

RANCANG BANGUN PLC TRAINING KIT DIVISI SERVICE PARTS AND WELDING PRODUCTION BERBASIS PLC OMRON CJ2M-CPU11

Djoko Subagio, Dwita Khaendy Putri, Syahril Ardi

Program Studi Teknik Produksi & Proses Manufaktur, Politeknik Manufaktur Astra

Jl. Gaya Motor Raya No.8, Sunter II, Jakarta 14330, Jakarta

Email: dwitakhaendy@gmail.com; joko.subagyo@polman.astra.ac.id;

syahril.ardi@polman.astra.ac.id

Abstrak—Penelitian ini dilakukan di salah satu perusahaan industri manufaktur yang bergerak di bidang otomotif untuk kendaraan roda empat. Salah satu divisi dalam perusahaan adalah *Service Parts & Welding Production Division* (SPWPD). Divisi SPWP merupakan divisi yang melakukan produksi *part-part* untuk kebutuhan *service* kendaraan roda empat. Pada akhir tahun 2015 hingga 2017 volume produksi SPWPD meningkat dengan target efisiensi produksi 97%. Target ini dapat dicapai dengan *Overall Equipment Efficiency* (OEE) 97%. Proses produksi SPWPD menerapkan proses otomatisasi sehingga problem yang terjadi pada mesin sangat berpengaruh pada nilai OEE khususnya *Availability* (AV). Pencapaian AV dipengaruhi oleh *line stop* yang antara lain dikarenakan lamanya waktu perbaikan *trouble* elektrik. Waktu perbaikan yang lama ditentukan oleh *skill* anggota, *tools* atau tersedianya *spare part* pengganti bila diperlukan. *Skill* berpengaruh terhadap kecepatan *trouble shooting* dalam perbaikan tersebut. Kondisi saat ini upaya peningkatan *skill maintenance* masih memerlukan *skill up* sarana *training* antara lain materi *maintenance basic* dan *training kit* yang masih belum lengkap fungsinya yaitu *PLC training kit* yang hanya terintegrasi dengan lampu dan *push button*. Berdasarkan latar belakang tersebut maka penyelesaian yang dilakukan adalah dengan pembuatan *PLC training kit* yang terintegrasi dengan *output device* seperti *pneumatic system*, *buzzer* dan motor induksi tiga fasa dengan menggunakan PLC sebagai perangkat proses serta sistem kontrol. Diharapkan *PLC training kit* ini dapat mempermudah aktifitas *training* sehingga dapat meningkatkan *skill member maintenance* dalam menganalisa *trouble* elektrik sehingga *line stop* akibat lamanya *repair* menurun.

Kata kunci : *Skill, maintenance, PLC training kit.*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penelitian ini dilakukan di salah satu perusahaan industri manufaktur yang bergerak dibidang otomotif untuk kendaraan roda empat. Perusahaan memiliki *plant* di dua lokasi, yaitu *Sunter Plant* dan *Karawang Plant*. *Sunter Plant* terdapat dua *plant* yaitu *Sunter 1 Plant* dan *Sunter 2 Plant*. *Karawang Plant* terdapat tiga *plant* yaitu *Karawang 1 Plant*, *Karawang 2 Plant*, *Karawang 3 Plant*.

Sunter 1 Plant terdapat 6 divisi yaitu *Service Parts & Welding Production Division* (SPWPD), *Engine Production Division* (EPD), *Component Export Vanning Division* (CEVD), *Logistic Planning Division* (LPD), *Planning Control Division* (PCD), dan *Plant Administration Division* (PAD).

Service Parts & Welding Production Division merupakan divisi yang melakukan produksi *part-part* mobil seperti *roof*, *door*, *hood*, *crossmember*, *frame assy*, *oil pan* yang menjadi *part-part* untuk kebutuhan *service* mobil. Pada akhir tahun 2015 hingga 2017 yang akan mendatang volume produksi SPWPD meningkat hingga mencapai 30.000 *pcs/month*. Hal ini dikarenakan Divisi SPWP mendapatkan proyek-proyek baru. Peningkatan volume produksi ini memberikan tantangan pada SPWPD untuk dapat mencapai target efisiensi produksi hingga 97%. Target efisiensi produksi ini dapat dicapai dengan salah satunya pencapaian *Overall Equipment Efficiency* (OEE) hingga 97%. Nilai OEE diambil dari beberapa

perhitungan yang diantaranya adalah *Availability* (AV) yaitu pencapaian OEE terhadap *line stop*, *Performance Efficiency* (PE) yaitu pencapaian OEE terhadap proses pada *line*, *Rate of Quality* (RQ) yaitu pencapaian OEE terhadap pencapaian dalam menghasilkan produksi dengan kondisi yang baik. Maka untuk mencapai OEE sebesar 97% ketiga hal tersebut masing-masing harus mencapai 99%.

