



Simulator Proses Pengisian dan Pemasangan Tutup Botol Terkendali *PLC* Berbantuan Miniatur Konveyor

Anang Dwi Purnomo¹, Arief Goeritno^{2*}, Danang Adi Nugroho³

¹Laboratorium Instrumentasi dan Otomasi, Universitas Ibn Khaldun Bogor

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

³PT Serena Indopangan Industri, Kelurahan Cibinong, Kecamatan Cibinong, Kabupaten Bogor.

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

Abstract

A miniature conveyor machine assisted by embedded systems and controlled by a programmable logic controller (PLC) has been fabricated with the operating mechanism is based on the detection of two different colors. The objectives of this research are to obtain a miniature machine is controlled by the PLC system, create a ladder diagram-based program structure, and measure the performance of the embedded system. Obtaining the machine is carried out through assembly of the conveyor frame, installation of all devices, and integrated wiring. The programming for the Omron PLC system is based on providing the CX-Programmer 64 bits, establishing algorithms and compiling ladder diagrams, and compiling and uploading processes. The performance measurement includes synchronization conditions between the simulator and the control system, observations of the readings of installed sensors for activating all devices on the output side, and observing the measurement of the filling process time and the installation of bottle caps assisted by the pneumatic system. The results of the performance during the process of filling and installing the lid obtained a success rate of 75%, based on four trials, three successes, and one failure. The general conclusion is that the embedded system that has been built can be used as a simulator for the mechanism of filling liquid into bottles and installing bottle caps, and it is as an implementation of instrumentation and automation processes.

Keywords: *A miniature of the conveyor machine, embedded system, programmable logic controller system, simulator for the process of filling and installing bottle caps.*

Abstrak

Telah dihasilkan sebuah miniatur mesin konveyor berbantuan sistem tertanam terkendali oleh *programmable logic controller (PLC)* dengan mekanisme operasi mesin berdasarkan kepada deteksi terhadap dua warna berbeda. Tujuan penelitian ini berupa memperoleh sebuah miniatur mesin terkendali oleh sistem *PLC*, membuat struktur program berbasis *ladder diagram*, dan mengukur kinerja sistem tertanam. Perolehan mesin dilakukan melalui perakitan kerangka konveyor, pemasangan seluruh perangkat, dan pengawatan terintegrasi. Metode pemrograman terhadap sistem *PLC* Omron didasarkan kepada penyediaan CX Programmer 64 bit, penetapan algoritma dan penyusunan *ladder diagram*, dan proses *compiling* dan *uploading*. Pengukuran kinerja meliputi kondisi sinkronisasi antara simulator dan sistem kontrol, pengamatan terhadap pembacaan sensor-sensor terpasang untuk pengaktifan seluruh perangkat di sisi keluaran, dan pengamatan terhadap pengukuran waktu proses pengisian dan pemasangan tutup botol berbantuan sistem *pneumatic*. Hasil kinerja saat proses pengisian dan pemasangan tutup diperoleh tingkat keberhasilan sebesar 75%, berdasarkan empat kali uji coba, tiga kali berhasil dan satu kali gagal. Kesimpulan secara umum, bahwa sistem tertanam yang telah dibangun dapat digunakan sebagai simulator untuk mekanisme pengisian cairan ke dalam botol dan pemasangan tutup botol, dan hal itu sebagai implementasi terhadap instrumentasi dan proses otomasi.

Kata kunci: Miniatur mesin konveyor, sistem tertanam, sistem pengontrol logika terprogram, proses pengisian dan pemasangan tutup botol.

1. Pendahuluan

Salah satu produk alat pengisian air minum ke dalam botol berbasis pengontrol logika terprogram atau *PLC* yang tersedia di pasaran dengan merek dagang Omron dengan tipe CP1E-E20SDR-A telah diwujudkan [1]. Alat pengisian berbasis sistem otomasi tersebut

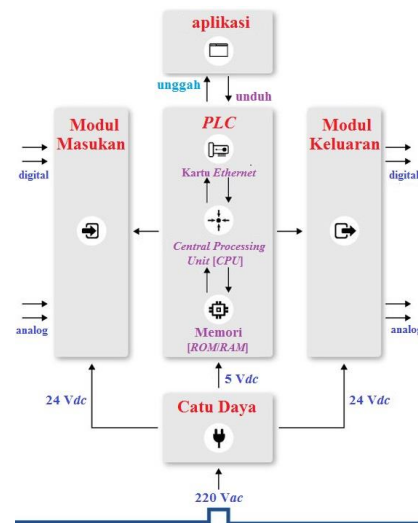
berpedoman kepada konsepsi “beverage filling system” [2], yaitu perwujudan sebuah sistem tertanam (*embedded system*) yang berbasis *PLC* [3-9]. Penggunaan *PLC* OMRON tipe CP1E [10] pada prototipe yang telah terpabrikasi [11, 1, 12], maupun pemakaian *PLC* dengan merek lainnya [13] sebagai alat

