



TUGAS AKHIR - TE 091599

**KONSTRUKSI DIAGRAM *LADDER* MENGGUNAKAN
METODE *CASCADE* UNTUK *FACTORY AUTOMATIC
TRAINER***

Gilang Permana Putra
NRP 07111645000026

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Mochammad Rameli
Eka Iskandar, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - TE 091599

**Construction of Ladder Diagram using Cascade Method
for Factory Automatic Trainer**

Gilang Permana Putra
NRP 07111645000026

Supervisor
Dr. Ir. Mochammad Rameli
Eka Iskandar, ST., MT.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Konstruksi Diagram Ladder Menggunakan Metode Cascade untuk Factory Automatic Trainer**" adalah merupakan hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2018



Gilang Permana Putra
Nrp 07111645000026

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

**KONSTRUKSI DIAGRAM LADDER MENGGUNAKAN
METODE CASCADE UNTUK FACTORY AUTOMATIC TRAINER**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Dr. Ir. Mochammad Rameli
NIP. 19541227 1981031002


Eka Iskandar, ST., MT.
NIP. 19800528 2008121001


SURABAYA
JULI, 2018

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KONSTRUKSI DIAGRAM LADDER MENGUNAKAN METODE CASCADE UNTUK FACTORY AUTOMATIC TRAINER

Gilang Permana Putra – 07111645000026

Pembimbing : 1. Dr. Ir. Mochammad Rameli
2. Eka Iskandar, ST., MT.

ABSTRAK

Factory Automatic Trainer yang merupakan model kecil dari sistem-sistem di industri berbasis pada otomatisasi. Perangkat elektronik pada *Factory Automatic Trainer* yang berperan dalam otomatisasi industri adalah *Programmable Logic Control (PLC)*. *PLC* ini secara umum digunakan dalam teknologi pengendalian mesin-mesin di industri. Untuk dapat mengontrol sistem otomatisasi seperti yang kita inginkan, *PLC* memerlukan program yang nantinya di-*upload* pada *CPU PLC*. Program dalam *PLC* biasa disebut dengan *ladder diagram* dimana dalam proses pembuatan program *ladder* ini bukan merupakan hal yang mudah dilakukan karena suatu proses perakitan memiliki proses yang kompleks dan ketelitian yang tinggi. Maka dari itu, diperlukan suatu cara atau metode untuk memudahkan dalam proses konstruksi *ladder diagram*, salah satunya adalah metode *cascade*. Konstruksi *diagram ladder* dengan metode *cascade* akan dijalankan pada mesin *Factory Automatic Trainer*. Dalam aplikasinya metode *cascade* ditujukan pada industri yang membutuhkan permintaan desain *ladder diagram* yang dimana waktu dan usaha dalam proses pendesainan lebih penting dari pada harga dari penambahan *relay*, maka pemilihan desain dengan metode *cascade* adalah pilihan yang tepat. Dengan menggunakan metode *Cascade*, hasil konstruksi *ladder diagram* diperoleh 30 *relay*, 3 *timer*, 23 *output* dan 56 total *rung*.

Kata kunci : *Factory Automatic Trainer, Diagram Ladder, Cascade, PLC.*

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Construction of Ladder Diagram using Cascade Method for Factory Automatic Trainer

Gilang Permana Putra – 07111645000026

Supervisor : 1. Dr. Ir. Mochammad Rameli
2. Eka Iskandar, ST., MT.

ABSTRACT

Factory Automatic Trainer which is a small model of industrial systems based on automation. The electronic device in Factory Automatic Trainer that plays a role in industrial automation is Programmable Logic Control (PLC). This PLC is generally used in control technology of machines in industry. To be able to control the automation system the way we want it, PLCs need a program that will be uploaded on the PLC CPU. Programs in PLC commonly called the ladder diagram where in the process of making ladder program is not an easy thing to do because an assembly process has a complex process and high accuracy. Therefore, we need a way or method to facilitate the construction process of ladder diagram, one of which is cascade method. Construction of ladder diagram with cascade method will be run on Factory Automatic Trainer machine. In its application the cascade method is directed to industries requiring ladder diagram design requests where time and effort in the design process are more important than the price of adding relays, then design selection with cascade method is the right choice. By using Cascade method, the result of ladder diagram construction is obtained 30 relay, 3 timer, 23 output and 56 rung.

Keywords : *Factory Automatic Trainer, Ladder Diagram, Cascade, PLC.*

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

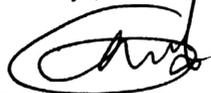
KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "**Konstruksi Diagram Ladder Menggunakan Metode Cascade untuk Factory Automatic Trainer**". Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih atas segala bantuan dan dukungannya yang telah diberikan selama proses pembuatan tugas akhir ini kepada :

1. Orang tua serta keluarga dan kerabat yang senantiasa memberikan doa serta dukungan.
2. Bapak Mochamad Rameli selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan pengarahan, saran dan motivasi dalam kelancaran tugas akhir ini.
3. Bapak Eka Iskandar selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan ilmu dan bimbingan selama penulis mengerjakan tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen, staf dan karyawan di Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
5. Seluruh teman-teman mahasiswa Teknik Sistem Pengaturan.
6. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam tugas akhir ini. Kritik dan saran untuk perbaikan tugas akhir ini sangat diperlukan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juni 2018



Gilang Permana Putra
NRP 07111645000026

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Metodologi	3
1.5 Sistematika	4
1.6 Relevansi	5
BAB 2 DASAR TEORI	7
2.1 <i>Factory Automatic Trainer (FAT)</i>	7
2.1.1 <i>Power Supply</i>	8
2.1.2 <i>Line Movement Module</i>	9
2.1.3 <i>Conveyor and Separation Module</i>	10
2.1.4 <i>Conveyor & Stopper Module</i>	10
2.1.5 <i>Pick and Place Module</i>	11
2.1.6 <i>PLC Control Unit & System Table</i>	11
2.2 <i>Signal Input device (Switch and Sensor)</i>	12
2.3 Relay dan Solenoid.....	15
2.4 <i>Programmable Logic Controller (PLC)</i>	17
2.4.1 Komponen PLC	17
2.4.2 Pemrograman PLC.....	18
2.5 Metode <i>Cascade</i>	19
2.5.1 <i>Single-Path Sequencing Systems without Sustained Outputs</i>	20
2.5.2 <i>Single-Path Sequencing Systems with Sustained Outputs</i>	20
2.5.3 <i>Multipath Sequencing Systems</i>	21
BAB 3 PERANCANGAN SISTEM	23
3.1 Perumusan Sistem <i>FAT</i>	23
3.1.1 <i>Input / Output Sistem</i>	24

3.1.2 Urutan Kerja Sistem	27
3.1.2.1 Material <i>Separation</i>	27
3.1.2.1.1 Bahan Plastik Berwarna Hitam.....	27
3.1.2.1.2 Bahan Plastik Berwarna Biru.....	28
3.1.2.1.3 Bahan Logam Berwarna Metal (<i>Eject</i>)	28
3.1.2.2 <i>Drilling and Placement</i>	29
3.1.2.2.1 <i>Drilling and Placement</i> Material Hitam	29
3.1.2.2.1 <i>Drilling and Placement</i> Material Biru	30
3.2 <i>Switching System</i>	30
3.2.1 Pembagian Kelompok <i>Ladder Diagram</i>	30
3.2.1.1 Sekuen dan Grup Material Logam.....	31
3.2.1.2 Sekuen dan Grup Material Plastik Warna Hitam.....	31
3.2.1.3 Sekuen dan Grup Material Plastik Warna Biru	32
3.2.2 Relay Y1-Y2 (<i>Proses Separation</i>)	33
3.2.2.1 Relay Y1	33
3.2.2.2 Relay Y2.....	33
3.2.3 Relay Y3A.....	34
3.2.4 Relay Y3-Y13 (<i>Drilling Process</i>).....	34
3.2.4.1 Relay Y3.....	35
3.2.4.2 Relay Y4.....	35
3.2.4.3 Relay Y5.....	35
3.2.4.4 Relay Y6.....	35
3.2.4.5 Relay Y7.....	36
3.2.4.6 Relay Y9.....	36
3.2.4.7 Relay Y10	36
3.2.4.8 Relay Y11	37
3.2.4.9 Relay Y13	37
3.2.5 Relay Y14A-Y20A.....	38
3.2.5.1 Relay Y14A.....	38
3.2.5.2 Relay Y15A.....	38
3.2.5.3 Relay Y16A.....	39
3.2.5.4 Relay Y17A.....	39
3.2.5.5 Relay Y18A.....	39
3.2.5.6 Relay Y19A.....	40
3.2.5.7 Relay Y20A.....	40
3.2.6 Relay Y14-Y21.....	41
3.2.6.1 Relay Y14.....	41
3.2.6.2 Relay Y15.....	41
3.2.6.3 Relay Y16.....	42

3.2.6.4 Relay Y17	42
3.2.6.5 Relay Y18	42
3.2.6.6 Relay Y19	43
3.2.6.7 Relay Y20	43
3.2.6.8 Relay Y21	43
3.3 Persamaan Relay	44
3.3.1 Relay Y1	44
3.3.2 Relay Y2	44
3.3.3 Relay Y3A	45
3.3.4 Relay Y3	46
3.3.5 Relay Y4	46
3.3.6 Relay Y5	47
3.3.7 Relay Y6	47
3.3.8 Relay Y7	48
3.3.9 Relay Y9	49
3.3.10 Relay Y10	49
3.3.11 Relay Y11	50
3.3.12 Relay Y13	50
3.3.13 Relay Y14	51
3.3.14 Relay Y14A	52
3.3.15 Relay Y15	52
3.3.16 Relay Y15A	53
3.3.17 Relay Y16	53
3.3.18 Relay Y16A	54
3.3.19 Relay Y17	54
3.3.20 Relay Y17A	55
3.3.21 Relay Y18	55
3.3.22 Relay Y18A	56
3.3.23 Relay Y19	57
3.3.24 Relay Y19A	57
3.3.25 Relay Y20	58
3.3.26 Relay Y20A	58
3.3.27 Relay Y21	59
BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA	61
4.1 Pembuatan <i>Ladder Diagram</i>	61
4.1.1 Alamat I/O PLC	61
4.1.2 <i>Ladder Diagram</i> Relay	62
4.1.2.1 <i>Ladder Diagram</i> Kelompok Relay	63
4.1.2.2 <i>Ladder Diagram Output</i>	75