Service Parts & Welding Production Division pada proses produksinya menerapkan proses otomatisasi sehingga tingkat kerusakan dan problem yang akan terjadi pada mesin sangat berpengaruh pada nilai *Availability* (AV) serta tingkat efisiensi (OEE). Pencapaian AV pada April – Agustus 2015 hanya mencapai rata-rata 97% sedangkan untuk mencapai target 99% masih membutuhkan peningkatan sebesar 2%. Faktor penghambat pencapaian AV tersebut adalah *line stop* yang dikarenakan antara lain *trouble* pada bagian elektrik. *Maintenance* khususnya *new member* membutuhkan waktu yang lama untuk memeriksa, menemukan dan memperbaiki *trouble* elektrik tersebut. Waktu perbaikan yang lama ditentukan oleh *skill* anggota, *tools* atau tersedianya *spare part* pengganti bila diperlukan. *Skill* berpengaruh terhadap kecepatan *trouble shooting* dalam perbaikan tersebut. Kondisi saat ini upaya peningkatan *skill maintenance* masih memerlukan *skill up* sarana *training* antara lain materi *maintenance basic* dan *training kit* yang masih belum lengkap fungsinya yaitu *PLC training kit* yang hanya terintegrasi dengan lampu dan *push button*. Oleh karena itu dibutuhkan pembuatan *PLC training kit* yang terintegrasi

dengan *output device* seperti *pneumatic system*, *buzzer* dan motor induksi tiga fasa. Diharapkan *PLC training kit* ini mempermudah aktifitas *training* sehingga dapat meningkatkan *skill member* dalam menganalisa *trouble* elektrik sehingga *line stop* akibat lamanya *repair* menurun.

Sesuai dengan latar belakang di atas, permasalahan yang dibahas adalah bagaimana merancang dan membuat *PLC training kit* dan bagaimana membuat sistem kontrol agar *PLC training kit* dapat terintegrasi dengan *output device* berupa sistem pneumatik, *buzzer* dan motor induksi tiga fasa.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah kerangka kerja yang berfungsi untuk mengukur efisiensi dan efektivitas dari suatu proses dengan memecahnya menjadi tiga komponen penyusun. Adapun tiga komponen penyusun tersebut adalah *Availability*, *Performance* dan *Rate of Quality*. Rumus OEE adalah sebagai berikut :

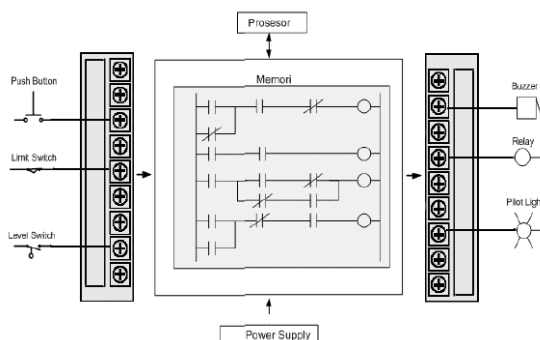
$$OEE = Availability \times Performance \times Quality$$

Gambar 2. 1 Rumus OEE

2.2 Programmable Logic Control (PLC)

Definisi sederhana dari PLC yaitu:

1. *Programmable*, artinya dapat diprogram (*software based*).
2. *Logic*, artinya dapat bekerja berdasarkan logika yang dibuat. Logika di sini biasanya menunjuk pada logika *Boolean* yang hanya terdiri dari 2 (dua) keadaan, *ON* dan *OFF*.
3. *Controller*, artinya pengendali (otak) dari suatu sistem.



Gambar 2. 2 Interaksi perangkat sistem PLC

Sebuah sistem PLC memiliki lima komponen dasar.

Komponen – komponen tersebut yaitu :

1. *Unit prosesor* atau *central processing unit (CPU)*
2. *Unit catu daya* atau *power supply*
3. Perangkat pemrograman.
4. *Unit memori*
5. *Bagian input dan output*

2.3 Perangkat Masukan

2.3.1 Push Button

Sakelar digolongkan berdasarkan jumlah kontak dan kondisi yang dimilikinya. *Pole* adalah banyaknya kontak yang dimiliki oleh sebuah sakelar sedangkan *throw* adalah banyaknya kondisi yang dimiliki oleh sebuah sakelar.

1. *Single Pole Single Throw (SPST)* yaitu sakelar *ON/OFF* yang paling sederhana dengan hanya memiliki 2 terminal.
2. *Single Pole Double Throw (SPDT)* yaitu sakelar yang memiliki 3 terminal. Sakelar jenis ini dapat digunakan sebagai sakelar pemilih.
3. *Double Pole Single Throw (DPST)* yaitu sakelar yang memiliki 4 terminal.
4. *Double Pole Double Throw (DPDT)* yaitu sakelar yang memiliki 6 terminal.
5. *Single Pole Six Throw (SP6T)* yaitu sakelar yang memiliki 7 terminal yang pada umumnya berfungsi sebagai sakelar pemilih.

Selain berdasarkan *pole* dan *throw* yang dimiliki *push button* juga digolongkan berdasarkan cara kerja yaitu :

1. Kontak *NO (Normally Open)*
2. Kontak *NC (Normally Close)*

2.3.2 Selector Switch

Sakelar pemilih (*selector switch*) yaitu sakelar yang menyediakan beberapa posisi kondisi *on* dan kondisi *off*, ada dua, tiga, empat bahkan lebih pilihan posisi, dengan berbagai tipe geser maupun putar.

2.3.3 Limit Switch

Limit switch merupakan sensor yang pengoperasiannya secara mekanik. *Limit switch* memiliki tiga buah terminal, yaitu *central terminal (common)*, *Normally Open (NO) terminal*, *Normally Close (NC) terminal*.