pengontrol pada sejumlah hasil penelitian [14-16] pun telah menjadi suatu keniscayaan. Sisi masukan (*input*) pada PLC Omron tipe CP1E-E20SDR-A untuk terhubung dengan *photoelectric sensor* dan *push button*, sedangkan sisi keluaran (*output*) terhubung ke aktuator untuk pengoperasian motor *dc* dan *solenoid valve* [1]. Hasil penelitian dari Chaerunnisa dan kawan-kawan [1] merupakan bentuk metode untuk identifikasi sistem pengisian air minum secara otomatis. Peran utama PLC dilengkapi dengan cara pemilihan untuk jalur (*port*) *input* dan *output* terpakai dan pembuatan *ladder diagram* pada program *CX-programmer* merupakan suatu pilihan sesuai kebutuhan [1, 12]. Identifikasi pada sistem berupa tanda *high* dari PLC berupa angka 1 sebagai penanda *I/O* (*input/output*) aktif dan *low* berupa angka 0 sebagai penanda *I/O* tidak aktif sesuai program [1]. Operasi sistem dapat diketahui dengan baik dari indikator tersebut. *Time base* digunakan sebagai batas ukur waktu pengisian cairan ke dalam botol [1].

Penelitian lain berkaitan dengan sistem pengisian cairan ke dalam botol secara otomatis [11], dilakukan melalui pemanfaatan PLC merek Omron tipe CP1E [2] untuk pengemasan susu dalam botol terhadap purwarupa *filling bottle and capping machine* [11]. Pemanfaatan PLC pada sistem tersebut difungsikan sebagai pengontrol proses pengisian cairan ke dalam botol. Implementasi sistem *filling bottle and capping machine* [11] merupakan salah satu bentuk otomasi permesinan di bidang industri [17, 18]. Pemanfaatan PLC juga digunakan untuk pengontrolan pada pengoperasian mesin konveyor melalui proses penggerakan botol [11, 12]. Penggerakan mesin konveyor dilakukan dengan bantuan motor *direct current* (*dc*) [11, 12, 15, 16]. Keberadaan sistem tertanam berbasis PLC di dunia industri dengan kemampuan operasi cepat dan akurat telah menjadi pilihan, agar diperoleh peningkatan kuantitas maupun kualitas hasil produksi [19-21].

Tugas utama PLC dalam pembuatan inventarisasi kesalahan, digunakan untuk perbaikan terhadap kesalahan tersebut melalui permulaan program pada sistem pengisian. Pembuatan dan pemberian instruksi pada tahapan lanjutan dengan posisi yang telah diprogram sebelumnya dan/atau tindakan lain [17, 18, 20] merupakan tugas utama lain dari PLC. Berdasarkan hal itu, maka PLC beroperasi dalam pembuatan dan pemeliharaan riwayat kesalahan yang terdeteksi untuk setiap posisi pengisian secara *real time* [17, 18, 20], agar dimungkinkan deteksi dan koreksi langsung terhadap posisi pengisi yang rusak secara langsung [17-21]. Keberadaan sejumlah sensor tersambung di jalur (*port*) masukan, sedangkan pada *port* keluaran (*output*) difungsikan untuk pengaktifan sejumlah aktuator dalam integrasi sebuah sistem otomasi berbasis komputer personal (*personal computer*, *PC*) [22] atau PLC pada umumnya [3-9], atau modul mikrokontroler telah menjadi suatu keniscayaan [23-29].

Komputer *solid-state* untuk keperluan industri [3-9] merupakan inti dari PLC dalam pemantauan terhadap jalur masukan-keluaran dan pembuatan keputusan berbasis logika dalam suatu proses otomatisasi [3-9, 22]. Keberadaan PLC sejak ditemukan pada tahun 1968, lebih sebagai evolusi teknologi daripada penemuan yang spektakuler, sehingga PLC telah menjadi pemeran penting dalam operasi manufaktur sejak saat itu [3-9]. Pemanfaatan teknologi PLC yang telah ada selama beberapa waktu terakhir, sehingga keberadaan PLC masih menjadi bagian penting dalam industri hingga saat ini [3-9]. Diagram blok sistem PLC [13] untuk pengendalian, pengontrolan, dan otomasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

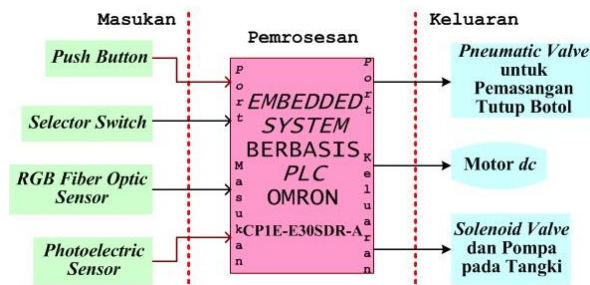


Gambar 1. Diagram blok sistem PLC untuk pengendalian, pengontrolan, dan otomasi

Berdasarkan sejumlah hasil penelitian terdahulu ditunjukkan, bahwa prototipe sistem berbasis PLC OMRON tipe CP1E-E20SDR-A [1] telah digunakan untuk sistem otomasi pengisian air minum, sedangkan sistem pengisian berbasis mikrokontroler [23-29] telah digunakan sebagai aplikasi pada alat pengisian air minum dan penutup botol. Berdasarkan hal itu, maka dilakukan fabrikasi sebuah *embedded system* berbasis PLC Omron CP1E-E30SDR-A untuk mesin simulator proses pengisian air minuman ke dalam botol dan mekanisme pemasangan tutup botol. Pengisian dan pemasangan dilakukan secara otomatis dengan sistem pengisian yang didasarkan kepada warna botol, kemudian botol yang telah terisi air dipindahkan oleh miniatur konveyor setelah pemberian penutup secara otomatis. Rumusan masalah pada penelitian ini dibuat dalam bentuk diagram blok. Diagram blok rumusan masalah, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2 dapat dijelaskan, bahwa pada *port* masukan PLC terhubung dengan *push button*, *selector switch*, RGB *fiberoptic sensor*, dan *photoelectric sensor*, sedangkan pada *port* keluaran PLC

terhubung dengan *pneumatic valve*, motor *dc*, dan pompa pada tangki.



