

Rancang-Bangun Prototipe Sistem Kontrol Berbasis Programmable Logic Controller untuk Pengoperasian Miniatur Penyortiran Material

Arief Goeritno¹ dan Surya Pratama²

¹Laboratorium Instrumentasi dan Otomasi, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ibn Khaldun Bogor
Jalan Sholeh Iskandar km.2, Kedungbadak, Tanah Sareal, Kota Bogor 16164

²PT Elangperdana Tyre Industry
Jalan Elang, Desa Sukahati, Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor 16810
e-mail: arief.goeritno@uika-bogor.ac.id

Abstrak—Telah dibuat miniatur penyortiran kualitas material, berbantuan prototipe sistem pengontrol berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) Mitsubishi FX1N-24MR. Sejumlah tahapan meliputi pembuatan unit sistem conveyor, sistem elektrik, pemrograman PLC, dan pengukuran kinerja. Perakitan unit conveyor melalui tahapan pemasangan belt conveyor, motor dc, *pneumatic cylinder*, *solenoid valve*, dan sensor. Sistem elektrik merupakan pengintegrasian PLC Mitsubishi FX1N-24MR, *switched mode power supply*, *miniature circuit breaker* (MCB), rangkaian *regulator* tegangan dc, relai, *digital counter*, *push button*, dan *selector switch* yang tersusun pada kotak panel berukuran 20 x 30 x 15 cm. Pemrograman sistem PLC Mitsubishi didasarkan kepada penentuan algoritma dan penyusunan ladder diagram berbantuan *GX Developer* (GX Work). Pengukuran kinerja berupa pembacaan *pulse* yang dilakukan melalui pengaturan dan pembuatan *ladder counter* dan *shift register* untuk penghitungan jumlah *pulse* setiap material dan ketepatan penyortiran saat material terdeteksi secara bersamaan. Indikator kinerja sistem berupa keakuratan pembacaan *pulse* dan ketepatan waktu penyortiran. Pembacaan *pulse* dari *proximity switch* berpengaruh terhadap perhitungan *counter* sebagai perintah untuk pengaktifan *pneumatic cylinder unit* dalam penyortiran. Penyortiran terhadap material-A dibutuhkan 11 *pulse*, sedangkan terhadap material-B dibutuhkan 19 *pulse*. Keberadaan pengukuran sinkronisasi berfungsi untuk penanganan saat terjadi *error* pada sistem, agar masukan diterima sama dengan keluaran pada sistem kontrol berbasis PLC.

Kata kunci: kontrol dengan *shift register*, miniatur penyortiran material, plc mitsubishi fx-series, prototipe sistem kontrol, sistem pneumatik

Abstract—A miniature sorting of material quality has been made, aided by a prototype of the controller system based on the Mitsubishi FX1N-24MR Programmable Logic Controller (PLC). A number of stages include the manufacture of the conveyor system unit, the electrical system, PLC programming, and performance measurement. The conveyor unit assembling was processed by installing the conveyor belt, dc motor, pneumatic cylinder, solenoid valve, and sensors. The electrical system is an integration of the Mitsubishi FX1N-24MR PLC, switched-mode power supply, miniature circuit breaker (MCB), dc voltage regulator circuit, relays, digital counters, pushbuttons, and selector switches arranged in a 20 x 30 x 15 cm panel box. Mitsubishi PLC system programming is based on algorithmic determination and ladder diagram arrangement assisted by GX Developer (GX Work). Performance measurement in the form of pulse readings is carried out by setting and manufacturing ladder counters and shift registers to count the number of pulses for each material and the accuracy of sorting when the material is detected simultaneously. The system performance is indicated by pulse reading accuracy and sorting timing accuracy. The reading of the pulse from the proximity switch affects the counter calculation to activate the pneumatic cylinder unit in sorting. Sorting for material-A takes 11 pulses, while for material-B, it takes 19 pulses. The synchronization measurement functions when an error occurs in the system in order to maintain the input received is the same as the output in the PLC-based control system.

Keywords: control with *shift register*, miniature of material sorting, plc mitsubishi fx-series, prototype of control system, pneumatic system

Copyright © 2020 Jurnal Rekayasa Elektrika. All right reserved

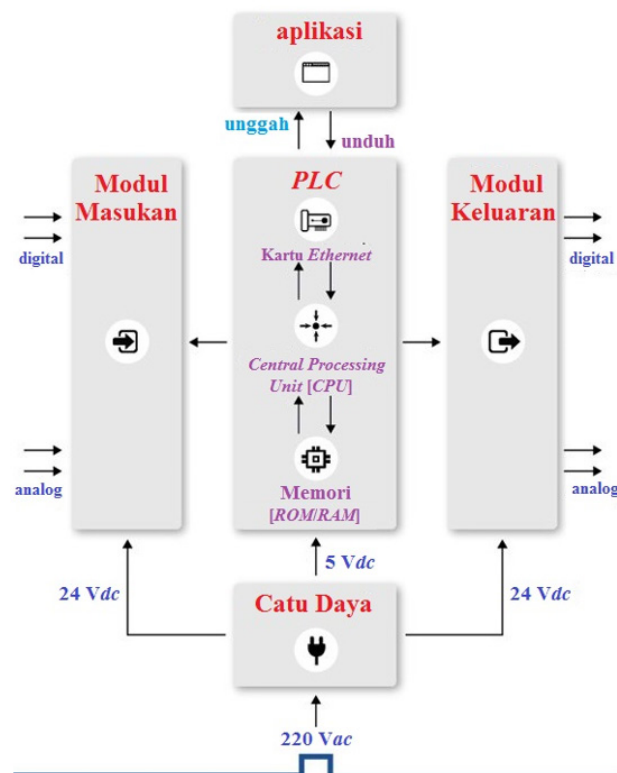
I. PENDAHULUAN

Sejak pertama kali ditemukan pada akhir dekade 1960-an [1]-[4] atau tepatnya tahun 1968 [5], *Programmable*

