



Sistem Tertanam Berbasis PLC pada Simulator Pemberian Label dan Pemisahan Botol

Danang Adi Nugroho¹, Arief Goeritno^{2*}, Anang Dwi Purnomo³

¹PT Serena Indopangan Industri,

Jalan Mohammad Ashari Nomor 35, Kelurahan Cibinong, Kecamatan Cibinong, Kabupaten Bogor 16911, Jawa Barat

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

³Laboratorium Instrumentasi dan Otomasi, Universitas Ibn Khaldun Bogor

¹ danang421.10@gmail.com, ² arief.goeritno@uika-bogor.ac.id*, ³ anangdwipurnomo.ad@gmail.com

Abstract

Utilization of photoelectric and fiberoptic sensors equipped with a number of actuators have been integrated into an embedded system based on a programmable logic controller (PLC). Embedded systems are mounted on miniature conveyor machines for labeling and bottle separation systems. The labeling mechanism is based on the detection of the photoelectric sensor due to the photoelectric effect, while the bottle separation process is based on the detection of the fiberoptic sensor for two different colors. The objectives of this research includes three things, namely (i) produce a simulator controlled by a PLC system with assisted the help of sensors and actuators, (ii) create a ladder-based program structure, and (iii) measure the performance of the embedded system based on the performance of sensors and actuators. The research methods are conducted based on the research objectives through three stages, namely (i) the assembly of the conveyor frame, installation of the entire device, and integrated wiring; (ii) providing a 64-bit CX-Programmer, determining algorithms, compiling ladder, and compiling and uploading the entire program structure; and (iii) synchronization conditions and readings of on-board sensors for activation of all devices in the output line, and measurement of the processing time of stamping and bottle separation assisted by a pneumatic system. The results of the system performance during the labeling process for green and red bottles were fifteen times each, as was the case with the bottle separation process for green and red bottles, fifteen times each. The performance of the system is based on the success rate during the labeling process of 100%, while the success rate during the bottle separation process is 73.33%. The unsuccessful separation of bottles by 26.67% occurred in green bottles. The general conclusion is that a fabricated embedded system can be used as a simulator for a mechanical system of labeling and separating bottles based on bottle color, so it is a form of implementing PLC-based instrumentation for automation processes.

Keywords: embedded system, PLC, simulator, labeling and separating bottles, miniature of conveyor machine.

Abstrak

Pemanfaatan sensor *photoelectric* dan *fiberoptic* dilengkapi dengan sejumlah aktuator telah diintegrasikan ke sebuah sistem tertanam (*embedded system*) berbasis *programmable logic controller* (PLC). Sistem tertanam dipasang pada miniatur mesin konveyor untuk sistem pemberian label dan pemisahan botol. Mekanisme pemberian label berdasarkan deteksi sensor *photoelectric* akibat efek foto listrik, sedangkan proses pemisahan botol didasarkan kepada deteksi sensor *fiberoptic* terhadap dua warna berbeda. Sasaran penelitian ini meliputi tiga hal, yaitu (i) membuat simulator terkendali oleh sistem PLC berbantuan sensor dan aktuator, (ii) membuat struktur program berbasis *ladder*, dan (iii) mengukur kinerja sistem tertanam berdasarkan performansi sensor dan aktuator. Metode penelitian dilakukan berdasarkan sasaran penelitian melalui tiga tahapan, yaitu (i) perakitan kerangka konveyor, pemasangan seluruh perangkat, dan pengawatan terintegrasi; (ii) penyediaan CX-Programmer 64 bit, penetapan algoritma, penyusunan *ladder*, dan proses *compiling* dan *uploading* terhadap seluruh struktur program; dan (iii) kondisi sinkronisasi dan pembacaan sensor-sensor terpasang untuk pengaktifan seluruh perangkat di jalur keluaran dan pengukuran waktu proses pemberian stempel dan pemisahan botol berbantuan sistem pneumatis. Hasil kinerja sistem saat proses pemberian label terhadap botol warna hijau dan merah, masing-masing sebanyak lima belas kali, demikian halnya dengan saat proses pemisahan botol pada botol warna hijau dan merah, masing-masing sebanyak lima belas kali. Kinerja sistem berdasarkan tingkat keberhasilan saat proses pemberian label sebesar 100%, sedangkan tingkat keberhasilan saat proses pemisahan botol sebesar 73,33%. Ketidakterhasilan pemisahan botol sebesar 26,67% terjadi pada botol warna hijau. Kesimpulan secara umum, bahwa sistem tertanam terpabrikasi dapat digunakan sebagai simulator untuk sistem mekanis pemberian stempel dan pemisahan botol berdasarkan warna botol, sehingga merupakan salah satu bentuk implementasi instrumentasi berbasis PLC untuk proses otomasi.

Kata kunci: sistem tertanam, PLC, simulator, pemberian label dan pemisahan botol, miniature mesin konveyor.

Diterima Redaksi: 30-08-2021 | Selesai Revisi: 02-10-2021 | Diterbitkan Online: 25-10-2021

1. Pendahuluan

Sistem otomasi berbentuk *trainer kit stamping station* yang dikembangkan berbasis aplikasi *Zelio Soft 2*, telah dimanfaatkan untuk media pembelajaran instalasi motor listrik di SMK Negeri 1 Pundong [1] dengan model *Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation (ADDIE)* yang diadopsi dan disesuaikan dari Lee and Owens. Keberadaan *Programmable Logic Controller (PLC)* atau pengontrol logika terprogram [2-9] sebagai inti sistem pengontrolan yang diperoleh dari berbagai penjelasan [2-8] maupun dari produsen *PLC* [9-11], salah satunya bermerek dagang *Zelio* tipe SR3B261BD [10] dengan *Zelio Soft 2* yang digunakan untuk pengembangan *trainer kit stamping station* tersebut [1]. Pemilihan dan pemasangan *PLC* merek *Zelio* tipe SR3B261BD [10], maupun *PLC* dengan merek dagang lain [9, 11] untuk sejumlah keperluan pembuatan prototipe, seperti (i) pengoperasian miniatur penyortiran material [12,] dengan *PLC* Mitsubishi [9], (ii) pengaturan lalu-lintas jalan raya pada perlintasan jalur kapal [13] dengan *PLC* Mitsubishi [9], dan (iii) pengoperasian simulator *rejection system* [14] dan simulator proses pengisian dan pemasangan tutup botol [15] dengan *PLC* Omron [11].

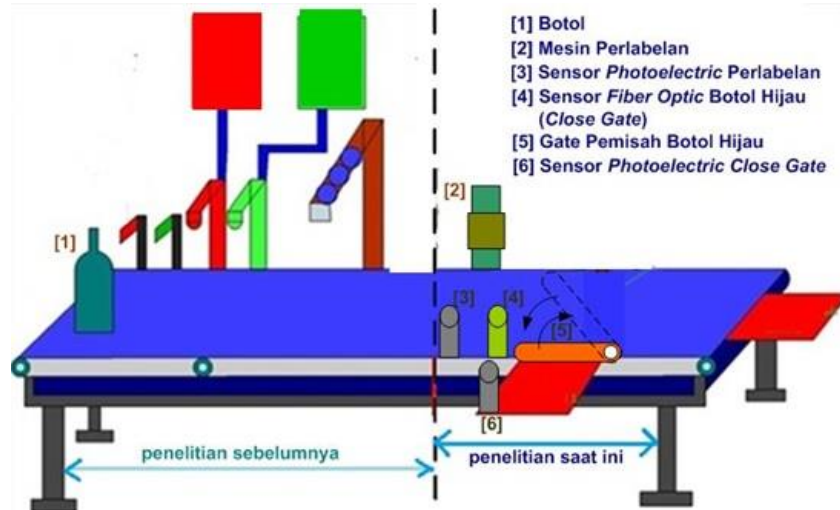
Penggunaan *PLC* *Zelio* tipe SR3B261BD dengan *Zelio Soft 2* [10] yang dipadukan dengan pemasangan sensor warna TCS 230 dan sensor *proximity* di *port* masukan (*input*), sedangkan pada *port* keluaran (*output*) terhubung ke *actuator* untuk penggerakan motor *dc* dan motor *door lock* [1]. Kinerja *trainer kit stamping station* dapat beroperasi dengan baik berkaitan (a) proses pemberian stempel kode warna merah, ketika benda berwarna merah terdeteksi sensor warna dengan nilai tegangan analog sebesar 2,6 volt dan (b) proses pemberian stempel kode warna hijau, ketika benda berwarna hijau dideteksi sensor warna dengan nilai tegangan analog sebesar 3,7 volt. Kekurangan sistem otomasi tersebut, yaitu sistem tetap dapat beroperasi walaupun proses pemberian stempel tidak dapat dilakukan, ketika benda terdeteksi tidak berwarna merah atau hijau [1].