Gambar 2 Diagram blok rumusan masalah

Mekanisme pengoperasian *embedded system* melalui sejumlah tahapan, yaitu (i) saat botol berwarna merah/hijau terdeteksi oleh *photoelectric sensor*, maka pompa tangki-1/tangki-2 beroperasi untuk pengisian cairan “rasa strawberry”/”rasa lemon” pada botol berdasarkan penyetelan waktu dan (ii) setelah proses pengisian selesai, maka sistem penutup botol beroperasi untuk penutupan botol. Sketsa tampilan *embedded system* berbasis *PLC* untuk simulator proses pengisian air ke dalam botol dan pemasangan tutup botol, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan sketsa *embedded system* berbasis *PLC* untuk simulator proses pengisian ke dalam botol dan pemasangan tutup botol

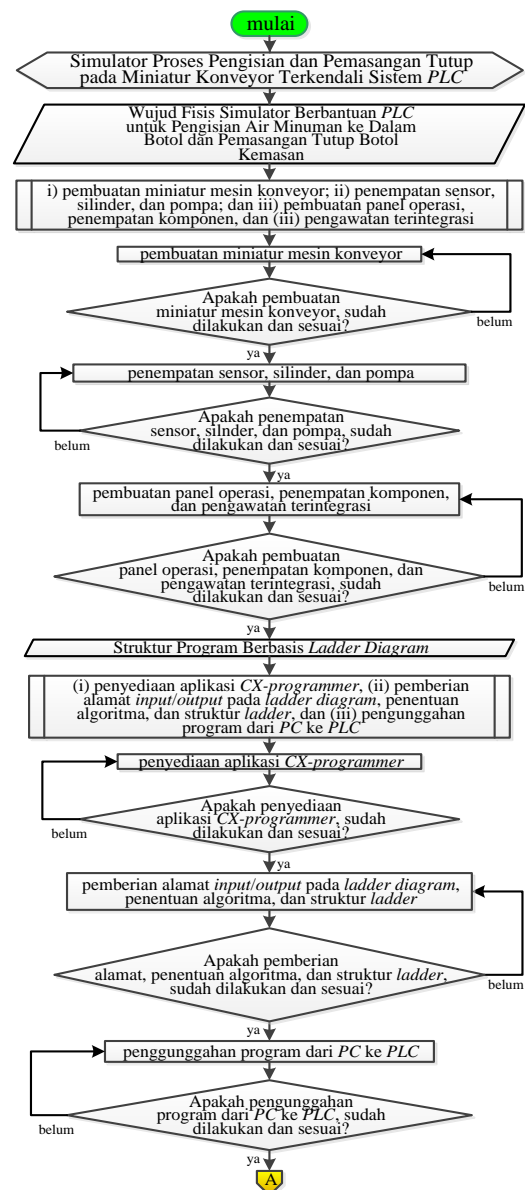
Berpedoman kepada mekanisme tersebut sketsa *embedded system*, maka penelitian ini dengan sasaran penelitian berupa (a) membuat dan merakit sebuah miniatur mesin sebagai simulator sistem mekanis berbasis *embedded system* untuk mekanisme pengisian air minuman dalam kemasan botol berdasarkan deteksi terhadap dua warna dan pemberian tutup botol secara otomatis, (b) membuat struktur program berbasis *ladder diagram* untuk sistem *PLC*, dan (3) mengukur kinerja *embedded system* berbasis *PLC*.

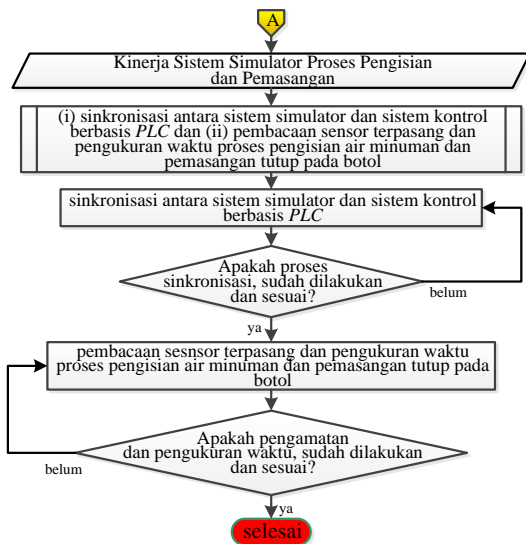
2. Metode Penelitian

Sejumlah peranti elektronika dan bahan peneliti diperlukan pada penelitian ini. Sebuah *PLC* merek Omron tipe *CP1E-E30SDR-A*, *belt conveyor*, motor *dc*, sensor *photoelectric*, pompa air mini, *water solenoid valve*, *relay* dan *socket* merek Omron tipe *MY4N*, *MCB*, *switch mode power supply (SMPS)*, *din rail*, *cable*