2.3.4 Emergency Stop

Emergency Stop merupakan jenis sakelar yang apabila di tekan akan terkunci dan untuk melepaskannya harus di putar.

2.4 Perangkat Keluaran

2.4.1 Contact Relay (CR)

Contact Relay adalah sakelar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *electromechanical* (elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni elektromagnet (*coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak sakelar atau *switch*).

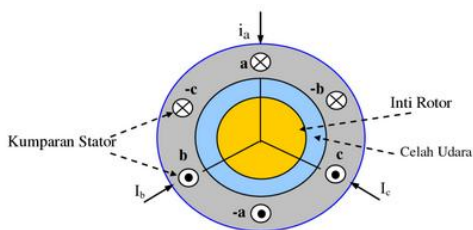
2.4.2 Magnetic Contactor (MC)

Magnetic Contactor adalah sebuah komponen yang berfungsi sebagai penghubung atau kontak dengan kapasitas yang besar dengan menggunakan daya minimal. Umumnya MC terdiri dari koil, 3 kontak utama dan 2

kontak bantu berupa *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC).

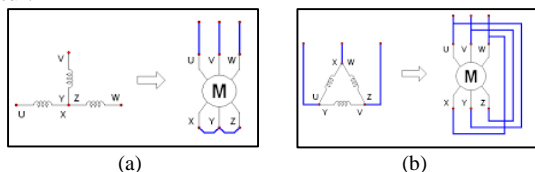
2.4.3 Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak-balik (AC) yang paling luas digunakan. Motor ini bekerja berdasarkan induksi magnet stator ke statornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan magnet (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator.



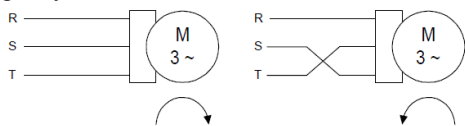
Gambar 2. 3 Konstruksi motor induksi tiga fasa

Bentuk konfigurasi rangkaian hubungan belitan stator motor induksi tiga fasa di bagi dalam 2 macam yaitu :



Gambar 2. 4 (a) Hubungan Star (Y); (b) Hubungan Delta (Δ)

Untuk membalik putaran motor dapat dilaksanakan dengan menukar dua di antara tiga kawat dari sumber tegangannya.



Gambar 2. 5 Arah putaran motor induksi tiga fasa

2.4.4 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara.

2.4.5 Pilot Lamp

Pilot Lamp adalah sinyal indikator berupa lampu atau cahaya dengan warna tertentu pada sebuah sistem kontrol. Perangkat ini berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk memantau kondisi gangguan atau kerja dari suatu sistem yang diinginkan.

2.4.6 Pneumatik

Istilah pneumatik berasal dari bahasa Yunani yaitu *pneuma* yang berarti napas atau udara. Dengan kata lain, pneumatik adalah semua sistem yang menggunakan tenaga yang disimpan dalam bentuk udara yang

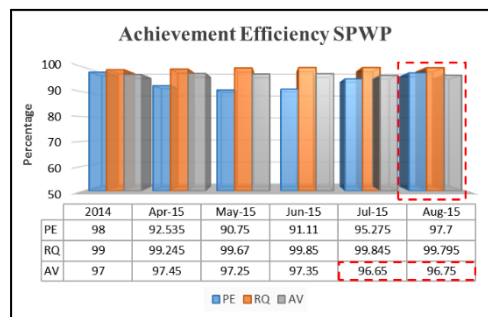
dimampatkan. Komponen utama dari sistem pneumatic adalah :

1. Air service Unit
2. Solenoid Valve
3. Silinder Pneumatik

III. DATA DAN PERANCANGAN

3.1 Permasalahan OEE

Pada akhir tahun 2015 hingga 2017 Divisi *Service Parts and Welding Production* memiliki proyek-proyek baru yang menyebabkan volume produksi Divisi SPWP meningkat hingga mencapai 30.000 pcs/month. Metode pemantauan yang dilakukan Divisi SPWP adalah dengan menggunakan *Overall Equipment Efficiency* (OEE). Divisi SPWP menetapkan target OEE pada tahun 2016 sebesar 97% dengan masing-masing nilai dari AV, PE, dan RQ minimal adalah 99 %. Pencapaian OEE SPWPD sebagai berikut :

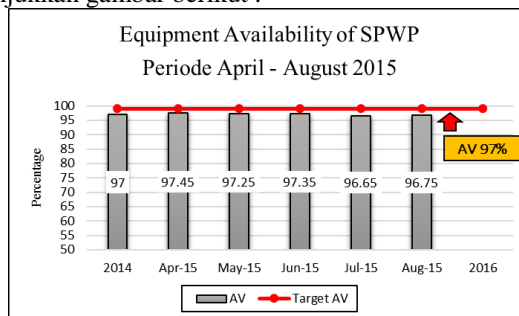


Gambar 3. 1 Grafik efisiensi Divisi SPWP periode April-Agustus 2015

Komponen OEE mempengaruhi naik dan turunnya pencapaian OEE. Pencapaian komponen OEE yang menurun adalah *Availability* (AV) dengan rata-rata masih 97%. Oleh karena itu diperlukan perhatian lebih pada pencapaian *Availability* agar tidak terus menurun pada tahun selanjutnya sehingga pencapaian OEE sebesar 99% pada tahun 2016 dapat tercapai.

