# Pengendalian *End Effector* Robot Lengan untuk Aplikasi *Pick and Place* dengan Metode Persamaan Garis

# Ismail Rokhim<sup>#</sup>, Pipit Anggraeni, Hilda Khoirunnisa, Hilman Mujahid Purnama

Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung Jl. Kanayakan No. 21 Dago, Bandung 40135, Jawa Barat, Indonesia "ismailrokhim@polman-bandung.ac.id"

#### **Abstrak**

Robot lengan merupakan salah satu jenis robot yang diadaptasi dari perilaku lengan manusia. Untuk mencegah adanya kesalahan dalam pengambilan benda pada posisi acak maka dibutuhkan sebuah metode pengendalian. Penelitian ini bertujuan untuk mengendalikan *end effector* robot dengan metode persamaan garis. Pergerakan pembacaan posisi benda dilakukan secara *default* dan hasil pembacaan posisi benda menghasilkan dua titik koordinat pada sisi panjang dan lebar benda kemudian dua titik koordinat panjang dan lebar benda akan diolah dengan menggunakan metode persamaan garis lurus untuk menghasilkan posisi benda dan nilai gradien yang dijadikan acuan penentuan orientasi *end effector*. Pada implementasi penempatan posisi benda didapat nilai probabilitas sebesar 100%. Untuk akurasi dari pendeteksin benda pada jarak titik awal pergerakan dengan titik terdeteksinya benda didapat nilai rata-rata kesalahan 29,026% pada sumbu Y dan 27,445% pada sumbu X dengan jarak pergerakan 30 mm, 16,931% pada sumbu Y dan 15,529% pada sumbu X dengan jarak pergerakan 60 mm, 12,169% pada sumbu Y dan 10,881% pada sumbu X dengan jarak pergerakan 120 mm, serta 7,947% pada sumbu Y dan 7,743% pada sumbu X dengan jarak pergerakan 150 mm. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa semakin jauh jarak titik awal pergerakan robot lengan dengan titik terdeteksinya sisi benda, maka akan menghasilkan nilai kesalahan pendeteksian semakin kecil.

Kata kunci: robot lengan, posisi benda, end effector, persamaan garis lurus

## Abstract

The arm robot is a type of robot adapted from the behavior of the human arm. To prevent errors in taking objects in random positions, a control method is needed. This study aims to control the end effector of the robot using the line equation method. The movement of the reading of the object's position is carried out by default and the results of the reading of the object's position produce two coordinate points on the long and wide side of the object, then the two coordinate points for the length and width of the object will be processed using the straight line equation method to produce the position of the object and the gradient value that is used as a reference for determining the orientation end effector. In implementing the position of objects, the probability value is 100%. For the accuracy of the detection of objects at the distance from the initial point of movement to the point of detection of objects, the mean error value is 29.026% on the Y axis and 27.445% on the X axis with a movement distance of 30 mm, 16.931% on the Y axis and 15.529% on the X axis with a distance movement of 60 mm, 12.169% on the Y axis and 10.881% on the X axis with a movement distance of 120 mm, and 7.947% on the Y axis and 7.743% on the Y axis with a movement distance of 150 mm. Based on these results, it can be seen that the farther the distance between the starting point of the arm robot movement and the detection point of the object side, the smaller the detection error value will be.

Keywords: arm robot, object position, end effector, linear equation method

#### I. PENDAHULUAN

Sejak beberapa tahun terakhir, terdapat perkembangan industri yang mulai menggantikan

pekerjaan manusia dengan robot lengan. Penggunaan robot lengan umumnya digunakan untuk melakukan pekerjaan yang berbahaya, dan sangat berulang-ulang. Robot lengan memiliki

Diterima: 28 Oktober 2020; Direvisi: 12 November 2020; Disetujui: 7 April 2021

JTERA, Vol. 6, No. 1, Juni 2021

berbagai kegunaan pada industri seperti pada bidang pekerjaan material handling, arc welding, painting, spraying, pick and place, dan assembly [1]. Penggunaan manusia pada perkerjaan tertentu memiliki kelebihan dalam tingkat fleksibilitas yang sangat tinggi. Selain itu, pada aktifitas pekerjaan yang dilakukan secara berulang-ulang akan menurunkan kinerja dari manusianya itu sendiri.