ducting, kotak panel, *push button*, *selector switch*, kabel jenis *NYAF*, dan sepatu kabel. Tahapan-tahapan pada metode penelitian dibuat dalam bentuk diagram alir (*flowchart*). Diagram alir metode penelitian, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4 dapat dijelaskan, bahwa penelitian ini terdiri atas tiga sasaran penelitian. Perolehan awal berupa bentuk fisis *embedded system* berbasis *PLC* untuk pengoperasian sistem mekanis pengisian cairan ke dalam botol dan pemberian tutup pada botol secara otomatis. Wujud rancang-bangun berbentuk bangunan fisis berbasis sistem tertanam untuk sistem mekanis, dilakukan melalui (i) tahapan pembuatan miniatur mesin konveyor, (ii) penempatan sensor-sensor, (iii) pemasangan silinder *pneumatic* dan pompa, dan (iii) pembuatan panel operasi, penempatan komponen, dan pengawatan (*wiring*) sistem terintegrasi.





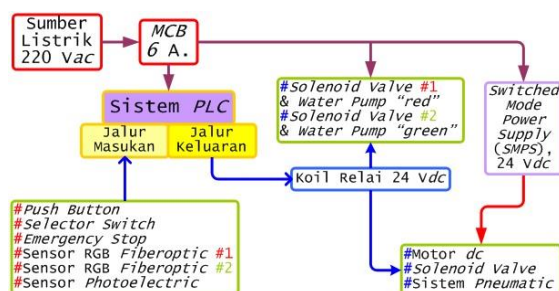
Gambar 4. Diagram alir metode penelitian

Pembuatan struktur program berbasis *ladder diagram*, dilakukan melalui (i) penyediaan aplikasi *CX-programmer*, (ii) pemberian alamat pada input/output pada ladder diagram, penentuan algoritma, dan struktur ladder, dan (iii) pengunggahan struktur program dari PC ke PLC. Pengukuran kinerja sistem simulator, dilakukan melalui langkah-langkah (i) pengamatan saat sinkronisasi antara sistem simulator dan sistem kontrol untuk pengisian air minuman ke dalam botol dan pemasangan tutup pada botol setelah proses pengisian, (ii) pengamatan terhadap pembacaan sensor-sensor terpasang, dan (iii) pengamatan dan pengukuran waktu proses pengisian air minuman ke dalam botol dan pemasangan tutup pada botol

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Simulator untuk Pengisian Air dan Pemasangan Tutup Botol

Pembuatan perangkat untuk sistem pengisian air minuman ke dalam botol dan pemasangan tutup botol kemasan berbantuan PLC, dilakukan dengan tahapan-tahapan i) pembuatan miniatur mesin konveyor, ii) penempatan sensor dan sistem *pneumatic*, dan iii) pengawatan terintegrasi sistem. Diagram skematis perwujudan fisis simulator, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram skematis perwujudan fisis simulator

Berdasarkan Gambar 5 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 sistem proteksi terhadap sistem simulator. Tegangan operasi sistem kendali 24 Vdc untuk pengoperasian simulator, agar lebih aman bagi komponen kontrol dan operator dalam pengoperasian.

3.1.1) Miniatur mesin konveyor dan penempatan perangkat

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. Wujud miniatur mesin konveyor, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Keterangan pada gambar:

- #1 Panel Pengoperasian
- #2 Solenoid Valve sebagai Aktuator untuk Cylinder Pneumatic
- #3 Solenoid Valve dan Water Pump untuk Cairan Warna Merah
- #3a Sensor RGB Fiberoptic untuk Cairan Warna Merah
- #4 Solenoid Valve dan Water Pump untuk Cairan Warna Hijau
- #4a Sensor RGB Fiberoptic untuk Cairan Warna Hijau
- #5 Cylinder Pneumatic untuk Pemasangan Tutup Botol
- #6 Sensor Photoelectric untuk untuk Pemasangan Tutup Botol
- #7 Motor dc untuk Penggerak Belt Conveyor

Gambar 6. Wujud miniatur mesin konveyor

Berdasarkan Gambar 6 ditunjukkan, bahwa *belt* untuk mesin konveyor terbuat dari bahan PVC berukuran 200 cm x 10 cm. Motor penggerak berupa motor dc dengan sistem tegangan 24 volt. Bentuk fisis motor dc penggerak miniatur mesin konveyor, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Bentuk fisis motor dc penggerak miniatur mesin konveyor

Berdasarkan Gambar 7 ditunjukkan, bahwa pengaturan kecepatan putar dengan rasio 1:200 berkecepatan 22 *revolutions per minute (RPM)* dan telah dilengkapi dengan *shaft coupling*.

3.1.2) Panel, penempatan komponen, dan pengawatan terintegrasi sistem kendali berbasis PLC

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 8.



