

Design of Virtual Laboratory from sorting machine by color combination using PLC Mitsubishi

Achmad Nur Aliansyah¹, dan Nita Zelfia Dinianti Luzi Mulyawati²

^{1 dan 2} Jurusan Teknik Elektro, Universitas Halu Oleo

Copresponder Author : ahmadnuraliansyah@uho.ac.id

Abstract — The aim of this research is to design a sorting machine based on color classification in virtual laboratory. Factory I/O software was used to model the process of sorting machine. The main controller in this research was used Mitsubishi FX3U which programmed by GX Works 2 and use ladder diagram programming language. The communication path was used MX OPC Server. Because the process carried out is virtual, the most important thing in carrying out testing is to ensure that all the software used is in simulation conditions. The testing process was carried out by running the item sorting system for 15 minutes with a random order of objects test. From the results show, the system created was able to work well in recognizing the color of the object. Vision sensor was used to recognize the color object. The accuracy level of Vision sensor 1 to detecting green objects is 97.3%, the accuracy level of vision sensor 2 to detecting blue objects is 95.6%. Meanwhile, gray test objects are processed when vision sensor 1 and vision sensor 2 are not active. The percentage of success in sorting gray objects was 89.7%. For future development, it can be equipped with an interface to be able to know exactly the number of items being sorted and also make it easier to convey information from the item sorting process.

Keyword — Factory I/O, MX OPC Server, PLC Mitsubishi, Sorting machine, Virtual laboratory

Abstrak — Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendesain mesin pemilah barang berdasarkan klasifikasi warna dalam bentuk virtual. *Software* Factory I/O digunakan untuk memodelkan proses pemilahan barang yang diinginkan. Kontroler utama dalam penelitian ini adalah PLC Mitsubishi FX3U yang diprogram melalui *software* GX Works 2 menggunakan bahasa pemrograman ladder diagram. Untuk jalur komunikasi yang digunakan adalah MX OPC Server. Karena proses yang dilakukan berupa virtual sehingga hal yang paling penting dalam melakukan pengujian ialah memastikan seluruh *software* yang digunakan dalam kondisi simulasi. Proses pengujian dilakukan dengan menjalankan system pemilah barang selama 15 menit dengan urutan benda uji secara acak. Dari hasil pengujian yang dilakukan, system yang dibuat mampu bekerja dengan baik dalam mengenali warna benda uji. Sensor yang digunakan untuk mengenali warna pada benda uji ialah vision sensor. Tingkat akurasi dari vision sensor 1 dalam mendeteksi benda uji hijau adalah 97.3%, tingkat akurasi vision sensor 2 dalam mendeteksi benda uji biru adalah 95.6%. Sedangkan untuk benda uji warna abu-abu diproses ketika vision sensor 1 dan vision sensor 2 tidak aktif. Persentase keberhasilan dalam memilah benda uji warna abu-abu adalah 89.7%. Untuk pengembangan kedepannya dapat dilengkapi dengan interface agar mampu mengetahui dengan pasti jumlah barang yang disortir dan juga mempermudah penyampaian informasi dari proses pemilahan barang

Kata kunci — Laboratorium virtual, Mesin pemilah barang, Factory I/O, PLC, MX OPC.

I. PENDAHULUAN

Model pembelajaran dalam jaringan (daring) atau pembelajaran secara virtual merupakan model pembelajaran dimasa kebiasaan baru setelah adanya pandemi covid-19. Model pembelajaran ini memudahkan proses belajar mengajar tanpa harus adanya tatap muka. Salah satu pengaplikasiannya ialah penggunaan laboratorium virtual. Dengan adanya laboratorium virtual kegiatan praktikum yang sedianya dilakukan dalam laboratorium dapat dilakukan melalui proses jarak jauh [1] dan [2]. Hal ini juga sebagai bukti nyata dari perkembangan teknologi dan jaringan yang semakin canggih dalam dunia pendidikan [3].

Laboratorium virtual merupakan sebuah platform yang memungkinkan seseorang untuk memodelkan sebuah lingkungan atau peralatan laboratorium nyata melalui sebuah aplikasi digital. Hal ini memungkinkan pengguna untuk dapat melakukan pembelajaran secara berulang-ulang atau pun penggunaan jangka panjang.

Laboratorium virtual dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang ilmu diantaranya pembelajaran kimia partikel [4], kimia material [5], teknik mesin dibidang CNC [6], bidang psikologi [7], hingga dibidang Internet Of Things [8]. Dari keseluruhan penelitian ini menjelaskan bahwa laboratorium virtual mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran.