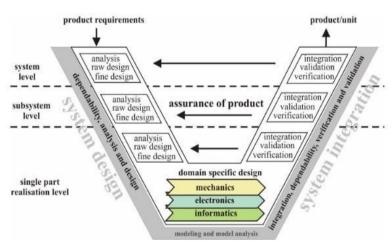
penelitian terdahulu Pada studi pengembangan robot lengan yang menjalankan fungsi pick and place sudah mulai dikembangkan. Pada proses pick and place yang dilakukan secara otomatis dan kemampuan sistem mendeteksi posisi objek, akan menjadikan proses pick and place lebih akurat dalam pengambilan dan penyimpanan objeknya. Dalam perancangan pendeteksian posisi objek yang dapat diposisikan secara acak, penggunaan sensor dapat menjadi salah satu solusi, seperti penggunaan sensor *proximity*. Penelitian [2] membahas fungsi automatic pick and place menggunakan mikrokontroler PIC16F877A. Robot lengan dirancang untuk fungsi pick and place menggunakan forward dan inverse kinematik yang terdiri dari 2-DOF dengan menggunakan motor servo sebagai penggerak pada setiap joint. Proses pick and place yang dirancang yaitu memindahkan objek sejauh 10 inch horizontal dari peletakan objek menuju penyimpanan objek. Proses pemindahan objek dilakukan dengan tidak adanya pendeteksian posisi objek. Berbeda dengan sistem tersebut, pada penelitian [3] pick and place dirancang untuk memindahkan objek dari konveyor menuju tempat penyimpanan. Proses pick and place bekerja menggunakan sensor proximity yang difungsikan untuk pendeteksian objek pada konveyor. Setelah objek terdeteksi pada konveyor, robot lengan akan bergerak untuk melaksanakan proses pengambilan objek dan bergerak menuju tempat penyimpanan. kontrol pada pick and place Sistem menggunakan PLC Mitsubishi FX5U. Pada penelitian [4] proses pick and place secara otomatis berdasarkan iarak deteksi ultrasonik HC-SR04 dengan pengontrol Arduino Uno yang bekerja dari jarak 10 cm sampai 30 cm. Proses pick and place dapat dijalankan ketika adanya objek terdeteksi pada jarak 10 cm sampai 30 cm. Robot lengan yang dirancang memiliki 5-DOF mampu mengambil obiek kemudian robot lengan akan bergerak pada posisi tempat penyimpanan objek. Hampir serupa, pada penelitian [5] robot lengan dirancang dengan 3-DOF untuk misi pick and place dalam bentuk prototipe berbasis inverse kinematics. vang dirancang Robot mampu menjalankan misi menggunakan antarmuka MATLAB dengan menghasilkan nilai kesalahan antara hasil kalkulasi dan eksperimen sekitar 3%.

Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan sistem pick and place pada benda posisi acak dengan tingkat fleksibilitas pengenalan posisi dan orientasi benda yang tinggi. Untuk itu sistem yang dirancang dengan menerapkan sistem pengendalian end effector dengan menggunakan proximity digunakan sensor yang dalam pendeteksian benda dan penggunaan robot lengan sebagai aktuator untuk memindahkan benda menuju tempat yang sudah disediakan. Metode yang digunakan untuk mendeteksi objek dengan bantuan sensor proximity dengan menggunakan metode persamaan garis lurus.

