

Penerapan Otomasi Industri Berbasis *Programmable Logic Controller* untuk Penyortiran Barang Berdasarkan Warna Menggunakan Sensor Vision

Implementation of Industrial Automation Based on Programmable Logic Controller for Sorting Goods Based on Color Using Vision Sensor

Itmi Hidayat Kurniawan¹, Arif Haryanto², Latiful Hayat³

^{1,2,3} Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Jl. Raya Dukuh Waluh, Kembaran 53182, Indonesia

Informasi Makalah

Dikirim, 14 Desember 2024
Diterima, 29 Desember 2024
Diterbitkan, 31 Desember 2024

Kata Kunci:

Sistem otomasi industri,
Programmable Logic Controller,
PixyCam,
Arduino Uno,
Sortir Warna

Keyword:

Industrial Automation System,
Programmable Logic
Controller,
PixyCam,
Arduino Uno,
Color Sorter

INTISARI

Penerapan sistem otomasi dalam industri bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi proses produksi, salah satunya dalam proses penyortiran barang berdasarkan warna. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem otomasi yang dapat melakukan penyortiran barang otomatis menggunakan sensor vision berbasis PixyCam dan kontroler PLC (*Programmable Logic Controller*). Sistem ini dirancang untuk mendeteksi warna objek (hijau, merah, dan biru) dan melakukan penyortiran dengan menggunakan motor DC konveyor dan motor servo. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengolahan sinyal dari sensor vision PixyCam yang kemudian dikirimkan ke Arduino Uno untuk pengolahan data, dilanjutkan dengan pengiriman sinyal ke PLC untuk mengendalikan aktuator. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini dapat menyortir objek dengan tingkat keberhasilan mencapai 87,6%, meskipun terdapat beberapa kegagalan terkait pencahayaan dan posisi objek. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam mengoptimalkan penerapan teknologi sensor vision dalam industri, terutama untuk aplikasi penyortiran berdasarkan warna.

ABSTRACT

The application of automation systems in industry aims to improve the efficiency and accuracy of the production process, one of which is in the process of sorting goods by color. This study aims to design and implement an automation system that can perform automatic sorting of goods using a PixyCam-based vision sensor and a PLC (Programmable Logic Controller) controller. This system is designed to detect the color of objects (green, red, and blue) and perform sorting using a conveyor motor and servo motor. The method used in this study is signal processing from the PixyCam vision sensor which is then sent to the Arduino Uno for data processing, followed by sending a signal to the PLC to control the actuator. The test results show that this system can sort objects with a success rate of 87.6%, although there are some failures related to lighting and object position. This study contributes to optimizing the application of vision sensor technology in industry, especially for color sorting applications.

Korespondensi Penulis:

Itmi Hidayat Kurniawan
Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Jl. Raya Dukuhwaluh, Kembaran 53182, Indonesia
Email : itmy@ump.ac.id

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomasi industri telah memberikan kontribusi signifikan terhadap efisiensi dan efektivitas proses produksi di berbagai sektor industri. Sistem otomasi berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) menjadi solusi yang sering diterapkan untuk mengendalikan proses industri secara otomatis, menggantikan operasi manual yang cenderung memakan waktu dan rawan kesalahan. Salah satu implementasi teknologi ini adalah dalam proses penyortiran barang berdasarkan warna, di mana sistem dapat bekerja secara akurat dan cepat dengan bantuan sensor vision (*vision sensor*).

Di era *Industry 4.0*, kebutuhan akan teknologi otomasi yang presisi semakin meningkat seiring dengan permintaan pasar yang membutuhkan kecepatan produksi tinggi dan kualitas produk yang konsisten [1]–[3]. Penggunaan sensor vision telah berkembang pesat dalam sistem otomasi karena kemampuannya dalam mendeteksi objek secara visual dengan tingkat akurasi yang tinggi [4], [5]. Teknologi ini memungkinkan sistem untuk mengenali warna, ukuran, dan posisi objek secara *real-time*, yang sangat dibutuhkan dalam proses penyortiran produk di lini produksi.

Meski teknologi otomasi industri sudah banyak diimplementasikan, beberapa permasalahan masih sering muncul, seperti keterbatasan sistem dalam mengenali objek dengan warna yang serupa, keterlambatan pemrosesan data sensor, dan integrasi antara perangkat sensor dengan *controller* [6]–[9]. Selain itu, studi mengenai penggunaan sensor vision dalam sistem otomasi berbasis PLC masih memerlukan pengembangan lebih lanjut terutama dalam hal optimasi kinerja dan biaya implementasi.

