



Rancang Bangun dan Evaluasi Sistem Sortir Otomatis Barang dengan Metode Deteksi Objek *YOLO v5* dan Kendali *PLC Outseal*

Daniel Sutopo Pamungkas¹, Shendy Saputra², Anastasya Andaresta Pelmelay³

^{1,2,3}Teknik Mekatronika, Fakultas Teknik, Politeknik Negeri Batam

¹daniel@polibatam.ac.id, ²shendy.saputra@students.polibatam.ac.id,

³anastasya.andaresta.pelmelay@students.polibatam.ac.id

Abstract

Manual sorting in manufacturing is time-consuming, labor-intensive, and prone to errors, especially when items have similar colors and shapes. This study aims to design and implement an automatic sorting system for goods based on color and shape to enhance production efficiency. The system integrates a webcam for image acquisition, the YOLO v5 object detection algorithm for real-time classification, and the Outseal PLC to control actuators via a Ladder Diagram. An experimental method was used, with a dataset of 18 object types tested under three lighting conditions (daylight, low light, and ring light). Performance was evaluated using a confusion matrix, achieving an average accuracy of 88.26% and precision of 70.38%, with the best results under ring light illumination. These findings demonstrate that the proposed system can reduce operational costs and improve productivity for small- to medium-scale industries. Future work should include extended field testing and adaptive algorithms for varying lighting environments.

Keywords: Automatic sorting system, Computer vision, Industrial automation, Outseal PLC, YOLO v5.

Abstrak

Penyortiran manual dalam manufaktur memakan waktu, padat karya, dan rentan terhadap kesalahan, terutama ketika barang memiliki warna dan bentuk yang sama. Studi ini bertujuan untuk merancang dan menerapkan sistem penyortiran otomatis untuk barang berdasarkan warna dan bentuk untuk meningkatkan efisiensi produksi. Sistem ini mengintegrasikan webcam untuk akuisisi gambar, algoritma deteksi objek *YOLO v5* untuk klasifikasi waktu nyata, dan *PLC Outseal* untuk mengendalikan aktuator melalui *Ladder Diagram*. Metode eksperimen digunakan, dengan kumpulan data 18 jenis objek yang diuji dalam tiga kondisi pencahayaan (cahaya siang hari, cahaya redup, dan cahaya cincin). Kinerja dievaluasi menggunakan matriks kebingungan, mencapai akurasi rata-rata 88,26% dan presisi 70,38%, dengan hasil terbaik di bawah penerangan cahaya cincin. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan dapat mengurangi biaya operasional dan meningkatkan produktivitas untuk industri skala kecil hingga menengah. Pekerjaan di masa mendatang harus mencakup pengujian lapangan yang diperluas dan algoritma adaptif untuk berbagai lingkungan pencahayaan.

Kata kunci: Sistem sortir otomatis, *Computer vision*, Otomatisasi industri, *PLC Outseal*, *YOLO v5*.

1. Pendahuluan

Industri manufaktur modern menuntut proses penyortiran barang yang cepat dan akurat. Penyortiran manual terbukti memakan waktu lebih lama, biaya tenaga kerja lebih tinggi, serta rentan terhadap kesalahan akibat kelelahan dan kebosanan operator, khususnya ketika warna barang yang disortir memiliki kemiripan yang tinggi [1].

Penelitian sebelumnya sebagian besar hanya fokus pada deteksi bentuk atau warna saja, tanpa mengintegrasikan teknologi deteksi objek modern seperti *YOLO v5* dengan *PLC Outseal* sebagai pengendali utama. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi *gap* tersebut dengan mengembangkan sistem sortir otomatis berbasis

penglihatan mesin dan kendali *PLC* lokal, yang diharapkan mampu meningkatkan kecepatan dan akurasi proses penyortiran secara *real-time*.

Kemajuan teknologi *computer vision* membuka peluang pemanfaatan kamera dan pengolahan citra yang semakin canggih dan terjangkau karena dapat melakukan inspeksi dan analisis produk dengan akurasi dan kecepatan yang melebihi kemampuan manusia, serta mengurangi risiko produk cacat sampai ke pasar, sehingga meningkatkan kepuasan pelanggan dan meminimalkan biaya terkait penarikan produk. Selain itu, *computer vision* dapat memfasilitasi pengenalan dan pelacakan objek secara *real-time*, memungkinkan otomatisasi yang mulus dan optimalisasi operasi manufaktur [2].



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Dalam rancangan sistem sortir, pola yang dikenali meliputi bentuk lingkaran dan persegi, sehingga memungkinkan klasifikasi berdasarkan bentuk [3]. Selain itu, integrasi antara *PLC* dan mikrokontroler mulai berkembang, dengan *PLC Outseal* sebagai produk otomasi karya anak bangsa yang berbasis *Arduino Nano* dan pemrograman *ladder diagram* melalui *software Outseal Studio* [4]. *PLC Outseal* menawarkan solusi kontrol yang efektif dan ekonomis dalam sistem otomatisasi industri.

Penggunaan *PLC Outseal* sebagai kendali utama dalam sistem sortir berbasis *webcam* sangat relevan mengingat kemampuannya mengolah sinyal dengan efisien dan biaya yang relatif rendah. *Webcam* sebagai sensor penglihatan memberikan fleksibilitas dan ketersediaan yang luas, sehingga kombinasi ini menjadi pilihan optimal untuk memenuhi kebutuhan industri dalam otomatisasi proses sortir barang yang efisien, ekonomis, dan efektif [5].

