

# Purwarupa Alat Pemilah Warna Barang Menggunakan Sensor TCS230

Wahyu Kusuma Raharja<sup>1,\*</sup>, R.A. Sekar Ciptaning Anindya<sup>2</sup>, M. Anggita Sari<sup>3</sup>, J.F. Saputra<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma, Jl. Margonda Raya No. 100, Depok, Indonesia  
E-mail: wahyukr@staff.gunadarma.ac.id

<sup>2</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma, Jl. Margonda Raya No. 100, Depok, Indonesia  
E-mail: sekaranindya@staff.gunadarma.ac.id

<sup>3,4</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma, Jl. Margonda Raya No. 100, Depok, Indonesia  
E-mail: maurianggitasari@gmail.com, E-mail: jfelixsaputra@gmail.com

\*corresponding author

---

**Abstrak**— Perkembangan teknologi telah mendorong otomasi di berbagai sektor industri, termasuk sistem pemilahan barang berdasarkan warna. Saat ini, banyak industri masih mengandalkan tenaga manusia dalam proses penyortiran, yang berdampak pada tingginya biaya operasional dan rentan terhadap *human error*. Penelitian ini bertujuan merancang purwarupa alat pemilah barang berdasarkan warna menggunakan sensor TCS230 yang terintegrasi dengan Arduino Uno dan dikendalikan oleh PLC (*Programmable Logic Controller*) sebagai unit utama. Sistem menggunakan *push button*, sensor TCS230, dan sensor proximity sebagai *input*, dengan Arduino berfungsi sebagai pengolah sinyal awal. PLC memproses data secara sekuensial untuk mengendalikan *output*, yaitu motor DC sebagai penggerak konveyor, dua solenoid pneumatik untuk pemisah barang, dan lampu indikator status. Hasil pengujian menunjukkan sensor TCS230 mampu membaca warna merah (14,72 kHz), hijau (6,944 kHz), dan biru (20,82 kHz) secara konsisten. PLC merespons sesuai logika, yaitu warna merah mengaktifkan solenoid 1, hijau mengaktifkan solenoid 2, sedangkan biru tidak memicu aktuatur. Sistem terbukti efektif, akurat, dan andal, menunjukkan potensi besar untuk diaplikasikan dalam industri manufaktur, logistik, dan daur ulang.

**Kata Kunci** — Alat Pemilah Barang; Warna; Sensor TCS230; PLC (Programmable Logic Controller).

**Abstract**— Technological developments have driven automation in various industrial sectors, including color-based sorting systems. Currently, many industries still rely on human labor in the sorting process, which results in high operational costs and is prone to human error. This study aims to design a prototype of an object sorting device based on color using the TCS230 sensor integrated with an Arduino Uno and controlled by a PLC (Programmable Logic Controller) as the main unit. The system uses push buttons, TCS230 sensors, and proximity sensors as inputs, with the Arduino functioning as the initial signal processor. The PLC processes data sequentially to control the outputs, which include a DC motor as the conveyor drive, two pneumatic solenoids for item separation, and status indicator lights. Test results show that the TCS230 sensor consistently reads red (14.72 kHz), green (6.944 kHz), and blue (20.82 kHz) colors. The PLC responds according to logic as red activates solenoid 1, green activates solenoid 2, while blue does not trigger the actuator. The system has proven to be effective, accurate, and reliable, demonstrating significant potential for application in manufacturing, logistics, and recycling industries.

**Keywords** — Object Sorting Device; Color; TCS230 Sensor; PLC (Programmable Logic Controller).

---

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomasi telah mengubah banyak hal dalam industri, terutama dalam proses produksi dan distribusi barang. Salah satu manfaat sistem otomasi adalah mereka memungkinkan pengolahan produk massal dengan lebih efisien, akurat, dan cepat [1], salah satunya melalui sistem pemilahan atau penyortiran barang berdasarkan kriteria tertentu seperti warna, ukuran, dan bentuk. Dalam dunia logistik dan pengiriman barang, konsep sortir barang menjadi kunci dalam menangani volume besar dan memastikan efisiensi proses distribusi. Secara umum, sortir adalah proses memisahkan, mengelompokkan, atau mengkategorikan barang berdasarkan jenis, ukuran, warna, atau kriteria lainnya. Tujuan sortir barang adalah untuk mempermudah pengolahan barang selanjutnya dan

meminimalkan kesalahan atau kerusakan yang mungkin terjadi. Hal tersebut guna meningkatkan efisiensi dan mengoptimalkan proses distribusi [2]. Sortir barang adalah langkah penting dalam industri manufaktur, logistik, dan pertanian karena mempengaruhi kualitas produk akhir, kecepatan distribusi, dan optimasi rantai pasokan [3], [4]. Barang seperti cabai, buah-buahan, dan bahkan paket industri sering kali menunjukkan kualitas dan kematangan mereka dalam bentuk warna. Untuk mempertahankan kepatuhan terhadap standar kualitas secara konsisten dan objektif, kemampuan untuk membedakan produk secara kategoris dengan menggunakan pengkategorian warna harus diotomatisasi dan sangat dapat diandalkan [5].