Gamabr 8 Penampang fisis kotak panel dan terminal-terminal penghubung komponen-komponen

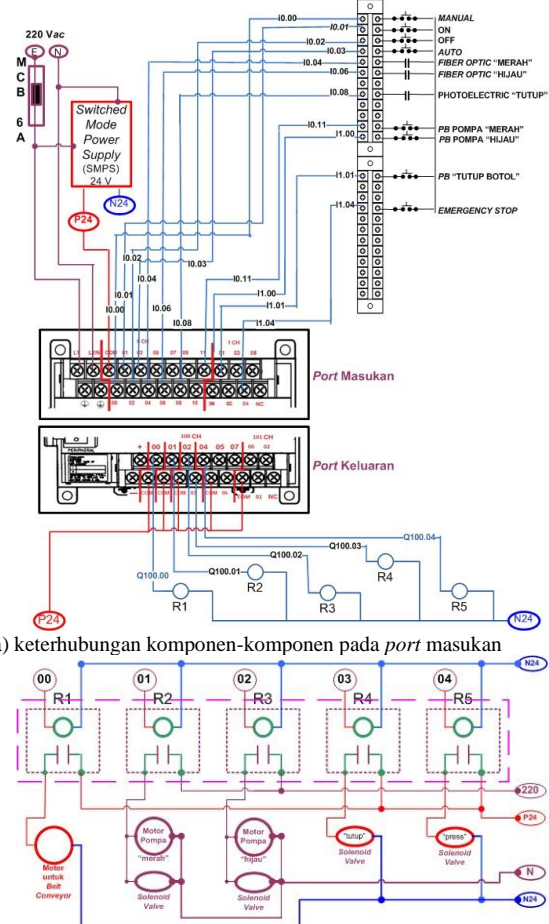
Berdasarkan Gambar 8 ditunjukkan, bahwa tata letak komponen disesuaikan dengan ketersediaan tempat. Masukan (*input*) dan keluaran (*output*) pada PLC digunakan kabel warna merah beroperasi dengan tegangan 24 Vdc ditandai pemberian sepatu kabel berbeda untuk kutub positif dan negatif.

Keluaran dari catu daya 220 Vac untuk keperluan pasokan ke *solenoid valve*, *water pump*, 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 aktuatur, untuk keperluan (i) motor 24 Vdc untuk mesin konveyor, (ii) *solenoid valve* 24 Vdc untuk sistem pneumatic, (iii) motor 220 Vac untuk pompa air, (iii) *water solenoid valve* 220 Vac. Merek Omron tipe MY4N pada relai elektromekanik disesuaikan dengan keberadaan merek PLC.

Penggunaan pada *port* masukan PLC berjumlah 12 masukan untuk keperluan (i) tombol tekan (*push button*), (ii) tombol tekan *emergency stop*, (iii) *selector switch*, (iv) sensor *photoelectric*, dan (v) sensor RGB *fiberoptic*. Tipe masukan pada *port* masukan di PLC berupa tipe negatif 24 Vdc dan sensor bertipe NPN (*Negative Positive Negative*), sedangkan terminal *commonly* (com) pada *port* masukan diberi kutub positif. Relai elektromekanik terhubung ke *port* keluaran PLC sebanyak 5 (lima) buah yang digunakan untuk keperluan sistem pengisian dan pemasangan tutup botol, melalui

terminal pada *auxiliary contact* untuk (i) motor 24 Vdc (CR 100.00), (ii) “red” dan “green” *water pump* dan *solenoid valve* (CR 100.01 dan CR 100.02), (iii) untuk *solenoid valve* pemasangan tutup botol (CR 100.03), dan (iv) *solenoid valve* pada mekanisme *pressing* terhadap tutup botol (CR 100.04).

Diagram pengawatan keterhubungan pada *port* masukan dan keluaran, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



#a) keterhubungan komponen-komponen pada *port* masukan

#b) keterhubungan komponen-komponen pada *port* keluaran

Gambar 9. Diagram pengawatan keterhubungan pada masukan dan keluaran

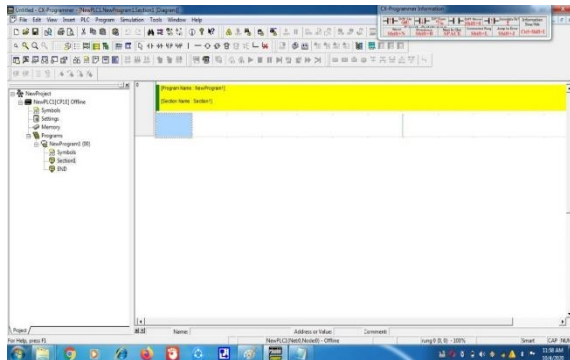
3.2. Pemrograman Berbasis Ladder Diagram

Sejumlah tahapan untuk pembuatan 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 yang digunakan sebagai media pemrograman PLC dengan merek dagang Omron. Tahapan pada proses pemasangan aplikasi *CX-programmer*, berupa (i) proses penyalinan aplikasi pada komputer, dari *folder CX-ONE* ke Data di

drive D komputer dan (ii) proses pemasangan (peng-*install*-an) dengan tahapan buka folder *CX-ONE* yang telah disalin pada Data D, (ii) klik 2 kali pada *product setup*, (iii) pilih bahasa yang diinginkan, (iv) klik *Yes* pada setiap permintaan peng-*install*-an, dan (v) klik *finish*, jika proses peng-*install*-an sudah selesai. Tampilan aplikasi *CX-programmer* pada saat pertama kali dibuka, seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan aplikasi *CX-programmer* pada saat pertama kali dibuka

Berdasarkan Gambar 10 ditunjukkan, 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*

