



Simulator Berbasis *PLC* untuk Pengaturan Lalu-lintas Jalan Raya pada Perlintasan Jalur Kapal

Sandi Tirta¹, Arief Goeritno²

¹Museum Kepresidenan Balai Kirti, Jalan Juanda no.1 Kota Bogor

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

¹sanditirta1@gmail.com, ²arief.goeritno@uika-bogor.ac.id*

Abstract

A simulator based-on the Programmable Logic Controller (PLC) has been assembled. The objectives of this research include (i) assembling a physical form simulator equipped with a support subsystem and PLC system programming and (ii) measuring the performance of the simulator operating system. The research methods are carried out by assembling the miniature of bridge body equipped with an analogy of road traffic and ship lane crossing, while programming the PLC system is through algorithm determination and syntax compilation. Performance measurements are carried out at: (i) during synchronization, (ii) when there is a reading of the input ports, and (iii) during the lifting/lowering process of the miniature bridge body. The assembly results are (i) construction of the miniature of bridge body, (ii) placement of a number of sensors, (iii) installation the pump for the hydraulic system, (iv) installation of latches assisted by servo motors, (v) installation of traffic control lights and indicators; and (vi) manufacturing the operation panel, wiring, and installing the PLC system on the simulator. The programming result for the PLC system is in the form of syntax structure based-on ladder diagram assisted by GX Works-2 32-bit. The performance of the operating system during synchronization is the presence of input from the operation panel and a number of sensors on the input ports which are processed in the PLC program, so that the appropriate and precise output can be produced. The performance when observing the output signal from a number of sensors installed in the operating system has been functioning, so that the operation of a number of devices on the output ports are in accordance with the programming results that embedded in the PLC. The process of lifting the bridge body is longer than the time of dropping back with the time difference of 26 seconds. The general conclusion is that the implementation of simulators for lifting and lowering the miniature of bridge body and management of road traffic and at ship lane crossings can be used as a form of system engineering based-on PLC.

Keywords: analogy of ship crossing, miniature of the bridge body, management for road traffic, operating system based-on programmable logic controller.

Abstrak

Telah dilakukan perakitan simulator berbasis *Programmable Logic Controller (PLC)*, pengontrol logika terprogram). Tujuan penelitian ini meliputi (i) merakit bentuk fisis simulator yang dilengkapi subsistem pendukung dan pemrograman sistem *PLC* dan (ii) mengukur kinerja sistem pengoperasian simulator. Metode penelitian dilakukan melalui perakitan miniatur badan jembatan yang dilengkapi dengan analogi lalu-lintas jalan raya dan perlintasan jalur kapal, sedangkan pemrograman sistem *PLC* melalui penentuan algoritma dan penyusunan sintaks. Pelaksanaan pengukuran kinerja dilakukan pada: (i) saat sinkronisasi, (ii) saat terdapat hasil pembacaan jalur masukan, dan (iii) saat proses pengangkatan/penurunan miniatur badan jembatan. Hasil perakitan berupa (i) konstruksi miniatur badan jembatan, (ii) penempatan sejumlah sensor, (iii) pemasangan pompa untuk sistem hidrolik, (iv) pemasangan palang pintu berbantuan motor servo, (v) pemasangan lampu pengatur lalu lintas dan indikator; dan (vi) pembuatan panel operasi, pengawatan (*wiring*), dan pemasangan sistem *PLC* pada simulator.

Diterima Redaksi: 26-11-2020 | Selesai Revisi: 13-12-2020 | Diterbitkan Online: 20-12-2020

Hasil pemrograman terhadap sistem *PLC* berupa struktur sintaks program berbasis *ladder diagram* berbantuan *GX Works-2 32 bit*. Kinerja sistem pengoperasian saat sinkronisasi berupa keberadaan masukan dari panel pengoperasian dan sejumlah sensor pada jalur masukan yang diproses dalam program *PLC*, sehingga dapat dihasilkan keluaran yang sesuai dan tepat. Kinerja saat pengamatan terhadap sinyal keluaran dari sejumlah sensor yang terpasang pada sistem pengoperasian telah berfungsi, sehingga operasi sejumlah perangkat pada jalur keluaran telah sesuai dengan hasil pemrograman yang ditanamkan ke dalam *PLC*. Proses pengangkatan badan jembatan lebih lama dibandingkan dengan saat waktu penurunan kembali dengan selisih waktu sebesar 26 detik. Kesimpulan secara umum, bahwa implementasi simulator untuk pengangkatan dan penurunan kembali miniatur badan jembatan dan pengaturan lalu-lintas jalan raya dan pada perlintasan jalur kapal dapat digunakan sebagai bentuk rekayasa sistem berbasis *PLC*.

Kata kunci: analogi perlintasan kapal, miniatur badan jembatan, pengaturan lalu-lintas jalan raya, sistem pengoperasian berbasis *programmable logic controller*.

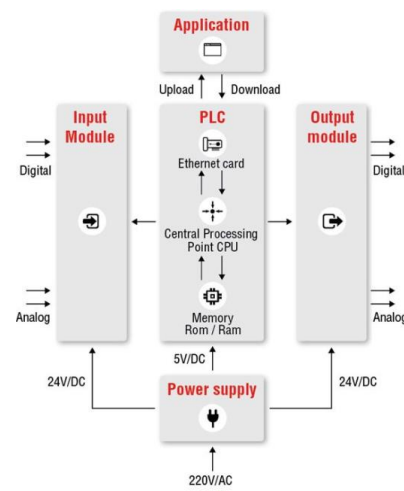
1. Pendahuluan

Prototipe berbasis sistem otomasi berbantuan *Programmable Logic Controllers (PLCs, PLC)* Mitsubishi FXIN-40MR atau pengontrol mikro (mikrokontroler, *microcontroller*) berbantuan sejumlah sensor telah digunakan sebagai simulator [1-3]. Prototipe sistem untuk pengangkutan sampah pada bagian pintu kali (sungai kecil) berbantuan aktuatur, sensor *proximity*, *limit switch*. Mekanisme pada alat pengangkutan sampah tersebut berupa data instruksi dari *limit switch* ke *PLC* [1]. Saat sensor *limit switch* aktif, maka *PLC* beroperasi dan perintah instruksi ke motor *dc* untuk pengangkatan, penggeseran, dan pemutaran pengangkut sampah. Prototipe dilengkapi dengan modul *NodeMCU ESP8266* untuk pengiriman data ke alamat “gmail” untuk status pengangkutan sampah telah selesai [1].