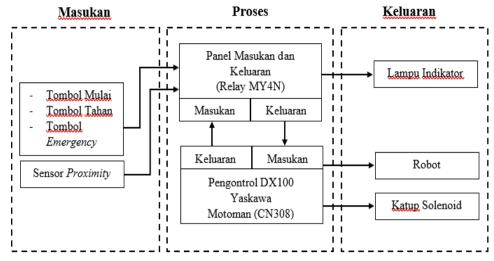
## II. METODE PENELITIAN

## A. Perancangan Perangkat Keras

Pada aspek teknis, metode penelitian yang digunakan adalah metode perancangan VDI 2206. VDI 2206 merupakan metodologi dalam perancangan desain sistem mekatronika. Sistem mekatronika merupakan perpaduan dari mekanik, elektrik, dan informatika [6].



Gambar 1. Panduan pembuatan desain sistem mekatronika [6]



Gambar 2. Gambaran umum sistem

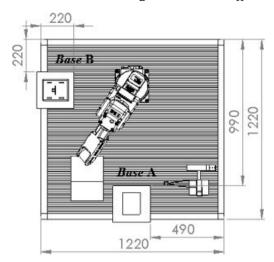
Pada Gambar 1 terdapat beberapa tahapan dalam penyelesaian metode ini. Tahapan product requirement merupakan tahap pendeskripsian dan penjelasan dari sebuah sistem yang akan dirancang. Pada tahapan system design adalah tahap pembuatan konsep sistem dengan menggambarkan karakteristik dari sistem yang akan dibangun. Tahap domain specific design merupakan tahapan pembuatan solusi dari perancangan dan konsep sudah dibuat agar dapat tereleasasi. Selanjutnya, tahapan *system integration* merupakan tahapan menjadikan sub-sub sistem menjadi sebuah sistem yang saling berkaitan. Tahapan assurance of product merupakan tahap yang dilakukan agar pencapaian sistem embali pada konsep awal. Serta pada tahapan modeling and model analysis merupakan tahap pembuatan alat bantu sebuah komputer simulasi yang dapat difungsikan untuk mempermudah dalam memahami sistem. Terakhir, tahapan product merupakan hasil konsep sistem, hasil perancangan, hasil integrasi sub sistem, dan hasil pembuatan model analisis menjadi satu pada produk.

Adapun gambaran umum sistem dari perancangan terdiri dari tiga bagian utama, yakni masukan, proses, dan keluaran. Gambar 2 merupakan gambaran umum sistem yang ada. Sistem yang dibangun memiliki tiga bagian utama. Pendeteksian dengan penggunaan sensor proximity PR12-4DP yang bertujuan untuk pendeteksian objek. Kemudian, pengontrol DX100 yang digunakan sebagai pengontrol utama untuk pengolahan hasil deteksi dan menentukan pergerakan dari robot lengan dan menghasilkan parameter-parameter koordinat. parameter-parameter hasil pengolahan pengontrol DX100 maka akan ada sebuah pergerakan untuk mencapai nilai yang sesuai dengan parameterparameter hasil pengolahan pengontrol DX100.

Pendeteksian benda dibentuk dari pergerakan robot lengan dengan pergerakan secara default pada area posisi benda. Jika benda terdeteksi maka dari pendeteksian akan diambil titik koordinat pada masing-masing sisi benda dua titik koordinat. Pengontrol DX100 digunakan untuk menghitung gradien dan persamaan garis lurus dari dua titik pada masing-masing sisi benda. Hasil perhitungan akan dijadikan parameter pergerakan dari robot lengan. Pengontrol DX100 akan mengontrol pergerakan robot lengan untuk mencapai posisi yang sesuai parameter hasil perhitungan. Dengan ketercapaian posisi robot lengan, posisi robot lengan ditampilkan dalam koordinat kartesian. Ketercapaian posisi akan dibandingkan dengan hasil perhitungan pengontrol DX100. Dalam perancangan sistem mengacu pada gambaran umum sistem terlihat pada Gambar 2. Terdapat tiga bagian utama dalam sistem ini, yaitu masukan yang berupa tombol dan sensor proximity, kemudian proses yang terdiri dari panel masukan keluaran dan pengontrol DX100. Pada bagian ini proses pengolahan hasil masukan dari sensor proximity dilakukan seperti merumuskan hasil persamaan garis. Bagian keluaran berupa pergerakan robot, lampu indikator, dan proses vacuum.