Penelitian lain berkaitan dengan pengendali pada prototipe konveyor penyortiran melalui pemanfaatan sistem vakum pneumatik sebagai alat bantu dalam penyortiran dan pemindahan barang dengan tegangan keluaran relative stabil pada nilai 24 volt untuk setiap beban terkendali [16]. Proses kerja prototipe berbasis *PLC* merek WAGO seri 750-842 [17] pada konveyor penyortir dan pemindah barang, yaitu berupa pengukuran waktu tempuh selama proses beroperasi [16]. Pemindahan terhadap barang berwarna biru

dibutuhkan waktu sebesar 10,53 detik, untuk barang berwarna hijau selama 14,28 detik, dan 17,04 detik untuk barang berwarna merah, sehingga diperoleh nilai rata-rata selama proses kerja. Hal itu merupakan bentuk bantuan bagi para pekerja, sehingga pekerjaan menjadi lebih praktis dan tidak dibutuhkan waktu lebih lama. Berdasarkan hasil pengukuran jarak pembacaan oleh sensor warna TCS 230 pada prototipe ini, diperoleh sebesar 2 cm sebagai jarak optimal. Nilai cahaya juga berpengaruh terhadap hasil pembacaan sensor warna TCS 230, yaitu nilai cahaya sebesar 250 lux pada jarak 2 cm [16].

Berpedoman kepada beberapa penelitian sebelumnya, maka dipabrikasi sebuah sistem berbasis *PLC* Omron *CPIE-E30SDR-A* untuk simulator proses pemberian label dan pemisahan botol berbantuan sensor *photoelectric* dan *RGB fiberoptic* pada miniatur mesin konveyor. Penelitian ini merupakan penelitian tahap lanjutan dari penelitian tentang simulator proses pengisian dan pemasangan tutup botol terkendali *PLC* pada miniatur konveyor [16] dengan pemanfaatan sensor *RGB fiberoptic* dan *photoelectric*, sehingga merupakan satu kesatuan bangunan sistem berkelanjutan, tetapi dengan fungsi yang berbeda. Pemanfaatan *PLC* merek *Zelio* SR3B261BD [10] dalam bentuk sebuah prototipe sistem pada penelitian pengembangan *trainer kit stamping station* [1], terdapat kekurangan terkait sensitivitas terhadap warna pada TCS 230 ketika proses pemberian stempel tidak dapat dilakukan saat ketika benda terdeteksi tidak berwarna merah atau hijau [1]. Pemilihan merek *PLC* WAGO 750-842 [17] digunakan sebagai sistem pengendali pada prototipe konveyor penyortir dengan pemanfaatan sistem vakum pneumatik [16], terdapat kekurangan terkait jarak optimal pembacaan oleh sensor warna TCS 230 hanya sebesar 2 cm dengan nilai cahaya sebesar 250 lux pada jarak tersebut [16]. Berdasarkan kekurangan sensor warna TC 230, maka pada penelitian ini dilakukan pemilihan terhadap sensor *RGB Fiberoptic*, sedangkan sensor jarak dipilih tipe *photoelectric*.

Mekanisme pengoperasian sistem tertanam (*embedded system*) terpabrikasi dilakukan melalui sejumlah tahapan, yaitu (i) saat botol berwarna merah/hijau terdeteksi oleh *photoelectric sensor*, maka *pneumatic valve* untuk pemberian label beroperasi sesuai penyetelan waktu dan (ii) setelah proses pemberian label, maka sistem pemisahan botol beroperasi untuk tahapan berbeda. Tampilan sketsa tiga dimensi *embedded system* berbasis *PLC* untuk simulator proses pemberian label dan pemisahan botol, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan sketsa tiga dimensi *embedded system* berbasis *PLC* untuk simulator proses pemberian label dan pemisahan botol

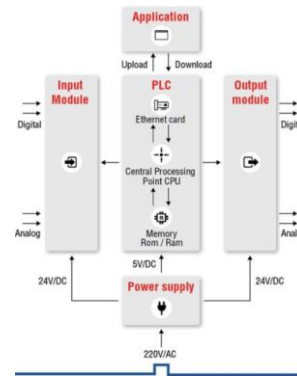
Berpedoman kepada Gambar 1, maka ditetapkan sasaran penelitian, yaitu (1) membangun miniatur mesin konveyor untuk keperluan sistem perlabelan dan pemisahan botol berbantuan sensor *photoelectric* dan *fiberoptic*, sistem silinder pneumatik, dan pemasangan *PLC* Omron *CP1E-E30SDR-A*, (2) membuat struktur program berbasis *ladder diagram* untuk sistem *PLC*, dan (3) mengukur kinerja prototipe sistem berbasis *PLC* pada simulator sistem mekanis untuk perlabelan dan pemisahan botol berdasarkan performansi sensor dan aktuator.

2. Metode Penelitian

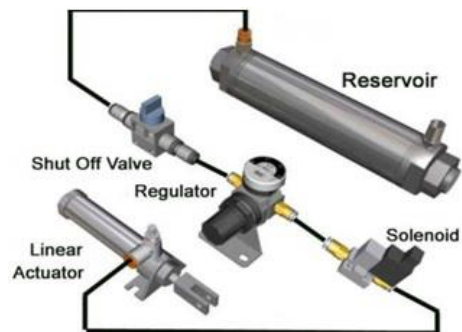
Penelitian ini berkaitan erat dengan perangkat *PLC*, sistem silinder *pneumatic*, dan perlabelan. Pemanfaatan *PLC* sejak pertama kali ditemukan pada tahun 1968 [18] dan telah berperan penting dalam operasi manufaktur sejak saat itu [2], merupakan modul pengontrol berbasis *solid-state computer* untuk keperluan industri [2-8]. Keberadaan *solid-state computer* digunakan untuk pemantauan terhadap jalur (*port*) masukan (*input*) dan pembuatan keputusan berbasis logika dalam suatu proses secara otomatis, sehingga *port* keluaran (*output*) teraktifkan [2-8]. Penggunaan komputer personal (*personal computer, PC*) sebagai pusat pengontrol [19, 20] maupun sistem berbasis *chip* [21-23] atau modul mikrokontroler [24-27], juga telah terimplementasikan dalam berbagai bentuk prototipe. Berdasarkan hal itu, maka pemanfaatan teknologi *PLC* yang telah ada selama beberapa waktu tersebut, maka keberadaan *PLC* masih menjadi bagian penting dalam industri hingga saat ini [28-32]. Diagram skematis pemanfaatan *PLC* berbasis *solid-state computer* untuk keperluan industri [9, 13], seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Sistem pneumatik merupakan sebuah teknologi pemanfaatan udara terkompresi sebagai penghasil efek gerakan mekanis. Sistem pneumatik tidak dapat dipisahkan dari kompresor, sebagai sebuah alat penghasil udara bertekanan tertentu. Sistem kerja

pneumatik mirip dengan sistem hidrolik. Diagram skematis sistem pneumatik, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



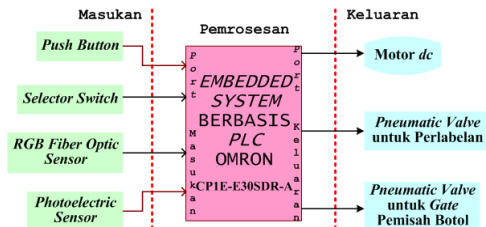
Gambar 2. Diagram skematis pemanfaatan *PLC* berbasis *solid-state computer* untuk keperluan industri



Gambar 3. Diagram skematis sistem pneumatik

Label adalah salah satu bagian dari produk berupa keterangan baik gambar maupun kata-kata dengan fungsi sebagai sumber informasi produk dan penjualan. Label secara umum berisi informasi, berupa nama atau merek produk, bahan baku, bahan tambahan, komposisi, informasi gizi, tanggal kadaluwarsa, isi produk, dan keterangan legalitas [33].