Banyak bisnis kecil dan menengah masih bergantung pada tenaga kerja untuk proses pemilahan manual [6], terutama untuk pemilahan warna. Salah satu kelemahan dari metode ini adalah biaya operasional yang tinggi akibat gaji tenaga kerja, kemungkinan ketidakonsistenan yang disebabkan oleh kelelahan, ketidakonsistenan persepsi akibat kelelahan, dan lambatnya laju kerja dalam menangani volume *output* yang besar [7]. Kondisi-kondisi ini memiliki dampak langsung pada efisiensi produksi dan kualitas produk akhir, yang menunjukkan penggunaan sumber daya yang lebih besar dan penurunan kepuasan pengguna. Misalnya, mata tidak dapat membedakan perbedaan halus dalam warna dengan akurat setelah periode kerja yang lama. Ini sering terjadi dengan persepsi warna merah saat memilah cabai merah atau dengan botol plastik transparan. Hasil akhirnya adalah produk berkualitas lebih rendah, meningkatnya limbah bahan, dan peningkatan limbah secara keseluruhan [8]. Oleh karena itu, diperlukan solusi otomasi yang mampu melakukan deteksi dan pemilahan warna secara objektif, cepat, dan akurat.

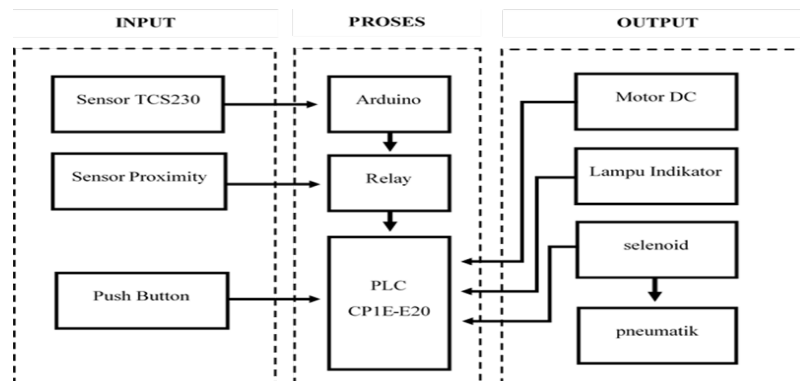
Salah satu pendekatan yang efektif adalah penerapan sistem berbasis sensor warna yang terintegrasi dengan unit kendali otomatis seperti PLC (*Programmable Logic Controller*) dan mikrokontroler [9]-[12]. Beberapa penelitian telah mengembangkan sistem pemilah warna dengan berbagai pendekatan. Penelitian oleh [13] merancang sistem sortir produk agrikultur berbasis NodeMCU dan sensor TCS3200 yang terintegrasi dengan IoT (*ThingSpeak*) untuk monitoring warna secara *real-time*. Sistem ini mampu menganalisis kualitas, namun belum menggunakan PLC sebagai pengendali utama, sehingga kurang sesuai untuk kontrol industri yang andal. Pekerjaan lain telah mengembangkan konveyor pemilah warna berbasis Arduino dengan akurasi deteksi 100%, menggunakan servo motor sebagai aktuator [14]. Meskipun efisien, sistem ini masih mengandalkan mikrokontroler tunggal yang memiliki skala terbatas untuk industri besar. Penelitian lainnya telah melakukan operasi sistem hibrida dengan PLC sebagai *master controller* dan Arduino sebagai *slave*, menggunakan sensor TCS2300 dan aktuator elektromagnetik [15]. Arsitektur ini lebih dekat dengan standar industri, namun aktuator elektromagnetik kurang andal dibanding sistem pneumatik yang dominan di bagian produksi. Pengembangan sistem sortir cabai berbasis *image processing* dan *artificial neural network* dengan akurasi tinggi dan pengurangan waktu sortir hingga 70% telah dilakukan oleh [16], namun sistem kompleks dan sensitif terhadap pencahayaan. Penelitian oleh [17] dan [18] menunjukkan efektivitas sensor TCS230/TCS3200 dengan Arduino, namun keduanya masih bersifat prototipe sederhana tanpa integrasi PLC maupun aktuator industri. Analisis tersebut mengindikasikan bahwa sistem sensor TCS230, *interface* dengan Arduino, pengendali utama PLC, serta aktuator pneumatik dengan solenoid belum terintegrasi secara menyeluruh untuk industri menengah. Deteksi warna dengan sistem kendali berbasis PLC sudah menjadi pilihan yang tepat, karena kemampuan logika sekuensial secara *real-time*, ramah untuk industri, serta kompatibilitas dengan berbagai *peripherals input* dan *output* [19], [20]. Sistem ini sangat cocok untuk lini produksi pada industri dengan ritme kerja menengah ke atas dan membutuhkan ketepatan tinggi.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun purwarupa alat pemilah barang berdasarkan warna menggunakan sensor TCS230 berbasis PLC dan Arduino Uno. Sistem dirancang dengan *push button* dan sensor proximity sebagai *input*, Arduino Uno dan PLC sebagai unit pemroses utama, serta motor DC, dua unit solenoid pneumatik, dan lampu indikator sebagai *output*. Integrasi Arduino dan PLC adalah untuk keunggulan pada deteksi sensor dan keunggulan pada kontrol industri. Sistem pemilah warna dengan arsitektur hibrida Arduino-PLC dan aktuator pneumatik ini diharapkan dapat diandalkan untuk identifikasi dan pemisahan objek. Hasil yang diharapkan dapat dijadikan sebagai rekomendasi sistem pengembangan otomasi industri yang efisien, khususnya pada proses sortir produk.