Proses *pick and place* dilakukan oleh robot lengan dari *base* A menuju *base* B, ilustrasi penempatan robot lengan beserta kedua *base* dituntukan pada Gambar 3. Area kerja *pick and place* ini termasuk kedalam perancangan makanik yang dirancang berdasarkan jangkauan robot lengan. Hal ini penting dalam pergerakan robot lengan agar dapat menjangkau pada setiap titik. Bingkai secara keseluruhan memiliki ukuran 1.220 mm x 1.220 mm dengan penempatan *base* A pada posisi 490 mm x 990 mm dan *base* B pada posisi 220 mm x 220 mm dari sisi terluar dari bingkai robot lengan.

Ismail Rokhim, dkk: Pengendalian End Effector Robot Lengan ...



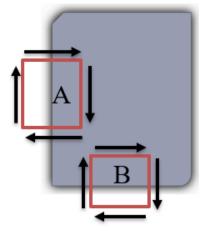
Gambar 4. Area kerja pick and place



Gambar 5. Diagram alir pendeteksian benda

## B. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak bertujuan untuk merencanakan desain sistem pendeteksian benda. Gambar 5 menunjukkan diagram alir dari sistem pendeteksian benda. Dalam perancangan pendeteksian benda, sistem pendeteksian hanya membutuhkan dua titik koordinat pada kedua sisi benda untuk mendeteksi kemiringan dan posisi benda pada *base* pendeteksian, serta penggunaan benda yang akan dipindahkan berbahan dasar akrilik dengan tebal 5 mm dan permukaannya



Gambar 6. Arah pergerakan dalam pendeteksian

dilapisi pelapis aluminium yang termasuk ke dalam kelompok logam. Dengan urajan klasifikasi dalam perancangan sistem pendeteksian, penggunaan sensor proximity induktif dinilai dapat menjadi solusi, dikarenakan karakter dari sensor proximity induktif NPN yang ketika mendeteksi material logam akan terjadi switching dan menghasilkan keluaran berlogika "1". Hasil keluaran dari sensor proximity induktif ini yang akan dijadikan sinyal untuk memerintahkan pengontrol menyimpan titik koordinat tersebut. Tentu dalam pendeteksian benda tersebut dibutuhkan pergerakan yang mendeteksi kemiringan dan posisi dari benda yang akan dipindahkan disebut sebagai pergerakan default. Pergerakan default dan kemampuan ketepatan sensor proximity induktif ketika mendeteksi benda menentukan hasil dari pendeteksian benda. Sistem dari arah pergerakan robot lengan (end effector) pendeksian benda digambarkan pada Gambar 6.

#### C. Metode Persamaan Garis Lurus

Metode yang digunakan dalam pembuatan sistem ini adalah metode persamaan garis lurus. Persaman garis di tuliskan sebagai berikut.

$$y = mx \, dan \, y = mx + c \tag{1}$$

dengan x dan y adalah koordinat, m adalah gradien, dan c adalah konstanta. Garis lurus adalah garis yang menghubungkan dua titik dengan jarak yang terdekat. Salah satu komponen yang penting dalam garis lurus adalah kemiringan garis atau biasa disebut gradien. Gradien merupakan perbandingan antara jarak vertikal dengan jarak horizontal dari dua buah titik yang dilalui garis lurus. Rumus mencari gradien yaitu

$$m = \frac{Ordinat}{Absis} = \frac{y}{x} \tag{2}$$

Menghitung gradien akan lebih mudah dilakukan jika garis diletakan pada koordinat kartesius. Berikut merupakan persamaan garis melalui gradien dan titik koordinat.

$$y - y_1 = m(x - x_1) (3)$$

Gradien memiliki empat sifat, yaitu gradien garis yang sejajar dengan sumbu x, gradien garis yang sejajar dengan sumbu y, gradien dua garis yang sejajar, dan gradien dua garis yang tegak lurus. Rumus gradien dari dua titik koordinat yaitu

