

Lengan Robot Pemindah Barang Berdasarkan Ukuran Tinggi

Muhammad Hadi Maftuh*¹

^{*1}Politeknik Negeri Cilacap

Jalan Dr. Soetomo No. 01, Sidakaya, Cilacap Selatan, Cilacap 53212 Jawa Tengah

¹hadimaftuh73@gmail.com

Abstrak- Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk merancang dan membuat lengan robot pemindah barang berdasarkan ukuran tinggi. Dengan adanya lengan robot pemindah barang ini, maka ketika memindahkan benda dengan massa yang berat dan jarak yang jauh tidak perlu membutuhkan tenaga manusia. Karena hal ini dinilai kurang efektif mengingat keterbatasan kemampuan manusia dalam memindahkan barang berat dan keterbatasan waktu manusia dalam bekerja. Lengan robot ini didesain untuk mengambil dan memindahkan barang dari konveyor ke tempat penempatan barang. Lengan robot menggunakan sensor ultrasonik untuk mengidentifikasi barang. Input dari sensor tersebut akan diproses oleh mikrokontroler dan memberikan instruksi untuk pergerakan lengan robot tersebut. *Input* dari robot ini berupa koordinat awal dan koordinat akhir yang kemudian dikomputasikan dengan metode *inverse kinematics* dengan *output* berupa besar sudut yang dibutuhkan masing masing *joint* agar lengan robot mencapai titik koordinat tersebut. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan, sensor ultrasonik dapat membedakan tipe barang yang ada dengan *error* terkecil sebesar 0,01% dan *error* terbesar 4,68%, serta sensor *proximity* dapat mendeteksi barang pada jarak ≤ 10 cm. Rata-rata *error* yang terjadi antara koordinat yang diinginkan dengan koordinat yang dihasilkan berdasarkan perhitungan *invers kinematics* adalah 0-2 cm. Pada pengujian pemindahan barang lengan robot dapat memindahkan sesuai dengan ukuran tinggi dengan tingkat keberhasilan 100 %. Berdasarkan hasil tersebut lengan robot pemindah barang dengan menggunakan metode *inverse kinematics* ini efektif dalam menjalankan fungsinya memindahkan barang.

Kata kunci: Lengan robot, *Inverse kinematics*.

Abstract- The research was conducted with the aim of designing and making a moving robot arm based on height size. With the robot arm of this moving item, when moving objects with heavy mass and long distances there is no need for human power. Because this is considered less effective given the limited human ability to move heavy goods and limited human time in work. The robotic arm is designed to pick up and move items from the conveyor to the place where the goods are placed. The robotic arm uses ultrasonic sensors to identify items. Inputs from the sensor will be processed by the microcontroller and provide instructions for the movement of the robot arm. The input of this robot is the initial coordinates and the final coordinates which are then computerized with the inverse kinematics method with an output of the large angle required of each joint in order for the robotic arm to reach that coordinate point. As a result of the research that has been done, , ultrasonic sensors can distinguish existing types of goods with the smallest error of 0.01% and the largest error 4.68%, and proximity sensors can detect goods

at a distance of ≤ 10 cm. The average error that occurs between the desired coordinate and the coordinate generated based on the kinematics inverse calculation is 0-2 cm. In the test the removal of robot arm goods can move according to the height size with a success rate of 100%. Based on these results, the robot arm of the moving goods using the inverse kinematics method is effective in carrying out its function of moving goods.

Keywords: Arm robot, *Inverse kinematics*.

I. PENDAHULUAN

Otomasi telah menjadi inti dari sebuah perusahaan manufaktur modern pada saat ini, banyak perusahaan mengotomasi kegiatan mereka untuk suatu alasan yaitu meningkatkan produktifitas, dan mengurangi bahaya akibat kelalaian manusia (*human error*) juga tingginya biaya tenaga kerja (*high cost of human labor*)^[1]. Otomasi mengubah sesuatu yang sebelumnya manual menjadi otomatis, misalnya seperti pemilahan dan pemindahan barang. Ada berbagai jenis alat pemindah barang di industri, diantaranya adalah lengan robot dan *conveyor belt*.