Pemilahan barang berdasarkan warna dan bentuk juga memperhatikan klasifikasi warna primer, sekunder, dan tersier sebagai variabel kunci dalam proses sortir [6]. Berbagai penelitian sebelumnya telah mengimplementasikan solusi penyortiran menggunakan sensor warna seperti *TCS230* untuk aplikasi spesifik seperti deteksi kandungan formalin pada ikan asin [7] [8], menentukan komposisi warna cat mobil [7], dan pengukuran regenerasi warna menggunakan metode kecerdasan buatan [7].

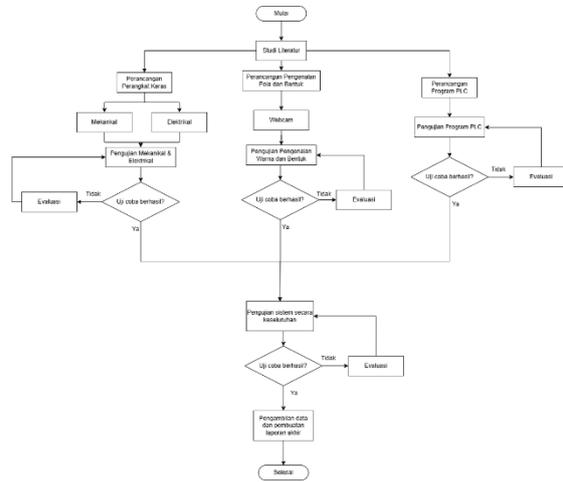
Namun, produk sortir berbasis *computer vision* dan *PLC* yang tersedia di pasaran masih memiliki keterbatasan, terutama dari segi ergonomi, keakuratan, harga, serta kemampuan mendeteksi objek yang biasanya hanya terbatas pada bentuk atau warna saja. Padahal integrasi teknologi deteksi berbasis *YOLO* pada sistem sortir otomatis dapat dipadukan dengan *PLC Outseal* untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi proses pengendalian otomatis [9].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem sortir barang otomatis yang mampu mengklasifikasikan objek berdasarkan warna dan bentuk secara *real-time*. Sistem ini mengintegrasikan teknologi penglihatan mesin dengan memanfaatkan *webcam* sebagai sensor utama, serta menerapkan algoritma deteksi objek berbasis *YOLO v5* untuk meningkatkan akurasi dan kecepatan identifikasi objek. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengimplementasikan kendali otomatis menggunakan *PLC Outseal* yang diprogram dengan *ladder diagram* guna mengontrol aktuator dalam proses sortir.

Secara keseluruhan, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan solusi sortir otomatis yang tidak hanya andal dan presisi, tetapi juga ekonomis dan praktis bagi kebutuhan industri manufaktur modern [10].

2. Metode Penelitian

Berikut merupakan tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian adalah metode eksperimen untuk sistem sortir barang berdasarkan warna dan bentuk menggunakan *webcam* berbasis *PLC Outseal* dengan menggunakan *algoritma YOLO V5*. Adapun alur sistem kerja alat pada penelitian ini di ilustrasikan melalui diagram blok Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Pengembangan Sistem Sortir Barang

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa sistem terapan dengan tahapan sebagai berikut: (1). Perancangan Mekanik: Pembuatan rangka konveyor, penempatan *webcam*, *motor stepper*, *motor servo*, dan *storage box*, (2). Perancangan Elektrikal: Pembuatan rangkaian kontrol dengan *PLC Outseal* dan *Arduino* untuk sinkronisasi aktuator, (3)/ Pengembangan Model Deteksi: Pelatihan model *YOLO v5* dengan dataset citra objek berdasarkan bentuk dan warna, (4). Pengujian: Uji performa deteksi objek di tiga kondisi pencahayaan (siang, sore, dan dengan *ringlight*) sebanyak 25 kali percobaan. dan (6). Evaluasi: Analisis hasil menggunakan *confusion matrix*, perhitungan akurasi dan presisi.

2.1. Pengumpulan Data

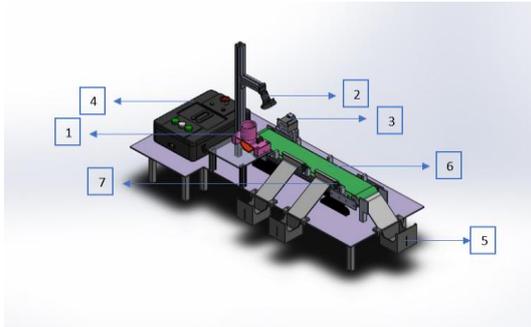
Pada bagian ini, data pengujian diambil dari beberapa objek yang telah disiapkan yang berupa tiga bentuk yaitu, tabung, kotak, dan bintang. Serta enam warna yang terdiri dari warna merah, merah salmon, putih, abu-abu, biru tua dan biru muda dengan diameter 4 cm dan tinggi 2.5 cm. Kemudian dari objek tersebut dikumpulkan foto dari tiap objek tersebut yang digunakan sebagai data *training* dan data *testing*. Pembagian data ini dilakukan untuk memastikan model dapat dilatih dengan cukup data sambil tetap bisa divalidasi dan diuji secara efektif [11].

2.2. Perancangan Sistem Mekanik

Alat ini dibangun dengan kontrol utama *PLC Outseal* yang tertanam dalam kotak yang disesuaikan. *Webcam* berada di depan jalur awal konveyor. Dimana konveyor

digerakan oleh *motor stepper*. Ketepatan kontrol gerak *motor stepper* terutama dipengaruhi oleh jumlah step tiap putaran; semakin banyak jumlah *step*, semakin tepat gerak yang dihasilkan [12].