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \tag{4}$$

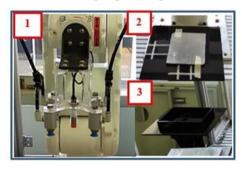
Dari rumus (3) dan (4) diperoleh,

$$\frac{y - y_1}{(y_2 - y_1)} = \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} \tag{5}$$

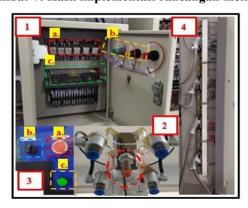
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

## A. Implementasi Perangkat Keras

Hasil yang dicapai dalam pengerjaan sistem ini terdiri dari hasil implementasi mekanik dan elektrik. Hasil implementasi rancangan mekanik pada sistem terdiri dari perancangan *end effector*, tempat pengambilan dan penyimpanan benda, serta benda yang digunakan seperti ditunjukkan Gambar 7. Keterangan dari gambar hasil implementasi rancangan mekanik diatas adalah: (1) *end effector*; (2) *base*; dan (3) tempat penyimpanan benda.



Gambar 7. Hasil implementasi rancangan mekanik



Gambar 8. Hasil implementasi rancangan elektrik

Dari Gambar 7 dapat dijelaskan bahwa hasil implementasi rancangan mekanik terdiri dari rancangan end effector, base benda penyimpanan dan pengambilan, serta benda yang digunakan. Pada end effector rancangan yang digunakan dengan sistem vacuum suction dengan empat titik vacuum. Serta pada base penyimpanan merupakan base tempat benda akan diletakan dengan posisi acak dan pada base ini terjadi pendeteksian orientasi dan titik tengah dari benda. Kemudian benda akan dipindahkan dengan end effector pada robot lengan menuju base penyimpanan.

Hasil implementasi rancangan elektrik pada sistem terdiri dari implementasi rancangan box panel, panel tombol, dan sensor. Adapun bagianbagian tersebut dapat dilihat pada Gambar 8 dengan keterangan: (1) box panel: (a) relay, (b) lampu indikator, (c) power supply; (2) sensor proximity induktif; (3) panel tombol: (a) tombol emergency, (b) tombol tahan, (c) tombol mulai; dan (4) masukan-keluaran pengontrol DX100.

Hasil dari implementasi rancangan elektrik pada Gambar 8 dapat dijelaskan bahwa perancangan box panel yang terdiri dari relay, lampu indikator, dan power supply yang dapat difungsikan sebagai sub sistem kontrol setelah pengontrol DX100. Pada box panel ini memiliki masukan dari sensor proximity dan ketiga tombol, yakni tombol emergency, tahan, dan mulai. Sensor proximity diposisikan pada titik tengah end effector robot lengan.

## B. Hasil Pengujian Sistem

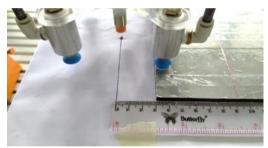
Pengujian dilakukan dengan mengubah posisi benda berdasarkan orientasi. Hasil pengujian pada sepuluh data uji didapat persentase pendeteksian benda yang dapat dideteksi orientasinya sebesar 100%. Dari sini terdapat peningkatan sistem yang dirancang. Pada penelitian [1] sebatas dapat mendeteksi ada atau tidaknya benda pada titik pengambilan, menjadi dapat mendeteksi posisi dan orientasi benda pada titik pengambilan sehingga tidak akan terjadinya kesalahan dalam pengambilan benda

Pada pengujian sistem pendeteksian sisi benda ini menggunakan sensor proximity PR12-4DP. Pendeteksian benda ini bertujuan untuk mengetahui kinerja sensor dalam mendeteksi benda dan hasil pendeteksian benda akan menghasilkan titik koordinat pendeteksian. Nilai titik koordinat didapat dari hasil pendeteksian yang disimpan pada variabel posisi (P). Untuk mendapatkan nilai akurasi dari pendeteksian, dilakukan dengan membandingkan nilai titik koordinat pendeteksian dengan nilai aktual dari pergerakan robot. Nilai aktual didapat dengan pengukuran menggunakan penggaris yang memiliki ketelitian 0,5 mm.

