

Sistem Komunikasi Data Menggunakan Protokol Modbus pada Mesin Pemilah Objek Berbasis Kamera

Kurniawan Teguh Setia Fatoni^{1*}, Aditya Muhammad Kinandhika¹, Putri Lidiya¹, dan Eko Rudiawan Jamzuri¹

¹Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

*Email: ttkurniawan4@gmail.com

Abstract—Penelitian ini bertujuan untuk membuat prototipe mesin pemilahan benda secara otomatis menggunakan kamera. Gambar benda dicapture oleh sensor kamera ELP8 dan kemudian dideteksi menggunakan metode YOLO v3. Deteksi YOLO v3 menghasilkan kelas objek dan lokasi objek pada frame kamera. Data hasil pendeteksian tersebut selanjutnya dikirimkan ke PLC Outseal melalui Serial Port dengan protokol Modbus. PLC akan menggerakkan conveyor dan servo untuk memilah benda tersebut ke lokasi yang telah ditentukan. Hasil percobaan yang dilakukan sebanyak 900 kali pengujian memperoleh tingkat akurasi 99% dan presisi 84%. Hal ini menunjukkan usulan metode berhasil mendeteksi dan menyortir benda dengan akurat.

Keyword: Object detection, YOLO v3, sorting machine.

I. PENDAHULUAN

Dalam industri, produk sering kali diolah dari bahan mentah yang memiliki variasi warna atau bentuk yang berbeda-beda. Sebagai contoh, pada industri otomotif dan tekstil yang membuat warna sebagai tolak ukur kualitas, hal ini sangat penting untuk menentukan kualitas produk akhir. Namun, pengecekan warna secara manual oleh operator manusia sangat sulit dan tidak akurat [1].

Dalam hal ini, *Camera Based Smart Sorting on Production Line* dapat menjadi solusi yang efektif. *Camera Based Smart Sorting on Production Line* memproses pemilahan suatu objek benda yang menggunakan kamera sebagai pendeteksi serta objek benda akan berjalan melalui conveyor kemudian akan dipisahkan menggunakan *Driver Motor Stepper* untuk mengontrol *Motor Servo* sebagai alat pemilahnya [2].

Dengan begitu dalam tugas akhir ini *Camera Based Smart Sorting on Production Line* dapat membantu mempermudah pekerjaan dalam memilah suatu barang yang berbeda warna dan bentuk dengan secara otomatis, jika di lakukan secara manual akan terjadi nya beberapa kesalahan dalam memilah warna dan bentuk, maka *Camera Based Smart Sorting on Production Line* sangat efektif untuk mencegah terjadinya kesalahan dalam pemilahan warna dan bentuk.

Pada tugas akhir ini akan ditambahkan beberapa sistem seperti conveyor, komunikasi Modbus, dan penambahan program untuk mendeteksi bentuk, dikarenakan belum adanya sistem ini pada PBL (*Project Based Learning*) sebelumnya. Penambahan sistem ini memiliki tujuan untuk memberikan kemudahan dalam proses pemilahan yang dilakukan. Sistem conveyor ini juga akan membantu dalam mengatur dan memindahkan objek secara efisien.

Dalam menjalankan fungsinya, alat ini melibatkan penggunaan kamera sebagai pengenal objek dan penentu warna objek melalui teknologi pemrosesan citra yang menggunakan pemrograman *Python*. Kemudian, data hasil pengolahan citra dapat dikirimkan secara langsung ke PLC *Outseal* menggunakan protokol komunikasi serial Modbus RTU untuk mengendalikan proses pemisahan produk yang sesuai dengan warna [3]–[4].

Proses kerja sistem conveyor ini awalnya dimulai dengan pengambilan gambar objek melalui kamera. Setelah kamera mendeteksi objek, algoritma pemrosesan citra dalam sistem akan melakukan analisis untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan warna objek [5]. Dengan menggunakan bahasa pemrograman *Python*, data yang dihasilkan dari pemrosesan gambar dapat dikirim secara langsung ke kontrol PLC (*Programmable Logic Controller*), yang bertanggung jawab untuk mengontrol aliran conveyor.