3.2 Analisa Pencapaian Availability

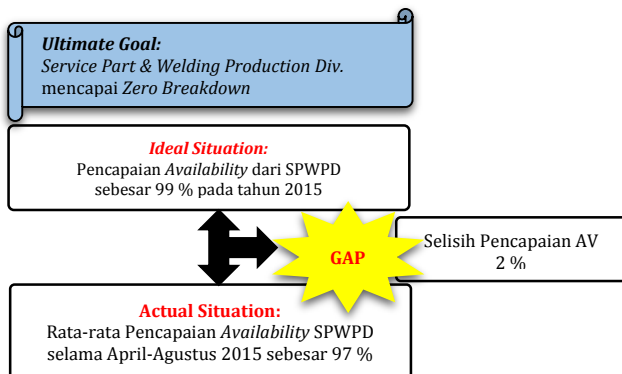
Pencapaian AV Divisi SPWP tahun 2015 ditunjukkan gambar berikut :



Gambar 3. 2 Grafik pencapaian Availability Divis SPWP tahun 2015

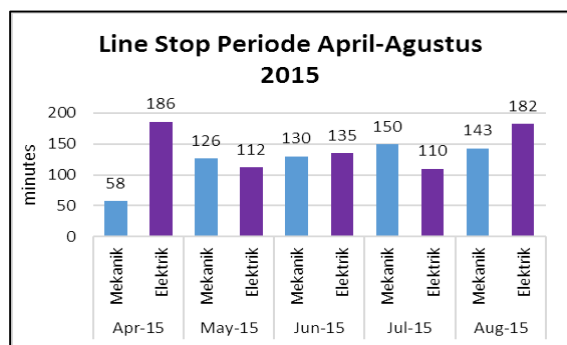
Rata-rata pencapaian AV Divisi SPWP hingga bulan Agustus 2015 sebesar 97%. Sedangkan untuk

mendapatkan nilai OEE sebesar 97% dibutuhkan minimal pencapaian AV sebesar 99%. Hal ini tidak sesuai dengan ideal situation yang diinginkan Divisi SPWP.



Gambar 3.3 Gap antara Ultimate Goal, Ideal Situation, dan Actual Situation

Adanya selisih (*Gap*) antara *ideal situation* dan *actual situation* sebesar 2% disebabkan oleh kerusakan mesin atau *line* dengan frekuensi kejadian secara berulang-ulang (*repetitive problem*) dan *problem* yang tidak menentu munculnya atau jarang terjadi.

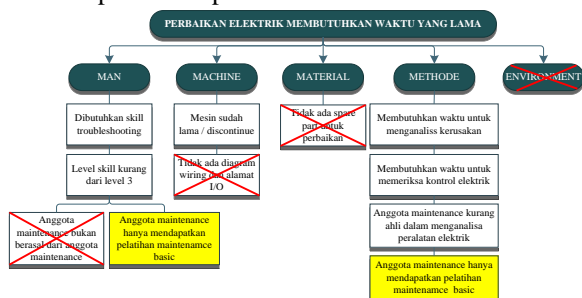


Gambar 3.4 Grafik *line stop* Divisi SPWP periode April-Agustus 2015

Berdasarkan data *trouble* harian *maintenance* diketahui bahwa *maintenance* memerlukan waktu yang lama dalam memperbaikinya.

3.3 Analisa Akar Masalah

Diagram aliran *root cause analysis* dari lamanya waktu *maintenance* dalam memperbaiki *kadai problem* elektrik dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.5 *Root Cause Analysis*

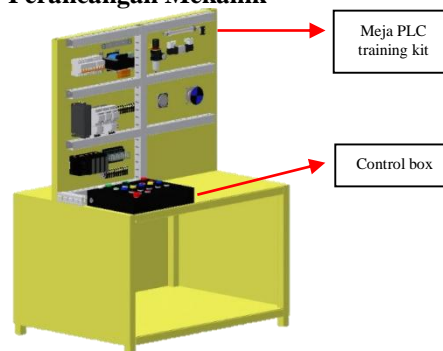
Masalah *maintenance* membutuhkan waktu yang lama dalam memperbaiki kerusakan mesin sangat erat kaitannya dengan *skill* yang dimiliki *maintenance*. *Training* yang diberikan pada *member maintenance* selama ini hanya bergelut di bidang *maintenance basic* saja. Tidak ada *training* lanjutan untuk mengimplementasikan teori tersebut. Oleh karena itu dibuatlah rencana penanggulangan sebagai berikut :

Tabel 3.1 Rencana Penanggulangan

Akar Masalah	Penanggulangan Masalah	Kegiatan
Anggota maintenance hanya mendapatkan pelatihan <i>maintenance basic</i>	Pembuatan modul <i>training maintenance</i> lanjutan	Pembuatan mesin <i>training kit</i> untuk menunjang <i>training lanjutan</i>
	Mengikuti <i>training</i> lanjutan	Pembuatan buku modul pelatihan lanjutan / <i>Training skill up</i>

3.4 Perancangan PLC Training Kit

3.4.1 Perancangan Mekanik



Gambar 3.6 Perancangan mekanik PLC training kit

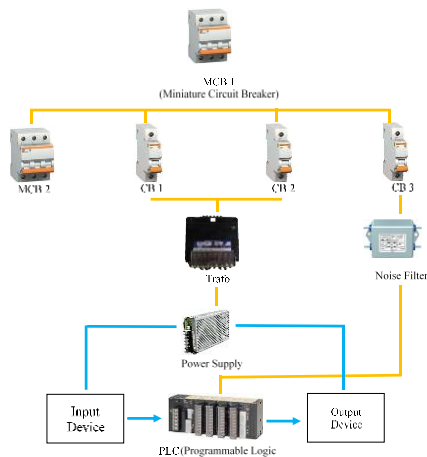
Pada rancangan *PLC training kit* dibagi menjadi dua bagian yaitu meja dan *control box* PLC training kit. Pada meja *PLC training kit* terdapat layout untuk *control panel* dan *machine*.

