

Penerapan *Visual servoing* Robot Lengan dengan Metode Color Recognition sebagai Pemindah Objek Dua Warna Berbeda

Ryan Satria Wijaya^{1*}, Rifqi Amalya Fatekha¹, Senanjung Prayoga¹, Dzaky Andrawan¹, Naurah Nazhifah¹, Mochamad Ari Bagus Nugroho²

¹Jurusan Teknik Elektro, Prodi Teknologi Rekayasa Robotika, Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

²Departemen Teknik Elektro, Prodi Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

*Email: ryan@polibatam.ac.id

Received on 24-04-2025 | Revised on 28-04-2025 | Accepted on 25-06-2025

Abstrak— Penerapan *Visual servoing* dengan metode *color recognition* merupakan sistem yang mengklasifikasikan objek berdasarkan warna dan posisi objek yang terdeteksi melalui kamera untuk menggerakkan servo pada robot lengan. Sistem ini menggunakan Huskylens sebagai kamera yang digunakan untuk mendeteksi warna dan posisi dari sebuah objek dan robot lengan untuk memindahkan objek yang sudah terdeteksi melalui kamera. Dari hasil pengujian, penerapan *visual servoing* robot lengan dengan metode *color recognition* dapat berfungsi dengan respon rata-rata 0,9 detik untuk mengejar objek ketika objek tidak berada di posisi pengambilan dan berfungsi dengan baik untuk mengambil dan meletakkan objek dengan dua warna yaitu biru dan merah ketika berada di posisi pengambilan dengan persentase akurasi deteksi objek 98% serta persentase akurasi pengambilan dan pemindahan objek 100% melalui rentang jarak deteksi minimal 18 – 22 cm diatas objek dan dengan pencahayaan yang terang

Kata Kunci: *Color recognition*, Robot lengan, *Visual servoing*

Abstract— The application of *visual servoing* with the Color Recognition Method is a system that classifies objects based on the color and position of the object detected through the camera to move the servo on the robot arm. This system uses Huskylens as a camera used to detect the color and position of an object and a robot arm to move objects that have been detected through the camera. From the results, the application of *visual servoing* robot arms with the color recognition method can function with an average response of 0.9 seconds to chase objects when the object is not in the retrieval position and functions well to pick up and place objects with two colors, namely blue and red when in the retrieval position with an object detection accuracy percentage of 98% and an object retrieval and transfer accuracy percentage of 100% through a minimum detection distance range of 18 - 22 cm above the object and with bright lighting.

Keyword: Arm robot, Color recognition, Visual servoing

I. PENDAHULUAN

PEMINDAHAN objek merupakan suatu kegiatan yang biasa dijumpai baik dalam kehidupan sehari – hari maupun di dalam dunia kerja. Kegiatan pemindahan objek sering diikuti dengan proses penyortiran yang dikategorikan atau diklasifikasikan berdasarkan warna [1], ukuran [2], bentuk [3], berat [4], dan kategori lainnya [5]. Kegiatan tersebut tidak hanya dilakukan dengan menggunakan tenaga manusia namun juga dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan dari forklift, konveyor [6], robot [7], dan perangkat lainnya.

Robot lengan dapat menjadi salah satu opsi yang dapat digunakan dalam kegiatan pemindahan objek. Penggunaan robot lengan menambah efisiensi dengan mempermudah kegiatan manusia dan meringankan tugas yang memiliki resiko [8]. Robot lengan bergerak melalui perintah masukan (Input) yang di berikan diantaranya *remote control* [9], *smartphone* [10], komputer [11], sensor [12] dan kamera [13].

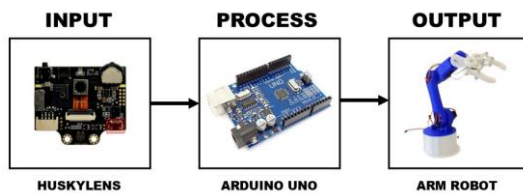
Penggunaan kamera sangat efektif dalam proses pendeteksian. Lain halnya dengan penggunaan sensor yang hanya memiliki satu fungsi dalam pendeteksian dan bergantung pada jenis sensor yang digunakan, sedangkan penggunaan sebuah kamera dapat mencakup beberapa tujuan atau fungsi seperti pengenalan warna [14], pengenalan objek [15], pengenalan wajah [16], pengenalan gestur [17], pengolahan citra [18], pencitraan medis [19], pengukuran jarak [20], dan tujuan lainnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pengambilan dan peletakan objek atau yang dikenal dengan istilah *pick and place* berdasarkan warna dari objek tersebut melalui informasi visual dari kamera, sehingga metode yang digunakan adalah dengan menggunakan pendekatan *visual servoing* yang berarti pergerakan servo atau dalam konteks penelitian ini adalah

pergerakan robot berdasarkan informasi visual dan juga color recognition atau pengenalan warna yang digunakan untuk mengenali warna objek yang akan dideteksi dalam proses pemindahan objek. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yang membahas tentang pemindahan objek berbasis informasi visual namun terbatas hanya berdasarkan posisi objek [21]. Penelitian tersebut memiliki *Error* deteksi sebesar 12% dan setiap ditemukan *Error* deteksi seperti pergeseran objek, sistem pemindahan mengalami kegagalan sehingga mengharuskan merubah sudut sendi pada robot lengan.