Penggunaan sistem berbasis *PLC* Omron CP1H-X40DR-A [4] diimplementasikan untuk simulator pembukaan dan penutupan jembatan perlintasan kapal laut secara otomatis dengan aktuatur motor listrik *dc* tipe shunt dan sensor *light dependent resistor (LDR)* sebagai alat deteksi keberadaan kapal laut yang lewat dan jembatan terangkat secara otomatis [4]. Mekanisme kerja simulator didasarkan kepada (i) waktu penutupan palang pintu dan pembukaan jembatan setelah kapal terbaca sensor ke-1 sekitar 9 detik; (ii) waktu penutupan jembatan dan pembukaan palang pintu setelah kapal terbaca sensor ke-2 tanpa jeda waktu, langsung ON; (iii) lampu hijau selalu kondisi ON, sedangkan lampu kuning dan lampu merah dalam kondisi OFF, apabila terdeteksi keberadaan kapal, (iv) lampu hijau OFF setelah 1 detik dilanjutkan lampu kuning ON selama 4 detik, kemudian lampu kuning OFF dan lampu merah ON, maka lampu merah OFF berbarengan dengan palang pintu terbuka, sedangkan lampu kuning ON selama 4 detik dan dilanjutkan lampu hijau ON; (v) apabila kapal yang lewat hanya satu, maka sistem dapat dioperasikan secara otomatis, sedangkan apabila kapal yang lewat lebih dari satu, maka dioperasikan secara manual dan sistem *PLC* tidak berfungsi, dengan kata lain pengoperasian otomatis hanya dapat beroperasi untuk satu kapal, sedangkan jika

lebih dari satu maka pengontrolan dioperasikan secara manual [4].

Sejak pertama kali ditemukan pada tahun 1968, *PLC* telah sebagai pemeran penting dalam operasi manufaktur sejak saat itu [5]. Prinsip operasi sebuah *PLC* didasarkan kepada keberadaan komputer *solid-state* industri untuk pemantauan masukan-keluaran (*input-output*) dan pembuatan keputusan berbasis logika dalam suatu proses otomatisasi [6-10]. Penggunaan komputer sebagai pusat pengontrol telah menjadi keniscayaan [11], termasuk pemanfaatan teknologi *PLC* yang telah ada selama beberapa waktu, sehingga keberadaan *PLC* masih menjadi bagian penting dalam industri hingga saat ini [12]. Keberadaan sistem berbasis *PLC* di dunia industri yang mampu beroperasi secara cepat dan akurat menjadi suatu keniscayaan, agar diperoleh peningkatan secara kuantitas dan kualitas dalam produksi [12]. Diagram skematis pemanfaatan *PLC* untuk pengontrolan, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

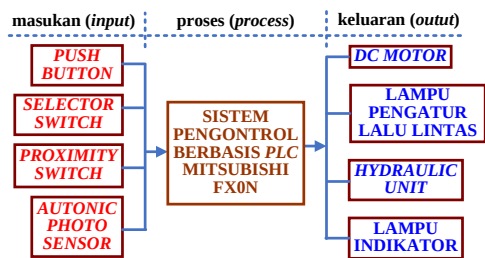


Sumber: <https://myzone-kza3sadj.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2017/11/What-is-PLC-programmable-logic-controller.jpg>

Gambar 1. Diagram skematis pemanfaatan *PLC* untuk pengontrolan

Berdasarkan uraian tersebut, maka dibuat sistem pengoperasian berbasis *PLC* Mitsubishi FX0N-24RM [13] yang difungsikan untuk penyediaan variasi jenis

simulator pengangkatan dan penurunan kembali miniatur badan jembatan sebagai analogi perlintasan jalan raya. Sejumlah detektor terhadap keberadaan jumlah kapal lebih dari satu buah terhubung ke *port* masukan (*input*) untuk mekanisme pengoperasian aktuator yang terhubung ke *port* keluaran (*output*) pada sistem pengoperasian. Mekanisme pengoperasian sistem pengangkatan dan penurunan kembali miniatur badan jembatan secara otomatis berbantuan sistem hidrolik [14]. Diagram skematis sistem pengoperasian berbasis PLC untuk pengendalian sejumlah aktuator, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

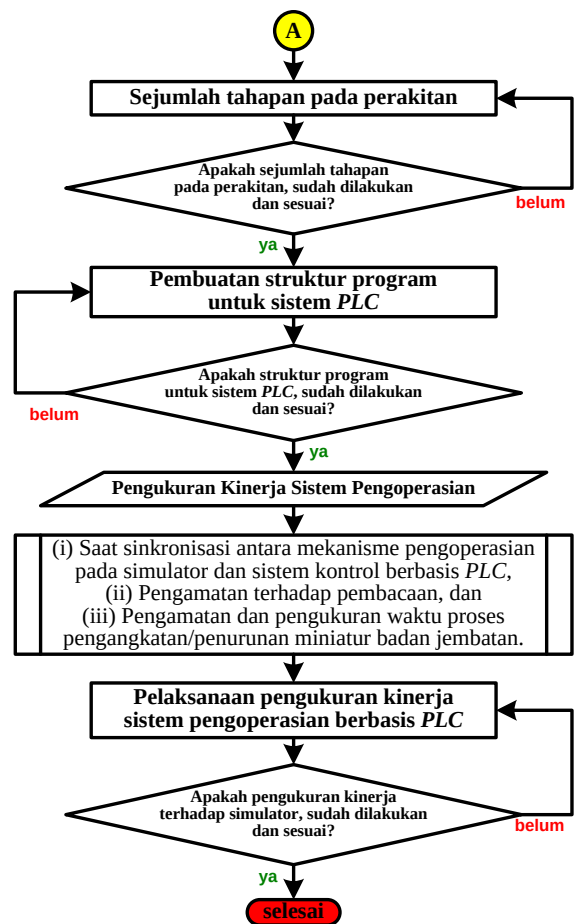
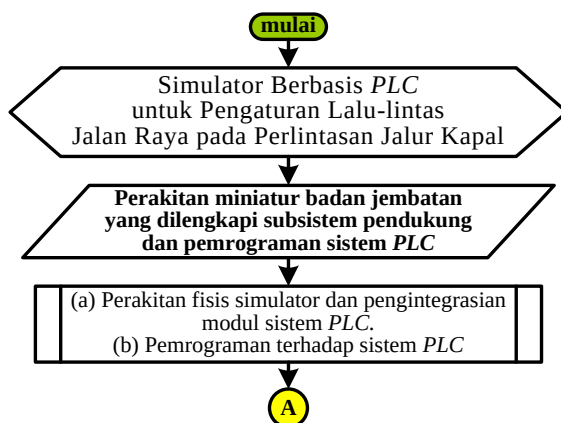


Gambar 2. Diagram skematis sistem pengoperasian berbasis PLC untuk pengendalian sejumlah aktuator

Berpedoman kepada Gambar 2, maka ditentukan sasaran penelitian, berupa (1) merakit miniatur badan jembatan untuk lalu-lintas jalan raya pada perlintasan kapal dan struktur program berbasis *ladder diagram* untuk sistem PLC guna sistem pengoperasian untuk pengangkatan/penurunan kembali dan (2) mengukur kinerja sistem berbasis PLC.