Logic Controllers (PLCs, PLC) telah berperan penting dalam operasi manufaktur sejak saat itu [5]-[11]. Prinsip dasar sebuah PLC, adalah keberadaan komputer *solid-state* industri untuk pemantauan masukan-keluaran (*input-*

output) dan pembuatan keputusan berbasis logika dalam suatu proses atau mesin secara otomatis [5], [6], [8]-[11]. Penggunaan komputer personal (*personal computer, PC*) sebagai pusat pengontrol telah menjadi keniscayaan [12], termasuk pemanfaatan teknologi *PLC* yang telah ada selama beberapa waktu, sehingga keberadaan *PLC* masih menjadi bagian penting dalam industri hingga saat ini [1]-[4]. Keberadaan sistem berbasis *PLC* di dunia industri yang mampu beroperasi secara cepat dan akurat menjadi suatu keharusan, agar diperoleh peningkatan secara kuantitas dan kualitas dalam produksi [1]-[4], [6]-[11]. Diagram skematis pemanfaatan *PLC* untuk pengontrolan [13], seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Sistem penyortiran menjadi salah satu hal yang penting untuk perwujudan pekerjaan otomatisasi, agar dicapai hasil operasi sistem lebih efektif dan efisien [14]-[17]. Hal itu sebagai pendorong keberadaan perakitan untuk simulator sebagai contoh sistem dalam dunia industri. Rancang-bangun prototipe berkenaan dengan pembuatan simulator untuk sistem pengepakan dan penyortiran berbasis *PLC* Schneider Twido TWDLMDA20DTK telah terpabrikasi [14]. Prototipe sebagai simulator tersebut dengan penggunaan *conveyor, photoelectric sensor, limit switch, load cell*, dan *PLC Twido*. Mekanisme penyortiran didasarkan kepada massa benda berbantuan sistem otomatisasi berbasis *PLC* [14]. Masukan untuk simulator tersebut berupa keluaran *photoelectric sensor, load cell*, dan *limit switch*. *Photoelectric sensor* sebagai masukan untuk *counting*, *load cell* sebagai masukan penghitung massa benda tersortir, sedangkan *limit switch*



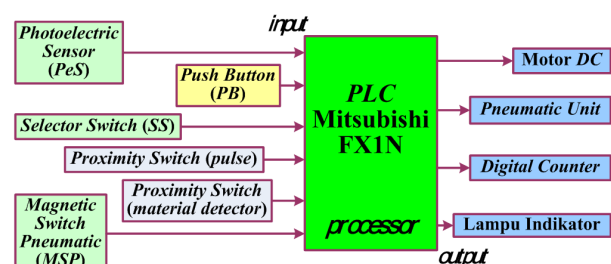
Gambar 1. Diagram skematis pemanfaatan PLC untuk pengontrolan

sebagai pemberi isyarat untuk pergerakan kereta. Keluaran simulator digunakan untuk pengoperasian motor *dc* dan *buzzer*. Motor *dc* sebagai penggerak *conveyor*, sedangkan *buzzer* sebagai indikator, jika beban lebih dari 100 gram [14].

Prototipe sistem penyortiran tidak hanya didasarkan massa benda saja, tetapi terdapat pula penyortiran berdasarkan warna. Prototipe sistem penyortiran untuk pendeteksian warna merupakan salah satu contoh dari pemrograman sistem otomatisasi penyortiran barang berdasarkan warna dengan *PLC* berbasis mikrokontroler *PIC16F877* [18]. Prototipe sistem penyortiran terfokus pada sistem pemrograman *micro-PLC* dengan mikrokontroler *PIC16F877* yang menjadi sumber penggerak *conveyor* dalam penyortiran berdasarkan warna. Warna disortir hanya berupa warna hitam dan putih [18]. Sensor pada prototipe tersebut berupa dua buah sensor *photodiode*. Sensor *photodiode* pertama digunakan untuk pendeteksian keberadaan benda dan sensor *photodiode* kedua digunakan untuk pemilahan warna hitam atau putih [18].

Berdasarkan latar belakang tersebut ditunjukkan, bahwa sistem berbasis *PLC* Schneider Twido dapat digunakan untuk sistem penyortiran berdasarkan massa dengan penggunaan sensor *load cell* [14], sedangkan prototipe kedua lebih terfokus kepada pemrograman *micro-PLC* *PIC16F877* sebagai penyortir warna berbantuan sensor *photodiode* [18]. Berdasarkan hal itu dilakukan pembuatan sistem pengontrol berbasis *PLC* untuk prototipe penyortiran kualitas material [19]. Keberadaan sistem dapat dimanfaatkan untuk pemilihan material yang disesuaikan dengan kriteria kualitas, yaitu kualitas material-A (dianalogikan dengan material logam), material-B (dianalogikan dengan material non-logam), dan material-C (dianalogikan dalam material non-logam yang terbungkus *reflector*) secara akurat. Mekanisme penyortiran dikontrol oleh *PLC* berbantuan sejumlah sensor. Diagram skematis prototipe sistem pengontrol berbasis *PLC* Mitsubishi tipe FX1N [20] untuk miniatur penyortiran material, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 1 digunakan sebagai pedoman rumusan masalah, maka diuraikan tujuan penelitian ini, yaitu (1) membuat bentuk fisis miniatur penyortiran kualitas material terkontrol oleh prototipe sistem berbasis *PLC* Mitsubishi tipe FX1N-24MR [20] dan (2) mengukur kinerja prototipe sistem pengontrol untuk miniatur penyortiran kualitas material.



Gambar 2. Diagram skematis prototipe sistem pengontrol berbasis PLC Mitsubishi tipe FX1N untuk miniatur penyortiran material

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dijelaskan dengan langkah-langkah perakitan dan percobaan. Pembuatan bentuk fisis miniatur penyortiran bentuk fisis miniatur penyortiran kualitas material terkontrol sistem berbasis PLC Mitsubishi FX1N-24MR, dilakukan melalui (i) perakitan *conveyor unit* sistem penyortiran; (ii) pemasangan komponen pendukung pada *conveyor*, meliputi *pneumatic cylinder*, *solenoid valve*, *belt conveyor*, motor *dc*, *proximity switch*, *photoelectric sensor*, dan *magnetic switch*; (iii) pemasangan komponen elektrik untuk pengontrolan sistem penyortiran; (iv) pemrograman sistem PLC Mitsubishi FX1N-24MR; dan (v) pengintegrasian perangkat. Pengukuran kinerja prototipe sistem kontrol untuk pengoperasian miniatur penyortiran kualitas material, dilakukan melalui pengukuran (i) keakuratan pembacaan *pulse* terhadap ketepatan waktu penyortiran, (ii) ketepatan waktu penyortiran, dan (iii) sinkronisasi kinerja prototipe sistem kontrol terhadap operasi miniatur penyortiran kualitas material. Diagram