Lengan robot digunakan untuk membantu manusia melakukan beberapa tugas seperti memilih dan menempatkan suatu objek. Penggunaan robot juga dapat mengurangi resiko yang membahayakan manusia. Konsep gerakan lengan robot diadaptasi dari hasil pengamatan gerakan dengan meniru gerakan maupun struktur tangan manusia. Struktur pangkal lengan robot ditanam pada suatu bidang atau area yang statis, sedangkan sisi lain yang disebut sebagai ujung lengan (*end of effector*) dapat bergerak bebas menuju area yang diinginkan. Pada bagian ujung lengan robot dapat dipasang berbagai perangkat tambahan seperti kamera, sensor dan lain-lain^[2]. Konveyor adalah suatu sistem mekanik yang mempunyai fungsi memindahkan barang dari satu tempat ke tempat yang lain. Konveyor banyak digunakan di industri untuk transportasi barang yang jumlahnya sangat banyak^[2]. Pemilihan *conveyor* ataupun lengan robot dipengaruhi oleh jenis barang yang akan dipindahkan.

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka dibuatlah tugas akhir berupa rancangan dan realisasi dari prototipe lengan robot pemilah barang berdasarkan tinggi barang pada *conveyor belt*. Lengan robot menggunakan motor servo sebagai penggerakannya, yang akan digunakan untuk memindahkan barang yang sudah dipilih berdasarkan tinggi pada *conveyor*

belt. Conveyor belt menggunakan motor DC untuk menggerakkan sistem *conveyor*. Data hasil pemilahan barang akan ditampilkan pada LCD.

A. Lengan Robot

Lengan robot merupakan salah satu jenis robot yang sering digunakan di sektor industri. Susunan lengan robot umumnya terdiri dari rangka (link) dan sendi (joint). Pemanfaatan lengan robot ditujukan untuk meningkatkan produksi sebagai pemindah barang dengan bentuk seperti lengan yang dihubungkan secara seri dan mempunyai sendi yang dapat berputar dengan pergerakan yang akurat.^[3]

B. Kinematika Lengan Robot

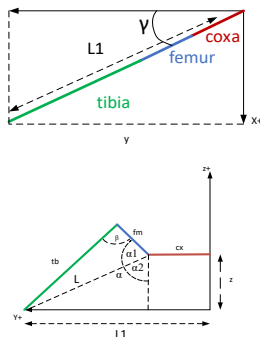
Kinematika adalah studi tentang gerak terlepas dari gaya yang menyebabkan hal itu dan Geometri gerak adalah pertanyaan tentang kinematik^[4]. Kinematika lengan robot menggambarkan hubungan *end-effector* dalam ruang tiga dimensi dengan variabel sendi dalam ruang sendi.

C. Forward Kinematics

Forward Kinematics merupakan sebuah metode untuk mengubah besaran sudut tiap joint menjadi besaran kartesian pada ujung *end-effector*^[5]. Pada metode forward kinematics, posisi dan orientasi ujung lengan (*end-effector*) robot dapat ditentukan berdasarkan posisi sudut-sudut joint dan struktur mekanik robot.

D. Invers kinematics

Inverse kinematics adalah metode yang digunakan untuk mengonversikan besaran kartesian pada *ujung* lengan robot menjadi besaran sudut pada tiap *joint servo* dengan memanfaatkan persamaan trigonometri. Tujuan dari metode *Inverse kinematics* adalah untuk menemukan besar sudut (γ , β , α) dari nilai (x , y , z) sebagai input. Gambar Invers kinematik 3 dof dapat dilihat pada Gambar 1^[6].