Dalam penelitian ini, *software* yang digunakan untuk mendesain laboratorium virtual menggunakan *Software* factory I/O. *Software* ini juga telah banyak dikembangkan untuk pembuatan simulasi pekerjaan yang ada di industri [9], maupun rumah pintar [10].

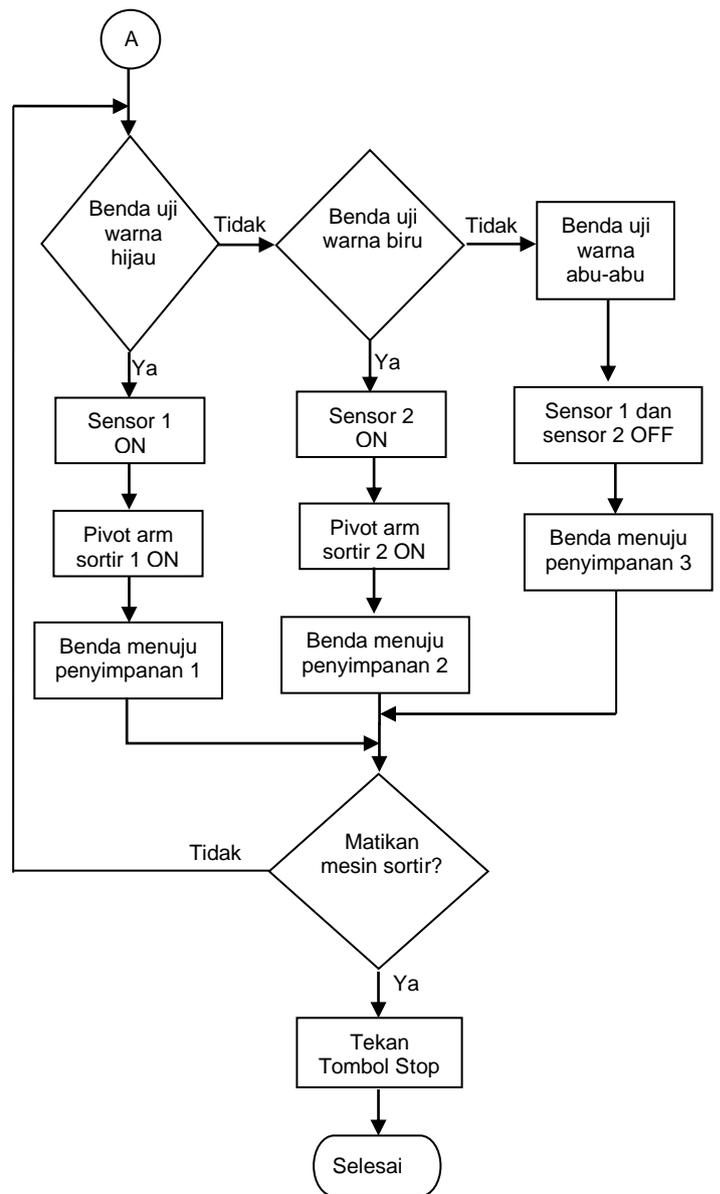
Proses pemilahan barang merupakan hal yang paling sering dijumpai dalam dunia industri khususnya dalam penyusunan barang maupun proses distribusi barang. Penelitian tentang metode sortir barang telah banyak dilakukan diantaranya oleh Aziz dkk, pada tahun 2021 menggunakan metode pemilahan cabe berdasarkan warna hijau dan merah menggunakan sistem Artificial Intelligence. Dari hasil pengujian didapatkan 80% sampai 85% cabe dapat dipilah dengan baik [11]. Pada tahun 2022 Rahtika dkk. Peneliti melakukan penelitian tentang pemilahan biji coklat berdasarkan ukuran, kulit, tingkat kekeringan, tingkat keasaman dan rasa yang beragam [12]. Ditahun yang sama,

Gaikwad dkk memberikan kontribusi dalam bidang automasi industri dengan memperkenalkan solusi efisien untuk pemilahan objek berdasarkan warna, yang dapat diimplementasikan dalam berbagai aplikasi mulai dari manufaktur hingga pengolahan limbah [13]. Pada tahun 2023, Mulyawati dkk mengembangkan penelitian tentang monitoring dari mesin pemilah barang dimana dalam penelitian yang dilakukan lebih menekankan pada tipe data yang tepat agar data monitoring dapat tampil pada ms Excel [14]. Dari keseluruhan penelitian tentang mesin sortir menjelaskan bahwa dengan adanya mesin sortir proses lebih efisien dan efektif serta dapat mengurangi ketergantungan dan kesalahan yang dilakukan oleh operator pada umumnya.

