

ROBOT LENGAN 4-AXIS PENYORTIR WARNA MENGGUNAKAN VISION CAMERA

Vivian Aurelia, Handry Khoswanto, Thiang
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia
E-Mail: vivianaurelia10@gmail.com, handry@peter.petra.ac.id, thiang@peter.petra.ac.id

Abstrak – Artikel ini akan menjelaskan tentang sebuah sistem yang berkaitan dengan pemanfaatan Dobot Magician dalam fungsi pemilahan objek berdasarkan warna dengan menggunakan Pixy2 sebagai *vision camera*. Sistem ini juga akan menggunakan Arduino Mega yang berfungsi untuk memproses informasi dari Pixy2 dan mengendalikan Dobot Magician. Pengujian dilakukan dengan beberapa bagian seperti pengujian pencahayaan, *tuning*, dan *offset* yang terjadi pada saat sistem dijalankan. Berdasarkan pengujian pencahayaan, cahaya yang paling efektif adalah *warm white* dengan nilai iluminasi 490 hingga 765 lux. Pada pengujian *tuning* didapati *range* yang dapat digunakan sangat dipengaruhi oleh jenis warna objek serta pencahayaan pada saat itu. Pengujian *offset* dilakukan dengan mengambil data perbedaan jarak dari *end-effector* ketika melakukan pengambilan objek dengan titik tengah objek berdasarkan lokasi objek. Berdasarkan hasil pengujian *offset*, sistem memiliki keberhasilan pengambilan benda sebesar 66.67%.

Kata Kunci – Dobot Magician, Pixy2, Arduino Mega, *vision camera*, *pick and place*, penyortiran warna

I. PENDAHULUAN

Saat ini, revolusi industri telah mencapai era keempat yang ditandai dengan peningkatan konektivitas dan interaksi antara masyarakat, mesin, serta sumber daya lainnya[1]. Teknologi seperti Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), manufaktur digital, dan analisis data besar dapat membantu meningkatkan efisiensi serta menghadirkan inovasi-inovasi baru. Salah satu perkembangan signifikan adalah penggunaan robot untuk membantu pekerjaan manusia.

Dobot Magician adalah lengan robotik yang ringan dan multifungsi, tersedia secara komersial dan menyerupai manipulator robotik industri 3 DOF[2]. Salah satu keunggulan Dobot Magician adalah fleksibilitasnya dan kemampuannya untuk diintegrasikan dengan berbagai perangkat dan sistem lain seperti sensor, kamera, gripper, IoT, dan lainnya. Dengan fleksibilitas integrasi yang luas, Dobot Magician dapat digunakan dalam berbagai aplikasi. Keunggulan utamanya adalah kemampuannya yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Robot ini adalah salah satu jenis robot yang dapat digunakan untuk fungsi *pick and place*.

Robot *pick and place* dirancang khusus untuk mengambil objek dari satu lokasi dan menemukannya ke lokasi lain sesuai kebutuhan produksi. Saat ini, banyak pabrik masih menggunakan sistem pemilahan manual. Sistem ini melibatkan pekerjaan yang dilakukan secara berulang dan membutuhkan ketelitian serta ketepatan[3]. Proses pemilahan manual bisa melelahkan dan rentan terhadap kesalahan manusia, terutama jika dilakukan secara berulang dan dalam jangka waktu lama.

Solusi yang dapat diberikan adalah menggunakan teknologi robot manipulator untuk meningkatkan efisiensi pemilahan, mengurangi kesalahan manusia, dan meringankan beban kerja manusia.

Oleh karena itu, dalam jurnal ini akan dikembangkan sebuah sistem terkait “Robot Lengan Penyortir Warna 4-Axis menggunakan Vision Camera”. Sistem ini akan menggunakan program *pick and place* dengan Dobot Magician untuk melakukan pemilahan objek berdasarkan warna, memanfaatkan *vision camera* Pixy2 dan Arduino Mega.