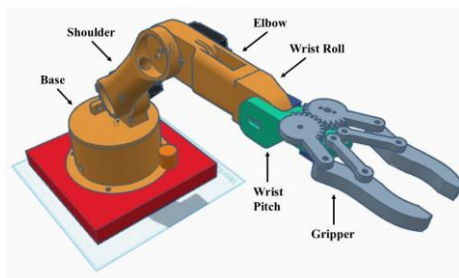
II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *visual servoing* yang berarti kendali robot menggunakan informasi visual [22]. *Visual servoing* yang diterapkan pada penelitian ini merupakan *image based visual servoing*, yakni menggunakan informasi visual langsung dari kamera untuk mengontrol gerakan robot berupa koordinat yang terdeteksi kamera. Informasi visual tambahan yang akan diterima robot pada penelitian ini merupakan warna, maka fitur yang digunakan adalah *color recognition* [23]. *Color recognition* digunakan untuk mengidentifikasi warna objek yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu warna merah dan biru. Huskylens Cam dipilih karena kepraktisan dalam penggunaannya serta memiliki beberapa fitur bawaan seperti *face recognition*, *object tracking*, *object recognition*, *line tracking*, *color recognition*, *tag recognition*, dan *object classification* [24].



Gambar 1. Blok diagram sistem

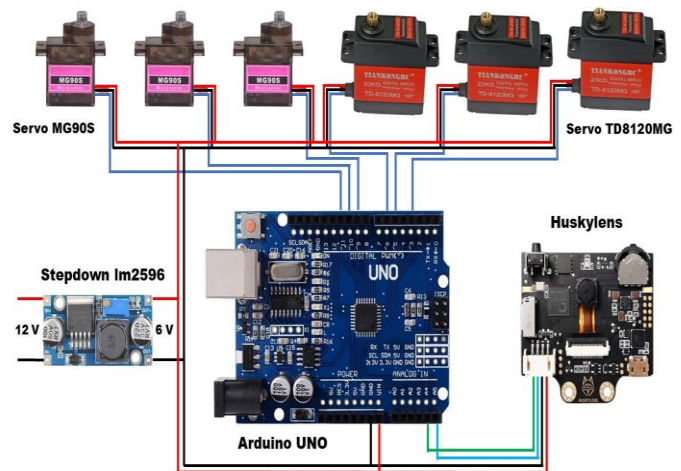
Huskylens menjadi input yang data nya akan diproses dengan Arduino Uno dan kemudian menggerakkan robot lengan yang menjadi outputnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sistem pada penelitian ini lebih sederhana dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang memerlukan dua buah Arduino sebagai pemroses data kamera dan sebagai penggerak servo. Setelah blok diagram sistem dirancang, dilanjutkan dengan pembuatan rancangan mekanik, pembuatan rancangan elektrik dan diagram alir proses kerja sistem.



Gambar 2. Desain mekanik robot lengan

Desain mekanik robot lengan yang ditampilkan pada Gambar 2. Robot lengan yang digunakan pada penelitian ini dibuat menggunakan 3D print dan merupakan robot lengan dengan enam derajat kebebasan yang berarti robot lengan tersebut memiliki enam sendi sehingga dapat menyerupai gerakan lengan manusia. Semakin banyak derajat kebebasan atau *degree of freedom* (DOF) pada sebuah robot, maka robot dapat bergerak lebih leluasa dan fleksibel [25]. Enam sendi pada robot tersebut terdiri dari *base*, *shoulder*, *elbow*, *wrist pitch*, *wrist roll*, dan *grip*.

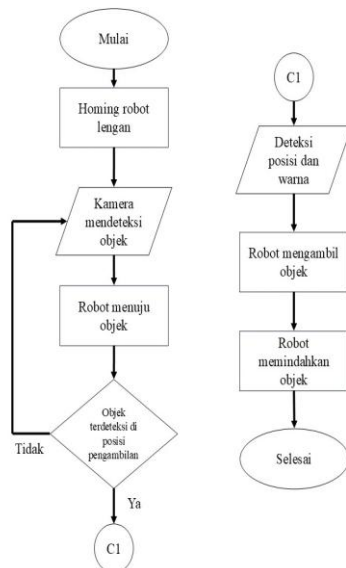
Pembuatan rancangan elektrik terdiri dari mikrokontroler Arduino Uno, Servo TD8120MG, Servo MG90, Modul Stepdown LM2596 dan juga kamera Huskylens. Tegangan 12V yang didapatkan dari catu daya diturunkan dan distabilkan menggunakan stepdown LM2596 hingga 6V agar servo yang digunakan mendapatkan daya yang maksimal. Diagram rancangan elektrik ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram elektrik sistem

Arduino Uno merupakan mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini. Arduino Uno adalah mikrokontroler yang sudah sangat familier di bidang elektronika baik ditingkat pelajar maupun ahli. Sudah banyak proyek yang dibuat menggunakan Arduino Uno dimulai dari proyek proyek sederhana seperti pompa air otomatis [26], pemantauan suhu dan kelembaban [27], sistem alarm [28], hingga proyek yang lebih kompleks seperti *smart home* [29], *smart traffic light* [30], dan mesin CNC [31]. Arduino Uno akan menerima data dari Huskylens dan kemudian mengirimkan data pada servo untuk bergerak.