Pada meja *PLC training kit* terpasang beberapa komponene yaitu *Miniature Circuit Breaker* (MCB), *Circuit Breaker* (CB), *Trafo Step-Down*, *Noise Filter*, *Air Service Unit*, *Silinder Pneumatik*, *Solenoid Valve*, *Limit Switch*, *Contact Relay* (CR), *Terminal Block* (TB), *Magnetic Contactor*, *Power Supply*, *Thermal Overload Relay* (TOR), *PLC unit*, Motor Induksi 3 Fasa, Buzzer.

Control box pada *PLC training kit* berfungsi sebagai tempat untuk komponen pengontrol (*input*) dan indikator. Komponen yang terdapat pada *control box* yaitu *Push Button*, *Selector Switch*, *Emergency Stop* dan *Pilot Lamp*.

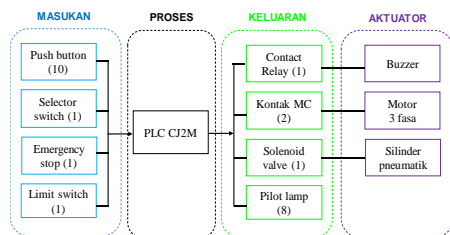
3.4.2 Perancangan Elektrik

Sumber 380V AC



Gambar 3. 7 Perancangan elektrik PLC training kit

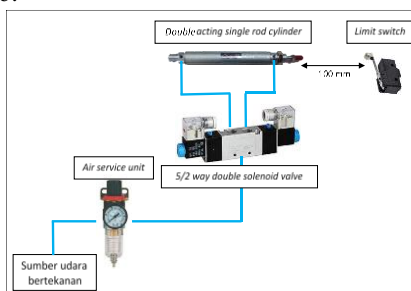
Pada perancangan diagram kontrol terdapat pengabelan perangkat masukan ke PLC dan PLC ke perangkat keluaran. Blok diagram sistem kontrol sebagai berikut :



Gambar 3. 8 Blok diagram sistem kontrol PLC training kit

3.4.3 Perancangan Pneumatik

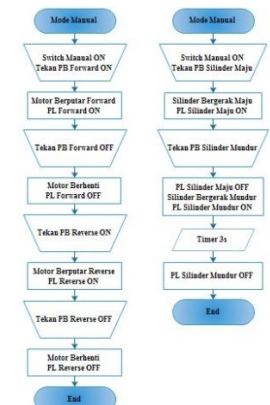
Pada PLC training kit ini sistem pneumatik digunakan sebagai aktuator. Sistem pneumatik ini terdiri dari air service unit, solenoid valve dan cylinder pneumatic.



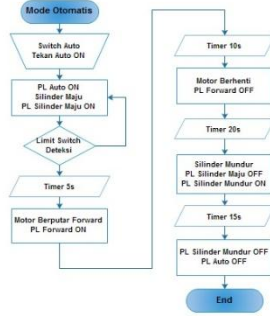
Gambar 3. 9 Perancangan sistem pneumatik PLC training kit

3.4.4 Perancangan Program Default

PLC training kit ini menggunakan selector switch sebagai pengontrol yang dapat memilih kerja mesin secara manual dan otomatis (auto).



Gambar 3. 10 Flowchart kerja manual default PLC training kit

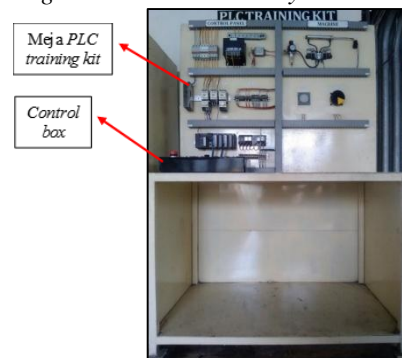


Gambar 3. 11 Flowchart kerja otomatis default PLC training kit

IV. PEMBUATAN, PENGUJIAN DAN EVALUASI HASIL

4.1 Pembuatan Mekanik

Berdasarkan konsep desain yang terdapat pada BAB III, pembuatan mekanik PLC training kit dibagi menjadi dua yaitu meja training kit dan control box. Berikut ini adalah gambar realisasi perancangan mekanik PLC training kit setelah di assembly.