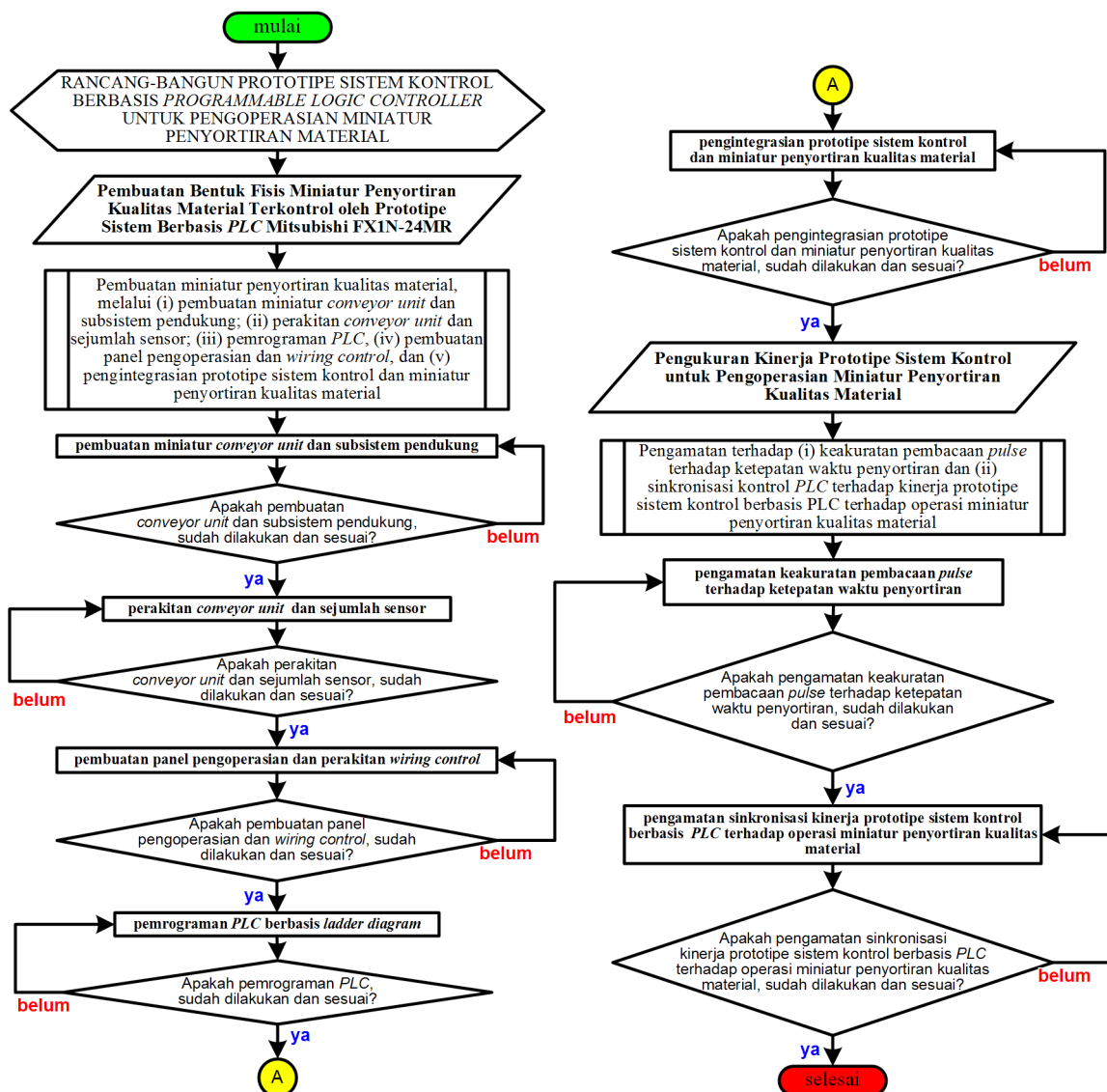
alir metode penelitian, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Miniatur Penyortiran Kualitas Material Terkontrol Prototipe Sistem Kontrol Berbasis PLC Mitsubishi

Bentuk fisis miniatur penyortiran kualitas material terkontrol oleh prototipe berbasis PLC dilakukan melalui sejumlah tahapan, yaitu pembuatan miniatur *conveyor*, unit *pneumatic cylinder*, dan pengawatan komponen-komponen pada prototipe sistem pengontrol berbasis PLC Mitsubishi FX1N. Diagram skematis prototipe sistem pengontrol untuk miniatur penyortiran kualitas material, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4 ditunjukkan, bahwa pengawatan untuk komponen-komponen miniatur penyortiran kualitas material dimulai dengan penghubungan sumber tegangan *ac* pada MCB, keluaran MCB disambungkan ke PLC dan *switched mode power supply*.



Gambar 3. Diagram alir metode penelitian

1. Pembuatan miniatur conveyor unit dan subsistem pendukung

Conveyor menjadi bagian penting untuk miniature penyortiran kualitas material yang dikontrol oleh prototipe sistem pengontrol berbasis *PLC*. Ukuran *conveyor* (*size conveyor*) 80 cm x 12 cm dengan *belt* untuk *conveyor* berukuran 165 cm x 7,7 cm, meliputi (i) kerangka *conveyor* dibuat dari besi *hollow* sebagai landasan, (ii) plat 0,3 mm digunakan sebagai dudukan *conveyor*, dudukan motor *dc*, *pneumatic cylinder*, dan sensor, (iii) *roll* pada *conveyor* berukuran panjang 8 cm dan diameter 3 cm, dilengkapi dengan baut pengatur pada *roll* depan yang berfungsi untuk pengaturan keregangan *belt conveyor*.

2. Perakitan conveyor unit

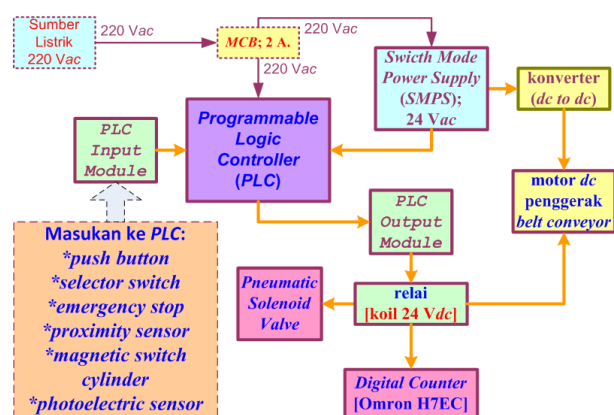
Pemasangan bagian-bagian *conveyor* pada miniatur penyortiran kualitas material, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5 ditunjukkan, bahwa komponen *conveyor* terdiri atas (i) unit *belt conveyor*, (ii) motor *dc* penggerak *belt conveyor*, (iii) *pneumatic cylinder* unit, (iv) *solenoid valve*, dan (v) sejumlah sensor. *Belt conveyor* terbuat dari bahan “kain jok motor” dengan pertimbangan, bahwa bahan tersebut tidak terlalu berat dan tidak mudah terjadi “slip”. Penggunaan “kain jok motor” dilapisi dengan lakban warna hitam untuk penanggungan terhadap *belt conveyor*, agar tidak terlipat saat disetel tingkat keregangannya.