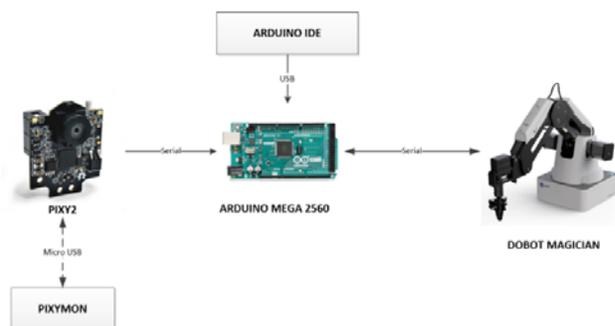
II. DESAIN SISTEM

Desain sistem akan terbagi menjadi dua, yaitu secara hardware dan software. Desain sistem hardware akan terbagi menjadi blok diagram sistem, diagram koneksi, dan mounting kamera, sedangkan desain sistem software akan terbagi menjadi kalibrasi dan desain sistem *pick and place* menggunakan *vision camera*.

A. Desain Hardware Sistem

1. Blok Diagram

Desain hardware bagian pertama adalah blok diagram sistem. Blok diagram dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Sistem penyortiran objek ini menggunakan Arduino Mega sebagai pusat kendali. Kamera Pixy2 mendeteksi warna objek dan mengirimkan informasi tersebut ke Arduino Mega. Berdasarkan data ini, Arduino Mega menginstruksikan Dobot Magician untuk mengambil dan memindahkan objek ke lokasi berdasarkan warnanya. Komunikasi antara komponen dilakukan melalui koneksi serial dan micro-USB. Aplikasi tambahan dari Pixy2 berupa PixyMon juga dapat digunakan untuk memantau proses penyortiran. Pemrograman untuk

semua komponen dilakukan dengan menggunakan Arduino IDE.

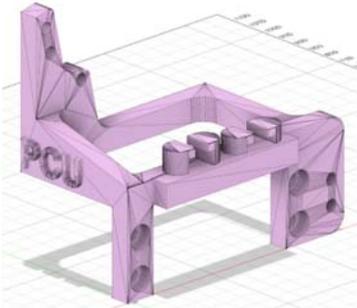
2. Diagram Koneksi



Gambar 2. Diagram Koneksi

Koneksi antara Arduino dan Pixy2 menggunakan kabel ICSP (In-Circuit Serial Programming). Kabel ICSP digunakan untuk mengirim perintah kontrol dari Arduino ke Pixy2 atau untuk menerima data seperti informasi warna objek yang dideteksi. Koneksi antara Arduino dan Dobot Magician menggunakan kabel RX/TX (Receive/Transmit). Kabel ini digunakan untuk komunikasi serial antara Arduino Mega sebagai pengendali utama dengan Dobot Magician. Kabel RX dari Dobot Magician terhubung ke pin TX pada Arduino, sedangkan kabel TX dari Dobot Magician terhubung ke pin RX pada Arduino. Ini memungkinkan Arduino Mega untuk mengirim perintah kontrol ke Dobot Magician, seperti instruksi untuk mengambil atau memindahkan objek.

3. Mounting Kamera



Gambar 3. Mounting Kamera

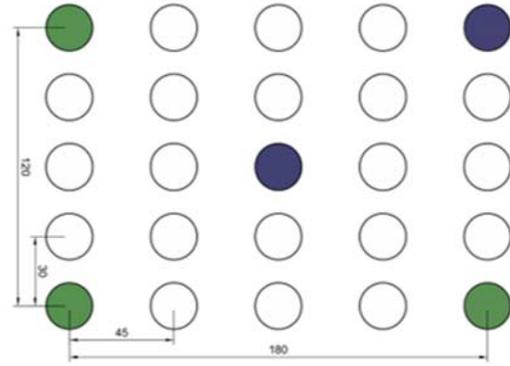


Gambar 4. Visualisasi Peletakan Mounting

Untuk menggabungkan kamera Pixy2 dengan Dobot Magician, diperlukan mounting khusus. Mounting ini berfungsi untuk mengamankan kamera di posisi yang tepat agar sistem dapat bekerja dengan baik. Mounting dirancang khusus untuk Dobot Magician, memungkinkan Pixy2 untuk menangkap gambar objek dengan akurat. Mounting dapat dilihat pada Gambar 3. Kamera dipasang dekat dengan end-effector lengan robot, dan tidak terhalang oleh gripper atau suction cup. Visualisasi peletakan mounting dan kamera dapat dilihat pada Gambar 4.