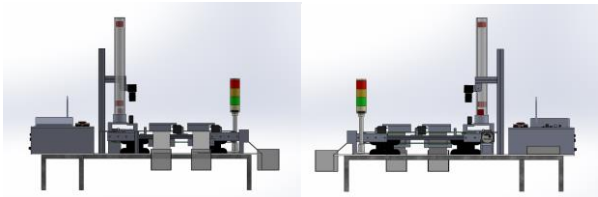
Dengan menggabungkan teknologi kamera dan PLC *Outseal* melalui Modbus RTU, sistem *smart sorting* dapat mengirimkan data hasil pengolahan citra secara langsung ke PLC *Outseal*. Dengan demikian, teknologi ini dapat membantu meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam proses pemilahan produk di dunia industri. Kelebihan penelitian ini mampu mendeteksi 3 bentuk objek yaitu bulat, kotak, dan bintang dengan 6 jenis warna yakni merah, merah muda, biru, biru muda, putih, dan silver sedangkan dari peneltitan sebelumnya hanya mendeteksi bentuk saja dan warna saja, tidak ada mendeteksi bentuk sekaligus warna [6]–[7].

II. METODE

A. Desain Mesin Sorting

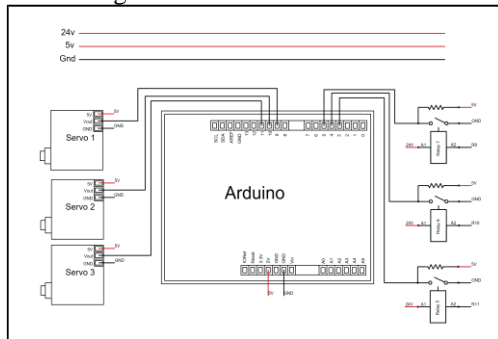
1. Perancangan Mekanikal

Gambar 1 menunjukkan desain alat dari tampak depan. Pada pembuatan desain mekanikal menggunakan software Solidworks.



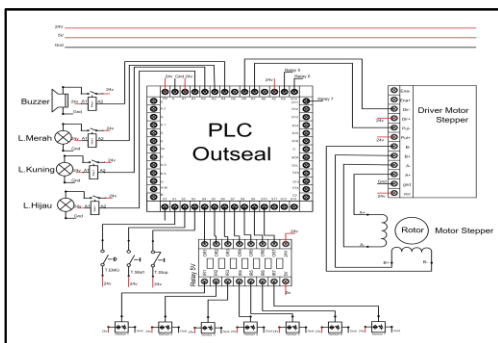
Gambar 1. Desain Alat dari sisi depan (kiri) dan sisi belakang (kanan)

2. Perancangan Elektrikal



Gambar 2. Tampilan Elektrikal pada Arduino

Pada *wiring* diagram membutuhkan tegangan 5V untuk mengaktifkan Arduino. Dimana pada Arduino memiliki 14 *pin input/output* dan memiliki 6 *pin analog*. Pada kontrol *Motor Servo pin* 3, 4 dan 5 sebagai *input* dari anak kontak *relay* yang berfungsi untuk mengaktifkan salah satu *pin* 9, 10 dan 11 sebagai *output*. Dimana *pin* 9, 10 dan 11 berfungsi untuk mengaktifkan *Servo*. Pada tegangan 24V disini berfungsi untuk mengaktifkan A1 dari *relay*, pada A2 *relay* akan diaktifkan oleh *output* dari *PLC Outseal*.