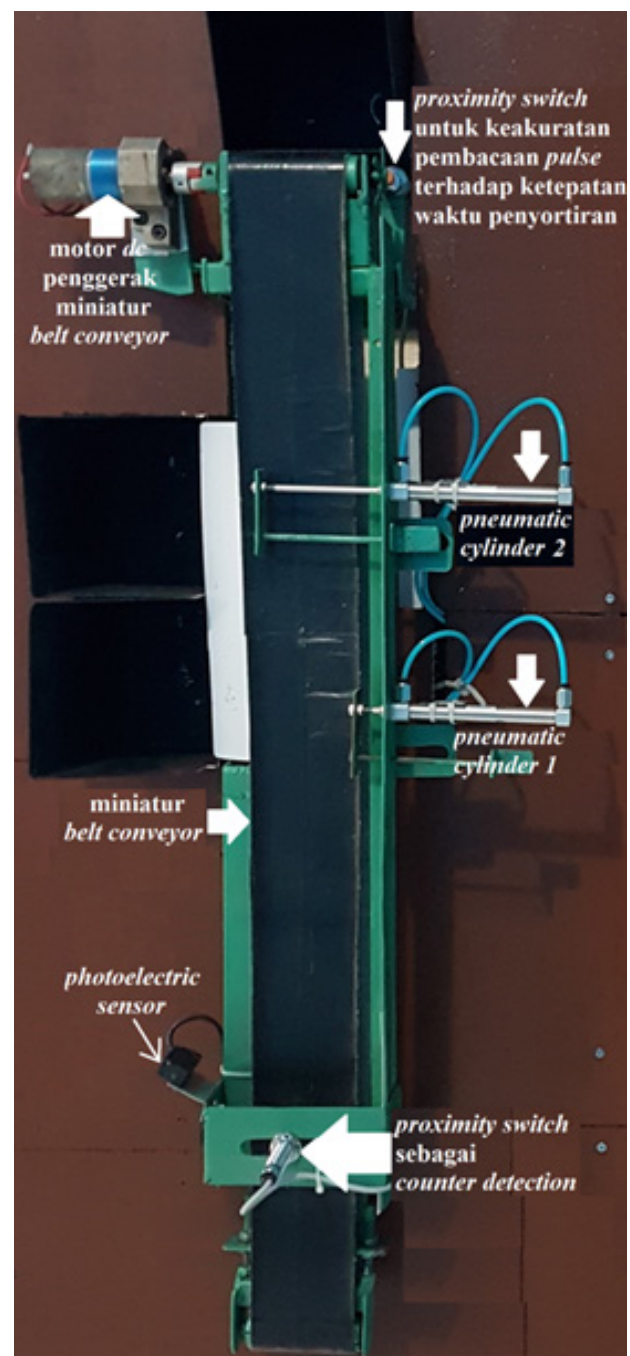
Posisi motor *dc* terdapat di bagian depan sebelah kiri, terdapat tiga rak yang berfungsi sebagai tempat barang/material yang disortir. Posisi *pneumatic cylinder* unit di sebelah kanan, *cylinder-1* sebagai penyortir material-A dan *cylinder-2* sebagai penyortir material-B. Motor *dc* penggerak *belt conveyor* berupa motor *dc* dengan tegangan masukan maksimal 24 Vdc dengan rasio 1:14. Motor *dc* dilengkapi dengan *coupling* untuk penghantar torsi motor dalam pergerakan *conveyor*. *Pneumatic cylinder* dipasang pada bagian samping kanan *conveyor*, terdapat dua *pneumatic cylinder* untuk penyortir material A dan B.

Pemasangan lima sensor pada miniatur untuk penyortiran, yaitu sensor-1 berupa *proximity switch* sebagai

counter detection, sensor-2 berupa *proximity switch* untuk pendeteksian material A (diasumsikan sebagai benda terbuat dari logam), sensor-3 berupa *photoelectric sensor* sebagai pendeteksi material-B (diasumsikan dengan benda non-logam), sensor-4 berupa *magnetic switch sensor* untuk material-A, dan sensor-5 berupa *magnetic switch sensor* untuk material-B. *Magnetic switch sensor* pada sistem ini berfungsi sebagai (i) masukan untuk *digital counter* untuk penunjukan jumlah barang telah disortir dan (ii) perintah masukan terhadap *solenoid valve* untuk pergerakan *cylinder pneumatic* unit, agar kembali ke posisi normal (*homing position*).



Gambar 4. Diagram skematis sistem penyortiran material



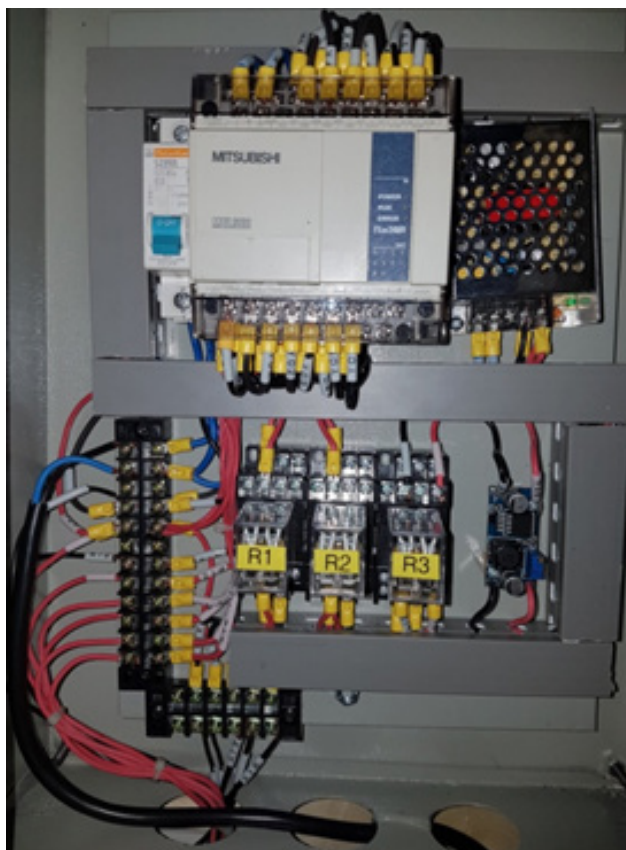
Gambar 5. Pemasangan bagian-bagian conveyor pada miniatur penyortiran kualitas material