Mengingat proses ini selalu ada dalam setiap tahapan didunia industri. Penelitian ini mengembangkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dengan mengaplikasikannya pada laboratorium virtual. Mesin sortir yang dibuat dikontrol dengan menggunakan PLC mitsubishi yang diprogram dengan menggunakan GX Works 2.

II. METODE PENELITIAN

Diagram alir dari mesin pemilah barang berdasarkan warna benda ditunjukkan pada Gambar 1. Tahapan awal yang dilakukan adalah dengan mengaktifkan mesin dengan cara menekan tombol warna hijau pada panel. Selanjutnya seluruh konveyor yang digunakan akan aktif. Benda uji akan keluar secara acak diatas konveyor. Terdapat 3 jenis warna pada benda uji yang digunakan yaitu benda uji berwarna biru, benda uji berwarna hijau, dan benda uji berwarna abu-abu. Jika benda uji berwarna hijau, maka sensor 1 akan aktif dan motor servo 1 juga akan aktif untuk mengarahkan benda uji berwarna hijau ke penyimpanan 1. Jika benda uji berwarna biru, maka sensor 2 akan aktif dan motor servo 2 juga akan aktif untuk mengarahkan benda uji berwarna hijau ke penyimpanan 2. Sedangkan jika benda uji berwarna abu-abu maka sensor 1 dan sensor 2 akan OFF dan benda uji langsung menuju ke penyimpanan 3. Untuk mematikan mesin pemilah barang, dapat dilakukan dengan menekan tombol warna merah pada panel.



Gambar 1. Diagram alir mesin pemilah barang

Dalam penelitian ini terdapat 3 tahapan yang dilakukan yaitu: a) Desain mesin sortir; b) Pembuatan program PLC; dan c) Konfigurasi jalur komunikasi antara mesin sortir dan program PLC.

A. Desain Mesin Sortir

Pada tahapan ini dilakukan desain mesin pemilah barang menggunakan *software* Factory I/O. *Software* ini digunakan karena mampu memberikan simulasi secara nyata dari sistem otomasi dalam sebuah industri khususnya pada mesin pemilahan barang. *Software* ini juga mampu berkomunikasi dengan beberapa *software* PLC melalui jalur komunikasi virtual sehingga dapat menggunakan berbagai jenis kontroler PLC dalam setiap desainnya. Selain itu *software* ini juga telah menyediakan kontroler sendiri jika tidak ingin

menggunakan PLC lain untuk mengontrol plan yang dibuat. Adapun spesifikasi komponen yang digunakan dalam desain yang dibuat ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL 1
KOMPONEN YANG DIGUNAKAN PADA FACTORY I/O

Nama Komponen	Jumlah
Panel	1 Buah
Push Button tipe NO	1 Buah
Push Button tipe NC	1 Buah
Konveyor 6 Meter	1 Buah
Konveyor 2 Meter	3 Buah
Konveyor belok	1 Buah
Vision Sensor	2 Buah
Pivot arm sortir	2 Buah
Diffuse sensor	2 Buah

B. Pembuatan Program PLC

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan program dari PLC yang digunakan. Pada penelitian ini menggunakan PLC mitsubishi dengan bahasa pemrograman ladder diagram. Software yang digunakan ialah GX Works 2. Adapun pengalamatan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2 untuk komponen input dan Tabel 3 untuk komponen output.

TABEL 2
PENGALAMATAN KOMPONEN INPUT

Nama Komponen	Alamat	Fungsi
Push Button tipe NO	X000	Sebagai tombol start
Push Button tipe NC	X001	Sebagai tombol stop
Diffuse sensor 1	X003	Mendeteksi benda uji masuk ke penyimpanan 1
Diffuse sensor 2	X005	Mendeteksi benda uji masuk ke penyimpanan 2
Vision sensor 1	X010	Mendeteksi benda uji berwarna hijau
Vision sensor 2	X011	Mendeteksi benda uji berwarna biru

TABEL 2
PENGALAMATAN KOMPONEN INPUT

Nama Komponen	Alamat	Fungsi
Konveyor 6m	Y000	Konveyor utama sebagai tempat jalan benda uji
Konveyor belok	Y001	Konveyor yang mengarahkan benda uji warna abu-abu ketempat penyimpanan
Konveyor 2m_1	Y002	Konveyor yang mengarahkan benda uji warna hijau ke tempat