Ketika sebuah objek melintas melalui konveyor, *webcam* akan memproses bentuk dan warna objek tersebut. Setelah objek diklasifikasikan, *motor servo* mengarahkan objek ke tempat penampungan yang telah dipersiapkan dengan menutup jalur yang dilewatinya.

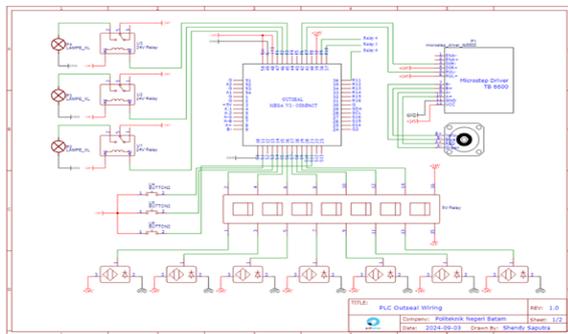


Gambar 2. Design Alat Sortir Barang

Berikut keterangan dari sistem mekanik diatas:

1. Tabung Silinder
2. Kamera/Webcam
3. Motor Stepper
4. Box Panel
5. Storage Box
6. Konveyor
7. Motor Servo

2.3. Perancangan Sistem Elektrikal

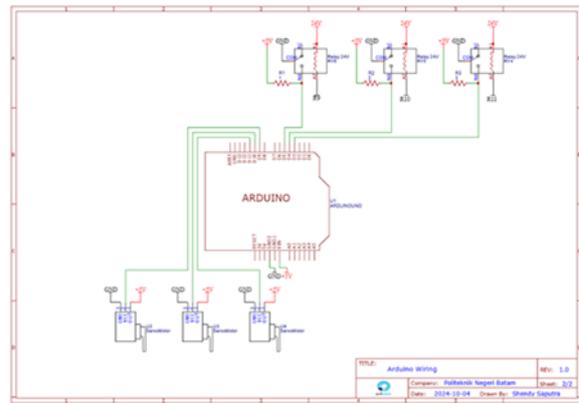


Gambar 3. Schematic Wiring PLC Outseal untuk kontrol sistem

Gambar 3 merupakan rancangan rangkaian elektrikal sistem yang terhubung pada *PLC Outseal* sebagai sistem kendali utama pada alat ini. Secara keseluruhan, diagram diatas menunjukkan bagaimana *PLC* dapat digunakan untuk mengontrol *relay*, lampu, tombol, dan *motor stepper* melalui berbagai komponen dan koneksi yang ada. Setiap komponen yang digunakan diatur sedemikian rupa sehingga sistem dapat bekerja secara otomatis sesuai dengan *ladder diagram* yang diprogram di dalam *PLC*.

Penggunaan *PLC Outseal* memungkinkan pengendalian lintas perangkat secara sinkron, mulai dari *conveyor*

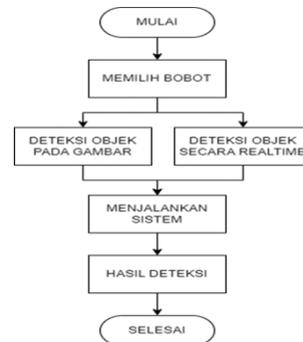
sampai aktuator, sehingga sistem otomasi bekerja secara efisien dan responsif [13].



Gambar 4. Schematic Wiring Arduino Uno untuk kontrol sistem

Gambar 4 merupakan rancangan rangkaian elektrikal sistem yang terhubung pada *Arduino UNO*. Digunakan *mikrokontroler* ini karena untuk memudahkan menggerakkan *motor servo* dalam pengaturan derajat pada *servo* melalui program bahasa C dengan *Arduino IDE* [14]. *Arduino* diaktifkan oleh tegangan 5V, pada *pin D2* hingga *D5* digunakan untuk mengontrol tiga *relay*. Setiap *pin output Arduino* ini akan mengaktifkan *relay* saat dalam kondisi *high*. Pada tegangan 24V digunakan untuk memberikan tegangan pada *pin A1* dari *relay* dan *pin A2* akan diaktifkan oleh *PLC Outseal*.

2.4. Perancangan Model Yolo V5



Gambar 5. Alur Metode Penelitian Model YOLO V5

You Only Look Once (YOLO) adalah metode baru untuk mendeteksi banyak objek dalam gambar secara *real-time* [15]. Model *YOLO v5* memungkinkan identifikasi dan klasifikasi objek dengan kecepatan tinggi dan akurasi yang baik. Integrasi sistem *vision* berbasis *YOLO v5* dengan sistem otomasi dan kontrol *PLC* mendukung peningkatan efisiensi proses produksi serta pengambilan keputusan secara otomatis dalam lini sortir dan pengendalian produksi [16].

Pada proses ini, deteksi objek pada diagram alir di atas dimulai dari tahap awal yang disebut Mulai. Setelah itu, pengguna melakukan memilih Bobot, yaitu memilih model atau bobot deteksi objek yang telah dikumpulkan. Bobot ini berfungsi sebagai dasar dalam algoritma yang

akan digunakan untuk mengenali pola objek. Algoritma deteksi objek seri *YOLO* banyak digunakan dalam bidang industri karena karakteristiknya yang *real-time* dan presisi tinggi [17].