Gambar 3. Tampilan Elektrikal pada PLC Outseal

Pada *wiring* diagram *PLC Outseal* terdapat 16 *pin input* dan 16 *pin output* untuk mengaktifkan *PLC Outseal*. Dimana : Untuk mengaktifkan *PLC Outseal* akan diberikan tegangan 24V pada *pin Vin*, kemudian untuk mengaktifkan *input PLC* pada G1 dan G2 diberikan *Ground*, setelah itu *Output PLC* akan aktif jika X1 dan X2 diberikan tegangan 24V dan *pin input* S1 terhubung dengan tombol *emergency*. Selanjutnya S2 terhubung dengan tombol *start*, S3 terhubung dengan tombol *stop*, S4-S10 terhubung dengan *output relay 5V* (OR1-OR7).

Pada *PLC Outseal pin output* yang digunakan yaitu R1, R2, R3, R4, R6, R7, R9, R10, dan R11. Dimana :

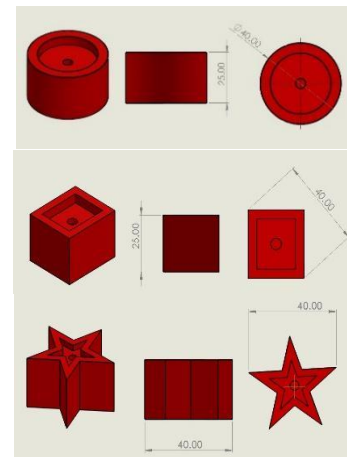
R1 terhubung dengan A2 pada *relay 1*, R2 terhubung dengan A2 pada *relay 2*, R3 terhubung dengan A2 pada *relay 3*, R4 terhubung dengan A2 pada *relay 4*, R6 terhubung dengan Dir-pada *Driver Motor Stepper*, R7 terhubung dengan Pul- pada *Driver Motor Stepper*, R9 terhubung dengan A2 pada *relay 5*, R10 terhubung dengan A2 pada *relay 6*, dan R11 terhubung dengan A2 pada *relay 7*.

Pada Sensor 1-7 akan terhubung dengan *input relay 5V* (IR1-IR7). Pada anak kontak *relay 1 NO* terhubung dengan lampu hijau, pada anak kontak *relay 2 NO* terhubung dengan lampu kuning, anak kontak *relay 3 NO* terhubung dengan lampu merah, sedangkan anak kontak *relay 4 NO* terhubung dengan *buzzer*.

Untuk mengaktifkan *Driver Motor Stepper* memerlukan tegangan 24V pada *pin VCC*. Pada *Motor Stepper* terdapat kabel A+, A- B+, dan B- yang akan terhubung ke *Driver Motor Stepper*.

B. Objek Pengujian

Gambar 6 menunjukkan desain objek benda yang terdiri dari 3 bentuk yaitu bulat, kotak, dan bintang dengan ukuran tinggi 40 mm dan lebar 25 mm dengan 6 variasi warna yaitu merah, merah muda, biru, biru muda, putih, dan silver untuk tiap bentuk objek.



Gambar 4. Desain Objek berbentuk bulat (atas), kotak (tengah), bintang (bawah)

C. Detektor Objek YOLO v3

YOLO v3 merupakan salah satu model deteksi objek dalam bidang penglihatan komputer. Metode deteksi objek ini memungkinkan untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan berbagai objek gambar dengan cepat dan akurat. Dasar dari YOLO v3 adalah konsep deteksi objek yang menggunakan deep learning, khususnya menggunakan CNN (Convolution Neural Network).

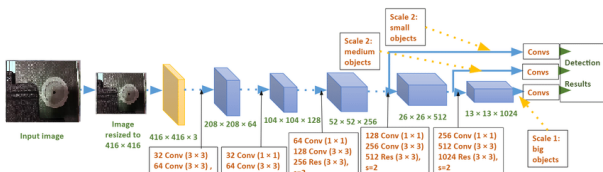
Cara kerja YOLO v3 adalah membagi gambar kedalam grid yang terdiri dari sel-sel kecil. Setiap sel dalam grid akan menjadi kandidat untuk mendeteksi objek.