B. Desain Software Sistem

1. Kalibrasi



Gambar 5. Kertas Kalibrasi

Proses kalibrasi ini melibatkan penggunaan kertas kalibrasi yang terdiri dari tiga titik, seperti yang terlihat pada Gambar 5. Tujuannya adalah untuk menetapkan batas-batas bidang yang akan digunakan dalam sistem. Titik-titik koordinat ini digunakan sebagai referensi untuk titik awal, sumbu x, dan sumbu y dari bidang. Titik pada bagian kiri bawah merupakan titik A, pada bagian kanan bawah merupakan titik B, dan pada bagian kiri atas merupakan titik C. Kamera Pixy2 akan mengenali koordinat ketiga titik ini dan mengirimkan informasinya ke Arduino. Selanjutnya, di Arduino, terdapat program yang akan mengubah koordinat dari ketiga titik ini agar sesuai dengan sistem koordinat yang digunakan oleh Dobot Magician. Tahap kalibrasi ini akan berupa transformasi pada koordinat yang terdiri dari translasi, rotasi, dan *scaling*[4]. Berikut ini adalah persamaan yang digunakan pada proses kalibrasi.

$$pixyPartY = 207 - pixyPartY \quad (1)$$

$$scaleX = \frac{\sqrt{((b2X - a2X)^2 - (b2Y - a2Y)^2)}}{\sqrt{((b1X - a1X)^2 - (b1Y - a1Y)^2)}} \quad (2)$$

$$scaleY = \frac{\sqrt{((c2X - a2X)^2 - (c2Y - a2Y)^2)}}{\sqrt{((c1X - a1X)^2 - (c1Y - a1Y)^2)}} \quad (3)$$

$$lr1 = \sqrt{((b1X - a1X)^2 - (b1Y - a1Y)^2)} \quad (4)$$

$$lr2 = \sqrt{((b2X - a2X)^2 - (b2Y - a2Y)^2)} \quad (5)$$

$$dobotPartX = pixyPartX - a1X \quad (6)$$

$$dobotPartY = pixyPartY - a1Y \quad (7)$$

$$angle1 = \arccos\left(\frac{b1X - a1X}{lr1}\right) \quad (8)$$

$$dobotPartX = (dobotPartX \times \cos(-1 \times angle1)) + (dobotPartY \times \sin(-1 \times angle1)) \quad (9)$$

$$dobotPartY = ((-1 \times dobotPartX) \times \sin(-1 \times angle1)) + (dobotPartY \times \cos(-1 \times angle1)) \quad (10)$$

$$dobotPartX = dobotPartX \times scaleX \quad (11)$$

$$dobotPartY = dobotPartY \times scaleY \quad (12)$$

$$angle2 = \arccos\left(\frac{b2X - a2X}{lr2}\right) \quad (13)$$

$$dobotPartX = (intermediateX \times \cos(angle2)) + (intermediateY \times \sin(angle2)) \quad (14)$$

$$dobotPartY = (-1 \times intermediateX \times \sin(angle2)) + (intermediateY \times \cos(angle2)) \quad (15)$$

$$dobotPartX = dobotPartX + a2X \quad (16)$$

$$dobotPartY = dobotPartY + a2Y \quad (17)$$

Dimana:

pixyPartX = koordinat objek sumbu X dari sistem Pixy2

pixyPartY = koordinat objek sumbu Y dari sistem Pixy2

scaleX = perbandingan panjang bidang sumbu X antara sistem Pixy2 dan Dobot Magician

scaleY = perbandingan panjang bidang sumbu Y antara sistem Pixy2 dan Dobot Magician