Pembuatan sistem tertanam berbasis *PLC* Omron CP1E-E30SDR-A [11] untuk sistem mekanis pada mesin pemberian label dan pemisahan terhadap botol berdasarkan warna botol, dilakukan setelah penetapan sasaran penelitian. Pemisahan botol setelah diberi stempel, berupa pengaktifan gerbang (*gate*) secara otomatis terhadap botol berwarna hijau. Diagram skematik sesuai identifikasi dan perumusan masalah, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram skematik sesuai identifikasi dan perumusan masalah

Penjelasan untuk Gambar 4, bahwa pada *port* masukan *PLC* terhubung dengan *push button*, *selector switch*, sensor *RGB fiberoptic*, dan sensor *photoelectric*, sedangkan pada *port* keluaran *PLC* terhubung dengan *pneumatic valve* untuk pemberian label, motor *dc*, dan *pneumatic valve* untuk pengoperasian *gate* guna pemisahan terhadap jalur botol warna hijau.

Data penelitian sangat berkait erat dengan sasaran penelitian, yaitu (i) data tentang dua subsistem untuk dua proses berbeda, tetapi berurutan; (ii) data tentang tampilan struktur program berbasis *ladder diagram* untuk pengoperasian simulator terhadap proses pemberian label dan proses pemisahan terhadap botol; dan (iii) data tentang hasil pengukuran kinerja sistem saat dilakukan pengamatan terhadap proses pemberian label maupun pemisahan botol.

2.1. Pembatasan Pembahasan untuk Pencapaian Sasaran Penelitian

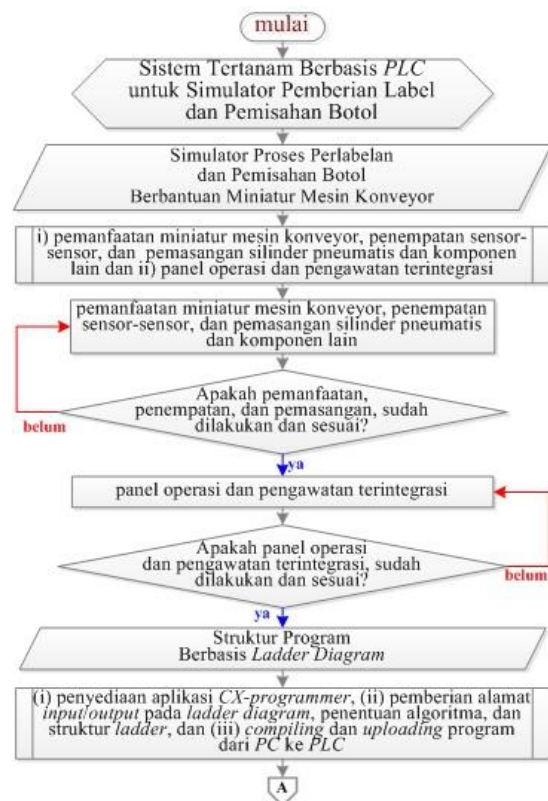
Sistem terfabrikasi digunakan sebagai simulator untuk pemberian label dan pemisah botol pada miniatur mesin konveyor yang beroperasi secara otomatis terkendali oleh *PLC Omron CP1E-E30SDR-A* [11] sebagai pusat pemroses data masukan dan perintah untuk pengaktifan aktuator pada jalur (*port*) keluaran *PLC*. Mekanisme pengoperasian prototipe melalui sejumlah tahapan, yaitu (i) setiap botol yang telah terisi dan tertutup secara otomatis, kemudian dideteksi oleh *photoelectric sensor* untuk diberi stempel berbantuan sistem pneumatik dan (ii) setelah proses pemberian stempel terhadap botol selesai, maka pemisah botol beroperasi untuk pemisahan botol berdasarkan warna berbantuan sensor fiber optik. Botol berwarna merah berjalan hingga ujung konveyor menuju *packing table* botol merah, dan botol berwarna hijau diarahkan ke samping pada konveyor pada area *packing table* botol hijau. Penggunaan sensor *fiberoptic* sangat penting pada simulator ini, karena sebagai pendeteksi warna botol. Simulator terfabrikasi ini dengan beberapa komponen, meliputi (a) sensor

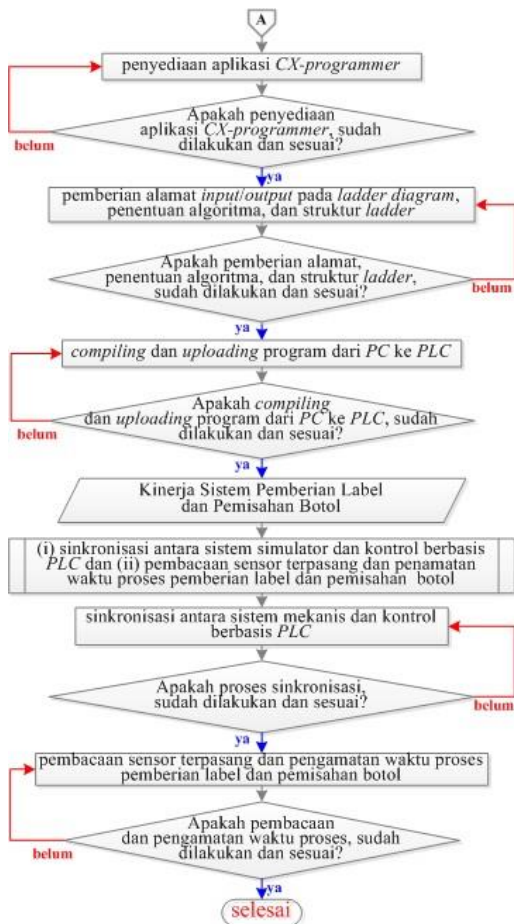
fiberoptic sebagai pendeteksi warna botol, (b) *photoelectric sensor* sebagai pendeteksi keberadaan botol untuk diberi stempel, (c) motor *dc* sebagai penggerak konveyor, dan (e) sistem silinder pneumatik sebagai penggerak stempel dan pengoperasian pintu palang (*gate*).

Langkah-langkah untuk pencapaian sasaran penelitian dibatasi pada masalah yang berkaitan dengan #i) pembuatan sistem mekanis perlabelan, pemisahan botol, dan sistem pendukung, melalui pembuatan miniatur mesin konveyor, penempatan perangkat, pembuatan panel, dan pengawatan terintegrasi sistem berbasis *PLC*; #ii) pemrograman terhadap sistem *PLC*, melalui penyediaan aplikasi *CX-programmer*, pemberian alamat masukan/keluaran pada *ladder diagram*, penentuan algoritma, pembuatan struktur *ladder*, dan proses pengunggahan (*uploading*) dari *PC* ke *PLC* berbantuan kabel *USB*; dan #iii) pengukuran kinerja simulator, melalui sinkronisasi antara simulator sistem mekanis dan kontrol berbasis *PLC* dan pembacaan sensor terpasang untuk pengamatan proses perlabelan dan pemisahan botol berbantuan sistem silinder *pneumatic*.

2.2. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Berdasarkan langkah-langkah tersebut, maka dibuat metode penelitian berbentuk diagram sebagai sebuah algoritma bagi seorang peneliti untuk penuntasan terhadap penelitian yang dilakukan. Diagram alir pelaksanaan penelitian, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

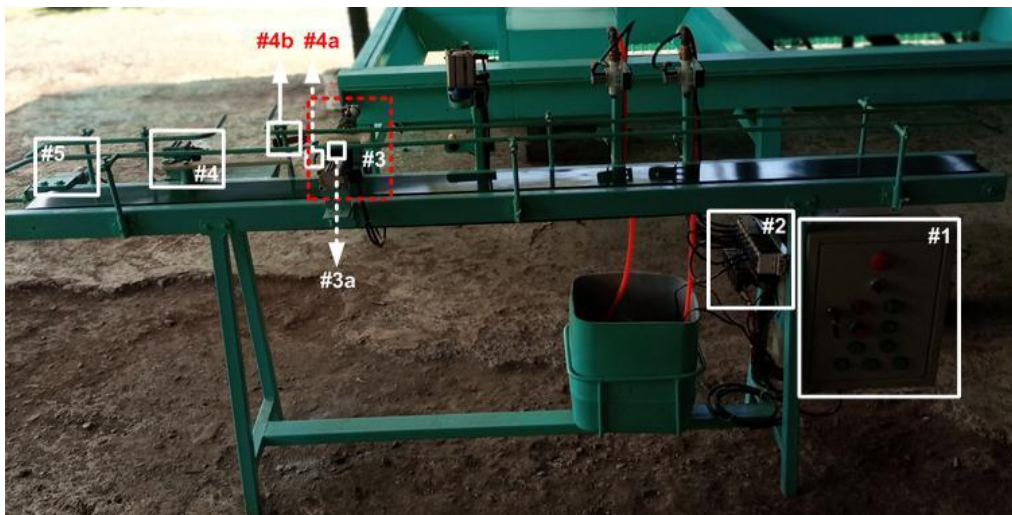




Gambar 5. Diagram alir pelaksanaan penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