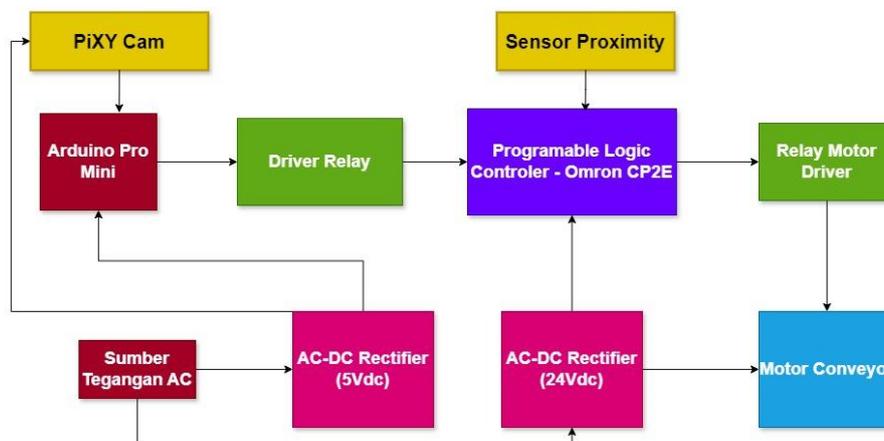
Penelitian dalam [10], [11] mengusulkan rancangan sistem penyortiran otomatis menggunakan *color sensor* berbasis Arduino untuk mendeteksi warna objek. Namun, sistem ini memiliki keterbatasan dalam hal kecepatan pemrosesan dan kapasitas integrasi dengan perangkat industri skala besar. Sementara itu, penelitian dalam [3], [12], [13] menggunakan sensor vision untuk menyortir produk berdasarkan warna, namun kontrol sistem masih berbasis mikrokontroler, sehingga fleksibilitas sistem dalam mengatur proses produksi berskala besar belum optimal. Penelitian lain dalam [14], [15] menunjukkan bahwa integrasi sensor vision dengan PLC dapat meningkatkan kinerja sistem otomasi dalam mendeteksi objek berdasarkan warna dan bentuk. Namun, penelitian tersebut masih terbatas pada implementasi di lingkungan laboratorium dan belum diuji pada kondisi industri yang kompleks. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan dalam penelitian sebelumnya, terutama pada aspek implementasi sistem yang lebih aplikatif dan relevan dengan kebutuhan industri modern.

Berdasarkan kajian literatur di atas, dilakukan suatu penelitian untuk mengintegrasikan sensor vision dan *Programmable Logic Controller* (PLC) untuk menciptakan sistem penyortiran otomatis dan pengembangan sistem yang mampu mendeteksi dan menyortir barang berdasarkan warna secara *real-time* dan akurat.

Penelitian ini penting dilakukan mengingat kebutuhan industri terhadap sistem penyortiran yang efisien dan akurat semakin meningkat. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi otomasi di Indonesia, khususnya dalam penerapan PLC dan sensor vision untuk meningkatkan produktivitas industri.