4.2 Pengujian Sistem	84
5.1 Kesimpulan	85
5.2 Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN	89
RIWAYAT HIDUP	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Factory Automatic Trainer.....	7
Gambar 2.2 Bagian Factory Automatic Trainer	8
Gambar 2.3 Air Compressor.....	9
Gambar 2.4 Linier Cylinder Transfer Module.....	9
Gambar 2.5 Conveyor Transfer & Classification Module.....	10
Gambar 2.6 Conveyor & Stopper Module.....	10
Gambar 2.7 Pick and Place Module	11
Gambar 2.8 PLC Control Unit & System Table.....	12
Gambar 2.9 Capacitive Censor	13
Gambar 2.10 Proximity Censor	13
Gambar 2.11 Perbedaan benda yang terdeteksi sensor photoconduction	14
Gambar 2.12 <i>Photo fiber sensor</i>	14
Gambar 2.13 <i>Optical sensor</i>	15
Gambar 2.14 <i>Single Solenoid Valve</i>	16
Gambar 2.15 <i>Double Solenoid Valve</i>	16
Gambar 2.16 Komponen dasar PLC.....	17
Gambar 2.17 Status pemeriksaan sekaligus koreksi	19
Gambar 2.18 Contoh <i>ladder diagram LG</i>	19
Gambar 2.19 Contoh <i>ladder diagram</i> dengan metode <i>cascade without sustained output</i>	20
Gambar 2.20 Contoh <i>ladder diagram</i> dengan metode <i>cascade with sustained output</i>	21
Gambar 2.21 Contoh <i>sequence</i> dengan <i>multipath sequencing systems</i> ..	21
Gambar 3.1 Tahapan penelitian.....	23
Gambar 3.2 Input/Output Sistem.....	24
Gambar 3.3 Tiga material yang digunakan.....	27
Gambar 3.4 Material bahan plastik berwarna hitam.....	27
Gambar 3.5 Material bahan plastik berwarna biru.....	28
Gambar 3.6 Material bahan logam berwarna metal.....	29
Gambar 3.7 Urutan kerja relay	30
Gambar 3.8 Sekuen dan Grup Material Logam.....	31
Gambar 3.9 Sekuen dan Grup Material Plastik Warna Hitam.....	32
Gambar 3.10 Sekuen dan Grup Material Plastik Warna Biru.....	32
Gambar 4.1 Relay Y1	63
Gambar 4.2 Relay Y2	63
Gambar 4.3 Relay Y3A	64

Gambar 4.4 Relay Y3	64
Gambar 4.5 Relay Y4	65
Gambar 4.6 Relay Y5	65
Gambar 4.7 Relay Y6	65
Gambar 4.8 Relay Y7	66
Gambar 4.9 Relay Y9	66
Gambar 4.10 Relay Y10	67
Gambar 4.11 Relay Y11	67
Gambar 4.12 Relay Y13	67
Gambar 4.13 Relay Y14	68
Gambar 4.14 Relay Y14A	68
Gambar 4.15 Relay Y15	69
Gambar 4.16 Relay Y15A	69
Gambar 4.17 Relay Y16	69
Gambar 4.18 Relay Y16A	70
Gambar 4.19 Relay Y17	70
Gambar 4.20 Relay Y17A	71
Gambar 4.21 Relay Y18	71
Gambar 4.22 Relay Y18A	71
Gambar 4.23 Relay Y19	72
Gambar 4.24 Relay Y19A	72
Gambar 4.25 Relay Y20	73
Gambar 4.26 Relay Y20A	73
Gambar 4.27 Relay Y21	73
Gambar 4.28 Relay <i>SEN1</i>	74
Gambar 4.29 Relay <i>SEN2</i>	74
Gambar 4.30 Relay <i>SEN3</i>	74
Gambar 4.31 Output <i>RED</i>	75
Gambar 4.32 Output <i>YELLOW</i>	75
Gambar 4.33 Output <i>GREEN</i>	75
Gambar 4.34 Output <i>INSERT</i>	76
Gambar 4.35 Output <i>CONVI</i>	76
Gambar 4.36 Output <i>INSERT_RE</i>	76
Gambar 4.37 Output <i>EJECT</i>	77
Gambar 4.38 Output <i>ROTCW</i>	77
Gambar 4.39 <i>TIMER1</i>	77
Gambar 4.40 Output <i>EJECT_RE</i>	78
Gambar 4.41 Output <i>ROTDO</i>	78
Gambar 4.42 Output <i>VAC</i>	78

Gambar 4.43	<i>Output ROTUP</i>	79
Gambar 4.44	<i>Output ROTCCW</i>	79
Gambar 4.45	<i>Output CONV2</i>	79
Gambar 4.46	<i>Output DRLDO</i>	80
Gambar 4.47	<i>Output DRLON</i>	80
Gambar 4.48	<i>TIMER2</i>	80
Gambar 4.49	<i>Output DRLUP</i>	81
Gambar 4.50	<i>Output STOUP</i>	81
Gambar 4.51	<i>Output FINBA</i>	81
Gambar 4.52	<i>Output FINDO</i>	82
Gambar 4.53	<i>Output FINGRIP</i>	82
Gambar 4.54	<i>TIMER3</i>	83
Gambar 4.55	<i>Output FINUP</i>	83
Gambar 4.56	<i>Output FINFO</i>	84
Gambar 4.57	Grafirk pengujian 10 siklus material plastik	84

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 <i>Input</i> Sistem.....	25
Tabel 3.2 <i>Output</i> Sistem.....	25
Tabel 4.1 Alamat I/O PLC	61

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 1

PENDAHULUAN

Bab ini mengantarkan pembaca untuk dapat menjawab pertanyaan mengapa, apa yang diteliti, untuk apa suatu penelitian dilakukan. Jawaban pertanyaan tersebut akan diuraikan pada bab ini yang meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan, metodologi, sistematika dan relevansi.

1.1 Latar Belakang

Di era teknologi yang semakin berkembang, dimana pencapaian terhadap permintaan pasar yang tinggi, sulitnya melakukan inspeksi manual, proses produksi yang kompleks, kebutuhan distribusi yang cepat serta kebutuhan pengemasan yang khusus dengan standar tertentu. Maka sebagian besar para pelaku industri manufaktur berkembang di Indonesia lebih mengedepankan lingkungan kerja cepat, hemat biaya, dan semakin inovatif sebagai bentuk usaha dalam mempertahankan kelangsungan hidup suatu perusahaan dan kemampuan merespon kompetisi global secara cepat dan efektif.

Dengan semakin berkembangnya otomatisasi industri sendiri telah mengurangi pekerjaan rutin manual atau *clerical task* yang berfokus pada tujuan mengurangi waktu produksi (*manufacturing lead time*) sehingga peningkatan terhadap *demand rate* dan kualitas produk dapat terpenuhi. Berbagai terobosan dilakukan dengan pengoperasian mesin pabrik secara digital dan telah tersambung pada penggunaan keseluruhan sistem sensor serta piranti lunak yang canggih, oleh karena itu, dengan berkembangnya otomatisasi industri, peningkatan keamanan bagi pekerja dan pekerjaan yang tidak dapat dilakukan secara manual dapat terpenuhi. Dari dasar-dasar inilah penggunaan otomatisasi industri yang semakin berkembang menjadi pilihan utama dan *Factory Automatic Trainer* yang merupakan model kecil dari sistem-sistem yang ada di industri dapat membantu dalam pemahaman sistem-sistem yang ada pada industri yang berbasis pada otomatisasi.

Salah satu perangkat elektronik yang berperan dalam otomatisasi industri adalah *Programmable Logic Control (PLC)*. *PLC* ini secara umum digunakan dalam teknologi pengendalian mesin-mesin di industri.

Untuk dapat mengontrol sistem otomatisasi seperti yang kita inginkan, *PLC* memerlukan program yang nantinya di-*upload* pada *CPU PLC*. Dengan pembuatan program untuk fungsi kontrol, *PLC* menghilangkan banyak pengkabelan yang ada di *relay panel*. Program dalam *PLC* biasa disebut dengan *ladder diagram* dimana dalam proses pembuatan program *ladder* ini bukan merupakan hal yang mudah dilakukan karena suatu proses perakitan memiliki proses yang kompleks dan ketelitian yang tinggi. Maka dari itu, diperlukan suatu cara atau metode untuk memudahkan dalam proses konstruksi *ladder diagram*.

Terdapat beberapa metode dalam proses konstruksi *ladder diagram*, salah satunya adalah metode *cascade*. Metode *cascade* sendiri adalah metode pengurutan suatu sistem yang dibagi menjadi grup-grup berdasarkan aturan yang ada, menjadikan proses konstruksi *ladder diagram* yang rumit dapat diselesaikan dengan program yang lebih efisien, sehingga proses konstruksi mudah untuk dipahami dan dapat mempersingkat waktu serta usaha dalam pembuatan *ladder diagram*.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan pada tugas akhir ini yaitu bagaimana konstruksi *diagram ladder* dengan metode *cascade* yang akan dijalankan pada mesin *Factory Automatic Trainer*

1.3 Batasan Masalah

Penulis akan membatasi permasalahan yang akan diteliti sehingga tujuan dari penelitian dapat dicapai. Batasan penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Batasan *plant* yang digunakan hanya pada *Factory Automatic Trainer*
- b. Metode yang digunakan dalam penyelesaian Tugas Akhir hanya metode *Cascade*
- c. Material yang digunakan dalam implimentasi hanya 3 material: material logam berwarna metal, material plastik berwarna hitam, dan material plastik berwarna biru.
- d. Pada proses implimentasi dan uji coba material diproses secara bergantian.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini yaitu konstruksi *diagram ladder* dengan metode *cascade* untuk sistem yang ada pada *Factory Automatic Trainer*. Metode *cascade* ditujukan pada industri yang membutuhkan permintaan desain *ladder diagram* yang dimana waktu dan usaha dalam proses pendesainan lebih penting dari pada harga dari penambahan *relay*, maka pemilihan desain dengan metode *cascade* adalah pilihan yang tepat.

1.5 Metodologi

Dalam penelitian Tugas Akhir ini diperlukan suatu tahapan yang merepresantasikan urutan yang harus dilaksanakan agar sesuai dengan tujuan penelitian. Tahapan tersebut ialah sebagai berikut:

- e. Studi Literatur
Pada tahap ini dilakukan kegiatan pengumpulan dan pengkajian terkait teori, informasi, maupun hasil eksperimen serupa yang dapat dijadikan referensi dalam proses penyusunan tugas akhir ini. Sumber yang dikumpulkan dan dikaji dapat diperoleh melalui berbagai sumber ilmiah seperti buku, *manual book*, hasil penelitian, maupun jurnal ilmiah yang telah dipublikasikan.
- f. Pengenalan *plant*
Plant yang digunakan adalah *Factory Automatic Trainer*. Setelah mempelajari teoritis dari *plant*, selanjutnya adalah melakukan penghitungan *Input/Output PLC* yang ada pada *plant*, melihat apa saja aktuator dari *plant* serta cara kerja tiap-tiap modul *plant*.
- g. Konstruksi *diagram ladder* dengan metode *cascade*
Setelah melakukan pengenalan pada *plant*, maka dilakukan konstruksi *diagram ladder* dengan metode *cascade*. Proses konstruksi dilakukan dengan pembuatan berbagai urutan dari rangkaian *diagram ladder* yang dibagi dalam grup dengan mengikuti ketentuan yang ada: *Single-path sequencing system without sustained outputs*, *Single-path sequencing system with sustained outputs*, *multipath sequencing system*. Setelah itu dilakukan pengunduhan ke *plant* dengan menggunakan software *GM Win*.

- h. Uji coba pada *Factory Automatic Trainer*
Melakukan pengujian langsung pada CPE-AT8030N *Factory Automation Trainer* yang telah dimasukkan program yang telah dibuat ke *memory PLC*.
- i. Penulisan buku Tugas Akhir
Pada tahap ini akan dilakukan penyusunan laporan terkait hasil proses Tugas Akhir yang telah dilakukan. Penyusunan buku tugas akhir dilakukan sebagai bentuk laporan tertulis dari proses dan hasil kerja terkait topik yang diusulkan. Pada saat proses pengujian sedang berjalan, dilakukan eksplorasi bahan-bahan untuk penulisan buku Tugas Akhir dari jurnal-jurnal ilmiah dan buku.