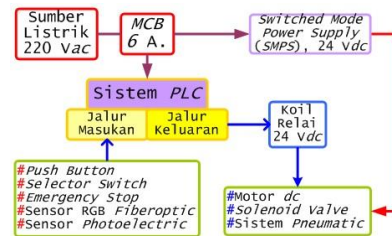
3.1. Simulator Proses Perlabelan dan Pemisahan Botol Berbantuan Miniatur Mesin Konveyor



Keterangan pada gambar: #1 Panel Pengoperasian; #2 Solenoid Valve sebagai Aktuator untuk sistem silinder Pneumatic; #3 Silinder Pneumatic untuk Perlabelan Botol; #3a Sensor Photoelectric untuk Perlabelan Botol; #4 Silinder Pneumatic untuk Gate Pemisah Botol Hijau; #4a Sensor RGB Fiberoptic untuk Open Gate Botol Hijau; #5 Motor dc untuk Penggerak Belt Conveyor

Gambar 7. Tampilan miniatur mesin konveyor untuk simulator proses perlabelan dan pemisahan botol

Tahapan-tahapan untuk keterbentukan simulator sistem, melalui (i) pembuatan miniatur mesin konveyor, (ii) penempatan sensor dan sistem *pneumatic*, dan (iii) pembuatan panel operasi dan pengawatan terintegrasi sistem. Diagram skematis keterwujudan simulator, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram skematis keterwujudan simulator

Berdasarkan Gambar 6 ditunjukkan, bahwa tegangan masukan 220 Vac disambungkan pada terminal *power* pada PLC dan *switched mode power supply* 24 Vdc melalui miniature circuit breaker (MCB) 6 ampere sebagai alat proteksi terhadap arus lebih (*over current*), akibat beban lebih (*over load*) atau gangguan hubung singkat (*short circuit fault*) pada sistem simulator. Tegangan listrik pada sistem catu daya untuk pengoperasian simulator merupakan kondisi seperti pada simulator-simulator berbasis PLC terfabrikasi sebelumnya yang telah terdiseminasikan pada Desember 2020 [12, 13], April 2021 [14], atau Agustus 2021 [15].

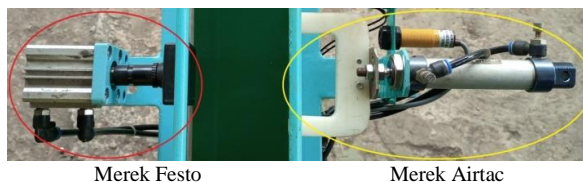
3.1.1. Miniatur mesin konveyor dan penempatan perangkat

Tampilan miniatur mesin konveyor untuk simulator proses perlabelan dan pemisahan botol, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.

Berdasarkan Gambar 7 ditunjukkan, bahwa miniatur mesin konveyor menjadi media penggerak botol pada simulator ini. Miniatur mesin konveyor berukuran 200 cm x 10 cm, meliputi bagian-bagian (i) kerangka konveyor (ii) plat 2 mm digunakan sebagai dudukan konveyor, (iii) *roller* pada konveyor berdiameter 5 cm dan panjang 15 cm dilengkapi *shaft coupling* untuk sambungan ke poros motor *dc*, (iv) *guide* digunakan sebagai pengaman botol, agar tidak terjatuh pada saat bergerak pada konveyor. *Belt* untuk mesin konveyor terbuat dari bahan *PVC* berukuran 200 cm x 10 cm, dilengkapi dengan motor penggerak, *solenoid valve*, silinder *pneumatic*, dan sensor-sensor terpasang. Miniatur mesin konveyor ini juga digunakan untuk penelitian tentang simulator proses pengisian cairan dan pemberian tutup botol [15].

Motor penggerak berupa motor *dc* dengan sistem tegangan 24 volt, pengaturan kecepatan putar dengan rasio 1:200 berkecepatan 22 *revolution per minute (RPM)*. *Solenoid valve* merek *Airtac* digunakan sebagai pengontrol saluran udara bertekanan ke silinder *pneumatic*. *Solenoid valve* terpasang di bagian bawah konveyor berbantuan *manipol* untuk penyaluran udara bertekanan dari kompresor, berukuran 5/2 dengan satu lubang masukan, satu lubang keluaran, dengan koil 24 *Vdc* yang beroperasi berdasarkan medan elektromagnetik dari koil.

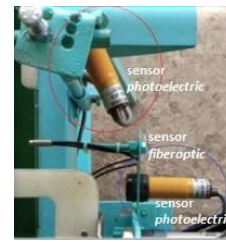
Silinder *pneumatic* terpasang pada rangka konveyor, digunakan untuk mesin pemberian label dan penggerak *gate* pemisah botol. Pemasangan silinder *pneumatic* bermerek *Festo*, panjang *stroke* 40 mm, diameter 16 mm, tekanan silinder maksimal 6 *bar*, sudah dimodifikasi untuk stempel berdimensi tinggi 6 cm, panjang 4 cm, dan lebar 3,2 cm. Silinder *pneumatic* bermerek *Airtac* berdiameter 8 mm, panjang *stroke* 50 mm, tekanan *cylinder* maksimal 6 *bar*, sudah dimodifikasi sebagai penahan botol, agar tidak jatuh atau terpelantak saat proses perlabelan berlangsung. Penahan botol terbuat dari bahan teflon berbentuk U berukuran panjang 7 cm dan lebar 4 cm. Silinder *pneumatic* merek *Festo* juga digunakan untuk mesin *gate* pemisah botol, telah dimodifikasi untuk pengarahan dan pendorongan botol warna hijau ke *packing table* yang berada di samping kanan konveyor. Pengarah dan pendorong botol terbuat dari bahan teflon berbentuk seperti mata pisau dengan panjang 26,5 cm. Bentuk fisis silinder *pneumatic* untuk mesin perlabelan, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Bentuk fisis silinder *pneumatic* untuk mesin perlabelan

Sensor-sensor terpasang pada konveyor, meliputi (a) *photoelectric sensor* dan (b) *RGB fiber optic sensor*.

Penempatan kedua jenis sensor, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Bentuk fisis sensor *photoelectric*

Berdasarkan Gambar 9 dapat dijelaskan, bahwa sensor *photoelectric* (bagian dilingkari warna biru) dipilih sebagai pendeteksi botol, karena efektif untuk pembacaan suatu objek. Sensor *photoelectric* bermerek *Sunik E3F-DS30C4* dengan jarak deteksi objek 5-30 cm, pembacaan *infrared LED* 660 nm dapat diatur sesuai kebutuhan, *frequency response* sebesar 300 hertz dan *response time* maksimum sebesar 1,5 ms. Penempatan sensor *photoelectric* di sebelah kanan silinder *pneumatic* penahan botol sebagai pendeteksi botol untuk proses perlabelan. Sensor *photoelectric* dipasang sedikit serong ke kanan (bagian dilingkari warna merah) sebagai pendeteksi penutupan *gate* ketika botol berada di tepi konveyor.

Sensor *RGB Fiber optic* sebagai pendeteksi warna, agar botol beda warna dapat dipisahkan. Pilihan terhadap merek *Autonic* tipe *BF4G* dengan penjelasan, bahwa sensor dengan *frequency response* maksimum sebesar 0,5 ms (frekuensi-1 untuk sensor terhadap warna merah), sedangkan 0,7 ms (frekuensi-2 untuk sensor terhadap warna hijau), keduanya dengan konsumsi arus maksimal sebesar 45 mA. Penguat (*amplifier*) untuk *RGB fiber optic sensor*, digunakan untuk penyetelan (*setting*) warna terdeteksi. Pemanfaatan sensor ini juga digunakan untuk penelitian tentang simulator proses pengisian cairan dan pemberian tutup botol [15]. Penempatan *Autonic BF4G* pada posisi setelah mesin perlabelan, sebagai pendeteksi warna botol hijau dan sebagai pembuka *gate* pemisah botol untuk pengarah botol menuju *packing table*.

