-rata Kecepatan = 3,26 cm/s
	1	5,20	3,17	
	2	5,20	3,17	
8	3	5,20	3,17	16,5
	2	5,20	3,17	
	1	5,20	3,26	
Rata-rata Kecepatan = 3,17 cm/s				
9	2	5,20	3,26	17
	3	5,20	3,26	
	1	5,20	3,26	
Rata-rata Kecepatan = 3,26 cm/s				

Nomor Posisi	Pengujian Ke-	Waktu (s)	Kecepatan (cm/s)	Jarak Titik Koordinat (cm)
7	2	5,20	3,26	Rata-rata Kecepatan = 3,26 cm/s
	3	5,20	3,26	
	1	5,20	3,17	
8	2	5,20	3,17	16,5
	3	5,20	3,17	
	1	5,20	3,26	
Rata-rata Kecepatan = 3,17 cm/s				
9	2	5,20	3,26	17
	3	5,20	3,26	
	1	5,20	3,26	
Rata-rata Kecepatan = 3,26 cm/s				

Dari data yang didapatkan dari hasil pengujian kecepatan pergerakan lengan robot dengan kendali otomatis menunjukkan bahwa rata-rata kecepatan tiap titik koordinat yaitu untuk koordinat Posisi 1 (satu) yaitu 1,44 cm/s, untuk koordinat Posisi 2 (dua) yaitu 1,25 cm/s, untuk koordinat Posisi 3 (tiga) yaitu 1,44 cm/s, untuk koordinat Posisi 4 (empat) yaitu 2,30 cm/s, untuk koordinat Posisi 5 (lima) yaitu 2,21 cm/s, untuk koordinat Posisi 6 (enam) yaitu 2,30 cm/s, untuk koordinat Posisi 7 (tujuh) yaitu 3,26 cm/s, untuk koordinat Posisi 8 (delapan) yaitu 3,17 cm/s, dan untuk koordinat Posisi 9 (sembilan) yaitu 3,26 cm/s.

IV. SIMPULAN

Setelah dilakukan berbagai macam pengujian pada lengan robot 4-DOF untuk pemindah barang maka ditarik kesimpulan yaitu lengan robot dapat bergerak dengan kendali manual dan kendali otomatis serta servo pada lengan robot bergerak sesuai dengan titik koordinat posisi yang di inginkan pada kendali manual dan otomatisnya dengan penggunaan 4-DOF pada lengan robot yang membuat lengan dapat bergerak leluasa dan bekerja sesuai fungsi yang diinginkan yaitu dapat bergerak menuju ke tiap titik koordinat, menjepit serta mengangkat dan meletakkan objek pada kotak yang disediakan dengan tingkat keberhasilan mencapai 99%, adapun jarak terjauh dari lengan robot ke titik koordinat berada pada titik koordinat posisi 7 (tujuh) dan 9 (sembilan) yaitu 17cm dengan kecepatan rata-rata yaitu 3,26 cm/s sementara untuk jarak terdekat berada pada titik koordinat posisi 2 (dua) yaitu 6,5 cm dengan kecepatan rata-rata yaitu 1,25cm/s. Jarak mempengaruhi kecepatan lengan robot bergerak, semakin jauh jarak lengan robot dari titik koordinat makan semakin cepat pula lengan robot bergerak

REFERENSI

- [1] A. Saefullah, D. Immaniar & R. A. Juliansah. "Sistem Kontrol Robot Pemindah Barang Menggunakan Aplikasi Android Berbasis Arduino Uno". *CCIT Journal*, vol. 8, no. 2, hlm. 45-56, 2015.
- [2] F. Cempaka, A. Muid & I. Ruslianto. "Rancang Bangun Lengan Robot Sebagai Alat Pemindah". *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, vol. 4, no. 1, hlm. 57-67, 2016.
- [3] M. Didi, E. D. Marindani & A. Elbani. "Rancang Bangun Pengendalian Robot Lengan 4 DOF dengan GUI (Graphical User Interface) Berbasis Arduino". *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, vol. 1, no. 1, hlm. 1-11, 2016.
- [4] M. Afdali, M. Daud & R. Putri. "Perancangan Alat Ukur Digital untuk Tinggi dan Berat Badan dengan Output Suara berbasis Arduino UNO". *Jurnal ELKOMIKA*, vol. 5, no. 1, hlm. 106-118, 2017.
- [5] D. D. Hutagalung. "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas Dan Api Dengan Menggunakan Sensor MQ2 Dan Flame Detector". *Jurnal Rekayasa Informasi*, vol. 7, no. 2, hlm. 43-53, 2018.
- [6] A. Surtono. "Studi Pemanfaatan Apung Dan Potensiometer Sebagai Transduser Ketinggian Air". *Jurnal Sains Tek*, vol. 12, no. 1, hlm. 57-65, 2006.
- [7] E. Mulyana & R. Kharisman. "Perancangan Alat Peringatan Dini Bahaya Banjir dengan Mikrokontroler Arduino Uno R3". *Citec Journal*, vol. 1, no. 3, hlm. 171-182, 2014.
- [8] P. Prasetyawan, Y. Ferdianto, S. Ahdan, & F. Trisnawati. "Pengendalian Lengan Robot Dengan Mikrokontroler Arduino Berbasis Smartphone". *Jurnal Teknik Elektro ITP*, vol. 7, no. 2, hlm. 104-109, 2018.
- [9] A. Siswanto, R. Sitepu, D. Lestraningsih, L. Agustine, A. Gunadhi, & W. Andyardja. "Meja Tulis Adjustable dengan Konsep Smart Furniture". *Journal Widya Teknik*, vol. 19, no. 2, hlm. 98-108, 2020.
- [10] Sarmidi & S. I. Rahmat. "Sistem Peringatan Dini Banjir Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno". *Jurnal Manajemen Dan Teknik Informatika*, vol. 3, no. 1, hlm. 31-40, 2019.
- [11] M. Natsir, D. B. Rendra & A. D. Anggara. "Implementasi Iot Untuk Sistem Kendali Ac Otomatis Pada Ruang Kelas Di Universitas Serang Raya". *Jurnal PROSISKO*, vol. 6, no. 1, hlm. 69-72, 2019.