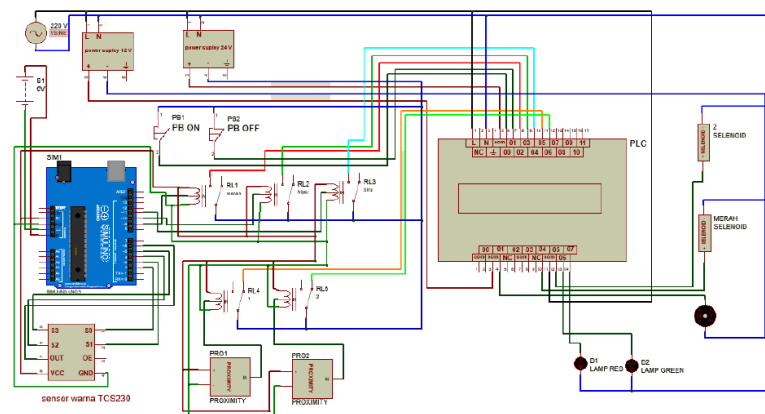
## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dan rekayasa sistem untuk merancang dan membangun purwarupa alat pemilah barang berdasarkan warna. Sistem dikendalikan secara sekuensial oleh Programmable Logic Controller (PLC) dengan bantuan Arduino Uno sebagai *pre-processor* sinyal dari sensor warna. Arsitektur sistem terdiri dari tiga blok utama: *input*, proses, dan *output*, yang saling terintegrasi. Arsitektur ini ditunjukkan pada Gambar 1 yang menampilkan alur kerja sistem secara keseluruhan, mulai dari pemberian masukan hingga eksekusi keluaran. Bagian pertama adalah blok *input* yang terdiri dari *push button*, sensor warna TCS230, dan sensor proximity. *Push button* yang digunakan sebanyak 2 buah, yaitu untuk *ON* (mengaktifkan sistem) dan *OFF* (menon-aktifkan sistem). Sensor warna TCS230 berfungsi sebagai pendeteksi warna objek berdasarkan frekuensi cahaya yang dipantulkan, sedangkan sensor proximity sebagai pendeteksi keberadaan objek, dalam sistem ini ditempatkan untuk mendeteksi objek di atas konveyor.

Bagian selanjutnya adalah blok proses, diantaranya menggunakan komponen Arduino Uno, relay, dan PLC CP1E-E20. Arduino Uno digunakan sebagai pengolah data dari sensor warna TCS230 yang membaca frekuensi warna tertentu, sehingga dapat dikonversikan menjadi nilai tegangan. Nilai tegangan ini kemudian menjadi penentu kerja relay. Relay yang bekerja seperti saklar otomatis, digunakan sebagai komponen masukan ke PLC. PLC berfungsi sebagai pemroses utama dalam sistem ini, berdasarkan masukan dari relay, PLC mengatur kerja dari komponen *output*. Komponen *output* yang digunakan diantaranya motor DC sebagai penggerak konveyor, lampu indikator sebagai penanda sistem aktif atau non-aktif, solenoid dan pneumatik untuk fungsi pendorong pemisah barang. Skematik rangkaian elektrik dan koneksi antar komponen ditunjukkan pada Gambar 3.2, yang mencakup *wiring* sensor, relay, Arduino, PLC, dan aktuator. Konstruksi fisik purwarupa alat, termasuk konveyor, posisi sensor, dan mekanisme pemisah pneumatik, ditampilkan pada Gambar 3.3.



Gambar 1. Blok Diagram Purwarupa Alat Pemisah Barang berdasarkan Warna



Gambar 2. Skematik Rangkaian Alat Pemilah Warna Barang



**Gambar 3. Purwarupa Alat Pemilah Warna Barang**

Cara kerja purwarupa alat pemilah barang berdasarkan warna dimulai dari aktifnya sistem secara manual oleh operator melalui penekanan *push button ON*. Saat tombol ini ditekan, sinyal diteruskan ke PLC yang berperan sebagai pemroses utama sistem. PLC kemudian mengirim perintah untuk menghidupkan motor DC yang menggerakkan konveyor, sekaligus menyalakan lampu indikator berwarna hijau sebagai tanda bahwa sistem sedang beroperasi.

Objek pada purwarupa ini adalah botol berwarna merah, hijau, dan biru. Ketika sebuah botol ditempatkan di awal konveyor, sistem tidak mulai melakukan pemisahan. Proses mulai hanya setelah objek melewati sensor warna TCS230. Sensor ini membaca frekuensi cahaya yang dipancarkan oleh permukaan botol. Sinyal frekuensi dari TCS230 dikirim dan sinyal ini diproses oleh Arduino Uno yang bertindak sebagai antarmuka pemrosesan tahap awal. Arduino digunakan untuk memeriksa warna botol (merah, hijau, biru) berdasarkan rentang frekuensi yang terkait. Warna yang teridentifikasi dari identifikasi dikirim ke PLC melalui relay yang berfungsi sebagai saklar antara sistem masuk dan keluar antara mikrokontroler dan PLC.

Sistem belum langsung mengaktifkan mekanisme pemisah meskipun warna sudah terdeteksi. Diperlukan konfirmasi posisi dari sensor proximity untuk memastikan botol berada pada posisi yang tepat saat didorong. Pada rancangan ini, digunakan dua sensor proximity yang dipasang pada posisi berbeda sesuai dengan jalur pemisahan. Jika botol berwarna merah terdeteksi, maka relay 1 aktif dan sistem menunggu hingga botol menghalangi sensor proximity 1. Begitu sensor ini terpicu, PLC segera mengirim sinyal ke solenoid pneumatik 1, yang membuka aliran udara bertekanan ke silinder pneumatik. Silinder pneumatik selanjutnya mendorong botol keluar dari jalur konveyor menuju tempat penampungan yang telah ditentukan.

Proses yang serupa terjadi untuk botol berwarna hijau. Saat TCS230 membaca warna hijau, relay 2 aktif dan sistem bersiap untuk memicu solenoid pneumatik 2. Namun, eksekusi baru dilakukan saat botol menghalangi sensor proximity 2, menandakan bahwa botol telah mencapai posisi yang tepat, sehingga dorongan dari silinder pneumatik terjadi secara presisi, menghindari kesalahan pemisahan akibat waktu yang tidak tepat.