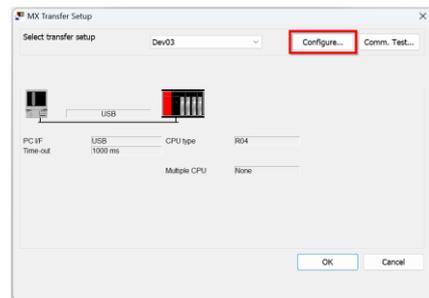
		penyimpanan
Konveyor 2m_2	Y003	Konveyor yang mengarahkan benda uji warna biru ke tempat penyimpanan
Konveyor 2m_3	Y004	Konveyor yang mengarahkan benda uji warna abu-abu ke tempat penyimpanan
Pivot arm sortir 1	Y010	Pengarah benda uji warna hijau dari konveyor utama ke konveyor penyimpanan
Pivot arm sortir 2	Y011	Pengarah benda uji warna biru dari konveyor utama ke konveyor penyimpanan
Motor Pivot arm sortir 1 CW	Y012	Membantu pivot arm 1 mengarahkan benda uji warna hijau ke konveyor penyimpanan
Motor Pivot arm sortir 2 CW	Y013	Membantu pivot arm 2 mengarahkan benda uji warna biru ke konveyor penyimpanan

C. Konfigurasi Jalur Komunikasi

Pada tahapan ini dilakukan konfigurasi pada software MX OPC Server. Software ini memungkinkan jalur komunikasi antara GX Works 2 dan juga Factory I/O. Tahapan awal yang dilakukan adalah klik kanan pada bagian dalam jendela software, selanjutnya pilih *new device* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Selanjutnya akan tampil kotak dialog MX Transfer Setup lalu pilih *Configure* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Selanjutnya akan tampil kotak

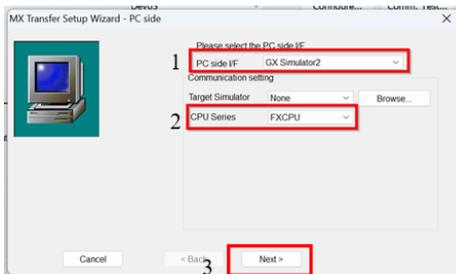


Gambar 2. Tampilan awal dan *new device* MX OPC Server



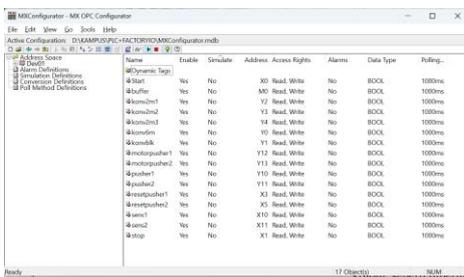
Gambar 3. Tampilan MX Transfer Setup

dialog MX Transfer Setup wizard seperti pada Gambar 4. Pada bagian *selected the PC side I/F* pilih SX Simulator 2 (Gambar 4 bagian 1) dan CPU series pilih FXCPU (Gambar 4 bagian 2) lalu pilih next (Gambar 4 bagian 3). Hal ini dapat disesuaikan jika menggunakan series PLC mitsubishi yang lain.



Gambar 4. Tampilan MX Transfer Setup Wizard

Tahapan selanjutnya ialah memasukkan setiap alamat yang digunakan didalam MX OPC yang telah dikonfigurasi. Untuk mendaftarkan alamat yang digunakan dapat dilakukan dengan klik kanan pada laman yang telah dikonfigurasi lalu pilih new data tag. Gambar 5 menunjukkan tampilan alamat yang telah dimasukkan pada MX OPC.

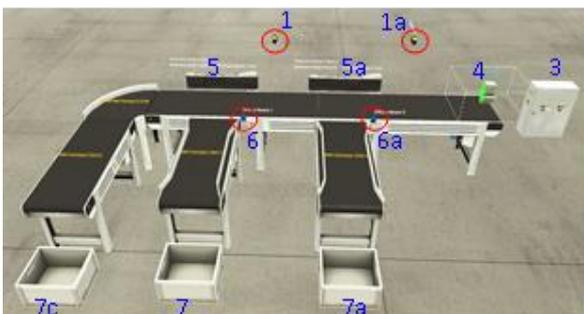


Gambar 5. Tampilan MX OPC Server yang telah dimasukkan alamat PLC

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain Mesin Pemilah Barang

Gambar 6 menunjukkan mesin pemilah barang yang telah dibuat dalam bentuk virtual menggunakan software Factory I/O.