lr1 = panjang sumbu X bidang dari sistem Pixy2

lr2 = panjang sumbu X bidang dari sistem Dobot Magician

dobotPartX = panjang sumbu X bidang dari sistem Dobot Magician

dobotPartY = panjang sumbu X bidang dari sistem Dobot Magician

angle1 = perbedaan sudut antara Pixy2 dan kertas kalibrasi

angle2 = perbedaan sudut antara kertas kalibrasi dan sistem Dobot Magician

a1X = koordinat sumbu x titik A dari Pixy2

a1Y = koordinat sumbu y titik A dari Pixy2

b1X = koordinat sumbu x titik B dari Pixy2

b1Y = koordinat sumbu y titik B dari Pixy2

c1X = koordinat sumbu x titik C dari Pixy2

c1Y = koordinat sumbu y titik C dari Pixy2

a2X = koordinat sumbu x titik A dari Dobot Magician

a2Y = koordinat sumbu y titik A dari Dobot Magician

b2X = koordinat sumbu x titik B dari Dobot Magician

b2Y = koordinat sumbu y titik B dari Dobot Magician

c2X = koordinat sumbu x titik C dari Dobot Magician

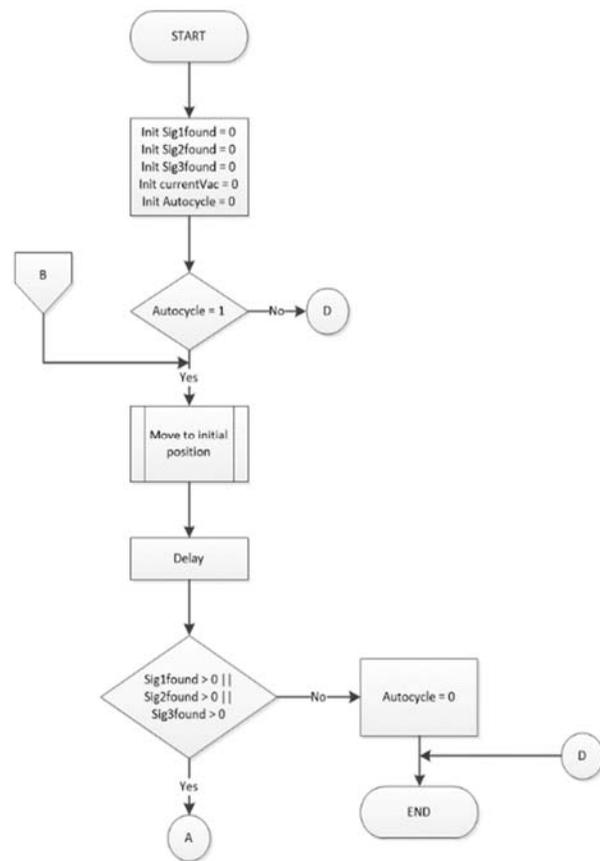
c2Y = koordinat sumbu y titik C dari Dobot Magician

2. Pick and Place menggunakan Vision Camera

Gambar 6 dan 7 merupakan flowchart dari sistem pemilahan objek berdasarkan warna secara otomatis. Pertama, lengan Dobot Magician akan bergerak ke posisi awal yang telah diatur sebelumnya, sehingga Pixy2 dapat menangkap seluruh permukaan bidang datar dan objek. Setelah itu, Pixy2 akan mengenali warna dari objek. Sistem ini dapat mendeteksi hingga tiga warna objek. Jika Pixy2 mengenali warna objek, proses akan berjalan sesuai rencana. Fungsi delay setelah pergerakan bertujuan untuk memberikan waktu bagi Dobot Magician sebelum melanjutkan ke pergerakan berikutnya.

Kemudian, Pixy2 akan mengurutkan objek mulai dari ukuran terkecil hingga terbesar. Setelah objek diurutkan, sistem akan memilih objek pertama dalam array, yaitu objek terkecil. Koordinat objek ini akan melalui proses kalibrasi yang mencakup scaling, translasi, dan rotasi untuk menyesuaikan

koordinat objek dengan sistem koordinat pada Dobot Magician.



Gambar 6. Flowchart Sistem Bagian 1



Gambar 7. Flowchart Sistem Bagian 2

Setelah koordinat objek diperoleh, Dobot Magician akan bergerak untuk mengambil objek dan menuju tempat drop-off berdasarkan warna objek. Warna pertama akan diletakkan di lokasi pertama, warna kedua di lokasi kedua, dan seterusnya. Saat tiba di lokasi yang diinginkan, vacuum cup atau gripper akan mati dan meletakkan objek pada tempatnya. Proses ini akan berulang hingga Pixy2 tidak lagi mendeteksi objek.