2. Metode Penelitian

Bahan-bahan penelitian untuk dukungan terhadap pelaksanaan penelitian, meliputi (i) miniatur lalu-lintas jalan raya pada perlintasan jalur kapal dan sistem pendukung, modul PLC Mitsubishi FX0N, (ii) sejumlah sensor dan relai sebagai aktuator, dan catu daya (*power supply*) 24 Vdc. Berpedoman kepada rumusan masalah dan sasaran penelitian, maka dapat ditetapkan metode penelitian. Diagram alir metode penelitian, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir metode penelitian

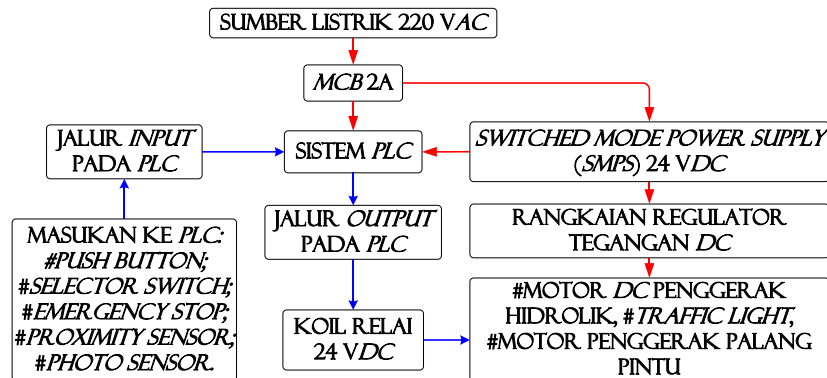
Berdasarkan Gambar 3 dapat dijelaskan, bahwa perakitan dilakukan dengan sejumlah tahapan untuk perolehan bentuk fisis simulator dengan analogi lalu-lintas jalan raya pada perlintasan jalur kapal dan pengintegrasian modul sistem PLC, dilakukan melalui (i) konstruksi miniatur badan jembatan, (ii) pemilihan dan penempatan sensor-sensor, (iii) pemasangan pompa untuk sistem hidrolik, (iv) pemasangan palang pintu berbantuan motor servo, (v) pemasangan lampu pengatur lalu-lintas dan indikator, dan (vi) pembuatan panel operasi, pengawatan (*wiring*), dan pemasangan sistem PLC; sedangkan mekanisme pengoperasian sistem berbantuan PLC melalui pembuatan struktur program berbasis *ladder diagram*, dengan tahapan-tahapan (i) penyesuaian penempatan NC/NO dengan mekanisme operasi sistem pengoperasian, (ii) pemberian alamat *input/output*, dan (iii) penyimpanan data ke dalam memori di PLC. Pengukuran kinerja sistem pengoperasian terhadap simulator berbasis PLC, berupa (i) sinkronisasi antara sistem pengoperasian dan mekanis control pada PLC, (ii) pengamatan terhadap pembacaan sejumlah sensor terpasang pada sistem pengoperasian, dan (iii) pengamatan dan pengukuran waktu proses pengangkatan/penurunan kembali miniatur badan jembatan berbantuan sistem hidrolik.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perakitan Miniatur Badan Jembatan dilengkapi Subsistem Pendukung dan Pemrograman PLC

Simulator untuk analogi pengaturan lalu-lintas jalan raya pada perlintasan jalur kapal terkontrol oleh prototipe berbasis PLC dilakukan melalui sejumlah tahapan, yaitu

pembuatan miniatur badan jembatan, pemasangan sejumlah sensor dan sistem hidrolik, dan pengawatan komponen-komponen pada prototipe berbasis PLC Mitsubishi FX0N-24MR. Diagram skematis sistem pengoperasian simulator untuk proses pengangkatan dan penurunan kembali miniatur badan jembatan, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

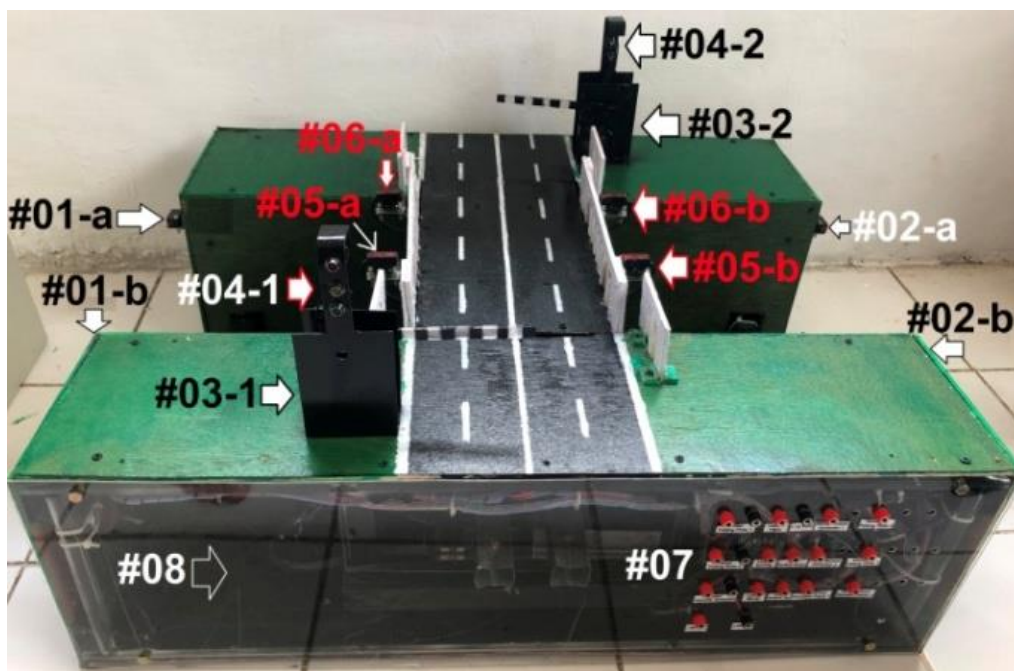


Gambar 4. Diagram skematis sistem pengoperasian simulator untuk proses pengangkatan dan penurunan kembali miniatur badan jembatan

Berdasarkan Gambar 4 ditunjukkan, bahwa pengawatan untuk komponen-komponen pada prototipe sistem control untuk pengoperasian simulator saat proses pengangkatan dan penurunan kembali miniatur badan jembatan dimulai dengan penghubungan sumber listrik 220 Vac pada MCB, keluaran MCB disambungkan ke PLC dan switch mode power supply.

3.1.1 Bentuk fisis badan jembatan dan subsistem pendukung

Keberadaan miniatur badan jembatan menjadi bagian penting pada simulator terkontrol oleh prototipe sistem berbasis PLC. Penampang tampak atas miniatur badan jembatan dan penempatan sensor-sensor, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Keterangan:
 #01-a: Autonics Photo Sensor (kapal);
 #01-b: Autonics photo sensor #RECEIVER (kapal);
 #02-a: Autonics photo sensor #TRANSMITTER (kapal);
 #02-b: Autonics photo sensor #RECEIVER (kapal);
 #03-1: Motor Servo Penggerak Palang Pintu #1;
 #03-2: Motor Servo Penggerak Palang Pintu #2;
 #04-1: Motor Servo Penggerak Palang Pintu #1;
 #04-2: Motor Servo Penggerak Palang Pintu #2

#05-a: Autonics photo sensor #TRANSMITTER (kendaraan darat); #05-b: Autonics photo sensor #RECEIVER (kendaraan darat)
 #06-a: Autonics photo sensor #TRANSMITTER (kendaraan darat); #06-b: Autonics photo sensor #RECEIVER (kendaraan darat)
 #07: Terminal-terminal untuk Pengawatan ke Sistem PLC; #08:udukan silinder hidrolik pengangkat badan jembatan dan tempat pompa penggerak hidrolik.