Terdapat dua jenis servo yang digunakan pada penelitian ini, yaitu servo TD8120MG dan mikro servo MG90. Servo TD8120MG digunakan untuk menggerakkan tiga sendi yaitu Base, Shoulder dan Elbow. Tiga sendi tersebut merupakan bagian penopang pada robot lengan sehingga membutuhkan daya atau kekuatan yang besar dan TD8120MG dipilih karena memiliki torsi sebesar 20 KG. Torsi yang besar akan menghasilkan daya atau kekuatan yang lebih besar [32]. Kemudian mikro servo MG90 digunakan untuk menggerakkan tiga sendi lainnya yaitu Wrist Pitch, Wrist Roll dan *Gripper*.



Gambar 4. Diagram alir sistem

Diagram alir proses kerja sistem dapat dilihat pada Gambar 4. Kondisi awal dari sistem adalah robot pada posisi *homing* atau posisi awal. Setelah mencapai posisi awal, kamera akan mendeteksi objek. Apabila objek tidak berada di posisi pengambilan robot akan menuju dimana objek terdeteksi. Jika objek terdeteksi berada di posisi pengambilan objek, kamera akan mendeteksi warna. Apabila warna sudah diketahui, Robot akan mengambil objek dan meletakkan pada tempat yang warna nya serupa dengan warna objek yang di ambil. Robot hanya akan mengambil objek ketika objek berada di posisi pengambilan.

```

Robot_Mengejar_Objek ()
IF Koordinat_x_Kamera ++ THEN
    Base=+1
    Nilai_Base= Koordinat_y_Kamera / 5
ELSE IF Koordinat_x_Kamera -- THEN
    Base=-1
    Nilai_Base= Koordinat_x_Kamera / 5
ENDIF
IF Koordinat_x_Kamera++ THEN
    Shoulder=+1
    Elbow=+1
    Nilai_Shoulder= Koordinat_y_Kamera / 4
    Nilai_Elbow= Koordinat_y_Kamera / 4
ELSE IF Koordinat_y_Kamera -- THEN
    Shoulder=+1
    Elbow=+1
    Nilai_Shoulder= Koordinat_y_Kamera / 4
    Nilai_Elbow= Koordinat_y_Kamera / 4
ENDIF

```

Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, bahwa gerakan robot berdasarkan informasi visual langsung dari kamera. Gerakan *base* disesuaikan dengan perubahan koordinat *x* kamera, sedangkan gerakan *shoulder* dan *elbow* disesuaikan dengan koordinat *y* kamera. Setiap nilai koordinat *x* bertambah

5, maka nilai rotasi base akan bertambah satu derajat. Sebaliknya, jika nilai koordinat *x* berkurang 5, maka nilai rotasi base akan berkurang satu derajat. Setiap nilai koordinat *y* bertambah 4 maka nilai rotasi *shoulder* dan *elbow* akan bertambah satu derajat. Sebaliknya, jika nilai koordinat *y* berkurang 4 maka nilai rotasi *shoulder* dan nilai rotasi *elbow* akan berkurang satu derajat. *Base*, *shoulder* dan *Elbow* dapat bergerak bersama bergantung pada perubahan dari koordinat objek yang dideteksi.

```

Robot_Mengambil_Meletakkan_Objek ()
IF Objek_Merah && Posisi_1 THEN
    Robot_Mengambil(Posisi_1)
    Robot_Meletakkan(Objek_Merah)
ELSE IF Objek_Merah && Posisi_2 THEN
    Robot_Mengambil(Posisi_1)
    Robot_Meletakkan(Objek_Merah)
ELSE IF Objek_Merah && Posisi_3 THEN
    Robot_Mengambil(Posisi_2)
    Robot_Meletakkan(Objek_Merah)
ENDIF
IF Objek_Biru && Posisi_1 THEN
    Robot_Mengambil(Posisi_1)
    Robot_Meletakkan(Objek_biru)
ELSE IF Objek_Biru && Posisi_2 THEN
    Robot_Mengambil(Posisi_2)
    Robot_Meletakkan(Objek_biru)
ELSE IF Objek_Biru && Posisi_3 THEN
    Robot_Mengambil(Posisi_3)
    Robot_Meletakkan(Objek_biru)
ENDIF

```

Terdapat tiga posisi pengambilan objek yang berbeda dan posisi peletakan berdasarkan warna objek. Robot akan bergerak untuk mengambil objek berdasarkan pada posisi objek yang dideteksi oleh kamera jika berada di posisi pengambilan objek. Sedangkan pergerakan robot untuk meletakkan objek didasarkan pada warna objek yang dideteksi oleh kamera.