III. HASIL PENGUJIAN SISTEM

Terdapat beberapa pengujian yang dilakukan untuk memastikan kelancaran dan keandalan sistem dalam melakukan penyortiran objek. Pengujian ini meliputi pengujian pencahayaan, tuning, dan offset.

A. Pengujian Pencahayaan

Pada pengujian ini, akan dievaluasi pengaruh tingkat pencahayaan terhadap akurasi kamera Pixy2 dalam mengidentifikasi objek dengan berbagai warna. Objek-objek tersebut akan ditempatkan di bawah Pixy2 dan pengujian akan dilakukan menggunakan ring light dengan 3 pilihan warna (putih, warm white, kuning) dan 10 tingkat intensitas untuk setiap warna. Semua objek akan diletakkan pada latar belakang putih. Tujuan dari pengujian ini adalah menemukan pencahayaan optimal untuk melakukan identifikasi warna dengan Pixy2. Dobot Magician akan diposisikan sedemikian rupa sehingga seluruh bidang dapat terlihat oleh kamera. Jarak ring light ke objek adalah 30 cm, sedangkan jarak kamera ke objek adalah 13 cm.

Sebelum melakukan pengujian pada objek, telah dilakukan pengujian untuk mengetahui nilai iluminasi dari tiap-tiap jenis cahaya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan aplikasi 'Light Meter' pada handphone yang diletakkan seperti pada posisi objek. Semua pengujian akan dilakukan pada ruangan tertutup dengan kondisi seluruh lampu mati dan jendela tertutup sehingga nilai iluminasi adalah 10 lux. Berikut adalah data yang didapat.

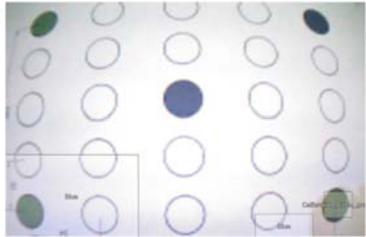
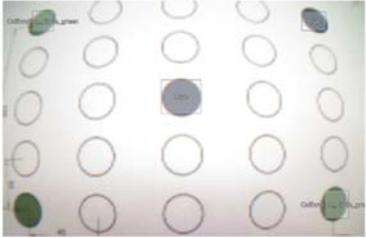
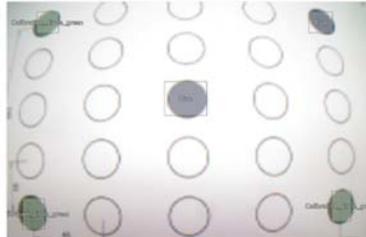
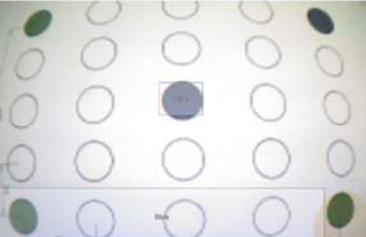
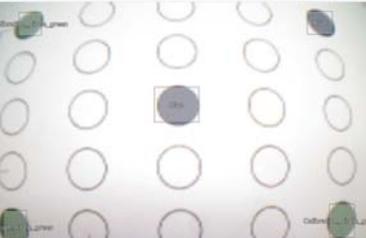
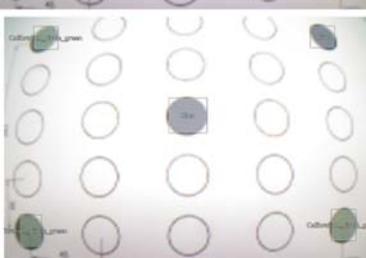
Tabel 1. Data Nilai Iluminasi Tiap Jenis Cahaya

