



Embedded Device Berbasis PLC pada Miniatur Konveyor untuk Pengoperasian Simulator Rejection System

Muhammad Wildan¹, Arief Goeritno², Joki Irawan³

¹PT Cisarua Mountain Dairy, Kampung Babakan Rawahaur, Sentul, Babakan Madang, Bogor

^{2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

¹bheenwildan07@gmail.com, ²arief.goeritno@uika-bogor.ac.id*, ³oqirawan05@gmail.com

Abstract

A PLC-based embedded device on a miniature conveyor machine for operating a rejection system has been designed and constructed. The research objectives, namely (i) design and manufacture of an integrated system, (ii) making program structure based on a ladder diagram, and (iii) measuring the performance of an integrated system. Integrated system assembled from a miniature of the conveyor machines and belt installation, and installing the dc motor, while the rejection system assembly by placing several sensors, installing stepper motor, and wiring to the PLC system. Programming based on ladder diagram carried out by determining algorithms, compiling the ladder diagram, addressing the input/output, and compiling and uploading the program from PC to PLC. The performance of the integrated system was observed when (a) observation during synchronization, (b) observations of sensor readings while the rejection system simulator is operating, and (c) observation and measurement of the processing time of the rejection arm. Overall results have been obtained in the form of a PLC-based embedded device for the rejection system simulator on observations of the condition of the bottle caps for beverage packaging. Based on the overall observation, the PLC-based embedded device has functioned to operate the rejection system can be implemented at a manufacturing scale.

Keywords: embedded device, PLC, miniature of conveyor, rejection system simulator.

Abstrak

Telah dirancang dan dikonstruksi sebuah *embedded device* berbasis PLC pada miniatur mesin konveyor untuk pengoperasian simulator sistem *rejection*. Tujuan penelitian ini, yaitu (i) merancang dan membuat sistem terintegrasi, (ii) membuat struktur program berbasis *ladder diagram*, dan (iii) mengukur kinerja sistem terintegrasi. Sistem terintegrasi dirakit dari miniatur mesin konveyor dengan pemasangan *belt* dan motor *dc*, sedangkan sistem *rejection* dirakit melalui penempatan sejumlah sensor, pemasangan motor *stepper*, dan perkabelan pada sistem PLC. Pemrograman berbasis *ladder diagram*, dilakukan melalui penentuan algoritma, penyusunan *ladder diagram*, pengalamatan jalur masukan/keluaran, dan penyusunan dan pengunggahan program dari komputer personal ke PLC. Kinerja sistem terintegrasi diamati ketika (a) pengamatan selama sinkronisasi, (b) pengamatan pembacaan sensor saat simulator sistem *rejection* beroperasi, dan (c) pengamatan dan pengukuran waktu proses lengan *rejection*. Hasil keseluruhan telah diperoleh dalam bentuk *embedded device* berbasis PLC untuk simulator sistem *rejection* pada pengamatan terhadap kondisi tutup botol kemasan minuman. Berdasarkan pengamatan secara keseluruhan, perangkat tertanam berbasis PLC yang berfungsi untuk pengoperasian sistem *rejection* dapat diimplementasikan pada skala manufaktur.

Kata kunci: perangkat tertanam, PLC, miniatur konveyor, simulator sistem *rejection*.

1. Pendahuluan

Sejumlah proses produksi di industri, salah satunya berupa proses pemeriksaan produk melalui deteksi dengan tingkat kesalahan sekecil mungkin merupakan suatu hal sangat penting [1-3]. Hasil pemeriksaan suatu produksi merupakan penerimaan atau penolakan terhadap suatu produk berdasarkan karakteristik

tertentu. Dalam metode konvensional, tenaga kerja (*man power*) digunakan untuk pemeriksaan suatu produk dengan kebutuhan waktu cukup lama dan akurasi cukup buruk [4]. Untuk peningkatan jumlah produk diperiksa dalam waktu singkat dengan akurasi tinggi, teknik pemeriksaan berbantuan mesin mutlak digunakan [1-4]. Dalam penelitian terkait hal itu, bahwa pemeriksaan tutup botol di sebuah perusahaan manufaktur, digunakan

berbagai teknik pemantauan berbantuan mesin untuk keperluan otomatisasi [5].

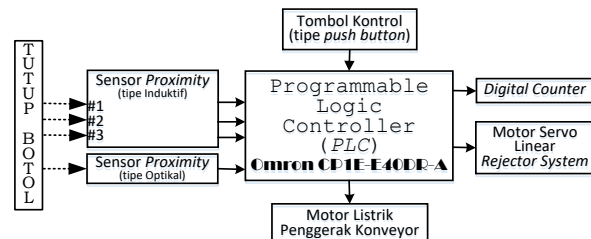
Penelitian lain berkaitan dengan adopsi terhadap acuan Internasional yang berkaitan dengan *Automated Visual Inspection Systems for Industrial Applications* [6], berupa rancangan sistem *automated bottle cap inspection using machine vision system* berbasis mikrokontroler dari keluarga AVR-ATMEGA [7] maupun *bottle cap inspection based on machine vision* berbantuan metode *fuzzy* [5]. *Automated Visual Inspection Systems (AVIS)*, merupakan pengontrolan dengan penggunaan sensor *vision* kamera untuk deteksi objek, motor *dc* untuk penggerak *belt conveyor* dan motor *stepper* untuk *rejector system* berbantuan aktuator [6, 7, 5].

Mekanisme “Beverage Filling System” pertama kali ditemukan dan dipatenkan oleh Francis Vanderweyst pada tahun 2005 [8]. Ketersediaan sistem dan peralatan untuk pemantauan dan pengontrolan dengan komputer logika yang dapat diprogram (“PLC”), operasi pengisian botol dengan alat pengisi “model komidi putar” yang terdiri atas sejumlah stasiun pengisian atau posisi yang dapat dibilas dengan air pembersih. Masukan dari sensor parameter pengisi ke PLC tersebut diadaptasi untuk pembuatan evaluasi guna pendeteksian kesalahan dalam operasi pengisian [1-3]. Tugas utama PLC berupa pembuatan inventarisasi dari kesalahan, juga pembuatan dan pemberian instruksi untuk perbaikan terhadap kesalahan tersebut melalui permulaan program pada tahapan pembilasan dengan posisi yang telah diprogram sebelumnya dan/atau tindakan lain [1-3]. Hal terpenting, PLC beroperasi dalam pembuatan dan pemeliharaan riwayat kesalahan yang terdeteksi untuk setiap posisi pengisi secara *real time* [1-3], agar dimungkinkan deteksi dan koreksi langsung terhadap posisi pengisi yang rusak secara langsung [8].