3.1.2. Panel operasi dan pengawatan terintegrasi

Kotak panel pengoperasian berukuran 30 x 40 x 18 cm untuk penempatan komponen-komponen dan dilakukan pengintegrasian pengawatan. Penampang fisis kotak panel dan terminal-terminal penghubung komponen-komponen, seperti ditunjukkan pada Gambar 10.

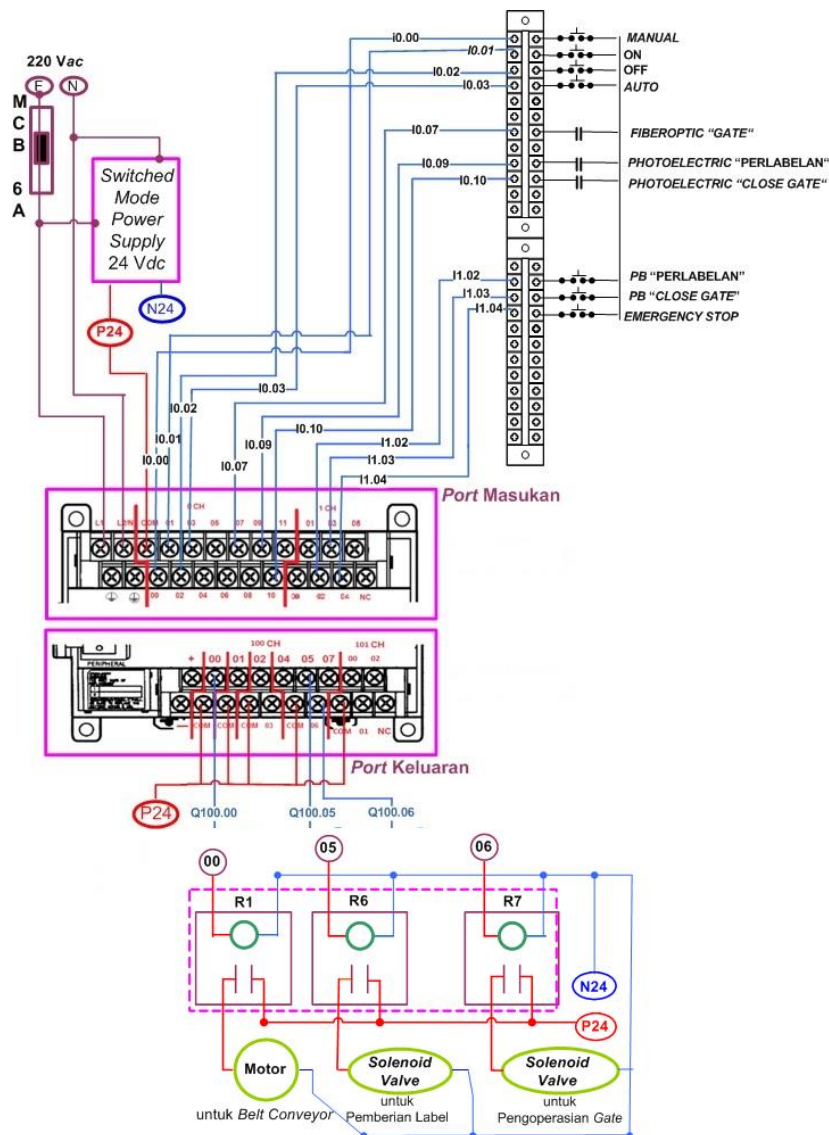


Gambar 10. Penampang fisis kotak panel dan terminal-terminal penghubung komponen-komponen

Berdasarkan Gambar 10 ditunjukkan, bahwa tata letak komponen disesuaikan dengan ketersediaan tempat. Masukan (*input*) dan keluaran (*output*) pada PLC digunakan kabel warna merah dengan tegangan 24 Vdc ditandai pemberian sepatu kabel berbeda untuk kutub positif dan negatif. Keluaran dari catu daya 220 Vac untuk keperluan pasokan ke *solenoid valve*, dan sistem PLC. Tegangan keluaran dari *switched mode power supply* dan keluaran PLC dihubungkan ke koil relai elektromekanik untuk tegangan operasi. Penggunaan relai bertujuan untuk pengamanan terhadap *contact point* pada *output* PLC, sehingga *contact point* pada *output* PLC tidak terbebani lebih dari kemampuan. Fungsi relai elektromekanik sebagai penghubung atau pemutus operasi aktuator, untuk keperluan (i) motor 24 Vdc untuk mesin konveyor, (ii) *solenoid valve* 24 Vdc untuk sistem pneumatic. Merek Omron tipe MY4N pada relai elektromekanik disesuaikan dengan keberadaan merek PLC.

Penggunaan *port* masukan PLC sebanyak 10 masukan untuk keperluan (i) tombol tekan (*push button*), (ii) tombol tekan *emergency stop*, (iii) *selector switch*, (iv) sensor *photoelectric*, dan (v) sensor RGB *fiberoptic*. Terminal pada *port* masukan di PLC berupa tipe negatif 24 Vdc dan sensor bertipe NPN (*Negative Positive Negative*), sedangkan terminal *commonly* (com) pada *port* masukan dihubungkan ke kutub positif. Relai elektromekanik terhubung ke *port* keluaran PLC sebanyak 3 (tiga) buah yang digunakan untuk keperluan sistem perlabelan dan pemisah botol, melalui terminal pada *auxiliary contact* untuk (i) motor 24 Vdc (CR 100.00), (ii) *solenoid valve* perlabelan botol (CR 100.05), dan (iii) *solenoid valve* pada mekanisme *gate* pemisah botol hijau (CR 100.06).

Diagram pengawatan keterhubungan pada *port* masukan dan keluaran, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



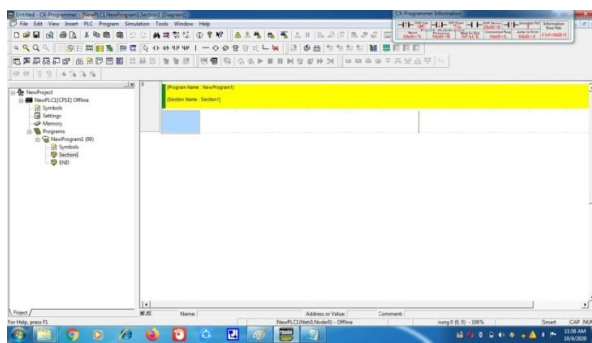
Gambar 11. Diagram pengawatan keterhubungan pada *port* masukan dan keluaran

3.2. Struktur Program Berbasis *Ladder Diagram*

Sejumlah tahapan untuk pembeuan struktur program berbasis ladder diagram, yaitu (i) penyediaan aplikasi CX-programmer, (ii) pemberian alamat *input/output* pada *ladder diagram*, penentuan algoritma, dan struktur *ladder*, dan (iii) pengunggahan struktur program dari PC ke PLC.

3.2.1. Penyediaan aplikasi CX-programmer

CX-programmer merupakan sebuah aplikasi untuk media pemrograman PLC Omron. Proses penyalinan aplikasi dan pemasangan CX-programmer pada komputer dari *flashdrive* dilakukan dengan sejumlah tahapan. Tampilan aplikasi CX-programmer pada saat pertama kali dibuka, seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Tampilan aplikasi CX-programmer pada saat pertama kali dibuka

Berdasarkan Gambar 12 dapat dijelaskan, bahwa harus dilakukan pemilihan tipe PLC dan kabel komunikasi yang digunakan untuk penggunaan aplikasi ini. Pemilihan

tipe PLC berpengaruh pada fitur perintah yang terdapat pada CX-programmer.