1.5 Sistematika

Pada penulisan buku Tugas Akhir disusun berdasarkan 5 bab. Hal ini untuk menghindari kesalahan terhadap isi yang terdapat di dalam laporan. Sistematika penulisan dibuat sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika dan relevansi.

Bab II Dasar Teori

Bab ini membahas tinjauan pustaka yang membantu penelitian, di antaranya adalah teori yang mendasari perancangan tugas akhir ini, meliputi pembahasan tentang FAT. Pengenalan unit-unit, serta teori otomasi sistem tentang pemrograman *ladder diagram* dengan metode *cascade* pada PLC.

Bab III Perancangan Sistem

Bab ini membahas perancangan *ladder diagram* dengan metode *cascade* yang berupa pembagian kelompok relay, persamaan relay dan persamaan memori sehingga membantu pembaca dalam memahami tahapan dari setiap proses konstruksi.

Bab IV Implimentasi dan Pengujian

Bab ini memuat prosedur pengujian dan implimentasi dari *ladder diagram* yang telah dibuat dan diuji pada *Factory Automatic Trainer*.

Bab V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan proses konstruksi *ladder diagram* dengan metode *cascade* serta saran untuk pengembangan tugas akhir ini lebih lanjut.

1.6 Relevansi

Tuntutan industri dalam menghadapi daya saing dalam pasar global, maka diperlukan kecepatan dan usaha yang lebih dalam melakukan perubahan suatu sistem di industri. Dengan metode *cascade* dimana pengurutan suatu sistem yang dibagi menjadi grup-grup berdasarkan aturan yang ada, menjadikan proses konstruksi *ladder diagram* yang rumit dapat diselesaikan dengan program yang lebih efisien, sehingga proses konstruksi mudah untuk dipahami dan dapat mempersingkat waktu serta usaha dalam pembuatan *ladder diagram*. Hasil penelitian yang dilakukan oleh penulis diharapkan dapat dijadikan referensi untuk metode pembuatan *ladder diagram* yang efisien dan dapat dikembangkan menjadi lebih baik kedepannya.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 2

DASAR TEORI

Suatu teori diperlukan sebagai landasan maupun dasar untuk penulis dalam melakukan sebuah penelitian. Teori tersebut digunakan untuk membantu penulis dan sebagai dasar dalam membuat suatu tugas akhir. Pada bab ini akan diuraikan teori mengenai *plant*, kontroler dan metode yang digunakan untuk mengatasi masalah pada tugas akhir ini.

2.1 *Factory Automatic Trainer (FAT)*

Plant yang digunakan oleh penulis dalam penelitian adalah *Factory Automatic Trainer*. *FAT* merupakan model kecil dari sistem-sistem yang ada di industri yang berbasis *Factory Automatic*. Dalam *Factory Automatic Trainer* ini terdapat 5 unit bagian yaitu *Line Movement Module*, *Conveyor and Separation Module*, *Pick and Place Module*, *Conveyor and Stopper Module*, *PLC Control Unit & System Table* seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 *Factory Automatic Trainer*

Plant yang digunakan oleh penulis dalam penelitian adalah *Factory Automatic Training (FAT)*, miniatur dari sistem-sistem yang ada di industri otomasi. Pembelajaran yang digunakan dari *FAT* terdiri dari 5

modul dengan berbagai sensor dan aktuator yang terhubung ke PLC. Secara umum sistem ini memiliki fungsi untuk melakukan proses seleksi dari benda yang telah diklasifikasikan. Proses seleksi dilakukan berdasarkan warna yang telah ditentukan dan jenis materialnya (metal atau plastik).



Gambar 2.2 Bagian *Factory Automatic Trainer*

Gambar 2.2 menunjukkan bagian-bagian dari modul *Factory Automatic Trainer* secara umum. Berikut ini adalah keterangan dari setiap bagian :

1. *Line Movement Module*
2. *Conveyor and Separation Module*
3. *Conveyor & Stopper Module*
4. *Pick and Place Module*
5. *PLC Control Unit & System Table*

2.1.1 Power Supply

Tiap *modul* mendapat catu daya DC24V dari output terminal *power module*. Sedangkan *power supply input terminal* sendiri didapatkan dengan mengkoneksikan dengan catu daya AC240V. Untuk aktuator digerakkan dengan menggunakan *air compressor* seperti pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 *Air Compressor*

Air compressor dapat dilakukan pengisian ulang dan udara bertekanan disalurkan pada actuator yang ada sebagai penggerak.

2.1.2 *Line Movement Module*

Unit ini bertugas sebagai proses pemuatan barang dan pelepasan pemuatan barang serta dilengkapi modul pengontrol yang difungsikan untuk mengarahkan mesin pemuat barang (lihat pada **Gambar 2.4**).



Gambar 2.4 *Linier Cylinder Transfer Module*

Dalam modul pengontrol terdapat fungsi pengarah secara *vertical* dan *horizontal* serta kecepatan pergerakan mesin pemuat dan diatur pada *finger cylinder*. Pada modul pengontrol juga dilengkapi dengan *auto switch* yaitu, *horizontal left & right sensing*, *vertical up & down sensing*, dan *finger cylinder grip & open sensing*.

2.1.3 Conveyor and Separation Module

Pada modul ini terdapat dua proses yaitu *Conveyor process* dan *Separation process*. *Conveyor* merupakan alat yang digunakan dalam industri untuk memindahkan barang atau material dari suatu lokasi ke lokasi lainnya. Proses pemindahan barang atau material dilakukan secara otomatis yang ditujukan pada efisiensi kecepatan dan ketepatan pemindahan barang atau alat. Dengan adanya *conveyor* juga mengurangi penggunaan manusia sehingga tenaga manusia dan tingkat kecelakaan dapat diminimalkan.



Gambar 2.5 *Conveyor Transfer & Classification Module*

Separation process (lihat pada **Gambar 2.5**) bertugas untuk memisahkan barang yang ada. Barang akan diturunkan dari pipa, barang dengan warna atau bahan yang tidak diinginkan akan dipisahkan dan dikeluarkan dari *line movement*. Di modul ini terdapat *pneumatic cylinder control*, *optical fiber sensor control*, *oscillation frequency*, *proximity*, *capacitive sensor control*, dan *conveyor control*.

2.1.4 Conveyor & Stopper Module

Pada proses ini, *Work Stopper* bertugas untuk menghentikan *conveyor* bagian *drilling*. Pada *work stopper* terdapat *optical sensor* sebagai sensor pendeteksi barang yang datang. Tampilan *work stopper* dapat dilihat pada **Gambar 2.6**



Gambar 2.6 *Conveyor & Stopper Module*

Modul ini bertugas untuk menghentikan barang yang nantinya akan dilakukan proses *drilling* dan selanjutnya akan diteruskan ke *Line Movement Module*. Pada modul ini terdapat *DC geared motor & speed control, conveyor direction control, work stopper, machining process, photo fiber sensor, solenoid valve, control panel dan input power : AC85 ~ 264V 50/60 Hz.*

2.1.5 Pick and Place Module

Pada proses ini ketika barang diberhentikan dan diposisikan di tengah maka muatan diangkat ke *line* yang berbeda oleh *pick & place module*. **Gambar 2.7** menunjukkan *Pick and Place Module* yang ada pada sistem.



Gambar 2.7 *Pick and Place Module*

Terdapat lampu sebagai indikator dengan warna merah, kuning, dan hijau. Modul ini dilengkapi dengan *vacuum generator and pad, rotary cylinder, vertical cylinder, horizontal cylinder, sign tower, solenoid valve, control panel dan input power: AC85 ~ 264V 50/60 Hz.*

2.1.6 PLC Control Unit & System Table

PLC yang digunakan adalah PLC bertipe Glofa yang nantinya PLC ini akan diprogram dengan program GMWIN dari LG. Terdapat input/output masing-masing 32 slot yang ada pada sistem dan 4 roda yang digunakan agar memudahkan menggerakkan mesin ini. Pada unit ini dilengkapi dengan *leakage circuit breaker, circuit breaker, line filter, SMPS DC 24V 3.2 A, control PLC, control unit table, control panel, input power: AC85 ~ 264V 50/60 Hz.*



Gambar 2.8 *PLC Control Unit & System Table*

2.2 Signal Input device (Switch and Sensor)

Switch digunakan untuk *start*, *stop* dan secara individual mengoperasikan rangkaian kontrol elektronik. Dapat dibedakan menjadi dua yaitu tipe *contact* dan *non-contact*. Tipe *contact* artinya sensor bekerja berdasarkan sentuhan sedangkan sensor *non-contact* adalah sensor yang bekerja tanpa melalui sentuhan.

2.2.1 Sensor Contact

Kontak sensor adalah sensor yang bekerja dengan sentuhan. Contoh sederhananya sensor ini dalam aplikasi *factory Automatic Trainer* adalah *push-button*. *Switch* ini bekerja ketika ditekan, mengkonversi elemen dorongan melawan ke arah kekuatan pegas. Sensor ini akan mengirimkan sinyal elektrik menuju kontroler dan kontroler akan mengukur dan menghitung data informasi kemudian akan mengirimkan perintah ke aktuatur untuk melakukan kerja tertentu.

2.2.2 Sensor Non-Contact

Berbeda dengan sensor kontak, sensor non-kontak bekerja tidak dengan sentuhan objek ada, melainkan menggunakan radiasi elektromagnetik yang ditimbulkan oleh sensor. Sensor non-kontak mengukur perubahan temperature, perubahan tekanan, dan perubahan elektromagnetik yang disebabkan karena adanya objek yang bersinggungan dengan sensor. Dalam *FAT* akan dijelaskan beberapa sensor non-kontak yaitu sensor *capacitive*, sensor *proximity*, dan sensor *photoelectric*.

2.2.2.1 Sensor *Capacitive*

Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan muatan energi listrik yang dapat disimpan oleh sensor akibat perubahan jarak lempeng, perubahan luas penampang, dan perubahan volume dielektrum sensor kapasitif tersebut. Biasanya jarak deteksi sensor ini berkisar 5 sampai 40 mm, tergantung dari desain sensor dan target material.



Gambar 2.9 *Capacitive Censor*

2.2.2.2 Sensor *Proximity*

Sensor pada efek ini biasanya terdiri dari magnet permanen yang dikelilingi oleh *wire coil*. Ketika objek yang terbuat dari material besi mendekati sensor, maka *flux* magnet yang melalui *coil* akan berubah, dimana akan mengaktifkan tegangan yang kecil pada terminal *coil*. Hal ini akan mengamplifikasi atau mengaktuator *solid-state switch*.



Gambar 2.10 *Proximity Censor*

2.2.2.3 Sensor *Photoelectric*

Sensor ini biasanya digunakan untuk menemukan jarak, ketidakhadiran atau keberadaan objek dengan menggunakan sinar *beam* yang biasanya berupa *infrared*. Objek yang akan terdeteksi harus melewati area dari pemancar cahaya. Sensor *photoelectric* yang ada pada *FAT* yaitu *photo sensor*, *Photo fiber sensor*, dan *Optical sensor*.