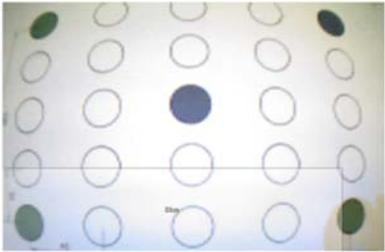
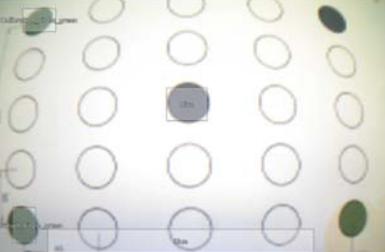
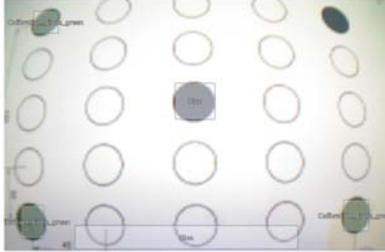
Tingkat Intensitas Cahaya	Nilai Iluminasi Cahaya Putih (Lux)	Nilai Iluminasi Cahaya Warm White (Lux)	Nilai Iluminasi Cahaya Kuning (Lux)
1	83	130	102
2	134	197	151
3	175	267	202
4	217	339	254
5	255	413	308
6	299	490	363
7	340	562	415
8	383	622	455
9	429	690	503
10	478	765	560

Setelah data nilai iluminasi diperoleh, berikut adalah hasil dari pengujian pencahayaan objek. Data yang disajikan mencakup

hasil dari kondisi pencahayaan dengan kualitas terburuk, kualitas sedang, dan kualitas terbaik. Hasil ini memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang performa sistem di berbagai kondisi pencahayaan, membantu dalam mengevaluasi bagaimana pencahayaan mempengaruhi deteksi dan pengenalan objek oleh sistem.

Tabel 2. Pengujian Pencahayaan

Warna	Hasil
Putih	1. 
	6. 
	10. 
Warm White	1. 
	6. 
	10. 

Kuning	1.	
	6.	
	10.	

2	Merah	4-5	
3	Kuning	5-25	
4	Titik kalibrasi biru	6	
7	Titik kalibrasi hijau	8-14	

Berdasarkan data pengujian yang diperoleh, jenis cahaya yang paling stabil untuk penggunaan adalah cahaya berwarna warm white dengan tingkat kecerahan berada di rentang 6 hingga 10, atau setara dengan iluminasi sebesar 490 hingga 765 lux. Stabilitas pencahayaan ini memastikan bahwa sistem dapat mendeteksi dan mengenali objek dengan lebih konsisten dan akurat, yang sangat penting untuk keberhasilan proses otomatisasi yang bergantung pada pengenalan warna.

B. Pengujian Tuning

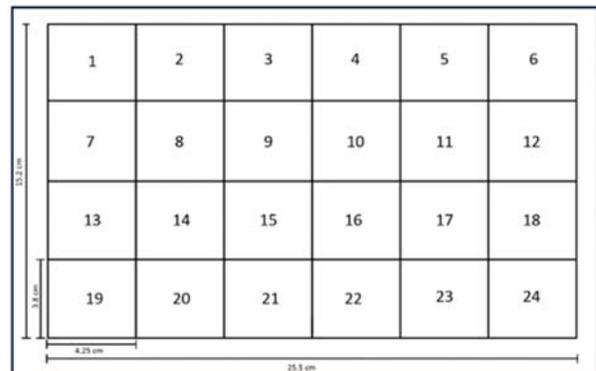
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui range yang efektif digunakan pada pengaturan tuning untuk melakukan pengidentifikasian objek. Dengan adanya pengujian ini, maka kesalahan dalam identifikasi objek dapat berkurang. Objek yang akan digunakan dalam pengujian adalah objek berwarna merah, biru, kuning, dan kedua jenis titik pada kertas kalibrasi. Pengujian akan dilakukan dengan cahaya dengan nilai iluminasi 765 lux agar hasil lebih stabil. Pengujian ini dilakukan dengan pengaturan yang ada pada PixyMon.