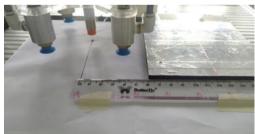
Pengujian dilakukan dengan mengatur posisi benda pada jarak 30 mm, 60 mm, 90 mm, 120 mm, dan 150 mm dari titik koordinat awal robot lengan dengan kecepatan 70 mm/s. Pada lima posisi jarak benda dengan robot lengan dilakukan pengujian sebanyak sepuluh kali secara berulang- ulang.

Gambar 9 merupakan pengujian pendeteksian pada jarak 30 mm dari titik koordinat awal pergerakan robot menuju posisi benda yang akan dideteksi. Dari pengujian yang telah dilakukan didapat hasil pendeteksian pada sumbu Y dengan nilai 42,269 mm serta pada sumbu X didapat nilai 41,348 mm. Maka didapat nilai kesalahan sebesar 29,026% pada sumbu Y dan 27,445% pada sumbu X.

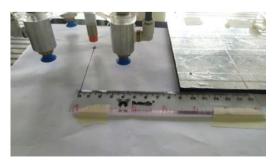
Gambar 10 merupakan pengujian pendeteksian pada jarak 60 mm dari titik koordinat awal pergerakan robot menuju posisi benda yang akan dideteksi. Dari pengujian yang telah dilakukan didapat hasil pendeteksian pada sumbu Y dengan nilai 72,229 mm serta pada sumbu X didapat nilai 71,030 mm. Maka didapat nilai kesalahan sebesar 16,931% pada sumbu Y dan 15,529% pada sumbu X.



Gambar 9. Pengujian pendeteksian dengan jarak 30



Gambar 10. Pengujian pendeteksian dengan jarak 60



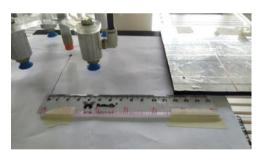
Gambar 11. Pengujian pendeteksian dengan jarak 90 mm

Gambar 11 merupakan pengujian pendeteksian pada jarak 90 mm dari titik koordinat awal pergerakan robot menuju posisi benda yang akan dideteksi. Dari pengujian yang telah dilakukan didapat hasil hasil pendeteksian pada sumbu Y dengan nilai 102,470 mm serta pada sumbu X didapat nilai 100,989 mm. Maka didapat nilai kesalahan sebesar 12,169% pada sumbu Y dan 10,881% pada sumbu X.

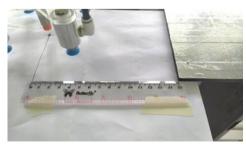
Gambar 12 merupakan pengujian pendeteksian pada jarak 120 mm dari titik koordinat awal pergerakan robot menuju posisi benda yang akan dideteksi. Dari pengujian yang telah dilakukan didapat hasil pendeteksian pada sumbu Y dengan nilai 132,430 mm serta pada sumbu X didapat nilai 132,069 mm. Maka didapat nilai kesalahan sebesar 9,386% pada sumbu Y dan 9,138% pada sumbu X.

Gambar 13 merupakan pengujian pendeteksian pada jarak 150 mm dari titik koordinat awal pergerakan robot menuju posisi benda yang akan dideteksi. Dari pengujian yang telah dilakukan didapat hasil pendeteksian pada sumbu Y dengan nilai 162,950 mm serta pada sumbu X didapat nilai 162,590 mm. Maka didapat nilai kesalahan sebesar 7,947% pada sumbu Y dan 7,743% pada sumbu X.

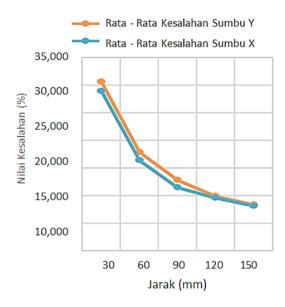
Hasil pengujian akurasi pendeteksian berdasarkan jarak lima skenario jarak digambarkan pada grafik seperti ditunjukkan Gambar 14. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak titik awal pergerakan robot lengan dengan titik terdeteksinya sisi benda, maka akan menghasilkan nilai kesalahan pendeteksian semakin kecil.