Pengontrol logika terprogram atau lebih dikenal dengan *Programmable Logic Controller (PLC)* [9] merupakan keberadaan komputer *solid-state* industri [9,1] untuk pemantauan masukan-keluaran (*input-output*) dan pembuatan keputusan berbasis logika dalam suatu proses otomatisasi [1-3]. *Programmable Logic Controller (PLC)* merek Omron tipe CP1E [10] atau PLC secara umum digunakan pada sistem otomasi di industri [2, 3], telah digunakan untuk pengemasan susu dalam botol terhadap purwarupa *filling bottle and capping machine* [11] merupakan salah satu bentuk implementasi otomasi permesinan di bidang industri [2, 3]. Implementasi PLC pada sistem tersebut difungsikan sebagai pengontrol proses pengisian cairan ke dalam botol berbantuan *conveyor* untuk proses penggerakan botol. Penggerakan *conveyor* dilakukan dengan bantuan motor *direct current (dc)* [11-13].

Keberadaan sejumlah sensor dan aktuator dalam integrasi sebuah sistem otomasi berbasis komputer

personal telah menjadi suatu keniscayaan [14], disamping pemanfaatan modul Arduino untuk berbagai keperluan pembuatan prototipe [15, 16]. Mikrokomputer sebagai dasar utama sebuah PLC dan berbantuan sejumlah sensor digunakan untuk inspeksi terhadap akurasi pemasangan tutup botol minuman, menjadi pedoman dalam rancang bangun sebuah *embedded device* berbasis PLC pada miniatur mesin *conveyor simulator rejection system* tutup botol berbasis PLC merek Omron. Diagram skematis rancang-bangun *embedded device* berbasis PLC pada miniatur mesin *conveyor* untuk pengoperasian *simulator rejection system* sebagai pemantau terhadap keakuratan pemasangan tutup botol minuman, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram skematis rancang-bangun *embedded device* berbasis PLC pada miniatur mesin *conveyor* untuk pengoperasian *simulator rejection system* sebagai pemantau terhadap keakuratan pemasangan tutup botol minuman

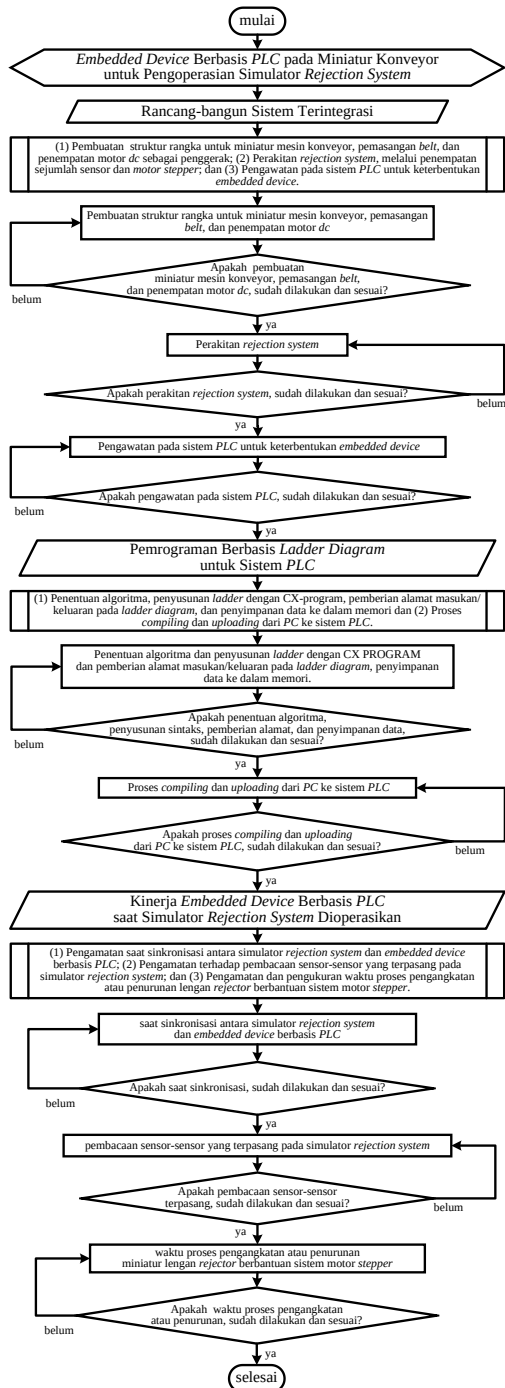
Berdasarkan Gambar 1 dapat dijelaskan, bahwa dalam rancang-bangun sebuah *embedded device* berbasis PLC ini didasarkan kepada tiga hal utama, yaitu (i) perwujudan *simulator* untuk *simulator rejection system* sebagai pemantau terhadap keakuratan pemasangan tutup botol minuman yang diintegrasikan pada miniatur mesin *conveyor*, (ii) sistem terpabrikasi ini sebagai bentuk pengembangan dari penelitian sebelumnya terkait botol yang telah diisi minuman, kemudian diberi tutup, maka pada penelitian diberi penambahan sejumlah tahapan proses berupa pemantauan terhadap keakuratan kondisi pemberian tutup pada botol dan proses pemisahan terhadap botol dengan tutup tidak sempurna, dan (iii) kemampuan sistem ini untuk penghitungan dan penyimpanan data hasil pengukuran terhadap kinerja.

Berpedoman kepada tiga hal utama tersebut, maka ditetapkan tujuan penelitian ini, yaitu: (a) merancang-bangun miniatur mesin *conveyor*, perakitan *rejection system* untuk pemantauan terhadap kualitas pemasangan tutup botol, pengawatan sistem PLC, dan integrasi sistem; (b) membuat struktur program berbasis *ladder diagram*; dan (c) mengukur kinerja *embedded device* pada miniatur mesin *conveyor* untuk pengoperasian *rejection system*.

2. Metode Penelitian

Sejumlah bahan penelitian untuk rancang bangun *embedded device* berbasis PLC, meliputi miniatur unit

konveyor, unit pneumatik, *PLC Omron CP1E-E30SDR-A*, sejumlah sensor, dan catu daya (*switched mode power supply*) 24 Vdc. Metode penelitian berupa langkah-langkah penelitian dalam bentuk diagram alir untuk pencapaian tujuan penelitian. Diagram alir metode penelitian, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir metode penelitian

Berdasarkan Gambar 2 dapat dijelaskan, bahwa terdapat sejumlah tahapan untuk pencapaian setiap tujuan penelitian

2.1. Rancang bangun sistem terintegrasi

Bentuk fisis sistem terintegrasi, dilakukan melalui (i) konstruksi miniatur mesin konveyor yang meliputi pemasangan *belt* dan motor *dc* sebagai penggerak; (ii) penempatan sejumlah sensor dan motor *stepper*; dan (iii) pengawatan pada sistem *PLC*.

2.2. Pemrograman berbasis *ladder diagram* untuk sistem *PLC*

Pembuatan struktur program berbasis *ladder diagram*, dilakukan melalui langkah-langkah (i) penentuan algoritma, penyusunan *ladder* dengan CX-program, dan pemberian alamat masukan/keluaran pada *ladder diagram*, penyimpanan data ke dalam memori dan (ii) proses *compiling* dan *uploading* dari PC ke sistem *PLC*.