Tabel 3. Pengujian Tuning

Sign. No.	Warna	Tuning Range
1	Biru	6-25 

Pada tabel tersebut merupakan data nilai range terbaik yang dapat digunakan pada sistem ini. Pada warna biru tuning range yang dapat digunakan adalah 6 hingga 25, pada warna merah tuning range yang dapat digunakan adalah 4 dan 5, pada warna kuning tuning range yang dapat digunakan adalah 5 hingga 25, pada warna titik kalibrasi biru tuning range yang dapat digunakan adalah 6, dan pada warna titik kalibrasi hijau tuning range yang dapat digunakan adalah 8 hingga 14. Penggunaan nilai tuning range di luar rentang tersebut berpotensi menimbulkan kesalahan identifikasi warna. Hal ini penting diperhatikan untuk mencapai identifikasi warna yang akurat.

C. Pengujian Offset



Gambar 8. Area Pengujian Objek

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem pick and place objek berdasarkan warna menggunakan Dobot Magician. Pengujian ini dilaksanakan dengan pencahayaan ring light pada tingkat intensitas 10 warna warm white dengan nilai iluminasi sebesar 765 lux. Pengujian ini dilakukan dengan

mengumpulkan data offset yang terjadi saat sistem dioperasikan berdasarkan lokasi objek. Area objek ditunjukkan pada Gambar 8. Perhitungan offset dilakukan dengan mengukur jarak antara titik tengah objek dan titik tengah end-effector suction cup. Jika offset melebihi 1.5 cm, maka suction cup akan gagal mengambil objek dan hasil pengujian pada lokasi tersebut dianggap gagal. Data yang didapat dapat dilihat pada Tabel 4.

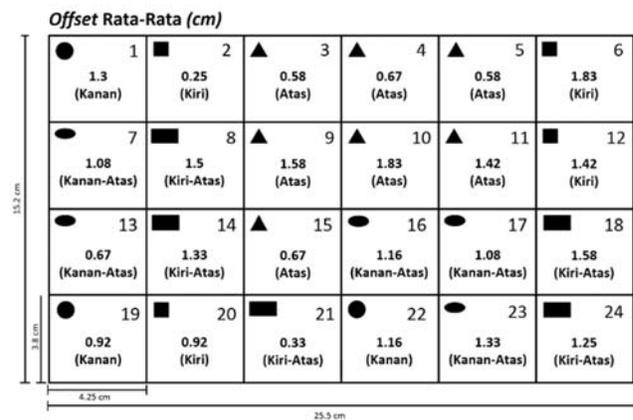
Tabel 4. Data Nilai Offset Objek berdasarkan Lokasi

Warna	No. Letak	Offset (cm)	Lokasi
Biru	1	1.25	Kanan
	2	0.25	Kiri
	3	0.75	Kiri-Atas
	4	0.75	Atas
	5	0.5	Atas
	6	1.75	Kiri
	7	1	Kanan-Atas
	8	1.5	Kiri-Atas
	9	1.5	Atas
	10	2	Atas
	11	1.5	Atas
	12	1.75	Kiri
	13	0.5	Kanan-Atas
	14	1.5	Kiri-Atas
	15	0.75	Kiri-Atas
	16	1.25	Kanan-Atas
	17	1.25	Kanan-Atas
	18	1.5	Kiri-Atas
	19	1	Kanan
	20	0.75	Kiri
	21	0.25	Kiri-Atas
	22	1.25	Kanan
	23	1.25	Kanan-Atas
	24	1.5	Kiri-Atas
Merah	1	1.25	Kanan
	2	0.25	Kiri
	3	0.75	Kiri-Atas
	4	0.75	Atas
	5	0.5	Atas
	6	1.75	Kiri
	7	1	Kanan-Atas
	8	1.5	Kiri-Atas
	9	1.5	Atas
	10	2	Atas
	11	1.5	Atas
	12	1.75	Kiri
	13	0.5	Kanan-Atas
	14	1.5	Kiri-Atas
	15	0.75	Kiri-Atas
	16	1.25	Kanan-Atas
	17	1.25	Kanan-Atas
	18	1.5	Kiri-Atas
	19	1	Kanan
	20	0.75	Kiri
	21	0.25	Kiri-Atas
	22	1.25	Kanan
	23	1.25	Kanan-Atas
	24	1.5	Kiri-Atas
Kuning	1	1.5	Kanan
	2	0.25	Kiri