Selanjutnya, dilakukan deteksi objek pada gambar atau deteksi objek secara realtime. Proses berlanjut ke tahap menjalankan sistem, di mana sistem memulai deteksi objek sesuai dengan pilihan yang telah dibuat. Hasil dari proses ini akan ditampilkan pada langkah hasil deteksi. Dengan menggunakan model *YOLO v5*, sistem akan mencapai posisi yang akurat [18].

Pada penelitian mengidentifikasi cacat eksternal pada kentang menggunakan metode deteksi berbasis *YOLO v5* memiliki akurasi tinggi dan kecepatan pemrosesan yang memadai untuk aplikasi dalam sistem sortir otomatis [19].

Pendekatan deteksi limbah dengan menggunakan *YOLO* yang diteliti oleh Sayem et al. juga menunjukkan keandalan dalam pengklasifikasian objek, mendukung pengembangan sistem sortir otomatis yang terintegrasi dengan *PLC* dan teknologi otomasi industri [20].

2.5. Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan sistem dapat mendeteksi dan mengklasifikasikan objek berdasarkan bentuk dan warna secara akurat. Sensor mendeteksi keberadaan objek dan mengaktifkan mekanisme pemindahan ke atas konveyor, di mana *webcam* kemudian menangkap citra objek untuk dianalisis. Sistem menggunakan algoritma *YOLO* untuk mendeteksi objek dan mengidentifikasi karakteristik seperti bentuk dan warna [15].

Pengujian dilakukan pada tiga kondisi cahaya yang berbeda yaitu, cahaya pada saat siang hari, sore hari, dan menggunakan tambahan *ringlight* di atas *webcam* pada lokasi pengujian yang sama.

2.6. Evaluasi Model

Pada tahap terakhir performa selama proses pengujian dievaluasi untuk mengetahui keakuratan dan presisi model yang telah dirancang. *Confusion matrix* merupakan model klasifikasi yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja model klasifikasi dalam pembelajaran mesin. *Confusion matrix* dapat menunjukkan berapa banyak prediksi yang salah dan benar yang dibuat oleh model untuk setiap kelas. *Confusion matrix* dapat digunakan untuk membantu mencari tingkat akurasi dan presisi pada sebuah model [21].

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Alat Pemilah Benda

Pada tahap akhir, terbentuklah alat mekanis berupa konveyor pemisah yang dapat mengelompokkan benda berdasarkan klasifikasi warna dan bentuk secara otomatis dengan teknologi pengenalan objek menggunakan kamera dan *motor servo*.

Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang juga menggunakan teknologi pengolahan citra dan *motor servo* untuk otomatisasi penyortiran [22][23].

Namun, dalam penelitian ini menambahkan penggunaan algoritma *YOLO v5* yang menawarkan peningkatan signifikan dalam akurasi dan efisiensi deteksi objek dibandingkan metode sebelumnya yang lebih sederhana, termasuk *YOLO v4*.

Dibandingkan dengan *YOLO v4*, *YOLO v5* memiliki keunggulan dalam hal kecepatan inferensi, ukuran model yang lebih ringan, serta kemudahan integrasi karena dikembangkan menggunakan *framework PyTorch*. Hal ini memungkinkan deteksi objek yang lebih cepat dan akurat dalam lingkungan industri yang dinamis.

Meskipun demikian, sistem ini masih memiliki keterbatasan, seperti ketergantungan pada kondisi pencahayaan optimal dan kecepatan konveyor yang harus disesuaikan agar hasil deteksi tetap stabil. Selain itu, *motor servo* yang digunakan untuk pengalihan barang memerlukan kalibrasi berkala agar posisinya tetap presisi.

Implikasi dari penelitian ini menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi proses sortir di industri manufaktur dengan biaya lebih rendah dan waktu proses yang lebih cepat. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar sistem diuji dalam kondisi produksi nyata secara jangka panjang serta mengembangkan algoritma deteksi yang lebih tahan terhadap variasi pencahayaan dan bentuk objek.



Gambar 6. Hasil Perancangan Mekanikal Alat Sortir Barang

(1) 3.2. Hasil Pengujian *Sequence* (Proses) Pada Alat Pemilah Benda

(2) Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa proses pemilahan benda berjalan secara sistematis dan konsisten, mulai dari pengenalan objek hingga pengelompokan benda ke dalam wadah sesuai

klasifikasinya. Pengujian dilakukan sebanyak 25 kali percobaan dengan urutan objek yang diacak untuk menguji keandalan dan kestabilan sistem.

Tabel 1. Hasil Pengujian Urutan Kerja (*Sequence*) Sistem Sortir Otomatis terhadap 25 Sampel Objek dengan Urutan Acak

<i>Sequence</i>	Jumlah Percobaan	Percobaan Berhasil	Percobaan Gagal	Tingkat Keberhasilan
Sistem kontrol bekerja sesuai fungsinya masing-masing (inisialisasi alat pemilah benda)	25	25	0	100%
Pendeteksian adanya objek masuk pada tempat peletakkan objek	25	25	0	100%
Motor <i>servo</i> (1) mendorong objek agar berada tepat di bawah <i>webcam</i>	25	25	0	100%
<i>Webcam</i> mendeteksi objek yang masuk dan mengklasifikasikannya sesuai dengan ketentuan yang sudah ditetapkan	25	25	0	100%
Motor <i>stepper</i> menggerakkan konveyor untuk membawa objek	25	25	0	100%
Sensor klasifikasi objek mendeteksi objek sesuai dengan klasifikasi yang sudah ditentukan & motor <i>servo</i> (2 & 3) mendorong objek agar masuk ke penampungnya masing-masing. (Khusus objek kubus akan dibawa oleh konveyor sampai ke penampung)	25	25	0	100%

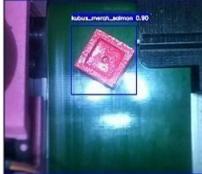
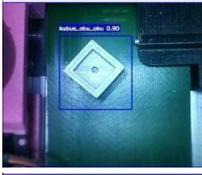
Berdasarkan Tabel 1, seluruh tahap pengujian *sequence* menunjukkan tingkat keberhasilan 100%, menunjukkan reliabilitas logika kendali *PLC Outseal*.