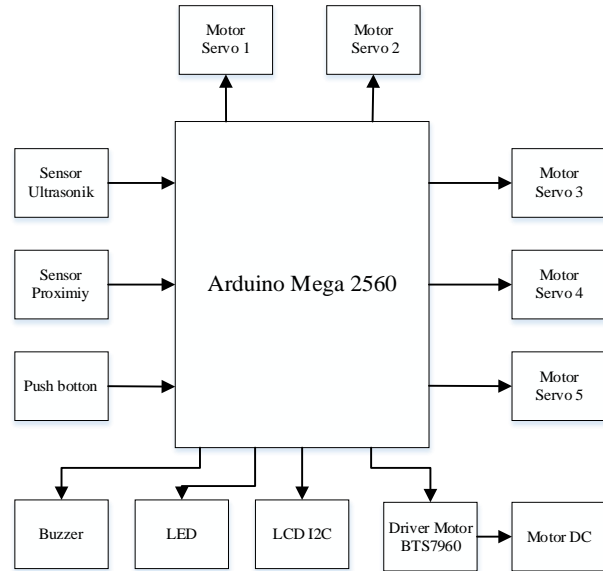


Gambar 1. Invers kinematik 3 dof

II. PERANCANGAN SISTEM

A. Diagram Blok Sistem

Pembuatan blok diagram untuk menggambarkan proses kerja alat. Blok diagram inilah yang nantinya akan digunakan sebagai gambaran garis besar pembuatan tugas akhir. Blok diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 2 :

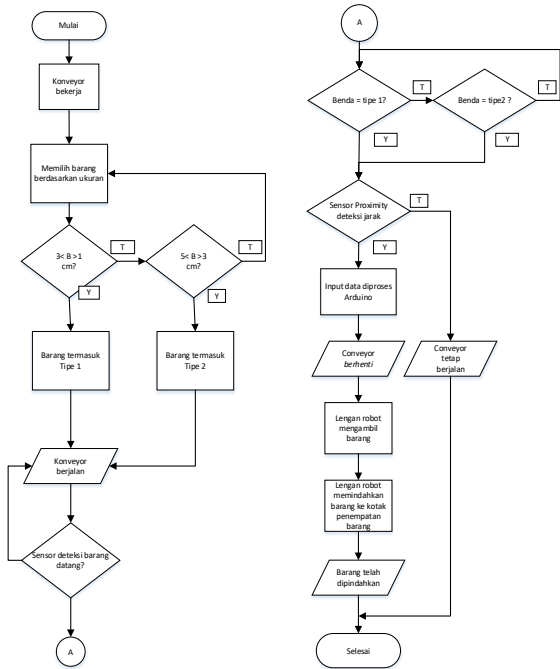


Gambar 2 Diagram Blok Sistem

Gambar 2 adalah diagram blok sistem yang dirancang. Diagram blok terdiri dari input serta output. Input yang diberikan pada mikrokontroler Arduino Mega2560 berupa sensor ultrasonik, sensor *proximity*, *push button*. Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler. Sensor ultrasonik digunakan untuk memilah benda, *push button* digunakan untuk menghidupkan, mematikan sistem,dan mereset penghitungan benda yang dipilah. Output dari sistem berupa motor DC dan motor servo yang akan bergerak sesuai dengan perintah dari arduino, LED, LCD, dan *buzzer* sebagai indikator.

B. Flowchart Perancangan Sistem

Flowchart merupakan suatu standar untuk menggambarkan proses. Setiap langkah dalam sistem dinyatakan dalam sebuah simbol dan alir setiap langkahnya dinyatakan dengan garis yang dilengkapi panah. *Flowchart* perancangan sistem yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3:



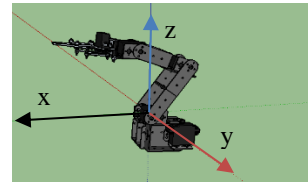
Gambar 3 Flowchart Keseluruhan Sistem

Gambar 3 menjelaskan *flowchart* dari sistem. Pada saat sistem dimulai, *conveyor belt* akan bekerja membawa benda berupa balok, benda tersebut akan melewati sebuah portal terdapat pada konveyor. Pada portal terdapat sensor *ultrasonic* yang digunakan untuk mengukur ketinggian barang untuk dijadikan acuan dalam memilah barang. Terdapat dua buah tipe balok yang akan diukur yaitu ukuran 7x3x11 cm, dan 7x3x7 cm. Berdasarkan ukuran tersebut, sistem akan mencatat tipe barang yang terdeteksi masuk ke tipe 1 atau tipe 2. Setelah itu benda akan bergerak menuju tempat pengambilan lengan robot yang terdapat sebuah sensor *proximity* untuk mendeteksi benda ketika sudah sampai. Lengan robot mengambil barang menggunakan *gripper* yang ada di bagian *end efektornya*, Lengan robot akan memindahkan barang tersebut ke kotak A atau B berdasarkan ukuran yang diketahui sebelumnya. Data jumlah dari barang pada masing-masing kotak akan ditampilkan pada layar LCD.