Kemudian untuk setiap sel YOLOv3 akan melakukan prediksi bounding box yang menandai objek yang ada di dalam gambar. Bounding box ini memiliki beberapa parameter seperti koordinat, ukuran, dan skor kepercayaan (Confidence Score)

yang menunjukkan seberapa yakin model dalam mendeteksi objek tersebut.

Dalam konteks smart sorting berbasis kamera, sistem kerja YOLO v3 ini akan melakukan pemisahan gambar yang akan dibagi menjadi grid, melakukan ekstraksi fitur sehingga grid diolah oleh CNN (Convolution Neural Network) untuk menghasilkan fitur-fitur yang mewakili objek, melakukan prediksi objek dengan menghitung kemungkinan dan bounding box untuk setiap grid, serta menggunakan teknik non-maximum suppression untuk menghindari deteksi ganda agar kotak pembatas terpilih yang paling relevan.

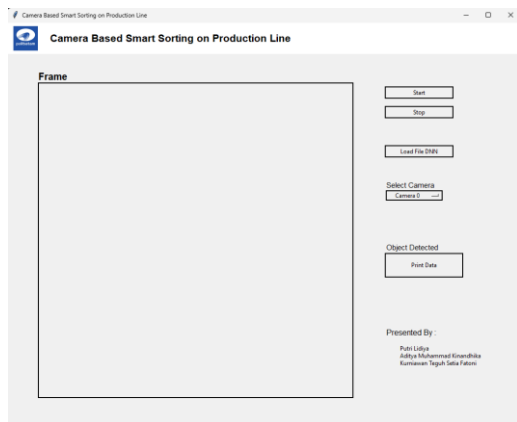
Dengan demikian YOLO v3 sangat di butuhkan pada sistem *smart sorting* karena YOLO v3 dapat mengenali dan mengelompokkan objek secara real-time dengan cepat dan efisien, serta memastikan proses pengurutan berjalan dengan baik. Berikut adalah arsitektur YOLO v3 yang dapat dilihat pada gambar 5



Gambar 5. Arsitektur YOLO v3

D. Desain Aplikasi GUI

GUI (Graphical User Interface) ini nantinya dilakukan melalui program pada aplikasi Visual Studio Code. Pada pembuatan GUI (Graphical User Interface) nantinya akan memiliki memiliki ukuran 1050 x 820 piksel. Pada bagian kamera dibuat outline sebagai penanda posisi kamera yang memiliki ukuran 640 x 640 piksel, sedangkan pada ukuran kamera nya sendiri memiliki ukuran 640 x 480 piksel.



Gambar 6. Tampilan GUI (*Graphical User Interface*)

Pada bagian atas kiri terdapat logo Polibatam dan sebelah logo terdapat judul yang bertuliskan “*Camera Based Smart Sorting on Production Line*”, dibawah judul terdapat *frame* sebagai tempat menampilkan gambar dari kamera, pada bagian kanan atas terdapat tombol (*START*) untuk mengaktifkan kamera dan dibawahnya terdapat tombol (*STOP*) untuk mematikan kamera. Lalu dibawah tombol *stop* terdapat tombol *load file* DNN. Untuk pengambilan file data objek yang sudah

berhasil di deteksi oleh kamera, pada program GUI akan diberi fungsi *Load File* untuk mengambil *file* data objek tersebut. Jadi tombol *Load File* DNN akan melakukan tugasnya. Hasil *print* data yang akan ditampilkan bisa dilihat pada *frame Object Detected*. Hasil yang akan terdeteksi yaitu *box_blue*, *box_light_blue*, *box_pink*, *box_red*, *box_white*, *box_silver*, *circle_blue*, *circle_light_blue*, *circle_pink*, *circle_red*, *circle_white*, *circle_silver*, *star_blue*, *star_ligt_blue*, *star_pink*, *star_red*, *star_white*, *star_silver*. Dibawah tombol *Load File* DNN terdapat tombol *Select camera* guna untuk memilih kamera yang terdapat pada PC. Dan dibawahnya terdapat penempatan *Object detected* sebagai tempat objek benda yang berhasil di deteksi oleh kamera. Terakhir pada bagian kanan bawah terdapat nama anggota dari penelitian ini.