3.3. Hasil Pengujian Deteksi Bentuk dan Warna

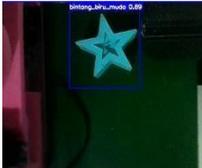
Pengujian dilakukan sebanyak 25 kali untuk setiap jenis objek yang tersedia. Setiap pengujian dilakukan dalam tiga kondisi pencahayaan yang berbeda, yaitu pencahayaan alami pada siang hari, pencahayaan redup pada sore hari, dan pencahayaan tambahan menggunakan *ringlight* yang dipasang di atas *webcam*. Seluruh pengujian dilakukan di lokasi yang sama untuk memastikan konsistensi lingkungan uji.

Tabel 2. Hasil Pengujian Deteksi Bentuk dan Warna Menggunakan *Ringlight*

Nama Objek	Hasil Deteksi Kamera	Sesuai (Y/N)
kubus_merah_only		Y
kubus_putih		Y
kubus_biru_tua		Y
tabung_merah_only		Y
tabung_putih		Y
tabung_biru_tua		Y
bintang_merah_only		Y
bintang_putih		Y
bintang_biru_tua		Y

kubus_merah_salmon		Y	berpengaruh terhadap performa <i>YOLO v5</i> dalam mendeteksi objek secara <i>real-time</i> .			
kubus_abu_abu		Y				
kubus_biru_muda		Y				
tabung_merah_salmon		Y				
tabung_abu_abu		Y				
tabung_biru_muda		Y				
bintang_merah_salmon		Y				
bintang_abu_abu		Y				
bintang_biru_muda		Y				
				kubus_merah_only		Y
				kubus_putih		Y
				kubus_biru_tua		Y
				tabung_merah_only		Y
				tabung_putih		Y
				tabung_biru_tua		Y
				bintang_merah_only		N
				bintang_putih		Y
				bintang_biru_tua		Y

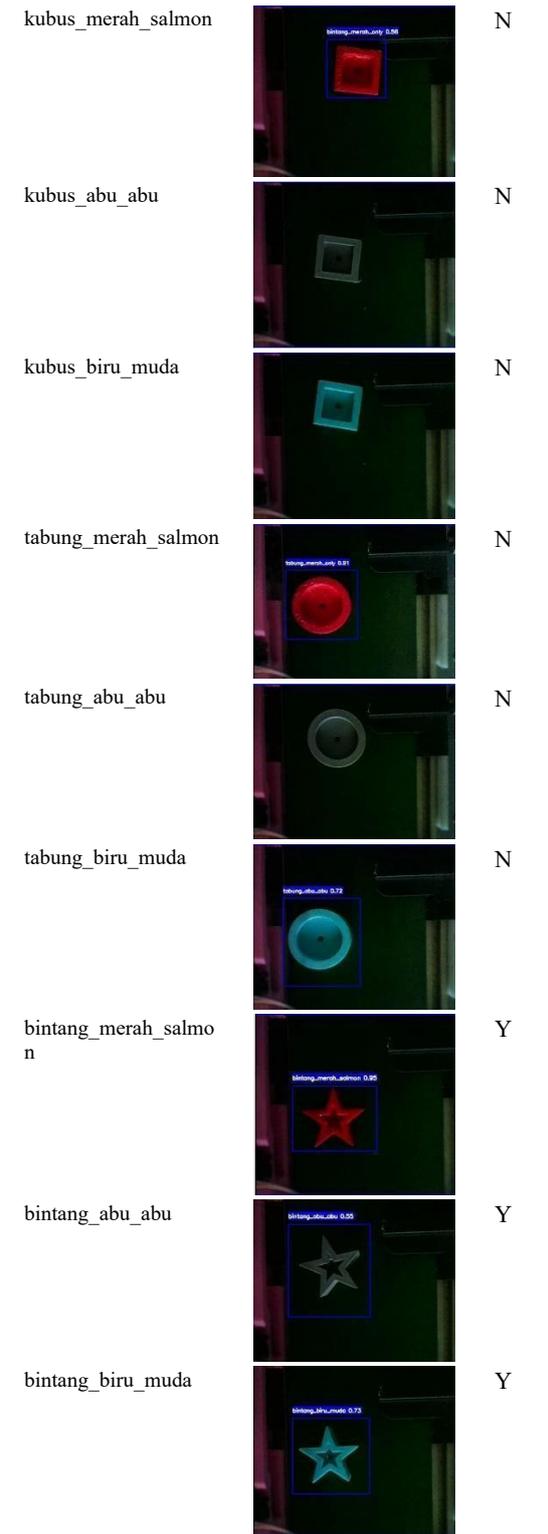
Tabel 2 menampilkan hasil pengujian dengan kondisi pencahayaan optimal menggunakan *ringlight*, yang menghasilkan deteksi bentuk dan warna objek dengan tingkat akurasi hampir sempurna. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas dan arah cahaya yang stabil sangat

kubus_merah_salmon		Y
kubus_abu_abu		N
kubus_biru_muda		Y
tabung_merah_salmon		Y
tabung_abu_abu		Y
tabung_biru_muda		Y
bintang_merah_salmon		Y
bintang_abu_abu		Y
bintang_biru_muda		Y

Tabel 3 memperlihatkan hasil pada kondisi pencahayaan alami di siang hari. Meskipun sebagian besar objek terdeteksi dengan benar, terdapat beberapa objek (seperti bintang_merah_only dan kubus_abu_abu) yang terdeteksi keliru atau gagal, yang menunjukkan bahwa pantulan cahaya alami dan bayangan dapat memengaruhi keakuratan citra *input*.