Pada botol berwarna biru, meskipun sensor TCS230 tetap membaca dan mengenali warna, sistem dirancang untuk tidak mengaktifkan solenoid mana pun. Dalam hal ini, relay 3 aktif sebagai indikasi deteksi, namun tidak ada perintah yang dikirim ke solenoid, sehingga objek berwarna biru terus bergerak sepanjang konveyor dan keluar di ujung jalur tanpa dikeluarkan secara mekanis. Ini menunjukkan fleksibilitas sistem dalam menentukan mana botol yang perlu dipisahkan dan mana yang dibiarkan lewat.

Seluruh proses ini berjalan secara sekuensial dan terkoordinasi yang diatur pada logika ladder yang telah diprogram ke dalam PLC. Keberadaan Arduino tidak menggantikan peran PLC, melainkan melengkapinya dengan kemampuan pemrosesan sinyal analog dari sensor TCS230 yang tidak dapat dilakukan secara langsung oleh PLC. Kombinasi ini menciptakan sistem hibrida yang memanfaatkan kelebihan masing-masing komponen, yaitu akurasi deteksi dari Arduino dan keandalan kontrol dari PLC. Purwarupa alat ini tidak hanya mampu membedakan warna, tetapi juga bekerja secara otomatis, tepat waktu, dan andal, sebagaimana dibutuhkan dalam lingkungan produksi yang dinamis.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan secara bertahap dan menyeluruh untuk memastikan setiap komponen dan subsistem berfungsi sesuai dengan rancangan. Proses evaluasi dimulai dari pengujian komponen individual, meliputi analisis respons frekuensi sensor TCS230 terhadap objek berwarna merah, hijau, dan biru, dilanjutkan dengan pengujian kinerja sensor proximity dalam mendeteksi keberadaan objek pada berbagai jarak. Selanjutnya, dilakukan pengujian terhadap logika kerja PLC dalam merespons kombinasi sinyal *input* dari sensor warna dan sensor proximity, untuk setiap kondisi deteksi warna. Tahap akhir pengujian mencakup evaluasi kinerja sistem secara keseluruhan, dengan fokus pada koordinasi dan korelasi antara sinyal *input* dan respons *output*. Tujuan dari rangkaian pengujian ini adalah untuk memverifikasi alur kerja sistem, mulai dari deteksi, pengolahan sinyal, hingga eksekusi pemisahan telah berjalan secara sekuensial, akurat, dan andal sesuai dengan desain sistem.

#### Pengujian Sensor TCS230

Pengujian sensor warna TCS230 dilakukan untuk memastikan bahwa sensor mampu mendeteksi dan menghasilkan sinyal frekuensi yang konsisten sesuai dengan karakteristik warna objek. Pengujian dilakukan dengan meletakkan botol berwarna merah, hijau, dan biru di depan sensor, kemudian sinyal keluaran dari sensor TCS230 dihubungkan ke osiloskop untuk membaca frekuensi gelombang yang dihasilkan. Hasil pengujian ditampilkan dalam Tabel 1, yang membandingkan nilai frekuensi dari *datasheet* pabrikan dengan hasil pengukuran aktual, serta menghitung selisih antara keduanya.

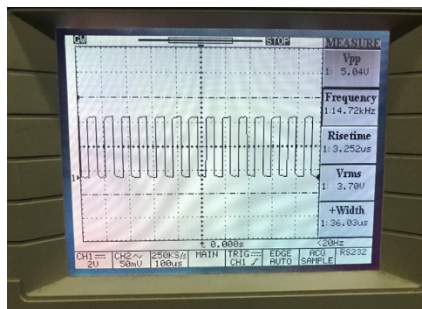
Berdasarkan hasil pengujian, terdapat perbedaan respon frekuensi tergantung pada warna objek yang terdeteksi, sesuai dengan prinsip kerja sensor TCS230 yang menggunakan tiga jenis photodiode, yaitu merah (R), hijau (G), dan biru (B). Saat botol berwarna merah ditempatkan di depan sensor, photodiode R menghasilkan frekuensi merah sebesar 14,72 kHz. Nilai ini berada dalam rentang *datasheet* yaitu 14–24 kHz, sehingga tidak terdapat selisih signifikan dan menunjukkan bahwa sensor merespon dengan baik terhadap warna merah. Keluaran gelombang persegi yang ditampilkan pada Gambar 4 mengkonfirmasi stabilitas sinyal, yang penting untuk akurasi pembacaan oleh Arduino.

Pengujian untuk botol berwarna hijau, sensor menghasilkan frekuensi sebesar 6,944 kHz, sedangkan rentang frekuensi menurut *datasheet* adalah 8–19,2 kHz, sehingga terdapat selisih sebesar 1,056 kHz. Selisih ini dapat terjadi disebabkan oleh variasi intensitas cahaya lingkungan. Meskipun berada di luar rentang ideal, frekuensi ini tetap unik dan dapat dibedakan dari warna lain, sehingga masih dapat digunakan sebagai parameter pengenalan warna hijau dalam sistem. Gambar 5 menunjukkan bentuk gelombang keluaran yang stabil meskipun frekuensinya lebih rendah dari ekspektasi, menandakan bahwa sensor tetap berfungsi secara konsisten.