E. Metode Pengujian

Dalam melakukan pengujian terdapat 2 parameter yang ingin di uji yaitu akurasi dan presisi, yang diperoleh menggunakan metode *confusion matrix*. Metode ini digunakan dalam pengujian model klasifikasi, di mana model harus memprediksi label suatu data berdasarkan atribu-atribut yang ada.

Pada confusion matrix terdapat 4 representasi hasil proses klasifikasi. Keempat representasi tersebut adalah:

- **True Positive (TP)**
Merupakan data positif yang diprediksi benar.
- **True Negative (TN)**
Merupakan data negatif yang diprediksi benar.
- **False Positive (FP) – Type I Error**
Merupakan data negatif namun diprediksi sebagai data positif.
- **False Negative (FN) – Type II Error**
Merupakan data positif namun diprediksi sebagai data negatif.

Berdasarkan 4 representasi hasil proses klasifikasi dapat diperoleh nilai:

1. Akurasi

Akurasi adalah perbandingan antara jumlah prediksi yang benar (baik positif maupun negatif) dengan total jumlah data. Dengan kata lain, akurasi mencerminkan sejauh mana prediksi model mendekati nilai sebenarnya. Nilai akurasi dapat dihitung menggunakan persamaan.

		Actual Values	
		1 (Positive)	0 (Negative)
Predicted Values	1 (Positive)	<p>TP (True Positive)</p>	<p>FP (False Positive) Type I Error</p>
	0 (Negative)	<p>FN (False Negative) Type II Error</p>	<p>TN (True Negative)</p>

Gambar 7. *Confusion matrix* yang menggambarkan nilai akurasi.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

Rumus tersebut berguna untuk mencari nilai akurasi dari ketepatan kamera dalam mendeteksi objek.

2. Presisi

Menggambarkan tingkat akurasi antara data yang diminta dan hasil prediksi yang diberikan oleh model. Jadi, akurasi adalah rasio prediksi positif yang benar terhadap total hasil prediksi positif.

		Actual Values	
		1 (Positive)	0 (Negative)
Predicted Values	1 (Positive)	TP (True Positive)	FP (False Positive) <i>Type I Error</i>
	0 (Negative)	FN (False Negative) <i>Type II Error</i>	TN (True Negative)

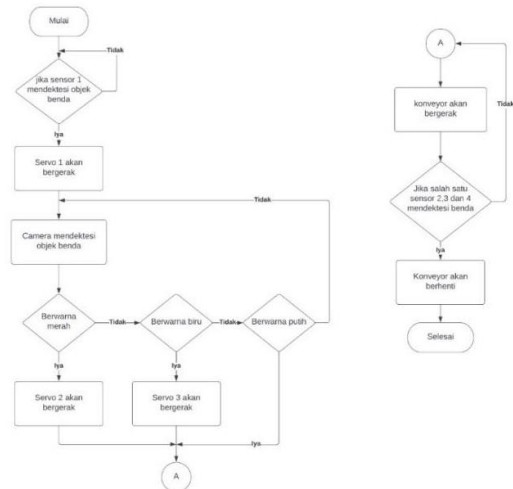
Gambar 8. Confusion matrix yang menggambarkan nilai presisi.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

Rumus tersebut berguna untuk mencari nilai presisi dari ketepatan alat dalam memilah objek.