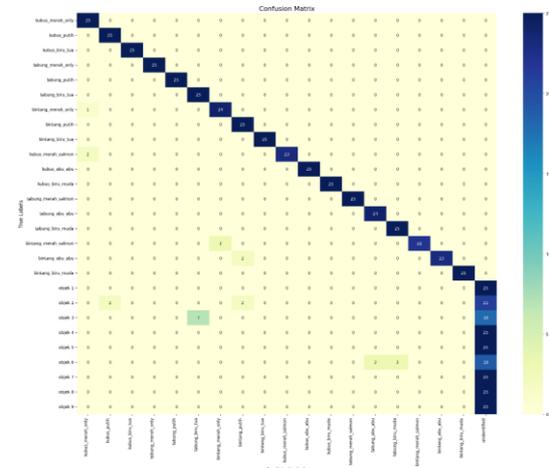
Tabel 4. Hasil Pengujian Deteksi Bentuk dan Warna pada Sore Hari

Nama Objek	Hasil Deteksi Kamera	Sesuai (Y/N)
kubus_merah_only		N
kubus_putih		N
kubus_biru_tua		N
tabung_merah_only		Y
tabung_putih		N
tabung_biru_tua		N
bintang_merah_only		N
bintang_putih		N
bintang_biru_tua		N

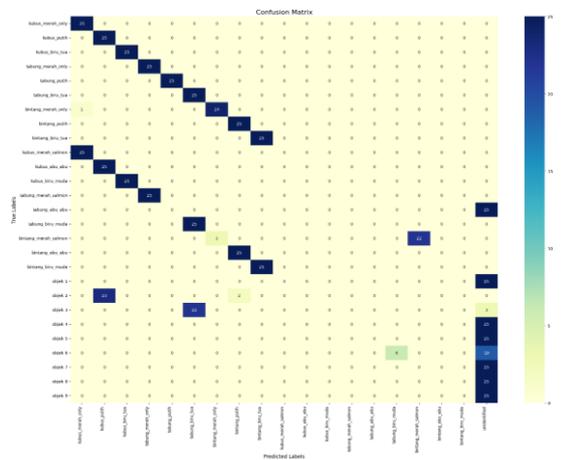


Tabel 4 menunjukkan penurunan kinerja deteksi pada pencahayaan sore hari, dengan beberapa objek yang gagal dideteksi dengan tepat. Penurunan ini disebabkan oleh intensitas cahaya yang menurun dan arah cahaya yang tidak merata, sehingga sistem *vision* kesulitan mengenali pola warna dan bentuk objek dengan baik. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan sistem secara keseluruhan dapat mengenali warna dan pola

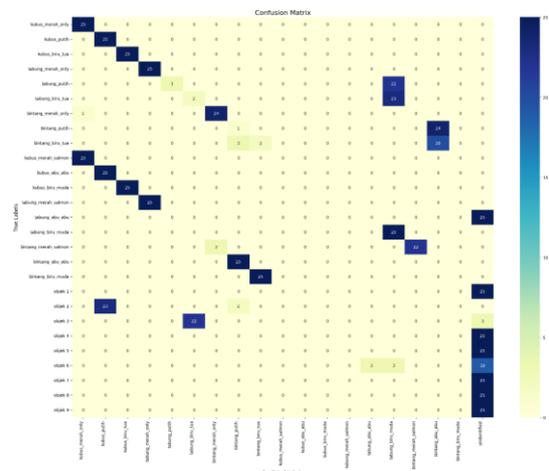
bentuk pada pengujian menggunakan *ringlight*, akan tetapi ketika pengujian dilakukan pada siang dan sore hari sistem hampir tidak dapat mengenali pola pada objeknya.



Gambar 7. Model Klasifikasi *Confusion Matrix* pada Hasil Pengujian Deteksi Bentuk dan Warna menggunakan *Ringlight*



Gambar 8. Model Klasifikasi *Confusion Matrix* pada Hasil Pengujian Deteksi Bentuk dan Warna pada Siang Hari



Gambar 9. Model Klasifikasi *Confusion Matrix* pada Hasil Pengujian Deteksi Bentuk dan Warna Pada Sore Hari

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa integrasi algoritma *YOLO v5* dengan *PLC Outseal* mampu meningkatkan akurasi deteksi objek dibandingkan metode tradisional atau versi *YOLO* sebelumnya, sejalan dengan temuan Mehta yang menyebutkan keunggulan *YOLO v5* dalam kecepatan dan akurasi inferensi. Namun, performa sistem ini masih sangat bergantung pada kualitas pencahayaan, berbeda dengan beberapa studi lain yang menggunakan sensor khusus atau *lighting* terkontrol untuk stabilitas hasil.