Pengukuran *Error* bertujuan untuk mengevaluasi performa dan akurasi sistem. Untuk mengetahui persentase *Error* dari hasil dari pengujian seperti uji deteksi atau uji pemindahan objek, maka data hasil pengujian akan dihitung menggunakan *mean absolute percentage Error* (MAPE). *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) menghitung rata-rata dari persentase selisih absolut antara nilai estimasi atau nilai yang terlebih dahulu ditetapkan dan nilai aktual atau nilai yang didapatkan sebenarnya. Dengan menggunakan MAPE, maka nilai akurasi akan lebih mudah diketahui. *Mean absolute percentage Error* (MAPE) dirumuskan dengan persamaan 1 berikut:

$$MAPE = \frac{\sum \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100}{N} \quad (1)$$

Nilai aktual yang direpresentasikan dengan y_i dikurangi dengan nilai estimasi yang direpresentasikan dengan \hat{y}_i . Setelah didapatkan hasilnya akan dibagi dengan nilai aktual dan dikalikan 100. Kemudian hasilnya akan dibagi dengan jumlah

data yang direpresentasikan dengan N . Setelah mendapatkan nilai persentase *Error*, maka selanjutnya adalah menghitung akurasi dengan menggunakan persamaan 2 berikut:

$$Accuracy = 100\% - Error\% \quad (2)$$

Total dari nilai persentase akan dikurangi dengan total persentase *Error* sehingga didapatkan nilai akurasi dari sebuah pengujian.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Robot lengan dibuat dengan 3D print dan menggunakan fillament PLA+ dengan tujuan agar mendapatkan hasil cetakan yang baik dan presesi sesuai dengan desain yang dibuat. Setelah part robot dicetak, setiap part akan dirakit sesuai dengan bentuk robot. Robot yang sudah dirakit akan dipasangkan dengan servo seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Robot lengan tersebut akan dihubungkan ke sumber daya dan mikrokontroller untuk melakukan pemindahan objek.



Gambar 5. Robot lengan yang sudah dirakit

Objek beserta tempat peletakan objek juga dibuat menggunakan 3D print dan keduanya dibuat dengan dua warna yang berbeda yaitu merah dan biru yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Objek dan tempat peletakan objek

Sebelum melakukan pengujian, robot lengan, objek yang akan diambil, tempat peletakan objek, robot lengan dan kamera di tempatkan pada satu area kerja. Kamera dipasangkan pada tiang penyangga dan objek yang akan dideteksi dan diambil berada dibawahnya sedangkan tempat peletakan objek berada disebelah robot lengan. Area kerja tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Area Kerja Sistem Pemindahan Objek

A. Pengujian Deteksi Kamera

Pengujian deteksi kamera dilakukan untuk mengetahui bagaimana kualitas dan performa kamera dalam mendeteksi objek terutama objek yang berbeda warna. Hasil pengambilan data uji pada variasi jarak dilakukan dengan jarak antara 5 cm - 32 cm diatas objek. Hasil yang diperoleh diolah dalam bentuk tabel yang ditunjukkan pada Tabel I.

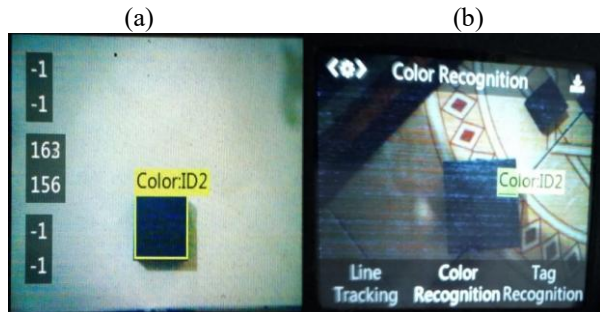
Berdasarkan Tabel I, Jarak 5 – 22 cm diatas objek, kamera

TABEL I
HASIL PENGUJIAN DETEKSI KAMERA BERDASARKAN JARAK

Jarak (cm)	Pendeteksian Objek
5	Terdeteksi
6	Terdeteksi
7	Terdeteksi
8	Terdeteksi
9	Terdeteksi
10	Terdeteksi
11	Terdeteksi
12	Terdeteksi
13	Terdeteksi
14	Terdeteksi
15	Terdeteksi
16	Terdeteksi
17	Terdeteksi
18	Terdeteksi
19	Terdeteksi
20	Terdeteksi
21	Terdeteksi
22	Terdeteksi
23	Tidak Stabil
24	Tidak Stabil
25	Tidak Stabil
26	Tidak Stabil
27	Tidak Stabil
28	Tidak Stabil
29	Tidak Terdeteksi
30	Tidak Terdeteksi
31	Tidak Terdeteksi
32	Tidak Terdeteksi

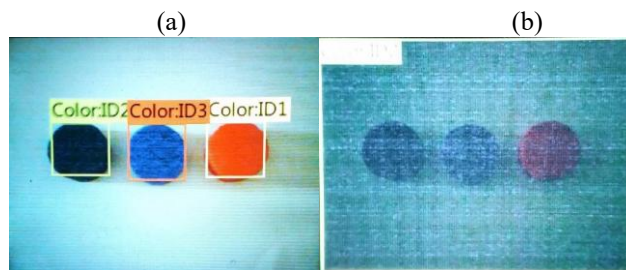
dapat mendeteksi objek dengan baik, namun jarak yang efektif untuk mendeteksi adalah 18 – 22 cm karena cakupan kamera yang luas pada jarak tersebut dan dapat dilihat pada Gambar 8 (a). Pada jarak 23 – 28 objek masih dapat terdeteksi namun pendeteksian tidak stabil dengan nilai yang berubah-ubah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 (b) dan pada jarak lebih dari 29 cm kamera tidak mampu mendeteksi objek. Berdasarkan data tersebut, jarak maksimal untuk kamera dapat

mendeteksi objek dengan stabil adalah 22 cm diatas objek. Objek yang dideteksi oleh kamera ditandai dengan *bounding box*. Jika pendeteksian objek stabil, maka *bounding box* akan mencakup seluruh area objek. Sedangkan sebaliknya, jika pendeteksian objek tidak stabil *bounding box* tidak memenuhi area objek.