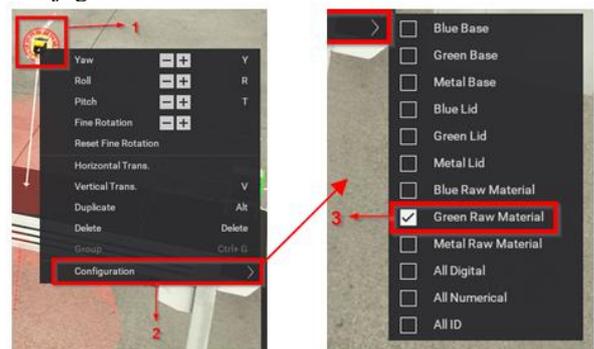


Gambar 6. Desain Mesin pemilah barang virtual

Dari Gambar 6 dapat dilihat terdapat 3 buah penyimpanan untuk masing-masing benda uji. Penyimpanan benda uji 1 untuk benda uji warna hijau ditunjukkan pada Gambar 6 bagian 7a, penyimpanan benda uji 2 untuk benda uji warna biru ditunjukkan pada Gambar 6 bagian 7b, dan penyimpanan benda uji 3 untuk benda uji warna abu-abu ditunjukkan pada Gambar 6 bagian 7c. Gambar 6 bagian 1a dan 1b menunjukkan posisi vision sensor yang digunakan. Untuk benda uji hijau dideteksi oleh sensor vision 1 (Gambar 6 bagian 1a) dan benda uji biru dideteksi oleh sensor vision 2 (Gambar 6 bagian 1b). Untuk mendorong benda uji ketempat penyimpanannya masing-masing digunakan pivot arm sortir yang ditunjukkan pada Gambar 6 bagian 5a dan 5b. Untuk mengembalikan posisi pivot arm sortir setelah mendorong benda digunakan diffuse sensor yang ditunjukkan pada Gambar 6 bagian 6a dan 6b. Panel utama dari mesin sortir ditunjukkan pada Gambar 3 dimana pada panel terdapat tombol Start dan Stop. Benda uji mula-mula akan keluar secara acak melauai panah hijau yang ditunjukkan pada Gambar 6 bagian 4.

B. Vision Sensor

Dalam penelitian ini, sensor warna yang digunakan adalah vision sensor dengan konfigurasi dilakukan terhadap masing-masing sensor untuk mendeteksi warna pada benda uji. Untuk melakukan konfigurasi pada vision sensor dapat dilakukan dengan cara klik kanan pada sensor, lalu pilih konfigurasi. Selanjutnya memilih jenis warna dan material yang akan dideteksi oleh sensor. Gambar 7 menunjukkan tahapan konfigurasi dari vision sensor. Pada penelitian ini vision sensor diatur untuk mendeteksi material berwarna hijau dan juga berwarna biru.

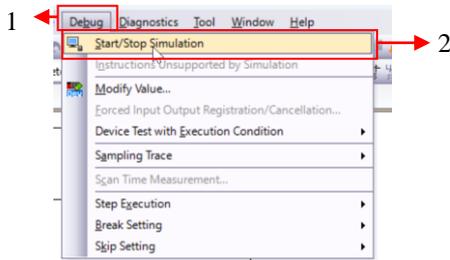


Gambar 7. Konfigurasi vision sensor

C. Simulasi

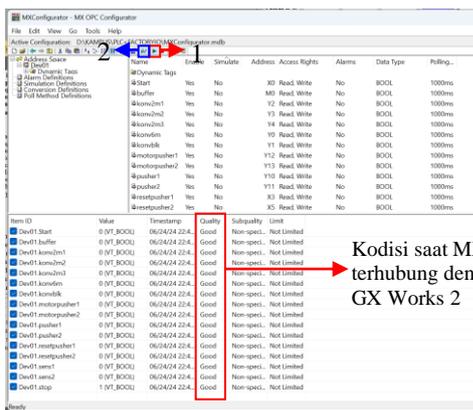
Untuk melakukan simulasi pada laboratorium virtual yang telah dibuat, pastikan software GX Works 2 dalam kondisi simulasi, MX OPC Configurator dalam kondisi simulasi, dan software Factory I/O dalam kondisi terhubung dengan MX OPC. Untuk melakukan simulasi pada software GX Works 2 dapat dilakukan dengan klik menu Debug (Gambar 8 bagian 1), lalu pilih sub menu Start/Stop Simulation

(Gambar 8 bagian 2). Gambar 8 menunjukkan langkah untuk simulasi pada GX Works 2



Gambar 8. Tahapan simulasi GX Works 2

Untuk melakukan simulasi pada *software* MX OPC Configurator dapat dilakukan dengan klik tombol play pada laman MX OPC Configurator. Pastikan mengaktifkan monitoring agar mudah untuk dilakukan pengecekan ketika MX OPC telah terhubung dengan GX Works 2. Gambar 9 menunjukkan tampilan *software* MX OPC saat kondisi simulasi



Kondisi saat MX OPC terhubung dengan GX Works 2

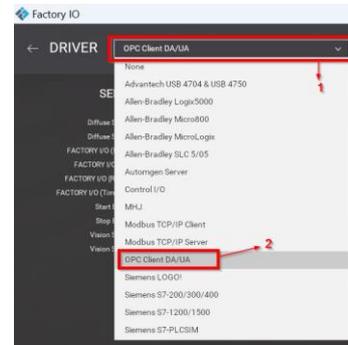
Gambar 9. Tampilan *software* MX OPC saat kondisi simulasi

Untuk melakukan simulasi pada *software* Factory I/O hal yang pertama dilakukan ialah memilih jenis driver yang digunakan. Untuk memilih driver dapat dipilih melalui menu file (Gambar 10 bagian 1) lalu pilih submenu driver (Gambar 10 bagian 2). Gambar 10 menunjukkan tahapan dalam memilih driver yang digunakan.