	3	0.75	Atas
	4	1	Kanan-Atas
	5	1	Kanan
	6	1.75	Kiri
	7	1	Kanan-Atas
	8	1.5	Kiri-Atas
	9	1.5	Atas
	10	1.5	Kanan-Atas
	11	1.25	Kanan-Atas
	12	1	Kiri
	13	0.75	Kanan-Atas
	14	1	Kiri-Atas
	15	0.5	Atas
	16	1	Kanan
	17	0.75	Kanan
	18	1.5	Kiri
	19	0.75	Kanan
	20	1	Kiri
	21	0.5	Kiri
	22	1	Kanan
	23	1.5	Kanan
	24	1	Kiri

Berdasarkan data di atas, dapat diamati bahwa pada objek berwarna biru, suction cup gagal mengambil objek sebanyak 9 kali, sehingga tingkat keberhasilan sistem untuk warna tersebut adalah 62.5%. Untuk objek berwarna merah, suction cup gagal mengambil objek sebanyak 7 kali, dengan tingkat keberhasilan sistem mencapai 70.8%. Sedangkan pada objek berwarna kuning, suction cup gagal mengambil objek sebanyak 8 kali, sehingga tingkat keberhasilan sistem untuk warna tersebut adalah 66.67%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tingkat keberhasilan sistem secara keseluruhan adalah sebesar 66.67%.

Visualisasi offset yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 8. Pada gambar tersebut, merupakan nilai rata-rata ketiga warna objek untuk semua lokasi. Terdapat juga bentuk yang digunakan untuk mempermudah dalam melihat letak offset yang terjadi. Bentuk lingkaran menunjukkan offset dari sisi kanan objek, bentuk oval menunjukkan offset dari sisi kanan-atas objek, bentuk segitiga menunjukkan offset dari sisi atas objek, bentuk persegi menunjukkan offset dari sisi kiri objek, dan bentuk jajar genjang menunjukkan offset dari sisi kiri-atas objek.



Gambar 9. Nilai Rata-Rata Offset

Dari gambar di atas, pola offset yang terjadi dapat diamati dengan jelas. Pada bagian kiri dari bidang, offset pada di sisi

kanan atau kanan-atas dari objek. Selanjutnya, offset terjadi pada sisi kiri, kiri-atas, atau atas objek. Kemudian, offset muncul di sisi kanan, kanan-atas, dan kanan objek. Pada bagian kanan bidang, offset akan terjadi di sisi kiri atau kiri-atas objek. Terlihat juga bahwa *offset* terbesar terjadi di bagian tengah, kanan, dan kiri dari bidang. Sementara itu, *offset* paling kecil terjadi di bagian bawah dan atas bidang. Hal ini menggambarkan pola distribusi *offset* yang dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan kinerja sistem.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat diambil Kesimpulan bahwa dari hasil pengujian pencahayaan menunjukkan pencahayaan memainkan peran penting dalam kinerja sistem. Untuk optimalisasi identifikasi objek oleh kamera Pixy2 dapat menggunakan cahaya warna warm white dengan nilai iluminasi sekitar 490 lux hingga 765 lux. Sistem pick and place ini mencapai tingkat keberhasilan sebesar 66.67%. Keberhasilan ini dipengaruhi oleh offset saat pengambilan objek, dimana end-effector tidak selalu tepat mengarah ke bagian tengah objek. Ketika offset melebihi 1.5 cm, pengujian dianggap gagal karena suction cup tidak dapat mengangkat objek.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ministry of Industry. *Pidi 4.0.*, 2022.
- [2] Islam, M.R, Rahaman, M.A, Assad-uz-Zaman, M., & Rahman, M.H., *Cartesian trajectory based control of Dobot robot.*, 2019. Available: https://www.researchgate.net/publication/337898910_Cartesian_Trajectory_Based_Control_of_Dobot_Robot
- [3] Soesanto, A., *Sistem pemilahan dua produk menggunakan robot manipulator 6-axis.*, 2023. Available: <https://dewey.petra.ac.id/digital/view/57400>
- [4] Robin, *How to Make a Vision System for the Dobot Magician with the Pixy 2 Camera.* 2019. Available: <https://uptimefab.com/2019/10/02/how-to-make-a-robot-vision-system-with-the-pixy-2-camera>.