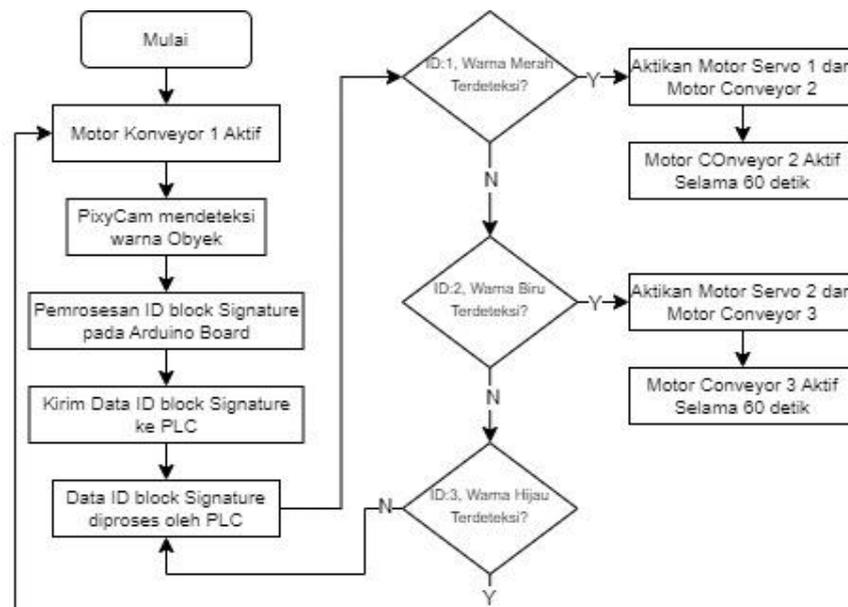
2. METODE PENELITIAN

Komponen yang digunakan dalam pembuatan sistem otomasi sistem sortir berdasarkan warna ini yaitu: *programmable logic controller*, *arduino promini development board*, modul relay, motor DC, *Pixy Camera*, *conveyor belt*. Perancangan perangkat keras sistem sortir warna yang dirancang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Blok Sistem Otomasi Sortir Barang Berdasarkan Warna

Berdasarkan pada Gambar 1, sistem sortir otomatis terdiri dari perangkat elektronik yang terdiri dari beberapa perangkat input dan output. *Programable Logic Controller(PLC)* berfungsi untuk menerima *output arduino board* berupa input logika *LOW/HIGH*. PLC juga bertindak sebagai sistem pengendali motor konveyor dan motor servo pensortir botol. Pixycam berfungsi sebagai vision sensor untuk membedakan barang yang akan disortir berdasarkan warna. Produk ini dibedakan dalam 3 warna berbeda yaitu merah, hijau dan biru. Dikarenakan data sinyal dari PixyCam tidak dapat langsung diproses oleh PLC sehingga diperlukan komponen Arduino Promini untuk pengolahan data deteksi warna oleh PixyCam. Komponen motor servo berfungsi sebagai aktuatur dan pengungkit untuk memisahkan barang yang dipilih sesuai dengan data dari Pixycam. Komponen relay berfungsi untuk menerima output dari PLC untuk meneruskan program ke komponen aktuatur konveyor berupa motor servo dan motor DC. Pada Gambar 2 diperlihatkan diagram alir proses sistem sortir warna otomatis menggunakan PLC.



Gambar 2. Diagram Alir Proses Sistem Sortir Barang Berdasarkan Warna

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pembuatan Sistem Mekanis Konveyor

Perangkat konveyor digunakan untuk media distribusi barang yang akan disortir. Pembuatan *body* konveyor menggunakan besi dan akrilik, untuk konveyor 1 dengan panjang 60 cm dan lebar 16 cm. Besi as ukuran diameter 5 mm yang dipasang dengan *bearing* dengan lubang ukuran 5 mm kemudian disambungkan di lubang - lubang kanan kiri besi. Lembaran karpet sebagai wadah barang pada konveyor dengan panjang 140 cm dan lebar karpet 13 cm. Kemudian untuk konveyor 2 dan 3 dengan panjang 30 cm dan lebar 12 cm yang dipasang *bearing* dengan lubang ukuran 5 mm kemudian disambungkan dilubang kanan kiri besi dan lembaran karpet dengan panjang 80 cm dan lebar 8 cm. Kemudian sebagai penggerak konveyor yaitu dengan motor DC 24 V.

3.2. Pembuatan Modul Kontroler

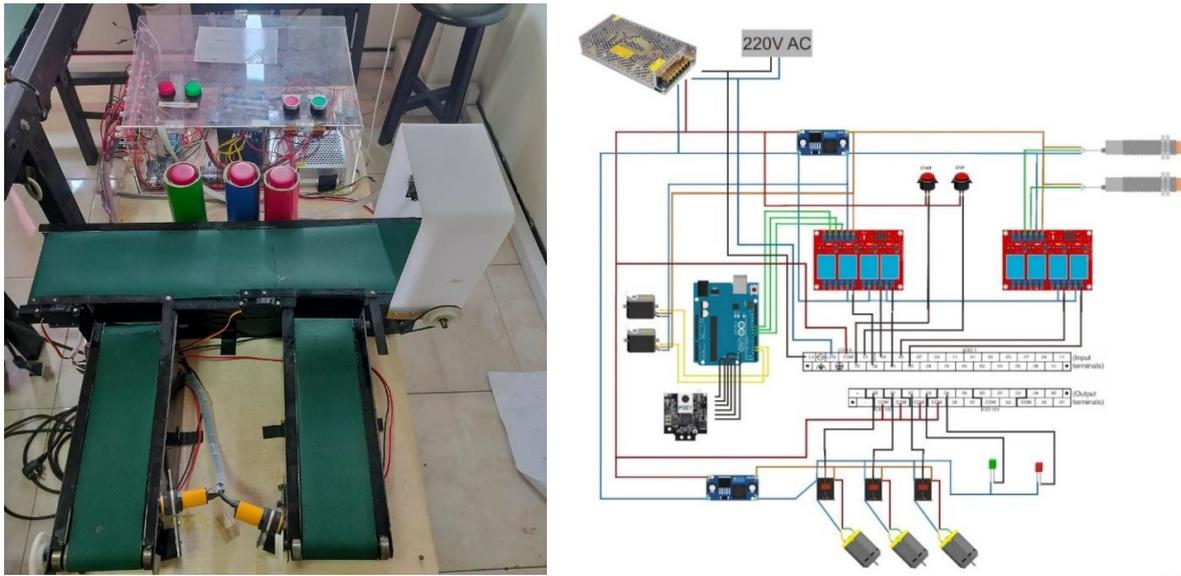
Modul Kontroler pada sistem ini dibuat sebagai pusat pengendalian perangkat masukan dan keluaran pada sistem sortir. Untuk pengkabelan PLC, Terminal COM I/O-PLC terhubung ke catu daya positif 24 VDC.