2.2.2.3.1 Sensor *Photo*

Pendeteksian sinar *beam* pada sensor ini bergantung pada *light-sensitive material* atau material yang memiliki warna terang (bukan

hitam). Jadi jika sensor ini mendeteksi *light-sensitive material* maka resistansi akan turun secara drastis.

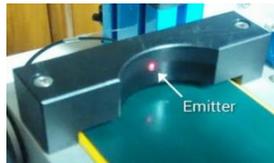


Gambar 2.11 Perbedaan benda yang terdeteksi sensor *photoconduction*

Sensor ini digunakan pada modul *separation* sebagai pengkondisian barang yang akan diproses. Pada *FAT* sensor akan aktif terhadap benda yang berwarna selain warna hitam.

2.2.2.3.2 Sensor *Photo fiber*

Photo fiber sensor bekerja berdasarkan mode operasi *refletion from target*. Dimana pada mode operasi ini, *emitter* dan *detector* dibuat berdasarkan tempat yang sama (*single housing*) untuk mengurangi proses pengkabelan dan harga pemasangan. (lihat **Gambar 2.12**).



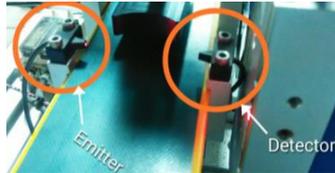
Gambar 2.12 *Photo fiber sensor*

Ketika barang menabrak lokasi dari area sinar *beam emitter* akan memantulkan kembali sinar *beam* ke *detector*. Rangkaian elektronika yang terkoneksi ke *detector* harus diatur tingkat sensitifitasnya, dilihat dari pemantulan dan jarak target barang.

2.2.2.3.3 Sensor *Optical*

Optical sensor bekerja berdasarkan mode operasi *trough-beam*. *Emitter* dan *detector* dipasang pada *housing* yang berbeda, penempatan

didesain sedemikian mungkin agar posisi *housing* saling berhadapan seperti **Gambar 2.13**.



Gambar 2.13 *Optical sensor*

2.3 Relay dan Solenoid

Relay digunakan untuk dua tujuan. Yang pertama adalah untuk *logic switching elements* (kontrol relay) dan yang kedua sebagai penguat tegangan atau arus (*power relay*). Sedangkan solenoid merupakan aktuator yang terdiri dari koil atau gulungan kawat, inti besi sebagai piston gerak linier, dan pegas sebagai pemegang inti besi. Ketika tegangan masuk pada koil sehingga terjadi aliran arus maka koil akan berubah menjadi bidang magnet sehingga akan menarik inti besi ke dalam koil sampai menuju titik tengah koil. Saat tegangan dimatikan maka posisi inti besi akan kembali seperti semula karena tarikan dari pegas.

2.3.1 Elektronik Relay

Elektronik relay mempunyai fungsi untuk mengoperasikan *switch* untuk melakukan gerakan kontrol *open* dan *close* dengan sumber dari electromagnet. Ketika tegangan masuk pada koil, arus dari koil akan mengalirkan sepanjang koil untuk membentuk medan magnet. Kemudian, *armatures* ditarik ke pusat kumparan. Relay daya tahan tinggi adalah relay yang mempunyai berat bagian operasi (inti besi) ringan dan jarak operasi pendek.

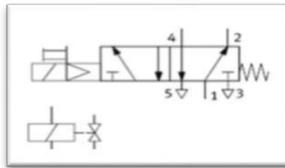
2.3.2 Timer

Sebagai waktu dari relay, *timer* adalah suatu bagian operasi yang gerakan rangkaian kontrol *open* dan *close* aktif ketika waktu hitungan pada *timer* telah berakhir dari waktu yang telah ditetapkan setelah penerimaan sinyal input. Tipe delay menghasilkan sinyal output (*contact*

point) ketika jangka waktu yang ditentukan berlalu setelah penerimaan sinyal listrik.

2.3.3 Single Solenoid Valve

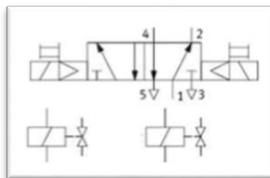
Ketika katup dioperasikan dan gaya operasi dihilangkan, katup kembali ke keadaan semula, dengan kata lain ke keadaan awal. Gaya dari pegas, gaya dari tekanan, atau kombinasi keduanya digunakan dalam pengoperasiannya. Ini juga disebut metode *spring return*. (lihat **Gambar 2.14**)



Gambar 2.14 Single Solenoid Valve

2.3.4 Double Solenoid Valve

Berbeda dengan *single solenoid valve*, bagian operasi dan bagian *return valve* pada solenoid ini secara individual dioperasikan untuk mengubah arah aliran udara. Ketika gaya operasi dihilangkan, status konversi dipertahankan. Jadi *return valve* hanya mungkin dengan mengoperasikan sisi lainnya, ini juga disebut tipe *holding*. Metode operasi katup kontrol dibagi menjadi tipe operasi langsung untuk mengubah katup hanya dengan gaya operasi dan tipe pilot untuk mengelola kekuatan konversi menggunakan kekuatan operasi dan aplikasi penggerak antara katup. (lihat **Gambar 2.15**)



Gambar 2.15 Double Solenoid Valve

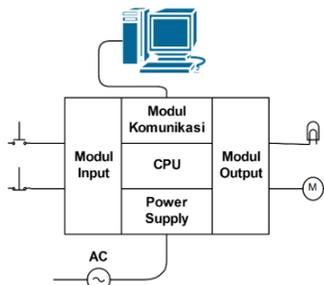
2.4 Programmable Logic Controller (PLC)

PLC adalah komponen yang vital untuk sistem otomasi modern dan hampir semua industri sudah menggunakan PLC. Dalam basic-nya dan form yang masih *original*, PLC adalah *software-based* yang mempunyai maksud sama dengan panel relay. Namun PLC dapat mempunyai banyak fungsi yang dimana *electomechanical relay* tidak bisa seperti menggunakan *timer* dan *counter*. Sistem kontrol panel yang dipenuhi dengan banyak relay dan pengkabelan yang seringkali terjadi kesalahan konfigurasi logika ataupun kerusakan relay maka perlu dilakukan pembongkaran kontrol panel yang mengharuskan penghentian proses industri dan produksi tentunya.

Berbagai kekurangan seperti terlalu banyaknya kabel yang terhubung dalam kontrol panel, kesulitan dalam penggantian komponen kesulitan menemukan error, lamanya waktu perbaikan yang sering kali sulit untuk ditentukan, memberikan inisiatif terhadap pengembangan sebuah kontroler menjadi PLC dengan berbagai keuntungan diperoleh baik dari sisi ekonomi maupun teknis.

2.4.1 Komponen PLC

Komponen PLC umumnya I/O, CPU dan memori. CPU adalah otak atau inti dari PLC, biasanya CPU berupa mikrokontroller seperti mikrokontroller 8051 8-bit, namun saat ini mikrokontroller pada PLC sudah mencapai 32 bit. CPU sebuah PLC juga melakukan komunikasi, interkoneksi antar bagian-bagian PLC, mengeksekusi program, operasi memori. Dengan adanya prosesor juga melakukan pengecekan terhadap *error* yang terjadi dalam program PLC, karena itu seringkali PLC dilengkapi dengan indikator untuk pemberitahuan.



Gambar 2.16 Komponen dasar PLC

Dari **Gambar 2.16** terlihat bahwa PLC terhubung dengan peralatan *input/output* dan PC. Secara umum PLC tersusun oleh beberapa komponen diantaranya:

1. *Power supply*

Sumber Daya untuk PLC merupakan tegangan AC sebesar 120/240VAC maupun tegangan DC sebesar 24 VDC. Selain itu PLC memiliki *power supply* internal (24 VDC) yang digunakan untuk menyediakan daya bagi peralatan I/O PLC.

2. Prosesor (CPU)

Prosesor bertugas untuk membaca, mengolah dan mengeksekusi instruksi program. CPU dapat mengerjakan tugas yang berhubungan dengan operasi logika dan aritmetika karena memiliki elemen kontrol ALU (*Arithmetic and Logic Unit*). Umumnya memori terletak di dalam CPU (satu modul) atau disebut memori internal. Apabila terdapat memori eksternal maka itu merupakan memori tambahan

3. Modul *Input-Output*

Modul I/O adalah sebagai perantara atau penghubung dari PLC ke peralatan *input* fisik (tombol, sensor, dsb.) dan *output* fisik (lampu, katup, dsb.). Umumnya modul ini sudah terpasang secara internal di dalam PLC (*compact*). Untuk modul I/O yang terpisah dari CPU merupakan PLC modular.

4. Modul Komunikasi

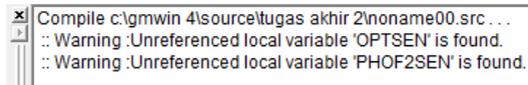
Koneksi antara CPU dan komputer (PC) diperlukan modul komunikasi agar dapat dilakukan pemrograman pada PLC. Selain itu juga untuk melakukan pemantauan (*monitoring*) maupun pertukaran data dengan perangkat lain.

2.4.2 Pemrograman PLC

Pemrogram dilakukan oleh PLC dengan 3 langkah sederhana yaitu pemeriksaan status input, eksekusi program, dan pemeriksaan sekaligus koreksi status output. Pemeriksaan status input bertujuan untuk mengetahui input mana dari PLC yang memiliki status ON atau OFF. Dengan kata lain, PLC memeriksa apakah sensor atau relay yang terhubung dengan input PLC dalam status aktif atau tidak. Informasi

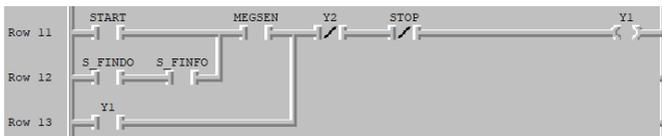
tersebut kemudian disimpan dalam memori untuk langkah selanjutnya. (lihat **Gambar 2.17**)

Pemeriksaan sekaligus koreksi status output dilakukan PLC dengan cara memeriksa status output dan melakukan perubahan yang sesuai dengan eksekusi program jika terjadi perubahan input yang bersesuaian.



Gambar 2.17 Status pemeriksaan sekaligus koreksi

Sedangkan dalam penulisan alamat atau *addressing* pada PLC dalam pembuatan *ladder diagram* setiap vendor PLC memiliki aturan pengalamatan tersendiri. *Ladder diagram* adalah yang paling mudah dipahami secara visual karena diagram ini menggambarkan hubungan-hubungan instruksi serupa susunan relay seri dan parallel. Dalam *ladder diagram* ujung kiri program diibaratkan sebuah sumber tegangan dan ujung kanan diibaratkan sebagai ground, sehingga program dieksekusi dari kiri ke kanan, oleh karena itu input program berada di sebelah kiri dan output program berada di sebelah kanan. (lihat **Gambar 2.18**)



Gambar 2.18 Contoh *ladder diagram* LG

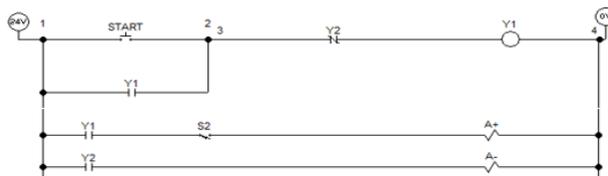
2.5 Metode *Cascade*

Metode *cascade* adalah metode dimana waktu dan usaha dalam proses pen-desainan lebih penting dari pada harga dari penambahan relay. Metode *cascade* sendiri adalah metode pengurutan suatu sistem yang dibagi menjadi grup – grup berdasarkan aturan dimana keluaran akan aktif selama grup aktif. Dari sini dapat dipahami bahwa metode *cascade* ini merupakan metode yang sederhana dalam proses pembuatan desain dari *ladder diagram*, sehingga diagram mudah untuk dipahami. Proses konstruksi dilakukan dengan pembuatan berbagai urutan dari rangkaian diagram *ladder* yang dibagi dalam grup dengan mengikuti ketentuan:

Single-path sequencing system without sustained outputs, Single-path sequencing system with sustained outputs, multipath sequencing system.