Gambar 5. Penampang tampak atas miniatur badan jembatan dan penempatan sensor-sensor

Berdasarkan Gambar 5 dapat dijelaskan, bahwa fisis miniatur badan jembatan dan analogi lalu-lintas jalan raya merupakan bagian dari bangunan simulator secara keseluruhan. Miniatur badan jembatan berukuran 29,5 cm x 20 cm dengan berat 500 gram. Bangunan simulator berukuran 75 cm (lebar), 86 cm (panjang), ketinggian 25 cm, sedangkan lebar kanal untuk jalur kapal sebesar 30 cm. Kerangka bangunan simulator terbuat dari besi holo ukuran 0,50 cm x 0,25 cm x 0,01 cm dan ukuran 0,35 cm x 0,30 cm x 0,01 cm, (ii) lembar *multi-plex* dengan ketebalan 0,4 cm sebagai penutup rangka jembatan, (iii) dudukan motor hidrolik, (iv) penempatan motor servo dan lampu lalu-lintas, dan (v) penempatan sensor-sensor. Penempatan sensor terhadap objek didasarkan kepada spesifikasi teknis sensor, yaitu kemampuan maksimum deteksi sejauh 30 cm.

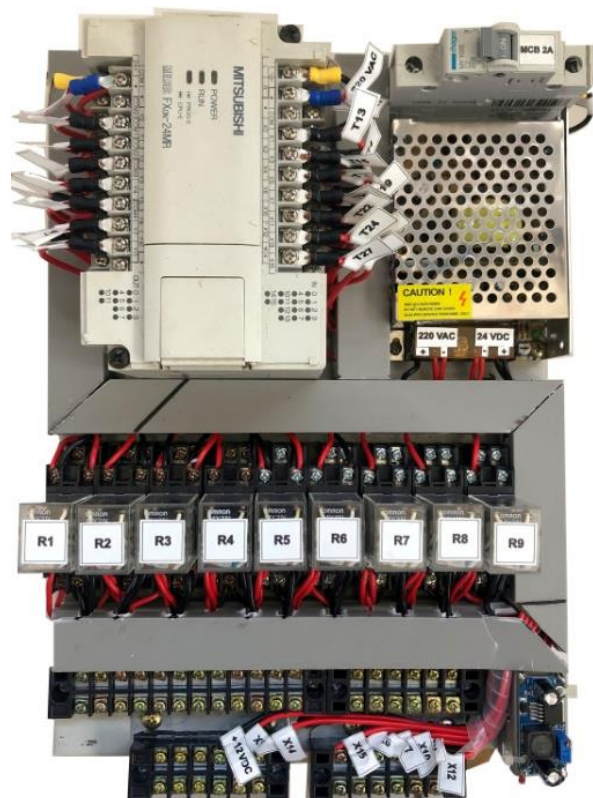
Autonics photo sensor (#transmitter dan #receiver) penensor keberadaan kapal lokasi #1, agar dapat lewat, sedangkan *autonics photo sensor* lokasi #02 sebagai penensor kapal ketika kapal telah lewat dan badan jembatan tertutup kembali. Untuk kondisi dimana terdapat kapal yang berhenti di bawah jembatan, maka jembatan tidak tertutup kembali sebelum kapal terdeteksi oleh sensor #2. *Autonics photo sensor (#transmitter dan #receiver)* pada badan lokasi #1 dan #2, berfungsi sebagai indikator keberadaan kendaraan darat yang masih berada di atas badan jembatan, maka jembatan tidak terangkat sampai jembatan kosong dari kendaraan. Sistem hidrolik terpasang berupa jenis *screw* dengan metode 2 suntikan ukuran 150 ml, motor *dc* dengan tegangan maksimal 12 Vdc dan putaran 3500–4000 rpm, selang berdiameter 7 mm dan plat besi untuk dudukan motor *dc*. Posisi palang pintu terdapat di ujung jalan dari kedua sisi jembatan, dalam sistem palang pintu terdapat sensor *proximity* dengan fungsi sebagai pendeteksi keberadaan kendaraan darat, agar tidak tertimpa oleh palang pintu ketika ditutup. Lampu lalu-lintas (*traffic light*) berfungsi sebagai alat pengatur lalu-lintas dan indikator, ketika terdapat kapal melintas, sehingga badan jembatan terangkat.

Semua komponen beroperasi secara terintegrasi dalam sistem pengoperasian yang meliputi (i) *PLC Mitsubishi FX0N-24MR*, (ii) *switched mode power supply* 24 Vdc 3A, (iii) *MCB* 2A, (iv) rangkaian regulator tegangan *dc*, (v) sejumlah relai dengan tegangan koil sebesar 24 Vdc, (vii) tombol *emergency stop*, (vii) *push button*, dan (viii) *selector switch*. Komponen tersebut disusun dan dilakukan pengawatan pada *box* panel berukuran 30 cm x 40 cm x 18 cm. Untuk penghubungan antara bangunan simulator dengan sejumlah sensor dan actuator dan panel control pengoperasian simulator, maka dipasang papan terminal penghubung. Penampang depan panel sistem pengoperasian dan papan terminal penghubung, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Penampang depan panel pengoperasian dan papan terminal penghubung

Penampang modul sistem pengoperasian terpasang pada panel, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Penampang modul sistem pengoperasian terpasang pada panel

Berdasarkan Gambar 7 dapat dijelaskan, bahwa dua warna kabel hitam dan merah. Warna hitam untuk jalur fase catu daya 220 Vac ditandai dengan sepatu kabel warna kuning, sedangkan kabel warna merah untuk jalur

netral ditandai dengan sepatu kabel warna biru. Catu daya 24 Vdc kutub positif ditandai dengan sepatu kabel warna kuning, sedangkan kutub negative ditandai sepatu kabel warna biru. Masukan/keluaran (*input/output, I/O*) sistem PLC beroperasi dengan tegangan negatif 24 Vdc ditandai dengan sepatu kabel warna hitam.