Gambar 4. 1 Realisasi mekanik PLC training kit

4.2 Pembuatan Program

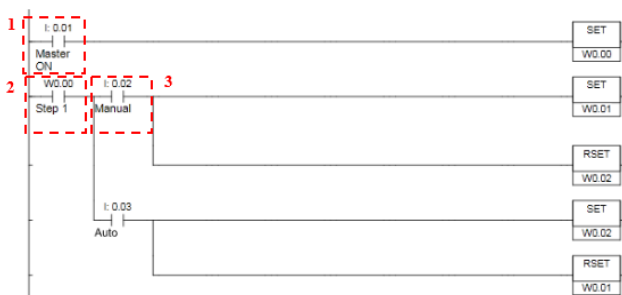
Tabel 4. 1 Pengalamanan input PLC training kit

Input PLC	Komponen	Alamat	Input PLC	Komponen	Alamat
Emergency stop	Emergency stop	0.00	PB Forward OFF	Push Button	0.08
PB Master ON	Push Button	0.01	PB Reverse ON	Push Button	0.09
Manual	Selector Switch	0.02	PB Reverse OFF	Push Button	0.10
Auto	Selector Switch	0.03	PB Silinder Maju	Push Button	0.11
PB Auto Start	Push Button	0.04	PB Silinder Mundur	Push Button	0.12
PB Auto Stop	Push Button	0.05	Limit Switch	Limit Switch	0.13
PB Buzzer OFF	Push Button	0.06	Additional	Push Button	0.14
PB Forward ON	Push Button	0.07	Spare Input		0.15

Tabel 4. 2 Pengalamatan output PLC training kit

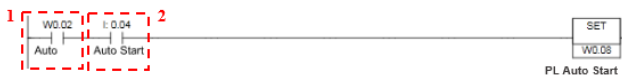
Output PLC	Komponen	Alamat	Output PLC	Komponen	Alamat
PL Master ON	Pilot Lamp	2.00	Solenoid Maju	Solenoid	2.08
PL Auto Start	Pilot Lamp	2.01	Solenoid Mundur	Solenoid	2.09
PL Buzzer ON	Pilot Lamp	2.02	Buzzer	Buzzer	2.10
PL Forward	Pilot Lamp	2.03	MC Forward	MC	2.11
PL Reverse	Pilot Lamp	2.04	MC Reverse	MC	2.12
PL Silinder Maju	Pilot Lamp	2.05	Spare Output		2.13
PL Silinder Mundur	Pilot Lamp	2.06	Spare Output		2.14
PL Additional	Pilot Lamp	2.07	Spare Output		2.15

Sesuai dengan flowchart program pada BAB III maka berikut program manual dan program otomatis



Gambar 4. 2 Ladder program manual

1. I0.01 adalah kontak input tombol Master ON yang berfungsi sebagai tombol syarat untuk mulai menjalankan program manual ataupun otomatis.
2. Kontak W0.00 adalah sebagai syarat memulai program manual atau otomatis.
3. I0.02 adalah kontak input selector switch Manual yang berfungsi sebagai tombol memulai program manual.



Gambar 4. 3 Ladder program auto

1. W0.02 adalah kontak internal relay PLC yang diaktifkan oleh selector switch otomatis dengan fungsi untuk memilih program otomatis.
2. I0.04 adalah kontak input tombol Auto ON yang berfungsi untuk memulai program otomatis.

4.3 Pengujian

Pengujian I/O dilakukan menggunakan monitor mode pada software CX programmer pada PLC. Berikut ini adalah hasilnya :

Tabel 4. 3 Hasil pengujian perangkat masukan PLC

No	Alamat	Perangkat yang diuji	Fungsi	Parameter	Status	
					OK	NG
1	0.00	Emergency stop	Menghentikan mesin dalam keadaan darurat / abnormal	Kontak W1.00 pada monitor mode aktif	✓	
2	0.01	PB Master ON	Syarat PLC training kit siap dijalankan	Kontak W1.01 pada monitor mode aktif	✓	
3	0.02	Manual	Memilih mode manual	Kontak W1.02 pada monitor mode aktif	✓	
4	0.03	Auto	Memilih mode auto	Kontak W1.03 pada monitor mode aktif	✓	
5	0.04	PB Auto Start	Menjalankan PLC training kit dalam mode auto	Kontak W1.04 pada monitor mode aktif	✓	
6	0.05	PB Auto Stop	Menghentikan mode auto	Kontak W1.05 pada monitor mode aktif	✓	
7	0.06	PB Buzzer OFF	Menghentikan buzzer	Kontak W1.06 pada monitor mode aktif	✓	
8	0.07	PB Forward ON	Menggerakkan motor clockwise	Kontak W1.07 pada monitor mode aktif	✓	
9	0.08	PB Forward OFF	Menghentikan motor clockwise	Kontak W1.08 pada monitor mode aktif	✓	
10	0.09	PB Reverse ON	Menggerakkan motor counter clockwise	Kontak W1.09 pada monitor mode aktif	✓	
11	0.10	PB Reverse OFF	Menghentikan motor counter clockwise	Kontak W1.10 pada monitor mode aktif	✓	
12	0.11	PB Silinder Maju	Menggerakkan silinder maju	Kontak W1.11 pada monitor mode aktif	✓	
13	0.12	PB Silinder Mundur	Menggerakkan silinder mundur	Kontak W1.12 pada monitor mode aktif	✓	
14	0.13	Limit Switch	Indikator pergerakan silinder	Kontak W1.13 pada monitor mode aktif	✓	
15	0.14	Additional	Tombol NO tambahan	Kontak W1.14 pada monitor mode aktif	✓	