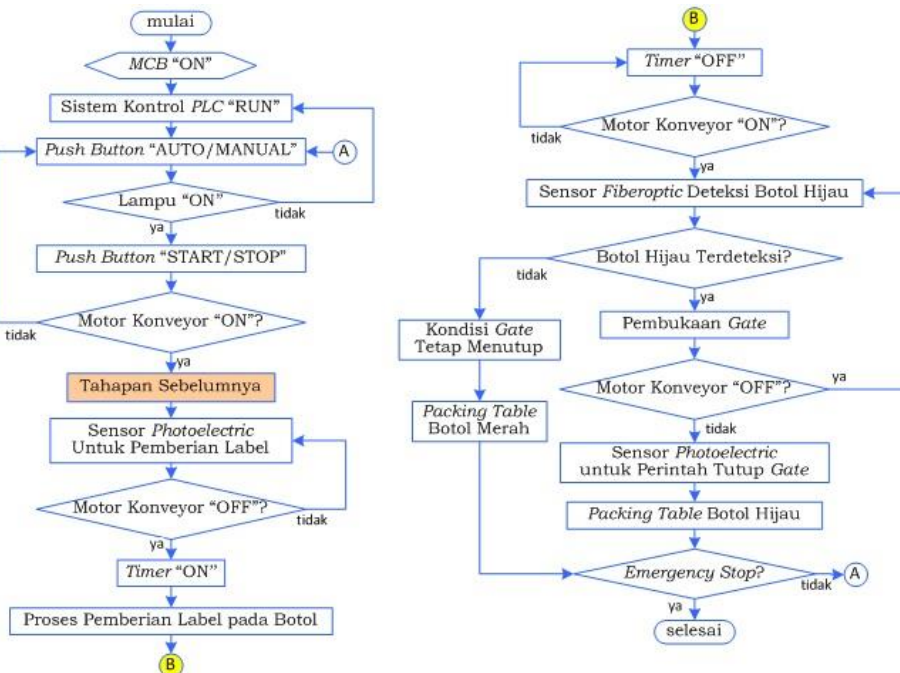
3.2.2. Pemberian alamat input/output pada ladder diagram, penentuan algoritma, dan struktur ladder

Pemrograman sistem PLC didasarkan pada pemberian alamat pada jalur (*port*) masukan/keluaran, penetapan algoritma, dan pembuatan struktur ladder dengan CX-programmer. Pengalamatan *input* dan *output* pada sistem PLC harus ditentukan untuk kemudahan dalam proses pemrograman dan pengawatan. Penetapan alamat pada jalur *input* dan *output*, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penetapan alamat pada jalur *input* dan *output*

Alamat di port masukan		Alamat di port keluaran	
PLC	Komponen	PLC	Komponen
I0.00	Selector Switch “manual”	Q100.00	R1
I0.01	Push Button ON	Q100.01	R2
I0.02	Push Button OFF	Q100.02	R3
I0.03	Selector Switch “otomatis”	Q100.03	R4
I0.04	Sensor Fiber Optic “merah”	Q100.04	R5
I0.06	Sensor Fiber Optic “hijau”		
I0.08	Sensor Photoelectric “tutup botol”		
I0.11	Push Button “manual merah”		
I1.00	Push Button “manual hijau”		
I1.01	Push Button “manual tutup”		
I1.02	Push Button “manual label”		
I1.03	Push Button “manual gate”		
I1.04	Push Button Emergency Stop		

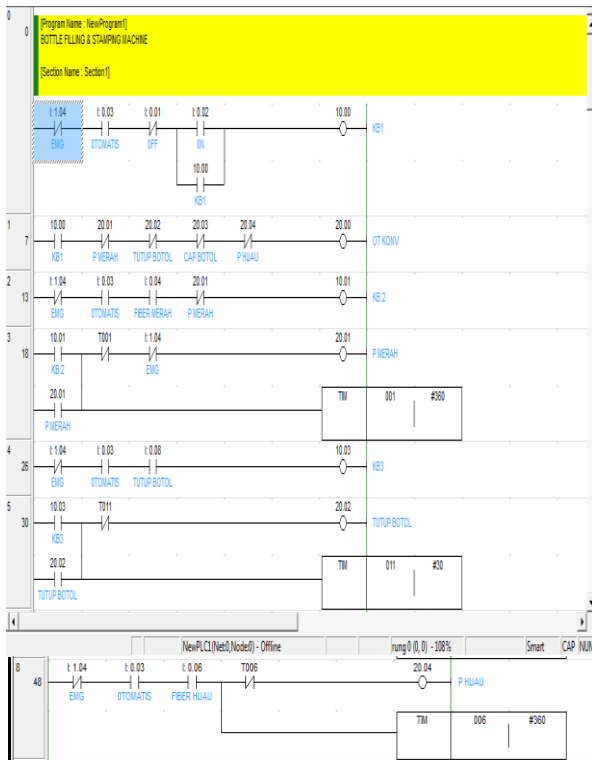
Setelah penetapan pengalamatan pada port masukan/keluaran, maka dilanjutkan dengan penetapan algoritma pemrograman. Tahapan-tahapan pada algoritma pemrograman terhadap sistem perlabelan dan pemisah botol, seperti ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Tahapan-tahapan pada algoritma pemrograman terhadap sistem perlabelan dan pemisah botol

Berdasarkan Gambar 13, maka dilakukan tahapan penyusunan struktur *ladder* untuk pemrograman *PLC*.

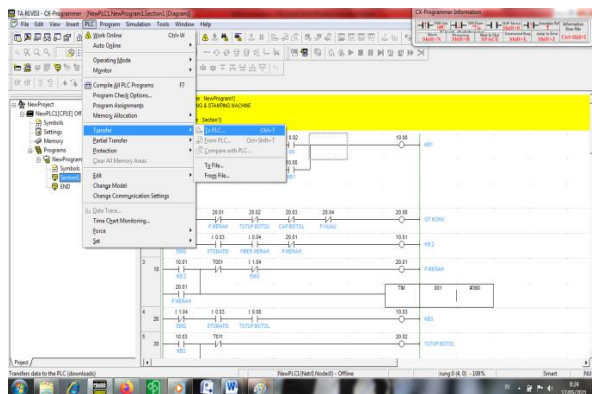
Tampilan struktur *ladder*, seperti ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Tampilan susunan *ladder*

3.2.3. Pengunggahan struktur program dari *PC* ke *PLC*

Setelah penentuan algoritma dan penyusunan struktur *ladder*, kemudian dilakukan proses *compiling* dan *uploading* dari *PC* ke dalam *PLC* berbantuan kabel *USB*. Tampilan proses *compiling* dan *uploading*, seperti ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Tampilan proses *compiling* dan *uploading* program *ladder* dari *PC* kedalam *PLC*

Berdasarkan Gambar 15 ditunjukkan, bahwa proses *compiling* dan *uploading* dilakukan dalam 3 tahapan, yaitu *online to PLC*, *compile the program*, dan *transfer to PLC*.

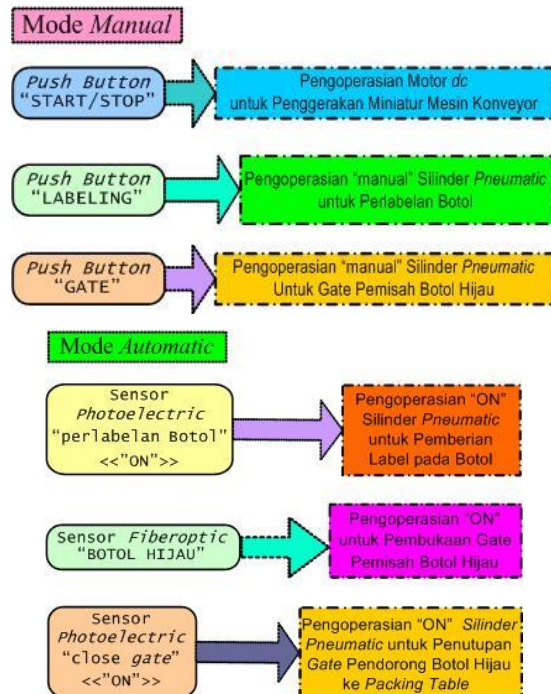
3.3. Kinerja Simulator Proses Perlabelan dan Pemisahan Botol

Pengukuran kinerja berdasarkan pengamatan terhadap 3 (tiga) kondisi, yaitu a) saat sinkronisasi antara simulator proses dan sistem kontrol berbasis *PLC* dan b) saat pengamatan terhadap pembacaan sensor terpasang dan pengamatan proses perlabelan dan pemisah botol berbantuan sistem *pneumatic* berbentuk silinder.