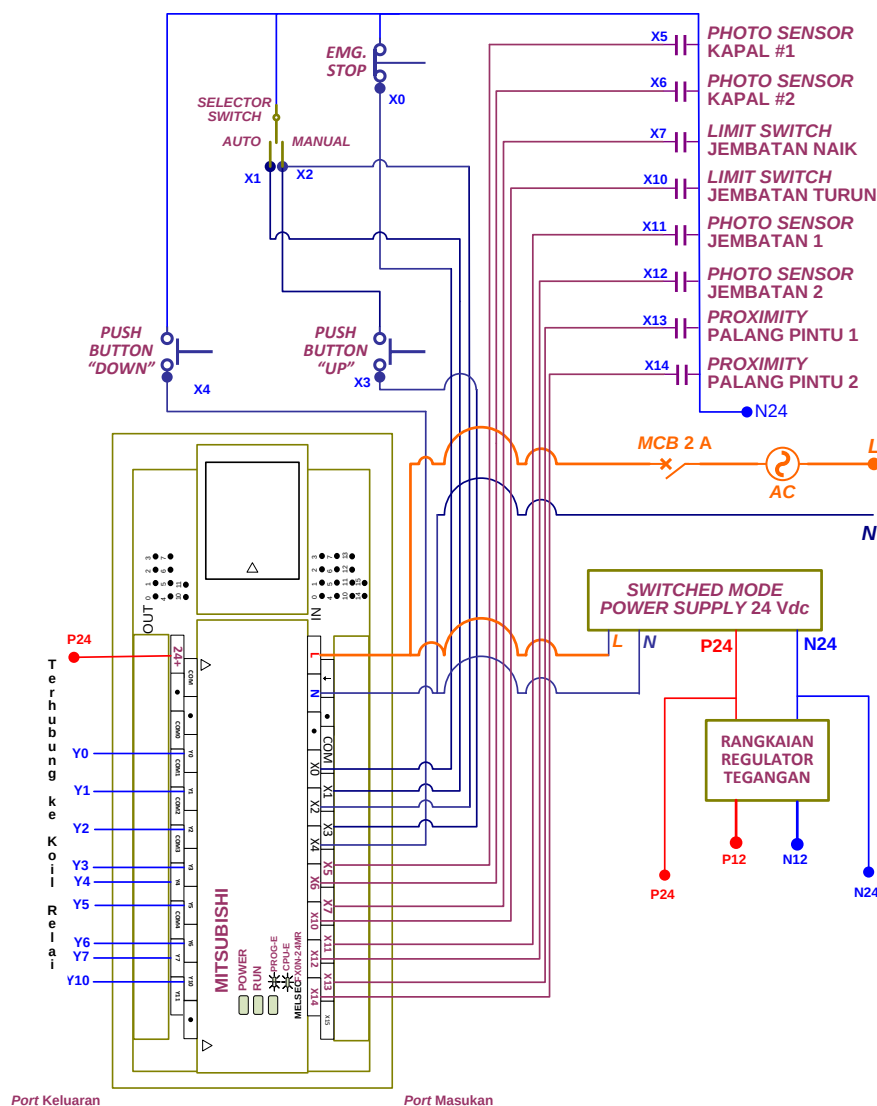
Sumber listrik arus bolak-balik 220 Vac dihubungkan ke sistem pengoperasian melalui MCB 2A sekaligus sebagai pemroteksi rangkaian untuk pencegahan kerusakan komponen, apabila terjadi hubung singkat (*short circuit*). *Switched Mode Power Supply* 24 Vdc digunakan untuk pasokan pada sistem pengoperasian. Tegangan keluaran SMPS relatif stabil, sehingga sangat cocok digunakan dalam pengontrolan dengan sistem berbasis PLC, karena berpengaruh pada kinerja PLC. Masukan/keluaran PLC beroperasi maksimal pada tegangan kontrol yang stabil pada nilai 24 Vdc. Bentuk fisis *switched mode power supply* 24 Vdc, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Bentuk fisis *switched mode power supply* 24 Vdc dan modul regulator tegangan dc

Tegangan keluaran dari SMPS dihubungkan ke I/O pada PLC dan ke rangkaian regulator tegangan dc sebagai pemasok tegangan ke sensor-sensor dan motor dc penggerak. Penggunaan regulator bertujuan untuk penyesuaian tegangan masukan sesuai kebutuhan untuk motor listrik dan *traffic light*.

Diagram pengawatan jalur (*port*) masukan pada sistem PLC untuk komponen-komponen pada sistem pengoperasian simulator, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.

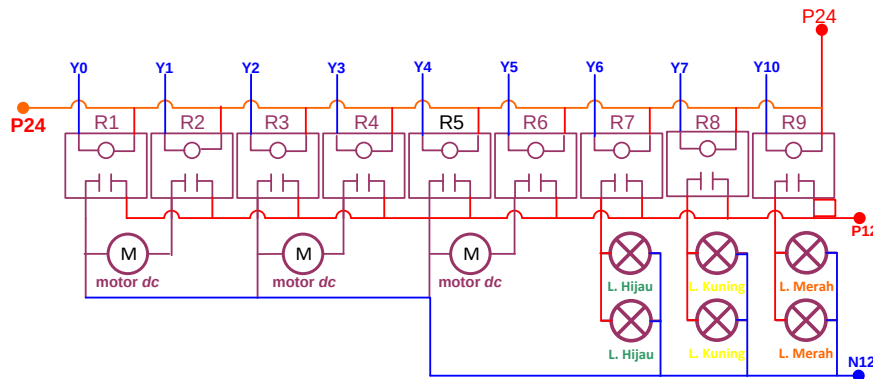


Gambar 9. Diagram pengawatan jalur (*port*) masukan sistem PLC untuk komponen-komponen pada sistem pengoperasian simulator

Berdasarkan Gambar 9 ditunjukkan, bahwa pengawatan antar komponen pada sistem pengoperasian miniatur badan jembatan dimulai dengan penghubungan sumber tegangan *ac* pada *MCB*, keluaran *MCB* dihubungkan ke *PLC* dan *SMPS*. Keluaran *SMPS* 24 Vdc kutub positif dihubungkan ke terminal positif koil relai R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, sensor, dan masukan pada modul regulator tegangan (*dc to dc converter*). Semua masukan *PLC* merupakan *NPN* atau *common negative*.

Masukan pada sistem pengoperasian, meliputi (i) *emergency stop* ON, (ii) *selector switch* (*auto/manual*), (iii) *push button* jembatan “up”, (iv) *push button* jembatan “down” dan (v) sensor-sensor dengan semua jalur masukan tersambung *common negative* N24 Vdc.