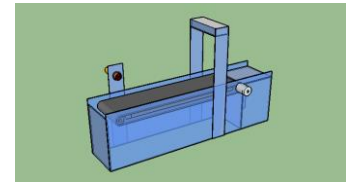
C. Perancangan Desain Mekanik

Perancangan desain mekanik terdiri dari rancangan lengan robot dan konveyor. Kerangka lengan robot menggunakan bahan aluminium alloy karena bahan tersebut memiliki massa yang ringan. Kerangka konveyor menggunakan bahan akrilik. Pada bagian dasar lengan robot terbuat dari triplek. Bahan triplek digunakan pada bagian dasar, karena lebih mudah untuk pemasangan komponen berupa lengan robot, konveyor dan panel yang berisi push button, LED serta LCD. Lengan robot menggunakan 4 motor servo sebagai penggerakannya. Pada bagian konveyor, sensor ultrasonik dipasang diatas dan sensor *proximity* dipasang pada bagian pinggir konveyor. Berikut ini adalah desain mekaniknya.

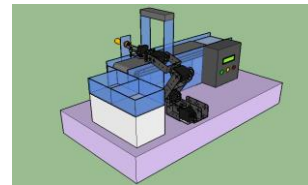
Perancangan desain mekanik alat yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 4 :



Gambar 4(a)



Gambar 4(b)



Gambar 4(c)

Keterangan :

- (a) : Lengan Robot
- (b) : *Conveyor Belt*
- (c) : Mekanik Keseluruhan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembahasan akan dijelaskan pengujian dari sistem yang telah dibuat agar diperoleh data untuk mengetahui alat yang dirancang telah bekerja dengan baik atau tidak.

1. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik bertujuan untuk mendeteksi pembacaan jarak untuk memilah barang. Tabel pengujian sensor ultrasonik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Sensor Ultrasonik Pada Conveyor

No	Tipe barang	Hasil
1	Tipe 1	Terbaca
2	Tipe 2	Terbaca
3	Tipe 1	Terbaca
4	Tipe 2	Terbaca
5	Tipe 2	Terbaca
6	Tipe 1	Terbaca
7	Tipe 1	Terbaca
8	Tipe 2	Terbaca
9	Tipe 1	Terbaca
10	Tipe 2	Terbaca

Tabel 1. menunjukkan pengujian konveyor dilakukan pengujian sensor ultrasonik dalam pembacaan jarak untuk memilah barang dengan pengujian barang secara acak. Barang tipe 1 dengan dimensi 7x3x7 yang berjarak 6 cm dari sensor, sedangkan barang tipe 2 yaitu dengan dimensi 7x3x11 yang berjarak 2 cm dari sensor. Uji coba ini dilakukan sebanyak 10 kali percobaan, dan hasilnya sensor ultrasonik dapat membedakan barang dengan baik dan tingkat keberhasilannya 100 %.

2. Pengujian Sensor Proximity

Pengujian sensor proximity dilakukan dengan tujuan untuk mendeteksi keberadaan barang yang ada pada konveyor. Jarak pendeteksian barang disesuaikan dengan kebutuhan,

yaitu sesuai dengan lebar konveyor. Tabel pengujian sensor *proximity* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Sensor Proximity

No	Jarak (cm)	Hasil
1	2	Terdeteksi
2	3	Terdeteksi
3	4	Terdeteksi
4	5	Terdeteksi
5	6	Terdeteksi
6	7	Terdeteksi
7	10	Terdeteksi
8	12	Tidak terdeteksi
9	15	Tidak terdeteksi
10	20	Tidak terdeteksi

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh data seperti pada Tabel 2. Tabel pengujian sensor *proximity* menunjukkan bahwa sensor *proximity* masih dapat mendeteksi keberadaan benda dengan jarak 10 cm. Meskipun sensor *proximity* dapat mendeteksi sampai 80 cm, namun karena jarak yang dibutuhkan hanya sekitar 10 cm. Sehingga untuk mengatur jarak pendeteksiannya diatur dengan memutar *head trimer* yang terdapat di belakang sensor sampai dihasilkan jarak deteksi 10 cm.