Gambar 8. Deteksi objek: (a) Stabil, (b) Tidak stabil

Pencahayaannya sangat berperan penting dalam proses pendeteksian objek. Dengan pencahayaan yang baik maka objek akan tertangkap jelas oleh kamera. Jika pencahayaan rendah, maka pendeteksian objek tidak stabil dan berpotensi tidak terdeteksi oleh kamera. Gambar 9 (a) merupakan hasil deteksi dengan pencahayaan terang yang memiliki jumlah pencahayaan 1035 lux berdasarkan sumber cahaya berupa lampu dengan jumlah lumen 1275 dan luas ruangan 1,235 m². Sedangkan Gambar 9 (b) merupakan hasil pencahayaan gelap dengan jumlah pencahayaan 162 lux berdasarkan sumber cahaya berupa lampu dengan jumlah lumen 200 dan luas ruangan yang sama yaitu 1,235 m².



Gambar 9. Deteksi objek: (a) Terang, (b) Gelap

Color Recognition pada Huskylens adalah fitur pengenalan warna pada objek yang akan dideteksi, sehingga bentuk objek yang berbeda dengan warna yang sama akan terdeteksi sebagai identitas yang sama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Persamaan identitas objek yang berbeda

Dapat disimpulkan tujuan dari beberapa pengujian tersebut adalah untuk mengetahui apa saja faktor yang dapat meningkatkan dan mengurangi akurasi deteksi dalam mendeteksi objek berwarna. Namun, pada dasarnya tidak terdapat perbedaan akurasi dalam mendeteksi perbedaan warna menggunakan Huskylens, sehingga warna yang berbeda dapat dideteksi dengan baik.

B. Pengujian Visual servoing sebagai Pemindah Objek

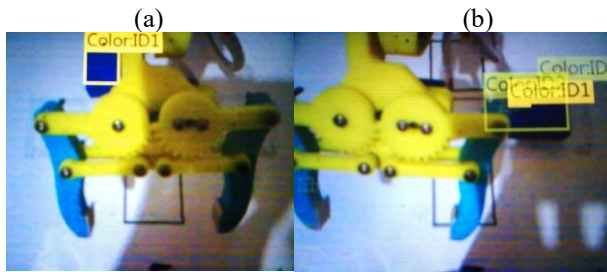
Berdasarkan beberapa pengujian yang dilakukan sebelumnya, maka selanjutnya adalah pengujian skala penuh. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah penerapan *visual servoing* pada robot lengan 6-DoF sebagai pemindah objek berdasarkan warna berfungsi sesuai dengan perencanaan dan sebagai indikasi penelitian ini berhasil. Untuk pengujian selanjutnya kamera akan di pasang setinggi 22 cm diatas objek pada tiang penyangga dengan pencahayaan yang terang untuk mendapatkan hasil deteksi yang baik dan stabil. Robot akan bergerak dengan sudut servo yang sudah diketahui berdasarkan posisi referensi untuk mengambil dan meletakkan objek.

Proses pengambilan objek oleh robot dilakukan di tiga posisi yang berbeda. Posisi pertama berada di koordinat $x=18$ dan $y=8$ dengan koordinat kamera $x=151$ dan $y=30$. Posisi kedua berada di koordinat $x=22$ dan $y=13$ dengan koordinat kamera $x=151$ dan $y=90$. Posisi ketiga berada di koordinat $x=26$ dan $y=16$ dengan koordinat kamera $x=151$ dan $y=161$. Sebelum objek memasuki posisi pengambilan, robot akan terus mengikuti atau mengejar objek hingga objek berada di posisi pengambilan. Ketika objek sudah berada di posisi pengambilan, robot akan mengambil dan memindahkan objek pada tempat peletakan sesuai dengan warna objek tersebut.

TABEL II
HASIL PENGUJIAN RESPON VISUAL SERVOING

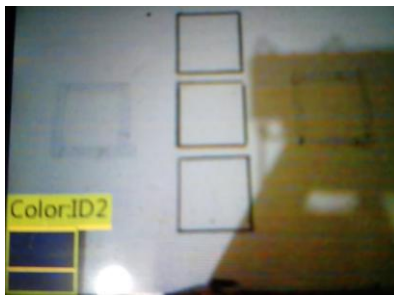
No	Koordinat Objek (cm)		Koordinat Kamera		Waktu Respon (s)
	x	y	x	y	
1	25	18	257	161	0,85
2	23	2	38	51	11,18
3	28	4	50	133	1,37
4	23	20	291	157	0,73
5	25	18	238	165	0,48
6	25	11	135	115	2,81
7	29	7	98	167	0,44
8	22	9	130	95	0,46
9	26	8	81	135	1,08
10	15	12	228	33	0,49