Diagram pengawatan jalur keluaran sistem PLC pada sistem pengoperasian simulator, seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



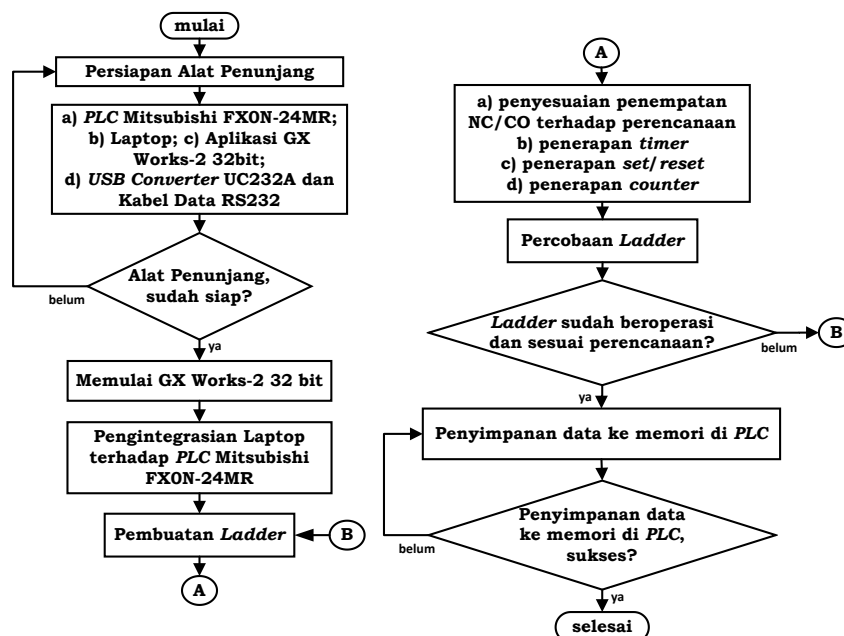
Gambar 10. Diagram pengawatan jalur keluaran sistem PLC pada sistem pengoperasian simulator

Berdasarkan Gambar 10 ditunjukkan, bahwa pengawatan jalur keluaran pada sistem pengoperasian simulator dihubungkan ke terminal negatif koil relai R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, sedangkan terminal positif koil relai terhubung ke kutub positif *SMPS* 24 Vdc. Keluaran pada modul regulator tegangan kutub positif dihubungkan pada *auxiliary contact* NO pada R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, dan R9 sebagai jalur

catu daya untuk motor *dc* penggerak silinder hidrolik, palang pintu, dan *traffic light*.

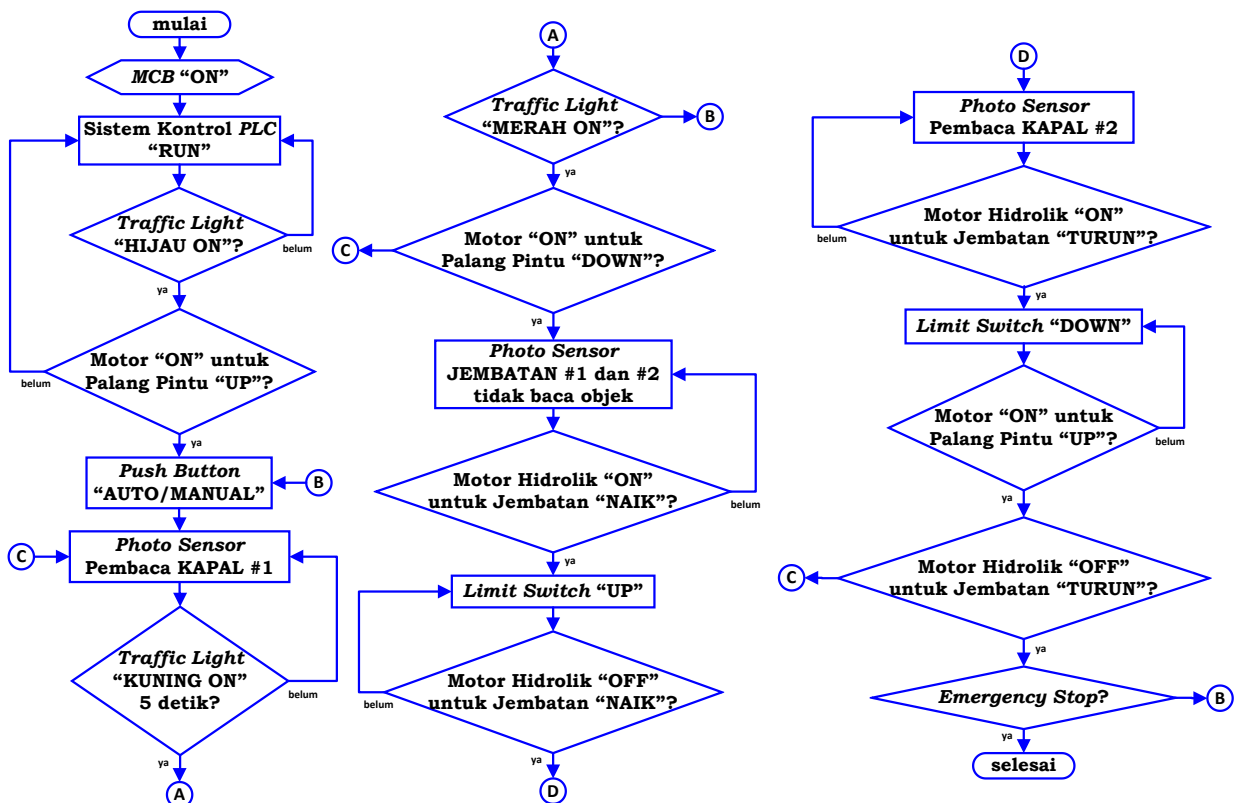
3.1.2. Pemrograman *PLC* Mitsubishi FX0N-24MR

Diagram alir pelaksanaan pemrograman terhadap sistem PLC melalui tahapan-tahapan, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



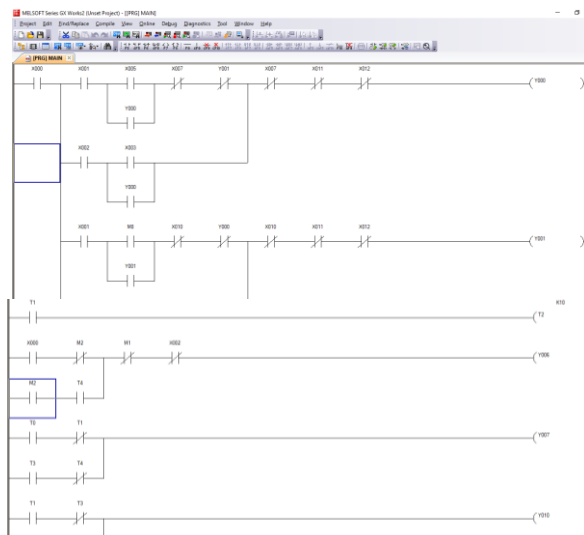
Gambar 11. Diagram alir pelaksanaan pemrograman terhadap sistem PLC melalui tahapan-tahapan

Berdasarkan Gambar 11, maka pemrograman sistem Algoritma pemrograman sistem pengoperasian untuk PLC Mitsubishi didasarkan pada penyusunan algoritma pengangkatan/penurunan kembali miniatur badan berbasis bahasa *ladder* dengan GX Works-2 32 bit. jembatan, seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Algoritma pemrograman sistem pengoperasian untuk pengangkatan/penurunan kembali miniatur badan jembatan

Berdasarkan Gambar 12, dilakukan penyusunan *ladder* untuk pemrograman PLC Mitsubishi. Tampilan susunan *ladder*, seperti ditunjukkan pada Gambar 13.