3.3. Pembuatan Modul Penggerak Motor Servo

Pada bagian perancangan motor servo disini menggunakan akrilik dengan panjang 6 cm dan lebar 4 cm sebagai tempat motor servo yang di pasang di samping bodi konveyor kemudian di baur dan mur ukuran 12. Pada bagian penggerak motor servo dipasangkan akrilik dengan panjang 10 cm sebagai tuas yang akan memindahkan barang yang disortir.

3.4. Pembuatan Modul Sensor Proximity

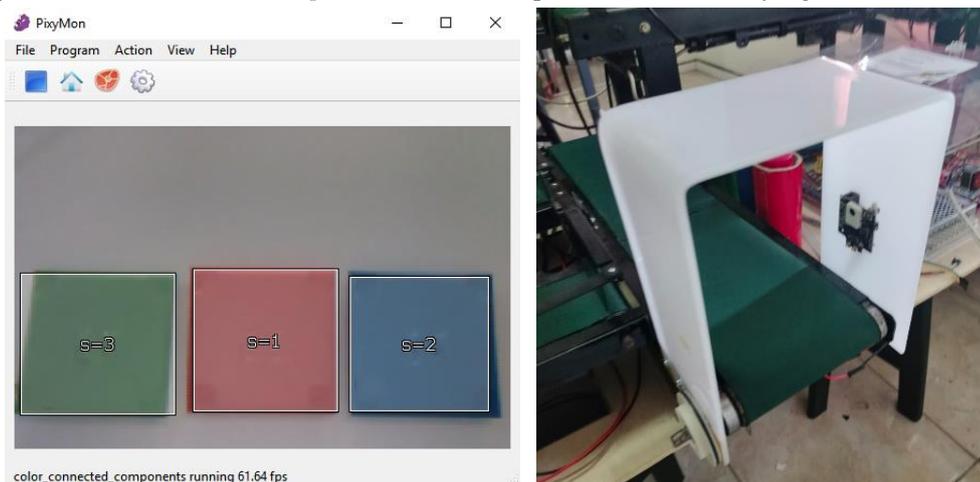
Pembuatan modul sensor objek menggunakan sensor proximity disini menggunakan akrilik dengan panjang 15 cm dan lebar 5 cm sebagai tempat sensor proximity dengan ketinggian jarak konveyor 8 cm.



Gambar 3. Sistem Mekanis dan Skematik Sistem Konveyor & Motor DC

3.5. Pendeteksian Warna Obyek Menggunakan PixyCam

Proses pendeteksian warna menggunakan PixyCam dimulai dengan pengambilan gambar secara *real-time* melalui kamera yang kemudian diproses menggunakan program PixyMon. Untuk mendeteksi blok warna berdasarkan kalibrasi *signature* yang telah ditentukan, seperti merah, hijau, dan biru. Fungsi `pixy.ccc.getBlocks()` digunakan untuk meminta data blok dari PixyCam dilanjutkan dengan pemrosesan frame gambar dan mengidentifikasi blok warna berdasarkan karakteristik seperti koordinat, dimensi, dan *signature* ID. Data blok yang terdeteksi disimpan dalam array dan mencakup informasi tentang posisi (X, Y), ukuran (lebar dan tinggi), serta ID *signature* warna. Proses ini kemudian memeriksa setiap blok untuk mencocokkan *signature* ID dengan warna yang diinginkan. Pada penelitian ini ID 1 untuk warna merah, ID 2 untuk warna Biru, dan ID 3 untuk warna hijau. Setelah identifikasi, sistem dapat memanfaatkan data tersebut untuk mengendalikan motor servo pada konveyor guna menyortir objek berdasarkan warnanya. Proses ini dirancang untuk berjalan secara iteratif dalam *loop* untuk memastikan proses deteksi warna yang konsisten dan *real-time*.