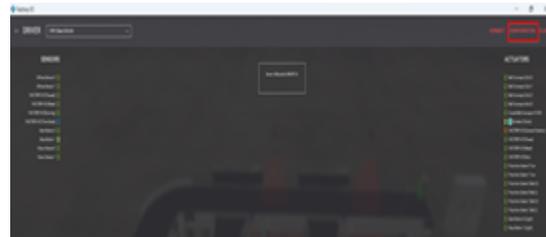
Gambar 10. Tahapan memilih driver pada *software* Factory I/O

Selanjutnya pada bagian driver pilih jenis kontroler yang diinginkan. Pada penelitian ini kontroler yang digunakan adalah OPC Client DA/UA. Gambar 11 menunjukkan Langkah untuk memilih driver yang digunakan.

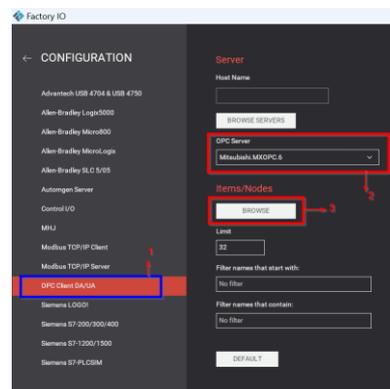


Gambar 11. Tahapan memilih driver pada *software* Factory I/O

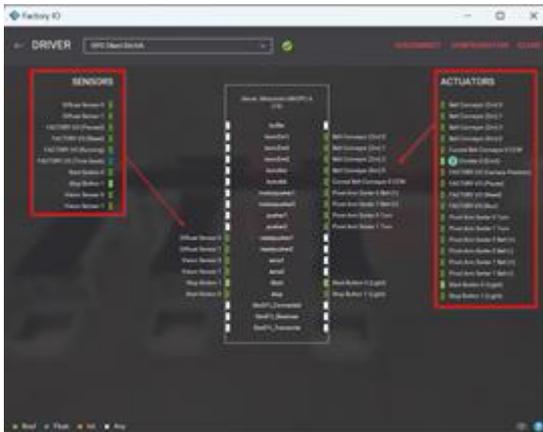
Selanjutnya pada bagian kanan atas pilih configuration (dapat dilihat pada Gambar 12). Setelah masuk kedalam menu configuration, selanjutnya pilih OPC Client DA/UA (Gambar 13 bagian 1). Pada bagian OPC server pilih Mitsubishi MXOPC 6 (Gambar 13 bagian 2) lalu pilih browse (Gambar 13 bagian 3). Selanjutnya akan tampil seperti pada Gambar 14. Pasangkan seluruh komponen yang ada pada list sesuai dengan tampilan yang ada pada driver kontroler. Setelah itu klik tombol back untuk kembali ke tampilan desain mesin sortir lalu pilih tombol play pada bagian kanan atas.



Gambar 12. Tampilan menu configuration pada *software* Factory I/O



Gambar 13. Tahapan memilih konfigurasi OPC Client DA/DU



Gambar 14. Tampilan kontroler yang telah dilengkapi dengan komponen yang dipasangkan

D. Pengujian

Gambar 15 menunjukkan mesin pemilah barang yang telah dijalankan. Benda uji akan keluar secara acak melalui poisis yang telah ditentukan. Sensor akan mendeteksi benda uji sesuai dengan konfigurasi yang dilakukan. Dari gambar 15 dapat dilihat. Benda uji masuk ke tempat penyimpanannya sesuai dengan sistem yang telah dibangun. Dimana benda uji warna hijau akan masuk ke tempat penyimpanan 1, benda uji biru akan masuk ke tempat penyimpanan 2 dan benda uji abu-abu masuk ketempat penyimpanan 3.