Gambar 13. Tampilan susunan *ladder*

Pengalaman *input* dan *output* pada PLC harus ditentukan untuk kemudahan dalam proses pemrograman dan pengawatan. Pengalaman *input* dan *output* PLC Mitsubishi FX0N-24MR, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

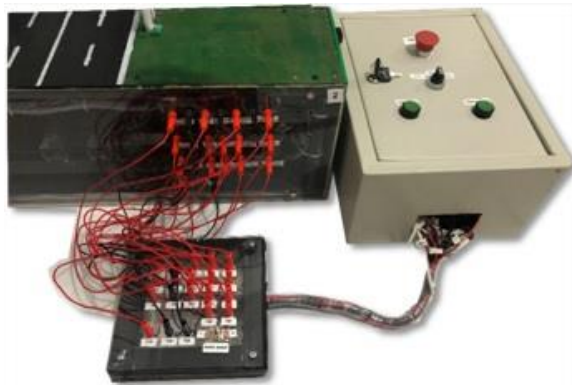
Tabel 1. Pengalaman input dan output pada PLC Mitsubishi FX0N-24MR

Input		Output	
Alamat PLC	Alamat Prototipe	Alamat PLC	Alamat Prototipe
X000	Emergency	Y000	R1
X001	Auto	Y001	R2
X002	Manual	Y002	R3
X003	Start Up	Y003	R4
X004	Start Down	Y004	R5
X005	Photo Sensor #1 untuk Kapal	Y005	R6
X006	Photo Sensor #2 untuk Kapal	Y006	R7
X007	Limit Switch Up	Y007	R8
X010	Limit Switch Down	Y010	R9
X011	Photo Sensor #1 Jembatan	Y011	-
X012	Photo Sensor #2 Jembatan		
X013	Proximity Palang Pintu 1		
X014	Proximity Palang Pintu 2		
X015	-		

3.2. Kinerja Sistem Pengoperasian

Pengintegrasian prototipe untuk pengoperasian sistem buka-tutup badan jembatan pada perlintasan kapal laut dilakukan untuk proses lanjutan berupa pengukuran kinerja. Pengintegrasian alat dengan media kabel dengan

banana jack tipe *female socket*, seperti ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Pengintegrasian alat dengan media kabel dengan *banana jack* tipe *female socket*

Berdasarkan Gambar 14 ditunjukkan, bahwa prototipe untuk pengoperasian sistem buka-tutup miniatur badan jembatan dibagi menjadi 2 bagian, yaitu bagian pergerakan mekanis dan pengontrol. 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 prototipe untuk pengoperasian sistem buka-tutup miniatur badan jembatan, (ii) *selector switch* 2 posisi, untuk pemindahan mode *manual* atau *auto*, dan (iii) 2 *push button* hijau sebagai tombol *manual* untuk badan jembatan *up* maupun *down*. *Input* dari panel pengoperasian dan *input* sensor diproses dalam program *PLC* untuk dihasilkan *output* pengontrolan yang sesuai dan tepat.

3.2.1 Kinerja saat sinkronisasi antara simulator dan sistem kontrol pada *PLC*

Kinerja sistem pengoperasian untuk pengangkatan/penurunan kembali miniatur badan jembatan dengan kontrol *PLC* berpedoman pada rumusan masalah. Prototipe dioperasikan dalam dua mode, yaitu *manual* dan *auto*. Mode *manual* digunakan untuk kemudahan operator saat perawatan, pengecekan, dan penanganan saat terjadi *error step*. Saat mode *manual* aktif, miniatur badan jembatan dapat dinaik-turunkan secara manual tanpa harus dengan persentuhan sensor pembaca kapal #1 ataupun #2. Saat sistem dalam mode *auto*, maka program untuk pengoperasian miniatur badan jembatan pada *PLC* teraktifkan untuk beroperasi.

3.2.2 Pengamatan terhadap pembacaan sensor-sensor yang terpasang pada sistem pengoperasian

Pengamatan terhadap pembacaan sensor-sensor pada sistem pengoperasian pengangkatan/penurunan kembali miniatur badan jembatan dapat diamati dari cara operasi sistem tersebut, yaitu, (a) *step* pemberian catu daya pada alat, (i) dipastikan tegangan 220 Vac sudah *stand by*, (ii) *MCB* dalam posisi ON, (iii) dipastikan *PLC* dalam posisi "RUN", (b) untuk pengoperasian alat pada mode *auto*

dilakukan dengan dengan pemindahan posisi *selector switch* 2 posisi yang berada di daun pintu panel, untuk pengaturan sensor pada saklar *DPDT* yang berada di papan terminal penghubung yang sudah terintegrasi dengan panel. Pembacaan kapal masuk dari posisi *photo sensor* #1, maka diposisikan saklar pada posisi satu dan apabila kapal masuk dari posisi *photo sensor* #2, maka posisi saklar dipindahkan ke posisi dua.

Untuk cara operasi dari alat mode *auto* disimulasikan *step* pertama posisi *selector switch* sudah pada posisi *auto*, lampu hijau ON untuk palang pintu naik, ketika kapal terdeteksi pada *photo sensor* #1 yang sudah disesuaikan dengan saklar yang terdapat pada papan terminal penghubung, maka lampu kuning kondisi ON selama 5 detik, lampu merah kondisi ON, palang pintu turun. Untuk kondisi dimana di bawah palang pintu masih terdapat objek atau kendaraan, maka *proximity sensor* baca objek dan palang pintu tidak turun. Untuk kondisi dimana *proximity sensor* dengan deteksi tanpa objek (jembatan sudah *clear area* dan *photo sensor* di jembatan sudah tidak deteksi keberadaan kendaraan pada badan jembatan), maka miniatur badan jembatan terangkat sampai batas maksimal dan *limit switch* "up" tertekan. Setelah kapal sudah terdeteksi oleh *photo sensor* #2, maka badan jembatan tertutup kembali sampai batas maksimal dan *limit switch* pilihan *down* ditekan, lampu kuning ON lima detik, lampu hijau ON. Simulator ini dirancang untuk deteksi kapal yang lewat kanal lebih dari satu kapal. Pendeteksian terhadap lebih dari satu kapal, sensor #1 pembaca keberadaan kapal harus deteksi terhadap jumlah kapal secara berurutan dan jembatan terbuka. Sensor #2 pembaca keberadaan kapal harus juga baca sejumlah kapal sebagaimana terdeteksi oleh sensor #1, agar badan jembatan dapat diturunkan kembali.

Cara operasi mode *manual* cukup dilakukan dengan pemindahan *selector switch* ke posisi *manual*, palang pintu tertutup dan lampu merah ON, untuk pembukaan jembatan, ditekan *push button* pilihan "up" pada panel kontrol, sedangkan untuk penutupan jembatan ditekan *push button* "down" pada panel. Untuk kondisi darurat ditekan tombol *emergency stop*, maka sistem menjadi OFF. Berdasarkan cara kerja prototipe, diamati untuk sensor-sensor yang terpasang pada prototipe sudah berfungsi seperti yang sudah diprogramkan ke dalam sistem *PLC* Mitsubishi FX0N-24MR.