Dari data yang ditunjukkan dalam *confussion matrix* menunjukkan kemampuan pendeteksian bentuk dan warna sangat akurat pada pencahayaan yang maksimal dengan menggunakan *ringlight* dibuktikan sedikitnya mengalami salah prediksi yang berlebih yang ditunjukkan pada gambar 5. Berbeda pada kondisi pencahayaan yang kurang maksimal, pengujian yang dilakukan pada siang dan sore menunjukkan keakuratan yang buruk pada sistem dalam mendeteksi bentuk dan warna ditunjukkan pada gambar 6 dan 7.

Setelah memperoleh hasil *confussion matrix*, langkah berikutnya adalah menghitung akurasi dan presisi untuk mengevaluasi kinerja sistem. Akurasi menunjukkan kemampuan sistem mengklasifikasi dengan benar secara keseluruhan, sementara presisi menunjukkan keandalan deteksi positif [24]. Penghitungan ini dilakukan berdasarkan pengujian pada tiga kondisi pencahayaan berbeda. Berikut adalah hasil penghitungan akurasi dan presisi nya.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Akurasi dan Presisi Sistem Sortir Barang

Nama Objek	Akurasi (%)			Presisi (%)		
	Siang	Sore	Ringlight	Siang	Sore	Ringlight
kubus_merah_only	100	94,22	99,37	49,02	49,02	96,15
kubus_putih	100	94,44	100	50	50	100
kubus_biru_tua	100	94,44	100	50	50	100
tabung_merah_only	100	94,44	100	50	50	100
tabung_putih	100	95,11	100	100	100	100
tabung_biru_tua	100	94,89	100	50	100	100
bintang_merah_only	96	99,11	100	88,89	88,89	100
bintang_putih	100	88,44	100	50	3,45	100
bintang_biru_tua	100	89,33	100	50	7,41	100
kubus_merah_salmon	0	94,44	99,16	0	0	92
kubus_abu_abu	0	94,44	100	0	0	100
kubus_biru_muda	0	94,44	100	0	0	100
tabung_merah_salmon	0	94,44	99,37	0	0	100
tabung_abu_abu	0	94,44	99,58	0	0	100
tabung_biru_muda	0	90	100	0	35,71	100
bintang_merah_salmon	88	99,33	100	100	100	100
bintang_abu_abu	0	84,67	98,73	0	0	100
bintang_biru_muda	0	94,44	100	0	0	100

Berdasarkan tabel akurasi dan presisi di atas, pengujian dengan cahaya *ringlight* menunjukkan performa sistem yang sangat baik, dengan rata-rata akurasi 99,65% dan presisi 98,82%. Sebaliknya, pada pengujian dengan cahaya siang hari, rata-rata akurasi dan presisi menurun menjadi 69,57% dan 56,22%, sementara pada cahaya sore hari, akurasi mencapai 95,54%, tetapi presisi hanya

56,09%. Hasil akhir menunjukkan rata-rata akurasi sistem sebesar 88,26% dan presisi 70,38%, yang mengindikasikan bahwa performa sistem sangat bergantung pada intensitas cahaya selama pengujian.

Hasil pengujian menunjukkan sistem bekerja secara reliabel dengan tingkat keberhasilan *sequence* mencapai 100% untuk seluruh percobaan. Namun, kinerja deteksi bentuk dan warna sangat dipengaruhi intensitas pencahayaan. Penggunaan *ringlight* meningkatkan akurasi mendekati 99.65% dan presisi 98.82%, sedangkan pencahayaan alami siang dan sore menurunkan presisi secara signifikan. Hal ini menunjukkan perlunya pengembangan sistem pencahayaan adaptif atau pelatihan model dengan data augmentasi agar sistem lebih *robust* terhadap kondisi pencahayaan berbeda.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem sortir otomatis yang mendeteksi warna dan bentuk objek secara *real-time* dengan *YOLO v5* dan *PLC Outseal*. Sistem ini terbukti meningkatkan efisiensi proses sortir dengan performa yang cukup baik dengan tingkat akurasi mencapai 88,26% dan presisi 70,38%.

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan dilakukan pengujian jangka panjang di lingkungan industri nyata, penambahan kategori objek yang lebih beragam, serta pengembangan model deteksi yang lebih adaptif terhadap variasi kondisi pencahayaan [25].

Implementasi sistem ini berpotensi menekan biaya tenaga kerja dan mempercepat waktu sortir hingga 2–3 kali lipat dibanding metode manual. Untuk implementasi industri, perlu dilakukan uji jangka panjang dan penambahan fitur adaptasi terhadap variasi kondisi lingkungan.

Daftar Rujukan

- [1] F. Liyani, "Perancangan Sistem Sortir Limbah Plastik Warna Berdasarkan Warna Menggunakan PLC," *Journal of Computer Electronic and Telecommunication*, vol. 4, no. 1, Aug. 2023, doi: 10.52435/complete.v4i1.365.
- [2] K. G. Suma, P. Patil, G. Sunitha, V. P. Mantri, and N. D. Kale, "Computer vision and its intelligence in Industry 4.0," in *Machine Learning Techniques and Industry Applications*, IGI Global, 2024, pp. 119–142, doi: 10.4018/979-8-3693-5271-7.ch007.
- [3] Z. Arisandy, T. M. Haykal, A. M. Purba, T. Elektronika, T. Elektro, and P. N. Medan, "Rancang Bangun Alat Sortir Bahan Kain Berdasarkan Degradasi Warna dengan Kontrol Outseal PLC," unpublished.
- [4] Y. Arvio, D. T. Kusuma, and I. B. Sangadji, "Pendekatan Algoritma YOLO v5 untuk Mendeteksi Cacat Produk Masker," *Dinamika Rekayasa*, vol. 20, no. 1, pp. 11–17, Jan. 2024, doi: 10.20884/1.dinarek.2024.20.1.33.
- [5] M. H. Ashar and D. Suarna, "Implementasi Algoritma YOLOv5 dalam Mendeteksi Penggunaan Masker pada Kantor Biro Umum Gubernur Sulawesi Barat," *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, vol. 3, no. 3,