3. Pengujian Motor Servo

Pengujian Motor Servo dilakukan untuk mengetahui kesalahan sudut yang dihasilkan oleh setiap motor servo. Pengukuran dilakukan dengan busur derajat yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Gambar Pengujian *Output* Sudut Motor Servo

Untuk melakukan pengukuran gerakan motor servo, maka dilakukan pemrograman melalui Arduino dengan interval

sudut sebesar 0° hingga 180° dan diukur tiap motor servo menggunakan busur. Data pengukuran *output* servo dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Pengukuran *Output* Servo

No	Input (°)	servo1 (°)	servo2 (°)	servo3 (°)	servo4 (°)	servo5 (°)
1	0	0	0	0	0	0
2	10	5	7	10	5	7
3	20	10	17	20	15	17
4	30	20	28	30	25	28
5	40	30	39	40	35	39
6	50	45	50	50	45	52
7	60	55	60	60	55	62
8	70	65	70	68	65	70
9	80	78	81	78	78	81
10	90	90	90	86	90	90
11	100	105	100	95	105	100
12	110	115	110	105	115	110
13	120	125	120	115	125	122
14	130	135	130	126	135	132
15	140	145	140	136	145	143
16	150	158	150	145	158	153
17	160	170	160	156	170	161
18	170	180	170	165	180	171
19	180	200	180	176	190	180

Tabel 3. adalah data pengukuran *output* servo. Pengujian dilakukan sebanyak 19 kali, dimulai dari 0° hingga 180° untuk setiap motor servo. Nilai yang ada pada kolom input merupakan besar sudut yang dimasukkan ke Arduino. Sedangkan nilai kolom servo1, servo 2, servo3, servo4 dan servo5 merupakan sudut yang dihasilkan oleh setiap motor servo berdasarkan nilai yang dimasukkan ke Arduino. Sudut yang dimasukkan ke arduino dengan yang dihasilkan oleh setiap motor servo memiliki hasil yang berbeda namun ada juga yang sama

4. Pengukuran *Invers Kinematics*

Hasil dari persamaan *inverse kinematics* dapat dilihat dengan melihat posisi ujung lengan robot atau *end effector*, dengan memasukkan perintah pada robot agar lengan robot berada pada koordinat yang diperintahkan. Pengujian akan dilakukan dengan melihat posisi *end effector* pada saat koordinat $x = 0$, pada saat koordinat $y = 0$ dan pada saat koordinat x dan y berbanding lurus atau ketika γ berada pada sudut 45°.

a. Pengujian Terhadap Sumbu Y

Pengujian terhadap sumbu y dilakukan dengan memberikan perintah pada lengan robot untuk bergerak pada kuadran 1, yaitu pada saat sumbu x dan y positif. Untuk memudahkan pengujian, sumbu x diatur ke 0. Pengujian dilakukan beberapa kali dengan memasukan nilai y yang berbeda. hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Sumbu Y

No	Input kordinat (x, y, z) (cm)	Koordinat (x, y, z) aktual (cm)	Error tiap sumbu (cm)	Sudut hasil perhitungan γ, α, β ($^{\circ}$)	Sudut Actual γ, α, β ($^{\circ}$)
1	0, 6, 15	0,4, 17	0, 2, 2	90, 51,90 95,89	90, 40, 95
2	0, 10, 15	0, 9,5, 17	0, 0,5, 2	90, 69,34, 101,59	90, 65, 110
3	0, 15, 15	0, 16,5, 16	0, 1,5, 1	90, 90,07, 122,99	90, 95, 125