3.2.3 Pengamatan dan pengukuran waktu proses pengangkatan/penurunan kembali miniatur badan jembatan berbantuan sistem hidrolik

Setiap kapal terdeteksi oleh sensor #1 diujung kanal masuk dan jembatan sudah *clear area*, maka miniatur badan jembatan terbuka. Setelah kapal lewat badan jembatan, maka jarak tempuh kapal untuk pencapaian letak sensor di ujung kanal sisi keluar, dirancang lebih panjang dari panjang kapal, agar miniatur badan jembatan dapat tutup kembali tanpa dihalangi keberadaan kapal. Pengukuran waktu proses

pengangkatan/penurunan miniatur jembatan berbantuan sistem hidrolik merupakan salah satu tolak ukur untuk pengukuran kinerja prototipe yang beroperasi secara normal dan sesuai dengan perancangan. Pengamatan dan pengukuran waktu proses pengangkatan/penurunan miniatur badan jembatan, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengamatan dan pengukuran waktu proses pengangkatan/penurunan miniatur badan jembatan

Operasi Sistem terhadap Miniatur Badan Jembatan	Pilihan Mode	
	auto	manual
Pengangkatan	00:02:86 detik	00:02:86 detik
Penurunan	00:02:60 detik	00:02:60 detik

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran ditunjukkan, bahwa waktu yang dibutuhkan untuk proses pengangkatan miniatur badan jembatan lebih lama dengan selisih waktu 26 detik dibandingkan proses penurunan miniatur badan jembatan. Hal itu diakibatkan oleh keberadaan massa miniatur badan jembatan, sedangkan untuk mode *auto/manual* pada proses pengangkatan jembatan tidak terdapat selisih waktu yang terjadi dan juga sama saat proses penurunan miniatur badan jembatan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan bahasan, maka ditarik kesimpulan sesuai tujuan penelitian. Pengintegrasian dan pemrograman sistem berbasis PLC Mitsubishi FX0N-24MR ditunjukkan dengan perolehan bentuk fisik sistem pengoperasian melalui 4 (empat) tahapan, yaitu pembuatan miniatur badan jembatan, perakitan sejumlah subsistem, pengawatan komponen kelistrikan, dan pemrograman PLC FX0N-24MR. Proses dan hasil dalam hal pengoperasian merupakan indikator kinerja sistem pengoperasian berupa keakuratan sinkronisasi dan ketepatan pendeteksian. Keberadaan pengukuran sinkronisasi kinerja sistem pengoperasian berfungsi untuk penanganan terhadap keberadaan *error* pada sistem, agar masukan diterima sama dengan keluaran pada sistem kontrol. Pilihan mode *auto* dioperasikan melalui *selector switch* dan deteksi terhadap keberadaan kapal yang terpantau dilakukan melalui pilihan *photo sensor* #1 atau #2, sebagai pendeteksi pertama. Waktu yang dibutuhkan untuk proses pengangkatan miniatur badan jembatan lebih lama dengan selisih waktu 26 detik dibandingkan proses penurunan miniatur badan jembatan.

Daftar Rujukan

- [1] Afrian, M.C., Asron, T.M., Wicaksono, R., 2018. Prototipe Pengangkutan Sampah Otomatis pada Pintu Kali dengan Sistem

- Informasi Menggunakan Node MCU ESP8266 Berbasis PLC (Programmable Logic Controller). *AUTOCRACY: Jurnal Otomasi, Kendali, dan Aplikasi Industri*, 05 (02), pp. 95-105.
- [2] Tunnisa, N., Jamaluddin, Finawan, A., 2017. Prototipe Sistem Buka Tutup Jembatan Untuk Perlindungan Kapal Secara Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Mega. *Jurnal Tekro*, 1 (1), pp. 49-55.
- [3] Ramdani, A.M., Basjaruddin, N.C., Rakhman, E., 2018. Simulasi Jembatan Buka Tutup Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Metode Sensor Fusion. In: POLBAN (Politeknik Negeri Bandung), 9th *Industrial research Workshop and National Seminar: Peran Penelitian dan Inovasi di Era Industri 4.0 dalam Mewujudkan Pembangunan Berkelanjutan Menuju Kemandirian Bangsa*. Bandung, 25-26 Juli 2018. POLBAN: Bandung.
- [4] Rafiansyah, A.A., 2010. Rancang Bangun Simulator Pembuka dan Penutup Jembatan Penyebrangan Secara Otomatis Berbasis PLC. [Online] (Updated 28 September 2010) Tersedia di: <https://www.scribd.com/doc/38296736/Rancang-Bangun-Jembatan-Pembuka-Dan-Penutup-Secara-Otomatis-Berbasis-PLC>. [Accessed 30 January 2019].
- [5] Bryan, L.A., Bryan, E.A., 1997. Introduction to Programmable Controllers. *Programmable Controllers: Theory and Implementation*, 2nd edition, Atlanta, GA: An Industrial Text Company Publication.
- [6] E.A. Parr. 2003. Programmable Controllers. *Electrical Engineer's Reference Handbook*, Sixteenth Edition (Editors: M.A. Loughton and D.J. Warne). Burlington, MA: Newnes.
- [7] E.A. Parr. Computers and Industrial Control. *Industrial Control Handbook*, 3rd ed. New York, NY: Industrial Press, Inc.
- [8] Bolton, W., 2006. Programmable Logic Controllers, Fourth Edition. Burlington, MA: Newnes, pp. 1-16.
- [9] NEMA (the National Electrical Manufacturers Association), 2015. *NEMA ICS 61131-1-2005 (R2013), IEC Publication 61131-1 Programmable Controllers Part 1: General Information*. [Online] (Updated 12 August 2015) Available: [https://www.nema.org/docs/default-source/standards-document-library/ics-61131-1-2005\(r2013\)-contents-and-scope.pdf?sfvrsn=cf9fc601_2](https://www.nema.org/docs/default-source/standards-document-library/ics-61131-1-2005(r2013)-contents-and-scope.pdf?sfvrsn=cf9fc601_2). [Accessed 30 January 2020].
- [10] Alphonsus, E.R., Abdullah, M.O., 2016. A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60 (2016), pp. 1185-1205.
- [11] Goeritno, A., Herutama, Y., 2018. Sistem Elektronis Berbantuan PC untuk Pemantauan Kondisi Pasokan Daya Listrik. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 14 (2), pp. 96-104.
- [12] H. Ardiansyah, N. Taryana, dan D. Nataliana. (2013). "Perancangan Simulator Sistem Pengemasan dan Penyortiran Barang Berbasis PLC Twido TWDLM2A20DTK," di *Jurnal Reka Ilkomika*, Vol. 1, No. 4, Oktober 2013, hlm. 373-385. [Online]. Tersedia di: <https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/rekaelkomika/article/view/355/406>.
- [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] Kasmar, Hasbi, M., Rachman, A., 2016. Analisis Sistem Hidrolik Pengangkatan pada Alat Berat Jenis Wheel Loader Studi Khusus Dinas Pekerjaan Umum Kab. Bombana. *Enthalpy – Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 1 (1), pp. 35-38.