3. Panel pengoperasian dan wiring control

Pemasangan dan pengawatan komponen-komponen pada prototipe sistem pengontrol untuk miniatur penyortiran kualitas material, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

Berdasarkan Gambar 6 ditunjukkan, bahwa pemasangan komponen-komponen pada prototipe sistem pengontrol untuk miniatur penyortiran kualitas material, meliputi (i) *PLC Mitsubishi FX1N-24MR*, (ii) *switch mode power supply 24 Vdc 2A*, (iii) *miniature circuit board (MCB) 2A*, (iv) rangkaian regulator tegangan *dc*, (v) relai dengan koil bertegangan 24 Vdc, (vi) *digital counter [Omron H7EC]*, (vii) *push button*, dan (viii) *selector switch*. Komponen-komponen tersebut disusun dan dilakukan pengawatan pada panel berbentuk kotak dan ukuran 20 x 30 x 15 cm. Penggunaan tiga jenis kabel, yaitu (a) kabel biru adalah kabel *supply 220 Vac*, (b) kabel merah adalah kabel *supply 24 dc*, dan (c) kabel hitam adalah kabel *supply negatif*. *Input and output (I/O) PLC* beroperasi dengan tegangan negatif 24 Vdc. Pasokan daya listrik 220 Vac dihubungkan pada *MCB 2A*.

Miniature circuit breaker (MCB) menjadi faktor penghubung penting pada rangkaian dengan sistem terintegrasi, sekaligus sebagai alat proteksi pada rangkaian untuk pencegahan kerusakan komponen saat terjadi *short circuit*. *Switched mode power supply 24 Vdc* digunakan untuk pasokan sumber tegangan pada sistem pengontrol.



Gambar 6. Pemasangan dan pengawatan komponen-komponen pada prototipe sistem pengontrol untuk miniatur penyortiran kualitas material

Tegangan keluaran pada *switched mode power supply* relatif stabil, sehingga sangat cocok digunakan dalam pengontrolan dengan sistem berbasis *PLC*. Hal itu berpengaruh pada kinerja *PLC*, sehingga bagian *I/O* pada *PLC* beroperasi maksimal pada tegangan kontrol yang stabil, sebesar 24 Vdc.

Tegangan keluaran tersebut juga dihubungkan ke rangkaian regulator tegangan *dc (dc to dc converter)* untuk keperluan pasokan daya listrik ke motor *dc* penggerak *belt conveyor* melalui rangkaian pengaturan tegangan. Penggunaan rangkaian bertujuan, agar kecepatan putaran motor dapat diatur sesuai kebutuhan. Tegangan keluaran dari rangkaian regulator tegangan *dc* dan keluaran dari *PLC* dihubungkan ke koil relai bertegangan 24 Vdc, sehingga kontak bantu relai untuk pengaktifan motor *dc* penggerak *conveyor*, *solenoid valve*, dan *digital counter* merek Omron H7EC untuk proses penghitungan. Diagram pengawatan komponen sistem pengontrolan untuk miniatur penyortiran material, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.

Berdasarkan Gambar 7 ditunjukkan, bahwa keluaran *switched mode power supply 24 Vdc* untuk pasokan daya ke koil relai R1 dan R2 untuk *solenoid valve* sebagai penggerak *pneumatic cylinder*, R3 untuk motor *dc* sebagai penggerak *conveyor*, R4 dan R6 untuk *counter-A*, dan R5 dan R7 untuk *counter-B*. Kontak bantu “NO” pada relai R4 dihubungkan pada masukan *count*, sedangkan pada relai R6 dihubungkan ke masukan *reset* pada *digital counter A*. Kontak bantu “NO” pada relai R5 dihubungkan pada masukan *count*, sedangkan pada relai R7 dihubungkan ke masukan *reset* pada *digital counter B*. Semua masukan maupun keluaran *PLC* berupa *NPN* dengan makna, bahwa semua masukan pada *PLC* berupa *common negative* dan keluaran *PLC* juga *common negative*. Masukan pada sistem penyortiran, meliputi (i) *push button “power on”*, (ii) *push button “power off”*, (iii) *selector switch Auto/Manual*, (iv) *selector manual cylinder-1* dan *cylinder-2*, (v) *push button Auto Start*, (vi) *push button JOG*, dan (vii) sensor-sensor sebagai masukan dengan *common negative N24 Vdc*.

4. Pemrograman PLC Mitsubishi FX1N-24MR

Pemrograman sistem *PLC Mitsubishi* didasarkan pada penyusunan algoritma yang dilanjutkan dengan pembuatan syntax berbasis bahasa ladder berbantuan *GX Developer/GX Work*. Algoritma pemrograman prototipe sistem pengontrolan untuk miniatur penyortiran material, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.

5. Pengintegrasian prototipe sistem kontrol dan miniatur penyortiran material

Miniatur penyortiran kualitas material diletakkan pada sebuah papan kayu dengan ketebalan 1,2 cm. Kotak untuk prototipe sistem pengontrol berukuran 86 cm x 105 cm x 9,5 cm. Sistem terintegrasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.

Berdasarkan Gambar 9 ditunjukkan, bahwa prototipe sistem pengontrol untuk miniatur penyortiran kualitas material terdiri atas 3 (tiga) bagian, yaitu (i) bagian pergerakan mekanis, (ii) blok pengontrol, dan (iii) penyedia udara bertekanan (dari kompresor mini).