- pp. 298–302, 2022. [Online]. Available: <https://djournals.com/klik>
- [6] N. Hidayat, S. Wahyudi, and A. A. Diaz, “Pengenalan Individu melalui Identifikasi Wajah Menggunakan Metode YOLOv5,” [Online]. Available: <https://magestic.unej.ac.id/>
- [7] R. Dwiyanto, D. W. Widodo, and P. Kasih, “Implementasi Metode YOLOv5 untuk Klasifikasi Kendaraan pada CCTV Kabupaten Tulungagung,” [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1506.02640>
- [8] B. Priyadi, “Aplikasi Sensor Warna Jenis TCS 230 sebagai Alat Penentu Komposisi Warna pada Cat Mobil,” unpublished.
- [9] H. Setyawan, Sukardi, Risfendra, H. Effendi, and Syahril, “The Effectiveness of Outseal Programmable Logic Controller-based Training Kit to Improve Vocational High School Students’ Control System Skills,” *Mimbar Ilmu*, vol. 29, no. 2, pp. 218–227, Oct. 2024, doi: 10.23887/mi.v29i2.76065.
- [10] M. Mehta, “AFF-YOLO: A Real-time Industrial Defect Detection Method Based on Attention Mechanism and Feature Fusion,” preprint, Oct. 19, 2023, doi: 10.21203/rs.3.rs-3449230/v1.
- [11] A. Meirza and N. R. Puteri, “Implementasi Metode YOLOv5 dan Tesseract OCR untuk Deteksi Plat Nomor Kendaraan,” *Jurnal Ilmu Komputer dan Desain Komunikasi Visual*, vol. 9, no. 1, 2024.
- [12] P. P. Kalatiku and Y. Y. Joeffie, “Pemrograman Motor Stepper dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman C,” unpublished.
- [13] A. D. I. Buana, M. Arsyad, and H. Kuntara, “Sistem Picking dan Packaging Menggunakan PLC Outseal dan Robot Magician,” in *Proceedings ReTII 2022*, pp. 160–166, 2022. [Online]. Available: <http://journal.itny.ac.id/index.php/ReTII>
- [14] “180-Article Text-744-1-10-20220517,” unpublished.
- [15] B. P. Nugroho, Y. Prihati, and S. T. Galih, “Implementation of YOLO v5 Algorithm in Vehicle License Plate Detection Application Design,” *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, vol. 7, no. 3, 2024.
- [16] N. Zendejdel, H. Chen, and M. C. Leu, “Real-time Tool Detection in Smart Manufacturing Using YOLOv5,” *Manufacturing Letters*, vol. 35, pp. 1052–1059, Aug. 2023, doi: 10.1016/j.mfglet.2023.08.062.
- [17] S. Kang, Z. Hu, L. Liu, K. Zhang, and Z. Cao, “Object Detection YOLO Algorithms and Their Industrial Applications: Overview and Comparative Analysis,” *Electronics*, vol. 14, no. 6, Mar. 2025, doi: 10.3390/electronics14061104.
- [18] Z. Ding, Y. Gong, L. Kong, and J. Zheng, “Design and Implementation of an Intelligent Log Diameter Grading and Sorting Line Based on Machine Vision,” *Forests*, vol. 15, no. 2, Feb. 2024, doi: 10.3390/f15020387.
- [19] X. L. Li *et al.*, “Improved YOLO v5s-based Detection Method for External Defects in Potato,” *Frontiers in Plant Science*, vol. 16, 2025, doi: 10.3389/fpls.2025.1527508.
- [20] F. R. Sayem *et al.*, “Enhancing Waste Sorting and Recycling Efficiency: Robust Deep Learning-based Approach for Classification and Detection,” *Neural Computing and Applications*, Feb. 2024, doi: 10.1007/s00521-024-10855-2.
- [21] D. Normawati and S. A. Prayogi, “Implementasi Naïve Bayes Classifier dan Confusion Matrix pada Analisis Sentimen Berbasis Teks pada Twitter,” 2021, unpublished.
- [22] “103858-ID-Pengendalian-Motor-Servo-Yang-Terintegrasi,” unpublished.
- [23] A. Hilal and S. Manan, “Pemanfaatan Motor Servo sebagai Penggerak CCTV untuk Melihat Alat-Alat Monitor dan Kondisi Pasien di Ruang ICU,” 2012, unpublished.
- [24] R. Indransyah, Y. H. Chrisnanto, P. N. Sabrina, and S. Kom, “Klasifikasi Sentimen Pergelaran MotoGP di Indonesia Menggunakan Algoritma Correlated Naïve Bayes Classifier,” doi: 10.31949/infotech.v8i2.3103.
- [25] M. Patil and J. Toporovsky, “Integration of Vision System, Intelligent ROBO Actuator, HMI and PLC to Design a Universal Quality Inspection or Control Machine,” *i-manager’s Journal on Mechanical Engineering*, vol. 2, no. 3, pp. 5–14, Jul. 2012, doi: 10.26634/jme.2.3.1865.