Tabel 1. Perbandingan Frekuensi Warna dari sensor TCS230

Warna Botol	Frekuensi <i>Datasheet</i> (kHz)			Frekuensi Pengukuran (kHz)			Selisih
	R	G	B	R	G	B	
Merah	14 - 24	-	-	14,72	-	-	0
Hijau	-	8 - 19,2	-	-	6,944	-	1,056
Biru	-	-	11,2 - 21,6	-	-	20,82	0

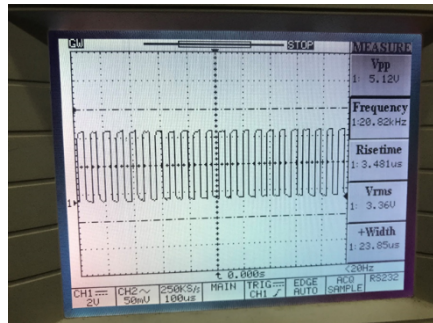
Keterangan : R adalah merah, G adalah hijau, B adalah biru



Gambar 4. Keluaran Gelombang dan Frekuensi pada Sensor Warna Merah



Gambar 5. Keluaran Gelombang dan Frekuensi pada Sensor Warna Hijau



Gambar 6. Keluaran Gelombang dan Frekuensi pada Sensor Warna Biru

Pada botol berwarna biru, sensor menghasilkan frekuensi sebesar 20,82 kHz, yang berada dalam rentang *datasheet* yaitu 11,2–21,6 kHz, sehingga tidak terdapat selisih yang bermakna. Sinyal keluaran yang ditampilkan pada Gambar 6 menunjukkan gelombang persegi yang stabil dan periodik, menandakan deteksi yang akurat dan respon cepat dari sensor.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor TCS230 mampu menghasilkan sinyal frekuensi yang berbeda untuk setiap warna, meskipun terdapat variasi kecil terhadap referensi *datasheet*. Perbedaan frekuensi yang signifikan antar warna (merah: 14,72 kHz, hijau: 6,944 kHz, biru: 20,82 kHz) memungkinkan sistem untuk melakukan klasifikasi warna secara akurat. Variasi yang terjadi, terutama pada warna hijau, tidak mengganggu fungsi utama sistem karena nilai frekuensi tetap konsisten dan terpisah satu sama lain, sehingga dapat dengan mudah dikenali oleh Arduino dan diproses lebih lanjut oleh PLC.

### Pengujian Sensor *Proximity*

Pengujian sensor *proximity* dilakukan untuk mengevaluasi kinerja dua unit sensor dalam mendeteksi keberadaan botol berdasarkan jarak dan respon tegangan *output*. Pengujian mencakup pengukuran tegangan pada kondisi ada botol (*ON*) dan tidak ada botol (*OFF*) pada rentang jarak antara botol dan sensor berkisar 1 hingga 5 cm. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 2 untuk sensor *proximity* 1 dan 2. Berdasarkan data, kedua sensor menunjukkan karakteristik sesuai dengan sistem *active low*, di mana tegangan *output* menjadi 0 V saat sensor mendeteksi botol (kondisi *ON*), dan menghasilkan tegangan tinggi saat tidak mendeteksi botol (kondisi *OFF*). Pada kondisi *OFF*, sensor *proximity* 1 menghasilkan tegangan *output* berkisar antara 4,50 V hingga 4,61 V, dengan nilai terendah 4,50 V pada jarak 2 cm dan tertinggi 4,61 V pada jarak 5 cm. Variasi kecil ini menunjukkan stabilitas tegangan yang baik dalam rentang deteksi efektif. Sensor *proximity* 2 juga menunjukkan pola serupa, dengan tegangan *output* berkisar 4,56 V hingga 4,61 V, dan tidak terdapat fluktuasi signifikan terhadap perubahan jarak. Konsistensi respon tegangan pada kedua sensor menunjukkan bahwa sensor mampu memberikan sinyal digital yang andal untuk dikirimkan ke PLC.

### Pengujian Tegangan pada PLC

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk mengevaluasi kinerja PLC dalam mengintegrasikan sinyal *input* dari berbagai sensor dan menghasilkan respon *output* yang sesuai dengan logika program yang telah dirancang. Pengujian dimulai dari kondisi awal sistem saat dinyalakan, hingga respon sistem terhadap deteksi tiga kategori warna botol (merah, hijau, dan biru). Semua

pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan pada titik-titik uji menggunakan multimeter digital untuk memastikan sinyal listrik sesuai dengan ekspektasi logika sekuensial. Pengukuran dilakukan secara langsung pada purwarupa alat pada titik-titik pengukuran yang diperlihatkan pada Gambar 7.

Pada pengujian kondisi awal saat PLC dihidupkan, Tabel 3 menunjukkan bahwa *input* 0.01 (*Push Button OFF*) memiliki tegangan sebesar 23,6 V, sedangkan *input* 0.00 (*Push Button ON*) tidak aktif (0 V), menunjukkan bahwa sistem menggunakan konfigurasi *Normally Closed* (NC) untuk tombol *OFF*. Ketika *Push Button ON* ditekan, sistem mengaktifkan *output* 100.06 (Lampu *ON*) dengan tegangan 217 V dan *output* 100.01 (Motor DC) dengan tegangan 12,06 V, sementara solenoid pneumatik dan Lampu *OFF* tetap tidak aktif. Hasil ini ditunjukkan pada Tabel 3, membuktikan bahwa program PLC mampu mengenali perintah *start* dan mengaktifkan komponen utama sistem secara benar, yaitu konveyor dan indikator aktif.