2.5.1 Single-Path Sequencing Systems without Sustained Outputs

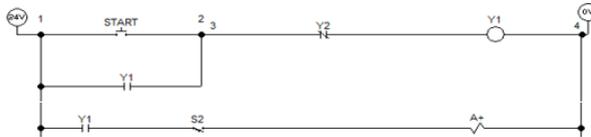
Pada metode ini diperuntukkan untuk aktuatur yang memiliki output yang *self-holding*. Artinya jika pada aktuatur diaktifkan dengan menekan tombol input, maka output akan tetap aktif meskipun input telah dilepaskan sehingga jika ingin mematikan output maka diperlukan penekanan kembali terhadap input. Sehingga dalam penulisan *ladder diagram* pada metode ini diperlukan dua aksi yaitu untuk menghidupkan dan untuk mematikan. Contohnya pada pneumatik *double solenoid valve*. Jika solenoid aktif dimasalkan dengan A+ dan untuk solenoid mati dimisalkan dengan A- maka kedua output harus didaftarkan pada program *ladder diagram* seperti pada **Gambar 2.19**.



Gambar 2.19 Contoh *ladder diagram* dengan metode *cascade without sustained output*

2.5.2 Single-Path Sequencing Systems with Sustained Outputs

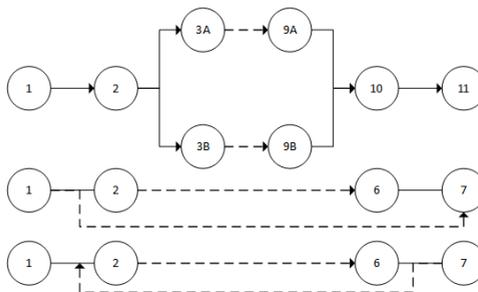
Pada metode ini diperuntukkan untuk aktuatur yang memiliki output tidak *self-holding*. Artinya jika pada aktuatur diaktifkan dengan menekan tombol input, maka output akan mati jika input dilepaskan. Sehingga dalam penulisan *ladder diagram* pada metode ini diperlukan satu aksi untuk menghidupkan saja atau mematikan saja. Contohnya pada pneumatik *single solenoid valve*. Jika solenoid aktif dimasalkan dengan A+ dan untuk solenoid mati tidak perlu dituliskan karena setelah A+ tidak aktif maka otomatis akan mematikan solenoid sehingga penulisan *ladder diagram* seperti pada **Gambar 2.20**.



Gambar 2.20 Contoh *ladder diagram* dengan metode *cascade with sustained output*

2.5.3 Multipath Sequencing Systems

Metode *cascade* dapat diaplikasikan pada *multipath sequence*. Maksudnya untuk *sequence* dimana terdapat syarat untuk menggabungkan *sequence*, dalam penggabungannya, hasil *sequence* merupakan dua *sequence* yang berbeda namun ingin digabungkan menjadi satu *sequence*. Contoh *sequence* dengan *multipath sequencing systems* dapat dilihat pada **Gambar 2.21**.

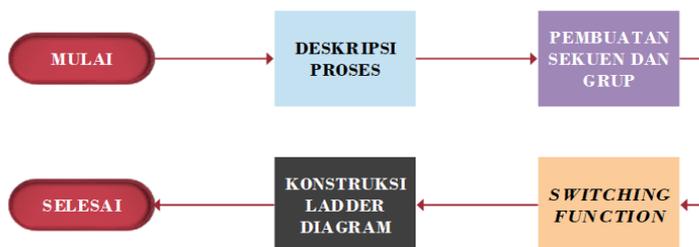


Gambar 2.21 Contoh *sequence* dengan *multipath sequencing systems*

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 3 PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan dibahas mengenai desain *ladder diagram* dengan menggunakan metode *cascade* pada *Plant Factory Automatic Trainer*. Perancangan sistem dimulai dari studi literatur, pengenalan *plant*, perancangan *switching system*, dan dilanjutkan dengan penyusunan *ladder diagram* seperti yang ditunjukkan **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Tahapan penelitian

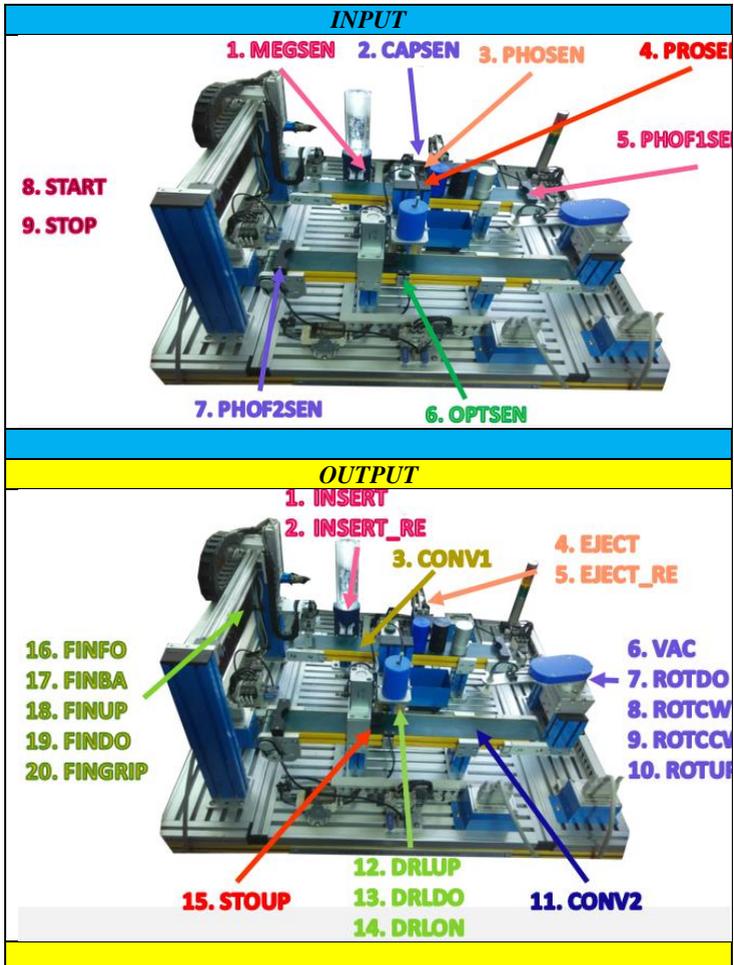
Pada tahapan deskripsi proses, dilakukan pembelajaran tentang *plant* dan metode *cascade* yang digunakan dalam penelitian. Tahap selanjutnya dilakukan perumusan *input* dan *output* dari *plant FAT* sehingga dapat menyusun langkah kerja. Kemudian dilanjutkan dengan merancang *switching system* berdasarkan langkah kerja dari tahapan sebelumnya. *Switching system* yang telah dirancang akan dikonversi ke dalam *ladder diagram* agar dapat diprogram pada PLC.

3.1 Perumusan Sistem *FAT*

Plant FAT yang digunakan dalam penelitian ini telah dirancang untuk melakukan fungsi khusus, yaitu melakukan proses seleksi benda kerja yang terdiri dari warna benda dan material yang digunakan (plastik dan metal). Proses tersebut dapat berlangsung karena *FAT* dilengkapi dengan sejumlah sensor dan aktuator tertentu. Sensor berperan sebagai *input* pada sistem dan aktuator berperan sebagai *output* sistem. Setelah itu dilanjutkan dengan membuat langkah kerja dari sistem dari awal hingga akhir.

3.1.1 Input / Output Sistem

Gambar 3.2 menunjukkan bagian I/O sistem FAT yang digunakan pada proses kerja.



Gambar 3.2 Input/Output Sistem

Keterangan bagian *input* dan *output* (I/O) pada sistem *FAT* beserta fungsinya dapat dilihat pada **Tabel 3.1** (bagian *input*) dan **Tabel 3.2** (bagian *output*).

Tabel 3.1 *Input* Sistem

No	<i>Input</i>	Keterangan	Fungsi
1	Start	Tombol Mulai	Untuk memulai proses keseluruhan.
2	Stop	Tombol Berhenti	Untuk menghentikan proses keseluruhan.
3	MEGSEN	<i>Magazine Sensor</i>	Mendeteksi ketersediaan benda kerja pada <i>magazine</i> berdasarkan intensitas cahaya
4	PHOSEN	<i>Photo Sensor</i>	Mendeteksi benda kerja berdasarkan intensitas cahaya yang diterima <i>photo sensor</i> pada <i>separation & conveyor transfer</i>
5	PROSEN	<i>Proximity Sensor</i>	Mendeteksi benda kerja material logam pada <i>separation & conveyor transfer</i>
6	CAPSEN	<i>Capacitive Sensor</i>	Mendeteksi benda kerja baik berupa logam dan non-logam pada <i>separation & conveyor transfer</i>
7	PHOF1SEN	<i>Photo Fiber Sensor 1</i>	Mendeteksi benda kerja pada proses akhir <i>separation & conveyor transfer</i>
8	OPTSEN	<i>Optical Sensor</i>	Mendeteksi benda kerja pada posisi dibawah mesin <i>drill</i> (letak benda pada <i>conveyor transfer & stopper</i>)
9	PHOF2SEN	<i>Photo Fiber Sensor 2</i>	Mendeteksi benda kerja pada proses akhir <i>conveyor transfer & stopper</i>

Tabel 3.2 *Output* Sistem

No	<i>Output</i>	Keterangan	Fungsi
1	CONV1	<i>Conveyor 1</i>	Membawa benda kerja dari <i>magazine</i> saat dimulainya proses.
2	INSERT	<i>Pneumatic Supply Insert</i>	Mendorong benda kerja menuju <i>conveyor 1</i> .
3	INSERT_RE	<i>Pneumatic Supply Return</i>	Aksi <i>solenoid supply return</i> setelah <i>insert</i>