B. Kinerja Prototipe Sistem Kontrol PLC untuk Pengoperasian Miniatur Penyortiran Kualitas Material

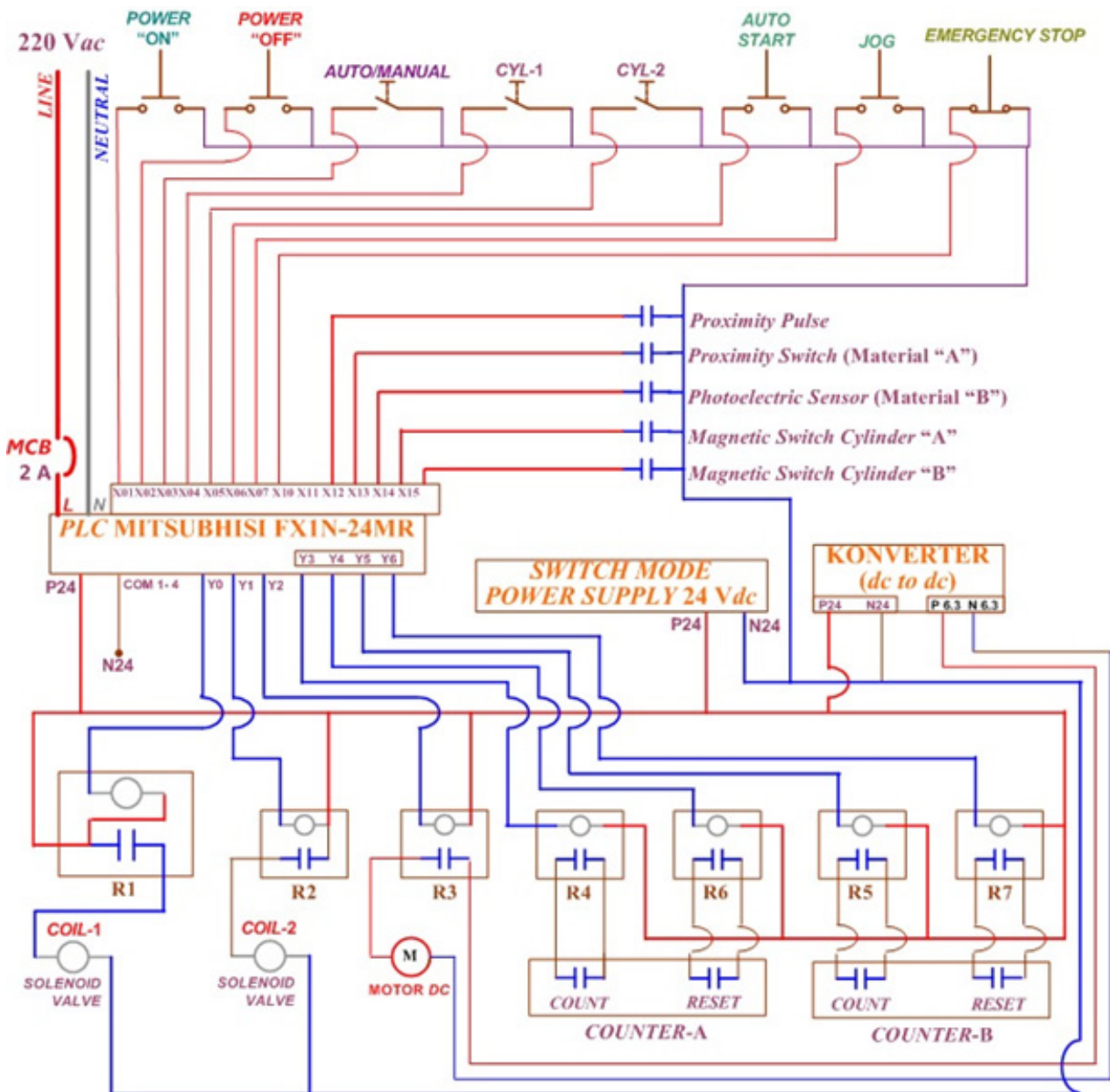
1. Keakuratan pembacaan pulse terhadap ketepatan waktu penyortiran

Pembacaan *pulse* ke untuk masukan ke PLC X11 berasal dari ON/OFF *proximity* sebagai *pulse detector* yang dipasang pada bagian bawah rol *conveyor driver*. *Ladder* untuk pembacaan *pulse* kontrol oleh PLC, seperti

ditunjukkan pada Gambar 10.

Berdasarkan Gambar 10 ditunjukkan, bahwa *input* X11 dari *proximity pulse detect* berpengaruh pada penghitungan program *counter*. *Coil counter* sebagai pemberi perintah untuk kinerja *pneumatic unit*.

Dalam kondisi *auto mode*, program penyortiran material akan beroperasi. Penyortiran material A beroperasi saat *proximity detect* material X12 ON, sedangkan penyortiran material B beroperasi saat *photoelectric sensor* deteksi X13 ON. Dalam kondisi sensor untuk deteksi material kondisi ON, maka program *shift register* beroperasi. *Pneumatic cylinder unit* untuk proses penyortiran material-A dibutuhkan 11 *pulse* yang dihasilkan dari jumlah ON-OFF dari *proximity switch*, sedangkan untuk penyortiran material-B dibutuhkan 19 *pulse*. Untuk pencegahan terhadap *error* dalam sistem, maka kecepatan motor *conveyor* dapat diatur pada “trimpot” rangkaian



Gambar 7. Diagram pengawatan komponen sistem pengontrolan untuk miniatur penyortiran material

tegangan *dc to dc converter* sesuai kebutuhan. Kinerja sistem saat pembacaan *pulse*, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.

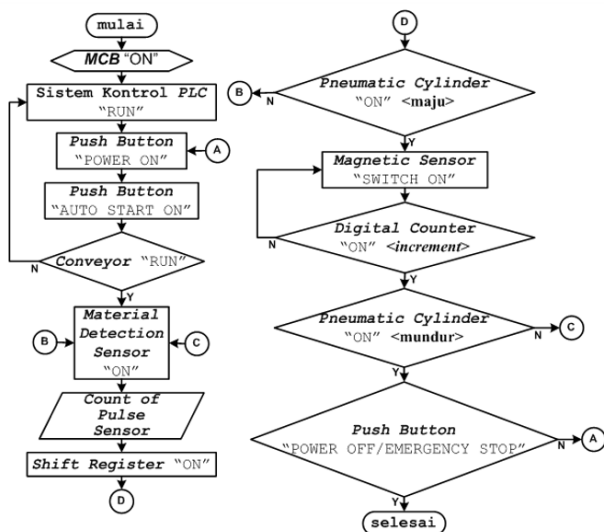
Berdasarkan Gambar 11 ditunjukkan, bahwa saat *proximity* penghasil *pulse* dalam kondisi OFF, maka indikator untuk *input module* pada PLC X11 tidak beroperasi dan *ladder* X11 dalam kondisi OFF. Saat *proximity* penghasil *pulse* dalam kondisi ON, maka pada indikator untuk modul *input PLC* X11 beroperasi pada *ladder* X11 dalam kondisi ON. Kinerja sistem pada saat kemunculan *pulse* terhadap sistem penyortiran, seperti ditunjukkan pada Gambar 12.