**Tabel 2. Pengujian Jarak dan Tegangan Sensor Proximity**

Jarak (cm)	Kondisi	Tegangan Output (V)	
		Proximity 1	Proximity 2
1	ON	0,2	0,1
	OFF	4,52	4,56
2	ON	0,1	0,2
	OFF	4,5	4,57
3	ON	0,1	0,2
	OFF	4,6	4,61
4	ON	0,2	0,1
	OFF	4,56	4,56
5	ON	0,1	0,2
	OFF	4,61	4,61



**Gambar 7. Titik pengukuran Tegangan**

**Tabel 3. Pengukuran Tegangan untuk Kondisi Awal PLC**

Komponen	Alamat	Titik Uji	Tegangan Terukur (V)
Push Button ON	0.00	A	23,5
Push Button OFF	0.01	B	23,6
Sensor Merah	0.02	C	0
Sensor Hijau	0.03	D	0
Sensor Biru	0.04	E	0
Proximity 1	0.05	F	0
Proximity 2	0.06	G	0
Motor DC	100.01	R	12,06
Solenoid Pneumatik 1	100.04	S	0
Solenoid Pneumatik 2	100.05	T	0
Lampu ON	100.06	U	217
Lampu OFF	100.07	V	0

Pada pengujian saat sistem mendeteksi botol berwarna merah, *input* 0.02 (Sensor Merah) dan 0.05 (Proximity 1) aktif dengan tegangan masing-masing 23,5 V, menandakan bahwa botol telah terdeteksi dan berada pada posisi yang tepat untuk pemilahan. Respon *output* menunjukkan bahwa solenoid pneumatik 1 (100.04) aktif dengan tegangan 217 V, sementara solenoid pneumatik 2 tetap mati. Motor DC dan Lampu *ON* tetap aktif, menunjukkan bahwa proses konveyor berjalan terus-menerus selama sistem menyala. Hasil ini mengkonfirmasi bahwa logika program PLC telah berhasil menghubungkan kombinasi *input* (Proximity 1 dan Sensor Merah) dengan aktuasi solenoid 1, sesuai dengan desain pemilahan warna merah.

Pada pengujian objek berwarna hijau, *input* 0.03 (Sensor Hijau) dan 0.06 (Proximity 2) aktif dengan tegangan 23,6 V, yang memicu aktivasinya solenoid pneumatik 2 (100.05) dengan tegangan 216 V, sedangkan solenoid 1 tetap tidak aktif. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan jalur deteksi berdasarkan posisi sensor proximity dan warna, sehingga memastikan pemilahan yang tepat. Sementara itu, pada pengujian objek berwarna biru hanya *input* 0.04 (Sensor Biru) yang aktif dengan tegangan 23,6 V, namun tidak ada solenoid yang diaktifkan. Hal ini sesuai dengan rancangan sistem, di mana objek berwarna biru tidak perlu dipisahkan dan dibiarkan terus berjalan di atas konveyor. Motor DC dan Lampu *ON* tetap aktif, menunjukkan kelangsungan proses. Hasil pengukuran ini disajikan pada Tabel 4 untuk pendeteksian ketiga warna botol, merah, hijau, dan biru, membuktikan bahwa PLC mampu memproses sinyal *input* dari sensor warna, sensor proximity, dan *push button* secara akurat, serta menghasilkan *output* yang sesuai dengan logika program.

### Pengujian Solenoid Pneumatik

Pengujian solenoid pneumatik dilakukan untuk mengevaluasi kinerja aktuator sebagai komponen *output* utama dalam proses pemilahan barang berdasarkan warna. Terdapat 2 solenoid pneumatik pada purwarupa, solenoid pneumatik 1 aktif saat sensor warna mendeteksi botol berwarna merah, solenoid pneumatik 2 aktif saat sensor warna mendeteksi botol berwarna hijau dan kedua solenoid pneumatik tidak aktif pada saat sensor warna mendeteksi barang berwarna biru. Hasil pengujian tegangan dan respon mekanis solenoid ditampilkan pada Tabel 5. Pada kondisi aktif, solenoid pneumatik 1 menghasilkan tegangan *output* sebesar 217 V dan solenoid pneumatik 2 sebesar 216 V, mendekati tegangan *input* sistem sebesar 220 V, yang menunjukkan efisiensi transfer daya yang tinggi dan minimnya kerugian tegangan pada rangkaian. Pengamatan secara langsung menunjukkan bahwa pada saat solenoid aktif, silinder pneumatik melakukan gerakan pendorong dan berhasil memindahkan objek dari konveyor ke jalur pemisahan yang ditentukan. Sebaliknya, pada kondisi tidak aktif, tegangan *output* turun ke 0 V dan silinder pneumatik tidak menunjukkan pergerakan, menandakan bahwa sistem kembali ke posisi diam dan siap untuk siklus berikutnya. Konsistensi respon antara sinyal listrik dari PLC dan gerakan mekanis silinder membuktikan bahwa integrasi antara kontrol elektrik (PLC) dan sistem aktuasi pneumatik berfungsi dengan baik.

**Tabel 4. Pengukuran Tegangan Output PLC saat Deteksi Warna Botol**

Komponen	Alamat	Titik Uji	Tegangan Terukur (V)		
			Deteksi Warna Merah	Deteksi Warna Hijau	Deteksi Warna Biru
Push Button ON	0.00	A	0	0	0
Push Button OFF	0.01	B	23,6	23,6	23,6
Sensor Merah	0.02	C	23,5	0	0
Sensor Hijau	0.03	D	0	23,6	0
Sensor Biru	0.04	E	0	0	23,6
Proximity 1	0.05	F	23,5	0	0
Proximity 2	0.06	G	0	23,6	0
Motor DC	100.01	R	12,04	12,06	12,06
Solenoid Pneumatik 1	100.04	S	217	0	0
Solenoid Pneumatik 2	100.05	T	0	216	0
Lampu ON	100.06	U	217	217	217
Lampu OFF	100.07	V	0	0	0

**Tabel 5. Pengukuran Tegangan pada Solenoid Pneumatik**

Komponen	Kondisi Solenoid Pneumatik	Tegangan Output (V)	Kondisi Silinder Pneumatik
Solenoid Pneumatik 1	aktif	217	Mendorong
	tidak aktif	0	Tidak Mendorong
Solenoid Pneumatik 2	aktif	216	Mendorong
	tidak aktif	0	Tidak Mendorong