F. Diagram Alir Sistem Kerja Alat

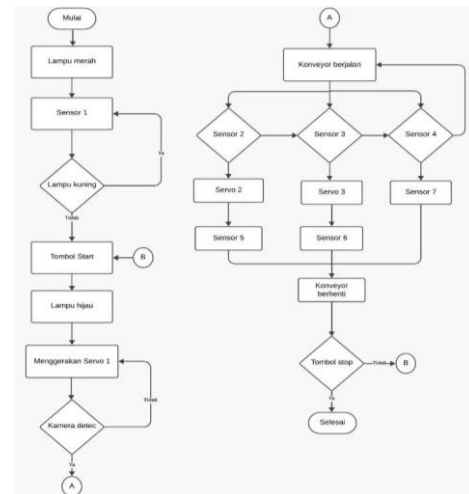
Gambar 9 dibawah ini menunjukkan diagram alir sistem kerja alat, dimana terdapat sensor yang berfungsi untuk mendeteksi objek benda sehingga servo 1 dapat bergerak, kemudian kamera akan mendeteksi objek benda berdasarkan warna dan bentuk, setelah objek benda teridentifikasi servo 2 dan 3 bergerak untuk memisahkan objek melalui pergerakan dari konveyor, dan terdapat sensor 2, 3, dan 4 untuk memberhentikan konveyor.



Gambar 9. Diagram Alir Sistem Kerja Alat

G. Diagram Alir Sistem Kerja Program

Gambar 10 dibawah ini menunjukkan diagram alir sistem kerja program, dimana terdapat lampu merah yang hidup terlebih dahulu, ketika sensor 1 mendeteksi objek benda maka lampu kuning akan mati, kemudian tombol start yang aktif akan menghidupkan lampu hijau dan servo 1 bergerak, kemudian kamera mendeteksi objek benda maka konveyor akan berjalan, selanjutnya servo 2, dan 3 akan bergerak, dan sensor 5, 6 dan 7 akan mendeteksi objek benda untuk memberhentikan konveyor, ketika tombol stop aktif maka proses selesai, jika tidak akan kembali ke tombol start.



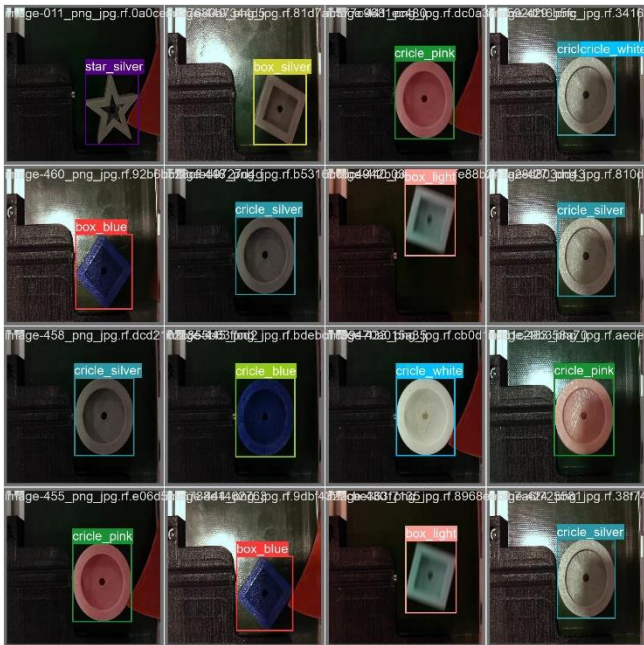
Gambar 10. Diagram Alir Sistem Kerja Program

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Deteksi Objek

Gambar 11 menunjukkan dari tiap-tiap objek benda telah berhasil dideteksi oleh metode YOLOv3 sehingga tiap-tiap

objek benda dapat menampilkan bounding box sesuai dengan warna dan bentuknya.



Gambar 11. Hasil Deteksi Menggunakan YOLO v3

Selain hasil deteksi objek pada gambar 11, berikut ini adalah hasil tabel dari nilai mean Average Precision (mAP) yang diperoleh dari YOLO v3.