Tabel 4. 4 Hasil pengujian perangkat keluaran PLC

No	Alamat	Perangkat yang diuji	Fungsi	Parameter	Status	
					OK	NG
1	2.00	PL Master ON	Indikator master on	Output Q2.00 aktif dan lampu menyala	✓	
2	2.01	PL Auto Start	Indikator mode auto aktif	Output Q2.01 aktif dan lampu menyala	✓	
3	2.02	PL Buzzer ON	Indikator buzzer aktif	Output Q2.02 aktif dan lampu menyala	✓	
4	2.03	PL Forward	Indikator motor bergerak clockwise	Output Q2.03 aktif dan lampu menyala	✓	
5	2.04	PL Reverse	Indikator motor bergerak counter clockwise	Output Q2.04 aktif dan lampu menyala	✓	
6	2.05	PL Silinder Maju	Indikator silinder bergerak maju	Output Q2.05 aktif dan lampu menyala	✓	
7	2.06	PL Silinder Mundur	Indikator silinder bergerak mundur	Output Q2.06 aktif dan lampu menyala	✓	
8	2.07	PL Additional	Indikator tombol NO aktif	Output Q2.07 aktif dan lampu menyala	✓	
9	2.08	Solenoid Maju	Menggerakkan silinder maju	Output Q2.08 aktif dan silinder maju	✓	
10	2.09	Solenoid Mundur	Menggerakkan silinder mundur	Output Q2.09 aktif dan silinder mundur	✓	
11	2.10	Buzzer	Indikator error / abnormal pada training kit	Output Q2.10 aktif dan buzzer berbunyi	✓	
12	2.11	MC Forward	Menggerakkan motor clockwise	Output Q2.11 aktif dan motor bergerak cw	✓	
13	2.12	MC Reverse	Menggerakkan motor counter clockwise	Output Q2.12 aktif dan motor bergerak ccw	✓	

Tabel 4. 5 Hasil pengujian sistem kerja PLC training kit

No	Check Point	Status	
		OK	NG
1	Ketika MCB on kemudian CB 1 dan CB 2 on maka power supply aktif	✓	
2	Ketika power supply aktif maka PL Power ON menyala	✓	
3	Ketika MCB on kemudian CB 3 on maka PLC aktif	✓	
4	Ketika PL Power ON menyala dan PB Master ON ditekan maka PL Master ON menyala	✓	
Mode Manual			
1	Ketika selector switch pada posisi manual dan PB Auto start ditekan maka tidak terjadi apapun	✓	
2	Ketika PB Forward ON ditekan maka PL Forward menyala dan motor berputar clockwise	✓	
3	Ketika PB Forward OFF ditekan maka PL Forward mati dan motor berhenti berputar	✓	
4	Ketika PB Reverse ON ditekan maka PL Reverse menyala dan motor berputar counter clockwise	✓	
5	Ketika PB Reverse OFF ditekan maka PL Reverse mati dan motor berhenti berputar	✓	

6	Ketika motor berputar clockwise dan PB Reverse ON ditekan maka motor tetap berputar clockwise dan begitu pula sebaliknya	✓	
7	Ketika PB Silinder Maju ditekan maka PL Silinder Maju menyala dan silinder pneumatik bergerak maju atau ke kanan	✓	
8	Ketika PB Silinder Mundur ditekan maka PL Silinder Mundur menyala dan silinder pneumatik bergerak mundur atau ke kiri	✓	
9	Ketika Emergency Stop ditekan maka buzzer aktif atau berbunyi dan PL Buzzer menyala	✓	
10	Ketika buzzer aktif dan PB Buzzer OFF ditekan maka PL Buzzer mati dan buzzer berhenti berbunyi	✓	
Mode Otomatis			
1	Ketika selector switch pada posisi auto dan PB Auto Start ditekan maka PL Auto Start menyala	✓	
2	Setelah PB Auto Start ditekan maka silinder bergerak maju dan PL Silinder Maju menyala	✓	
3	Setelah silinder menyentuh limit switch maka delay selama 5 detik kemudian motor berputar clockwise dan PL Forward menyala	✓	
4	Motor berputar selama 10 detik kemudian motor berhenti dan PL Forward mati	✓	
5	Setelah motor berhenti maka delay 20 detik kemudian silinder bergerak mundur dan PL Silinder Maju mati	✓	
6	PL Silinder Mundur menyala dan delay 15 detik kemudian PL Silinder Mundur mati dan PL Auto Start mati	✓	

4.4 Evaluasi Hasil

Tabel berikut ini menunjukkan keselarasan antara konsep pembuatan dengan hasil realisasi *PLC training kit*.

Tabel 4. 6 Keselarasan konsep dengan hasil pembuatan *PLC training kit*

No	Konsep	Status	
		ADA	TIDAK
1	Layout control panel, machine dan control box	✓	
2	Komponen daya menggunakan MCB, CB, Noise Filter, Trafo dan Power Supply	✓	
3	Komponen masukan menggunakan Push button dan limit switch	✓	
4	Komponen keluaran menggunakan contact relay, timer relay, magnetic contactor dan pilot lamp	✓	
5	Komponen pneumatik menggunakan air service unit, double acting single rod cylinder dan double solenoid valve	✓	
6	Aktuator menggunakan motor induksi 3 fasa dan buzzer	✓	
7	PLC Modular Omron CJ2M dengan input module ID211 dan output module OC211	✓	

Salah satu tujuan pembuatan *PLC training kit* adalah modul *training* yang memiliki sistem untuk menunjang pelatihan lanjutan anggota *maintenance* nantinya. Berikut adalah tabel yang menunjukkan sistem yang terdapat pada *PLC training kit*.