**Tabel 6. Pengujian Alat Keseluruhan**

Warna Botol	Relay 1	Relay 2	Relay 3	Proximity 1	Proximity 2	Solenoid Penumatik 1	Solenoid Penumatik 2
Merah	ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	OFF
Hijau	OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON
Biru	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF

### Pengujian Alat Keseluruhan

Pengujian alat secara keseluruhan dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem secara menyeluruh, mulai dari deteksi objek, pengolahan sinyal, hingga eksekusi pemilahan oleh aktuator. Pengujian dilakukan dengan memasukkan botol plastik berwarna merah, hijau, dan biru secara bergantian ke atas konveyor. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 6, yang mencatat respon sistem terhadap setiap warna berdasarkan kerja sensor, relay, dan silinder pneumatik. Ketika botol berwarna merah melewati sensor TCS230, sensor membaca frekuensi cahaya yang sesuai dengan warna merah, sehingga Arduino mengirim sinyal ke relay 1. Sinyal ini diteruskan ke PLC, yang kemudian menyiapkan solenoid pneumatik 1 dalam kondisi *standby*. Saat botol mencapai posisi selanjutnya dan menghalangi sensor proximity 1, sensor ini aktif dan mengirim sinyal ke PLC untuk mengaktifkan solenoid pneumatik 1, sehingga silinder bekerja mendorong botol keluar dari jalur konveyor. Proses serupa terjadi pada botol berwarna hijau, sensor TCS230 mendeteksi warna hijau, mengaktifkan relay 2, dan menyiapkan solenoid pneumatik 2. Ketika botol menghalangi sensor proximity 2, solenoid 2 diaktifkan dan botol didorong ke jalur pemisahan yang sesuai. Pada botol berwarna biru, meskipun relay 3 aktif sebagai indikasi deteksi warna, tidak ada perintah yang dikirim ke solenoid mana pun, sehingga botol dibiarkan terus bergerak sepanjang konveyor hingga keluar di ujung jalur tanpa dipisahkan. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pemilahan secara akurat dan konsisten sesuai dengan logika sekuensial yang telah diprogram pada PLC. Integrasi antara sensor TCS230, Arduino sebagai *pre-processor*, sensor proximity, dan aktuator pneumatik berbasis solenoid terbukti efektif dalam mewujudkan otomasi pemilah warna. Sistem ini menunjukkan keandalan tinggi, karena setiap tahapan, yaitu deteksi warna, konfirmasi posisi objek, dan eksekusi pemisahan, berjalan secara terkoordinasi dalam pengujian yang dilakukan.

## IV. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang dan membangun purwarupa alat pemilah barang berdasarkan warna menggunakan sensor TCS230 berbasis PLC (*Programmable Logic Controller*) dan Arduino Uno yang dapat mendeteksi dan memilah barang berdasarkan warna merah, hijau dan biru. Alat ini dibangun menggunakan komponen *push button*, sensor TCS230 dan sensor proximity dengan pemrosesan sinyal dilakukan oleh Arduino Uno, relay, serta PLC untuk mengendalikan kerja dari motor DC, lampu indikator LED dan pneumatik.

Pengujian menggunakan osiloskop menunjukkan bahwa frekuensi *output* sensor berada dalam rentang yang dapat diidentifikasi secara jelas untuk setiap warna. Pada objek berwarna merah, sensor menghasilkan frekuensi sebesar 14,72 kHz, yang berada dalam rentang *datasheet* (14–24 kHz), menunjukkan deteksi yang akurat dan tanpa selisih signifikan. Frekuensi terukur untuk warna hijau sebesar 6,944 kHz, sedikit di bawah rentang *datasheet* (8–19,2 kHz) dengan selisih 1,056 kHz, yang dapat disebabkan oleh variasi intensitas cahaya lingkungan. Meskipun demikian, nilai frekuensi ini tetap unik dan dapat dibedakan dari warna lain, sehingga tidak mengganggu proses klasifikasi. Pada objek berwarna biru, sensor menghasilkan frekuensi 20,82 kHz, yang berada dalam rentang *datasheet* (11,2–21,6 kHz), menunjukkan bahwa sensor merespon dengan baik terhadap panjang gelombang biru.

Hasil pengujian sistem secara keseluruhan juga menunjukkan bahwa integrasi antara sensor TCS230, Arduino Uno sebagai *pre-processor*, dan PLC sebagai master controller mampu menghasilkan logika sekuensial yang andal. Sistem berhasil mengaktifkan aktuator pneumatik sesuai dengan warna objek, solenoid 1 untuk warna merah, solenoid 2 untuk warna hijau, dan tidak ada aktuator yang aktif untuk warna biru, sesuai dengan rancangan. Seluruh komponen *input* dan *output*, termasuk sensor proximity, relay, motor DC, dan lampu indikator, bekerja secara terkoordinasi dan konsisten selama pengujian. Berdasarkan hasil tersebut, purwarupa ini menawarkan solusi otomasi yang efisien, akurat, dan aplikatif untuk industri menengah.