Berdasarkan Tabel 4. dapat dilihat bahwa *error* yang terjadi pada pengujian sumbu y adalah antara 0-2 cm dengan melihat hasil sudut perhitungan dan hasil pengukuran, rata rata kesalahan diakibatkan karena kesalahan sudut yang dihasilkan motor servo. Pengujian ini dilakukan menggunakan mistar sebagai alat ukur.

b. Pengujian Terhadap Sumbu Z

Pengujian terhadap sumbu Z dilakukan dengan memberikan perintah pada lengan robot untuk bergerak pada kuadran 2, yaitu pada saat sumbu x negatif dan y positif. Untuk memudahkan pengujian, sumbu y diatur ke 0. Pengujian dilakukan beberapa kali dengan memasukan nilai z yang berbeda. hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Sumbu Z

No	Input kordinat (x, y, z) (cm)	Koordinat (x, y, z) actual (cm)	Error tiap sumbu (cm)	Sudut hasil perhitungan γ, α, β ($^{\circ}$)	Sudut Actual γ, α, β ($^{\circ}$)
1	-6, 0, 5	-6, 0, 7	0, 0, 2	180, 28,20, 82,20	180, 20, 80
2	-6,0, 10	-6, 0, 11	0, 0, 1	180, 36,48, 95,27	180, 30, 95
3	-6, 0, 15	-4, 0, 15	2, 0, 0	180, 51,90, 95,89	180, 40, 95

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa *error* yang terjadi pada pengujian sumbu z adalah antara 0-2 cm dengan melihat hasil sudut perhitungan dan hasil pengukuran, rata rata kesalahan diakibatkan karena kesalahan sudut yang dihasilkan motor servo. Pengujian ini dilakukan menggunakan mistar sebagai alat ukur.

c. Pengujian Terhadap Sumbu X dan Y

Pengujian terhadap sumbu y dilakukan dengan memberikan perintah pada lengan robot untuk bergerak pada koordinat z = 15, sedangkan pada sumbu y diatur ke 6 cm dan

sumbu x juga diatur ke 6 cm. baik positif maupun negatif. hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 6. Pengujian Sumbu X dan Y

No	Input kordinat (x, y, z) (cm)	Koordinat (x, y, z) actual (cm)	Error tiap sumbu (cm)	Sudut hasil perhitungan γ, α, β ($^{\circ}$)	Sudut Actual γ, α, β ($^{\circ}$)
1	9, 9, 15	10, 9,5, 14	1, 0,5, 1	45, 58,68, 110,97	45, 55, 105
2	-9, 9, 15	9, 10, 14	0, 1, 1	45, 58,68, 110,97	50, 55, 105

Berdasarkan Tabel 6. dapat dilihat bahwa *error* yang terjadi pada pengujian sumbu x dan y adalah antara 0-1 cm dengan melihat hasil sudut perhitungan dan hasil pengukuran. Kesalahan atau *error* yang terjadi berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada tabel hasil uji coba dapat disebabkan oleh beberapa faktor mulai dari kesalahan pengukuran sambungan motor servo, karena penggunaan alat ukur yang digunakan adalah penggaris yang hanya memiliki ketelitian 1 mm. Kesalahan pengukuran sudut servo yang hanya dengan melihat melalui busur derajat.

5. Pengujian Keseluruhan

Pada pengujian keseluruhan bertujuan untuk mengetahui apakah alat sudah berfungsi dengan baik dan sesuai perancangan yang sudah dibuat sebelumnya, pertama-tama ketika tombol *start* ditekan maka *conveyor* akan bekerja membawa barang melewati sensor ultrasonik. Ketika sensor mendeteksi barang maka sensor akan memilah barang sesuai dengan ketinggian barang tersebut, terdapat 2 tipe ketinggian barang yang telah ditentukan. barang tersebut lalu dibawa ke tempat pengambilan. Saat sensor *proximity* mendeteksi barang konveyor akan berhenti dan lengan robot akan mengambil dan menempatkan barang sesuai dengan tipe tinggi barangnya. Pengujian keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengujian Keseluruhan