TABEL 1
HASIL mean Average Precision (mAP)YOLO v3

Kelas	Precision	Recall	mAP50
Box Blue	0.64	0.89	0.864
Box Light Blue	0.259	1	0.644
Box Pink	0.501	0.833	0.633
Box Red	0.408	0.967	0.436
Box Silver	0.174	0.4	0.289
Box White	0.281	0.533	0.338
Circle Blue	0.27	0.931	0.552
Circle Light Blue	0.227	1	0.816
Circle Pink	0.357	0.939	0.37
Circle Red	0.289	1	0.68
Circle Silver	0.351	0.933	0.937
Circle White	0.23	1	0.707
Star Blue	0.494	0.944	0.814
Star Light Blue	0.49	1	0.888
Star Pink	0.285	0.933	0.495
Star Red	0.404	0.743	0.414
Star Silver	0.24	0.759	0.381
Star White	1	0.958	0.995

B. Hasil Pengujian Sistem Sorting

Hasil Pengujian pada objek benda telah dilakukan pengujian pada alat dengan berdasarkan hasil data percobaan. Setiap objek dilakukan 50 kali percobaan. Sehingga mendapatkan hasil dari *confusion matrix* di setiap percobaan pada objek.

TABEL 2
DATA CONFUSION MATRIX

X	Predicted																		
	Box Blue	Box Light Blue	Box Pink	Box Red	Box Silver	Box White	Circle Blue	Circle Light Blue	Circle Pink	Circle Red	Circle Silver	Circle White	Star Blue	Star Light Blue	Star Pink	Star Red	Star Silver	Star White	
Actual	Box Blue	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Box Light Blue	3	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Box Pink	0	0	47	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Box Red	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Box Silver	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Box White	0	0	0	0	0	46	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
	Circle Blue	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Circle Light Blue	0	0	0	0	0	0	3	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Circle Pink	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Circle Red	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
	Circle Silver	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	42	3	0	0	0	0	0	0
	Circle White	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0
	Star Blue	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	49	0	0	0	0	0
	Star Light Blue	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0
	Star Pink	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0
	Star Red	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	49	0	0
Star Silver	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	47	2	
Star White	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	

Tabel dibawah ini adalah hasil perhitungan nilai presisi dan akurasi yang didapat pada setiap objek benda, dimana nilai presisi dan akurasi terbilang baik dikarenakan tidak adanya nilai akurasi dan presisi yang dibawah 80%.

TABEL 3
DATA AKURASI DAN PRESISI

Benda	Akurasi(%)	Presisi(%)
Box Blue	99	100
Box Light Blue	99	94
Box Pink	99	94
Box Red	100	100
Box Silver	100	100
Box White	100	92
Circle Blue	99	100
Circle Light Blue	99	94
Circle Pink	99	100
Circle Red	100	100
Circle Silver	99	84
Circle White	100	100
Star Blue	99	98
Star Light Blue	100	100
Star Pink	99	100
Star Red	99	98
Star Silver	99	94
Star White	99	100

Dari tabel diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa objek benda yang mudah terdeteksi adalah *Box red, Box Silver, Circle Red, Circle White, Star Light Blue* dan untuk objek yang sulit terdeteksi adalah *Circle Silver*.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN [3]