Tabel II menunjukkan hasil respon *visual servoing* terhadap objek yang bergerak atau sebelum memasuki posisi pengambilan objek yang merupakan penerapan dari *pseudocode* mengejar objek. Tujuan dari pengujian tersebut adalah mendapatkan waktu yang dibutuhkan sistem untuk merespon perubahan pada target atau objek. Pengujian dilakukan dengan cara menggeser objek pada suatu posisi secara acak, kemudian waktu yang diperlukan robot akan dihitung disetiap perubahan posisi objek untuk menuju posisi selanjutnya. Beberapa hal yang membuat waktu respon menjadi lebih lama adalah karena posisi yang dituju selanjutnya terhalangi oleh robot seperti pada Gambar 11 (a) atau tertutupi bayangan dari robot seperti pada Gambar 11 (b).



Gambar 11. Objek tertutup: (a) Robot, (b) Bayangan

Selain itu, ketika sebagian objek keluar dari *frame* atau mendekati batas *frame* kamera juga dapat membuat deteksi tidak stabil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.

Gambar 12. Sebagian objek di luar *frame*

Beberapa hal tersebut menyebabkan ketidakstabilan deteksi sehingga kamera membutuhkan waktu lebih lama untuk dapat memastikan objek yang dideteksi dan membuat pergerakan robot menjadi lambat. Pengejaran target hanya dapat dilakukan dengan satu objek, karena jika lebih dari satu objek akan menyebabkan terjadinya bentrok data posisi dari objek yang menjadi target. Berdasarkan hasil pengujian, jika objek terdeteksi dengan baik rata-rata waktu robot merespon perubahan posisi objek adalah 0,9 detik.

TABEL III
HASIL PENGUJIAN PEMINDAHAN OBJEK DUA WARNA

No.	Warna	Koordinat Deteksi Kamera		Persentase Error (%)	
		x	y	Deteksi objek	Pemindahan Objek
1	Biru	151	38	10,5	0
2	Biru	153	92	1,7	0
3	Biru	154	161	1,0	0
4	Biru	151	32	3,1	0
5	Biru	151	94	2,5	0
6	Biru	150	162	0,3	0
7	Merah	152	29	2,1	0
8	Merah	150	91	0,9	0
9	Merah	156	161	1,6	0
10	Merah	153	28	4,2	0
11	Merah	153	90	0,7	0
12	Merah	155	166	2,8	0
13	Merah	153	88	1,8	0
14	Merah	155	161	1,3	0
15	Biru	151	29	1,7	0
16	Merah	152	90	0,3	0
17	Biru	152	91	0,9	0
18	Merah	154	162	1,3	0
19	Biru	155	163	3,0	0
20	Merah	151	90	0	0

Setelah melakukan pengujian sistem dalam pengejaran target atau objek. Maka selanjutnya adalah Pengujian sistem untuk melakukan pemindahan objek berdasarkan warna di posisi pengambilan objek yang sudah disebutkan sebelumnya dengan menerapkan *pseudocode* mengambil dan meletakkan objek.

Pengujian dilakukan sebanyak 17 kali secara bertahap dimulai dengan satu warna hingga dua sekaligus seperti yang ditampilkan pada Tabel III. Jika pelacakan target atau objek hanya dapat dilakukan dengan satu objek, pemindahan objek dapat dilakukan secara bersamaan ketika dua objek berada di posisi pengambilan. Proses pengambilan objek kedua akan langsung dilakukan ketika objek pertama sudah berhasil diletakkan pada tempatnya. *Error* deteksi objek disebabkan karena objek yang akan dideteksi ketika diletakkan meleset dari posisi pengambilan dan persentase *error* deteksi objek adalah jumlah total dari persentase *error* x dan *error* y berdasarkan nilai koordinat deteksi aktual dan nilai koordinat yang diestimasi atau yang sudah ditentukan sebelumnya. Didapatkan rata-rata persentase *error* yang didapatkan adalah 2% sehingga akurasi deteksi kamera adalah 98%. Jika pada penelitian sebelumnya, berapapun nilai *error* deteksi mengharuskan untuk merubah sudut servo, pada penelitian ini *error* tersebut tidak menjadi masalah dalam proses pemindahan objek, karena objek masih terjangkau oleh *gripper* sehingga objek dapat diambil dan diletakkan sesuai dengan warnanya tanpa harus merubah sudut servo ketika terjadi *error* pada deteksi kamera, sehingga akurasi pemindahan objek adalah 100%.

Disela pengujian terdapat *error* mekanik pada bagian *gripper* yang terjadi karena disebabkan oleh pergerakan atau perputaran yang dilakukan terus-menerus sehingga mur yang mengunci bagian tersebut longgar dan tidak mengikuti pergerakan servo. Hasil *error* mekanik ditunjukkan pada Gambar 13.

Gambar 13. *Error* mekanik *gripper*

Untuk mengatasi masalah *error* tersebut maka diperlukan *lock nut* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14. Penggunaan *lock nut* bertujuan untuk mengamankan posisi mur agar tidak berpindah dari posisi yang sudah ditentukan sehingga putaran servo yang berulang tidak menyebabkan perubahan pada kondisi *gripper* dari yang sudah ditentukan sebelumnya.