Gambar 4. Proses Kalibrasi-Block Signature Warna Obyek Menggunakan PixyCam

3.6. Pengujian Sistem Otomasi Industri Berbasis *Programmable Logic Controller* Untuk Sortir Barang Berdasarkan Warna

Tabel 1. Pengujian Sistem Dalam Memilah Objek Berdasarkan Warna

No	Warna objek (botol)	Keberhasilan	
		Berhasil	Tidak Berhasil
1	Hijau	✓	
2	Merah	✓	
3	Biru	✓	
4	Biru	✓	
5	Hijau		✓
6	Hijau	✓	
7	Merah	✓	
8	Biru	✓	
9	Merah	✓	
10	Hijau	✓	
11	Merah	✓	
12	Hijau	✓	
13	Biru	✓	
14	Hijau	✓	
15	Hijau		✓
16	Hijau	✓	
17	Merah	✓	
18	Merah	✓	
19	Biru	✓	
20	Biru	✓	
21	Merah	✓	
22	Merah	✓	
23	Biru	✓	
24	Hijau	✓	
25	Biru		✓
26	Biru	✓	
27	Merah	✓	
28	Hijau		✓
29	Merah	✓	
30	Biru	✓	

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian prototipe sistem otomasi industri dalam menyortir objek (botol) berdasarkan warna menggunakan konveyor dan motor servo. Data pengujian ini dilakukan sebanyak 30 kali dengan tiga kategori warna objek yaitu hijau, merah, dan biru. Untuk pengujian botol warna hijau dari total 10 percobaan diperoleh hasil uji 7 berhasil dan 3 tidak berhasil. Sehingga tingkat keberhasilan pendeteksian botol warna hijau sebesar 70%. Untuk pengujian botol warna merah dari total 9 percobaan, diperoleh hasil uji 9 berhasil. Sehingga tingkat keberhasilan pendeteksian botol warna Merah sebesar 100%. Sedangkan untuk pengujian obyek botol warna biru, dari total 11 percobaan, 10 berhasil dan 1 tidak berhasil, sehingga tingkat keberhasilannya sebesar 93%.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan sortasi warna dengan tingkat keberhasilan yang cukup tinggi, khususnya untuk warna merah yang menunjukkan performa sempurna. Namun, masih terdapat kekurangan dalam pendeteksian warna hijau dan biru. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh faktor seperti intensitas cahaya, sudut pandang sensor, atau ketidakakuratan dalam pengolahan sinyal.

Sistem ini menunjukkan potensi yang baik sebagai media pembelajaran sistem otomasi industri berbasis PLC, meskipun perbaikan diperlukan untuk meningkatkan akurasi deteksi dan penyortiran barang, terutama untuk warna hijau dan biru.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa prototipe berhasil dirancang dan berfungsi sebagai sistem otomasi industri sederhana untuk menyortir barang berdasarkan warna. Sistem ini menggunakan PixyCam sebagai sensor pendeteksi warna barang (hijau, merah,

dan biru). Arduino Uno sebagai pengolah sinyal dari PixyCam untuk menentukan warna barang. *Programmable Logic Controller* sebagai pengendali utama yang mengatur pergerakan motor konveyor untuk memindahkan objek dan motor servo sebagai aktuator dalam proses pensortiran.

Berdasarkan data pengujian menunjukkan hasil pengujian prototipe sistem otomasi industri dalam menyortir objek (botol) berdasarkan warna menggunakan konveyor dan motor servo. Data pengujian ini dilakukan sebanyak 30 kali dengan tiga kategori warna objek yaitu hijau, merah, dan biru. Untuk pengujian botol warna hijau dari total 10 percobaan diperoleh hasil uji 7 berhasil dan 3 tidak berhasil. Sehingga tingkat keberhasilan pendeteksian botol warna hijau sebesar 70%. Untuk pengujian botol warna merah dari total 9 percobaan, diperoleh hasil uji 9 berhasil. Sehingga tingkat keberhasilan pendeteksian botol warna Merah sebesar 100%. Sedangkan untuk pengujian obyek botol warna biru, dari total 11 percobaan, 10 berhasil dan 1 tidak berhasil, sehingga tingkat keberhasilannya sebesar 93%.