Berdasarkan Gambar 12 ditunjukkan, sensor saat deteksi material kondisi ON, menjadi masukan bagi *shift*

register untuk pengaktifan special relay, sehingga M6 bernilai 1 dan *pulse* mulai beroperasi untuk pengaktifan koil solenoid valve berdasarkan nilai *pulse* yang diatur pada counter.

2. Sinkronisasi kinerja prototipe dengan kontrol PLC

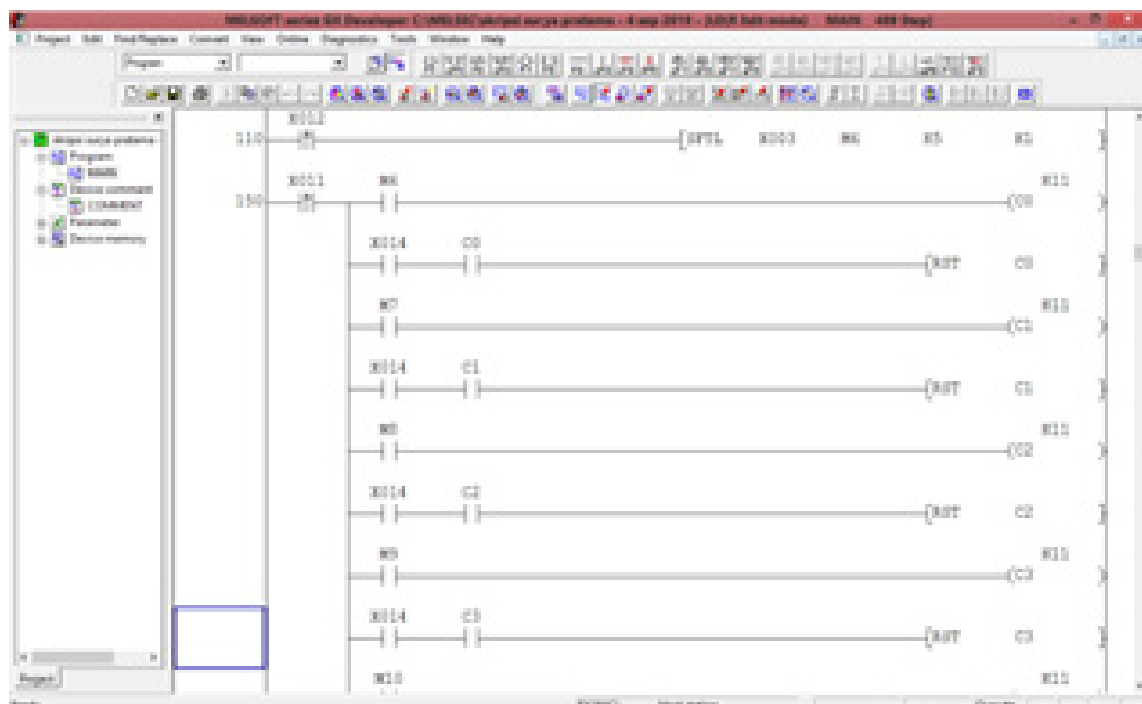
Sinyal masukan dari panel pengoperasian dan masukan oleh sensor diproses dalam program *PLC* untuk dihasilkan



Gambar 8. Algoritma pemrograman prototipe sistem pengontrolan untuk miniatur penyortiran material



Gambar 9. Sistem terintegrasi



Gambar 10. Ladder untuk pembacaan *pulse* kontrol oleh PLC

keluaran pengontrolan yang sesuai dan tepat. Tampilan kondisi saat sinkronisasi kinerja PLC terhadap sistem pengontrol untuk miniatur penyortiran, seperti ditunjukkan pada Gambar 13.

Berdasarkan Gambar 13 ditunjukkan, bahwa pengoperasian miniatur penyortiran kualitas material dalam kondisi *mode auto* dilakukan dengan beberapa tahapan operasi, yaitu (a) tahapan pengoperasian *conveyor run*, meliputi (i) saklar pilihan *MAN/AUTO* dalam posisi *auto*, (ii) pengaktifan masukan PLC X01 pada *push button POWER ON*, (iii) pengaktifan masukan PLC X06 pada *push button AUTO START*, (b) *step* kinerja sensor dan *pneumatic unit*, meliputi (i) saat *proximity detect* material A ON, maka sistem perhitungan jumlah *pulse* material A pada *proximity pulse* beroperasi dalam 11 *pulse* untuk pengaktifan *solenoid valve* Y00, sehingga material A disortir dengan cara didorong oleh *cylinder*, (ii) saat *photo sensor* material B ON, maka sistem perhitungan

jumlah *pulse* material B beroperasi dalam 19 *pulse* untuk pengaktifan *solenoid valve* Y01, sehingga material B dapat tersortir, dan (iii) saat *proximity detect* dan *photo sensor detect* dalam kondisi OFF, maka *pneumatic unit* menjadi OFF, sehingga material C dianggap *reject*, (c) *step counting* material yang terlambat disortir, program *counting* pada PLC beroperasi saat *magnetic switch* pada *cylinder pneumatic* dalam kondisi ON, sehingga *output PLC* Y14/Y15 menjadi ON untuk pengaktifan relai, sehingga *counter* kondisi *increment* 1, dan (d) *auto reset count* diaktifkan saat target jumlah penghitungan tercapai.

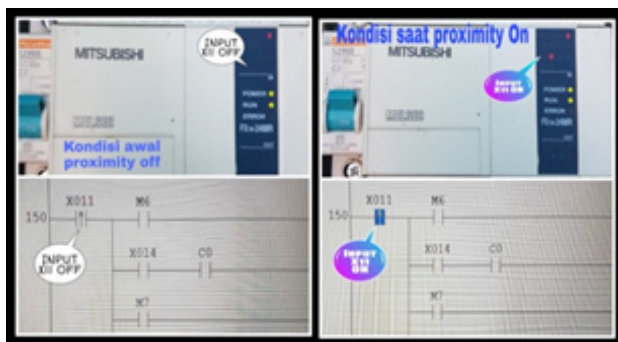
Penelitian sistem penyortiran ini didasarkan kepada kualitas material (logam, non-logam, dan logam terbungkus) berbantuan sensor *photoelectric* dan *proximity* sebagai upaya penggenapan terhadap penelitian-penelitian sistem penyortiran yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu (i) prototipe penyortiran berdasarkan massa benda dengan penggunaan sensor *load cell* dan (ii) prototipe kedua lebih terfokus kepada pemrograman *micro-PLC* PIC16F877 sebagai penyortir warna berbantuan sensor *photodiode*.