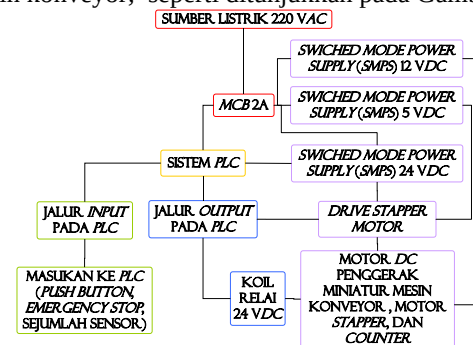
2.3. Pengukuran kinerja *embedded device* pada miniatur mesin konveyor untuk pengoperasian *rejection system*

Kinerja sistem untuk pemantauan akurasi kondisi tutup botol diamati saat (i) sinkronisasi antara simulator *rejection system* dan *embedded device* berbasis *PLC*, (ii) pembacaan sensor-sensor yang terpasang pada simulator *rejection system*, dan (iii) proses pengangkatan atau penurunan miniatur lengan simulator *rejection system* berbantuan sistem motor *stepper*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Bentuk Fisis Sistem Terintegrasi

Diagram blok simulator *rejection system* untuk pantauan akurasi kondisi tutup botol minuman pada miniatur mesin konveyor, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram blok simulator *rejection system* untuk pantauan akurasi kondisi tutup botol minuman pada miniatur mesin konveyor

Berdasarkan Gambar 3 ditunjukkan, bahwa tegangan masukan 220 Vac dari sumber listrik disambungkan pada jalur catu daya (*power supply*) *PLC* dan *switched mode power supply* (SMPS) 24 Vdc melalui *miniature circuit breaker* (MCB) 2A sebagai proteksi terhadap sistem, sehingga lebih aman bagi komponen kontrol dan operator dalam pengoperasian simulator *rejection system* terkendali *embedded device* berbasis *PLC* pada miniatur mesin konveyor .

#a) Perakitan fisis struktur rangka, *belt*, motor *dc* pada miniatur mesin konveyor

Bagian-bagian fisis miniatur mesin konveyor untuk *rejection system* untuk pemantau akurasi kondisi tutup botol minuman, yaitu (i) kerangka terbuat dari besi pelat ukuran 1250 mm x 100 mm x 3 mm dan *belt conveyor* ukuran 2500 mm x 90 mm x 2 mm, (ii)udukan sensor,udukan motor *stepper*, dan (iii) penempatan sensor pada miniatur mesin konveyor. Penampang fisis miniatur mesin konveyor, seperti diunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Penampang fisis miniatur mesin konveyor

Berdasarkan Gambar 4 dapat dijelaskan, bahwa pembuatan miniatur mesin konveyor dilakukan melalui penyambungan antar material dengan baut berukuran 6 mm. Rangka berada di atas, sisi kiri dan kanan sebagaiudukan *belt* dan bagian bawah dengan 2 buah kaki sebagai penyangga seluruh bagian miniatur mesin konveyor.

Motor penggerak terpasang merupakan jenis motor *dc* yang dilengkapi *gearbox* dan dihubungkan ke poros (as) *pulley drive* untuk *belt*, agar *bel* dapat bergerak. Bentuk fisis motor *dc* untuk *gearbox* dan pemasangannya pada rangka miniatur mesin konveyor, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

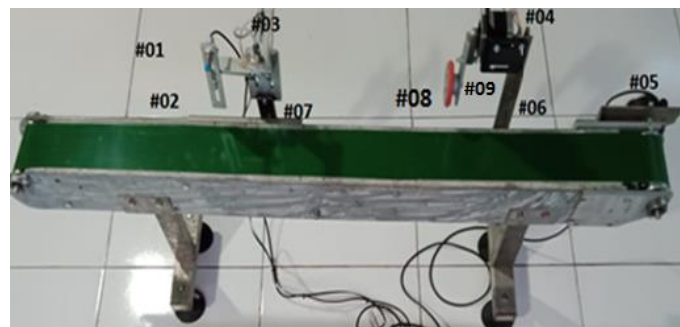


Gambar 5. Bentuk fisis motor *dc* untuk *gearbox* dan pemasangannya pada rangka miniatur mesin konveyor

Berdasarkan Gambar 5 ditunjukkan, bahwa motor *dc* dengan ukuran 150 ml, tegangan masukan maksimal 12 Vdc, torsi sebesar 3 N.m (30 kg.cm), dan putaran 120–150 rpm, dan motor ditempatkan pada plat besi untukudukan motor *dc*.

#b) Simulator *rejection system*

Sejumlah komponen simulator *rejector system* tutup botol terdiri atas (i) motor *dc* sebagai penggerak *belt*, (ii) motor *stepper* sebagai penggerak lengan *rejector* botol, dan (iii) sejumlah sensor. Sensor *proximity* terpasang sebagai alat deteksi perbedaan tutup botol (iv) sensor *proximity* tipe optikal sebagai pendeteksi keberadaan botol saat berjalan di atas *belt* konveyor. Sensor-sensor terpasang pada rangka miniatur mesin konveyor, meliputi sensor *proximity* tipe induktif dan optikal. Pemasangan sensor-sensor untuk simulator *rejection system* guna pantauan akurasi kondisi tutup botol minuman pada miniatur mesin konveyor, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Keterangan:

- #01: *Proximity sensor* #1 (tutup botol tidak baik, *not okey*)
- #02: *Proximity sensor* #2 (tidak ada tutup botol)
- #03: *Optic sensor* (posisi botol baik)
- #04: Motor *stepper* penggerak lengan *rejection system*
- #05: Motor untuk konveyor

- #06: Dudukan motor *stepper*
- #07: Dudukan motor untuk konveyor
- #08: Lengan *rejection system*
- #09: *Proximity sensor* #3 (posisi lengan *rejection system* setelah bergerak dalam penjatuhan botol)

Gambar 6. Pemasangan sensor-sensor untuk simulator *rejection system* guna pantauan akurasi kondisi tutup botol minuman pada miniatur mesin konveyor

Berdasarkan Gambar 6 ditunjukkan, bahwa posisi motor *dc* untuk *gearbox* pada sistem penggerak *pulley drive belt* berada di ujung bagian bawah kerangka fisis miniature konveyor dan motor *stepper* berada di samping rangka miniatur mesin konveyor. Posisi lengan

rejector botol berada di posisi 20 cm dari ujung miniatur konveyor pada satu sisi badan konveyor, sedangkan sistem konveyor terdapat sensor *proximity* dengan fungsi sebagai pembaca keberadaan tutup botol. Sensor mampu dengan pembedaan 2 kondisi tutup botol dengan

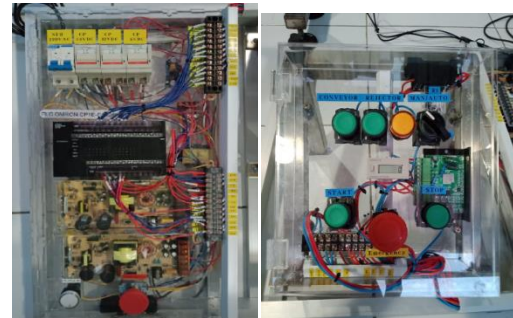
kondisi berbeda ketika botol lewat sensor. Motor *stepper* dengan fungsi sebagai alat penggerak lengan *rejector* botol. Keberadaan *optic sensor* pembaca posisi botol pada konveyor, motor *stepper* beroperasi setelah posisi botol tepat berada sejajar dengan lengan *rejector* dan *counter* dalam penghitungan setiap botol yang terdeteksi tidak tertutup sempurna di bagian tutup botol.