No	Output	Keterangan	Fungsi
4	EJECT	<i>Pneumatic Separation Eject</i>	Menyeleksi (<i>eject</i>) benda kerja logam
5	EJECT_RE	<i>Pneumatic Separation Return</i>	Aksi solenoid <i>separation return</i> setelah <i>eject</i>
6	ROTCW	<i>Rotary Cylinder CW</i>	<i>Rotary cylinder</i> bergerak <i>clock wise</i>
7	ROTCCW	<i>Rotary Cylinder CCW</i>	<i>Rotary cylinder</i> bergerak <i>counter clock wise</i>
8	ROTUP	<i>Rotary Cylinder UP</i>	<i>Rotary cylinder</i> bergerak keatas membawa benda kerja atau <i>standby</i>
9	ROTDOW	<i>Rotary Cylinder Down</i>	<i>Rotary cylinder</i> bergerak kebawah melepaskan benda kerja
10	VAC	<i>Vacuum Pad</i>	Untuk menghisap benda agar menempel pada <i>pad</i> agar benda bisa dipindahkan
11	CONV2	<i>Conveyor 2</i>	Membawa benda kerja menuju proses <i>drilling</i>
12	DRLUP	<i>Drill Up</i>	Mesin <i>drill</i> bergerak keatas
13	DRLDO	<i>Drill Down</i>	Mesin <i>drill</i> bergerak kebawah menuju benda kerja
14	DRLON	<i>Drill On</i>	Mesin <i>drill</i> aktif melakukan proses kerja
15	STOUP	<i>Stopper Up</i>	<i>Stopper</i> bergerak keatas untuk membuka jalur pada <i>conveyor 2</i>
16	FINFO	<i>Finger Cylinder Forward</i>	Gerak <i>finger cylinder</i> menuju ke <i>conveyor 1</i>
17	FINBA	<i>Finger Cylinder Backward</i>	Gerak <i>finger cylinder</i> menuju ke <i>conveyor 2</i>
18	FINUP	<i>Finger Cylinder Up</i>	Gerak <i>finger cylinder vertical</i> keatas untuk membawa benda atau <i>standby</i>
19	FINDO	<i>Finger Cylinder Down</i>	Gerak <i>finger cylinder vertical</i> kebawah menuju benda kerja dan akan melepaskan benda kerja
20	FINGRIP	<i>Finger Cylinder Grip</i>	Gerak <i>finger grip</i> untuk menggenggam benda kerja

3.1.2 Urutan Kerja Sistem

Setelah mengetahui semua bagian dan fungsi dari I/O sistem, langkah berikutnya adalah menyusun langkah atau proses kerja dari *Factory Automatic Trainer* yang nantinya akan dilanjutkan ke pembagian kelompok untuk desain *ladder diagram*. Pada dasarnya kerja sistem dapat dibagi menjadi dua bagian, yang pertama yaitu bagian *separation* yang terjadi pada bagian *conveyor 1* dan yang kedua adalah bagian *drilling and placement process* yang terjadi pada *conveyor 2*.

3.1.2.1 Material Separation

Proses awal adalah *material separation* yang terjadi pada *conveyor 1* dimana terdapat tiga kemungkinan pada proses *separation*, kemungkinan yang pertama adalah material berbahan plastik dengan warna hitam yang nantinya akan mengaktifkan sensor kapasitif saja, kemudian pada kemungkinan yang kedua material dengan bahan plastik dengan warna biru yang nantinya akan mengaktifkan sensor kapasitif dan *photo sensor*, dan yang terakhir yaitu kemungkinan ketiga adalah material dengan bahan logam dan berwarna metal yang nantinya akan mengaktifkan ketiga sensor yang ada pada proses *separation* yaitu sensor kapasitif, *photo sensor* dan sensor *proximity*. (lihat **Gambar 3.3**)



Gambar 3.3 Tiga material yang digunakan

3.1.2.1.1 Bahan Plastik Berwarna Hitam

Pada asumsi pertama yaitu apabila material berbahan plastik dan berwarna hitam (lihat **Gambar 3.4**) maka material akan diloloskan dari *line separation*.



Gambar 3.4 Material bahan plastik berwarna hitam

Pada saat tombol *start* ditekan maka pneumatik *insert* akan mendorong material ke arah *conveyor 1* sampai pada bagian *separation* akan mengaktifkan sensor kapasitif saja dan pneumatik *eject* tidak aktif sampai material diteruskan hingga terdeteksi sensor *photo fiber 1* di akhir lintasan *conveyor 1* dan akan mengaktifkan modul *pick and place*.

3.1.2.1.2 Bahan Plastik Berwarna Biru

Pada asumsi kedua dengan material plastik berwarna biru (lihat **Gambar 3.5**) dimana akan mengaktifkan sensor kapasitif dan *photo sensor*, proses pada asumsi kedua berlangsung sama dengan proses pada asumsi pertama.



Gambar 3.5 Material bahan plastik berwarna biru

Pada saat tombol *start* ditekan maka pneumatik *insert* akan mendorong material ke arah *conveyor 1* sampai pada bagian *separation* akan mengaktifkan sensor kapasitif saja dan pneumatik *eject* tidak aktif sampai material diteruskan hingga terdeteksi sensor *photo fiber 1* di akhir lintasan *conveyor 1* dan akan mengaktifkan modul *pick and place*.

3.1.2.1.3 Bahan Logam Berwarna Metal (Eject)

Pada asumsi ketiga dengan material berbahan logam dan berwarna metal (lihat **Gambar 3.6**). Pada asumsi ketiga ini akan mengaktifkan ketiga sensor pada proses *separation*, yaitu sensor kapasitif, *photo sensor* dan sensor *proximity*. Saat tombol *start* ditekan maka pneumatik *insert* akan mendorong material ke arah *conveyor 1* dan *conveyor 1* membawa material sampai pada bagian *separation* hingga mengaktifkan ketiga sensor dan pneumatik *eject* aktif, mengeluarkan material logam dari *line conveyor 1* dan pada hitungan detik ke 4 pneumatik *eject* akan kembali (*eject return*) dan mengaktifkan pneumatik *insert* kembali.



Gambar 3.6 Material bahan logam berwarna metal

3.1.2.2 Drilling and Placement

Bagian kedua adalah proses *drilling and placement* yang terjadi pada *conveyor 2* dan modul *line movement*. Pada tahap ini material sudah berbahan yang sesuai dengan ketentuan (plastik), sehingga hanya terdapat dua kemungkinan pada proses *drilling and placement* yaitu material plastik dengan warna hitam dan warna biru.

3.1.2.2.1 Drilling and Placement Material Hitam

Pada proses kedua yaitu saat material telah dipindahkan dari *conveyor 1* ke *conveyor 2* dengan modul *pick and place*. Setelah material menyentuh sensor *photo fiber 1* di akhir *line conveyor 1* kemudian *Rotary cylinder* yang akan berotasi *clock wise* kemudian *rotary cylinder* akan turun untuk mengaktifkan *vacuum pad* dan menghisap material, setelah itu *rotary cylinder up* aktif dan berotasi *counter clock wise* kemudian *rotary cylinder down* aktif dan *vacuum pad* mati untuk menurunkan material di *conveyor 2*. Pada bagian proses kedua *conveyor 2* aktif membawa material sampai menabrak sinar *beam* dari sensor *optical trough-beam* maka *conveyor 2* akan berhenti lalu *drilling* akan turun dan mengaktifkan *drilling* selama 5 detik. Setelah *timer* selesai, *stopper* akan naik lalu *conveyor 2* aktif membawa material yang telah melalui proses *drilling* hingga mencapai akhir *line conveyor 2* berada pada posisi sensor *photo fiber 2* yang akan memberhentikan *conveyor 2* lagi dan modul *finger cylinder backward* aktif lalu *finger cylinder* turun untuk mencengkram material kemudian *finger cylinder* naik dan *finger cylinder* bergerak *forward* dan menurunkan material dengan warna hitam (lihat **Gambar 3.4**) di area *conveyor 1*.

Garis putus-putus artinya terdapat relay lain antara relay yang terhubung dan ada *skipping* relay yang terjadi pada relay Y7 ke Y9 dan Y11 ke Y13 yaitu relay Y8 dan Y12, kedua relay ini sengaja dilakukan *skipping* dikarenakan aktuator merupakan *single-path sequencing system with sustained outputs* sehingga relay Y8 dan Y12 dilakukan *cut off*. Relay Y2 merupakan proses *separation*, dimana jika material terbuat dari logam akan terdeteksi pada relay Y3A kemudian material logam akan dikeluarkan dari *line conveyor* dan dilakukan pengulangan ke relay Y1. Relay Y3 artinya barang sudah merupakan berbahan plastik semua hingga sampai pada proses relay setelah Y16 terdapat *multipath* yang memisahkan prosedur penurunan barang di akhir. Y17 sampai Y21 merupakan material berwarna hitam dan akan diturunkan hingga mencapai proses akhir (*conveyor 1*). Y17A sampai Y18A merupakan material berwarna biru dan akan diturunkan pada setengah jalan dari *finger cylinder forward*.

3.2.1.1 Sekuen dan Grup Material Logam

Berdasarkan urutan kerja sistem yang telah dibuat maka dapat dibuat sekuen dan grup dari proses sistem material logam berwarna metal. (lihat **Gambar 3.8**)

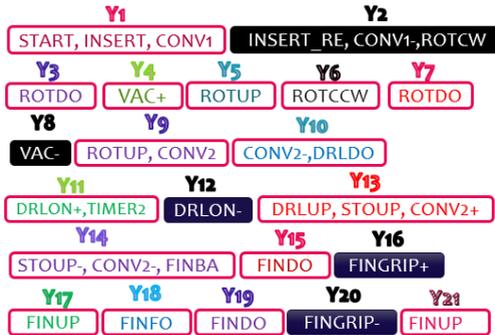


Gambar 3.8 Sekuen dan Grup Material Logam

Setelah dibuat sekuen dan grup pada material logam didapat relay yang dibutuhkan adalah Y1 sampai Y3. Proses ini merupakan proses pemisahan barang, dimana material logam berwarna metal akan dilakukan *Eject (separation)* dari *conveyor 1*.

3.2.1.2 Sekuen dan Grup Material Plastik Warna Hitam

Berdasarkan urutan kerja sistem yang telah dibuat maka dapat dibuat sekuen dan grup dari sistem material plastik berwarna hitam. (lihat **Gambar 3.9**)

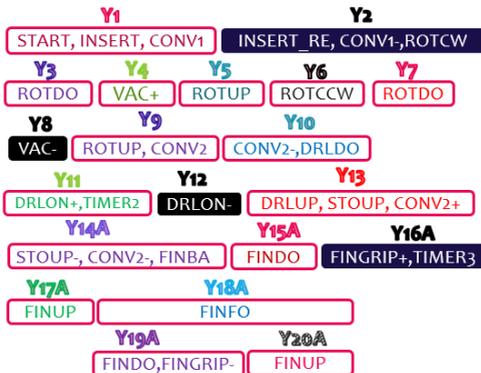


Gambar 3.9 Sekuen dan Grup Material Plastik Warna Hitam

Setelah dibuat sekuen dan grup pada material plastik berwarna hitam didapat relay yang dibutuhkan adalah Y1 sampai Y21.

3.2.1.3 Sekuen dan Grup Material Plastik Warna Biru

Berdasarkan urutan kerja sistem yang telah dibuat maka dapat dibuat sekuen dan grup dari sistem (lihat Gambar 3.10)



Gambar 3.10 Sekuen dan Grup Material Plastik Warna Biru

Setelah dibuat sekuen dan grup pada material plastik berwarna hitam didapat relay yang dibutuhkan adalah Y1 sampai Y13 dan Y14A sampai Y20A.

3.2.2 Relay Y1-Y2 (Proses *Separation*)

Pada relay Y1 sampai Y2 merupakan proses awal, dimana proses dilakukan *starting* mesin dengan menekan tombol *start* yang telah ditentukan sampai dengan terjadinya proses pembacaan sensor hingga mengaktifkan aktuator pneumatik *eject* sebagai *separation*.