3.3.1. Sinkronisasi antara simulator proses dan sistem kontrol berbasis *PLC*

Simulator proses perlabelan botol dan pemisah botol terkontrol *PLC*, berdasarkan pedoman konsepsi awal, bahwa simulator dioperasikan dengan dua mode, yaitu *manual* atau *automatic*. Mode *manual* digunakan untuk kemudahan operator saat perawatan, pengecekan, dan penanganan saat terjadi *error step*. Saat mode *manual* diaktifkan, setiap aktuatur yang terdapat pada mesin simulator dapat dioperasikan *manual* tanpa melalui mekanisme sensor *detect on*. Saat beroperasi mode *automatic*, maka program tertanam di dalam *PLC* beroperasi. Berpedoman kepada hal tersebut, maka sinyal masukan dari panel pengoperasian atau masukan oleh sensor diproses sesuai program pada *PLC* untuk dihasilkan keluaran pengontrolan yang sesuai dan tepat.

Keterhubungan saat sinkronisasi dengan mode *manual* maupun *automatic* terhadap sistem pengontrol untuk miniatur mesin konveyor, seperti ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16. Keterhubungan saat sinkronisasi dengan mode *manual* maupun *automatic* terhadap sistem pengontrol untuk miniatur mesin konveyor

Berdasarkan Gambar 16 dapat dijelaskan, bahwa pemasangan sejumlah tombol tekan (*push botton*) pada panel pengoperasian sebagai pen-*trigger* untuk aktuator guna pengoperasian secara *manual* terhadap motor *dc*, dan silinder *pneumatic*, sedangkan pemasangan dua jenis sensor (*fiberoptic* dan *photoelectric*) berdasarkan deteksi terhadap jenis warna sebagai pen-*trigger* untuk aktuator guna pengoperasian secara *automatic* terhadap silinder *pneumatic*.

3.3.2. Pembacaan sensor terpasang dan pengamatan proses perlabelan dan pemisahan botol berbantuan silinder pneumatis

Pembacaan sensor terpasang dan pengamatan proses dilakukan sebanyak tiga puluh kali. Hasil pengamatan proses perlabelan dan pemisahan botol oleh pembacaan sensor terpasang, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.





Tabel 2. Hasil pengamatan proses perlabelan dan pemisahan botol oleh pembacaan sensor terpasang





Perc.	Warna Botol	Pemberian Label	Pemisahan Botol	Perc.	Warna Botol	Pemberian Label	Pemisahan Botol
1	Merah	=berhasil=	Berhasil tidak dipisahkan	18	Hijau	=berhasil=	Tidak berhasil tidak dipisahkan
2	Hijau	=berhasil=	Tidak berhasil tidak dipisahkan	19	Merah	=berhasil=	Berhasil tidak dipisahkan
3	Merah	=berhasil=	Berhasil tidak dipisahkan	20	Hijau	=berhasil=	Berhasil dipisahkan
4	Hijau	=berhasil=	Berhasil dipisahkan	21	Merah	=berhasil=	Berhasil tidak dipisahkan
5	Merah	=berhasil=	Berhasil tidak dipisahkan	22	Hijau	=berhasil=	Tidak berhasil tidak dipisahkan
6	Hijau	=berhasil=	Tidak berhasil tidak dipisahkan	23	Merah	=berhasil=	Berhasil tidak dipisahkan
7	Merah	=berhasil=	Berhasil tidak dipisahkan	24	Hijau	=berhasil=	Berhasil dipisahkan
8	Hijau	=berhasil=	Berhasil dipisahkan	25	Merah	=berhasil=	Berhasil tidak dipisahkan
9	Merah	=berhasil=	Berhasil tidak dipisahkan	26	Hijau	=berhasil=	Tidak berhasil tidak dipisahkan
10	Hijau	=berhasil=	Tidak berhasil tidak dipisahkan	27	Merah	=berhasil=	Berhasil tidak dipisahkan
11	Merah	=berhasil=	Berhasil tidak dipisahkan	28	Hijau	=berhasil=	Berhasil dipisahkan
12	Hijau	=berhasil=	Berhasil dipisahkan	29	Merah	=berhasil=	Berhasil tidak dipisahkan
13	Merah	=berhasil=	Berhasil tidak dipisahkan	30	Hijau	=berhasil=	Tidak berhasil tidak dipisahkan
14	Hijau	=berhasil=	Not Ok (Tidak dipisahkan)	Pemisahan botol: #1) Untuk botol warna merah : jika berhasil, maka tidak dipisahkan. #2) Untuk botol warna hijau : jika berhasil, maka dipisahkan.			
15	Merah	=berhasil=	Berhasil tidak dipisahkan				
16	Hijau	=berhasil=	Berhasil dipisahkan				
17	Merah	=berhasil=	Berhasil tidak dipisahkan				

Berdasarkan Tabel 2 dapat dijelaskan, bahwa untuk proses pemberian label, simulator berhasil secara keseluruhan (100%) untuk tiga puluh kali percobaan, sedangkan saat pemisahan botol dengan keberhasilan sebesar 73,33%, kesemuanya untuk botol warna hijau.

Beberapa contoh hasil pengamatan terhadap empat percobaan untuk dua kali terhadap botol warna merah dan hijau, seperti ditunjukkan pada Tabel

Tabel 3. Beberapa contoh hasil pengamatan terhadap empat percobaan untuk dua kali terhadap botol warna merah dan hijau

Percobaan ke-	Warna Botol	Pemberian Label	Pemisahan Botol
1	Merah	=berhasil= 	Berhasil tidak dipisahkan 
2	Hijau	=berhasil= 	Tidak berhasil tidak dipisahkan 

3	Merah	=berhasil= 	Berhasil tidak dipisahkan 
4	Hijau	=berhasil= 	Berhasil dipisahkan 

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka ditarik kesimpulan sesuai sasaran penelitian. Pengintegrasian sistem berbasis PLC OMRON CP1E-E30SDR-A ditunjukkan dengan perolehan bentuk simulator proses perlabelan dan pemisahan botol, melalui pemilihan sensor *photoelectric* dan *fiberoptic* dengan sensitivitas memadai dan aktuator untuk sistem silinder *pneumatic* dengan *response* cukup baik dengan mekanisme pengoperasian berbantuan miniatur mesin konveyor terpabrikasi dengan ukuran 230 cm x 20 cm. Pemrograman terhadap PLC OMRON CP1E-E30SDR-A, telah dilakukan melalui pembuatan *ladder* dan proses *compiling*, dilanjutkan proses *uploading* dari PC ke PLC berbantuan kabel *USB* yang telah berfungsi untuk pengoperasian simulator pemberian label dan pemisahan botol. Kinerja sistem secara keseluruhan berupa keakuratan pembacaan *pulse* dan ketepatan waktu perlabelan dan pemisahan botol diperoleh hasil, bahwa pembacaan *pulse* dari sensor *photoelectric* dan *fiberoptic* pada deteksi yang berpengaruh pada sistem perlabelan dan pemisahan botol sebagai perintah untuk pengaktifan *pneumatic unit*. Pemberian kondisi terhadap botol hijau dan merah, masing-masing lima belas kali. Tingkat keberhasilan pada proses pemberian label sebesar 100%, sedangkan tingkat keberhasilan pada proses pemisahan botol sebesar 73,33%. Ketidakterhasilan pemisahan botol sebesar 26,67% terjadi pada botol warna hijau.

Hasil penelitian ini merupakan sebuah simulator yang dapat diintegrasikan ke simulator untuk sebuah proses sebelum dan sesudah tahapan sistem ini. Saran untuk keberlanjutan berkaitan dengan penelitian ini, yaitu perlu pengintegrasian lebih lanjut terhadap sistem yang telah terpabrikasi sebelumnya, yaitu sebuah simulator berbasis PLC pada miniatur mesin koveyor juga, difungsikan sebagai sistem untuk proses pengisian cairan ke dalam botol dan pemberian tutup botol yang dapat dihubungkan ke simulator ini. Sistem lain yang juga telah terpabrikasi, berupa simulator untuk proses *rejection system*. Sistem *rejection* tersebut

diintegrasikan dan penempatannya pada tahapan setelah sistem pemberian label dan pemisahan terhadap botol ini. Penambahan lebih lanjut untuk keterbentukan sistem terintegrasi lanjutan, berupa keterhubungan dengan simulator untuk sistem pengelompokan dan pengepakan produk hasil.