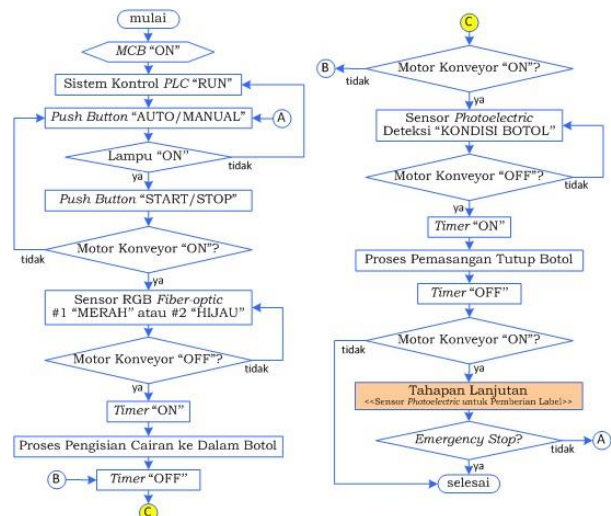
Pemrograman sistem *PLC* didasarkan pada pemberian alamat pada port masukan/keluaran, penetapan algoritma, dan pembuatan struktur *ladder* dengan *CX-programmer*. Pengalamatan *input* dan *output* pada sistem *PLC* harus ditentukan untuk kemudahan dalam proses pemrograman dan pengawatan. Penetapan alamat 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 | |
|------------------------|------------------------------------|-------------------------|----------|
| <i>PLC</i> | Komponen | <i>PLC</i> | 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 cap" | | |
| I1.03 | Push Button "manual gate" | | |
| I1.04 | Push Button Emergency Stop | | |

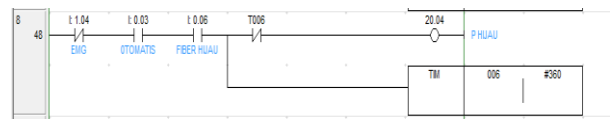
Setelah penetapan pengalamatan pada port masukan/keluaran, maka dilanjutkan dengan penetapan algoritma pemrograman. Tahapan-tahapan pada

algoritma pemrograman terhadap sistem pengisian dan pemasangan tutup botol, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



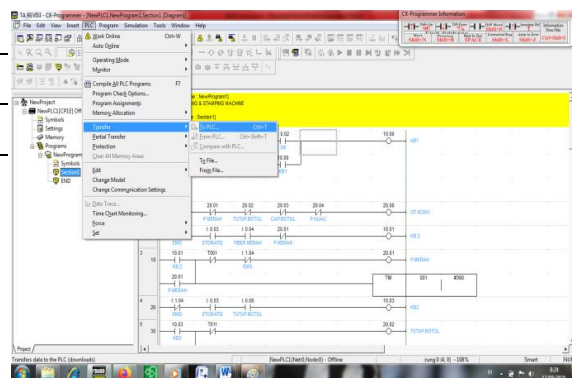
Gambar 11. Tahapan-tahapan pada algoritma pemrograman sistem pengisian dan pemasangan tutup botol

Berdasarkan Gambar 11, maka dilakukan penyusunan struktur *ladder* untuk pemrograman *PLC*. Salah satu tampilan susunan *ladder*, seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Salah satu tampilan susunan *ladder*

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 13.



Gambar 13. Tampilan proses *compiling* dan *uploading* program *ladder* dari *PC* kedalam *PLC*

Berdasarkan Gambar 13 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 Pengisian Air ke Dalam Botol dan Pemasangan Tutup Botol

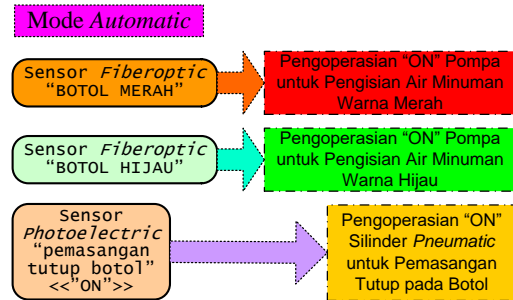
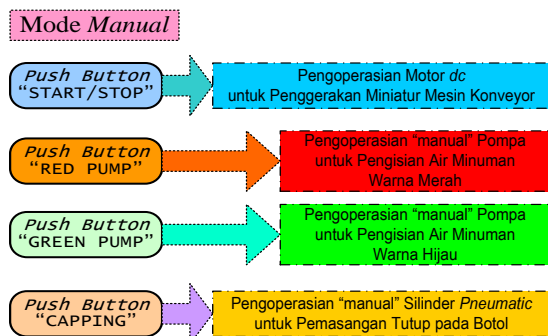
Pengukuran kinerja berdasarkan pengamatan terhadap 3 (tiga) kondisi, yaitu a) saat sinkronisasi antara simulator proses dan sistem kontrol berbasis *PLC* dan b) saat pengamatan terhadap pembacaan sensor terpasang dan pengukuran waktu proses pengisian dan pemasangan tutup botol berbantuan sistem *pneumatic*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

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

Simulator proses pengisian air minuman ke dalam botol dan pemberian tutup 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 aktuator 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 14.