3.2.2.1 Relay Y1

- Input 1: *START*
- Output dari Input 1: *INSERT* dan *CONV 1*

Relay yang pertama adalah relay Y1 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu tombol *start* dan dua buah output yaitu pneumatik *insert* dan *conveyor 1*, sehingga yang terjadi pada relay ini adalah ketika tombol *start* ditekan maka *insert* akan aktif dan mendorong material yang terdeteksi sensor *magazine* ke *conveyor 1*, lalu material akan dibawa sampai ke lokasi pendeteksian tiga sensor (sensor kapasitif, *photo sensor*, dan sensor *proximity*) dan selanjutnya akan berlanjut ke relay Y2 dan relay Y2 ini juga sebagai *reset* dari Y1. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan *STOP*.

3.2.2.2 Relay Y2

- Input 1: *CAPSEN*
- Output dari Input 1: *INSERT_RE*, *CONV1*
- Input 2: *PHOSEN*
- Output dari Input 2: *INSERT_RE*, *CONV1*
- Input 3: *PROSEN*
- Output dari Input 3: *INSERT_RE*, *CONV1*, *EJECT*, dan *TIMER1*
- Input 4: *PHOF1SEN*
- Output dari Input 4: *CONV1* (*MATI*), *ROTCW*

Pada relay Y2 terdapat tiga asumsi dengan penentuan asumsi dipengaruhi dari sensor yang aktif (kapasitif, *photo*, *proximity*). Asumsi pertama yaitu jika hanya sensor kapasitif yang aktif (material hitam), maka material akan diproses sampai akhir proses *ladder* dan *placement* berada pada *conveyor 1*, untuk asumsi kedua jika sensor kapasitif dan *photo* yang aktif (material biru), karena material hitam tidak mengaktifkan sensor *photo* maka pada asumsi kedua ini cukup didaftarkan sensor *photo* saja terhadap logika *ladder*. Asumsi kedua

proses yang berlangsung hampir sama dengan proses yang terjadi pada asumsi pertama, hanya saja yang membedakan adalah proses terakhir yaitu *placement* material yang berbeda. Untuk material biru akan dijatuhkan ditengah proses *finger cylinder forward* yaitu ditengah lokasi antara *conveyor 1* dan *conveyor 2*. Sedangkan untuk asumsi ketiga yaitu ketiga sensor akan aktif namun karena baik material hitam dan material biru tidak mengaktifkan sensor proximity maka pada asumsi ketiga hanya perlu didaftarkan sensor proximity saja pada logika *ladder*. Asumsi ketiga yaitu jika sensor proximity aktif maka akan mengaktifkan pneumatik *eject* untuk membuang material logam dari *line conveyor1* dan *timer 1* untuk mengembalikan *eject (eject_re)*. Dalam relay Y2 material yang diloloskan pada proses *separation* (material plastik) maka di akhir *line conveyor 1* akan mengaktifkan *input* sensor *phof1sen* yang akan mematikan *conveyor 1* dan akan mengaktifkan *rotary cylinder* bergerak *clock wise*. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.3 Relay Y3A

Relay Y3A adalah proses pengembalin pneumatik *eject* atau pengaktifan *eject_re*

- Input 1: *TIMER1*
- Output dari Input 1: *EJECT_RE*

Timer 1 dibuat *timer of delay* sehingga *eject_re* akan aktif apabila *timer 1* selesai melakukan penghitungan. Logika relay Y3A dibuat dengan *ladder* awal dibuat dengan adanya sensor *megsen* sebagai NO sehingga jika pada *magazine* sudah tidak ada material maka pneumatik *eject* tidak akan *return* terhadap *timer1*. Sehingga syarat yang diperlukan untuk proses melakukan *looping* aktifnya Y1 lagi yaitu dengan adanya mataerial di *magazine*. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.4 Relay Y3-Y13 (Drilling Process)

Pada relay Y3 sampai Y13 merupakan proses *drilling*, dimana pada proses ini hanya memproses material berbahan plastik saja karena material yang berbahan metal telah dikeluarkan dari *line conveyor 1* pada

modul conveyor & separation. Dua material ini nantinya akan dilanjutkan pada modul *finger cylinder* dimana penempatan material dijatuhkan bergantung dari warna material. Relay Y8 dan Y12 sengaja dilewati karena merupakan *single-path sequencing systems with sustained outputs*.

3.2.4.1 Relay Y3

- Input 1: *S_ROT CW*
- Output dari Input 1: *ROTDO*

Pada relay Y3 merupakan proses setelah *rotary cylinder* bergerak *clock wise*, sehingga mengaktifkan *switching S_ROT CW* untuk mengaktifkan *ROTDO* dan *rotary cylinder* bergerak turun. Selanjutnya akan berlanjut ke relay Y4 dan relay Y4 ini juga sebagai *reset* dari relay Y3. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.4.2 Relay Y4

- Input 1: *S_ROTDO*
- Output dari Input 1: *VAC*

Pada relay Y4 merupakan proses setelah *rotary cylinder* bergerak turun, sehingga mengaktifkan *switching S_ROTDO* untuk mengaktifkan dan melakukan *self-holding* terhadap *VAC (vacuum)*. Selanjutnya akan berlanjut ke relay Y5 dan relay Y5 ini juga sebagai *reset* dari Y4. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.4.3 Relay Y5

- Input 1: *VAC*
- Output dari Input 1: *ROTUP*, dan *VAC*

Pada relay Y5 yaitu proses *rotary cylinder* naik keatas dengan membawa material dengan cara tetap dihisap oleh *vacuum pad*. Selanjutnya akan berlanjut ke relay Y5 dan relay Y5 ini juga sebagai *reset* dari Y6. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.4.4 Relay Y6

- Input 1: *S_ROTUP*
- Output dari Input 1: *ROTCCW*, dan *VAC*

Pada relay Y6 dengan aktifnya *ROTUP* maka akan mengaktifkan *switching S_ROTUP* dan *rotary cylinder* bergerak *counter clock wise* dengan mengaktifkan *ROTCCW* pada proses ini material tetap dibawa dengan cara dihisap oleh *vacuum pad*. Selanjutnya akan berlanjut ke relay Y6 dan relay Y6 ini juga sebagai *reset* dari Y7. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.4.5 Relay Y7

- Input 1: *S_ROTCCW*
- Output dari Input 1: *ROTDO*, dan *VAC*

Pada relay Y7 dengan aktifnya *ROTCCW* maka akan mengaktifkan *switching S_ROTCCW* dan *rotary cylinder* bergerak turun dengan mengaktifkan *ROTDO* pada proses ini material tetap dibawa dengan cara dihisap oleh *vacuum pad* sampai mengaktifkan *S_ROTDO* maka *vacuum pad* akan berhenti menghisap material sehingga material tepat diturunkan pada *conveyor 2*. setelah proses selesai maka akan mengaktifkan Y19 dan Y7 akan direset oleh Y9. Relay Y8 dilakukan *skipping* karena merupakan *single-path sequencing systems without sustained* sehingga jika relay Y7 direset oleh relay Y9 maka proses *vacuum* akan berhenti. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.4.6 Relay Y9

- Input 1: *S_ROTDO*
- Output dari Input 1: *ROTUP* dan *CONV2*

Pada relay Y9 dengan aktifnya *ROTDO* maka akan mengaktifkan *switching S_ROTDO* dan *vacuum pad* berhenti menghisap material sehingga material tepat berada pada *conveyor 2*. Setelah itu *rotary cylinder* akan naik seperti posisi semula dan *CONV2* akan aktif dan menjalankan *conveyor 2*. Selanjutnya akan berlanjut ke relay Y9 dan relay Y9 ini juga sebagai *reset* dari Y7. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.4.7 Relay Y10

- Input 1: *OPTSEN*

- Output dari Input 1: *CONV2* (MATI) dan *DRLDO*

Relay Y10 terdapat sebuah input yaitu *optical sensor* dan dua buah output yaitu *drill down* dan *conveyor 2* menjadi mati, sehingga yang terjadi pada relay ini adalah ketika *conveyor 2* membawa material sampai mendeteksi *optical sensor* maka *conveyor 2* akan berhenti dan *DRLDO* aktif yang membuat *drilling* akan bergerak turun. Selanjutnya akan berlanjut ke relay Y11 dan relay Y11 ini juga sebagai *reset* dari Y10. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.4.8 Relay Y11

- Input 1: *S_DRLDO*
- Output dari Input 1: *DRLON* dan *TIMER 2*

Relay yang kesebelas adalah relay Y11 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu *switching S_DRLDO* dan dua buah output yaitu *DRLON* dan *TIMER 2*, sehingga yang terjadi pada relay ini adalah ketika *drill* turun maka akan mengaktifkan *switching S_DRLDO* kemudian akan mengaktifkan *DRLON* dan *TIMER 2*. *Drill* akan berputar berdasarkan waktu yang ditentukan pada *TIMER 2* (*5 secon*), setelah proses hitungan selesai maka akan mengaktifkan Y13 dan Y11 akan direset oleh Y13. Relay Y12 dilakukan *skipping* karena merupakan *single-path sequencing systems without sustained* sehingga jika relay Y11 direset oleh relay Y13 maka proses *drill* akan berhenti. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.4.9 Relay Y13

- Input 1: *TIMER2*
- Output dari Input 1: *DRLUP*, *STOPUP*, dan *CONV2*

Relay yang ketigabelas adalah relay Y13 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu *TIMER2* dan tiga buah output yaitu *DRLUP*, *STOUP* dan *CONV2*, sehingga yang terjadi pada relay ini adalah ketika *TIMER2* selesai menghitung maka *stopper* dan *driller* akan naik dengan mengaktifkan *STOUP* dan *DRLUP* kemudian *conveyor 2* berjalan dengan mengaktifkan *CONV2*. Selanjutnya akan berlanjut ke relay Y14 dan relay Y14 ini juga sebagai *reset* dari Y13. Diakhir rangkaian terdapat sistem

emergency untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.5 Relay Y14A-Y20A

Pada relay Y14A sampai Y20A merupakan proses *placement* yang ada pada modul *finger cylinder*, dimana proses ini hanya material yang berwarna biru saja yang penempatan berbeda dari proses *placement* dari material berwarna hitam. Material yang berwarna biru ini akan di jatuhkan ditengah proses *finger cylinder forward* sehingga akan jatuh ditengah antara *conveyor 1* dan *conveyor 2*

3.2.5.1 Relay Y14A

- Input 1: S_ *STOUP*, PHOF2SEN dan SEN2
- Output dari Input 1: *STOUP (DOWN)*, *CONV2 (MATI)*, *FINBA*

Relay yang keempatbelas (A) adalah relay Y14A dimana pada relay ini terdapat tiga buah input yaitu *switching S_ *STOUP**, sensor diakhir *line conveyor 2* yaitu *PHOF2SEN* dan dua sensor aktif pada modul *separation* yaitu sensor kapasitif dan sensor *phosen* yang akan mengaktifkan SEN2. Pada relay ini input awal dibuat berbeda dengan input pada relay Y14 untuk membedakan dua material yang diloloskan. Kemudian ada tiga buah output namun dua output merupakan *single-path sequencing systems without sustained* sehingga output aktuator untuk kedua sistem ini dihilangkan untuk mengembalikan pada keadaan semula yaitu *STOUP* dan *CONV2*, dan *output* yang terakhir yaitu mengaktifkan *FINBA* untuk menggerakkan *finger cylinder* ke arah *back* untuk mengarahkan *finger cylinder* ke arah material. Selanjutnya akan berlanjut ke relay Y15A dan relay Y15A ini juga sebagai *reset* dari Y14A. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.5.2 Relay Y15A