IV. KESIMPULAN

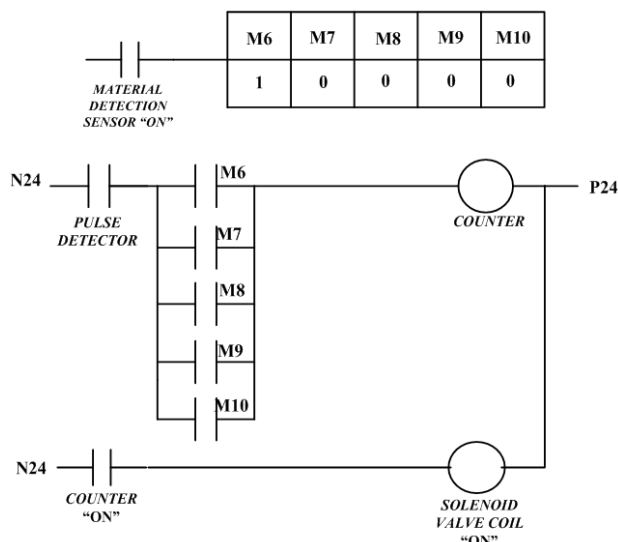
Berdasarkan hasil dan bahasan, maka ditarik kesimpulan sesuai tujuan penelitian. Pengintegrasian dan pemrograman sistem berbasis *Programmable Logic Controller* Mitsubishi FX1N-24MR ditunjukkan dengan perolehan bentuk fisik sistem penyortiran minimum melalui 4 tahapan, yaitu pembuatan miniatur *conveyor*, perakitan sistem *pneumatic cylinder*, pengawatan komponen *electrical*, dan pemrograman PLC FX1N-24MR. Proses dan hasil dalam hal pengontrolan merupakan indikator kinerja prototipe sistem berupa keakuratan pembacaan *pulse* dan ketepatan waktu penyortiran, didapatkan hasil bahwa pembacaan *pulse* dari *proximity detect* berpengaruh pada perhitungan *counter* sebagai perintah untuk pengaktifan *pneumatic cylinder unit* dalam penyortiran. Penyortiran terhadap material-A dibutuhkan 11 *pulse*, sedangkan material-B dibutuhkan 19 *pulse* untuk pengaktifan *pneumatic cylinder unit* miniatur penyortiran. Keberadaan pengukuran sinkronisasi kinerja prototipe sistem berfungsi untuk penanganan terhadap keberadaan *error* pada sistem, agar masukan diterima sama dengan keluaran pada sistem kontrol.

REFERENSI

- [1] 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.
- [2] E.A. Parr. "Computers and industrial control," in *Industrial Control Handbook*, 3rd ed. New York, NY: Industrial Press, Inc., 1999, p. 438.
- [3] 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.
- [4] W. Bolton. *Programmable Logic Controllers*, 6th ed. Burlington, MA: Newnes, 2015, pp. 1-19.



Gambar 11. Kinerja sistem saat pembacaan *pulse*



Gambar 12. Kinerja sistem pada saat kemunculan *pulse* terhadap sistem penyortiran

POWER ON	PROXIMITY DETECT	PHOTO SENSOR DETECT	AUTO MODE	AUTO START	CONVEYOR STATUS	PULSE DETECTOR	CYLINDER 1	CYLINDER 2	COUNTER A	COUNTER B
0	0	0	0	0	OFF	0	0	0	OFF	OFF
1	0	0	0	0	JOG	0	MANUAL	MANUAL	OFF	OFF
1	1	0	1	1	RUN AUTO	ON	ON	OFF	INC1	OFF
1	0	0	1	1	RUN AUTO	ON	OFF	ON	OFF	INC1

Gambar 13. Tampilan kondisi saat sinkronisasi kinerja PLC terhadap sistem pengontrol untuk miniatur penyortiran

- [5] 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/>
- [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] 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.
- [8] 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)
- [9] 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.
- [10] D. Patel. *Introduction Practical PLC (Programmable Logic Controller) Programming*. Munich, Grin Verlag, 2017. [Online]. Available: <https://www.grin.com/document/413360>.
- [11] Mohammad S. Saleh, Khalid G. Mohammed, Zuhair Sameen Shuker, and Aws Zuhair Sameen. "Design and implementation of plc-based monitoring and sequence controller system," in *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, vol 10, no. 02, January pp. 2281-2289, 2018.
- [12] A. Goeritno dan Y. Herutama, "Sistem elektronis berbantuan pc untuk pemantauan kondisi pasokan daya listrik," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, Vol. 14, No. 2, hal. 96-104, 2018.
- [13] Unitronics. *What is the definition of "PLC"?* Unitronics Website [Online]. Available: <https://www.unitronicsplc.com/What-is-PLC-programmable-logic-controller/>
- [14] H. Ardiansyah, N. Taryana, dan D. Nataliana. (2013). "Perancangan simulator sistem pengepakan dan penyortiran barang berbasis plc twido twd1mda20dtk," di *Jurnal Reka Ilkomika*, vol. 1, no. 4, hal. 373-385, 2013.
- [15] N. Bargal, A. Deshpande, R. Kulkarni, and R. Moghe. "Plc based object sorting automation," in *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 03, no. 07, pp. 103-108, 2016.
- [16] I.H. Saydee, S.M.G. Mostafa, and B.A. Imran. "Automatic shrinking and sorting of industrial finished product," in *2018 2nd Int. Conf. on Innovation in Science, Engineering and Technology (ICISSET)*, 2018, pp. 1-5.
- [17] R. Zulfiqar, B. Mehdi, R. Ifthikar, T. Khan, R. Zia, and N. Saud. "Plc based automated object sorting system," in *2019 4th International Electrical Engineering Conference (IEEC 2019)*, 2019, pp. 1-7.
- [18] H. Hikmarika, Z. Husin, dan R. Maulidda. (2014). "Pemrograman sistem otomatis sortir barang berdasarkan warna menggunakan plc (programmable logic controller) berbasis microcontroller pic16f877," *Mikrotiga: Electrical Engineering Journal Sriwijaya University*, Vol. 1, No.4, hal. 17-22, 2014.
- [19] A. Choudhary and S.B. Abidi. (2020). "PLC based Sorting System using Metal Detection," in *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 07, no. 04, pp. 6350-6355, 2020.
- [20] [20] Mitsubishi Electric. (2004, January). *Hardware Manual: FX1N Series Programmable Controllers*. [Online]. Available: <http://www.farnell.com/datasheets/1720026.pdf>.