Tabel 4. 7 Sistem *PLC training kit*

No	Sistem	PLC Training Kit	
		ADA	TIDAK
Peralatan			
1	Panel elektrik	✓	
2	Sensor (Mekanik)	✓	
3	Motor listrik	✓	
4	Circuit sequence	✓	
5	Lampu indikator	✓	
6	Alarm	✓	
7	Safety emergency stop	✓	
8	Tegangan tinggi (380V)	✓	
PLC			
9	Program default dengan ladder diagram	✓	
10	Wiring I/O	✓	
11	Label I/O	✓	
Pneumatik			
12	Setting tekanan angin	✓	

Selain *PLC training kit* sesuai dengan tujuan, manfaat, konsep dan sasaran pembuatan *PLC training kit* juga memiliki beberapa kelebihan yang dimiliki.

Tabel 4. 8 Kelebihan *PLC training kit*

No	Kelebihan PLC Training Kit
1	SOP penggunaan <i>PLC training kit</i>
2	Sudah sosialisasi terhadap <i>trainer master</i> (Pak Yayat)
3	<i>Manual Book PLC training kit</i>
4	Terdapat ruang untuk <i>update device / improvement</i>

V. KESIMPULAN

Perancangan *PLC training kit* berlandaskan pada *yokoten* beberapa modul *training*. Perancangan mekanik *PLC training kit* menggunakan *software Inventor 2013*. Konsep layout terdiri dari *control panel, machine* dan *control box*. Perangkat yang digunakan adalah PLC sebagai sistem kontrol, *limit switch* sebagai sensor mekanik, *emergency stop* sebagai *safety device* serta *selector switch* dan *push button* sebagai perangkat masukan yang bisa dibaca oleh PLC kemudian *pilot lamp* sebagai indikator, sistem pneumatik, *buzzer* sebagai alarm, motor induksi tiga fasa sebagai mesin yang bergerak yang akan diaktif sesuai dengan perintah dari PLC. Sistem kontrol *PLC training kit* diintegrasikan dengan *output device* berupa sistem pneumatik, *buzzer*, dan motor induksi tiga fasa dengan menggunakan *PLC OMRON CJ2M-CPU11*. Perangkat masukan akan memberikan perintah yang dibaca PLC lalu sesuai dengan program yang ada maka PLC memberi perintah pada perangkat keluaran untuk aktif maupun mati.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Bishop, Owen. 2004. Dasar-Dasar Elektronika. (Jakarta : Erlangga).



- [2]. OEE, Calculating. Diakses 14 Juli 2016 pukul 10.30. 2016. <http://www.oee.com/calculating-oe.html>.
- [3]. Syahril Ardi, Eka Samsul Ma'arif, Dwi Novitasari, Sistem Kendali Mesin Clamping Semi-Auto Menggunakan Sistem Kendali PLC MITSUBISHI FX2N - 80MR dan HMI MITSUBISHI GT 1055 – QSD di Housing Assy Line, Jurnal Technologic, Juni 2014.
- [4]. Syahril Ardi, Heru Suprpto, Hendrik, PEMBUATAN SISTEM KONTROL MESIN CAULKING ROD GUIDE OTOMATIS MENGGUNAKAN PLC OMRON CPM1A, Jurnal Sinergi, 2014.
- [5]. Syahril Ardi, Djoko Subagio, Muhamad Sidik, Automatic Detection Machine on the OLP (Outer Link Plate) Cam Chain Using Camera Sensor and Programmable Logic Controller, Proceeding International Conference on MICEEI, 2014.
- [6]. Syahril Ardi, Ari Setyawan, Otomatisasi & Peningkatan Safety pada Sistem Kendali Mesin Nut Tightening Ring Gear di Line Differential Carrier , Seminar Nasional 2014.
- [7]. Syahril Ardi, Febrika Tasiawati, Disain Sistem Kontrol Mesin Arc Welding by Robot di Housing Assembly Line Menggunakan Sistem Kendali PLC Mitsubishi Q-Series, Robot Controller OTC AX-26, dan CC-Link, Jurnal Sinergi, 2014.
- [8]. Syahril ardi, aji mantoro, “Pembuatan Sistem Kontrol Mesin Oil Filling Menggunakan Kontrol PLC di Rear Axle Assy Packing Line Export”, prosiding seminar nasional 2014.
- [9]. Syahril Ardi, Sapiih, Otomatisasi Sistem Kontrol Mesin Paint Marking Berbasis Kendali PLC dan Sistem Sensor Pokayoke pada Line WFW (Wahana Flywheel) Machining Otomatisasi Sistem Kontrol Mesin Paint Marking Berbasis Kendali PLC dan Sistem Sensor Pokayoke pada Line WFW (Wahana Flywheel) Machining, AES, UGM, Yogyakarta, Indonesia, 2015
- [10]. Syahril Ardi, Mada Jimmy, Rian Agustono, Design of Pokayoke Sensor Systems in Engraving Machine to Overcome Upside Defect Production using Programmable Logic Controller, International Proceeding on QiR UI, 2015.