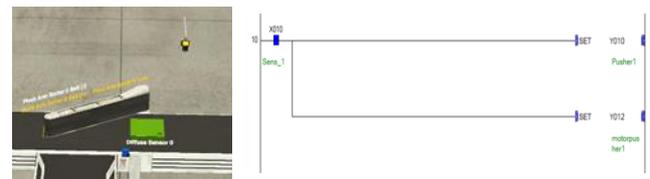


Gambar 15. Mesin pemilah barang dalam kondisi bekerja

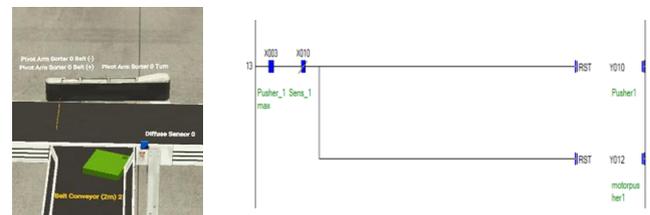
Gambar 16 menunjukkan kondisi ketika benda uji hijau telah melewati sensor 1. Benda uji hijau telah melewati sensor warna sehingga motor servo akan bergerak menutup untuk membelokkan benda uji menuju tempat penyimpanan 1. Pada ladder diagram juga dapat terlihat Ketika sensor warna mendeteksi benda uji hijau, maka kontak NO dengan Alamat X10 akan berwarna biru yang menandakan sensor dalam keadaan terhubung sehingga Y10 dan Y11 akan mendapat instruksi set. Sehingga walaupun benda uji sudah melewati sensor, mesin servo dan belt servo masih terus aktif hingga sensor defiusse pada konveyor penyimpanan benda terhalang sehingga memberikan perintah reset kepada Y10 dan Y12. Gambar 17 menunjukkan kondisi saat benda

uji melewati diffuse sensor dan motor servo Kembali ke posisi awal.

Untuk pembacaan benda uji warna biru prosesnya kurang lebih sama seperti pembacaan pada benda uji hijau namun pengalamatan yang digunakan mulai dari vision sensor dan komponen lainnya menyesuaikan pada tabel pengalamatan yang telah ditentukan sebelumnya.



Gambar 16. Benda uji hijau melewati vision sensor 1



Gambar 17. Benda uji hijau melewati diffuse sensor

D. Uji Performansi

Pada tahapan ini dilakukan pengujian terhadap mesin sortir yang dibuat. Proses pengujian dilakukan dengan melakukan simulasi selama 10 menit dengan mengeluarkan benda secara acak berjumlah 210 buah. Tabel 3 menunjukkan hasil uji performansi dari mesin sortir pada laobratorium virtual yang dibuat.Tingkat akurasi dari pembacaan sensor diperoleh dengan menghitung selisih antara jumlah benda uji yang masuk pada tempat penyimpanan yang tepat dibagi dengan jumlah keseluruhan dari benda uji. Tingkat akurasi dalam pendeteksian benda uji berwarna hijau adalah 97.3 %; Tingkat akurasi dalam pendeteksian benda uji berwarna biru adalah 95.6 %; dan Tingkat akurasi dalam pendeteksian benda uji berwarna hijau adalah 89.7 %.

TABEL 3
HASIL UJI PERFORMASI MESIN PEMILAH BARANG

Benda Uji	Jumlah keseluruhan	Jumlah yang masuk ke penyimpanan	Tingkat akurasi (%)
Hijau	74	72	97.3
Biru	68	65	95.6
Abu-abu	78	70	89.7

Terdapatnya selisih antara pembacaan dari benda uji dikarenakan adanya delay dari benda uji yang keluar sehingga jarak antar benda uji kurang konsisten yang

menyebabkan benda uji mengalami kekeliruan ketika pivot arm sortir masih dalam keadaan aktif.

IV. KESIMPULAN

Desain laboratorium virtual dari mesin sortir berdasarkan kode warna telah berhasil dibuat. Kebaruan dari penelitian ini adalah bagaimana memodelkan mesin pemilah barang sesuai keinginan dalam bentuk virtual dengan mengkolaborasi berbagai software. PLC Mitsubishi dengan jenis FX3U digunakan sebagai kontroler utama dalam penelitian ini. PLC memegang kendali penuh terhadap sistem yang dibuat agar dapat bekerja secara otomatis. Berdasarkan hasil uji performansi selama 10 menit, mesin yang dibuat mampu mengklasifikasikan benda uji dengan tingkat akurasi tingkat akurasi dalam pendeteksian benda uji berwarna hijau adalah 97.3 %; tingkat akurasi dalam pendeteksian benda uji berwarna biru adalah 95.6 %; dan tingkat akurasi dalam pendeteksian benda uji berwarna hijau adalah 89.7 %. Untuk pengembangan kedepannya dapat dilengkapi dengan interface agar mampu mengetahui dengan pasti jumlah barang yang disortir dan juga mempermudah penyampaian informasi dari proses pemilahan barang