#c) Pengawatan pada sistem PLC

Pemilihan komponen pada suatu sistem menjadi penentu dalam kinerja sistem. Komponen beroperasi saling terintegrasi dalam sistem pengontrolan. Pemasangan sejumlah komponen pada subsistem pengontrol, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.

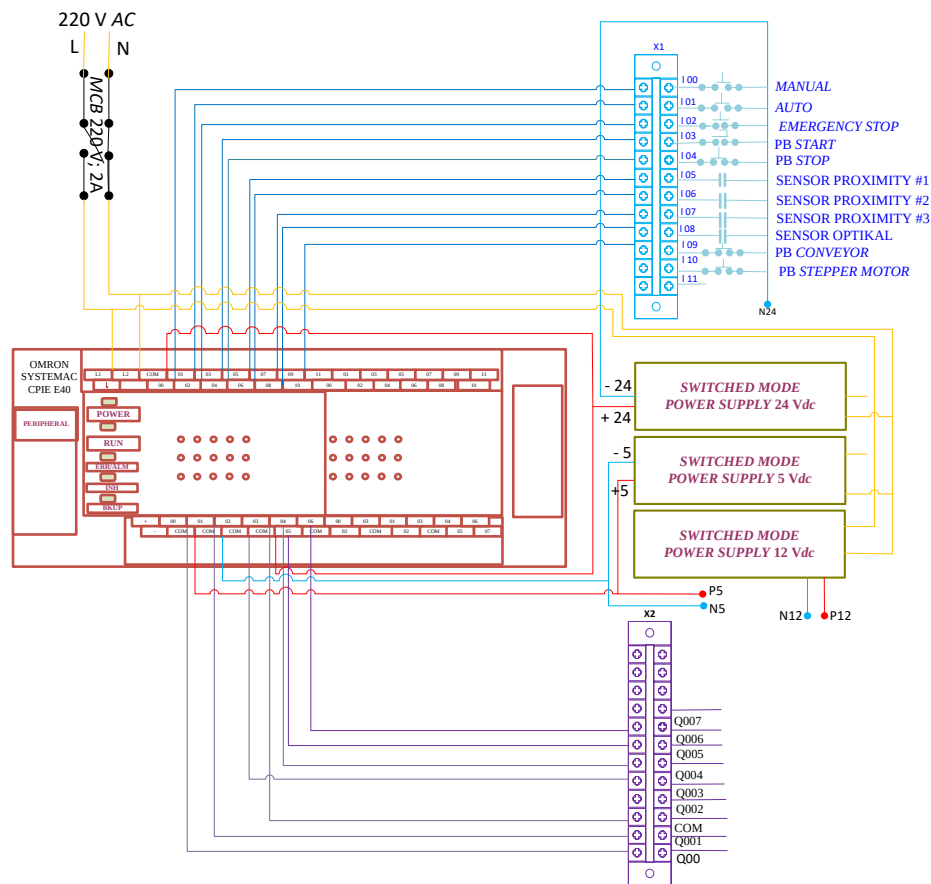
Berdasarkan Gambar 7 ditunjukkan, bahwa komponen-komponen pada subsistem pengontrol, meliputi (i) modul PLC *omron CP1E E40*, (ii) *switched mode power supply* 24 Vdc 4A, (iii) *MCB* 2A, (iv) rangkaian *driver* TB 6600 4A pengontrol motor *stepper*, (v) sejumlah relai dengan tegangan koil 24 Vdc, (vi)

tombol *emergency stop*, (vii) *push button*, dan (viii) *selector switch*. Komponen-komponen tersebut disusun dan dilakukan pengintegrasian pengawatan pada kotak panel berukuran 54 x 40 x 6 cm dan 25 x 30 x 6 cm.

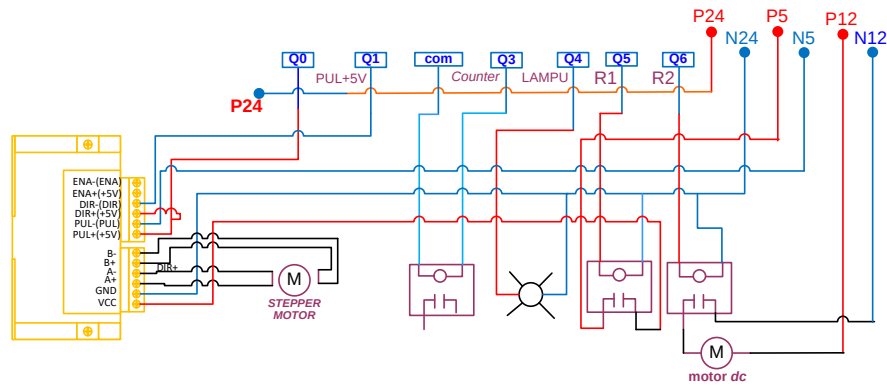


Gambar 7. Pemasangan sejumlah komponen pada subsistem pengontrol

Diagram pengawatan keterhubungan pada *port* masukan dan keluaran, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



(a) Port masukan



(b) Port keluaran

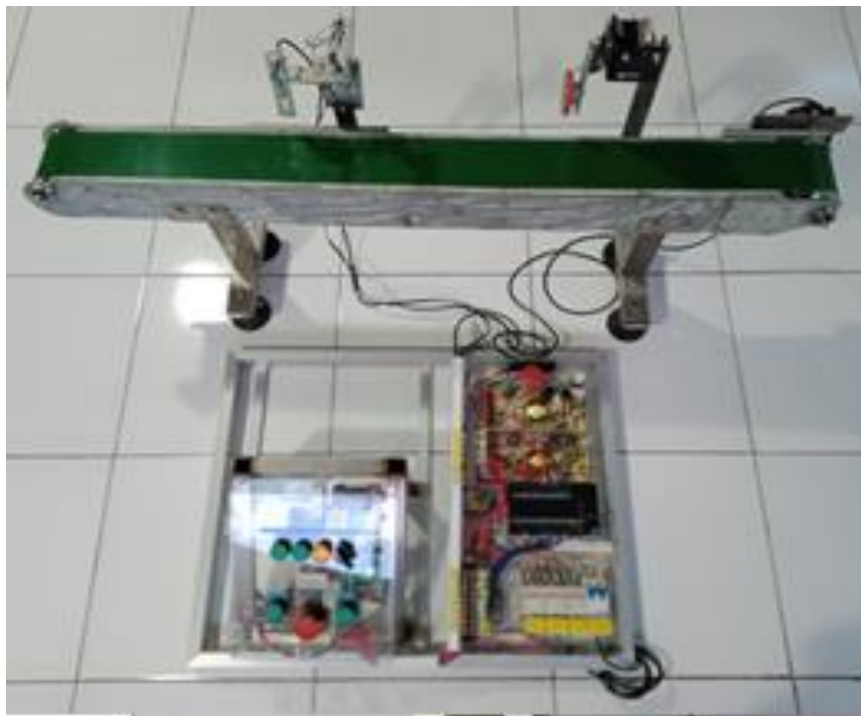
Gambar 8. Diagram pengawatan keterhubungan pada port masukan dan keluaran