A. Kesimpulan [4]

Setelah dilakukan perancangan dan pengujian pada *Camera Based Smart Sorting on Production Line* ini, maka secara keseluruhan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Selama tahap pengujian objek, kamera berhasil mengidentifikasi atau mendeteksi setiap objek berdasarkan warna dan bentuk dengan akurasi dan presisi yang melebihi 80%. Pengujian ini membuktikan dalam mengatasi masalah dalam pemilahan manual dan meningkatkan efisiensi produksi.
2. Pada pengujian Komunikasi Modbus RTU (*Remote Terminal Unit*) yang digunakan mampu menghubungkan data PC ke PLC (*Programmable Logic Controller*) *Outseal*. Dalam hal ini PC berperan sebagai data *master* yang mengeluarkan perintah untuk dikirimkan ke PLC (*Programmable Logic Controller*) *Outseal* sebagai *slave* yang akan menerima data, maka PLC (*Programmable Logic Controller*) *Outseal* akan melakukan tugasnya berdasarkan data yang diterima.
3. Pada pengujian sistem Kendali *Motor Stepper* pada alat ini menggunakan pengaturan 1000 frekuensi, dengan konfigurasi ini, *Motor Stepper* akan menggerakkan konveyor untuk memindahkan objek benda ke dalam *box* pemilahan. Selain itu, pada pengujian sistem kendali *Motor Servo* pada *Servo* 1, 2, dan 3, *Servo* dapat mendorong objek benda kedalam area dan memasukkan objek benda kedalam *box* pemilahan berdasarkan bentuk. Pengaturan *Servo* 1 pada rentang 70-100 derajat sementara *Servo* 2 dan 3 di atur pada 130 derajat. Maka terjadilah pemilahan pada setiap bentuk objek benda.

B. Saran

Dalam pengerjaan penelitian tugas akhir ini masih terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Berdasarkan hal tersebut, penulis dapat memberikan saran sebagai berikut:

1. Untuk peneliti selanjutnya diharapkan melakukan pengembangan lebih lanjut dengan menambahkan fungsionalitas baru sesuai dengan kebutuhan pengguna.
2. Untuk peneliti selanjutnya dapat melakukan penambahan *box* pemilahan pada setiap objek benda. Di karenakan pada penelitian ini hanya ada 3 *box* pemilahan objek benda bulat, kotak dan bintang. Disarankan untuk menambah *box* pemilah menjadi 18 pemilah atau masing-masing warna dan bentuk.
1. Hasil penelitian berikutnya diharapkan untuk membuat banyak bentuk dan warna.

REFERENCES

- [1] F. R. Wicaksono, A. Rusdinar, I. Prasetya, and D. Wibawa, "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ALAT PENYORTIR BARANG PADA KONVEYOR DENGAN PENGOLAHAN CITRA DESIGN AND IMPLEMENTATION OF ITEMS DEVICE SORTING ON CONVEYOR WITH IMAGE PROCESSING," 2018.
- [2] "Driver Motor Stepper: Jenis dan Aplikasinya." Accessed: May 29, 2023. [Online]. Available: <https://abdulelektro.blogspot.com/2021/04/driver-motor-stepper-jenis-dan.html>

M. R. G. A. P. S. K. Mulyadi Indra H, "Modul Komunikasi Modbus RTU over RS485 Berbasis Arduino," 2021.

O. Saputra, "Komunikasi Outseal Plc dengan Smartphone," 2022, doi: 10.38035/rj.v4i4.

A. Fahmi Fandisyah, N. Iriawan, and W. Setya Winahju, "Deteksi Kapal di Laut Indonesia Menggunakan," 2021.

S. Rachman, "KOMUNIKASI ANTARMUKA PROGRAMABLE LOGIC CONTROLLER PADA MODBUS RTU SENSOR SUHU DAN KELEMBAPAN UDARA DENGAN DATA LOGGER," POLITEKNIK NEGERI BANJARMASIN. Accessed: May 29, 2023. [Online]. Available:

https://www.researchgate.net/publication/369119634_KOMUNIKASI_ANTARMUKA_PROGRAMABLE_LOGIC_CONTROLLER_PADA_MODBUS_RTU_SENSOR_SUHU_DAN_KELEMBAPAN_UDARA_DENGAN_DATA_LOGGER

H. S. Risfendra, "Otomasi Industri Dengan Arduino Outseal PLC," UNP PRESS. Accessed: May 29, 2023. [Online]. Available:

https://books.google.co.id/books/about/Otomasi_Industri_Dengan_Arduino_Outseal.html?id=kHAQEAAAQBAJ&redir_esc=y