DAFTAR ACUAN

- [1] D. Galvez, L. Delgado, C. Caceres, and L. Villarroel, "Virtual Laboratory, a Learning Resource for Distance Education," *2022 IEEE 28th International Conference on Engineering, Technology and Innovation, ICE/ITMC 2022 and 31st International Association for Management of Technology, IAMOT 2022 Joint Conference - Proceedings, 2022*, doi: 10.1109/ICE/ITMC-IAMOT55089.2022.10033177.
- [2] D. T. P. Yanto, M. Kabatiah, H. Zaswita, N. Jalinus, and R. Refdinal, "Virtual Laboratory as A New Educational Trend Post Covid-19: An Effectiveness Study," *Mimbar Ilmu*, vol. 27, no. 3, pp. 501–510, Dec. 2022, doi: 10.23887/MI.V27I3.53996.
- [3] S. Xiao, "VR Open Computer Network Virtual Laboratory Based on Big Data Technology," *J Phys Conf Ser*, vol. 1648, no. 4, p. 042105, Oct. 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1648/4/042105.
- [4] M. C. Manyilizu, "Effectiveness of virtual laboratory vs. paper-based experiences to the hands-on chemistry practical in Tanzanian secondary schools," *Educ Inf Technol (Dordr)*, vol. 28, no. 5, pp. 4831–4848, May 2023, doi: 10.1007/S10639-022-11327-7.
- [5] H. R. Widarti et al., "Developing Integrated Triplet Multi-Representation Virtual Laboratory in Analytic Chemical Materials," *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, vol. 15, no. 8, pp. 119–135, 2021, doi: 10.3991/ijim.v15i08.21573.
- [6] F. Prasetya, B. Syahri, B. R. Fajri, R. E. Wulansari, and A. Fortuna, "Utilizing Virtual Laboratory to Improve CNC Distance Learning of Vocational Students at Higher Education," *TEM Journal*, vol. 12, no. 3, pp. 1506–1518, Aug. 2023, doi: 10.18421/TEM123-31.
- [7] X. Zhang, D. Al-Mekhled, and J. Choate, "Are virtual physiology laboratories effective for student learning? A systematic review," *Adv Physiol Educ*, vol. 45, no. 3, pp. 467–480, 2021, doi: 10.1152/ADVAN.00016.2021.
- [8] M. Nadzirin Anshari Nur, Purnamwati, and Amiruddin, "Analysis of needs for development of the internet of things virtual laboratory," *ITM Web of Conferences*, vol. 58, p. 03004, 2024, doi: 10.1051/itmconf/20245803004.
- [9] X. Ye et al., "Implementing Digital Twin and Asset Administration Shell Models for a Simulated Sorting Production System," in *IFAC-PapersOnLine*, Elsevier B.V., Jul. 2023, pp. 11880–11887. doi: 10.1016/j.ifacol.2023.10.600.
- [10] B. Riera and B. Vigário, "HOME I/O and FACTORY I/O: a virtual house and a virtual plant for control education," in *IFAC-PapersOnLine*, Elsevier B.V., Jul. 2017, pp. 9144–9149. doi: 10.1016/j.ifacol.2017.08.1719.
- [11] M. F. Abdul Aziz et al., "Development of Smart Sorting Machine Using Artificial Intelligence for Chili Fertigation Industries," *Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Systems*, vol. 2021, no. 4, pp. 44–52, 2021, doi: 10.14313/JAMRIS/4-2021/26.
- [12] I. P. G. S. Rahtika, I. M. Suarta, I. K. Rusmariadi, and I. M. G. R. P. Hardianta, "design of a cocoa bean sorting machine," *International research journal of engineering, IT & scientific research*, vol. 9, no. 1, pp. 14–20, Dec. 2022, doi: 10.21744/irjeis.v9n1.2254.
- [13] Mr. Gaikwad S. V., Mr. Kute U. V., Mr. Sahane S. T., Mr. Ohol R. D., and Mr. Borhade Y. V., "Colour Based Object Sorting Machine," *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, pp. 445–449, Apr. 2022, doi: 10.48175/ijarsct-3330.
- [14] N. Z. D. L. Mulyawati, A. N. Aliansyah, S. N. Jaya, and W. O. S. N. Alam, "Sistem Monitoring Mesin Pemilah Barang Berbasis PLC Mitsubishi Menggunakan MS. Excel," *Jurnal Fokus Elektroda : Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika dan Kendali*, vol. 8, no. 1, pp. 49–55, Feb. 2023, Accessed: Jul. 01, 2024. [Online]. Available: <http://elektroda.uho.ac.id/index.php/journal/article/view/42>