Berdasarkan Gambar 8 dapat dijelaskan, bahwa port masukan pada modul PLC terhubung ke sejumlah *push-button*, *selector switch*, dan sensor-sensor, sedangkan port keluaran dihubungkan ke kutub negatif koil relai R1 dan R2, *counter*, *driver*, dan lampu indikator.

#d) Keterwujudan sistem terintegrasi

Rangkaian dan komponen dari setiap sistem untuk

keterwujudan sebuah sistem simulator *rejection system* berbasis PLC Omron CP1E-E40DR-A, maka diperlukan perangkat dan pengintegrasian. Tampilan keterwujudan *embedded device* berbasis PLC pada miniatur mesin konveyor untuk pengoperasian simulator *rejection system* sebagai pemantau keakuratan kondisi tutup botol minuman, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Tampilan keterwujudan *embedded device* berbasis PLC pada miniatur mesin konveyor untuk pengoperasian simulator *rejection system* sebagai pemantau keakuratan kondisi tutup botol minuman

Berdasarkan Gambar 9 ditunjukkan, bahwa untuk ketercapaian integrasi sistem dari miniatur mesin konveyor, *rejection system* terhadap pengamatan keakuratan pemasangan tutup botol, dan sistem PLC diperlukan ukuran kabel 0,75 mm², dengan 7 jalur kabel warna merah, dan 10 jalur kabel warna biru.

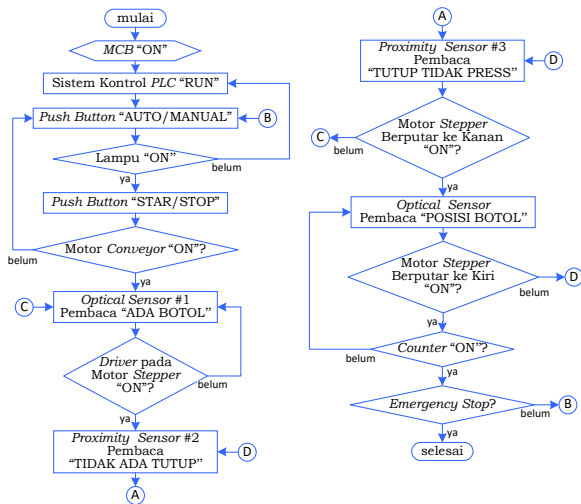
3.2. Struktur Program Berbasis Ladder Diagram untuk Sistem PLC

Struktur program untuk sistem PLC dilakukan dengan dua tahapan, yaitu (i) penentuan algoritma, penyusunan *ladder* dengan CX PROGRAM, dan pemberian alamat

masuk/keluaran pada *ladder diagram* dan (ii) proses *compiling* dan *uploading* dari PC ke PLC.

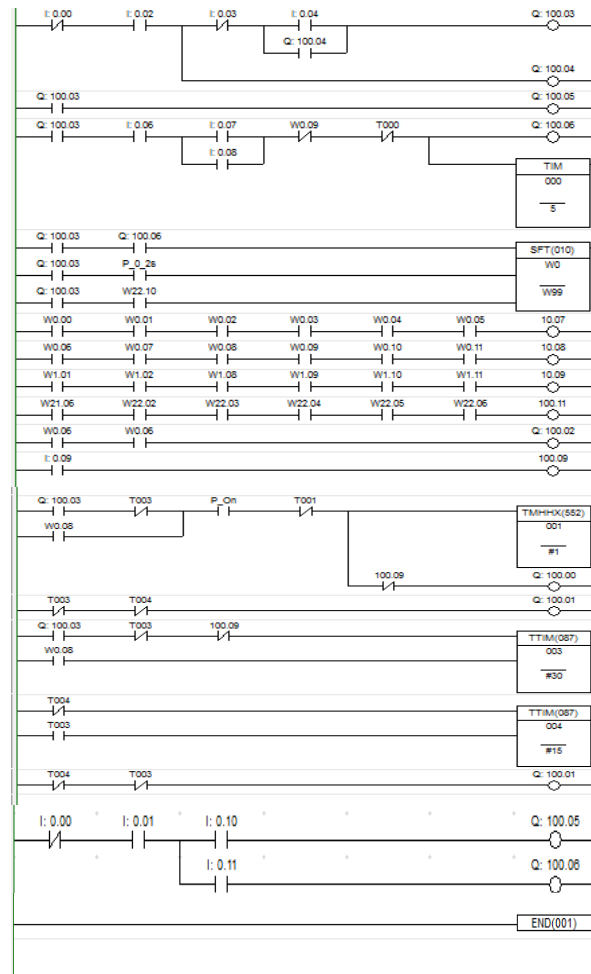
#a) Algoritma, penyusunan *ladder*, dan pemberian alamat

Pemrograman sistem PLC didasarkan pada penentuan algoritma yang dibuat dalam bentuk diagram alir. Algoritma pemrograman untuk simulator *rejection system*, seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Algoritma pemrograman untuk simulator *rejection system*

Berdasarkan algoritma pada Gambar 10 dapat dilakukan penyusunan *ladder* dengan CX-program. Tampilan susunan *ladder*, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Tampilan susunan *ladder*

Tabel 1. Pengalamat masukan dan keluaran pada sistem PLC merek Omron CP1E E40DR-A