Berdasarkan Gambar 14 dapat dijelaskan, bahwa pemasangan sejumlah tombol tekan (*push button*) pada panel pengoperasian sebagai pen-*trigger* untuk aktuator guna pengoperasian secara *manual* terhadap motor *dc*, pompa pengisian, 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 pompa pengisian, dan silinder *pneumatic*.



Gambar 14. Keterhubungan saat sinkronisasi dengan mode *manual* maupun *automatic* terhadap sistem pengontrol untuk miniatur mesin konveyor

3.3.2. Pembacaan sensor terpasang dan pengukuran waktu proses

Pengamatan proses pengisian air minuman ke dalam botol dan pemasangan tutup pada botol merupakan bentuk pengukuran kinerja terhadap sistem tertanam terpabrikasi. Tampilan hasil pengamatan proses terhadap botol warna merah, seperti ditunjukkan pada Gambar 15.

Berdasarkan Gambar 15 dapat dijelaskan, bahwa pengamatan terhadap botol warna merah, meliputi pendeteksian, proses pengisian air minuman ke dalam botol, dan pemasangan/pemberian tutup untuk botol, sesuai dengan pemrograman.



#a) sebelum pengisian



#b) proses pengisian



#c) proses pemberian/pemasangan tutup

Gambar 15. Tampilan hasil pengamatan proses terhadap botol warna merah

Tampilan hasil pengamatan proses terhadap botol warna hijau, seperti ditunjukkan pada Gambar 16.



#a) sebelum pengisian



#b) proses pengisian



#c) proses pemberian/pemasangan tutup

Gambar 16. Tampilan hasil pengamatan proses terhadap botol warna hijau

Berdasarkan Gambar 16 dapat dijelaskan, bahwa pengamatan terhadap botol warna hijau juga meliputi pendeteksian, proses pengisian air minuman ke dalam botol, dan pemasangan/pemberian tutup untuk botol, sesuai dengan pemrograman. Pengamatan sensor terpasang dan pengukuran waktu proses pengisian air minuman ke dalam botol dan penutupan tutup pada botol, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengamatan sensor terpasang dan pengukuran waktu proses pengisian air minuman ke dalam botol dan penutupan tutup pada botol

| No. | Percobaan Otomatis | Waktu Terprogram | Volume | Pemberian Tutup |
|-----|--------------------|------------------|--------|-----------------|
| 1 | Botol Merah | 55 detik | 470 ml | Gagal |
| 2 | Botol Hijau | 45 detik | 530 ml | Berhasil |
| 3 | Botol Merah | 55 detik | 530 ml | Berhasil |
| 4 | Botol Hijau | 45 detik | 520 ml | Berhasil |

Berdasarkan Tabel 2 dapat dijelaskan, bahwa kinerja simulator terfabrikasi ini berupa tingkat keberhasilan

sebesar 75%, berasal dari 4 kali uji coba, 3 kali berhasil dan 1 kali gagal.

4. Kesimpulan dan Rekomendasi

Berdasarkan hasil dan bahasan, maka dapat disimpulkan sesuai tujuan penelitian. Bentuk fisis miniatur mesin konveyor dengan *belt* berbahan *PVC green* dengan ukuran 200 cm x 10 cm, *roll conveyor* berukuran panjang 15 cm dengan diameter 5cm yang dilengkapi dengan *shaft coupling* yang berfungsi untuk sambungan ke as motor. Pemasangan *guide* berfungsi untuk pengamanan, agar botol tidak terjatuh pada saat *conveyor* dioperasikan. Penempatan sensor *photoelectric* merek Sunik E3F-DS30C4 dengan jarak deteksi objek 5-30 cm melalui *infrared LED* (660 nm) dengan respon frekuensi sebesar 300 hertz dan *response time* 1,5 ms (maksimum), sedangkan sensor *RGB fiberoptic* merek Autonic BF4R dan Autonic BF4G dengan respon frekuensi maksimum sebesar 0,5 ms (*frequency* 1 untuk sensor warna merah) dan 0,7 ms (frekuensi-2 untuk sensor warna hijau). Pemasangan *pneumatic cylinder* dan pompa pengisian air, meliputi (i) *pneumatic cylinder* merek Festo dengan panjang *stroke* 40 mm dengan diameter 16 mm, digunakan sebagai penekan tutup botol, dan *pneumatic cylinder* merek Airtac berdiameter 8 mm dengan panjang *stroke* 50 mm, digunakan sebagai pendorong tutup botol, dengan tekanan maksimum 3 bar. Panel operasi dan pengawatan (*wiring*), meliputi (i) modul *PLC Omron* CP1E-E30-SDRA, (ii) *switched mode power supply* 24 Vdc 4 A.; (iii) *MCB* 6 A., (iv) sejumlah relai dengan tegangan koil 24 Vdc; (v) tombol *emergency stop*; (vi) tombol *push button*, dan (vii) *selector switch*.

Pemrograman berbasis aplikasi *CX-programmer* untuk sistem *PLC* sebagai sistem pengontrol, dilakukan dengan sejumlah tahapan. Penyediaan aplikasi *CX-programmer* melalui pengunduhan dan pemasangan pada komputer personal, berupa (i) proses penyalinan aplikasi pada komputer, dan (ii) proses pemasangan beberapa tahapan. Penentuan algoritma dan penyusunan struktur *ladder*, diakhiri dengan proses *compiling* dan *uploading* dari *PC* ke dalam *PLC* berbantuan kabel *USB*.