Kegagalan pendeteksian dan penyortiran pada beberapa percobaan kemungkinan disebabkan oleh: intensitas cahaya yang mempengaruhi akurasi sensor PixyCam, sudut pandang sensor terhadap objek, dan waktu respons sistem dalam membaca dan memproses sinyal dari sensor ke aktuator.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Lee, B. Bagheri, and H. A. Kao, "A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems," *Manuf. Lett.*, vol. 3, pp. 18–23, 2015, doi: 10.1016/j.mfglet.2014.12.001.
- [2] A. Saurin, Sheth Qayyum, R. Rayhan, S. Dash, and T. Naidu, "Automatic Sorting System Using Machine Vision," no. July, pp. 113–118, 2021, doi: 10.13140/2.1.1432.1448.
- [3] R. Vieira, L. Silva, E. Ribeiro, L. Perdigoto, and P. J. Coelho, "Performance Evaluation of Computer Vision Algorithms in a Programmable Logic Controller: An Industrial Case Study," *Sensors*, vol. 24, no. 3, 2024, doi: 10.3390/s24030843.
- [4] H. Yao *et al.*, "Development and optimization of object detection technology in pavement engineering: A literature review," *J. Road Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 163–188, 2024, doi: 10.1016/j.jreng.2024.01.006.
- [5] A. T. Fadhil, K. A. Abbar, and A. M. Qusay, "Computer Vision-Based System for Classification and Sorting Color Objects," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 745, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/745/1/012030.
- [6] K. Sasidhar, S. Faiz Hussain, S. A. Safdar, and A. Uddin, "Design and Development of a PLC Based Automatic Object Sorting," *Int. J. Res. Sci. Innov. J.*, vol. IV, no. January, 2017, [Online]. Available: www.rsisinternational.org.
- [7] Priswanto, A. Mubyarto, W. Hp, A. Taryana, and M. Munawar, "Perancangan Prototipe Sistem Konveyor Di Industri Dilengkapi Dengan Sistem Pemisah Benda Berdasarkan Warna, Ukuran Dan Jenis Benda Berbasis PLC Mitsubishi FX2N," *Techno*, vol. 18, no. 1, pp. 7–14, 2017.
- [8] J. Li, "Application Research of Vision Sensor in Material Sorting Automation Control System," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 782, no. 2, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/782/2/022074.
- [9] S. Vandana, N. 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, 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1119/1/012016.
- [10] C. K. Kunhimohammed, K. K. Muhammed Saifudeen, S. Sahna, M. S. Gokul, and S. Usman Abdulla, "Automatic Color Sorting Machine Using TCS230 Color Sensor And PIC Microcontroller," *Int. J. Res. Innov. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 33–38, 2015, [Online]. Available: <https://doaj.org/article/206a0c06216649eda81a291f324578f3>.
- [11] A. T. Wardhana, A. Zamheri, and D. Puspa, "Implementation of Plc Based Automatic Sorting System," *Austenit*, vol. 15, no. 1, pp. 36–40, 2023, doi: 10.53893/austenit.v15i1.6677.
- [12] N. W. Seng and A. S. Abdul Ghani, "Vision Based Smart Sorting Machine," *Lect. Notes Mech. Eng.*, no. August 2019, pp. 13–25, 2020, doi: 10.1007/978-981-13-8323-6_2.
- [13] K. Anandhan, "Sorting Robot using Machine Vision Inspection System," no. November 2022, 2023, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/365777155_Sorting_Robot_using_Machine_Vision_Inspection_System.
- [14] K. J. Alaameri, A. J. Ramadhan, A. Fatlawi, and Z. S. Idan, "Design of a new sorting colors system based on PLC, TIA portal, and factory I/O programs," *Open Eng.*, vol. 14, no. 1, 2024, doi: 10.1515/eng-2022-0547.
- [15] H. Rajaaal, A. Farh, and S. Al Hasani, "Image Processing Based Automatic Color Object Sorting Using PLC System," *Int. J. Electr. Electron. Res.*, vol. 7, no. 2, pp. 50–62, 2019, [Online]. Available: www.researchpublish.com.