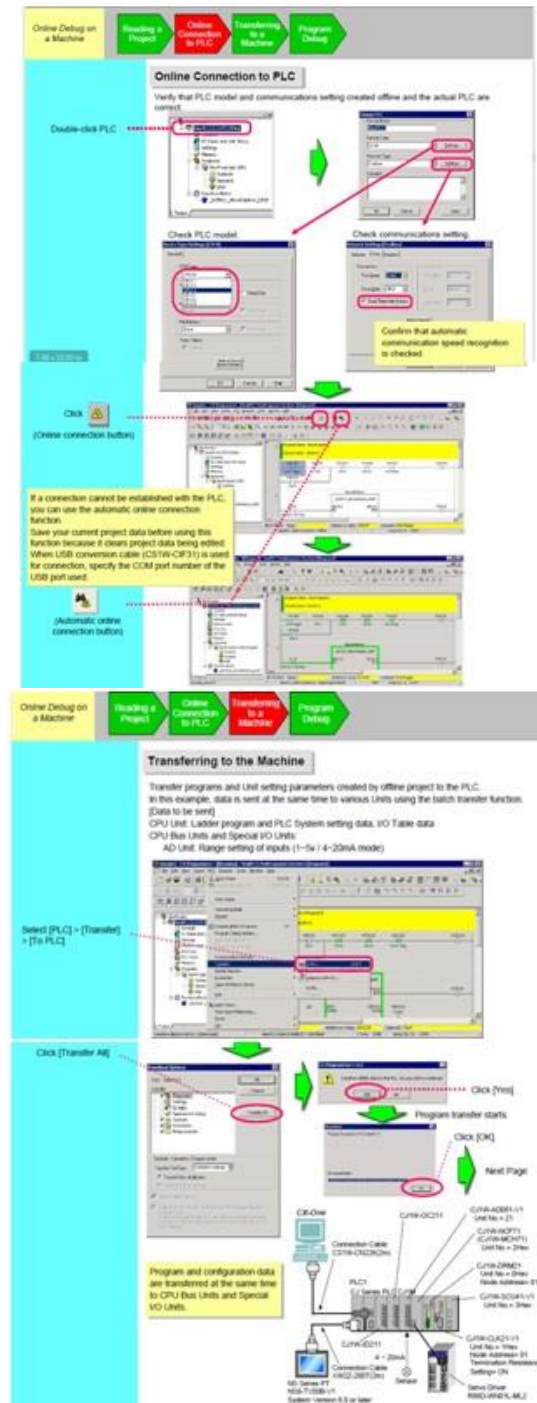
Alamat PLC	Alamat Port Masukan	Alamat PLC	Alamat Port Keluaran
I000	Emergency Stop	Q000	Pul +5 Driver
I001	Auto	Q001	Pul – Dir Driver
I002	Manual	Q002	Conter
I003	Push button “start”	Q003	-
I004	Start Down	Q004	Lampu Indikator
I005	Proximity sensor #1 pembaca keberadaan botol	Q005	R1
I006	Proximity sensor #2 tidak ada tutup	Q006	R2
I007	Proximity sensor #3 tutup tidak press	Q007	-
I008	Optical Sensor untuk posisi botol, penggerakan posisi lengan rejector	Q011	-
I010	Push button untuk manual for conveyor operation	Q012	-
I011	Push botton untuk manual for stepper motor operation		

Pengalamatan *input* dan *output* pada PLC harus diiperlukan proses *compiling* dan *uploading* ke dalam ditentukan untuk kemudahan dalam proses PLC dari PC berbantuan kabel USB. Tampilan proses pemrograman dan pengawatan. Pengalamatan masukan dan keluaran pada sistem PLC merek Omron CP1E E40DR-A, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

#b) *Compiling* dan *uploading* struktur *ladder program* dari PC ke dalam PLC

Setelah penentuan algoritma dan penyusunan *ladder*,

Berdasarkan Gambar 12 dapat dijelaskan, bahwa proses *compiling* dan *uploading* program *ladder* dari PC ke PLC dilakukan dalam dua tahapan, yaitu (1) *Online Connection to PLC* dan (ii) *Transferring to the Machine*.



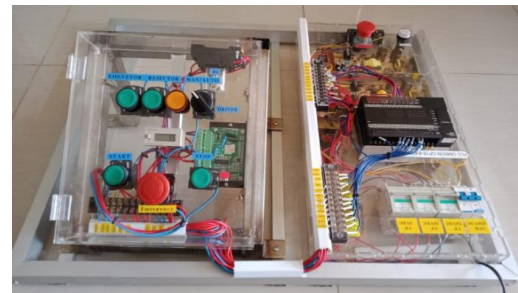
Gambar 12. Tampilan proses *compiling* dan *uploading* program ladder dari PC ke dalam PLC

3.3. Kinerja *Embedded Device* Berbasis PLC saat Simulator *Rejection System* Dioperasikan

Pengukuran kinerja dilakukan dengan 3 (tiga) kondisi, yaitu (a) saat sinkronisasi antara simulator dan kontrol PLC, (b) saat pengamatan terhadap pembacaan sensor-sensor yang terpasang pada prototype, dan (c) saat pengamatan dan pengukuran waktu proses

pengangkatan atau penurunan miniatur lengan *rejector* berbantuan sistem motor *stepper*.

#a) Pengamatan saat sinkronisasi antara simulator *rejection system* dan *embedded device* berbasis PLC Simulator *rejector system* tutup botol pada miniatur mesin konveyor beroperasi dalam dua *mode*, yaitu *mode manual* dan *auto*. *Mode manual* digunakan untuk kemudahan operator saat perawatan, pengecekan, dan penanganan saat terjadi *error step*. Saat pilihan pada *mode manual* diaktifkan, pengoperasian penggerak konveyor dilakukan secara *manual* tanpa harus dengan perlibatan sensor pembaca kondisi tutup botol “not ok #1” ataupun tidak terdapat tutup botol #2 pada *belt conveyor*. Saat *rejection system* dalam pilihan *mode auto*, maka pengoperasian *rejector system* tutup botol pada miniatur mesin konveyor dioperasikan melalui sistem PLC. Panel kontrol pengoperasian simulator *rejection system* tutup botol pada miniatur mesin konveyor, seperti ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Panel kontrol pengoperasian simulator *rejection system* tutup botol pada miniaturn mesin konveyor

Berdasarkan Gambar 13 dapat dijelaskan, bahwa panel pengoperasian meliputi (i) *push button emergency stop* berfungsi sebagai pemutus sistem dan pengaman saat dilakukan pengecekan dan perbaikan untuk pencegahan terjadi kecelakaan dan kerusakan *part* pada sistem prototype *reject system* tutup botol pada *conveyor*, (ii) *selector 2* posisi yang berfungsi untuk pemindahan *mode manual/auto*, dan (iii) 4 *push button* hijau sebagai tombol *start*, *stop*, *manual conveyor*, dan *manual motor stepper*. Masukan dari panel pengoperasian dan masukan dari sensor, diproses dalam program PLC, sehingga dihasilkan keluaran hasil pengontrolan yang sesuai dan tepat.