Ketepatan proses pengisian dan pemasangan tutup botol, didasarkan kepada pembacaan *pulse* dari *photoelectric sensor* dan *fiberoptic sensor*. Sistem pengisian air beroperasi secara otomatis pada saat *fiberoptic sensor* deteksi keberadaan botol, sehingga konveyor berhenti dan proses pengisian air berlangsung. Proses penutupan botol secara otomatis berfungsi, apabila *photoelectric sensor* deteksi botol, sehingga konveyor berhenti dan sistem pemasang tutup dan penekan tutup beroperasi. Setelah proses penutupan botol selesai, konveyor beroperasi kembali. Tekanan udara pada *pneumatic unit* berpengaruh terhadap proses penutupan botol.

Rekomendasi terhadap penelitian ini dapat disampaikan, bahwa hasil penelitian ini dapat digabungkan dengan

proses sebelum pengisian air minuman dan pemasangan tutup botol maupun proses setelahnya, seperti pemberian label dan pengepakan (*packing*) produksi atau lainnya, sehingga dapat menjadi sebuah hasil penelitian yang terintegrasi.

Daftar Rujukan

- [1] I. Chaerunnisa, S.B. Mulia, dan M. Eriyadi, (2018, Juli). Aplikasi PLC pada Alat Pengisian Air Minum Otomatis. *Jurnal Elektra*. [Online]. 3(2), 61-68. Tersedia di: <https://pei.ejournal.id/jea/article/view/56/49>.
- [2] F. Vanderweyst, "Beverage Filling System," Canada Patent CA2510251A1, Jun. 20, 2005.
- [3] L.A. Bryan and E.A. Bryan. "Introduction to Programmable Controllers," in *Programmable Controllers: Theory and Implementation*, 2nd ed., Atlanta, GA: An Industrial Text Company Publication, 1997, pp. 4-32.
- [4] E.A. Parr. "Computers and Industrial Control," in *Industrial Control Handbook*, 3rd ed. New York, NY: Industrial Press, Inc., 1999, p. 438.
- [5] E.A. Parr. "Programmable Controllers," in *Electrical Engineer's Reference Handbook*, Sixteenth Edition (Editors: M.A. Loughton and D.F. Warne). Burlington, MA: Newnes, 2003, pp. 16/3-16/52.
- [6] 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.
- [7] 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)
- [8] W. Bolton. *Programmable Logic Controllers*, 6th ed. Burlington, MA: Newnes, 2015, pp. 1-19.
- [9] D. Patel. *Introduction Practical PLC (Programmable Logic Controller) Programming*. Munich, Grin Verlag, 2017. [Online]. Available: <https://www.grin.com/document/413360>.
- [10] OMRON, *The CP1E Programmable Controller: Economical, Easy to Use, and Efficient*, Tokyo, Japan, 2013, pp. 1-48.
- [11] F.G. Airlangga, A. Triwiyatno, dan Sumardi. (2017, Maret). Perancangan Sistem Automasi pada Pengemasan Susu Dalam Botol dengan Programmable Logic Controller (PLC) Omron CP1E terhadap Purwarupa Filling Bottle and Capping Machine. *Transient*. [Online]. 6(1), 103-109. Tersedia di: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/17069>.
- [12] M. Wildan, A. Goeritno, dan J. Irawan. "Embedded Device Berbasis PLC pada Miniatur Konveyor untuk Pengoperasian Simulator Rejection System," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 5, no. 2, hlm. 301-311, April 2021. <https://doi.org/10.29207/resti.v5i2.2994>
- [13] Mitsubishi Electric, 1999. *FX Series Programmable Controllers: Programming Manual*. [Online] (Updated November 1999). Available: http://dl.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/plc_fx/jy992d48301/jy992d48301j.pdf. [Accessed 30 January 2018].
- [14] S.Y. Dimpudus, V.C. Poekoel, and P.D.K. Manembu. (2015), "Sistem Pengepakan Botol Minuman Kemasan Berbasis Programmable Logic Controller," *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*. [Online]. 4(7), 65-72. Tersedia di: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/10717/10305>.
- [15] 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, hlm. 198-206, Desember 2020. <http://dx.doi.org/10.17529/jre.v16i3.14905>
- [16] 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>
- [17] 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.
- [18] 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>.
- [19] H. Carlsson, B. Svensson, F. Danielsson, and B. Lennartson, "Methods for Reliable Simulation-Based PLC Code Verification," in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 8, no. 2, pp. 267-278, May 2012, doi: 10.1109/TII.2011.2182653.
- [20] E.R. Alphonsus and M.O. Abdullah, "A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs)," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60 (C), July 2016, pp. 1185-1205. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.025>.
- [21] 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.
- [22] 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>
- [23] 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
- [24] Atmel. *8-bit AVR Microcontroller with 32KBytes In-System Programmable Flash*. San Jose, CA: Atmel Corporation, 2011. <http://www.atmel.com/Images/doc2503.pdf>
- [25] M. Banzi, *Getting Started with Arduino: the Open Source Electronics Prototyping Platform*, 2nd ed. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2011, pp. 17-24.
- [26] M. Margolis, *Getting Started: Arduino Cookbook*, 2nd ed. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc., 2011, pp. 1-21.
- [27] 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>
- [28] 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.
- [29] 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.