No	Tipe barang	Sensor Ultrasonik		Sensor Proximity		Lengan Robot		Kotak Penempatan		
		Y	T	Y	T	Y	T	1	2	Hasil
1.	A	√	-	√	-	√	-	√	-	1
2.	A	√	-	√	-	√	-	√	-	1
3.	A	√	-	√	-	√	-	√	-	1
4.	B	√	-	√	-	√	-	-	√	2
5.	B	√	-	√	-	√	-	-	√	2
6.	B	√	-	√	-	√	-	-	√	2

Berdasarkan pengujian pada Tabel 7. semua sensor sudah bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Sensor ultrasonik sudah dapat mendeteksi dan memilah barang berdasarkan ketinggiannya. Sensor *proximity* dapat mendeteksi barang dan memberhentikan konveyor agar lengan robot bekerja mengambil barang, dan lengan robot berhasil

memindahkan barang sesuai dengan kotak penempatan barang yang semestinya. Berdasarkan hal tersebut, maka lengan robot pemindah barang dapat dikatakan sudah bekerja dengan baik.

IV. KESIMPULAN

1. Pembuatan mekanik lengan robot untuk memilah dan memindahkan barang menyesuaikan barang yang akan dipindahkan, dengan sensor ultrasonik dipasang diatas konveyor untuk mendeteksi tinggi barang dan sensor *proximity* dipasang pada bagian pinggir konveyor untuk mendeteksi keberadaan barang .
2. Pembuatan sistem elektronik lengan robot menggunakan Arduino, sensor ultrasonik, dan sensor *proximity* sudah sesuai, sehingga memberikan hasil bahwa sensor ultrasonik dapat membedakan tipe barang yang ada dengan *error* terkecil sebesar 0,01% dan *error* terbesar 4,68%, serta sensor *proximity* dapat mendeteksi barang pada jarak ≤ 10 cm.
3. Secara keseluruhan sistem software untuk mengendalikan lengan robot sesuai dengan perancangan yang sudah dibuat. Meskipun hasilnya masih terjadi *error* antara koordinat yang diinginkan dengan koordinat yang dihasilkan berdasarkan perhitungan *invers kinematics* yaitu sekitar 0-2 cm. Akan tetapi pada pengujian pemindahan barang lengan robot dapat memindahkan sesuai dengan ukuran tinggi dengan tingkat keberhasilan 100 %.

REFERENSI

- [1] Bijanrostami, Khosro.. *Design and Development of an Automated Guided Vehicle for Educational Purpose*. Gazimagusa. 2011
- [2] Prabowo , & Mahardika. D. “*Analisis Pengaruh Kecepatan dan Massa Beban pada Conveyor Belt terhadap Kualitas Pengemasan Dan Kebutuhan Daya dan Arus Listrik di Bagian Produksi PT Indopintan Sukses Mandiri Semarang*”. Undergraduate Thesis. Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang 2018.
- [3] Anandya, G. R. “Rancang Bangun Lengan Robot Penjepit Pcb 3 Dof Berbasis Arduino Untuk Proses Etching PCB Otomatis”. Surabaya: ITS. 2017
- [4] M. Khorasani.”*Design and Kinematics Modeling of a Novel Haptic Device*”. 5th RSI Int. Conf. Robot. Mechatronics, no. IcRoM, pp. 421–425. 2017
- [5] M. Mustafa, R. Misuari, and H. Daniyal.. *Forward Kinematics of 3 Degree of Freedom Delta Robot*. no. December, pp.3–6, 2007
- [6] J. Billingsley and J. Billingsley. “*Inverse Kinematics. Essentials Dyn*”. Vib., pp. 95–98. 2017
- [7] Setiawan, Iwan. *Buku Ajar Sensor Dan Transduser*. Yogyakarta. 2009.
- [8] Jaya, Hendra. “*Desain dan Implementasi Sistem Robotika Berbasis Mikrokontroler*”. Makassar: Edukasi Mitra Grafika.2016..
- [9] Immersa Lab. “*Pengertian Proxy Sensor, jenis-jenis, dan prinsip kerja*”. 2018