Gambar 14. *Lock nut*

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, kesimpulannya adalah jarak ideal untuk kamera mendeteksi objek adalah 18 – 22 cm diatas objek. Pada jarak tersebut, kamera mampu mengirimkan informasi hasil deteksi berupa warna dan posisi dengan persentase akurasi deteksi 98%. Sistem berfungsi dengan baik melalui robot lengan yang dapat melacak objek, mengambil objek dan memindahkannya pada tempat yang sesuai berdasarkan informasi visual yang diberikan oleh kamera baik satu warna atau dua warna yang berbeda hingga mendapatkan akurasi keberhasilan 100% dengan toleransi pergeseran objek dari posisi pengambilan sekitar 2 cm dari setiap sisi nya sehingga penelitian ini memiliki peningkatan yang signifikan dari penelitian sebelumnya yang memiliki total *error* deteksi sebesar 12%. Sistem ini sangat cocok diterapkan pada proses penyortiran berdasarkan warna yang membutuhkan proses yang berulang dan terus-menerus sehingga dapat diterapkan pada industri perbunan sebagai penyortir buah yang belum matang dan sudah matang seperti apel yang berwarna hijau ketika belum matang dan berwarna merah ketika sudah matang. Namun, untuk melakukan proses yang berulang dan terus-menerus diperlukan *lock nut* pada bagian *gripper* agar pergerakan *gripper* tidak mempengaruhi mur dan juga sebagai pengatasan *error* mekanik pada *gripper*. Pengembangan lanjutan yang diharapkan adalah sistem mampu mendeteksi lebih banyak varian warna dan juga mampu membedakan identitasnya berdasarkan perbedaan bentuknya sehingga memiliki klasifikasi yang lebih banyak lagi. Pengembangan lain yang diharapkan adalah robot tidak hanya dapat mengikuti objek kemanapun objek diletakkan, namun juga dapat mengambil dan memindahkannya ketempat yang sesuai dimanapun objek berada atau diletakkan.