Gambar 12. Pengujian pendeteksian dengan jarak 120 mm



Gambar 13. Pengujian pendeteksian dengan jarak 150 mm



Gambar 14. Rata-rata nilai kesalahan dalam pendeteksian benda

## IV. KESIMPULAN

Metode persamaan garis yang dipadukan dengan sensor proximity induktif dapat dijadikan referensi baru untuk perancangan sistem pick and place pada robot lengan, khususnya pada objek posisi acak. Metode ini dapat meningkatkan kemampuan pendeteksian objek yang sebelumnya sebatas mendeteksi ada atau tidaknya objek menjadi dapat mendeteksi orientasi dan posisi objek pada titik pengambilan. koordinat Hasil pengujian menunjukkan robot lengan menghasilkan presentase nilai probabilitas orientasi dari posisi benda acak sebesar 100% pada sepuluh kali pengujian. Semakin iauh iarak titik awal pergerakan robot lengan dengan titik terdeteksinya sisi benda, menghasilkan nilai kesalahan pendeteksian yang semakin kecil.

Dari hasil pengujian masih terdapat nilai kesalahan melebihi 10%. Untuk lebih tepatnya dalam menentukan titik deteksi dan panjang pendeteksian pada benda penulis menyarankan menggunakan metode *bresenham*. Adapun penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan

mengembangkan dengan menggunakan perangkat kamera dalam pendeteksian objeknya.

## REFERENSI

- [1] A. Baby, C. Augustine, C. Thampi, M. George, A. AP, and P. C. Jose, "Pick and Place Robotic Arm Implementation Using Arduino," *IOSR J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 12, no. 02, pp. 38–41, 2017.
- [2] M. VS and K. RI, "Automatic Pick and Place Robot Manipulation Using a Microcontroller," *J. Appl. Comput. Math.*, vol. 07, no. 03, 2018.
- [3] A. Bhalerao, K. Chopade, P. Doifode, and J. Gaikwad, "Pick and Place Robotic ARM using PLC," *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, vol. 8, no. 08, pp. 1–58, 2019.
- [4] D. P. Angin, H. Siagian, M. Adam, E. D. Suryanto, M. Nababan, and S. R. Simanungkalit, "Perancangan Robot Lengan Pemindah Barang Berdasarkan Jarak," Semin. Nas. Inov. dan Ilmu Komput., 2018, pp. 84–87.
- [5] A. R. Al Tahtawi, M. Agni, and T. D. Hendrawati, "Small-scale Robot Arm Design with Pick and Place Mission Based on Inverse Kinematics," *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 2, no. 6, pp. 469-475, 2021.
- [6] J. Gausemeier and S. Moehringer, "VDI 2206- A New Guideline for the Design of Mechatronic Systems," *IFAC Proc. Vol.*, vol. 35, no. 2, pp. 785– 790, 2002.
- [7] V. S. Vasić and M. P. Lazarević, "Standard industrial guideline for mechatronic product design," *FME Trans.*, vol. 36, no. 3, pp. 103–108, 2008.
- [8] A. Dhoruri, *Pembelajaran Persamaan Garis Lurus di SMP Jakarta*, Kemendikbud, 2011.
- [9] M. Cholk and Sigijono, *Matematika SMP Untuk Kelas VIII Semester 1 Jilid 2A*, Jakarta: Penerbit Erlangga, 2005.
- [10] T. J. Cooney, E. J. Daris, and K. B. Henderson, Dynamics of Teaching Secondary School Mathematics, Boston: Hougton Mifflin Company, 1975.
- [11] S. Junaidi and E. Siswono, *Matematika SMP untuk Kelas VIII*, Jakarta: Penerbit Erlangga, 2004.

Ismail Rokhim, dkk: Pengendalian *End Effector* Robot Lengan ...