#b) Pengamatan terhadap pembacaan sensor-sensor terpasang pada simulator *rejection system* Pengamatan terhadap pembacaan sensor-sensor pada pengoperasian simulator *rejection system* terhadap keakuratan pemasangan tutup botol pada miniatur mesin konveyor dapat diamati dari cara operasi simulator, yaitu (a) *step* penyalan alat dengan (i) dipastikan tegangan 220 Vac sudah *stand by*, (ii) *Miniature Circuit Breaker* dalam posisi ON, (iii) dipastikan PLC dalam posisi *run*, (b) untuk pengoperasian alat pada *mode auto* dilakukan dengan pemindahan posisi *selector switch 2* posisi yang berada di tengah-tengah panel kontrol. Untuk

pembacaan tutup botol berada di atas *belt conveyor* dari posisi sensor *proximity* #2, maka untuk cara operasi alat mode *auto* disimulasikan *step* pertama posisi *selector switch* sudah pada posisi *auto*, *push button* ON, lampu kuning dalam kondisi ON, motor penggerak *belt conveyor* ON. Sesaat setelah botol terdeteksi sensor *proximity* #1 pada *belt conveyor* dan ketiadaan tutup botol terdeteksi oleh sensor *proximity* #2, motor *stepper* berubah ke kondisi ON, berputar ke arah kanan selama 30 mili detik (*ms*), *counter* dengan kondisi ON, setelah motor *stepper* OFF. Sesaat setelah botol terdeteksi oleh sensor *proximity* #1 dan tutup botol tidak tertutup sempurna terdeteksi oleh sensor *proximity* #3, motor *stepper* berubah ke kondisi ON berputar ke arah kanan selama 30 *ms*, *counter* dalam kondisi ON, setelah motor *stepper* OFF. Prinsip operasi dengan mode *manual*, cukup dilakukan dengan pemindahan *selector switch* ke posisi *manual*, *push button* untuk pengoperasian *belt conveyor* ditekan, agar motor *dc* penggerak *belt conveyor* ON, *push button* motor *stepper* ditekan, agar motor *stepper* dalam kondisi ON. Kondisi darurat, ditekan tombol *emergency stop*, maka sistem dalam kondisi OFF. Berdasarkan prinsip operasi simulator, diamati untuk sensor-sensor yang terpasang pada simulator, “apakah sudah berfungsi seperti yang sudah diprogramkan ke dalam *PLC*”?

#c) Pengamatan dan pengukuran waktu proses pengangkatan atau penurunan lengan *rejector* berbantuan sistem motor *stepper*

Pengukuran waktu proses pengangkatan atau penurunan lengan *rejector* berbantuan sistem motor *stepper*, merupakan salah satu tolak ukur suatu simulator beroperasi secara normal dan sesuai dengan perencanaan. Pengamatan dan pengukuran waktu proses lengan *rejector* botol pada miniatur mesin konveyor, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengamatan dan pengukuran waktu proses lengan *rejector* botol pada miniatur mesin konveyor

Operasi Sistem	Pilihan Mode	
	<i>auto</i>	<i>manual</i>
Bergerak ke kanan	00:01:86 detik	00:01:95 detik
Penurunan	00:01:10 detik	00:01:10 detik

Berdasarkan Tabel 2 dapat dijelaskan, bahwa hasil pengamatan dan pengukuran terlihat proses pergerakan lengan *rejector* berbantuan motor *stepper* ke arah kanan, terdapat selisih waktu 9 detik antara *auto mode* dan *manual mode*, sedangkan proses penurunan lengan *rejector* tidak terdapat selisih waktu antara *auto mode* dan *manual mode*. Hal itu lebih ditekankan kepada keberadaan gaya gravitasi. Untuk kondisi dengan pemilihan mode *auto/manual* pada proses pengangkatan maupun penurunan lengan *rejector*, tidak terdapat selisih waktu.

Pengamatan terhadap kondisi, yaitu: (i) kondisi tutup botol minuman tidak sempurna sensor #3 dan #2 kondisi OFF dan (ii) kondisi tutup botol minuman tidak sempurna sensor #3 dan #2 kondisi ON.

(i) Kondisi tutup botol minuman tidak sempurna sensor #3 dan #2 kondisi OFF

Tahapan proses lengan *rejector* terhadap botol dengan kondisi tutup botol minuman tidak sempurna sensor #3 dan #2 kondisi OFF, seperti ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Tahapan proses lengan *rejector* terhadap botol dengan kondisi tutup botol minuman tidak sempurna sensor #3 dan #2 kondisi OFF

Berdasarkan Gambar 14 dapat dijelaskan, bahwa saat kondisi sensor #3 dan #2 pembaca tutup tidak sempurna OFF, maka kondisi lengan *rejector* tidak bergerak.

(ii) Kondisi tutup botol minuman tidak sempurna, sensor #3 dan #2 kondisi ON

Tampilan proses kondisi tutup botol minuman tidak sempurna sensor #3 dan #2 kondisi ON dan lengan *rejector* masih diam, seperti ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Tampilan proses kondisi tutup botol minuman tidak sempurna sensor #3 dan #2 kondisi ON dan lengan *rejector* masih diam

Berdasarkan Gambar 15 dapat dijelaskan, bahwa saat kondisi pembaca tutup tidak sempurna sensor #03 dan #02 ON, kondisi lengan *rejector* masih diam (belum bergerak) sampai ditunggu posisi botol sejajar dengan lengan *rejector*.

Tahapan selanjutnya, saat posisi botol sejajar dengan lengan *rejector*. Tampilan proses kondisi tutup botol minuman tidak sempurna sensor #3 dan #2 kondisi ON dan posisi botol telah sejajar dengan lengan *rejector*, seperti ditunjukkan pada Gambar 16.



Gamabr 16. Tampilan proses kondisi tutup botol minuman tidak sempurna sensor #3 dan #2 kondisi ON dan posisi botol telah sejajar dengan lengan *rejector*

Berdasarkan Gambar 16 dapat dijelaskan, bahwa saat sensor #3 dan #2 pembaca tutup tidak sempurna kondisi ON, maka kondisi lengan *rejector* tidak bergerak sampai posisi botol sejajar dengan lengan *rejector*, kemudian lengan *rejector* beroperasi, botol terdorong.

Tahapan saat posisi botol setelah terdorong oleh lengan *rejector*. Tampilan proses kondisi tutup botol minuman tidak sempurna sensor #3 dan #2 kondisi ON dan kondisi botol telah terlempar dari miniatur konveyor, seperti ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17. Tampilan proses kondisi tutup botol minuman tidak sempurna sensor #3 dan #2 kondisi ON dan kondisi botol telah terlempar dari miniatur konveyor

Berdasarkan Gambar 17 dapat dijelaskan, bahwa saat kondisi sensor #3 dan #2 pembaca tutup tidak sempurna ON dan posisi botol telah terlempar dari jalur miniatur konveyor oleh daya dorong cukup kuat dari lengan *rejector*.