REFERENSI

- [1] A. Safaris and H. Effendi, "Rancang Bangun Alat Kendali Sortir Barang Berdasarkan Empat Kode Warna," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 2, pp. 391–402, 2020.
- [2] M. N. Khafit, N. Khamdi, J. Jaenudin, and E. Edilla, "Rancang Bangun Alat Sortir Buah Apel Berdasarkan Perbedaan Ukuran dan Warna Menggunakan Mikrokontroler Arduino," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 9, no. 1, pp. 147–158, 2023.
- [3] R. R. D. Yudistira, S. Anggoro, and F. Kasyidi, "Klasifikasi Barang Pada Proses Sortir Pengiriman Barang Dengan Raspberry Pi Menggunakan Algoritma Oriented Fast and Rotated Brief (ORB) Dan K-Nearest Neighbor (KNN)," *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, vol. 10, no. 1, pp. 487–496, 2023.
- [4] M. Yusri, A. Maulana, A. Fitriati, and M. Nur, "Rancang Bangun Sistem Sortir Ikan Berdasarkan Berat Berbasis PLC," *Mechatronics Journal in Professional and Entrepreneur (MAPLE)*, vol. 4, no. 2, pp. 48–53, 2022.
- [5] M. Sholihin and M. G. Rohman, "Klasifikasi Kualitas Mutu Telur Ayam Ras Berdasarkan Fitur Warna Dan Tekstur," *Jurnal Teknik*, vol. 10, no. 2, pp. 1056–1059, 2018.
- [6] I. P. Indah and W. Wildian, "Prototipe Konveyor Sistem Pemisah Barang Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Sensor Load Cell," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 11, no. 2, pp. 153–159, 2022.
- [7] S. Sudimanto and K. Kevin, "Perancangan Robot Pemindah Barang Berbasis Line Follower," *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 22, no. 1, pp. 1–11, 2020.
- [8] H. S. Maha, Y. D. Thantowi, and C. A. S. Tamba, "Perancangan Robot Lengan Pemindah Barang Berdasarkan Ukuran Berbasis Arduino Dengan Sensor Ping Hc-Sr04 Dan Sensor Inframerah," *Jurnal Teknik Informatika UNIKA Santo Thomas*, vol. 6, no. 1, pp. 70–78, 2021.
- [9] A. G. Ekayana, "Rancang Bangun Prototype Sistem Kendali Lengan Robot Pemindah Barang Menggunakan Interface Wireless 2.4 GHz," *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, vol. 6, no. 1, 2017.
- [10] P. Prasetyawan, Y. Ferdianto, S. Ahdan, and F. Trisnawati, "Pengendali Lengan Robot Dengan Mikrokontroler Arduino Berbasis Smartphone," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 104–109, 2018.
- [11] R. Rendyansyah, A. P. P. Prasetyo, K. Exaudi, S. Sembiring, B. A. Tarigan, and M. A. Amaria, "Pergerakan Robot Lengan Pengambil Objek Dengan Sistem perekam Gerak Berbasis Komputer," *Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional*, vol. 8, no. 2, pp. 230–240, 2022.
- [12] I. Faroz, R. Maulana, and W. Kurniawan, "Implementasi Sensor Warna Pada Robot Lengan Pemindah Barang Menggunakan Inverse Kinematics: English," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 7, pp. 7284–7293, 2019.
- [13] R. Toyib and C. Saputra, "Prototype Robot Lengan dengan Kontrol Jarak Jauh Menggunakan Bluetooth HC-05 dan Kamera," *Pseudocode*, vol. 8, no. 1, pp. 11–20, 2021.
- [14] G. R. Chowdary, B. M. Krishna, P. S. R. S. N. Kumar, and R. S. Kumar, "Color Recognition System using Reconfigurable Architectures," *International Journal*, vol. 8, no. 7, 2020.
- [15] R. Ginting, R. Patmasari, and S. Aulia, "Sistem Orientasi Objek Dengan Metode Stereo Vision Berbasis Raspberry Pi," *IT Journal Research and Development*, vol. 4, no. 1, pp. 72–85, 2019.
- [16] C. I. Zamorano, K. Prawiroredjo, E. S. Julian, and E. Djuana, "Rancang Bangun Sistem Kamera Pengawas dengan Pengenalan Wajah untuk Keamanan Berbasis Blynk Legacy," *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, vol. 22, no. 2, pp. 241–258, 2023.
- [17] A. Alrynto, D. Syaury, and F. Utaminigrum, "Sistem Deteksi Posisi Objek Acak Berbasis Image Processing Pada Platform MyRIO," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 1, pp. 1120–1128, 2019.
- [18] A. R. Putri, "Pengolahan Citra dengan Menggunakan Web Cam pada Kendaraan Bergerak di Jalan Raya," *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 1, no. 01, 2016.
- [19] M. L. Mardon Limena, G. M. Giner Maslebu, and F. S. R. Ferdy Samuel Rondonuwu, "Pemanfaatan Citra Kamera Inframerah Thermal (kit) untuk Mendeteksi Area Inflamasi Pada Tubuh Manusia," *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, vol. 11, no. 1, pp. 43–50, 2021.
- [20] Z. Z. R. Permana, S. T. Rasmana, and I. Puspasari, "Prediksi Jarak Bola pada Citra Kamera Katadioptrik Menggunakan Metode Artificial Neural Network," *Jurnal ELKOMIKA*, vol. 9, no. 2, pp. 50–56, 2021.
- [21] R. S. Wijaya, A. Pratama, R. A. Fatekha, H. Soebhakti, and S. Prayoga, "Visual-Based Pick and Place on 6 DoF Robot Manipulator," *JOURNAL OF APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING*, vol. 8, no. 1, p. 44, 2024.
- [22] J. Pomares, "Visual servoing in Robotics," *Electronics (Basel)*, vol. 8, no. 11, p. 1298, 2019.
- [23] N. Anwar, "Pengenalan Warna Terhadap Objek Dengan Model Analisis Elemen Data Warna Gambar Berbasis Deep Neural Network," *BULLET: Jurnal Multidisiplin Ilmu*, vol. 2, no. 1, pp. 23–31, 2023.
- [24] L. Widiyanto, M. Utami, and C. A. Bakti, "Tobacco Carrier with HuskyLens AI," *Jurnal Cakrawala Informasi*, vol. 2, no. 1, pp. 1–9, 2022.
- [25] A. Misra, A. Sharma, G. Singh, A. Kumar, and V. Rastogi, "Design and development of a low-cost CNC alternative SCARA robotic arm," *Procedia Comput Sci*, vol. 171, pp. 2459–2468, 2020.
- [26] S. Minz, A. Saha, and M. R. Dev, "Arduino Based Automatic Irrigation System," *ADBU Journal of Electrical and Electronics Engineering (AJEEE)*, vol. 3, no. 1, pp. 31–36, 2019.
- [27] I. A. Abdulrazzak, H. Bierk, and L. A. Aday, "Humidity and temperature monitoring," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 4, pp. 5174–5177, 2018.
- [28] S. Laitera, W. A. Dewa, and S. Arifin, "Penerapan Sistem Alarm Berbasis Arduino Uno Untuk Mendeteksi Kebocoran Gas LPG," *Jurnal Janitra Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 2, no. 2, pp. 96–106, 2022.
- [29] D. A. Karim and N. Anwar, "Smart Home Berbasis Iot Menggunakan Arduino Uno dan Suara Pada Google Assistant," *IKRA-ITH Informatika: Jurnal Komputer dan Informatika*, vol. 7, no. 3, pp. 47–53, 2023.
- [30] M. Reski and K. Budayawan, "Smart Traffic Light Berbasis Arduino," *Voteknika (Vocational Teknik Elektronika dan Informatika)*, vol. 9, no. 3, pp. 16–23, 2021.
- [31] F. Azmi, A. Waggara, A. Andree, M. Moris, and P. G. Simatupang, "Rancang Bangun Mesin CNC Engraving 3 Axis Berbasis Arduino Uno Dengan GRBL Software," *Journal Of Electrical And System Control Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 11–17, 2020.
- [32] D. Marita and A. G. Wailanduw, "Analisis Torsi Pada Trainer Sistem Starter," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 5, no. 1, 2018.