Daftar Rujukan

- [1] D.P. Putra, dan Sukir. (2019, Januari). Pengembangan Trainer Kit Stamping Station Berbasis Zelio SR3B261BD sebagai Media Pembelajaran Instalasi Motor Listrik Di SMK Negeri 1 Pundong. *Jurnal Teknik Universitas Negeri Yogyakarta*. [Online] 9(1), 11-18. Tersedia di: <http://journal.student.uny.ac.id/ojs/index.php/mekatronika/article/view/15493/14998>.
- [2] D.E. Kandray. "Introduction to Programmable Logic Controllers," in *Programmable Automation Technologies: An Introduction to CNC, Robotics, and PLCs*. New York, NY: Industrial Press, Inc., 2010, pp. 1-29.
- [3] Y.I. Al-Mashhadany. (2012, February). Design and Implement of a Programmable Logic Controller (PLC) for Classical Control Laboratory *Intelligent Control and Automation*. [Online]. 3(1), 44-49. Available: <http://dx.doi.org/10.4236/ica.2012.31006>
- [4] NEMA (the National Electrical Manufacturers Association). 2013. NEMA ICS 61131-1-2005 (R2013). [Online] Available: [https://www.nema.org/Standards/ComplimentaryDocuments/ICS%2061131%201-2005\(R2013\)-contents-and-scope.pdf](https://www.nema.org/Standards/ComplimentaryDocuments/ICS%2061131%201-2005(R2013)-contents-and-scope.pdf)
- [5] W. Bolton. *Programmable Logic Controllers*, 6th ed. Burlington, MA: Newnes, 2015, pp. 1-19.
- [6] D. Patel. *Introduction Practical PLC (Programmable Logic Controller) Programming*. Munich, Grin Verlag, 2017. [Online]. Available: <https://www.grin.com/document/413360>.
- [7] S.P. Tubbs, *Programmable Logic Controller (PLC) Tutorial, Siemens Simatic S7-1200*. 3rd ed., Munchen: Publicis MCD Werbeagentur GmbH; 2018.
- [8] G. Dunning, "Introduction to Programmable Logic Controllers, 3rd ed., Florence, KY: Thomson/Delmar Learning, 2021.
- [9] Mitsubishi Electric. (2015, April). *FX1N Series Programmable Controllers: Hardware Manual*. [Online]. Available: https://dl.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/plc_fx/jy992d89301/jy992d89301r.pdf
- [10] Schneider Electric. (2017, September). *Zelio Logic Smart Relays User Manual*. [Online]. Available: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=EIO000002690.01.pdf&p_Doc_Ref=EIO000002690
- [11] OMRON, *The CP1E Programmable Controller: Economical, Easy to Use, and Efficient*, Tokyo, Japan, 2013, pp. 1-48.
- [12] A. Goeritno, dan S. Pratama, "Rancang-Bangun Prototipe Sistem Kontrol Berbasis Programmable Logic Controller untuk Pengoperasian Miniatur Penyortiran Material," *Jurnal Rekayasa*

- Elektrika, vol. 16, no. 3, Desember 2020, hlm. 198-206. <http://dx.doi.org/10.17529/jre.v16i3.14905>
- [13] S. Tirta, dan A. Goeritno. (2020, Desember). Simulator Berbasis PLC untuk Pengaturan Lalu-lintas Jalan Raya pada Perlintasan Jalur Kapal. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*. [Online]. 4(6), 1007-1016. Tersedia di: <http://www.jurnal.iaii.or.id/index.php/RESTI/article/view/2668/334>
- [14] M. Wildan, A. Goeritno, dan J. Irawan. (2021, April). Embedded Device Berbasis PLC pada Miniatur Konveyor untuk Pengoperasian Simulator Rejection System. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*. 5(2), 301-311. Tersedia di: <http://www.jurnal.iaii.or.id/index.php/RESTI/article/view/2994/402>
- [15] A.D. Purnomo, A. Goeritno, dan D.A. Nugroho. (2021, Agustus). Simulator Proses Pengisian dan Pemasangan Tutup Botol Terkendali PLC Berbantuan Miniatur Konveyor. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*. [Online]. 5(4), 774-782. Tersedia di: <http://www.jurnal.iaii.or.id/index.php/RESTI/article/view/3189/465>
- [16] Hermawati, Euis W., H. Witarsa, M. Verdian, D. Yuniarti, dan Caroline. (2014, Mei). Prototipe Penyortir Barang Berdasarkan Warna, Bentuk, dan Tinggi Berbasis *Programmable Logic Controller (PLC)* dengan Penggerak Sistem *Pneumatic Mikrotiga*. [Online]. 1(2), 8-13. Tersedia: <https://ejournal.unsri.ac.id/index.php/jmt/article/view/1595/pdf>.
- [17] WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG. (2016). WAGO-I/O-SYSTEM 750: Manual. [Online]. Available: <https://www.safetycontrol.ind.br/imgs/downloads/750-880-MANUAL-PDF-5A783FD009A4F.PDF>
- [18] PLC Technician Training: Online Education Program. (2018, October 19). 5 Important Uses of PLCs in Manufacturing. PLC Technician Training Website. [Online]. Available: <https://www.plctechnician.com/news-blog/5-important-uses-plcs-manufacturing/>
- [19] S. Wibisono. (2007, Januari). Rancang Bangun Sistem Pengendali Jarak Jauh Radio Digital Berbasis *PC*. *Jurnal DINAMIK*. [Online]. 12(1), 67-74. Tersedia di: <https://www.unisbank.ac.id/ojs/index.php/fti1/article/download/51/46>.
- [20] A. Goeritno, dan Y. Herutama, "Sistem Elektronis Berbantuan PC untuk Pemantauan Kondisi Pasokan Daya Listrik," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 14, no. 2, Agustus 2018, hlm. 96-104. <http://dx.doi.org/10.17529/jre.v14i2.10904>.
- [21] G. Gridling, and B. Weiss. *Introduction to Microcontrollers*, Courses 182.064 & 182.074, Embedded Computing Systems Group, Institute of Computer Engineering, Vienna University of Technology, Version 1.4 (2007 Feb. 26), pp. 11-88
- [22] Atmel. *8-bit AVR Microcontroller with 32KBytes In-System Programmable Flash*. San Jose, CA: Atmel Corporation, 2011. <http://www.atmel.com/Images/doc2503.pdf>
- [23] Atmel. *8-bit AVR Microcontroller ATmega32A Datasheet*. San Jose, CA: ATMEL Corporation, 2014. http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-2549-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega640-1280-1281-2560-2561_datasheet.pdf.
- [24] M. Banzi, *Getting Started with Arduino: the Open Source Electronics Prototyping Platform*, 2nd ed. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2011, pp. 17-24.
- [25] M. Margolis, *Getting Started: Arduino Cookbook*, 2nd ed. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc., 2011, pp. 1-21.
- [26] S.F. Barret, *Arduino Microcontroller Processing for Everyone!* 3rd ed. San Rafael, CA: Morgan & Claypool, 2013, pp.1-31. <https://doi.org/10.2200/S00522ED1V01Y201307DCS043>
- [27] M. Banzi, and M. Shiloh, *Getting Started with Arduino: the Open Source Electronics Prototyping Platform*, 3rd ed. Sebastopol, CA: Maker Media, 2015, pp. 15-22.
- [28] H. Carlsson, B. Svensson, F. Danielsson, and B. Lennartson, "Methods for Reliable Simulation-Based PLC Code Verification," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 8, no. 2, pp. 267-278, May 2012. doi: 10.1109/TII.2011.2182653.
- [29] R. Pawar, and N.R. Bhasme. (2016, June). Application of PLC's for Automation of Processes in Industries. *Int. Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*. [Online]. 6(6), 53-59. Available: https://www.ijera.com/papers/Vol6_issue6/Part%20-%203/I0606035359.pdf.
- [30] E.R. Alphonsus and M.O. Abdullah. (2016, July). A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. [Online]. 60(C), 1185-1205. Available: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.025>.
- [31] M.S. Saleh, K.G. Mohammed, Z.S. Al-sagar, and A.Z. Sameen. "Design and Implementation of PLC-Based Monitoring and Sequence Controller System," *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, vol 10, no. 02 special issue, 2018, pp. 2281-2289.
- [32] R. Langmann, and M. Stiller. (2019, September). The PLC as a Smart Service in Industry 4.0 Production Systems. *Applied Science*. [Online]. 9(3815), 1-22. Available: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/18/3815/htm>.
- [33] R. Muchlisin. (2018, Maret 7). *Pengertian, Fungsi, Jenis dan Ketentuan Label Produk*. [Online]. Tersedia: <https://www.kajianpustaka.com/2018/03/pengertian-fungsi-jenis-dan-ketentuan-label.html>