Sebagai saran untuk penelitian selanjutnya, sistem ini dapat dikembangkan dengan menambahkan kalibrasi otomatis untuk kompensasi perbedaan pencahayaan. Selain itu, penggantian sensor TCS230 dengan sensor digital seperti TCS34725 atau penggunaan pendekatan *image processing* dapat meningkatkan akurasi deteksi warna lebih lanjut. Dengan pengembangan tersebut, purwarupa ini memiliki potensi besar untuk diaplikasikan dalam industri manufaktur, logistik, dan daur ulang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. K. S N, S. K, N. M H, and Y. H N, "Development of smart Sorting and counting machine for industrial application," *Journal of Advanced Zoology*, Oct. 2023, doi: 10.53555/jaz.v44i4.3270.
- [2] MITRALOGISTICS, "Definisi Sortir dan Cara Sortir Barang," MITRALOGISTICS, <https://www.mitralogistics.co.id/>.
- [3] L. Sihombing and A. Sinambela, "Inovasi Sistem Penyortiran Buah Dengan Pemanfaatan Internet of Things," 2025.
- [4] A. Suersa, M. Rasid, and D. Arnoldi, "Efisiensi Waktu Pengemasan Keripik Menggunakan Alat Pengemas Semi Otomatis Berbasis Internet of Things," Dec. 2024. [Online]. Available: <https://attractivejournal.com/index.php/bce/>
- [5] O. ZeChern, "Towards Industry 4.0: Color-Based Object Sorting Using a Robot Arm and Real-Time Object Detection," *Industrial Management Advances*, vol. 1, no. 1, p. 125, Dec. 2023, doi: 10.59429/ima.v1i1.125.
- [6] N. Kholifah and M. Nurtanto, "Indriyani Indriyani 4) , Ari Beni Santoso 4)," vol. 6, no. 2, May 2025, doi: 10.36709/amalilmiah.v6i2.394.
- [7] A. S. Herawati *et al.*, "PENERAPAN SISTEM OTOMASI DALAM PENYORTIRAN TOMAT UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS PEMASARAN HASIL PERTANIAN," vol. 2, no. 2, pp. 90–97, Apr. 2024, [Online]. Available: <https://journal.lenvari.org/index.php/jieti>
- [8] T. Kiyokawa, J. Takamatsu, and S. Koyanaka, "Challenges for Future Robotic Sorters of Mixed Industrial Waste: A Survey," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 21, no. 1, pp. 1023–1040, Jan. 2024, doi: 10.1109/TASE.2022.3221969.
- [9] I. Hidayat Kurniawan *et al.*, "Penerapan Otomasi Industri Berbasis Programmable Logic Controller untuk Penyortiran Barang Berdasarkan Warna Menggunakan Sensor Vision," 2024. [Online]. Available: <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRRE>
- [10] A. Febriansyah, Surojo, N. Bragas Sabilillah, and Mardiana, "ALAT SORTIR BUAH BERDASARKAN WARNA DAN BERAT MENGGUNAKAN PLC DAN HMI SEBAGAI PEMBELAJARAN SISWA SMKN 1 PARIT TIGA JEBUS," 2025.
- [11] M. Ionescu and I. BORCOSI, "COMMAND AND CONTROL OF A BIOMIMETIC STRUCTURE USING THE TCS-230 COLOR SENSOR AND APDS-9960 GESTURE SENSOR.," *Fiability & Durability/Fiabilitate si Durabilitate*, vol. 33, no. 1, 2024.
- [12] Y. Ramdani, "PENGEMBANGAN SISTEM OTOMASI PENYORTIRAN PRODUK BERDASARKAN WARNA BERBASIS SINGLE BOARD COMPUTER," Mar. 2024.
- [13] S. Mondol *et al.*, "Colour-Based Agro Product Sorting and Disease Detection," in *2023 7th International Conference On Computing, Communication, Control And Automation (ICCUBEA)*, IEEE, Aug. 2023, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICCUBEA58933.2023.10392269.
- [14] M. Rahman, H. A. Hasan, Y. A. Emon, A. Hossain, A. R. Rokon, and M. H. Bhuyan, "Advanced Color Sorting Conveyor System Using Arduino and TCS3200 Color Sensor for Precise Color Classification," in *2025 4th International Conference on Robotics, Electrical and Signal*

- Processing Techniques (ICREST)*, IEEE, Jan. 2025, pp. 476–481. doi: 10.1109/ICREST63960.2025.10914353.
- [15] S. Vandana, K. Shamukha Sri Sai, P. Rohila, and V. Manideep, “PLC Operated Colour Based Product Sorting machine,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1119, no. 1, p. 012016, Mar. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1119/1/012016.
- [16] H. A. Lestari, A. Kurniawan, and L. Wahab, “Automated Conveyor System of Sorting and Grading for Red Chili Pepper (*Capsicum annum* L.) using Image Processing and Artificial Neural Network,” *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, vol. 13, no. 4, p. 1320, Dec. 2024, doi: 10.23960/jtep-l.v13i4.1320-1333.
- [17] A. Anas, A. I. Martinus, and M. Maksudi, “RANCANG BANGUN MESIN SORTIR PADA PERMAINAN PENGENALAN WARNA OBJEK DENGAN MENGGUNAKAN TCS3200 BERBASIS ARDUINO NANO,” *INTI TALAFa*, vol. 14, no. 2, pp. 29–35, Jul. 2024, doi: 10.32534/int.v14i2.3768.
- [18] E. Indah Sari, F. Anggraini, D. Hartama, and I. Okta Kirana, “BEES: Bulletin of Electrical and Electronics Engineering Prototype Alat Pengecekan dan Penyortir Kesegaran Cabai Berdasarkan Warna Menggunakan Sensor Tcs230 Berbasis Arduino,” vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2021.
- [19] H. K. Channi, P. Kumar, and A. Dhingra, “Application of PLC in the Mechatronics Industry,” in *Computational Intelligent Techniques in Mechatronics*, Wiley, 2024, pp. 185–209. doi: 10.1002/9781394175437.ch6.
- [20] S. Su, “Mechanical Electrical Automation Control System Based on PLC Technology,” in *2025 IEEE 5th International Conference on Power, Electronics and Computer Applications (ICPECA)*, IEEE, Jan. 2025, pp. 224–230. doi: 10.1109/ICPECA63937.2025.10928910.