Tahapan akhir dari proses kondisi sensor #3 dan #2 pembaca tutup tidak sempurna ON dan posisi botol telah terlempar dari jalur pada miniatur konveyor, maka kondisi jalur pada miniatur konveyor telah kosong. Tampilan proses kondisi tutup botol minuman tidak sempurna sensor #3 dan #2 kondisi ON dan kondisi jalur pada miniatur konveyor telah kosong, seperti ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Tampilan proses kondisi tutup botol minuman tidak sempurna sensor #3 dan #2 kondisi ON dan kondisi jalur pada miniatur konveyor telah kosong

Berdasarkan Gambar 15 sampai dengan Gambar 18 dapat diujelaskan, bahwa saat sensor #2 dan #3 kondisi ON, maka motor *stepper* untuk penggerak lengan *rejector* dapat berfungsi dengan tepat dalam pendorongan terhadap botol dengan kondisi tutup tidak sempurna. Hal itu didasarkan kepada kesesuaian dengan algoritma dan penyusunan *ladder* berbasis *ladder diagram* dari *CX-program* yang telah diimplementasikan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan bahasan, maka dapat disimpulkan sesuai tujuan penelitian. Keberadaan simulator *rejector system*, dilakukan melalui (i) pembuatan miniatur mesin konveyor, berupa pemasangan *belt* dan motor *dc* sebagai penggerak; (ii) penempatan sejumlah sensor dan motor *stepper* sebagai penggerak lengan *rejector*; (iii) pengawatan pada sistem *PLC*, berupa komponen-komponen yang disusun dan dilakukan pengintegrasian pengawatan pada kotak panel berukuran 54 x 40 x 6 cm dan 25 x 30 x 6 cm; dan (iv) integrasi sistem, berupa pemasangan kabel berukuran 0,75 mm², dengan 7 jalur kabel warna merah, dan 10 jalur kabel warna biru.

Pemrograman berbasis *ladder diagram* dilakukan terhadap sistem *PLC* yang digunakan untuk pengoperasian simulator *rejection system* terhadap keakuratan pemasangan tutup botol pada miniatur mesin konveyor. Pembuatan struktur program dilakukan melalui langkah-langkah (i) penentuan algoritma, melalui penyesuaian penempatan NC/NO dengan mekanisme operasi simulator, (ii) penyusunan *ladder*, melalui pemberian alamat masukan dan keluaran pada *ladder diagram*, dan (iii) penyimpanan data ke dalam memori di *PLC* setelah dilakukan *compiling* dan *uploading*.

Kinerja simulator *rejector system* tutup botol, diamati saat (i) sinkronisasi antara simulator dan kontrol *PLC* ditunjukkan dengan masukan dari panel pengoperasian dan masukan dari sensor, diproses dalam program *PLC*, sehingga dihasilkan keluaran hasil pengontrolan yang sesuai dan tepat; (ii) pembacaan sensor-sensor yang terpasang pada *rejection system* untuk pengamatan tutup botol pada miniatur mesin konveyor dapat diamati dari cara operasi secara *manual* atau *auto*; dan (iii) proses pengangkatan atau penurunan miniatur lengan *rejector* berbantuan sistem motor *stepper* dapat berfungsi dengan tepat dalam pendorongan terhadap botol dengan kondisi tutup tidak sempurna.

Saran untuk realisasi ke skala manufaktur, lebih ditekankan ke rasio dimensi dan terkait dengan kondisi dan jangkauan jarak untuk penetapan pilihan terhadap jenis dan tipe sensor berkaitan dengan selektivitas dan sensitivitas. Penelitian ini masih berpotensi sangat terbuka untuk disempurnakan dengan penambahan sejumlah sensor maupun dikembangkan dengan pilihan terhadap jenis sensor dan penggantian merek *PLC* dan penambahan perangkat elektronika untuk keterhubungan dengan jaringan *Internet*, agar dapat dilakukan pemantauan dan pengendalian berbasis *Internet of Things (IoT)*.

Daftar Rujukan

- [1] E.R. Alphonsus, and M.O. Abdullah, "A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs)," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60 (C), pp. 1185-1205, July 2016. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.025>
- [2] R. Pawar, and N.R. Bhasme, "Application of PLC's for Automation of Processes in Industries," *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 6, no.6, pp. 53-59, 2016.
- [3] R. Langmann, and M. Stiller, "The PLC as a Smart Service in Industry 4.0 Production Systems," *Applied Science*, vol. 9, no. 3815, pp. 1-22, 2019.
- [4] S.Y. Dimpudus, V.C. Poekoel, and P.D.K. Manembu, "Sistem Pengemasan Botol Minuman Kemasan Berbasis Programmable Logic Controller," *E-Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 4, no. 7, hlm. 65-72, 2015.
- [5] S. Sridevi, P. Karthikeyan, C.A. Prakash, A. Jaganathan, and A. Mani, "Bottle Cap Inspection Based on Machine Vision," *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, vol. 4, no. 26, pp. 1-4, 2016.
- [6] I. Morishita, and M. Okumura, "Automated Visual Inspection Systems for Industrial Applications," *Measurement*, vol. 1, no. 2, pp. 59-67, 1983.
- [7] S.P. Kumar, and H.V. Ramakrishna, "Automated Bottle Cap Inspection Using Machine Vision System," *International Journal of Innovative Research in Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 131-136, 2015.
- [8] F. Vanderweyst, "Beverage Filling System," Canada Patent CA2510251A1, Jun. 20, 2005.
- [9] W. Bolton, *Programmable Logic Controllers, 4th edition*, Burlington, MA: Elsevier Newnes, 2006, pp. 1-14.
- [10] OMRON, *The CP1E Programmable Controller: Economical, Easy to Use, and Efficient*, Tokyo, Japan, 2013, pp. 1-48.
- [11] F.G. Airlangga, A. Triwiyatno, and Sumardi, "Perancangan Sistem Automasi pada Pengemasan Susu Dalam Botol dengan Programmable Logic Controller (PLC) Omron CP1E terhadap Purwarupa Filling Bottle and Capping Machine," *Transient*, vol. 6, no. 1, hlm. 103-109, 2017.
- [12] A. Goeritno, and S. Pratama, "Rancang-Bangun Prototipe Sistem Kontrol Berbasis Programmable Logic Controller untuk Pengoperasian Miniatur Penyortiran Material," *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, vol. 16, no. 3, hlm. 198-206, Desember 2020. <http://dx.doi.org/10.17529/jre.v16i3.14905>
- [13] S. Tirta, dan A. Goeritno, "Simulator Berbasis PLC untuk Pengaturan Lalu-lintas Jalan Raya pada Perlintasan Jalur Kapal," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 4, no. 6, hlm. 1007-1016, Desember 2020. <https://doi.org/10.29207/resti.v4i6.2668>
- [14] A. Goeritno, dan Y. Herutama, "Sistem Elektronis Berbantuan PC untuk Pemantauan Kondisi Pasokan Daya Listrik," *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, vol. 14, no. 2, hlm. 96-104, Agustus 2018. <http://dx.doi.org/10.17529/jre.v14i2.10904>
- [15] D. Suhartono, dan A. Goeritno, "Prototipe Sistem Berbasis Mikrokontroler untuk Pengkondisian Suhu pada Analogi Panel dengan Analogi Sistem Air Conditioning," *Jurnal EECCIS (Electrics, Electronics, Communications, Controls, Informatics, Systems)*, vol. 13, no. 1, hlm. 22-30, April 2019.
- [16] L. Hardian, dan A. Goeritno, "Pabrikasi Unit Kontrol Berbasis Web pada Smarthome System untuk Pengoperasian Pintu Gerbang," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 5, no. 1, hlm. 163-173, Februari 2021. <https://doi.org/10.29207/resti.v5i1.2879>