- Input 1: S_ *FINBA*
- Output dari Input 1: *FINDO*

Relay yang kelimabelas (A) adalah relay Y15A dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu *switching S_ *FINBA** dan satu buah output yaitu *FINDO*, sehingga yang terjadi pada relay ini adalah *switching S_ *FINBA** aktif saat *finger cylinder* berada pada posisi diatas *conveyor 2*

dimana akan mengaktifkan *FINDO* yaitu *finger cylinder* akan turun mengarah pada material yang terdeteksi sensor *PHOF2SEN*. Selanjutnya akan berlanjut ke relay Y16A dan relay Y16A ini juga sebagai *reset* dari Y15A. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.5.3 Relay Y16A

- Input 1: *S_FINDO*
- Output dari Input 1: *FINGRIP* dan *TIMER3*

Relay yang keenambelas (A) adalah relay Y16A dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu *switching S_FINDO* dan satu buah output yaitu *FINGRIP*, sehingga yang terjadi pada relay ini adalah *switching S_FINDO* aktif maka *finger cylinder* akan mencengkram material. Namun setelah *FINGRIP* aktif maka akan mengaktifkan *TIMER3* dengan syarat *SENI* tidak aktif. *TIMER3* ini nantinya akan mengaktifkan Y19A sehingga *finger cylinder* akan turun saat ditengah waktu *FINFO*. Selanjutnya akan berlanjut ke relay Y17A dan relay Y17A ini juga sebagai *reset* dari Y16A. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.5.4 Relay Y17A

- Input 1: *S_FINGRIP*
- Output dari Input 1: *FINGRIP*, dan *FINUP*

Relay yang ketujuhbelas (A) adalah relay Y17A dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu *S_FINGRIP* dan tiga buah output yaitu *FINGRIP*, dan *FINUP*. Sehingga yang terjadi pada relay ini adalah ketika *switching S_FINGRIP* aktif maka *FINGRIP* akan tetap mencengkram material kemudian *finger cylinder* akan naik dengan membawa material dengan mengaktifkan *FINUP*. Selanjutnya akan berlanjut ke relay Y18A dan relay Y18A ini juga sebagai *reset* dari Y17A. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.5.5 Relay Y18A

- Input 1: *S_FINUP*
- Output dari Input 1: *FINFO*, dan *FINGRIP*

Relay yang kedelapanbelas (A) adalah relay Y18A dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu *switching S_FINUP* dan dua buah output yaitu *FINFO* dan *FINGRIP*, sehingga yang terjadi pada relay ini adalah ketika *switching S_FINUP* aktif maka *FINFO* akan aktif dan material dibawa ke arah *conveyor 1* namun pada saat material berjalan *FINFO* waktu hitungan pada *TIMER3* selesai menghitung dan mengaktifkan Y19A sehingga Y18A dan Y19A aktif bersamaan sehingga material dibawah diagonal dibawa kearah *forward* untuk menjatuhkan material tepat ditengah antara *conveyor 1* dan *conveyor 2*. Relay ini direset dengan terdeteksinya sensor *CAPSEN* karena semua material akan terdeteksi oleh sensor kapasitif. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.5.6 Relay Y19A

- Input 1: *TIMER3*
- Output dari Input 1: *FINGRIP*, dan *FINDO*

Relay yang kesembilanbelas (A) adalah relay Y19A dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu *TIMER3* dan dua buah output yaitu *FINGRIP* dan *FINDO*, sehingga yang terjadi pada relay ini adalah ketika *TIMER3* selesai melakukan hitungan maka *finger cylinder* akan mengaktifkan *FINDO* sehingga bergerak turun aktif bersamaan dengan *FINFO* sehingga material dibawa diagonal kebawah kearah *forward* untuk menjatuhkan material tepat ditengah antara *conveyor 1* dan *conveyor 2*. Relay ini direset dengan aktifnya Y20A. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.5.7 Relay Y20A

- Input 1: *S_FINDO*
- Output dari Input 1: *FINUP*

Relay yang duapuluh (A) adalah relay Y20A dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu *S_FINDO* dan satu buah output yaitu *FINUP*, sehingga yang terjadi pada relay ini adalah ketika *TIMER3* selesai melakukan hitungan dan menjatuhkan material maka *finger cylinder* akan bergerak keatas bersamaan dengan aktifnya *FINFO* sehingga bergerak diagonal keatas dan berhenti pada posisi semula. Relay ini direset dengan

aktifnya Y20A. Relay ini akan direset dengan terdeteksinya sensor CAPSEN. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.6 Relay Y14-Y21

Pada relay Y17 sampai Y21 merupakan proses *placement*, dimana proses ini yang akan diloloskan hanya material berwarna hitam. Pada proses ini material akan dibawa oleh *finger cylinder* ke arah *forward* sampai mendeteksi *switching S_FINFO* kemudian material akan diturunkan tepat di lokasi *conveyer 1*. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.6.1 Relay Y14

- Input 1: S_*STOUP*, PHOF2SEN dan SEN1
- Output dari Input 1: *STOUP (DOWN)*, *CONV2 (MATI)*, *FINBA*

Relay yang keempatbelas adalah relay Y14 dimana pada relay ini terdapat tiga buah input yaitu *switching S_STOUP*, sensor diakhir *line conveyer 2* yaitu *PHOF2SEN* dan sensor kapasitif yang akan mengaktifkan SEN1. Input dipasang seri agar hanya material yang telah melewati proses *drilling* saja yang akan dilanjutkan ke proses *placement*. Kemudian ada tiga buah output namun dua output merupakan *single-path sequencing systems without sustained* sehingga output aktuatur untuk kedua sistem ini dihilangkan untuk mengembalikan pada keadaan semula yaitu *STOUP* dan *CONV2*, dan *output* yang terakhir yaitu mengaktifkan *FINBA* untuk menggerakkan *finger cylinder* ke arah *back* untuk mengarahkan *finger cylinder* ke arah material. Selanjutnya akan berlanjut ke relay Y15 dan relay Y15 ini juga sebagai *reset* dari Y14. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.6.2 Relay Y15

- Input 1: S_*FINBA*
- Output dari Input 1: *FINDO*

Relay yang kelimabelas adalah relay Y15 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu *switching S_FINBA* dan satu buah output yaitu *FINDO*, sehingga yang terjadi pada relay ini adalah *switching S_FINBA*

aktif saat *finger cylinder* berada pada posisi diatas *conveyor 2* dimana akan mengaktifkan *FINDO* yaitu *finger cylinder* akan turun mengarah pada material yang terdeteksi sensor *PHOF2SEN*. Selanjutnya akan berlanjut ke relay Y16 dan relay Y16 ini juga sebagai *reset* dari Y15. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.6.3 Relay Y16

- Input 1: *S_FINDO*
- Output dari Input 1: *FINGRIP*

Relay yang keenambelas adalah relay Y16 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu *switching S_FINDO* dan satu buah output yaitu *FINGRIP*, sehingga yang terjadi pada relay ini adalah *switching S_FINDO* aktif maka *finger cylinder* akan mencengkram material. Selanjutnya akan berlanjut ke relay Y17 dan relay Y17 ini juga sebagai *reset* dari Y16. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.6.4 Relay Y17

- Input 1: *S_FINGRIP*
- Output dari Input 1: *FINGRIP*, dan *FINUP*

Relay yang ketujuhbelas adalah relay Y17 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu *switching S_FINGRIP* dan dua buah output yaitu *FINGRIP* dan *FINUP*, sehingga yang terjadi pada relay ini adalah ketika *switching S_FINGRIP* aktif maka *FINGRIP* akan tetap aktif kemudian *finger cylinder* bergerak keatas dengan mengaktifkan *FINUP*. Selanjutnya akan berlanjut ke relay Y18 dan relay Y18 ini juga sebagai *reset* dari Y16. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.6.5 Relay Y18

- Input 1: *S_FINUP*
- Output dari Input 1: *FINFO*, dan *FINGRIP*

Relay yang kedelapanbelas adalah relay Y18 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu *switching S_FINUP* dan dua buah output yaitu

FINGRIP dan *FINFO*, sehingga yang terjadi pada relay ini adalah ketika *switching S_FINGRIP* aktif maka *FINGRIP* akan tetap aktif kemudian *finger cylinder* bergerak *forward* dengan mengaktifkan *FINFO*. Selanjutnya akan berlanjut ke relay Y19 dan relay Y19 ini juga sebagai *reset* dari Y18. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.6.6 Relay Y19

- Input 1: *S_FINFO*
- Output dari Input 1: *FINDO*, dan *FINGRIP*

Relay yang kesembilanbelas adalah relay Y19 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu *switching S_FINFO* dan dua buah output yaitu *FINGRIP* dan *FINDO*, sehingga yang terjadi pada relay ini adalah ketika *switching S_FINGRIP* aktif maka *FINGRIP* akan tetap aktif kemudian *finger cylinder* bergerak turun dengan mengaktifkan *FINDO*. selanjutnya akan berlanjut ke relay Y20 dan relay Y20 ini juga sebagai *reset* dari Y19. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.6.7 Relay Y20

- Input 1: *S_FINDO*
- Output dari Input 1: *FINGRIP (OPEN)*

Relay yang kedua puluh adalah relay Y20 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu *switching S_FINDO* dan satu buah output yaitu *FINGRIP (open)*, sehingga yang terjadi pada relay ini adalah ketika *switching S_FINDO* aktif maka *FINGRIP* membuka. Selanjutnya akan berlanjut ke relay Y21 dan relay Y21 ini juga sebagai *reset* dari Y20. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan STOP.

3.2.6.8 Relay Y21

- Input 1: *S_FINOP*
- Output dari Input 1: *FINUP*

Relay yang kedua puluh satu adalah relay Y21 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu *switching S_FINOP* dan satu buah output yaitu *FINUP*, sehingga yang terjadi pada relay ini adalah ketika *switching*

$S_FINGRIP$ open maka *finger cylinder* bergerak keatas dengan mengaktifkan $FINUP$. Relay ini direset dengan terdeteksinya sensor $CAPSEN$ karena semua material akan terdeteksi oleh sensor kapasitif. Diakhir rangkaian terdapat sistem *emergency* untuk mematikan semua mesin atau instrument yaitu dengan mengaktifkan $STOP$.

3.3 Persamaan Relay

Setelah dilakukan pembagian kelompok relay Y1 sampai relay Y21 maka langkah selanjutnya adalah mendapatkan persamaan dari tiap relay dan juga persamaan tiap anggota relay.

3.3.1 Relay Y1

- Input 1: $START$
- Output dari Input 1: $INSERT$ dan $CONV 1$

Dari persamaan relay dapat dilihat bahwa grup Y1 akan aktif apabila tombol $START$ ditekan serta *swithing* S_FINDO dan *switching* S_FINFO aktif bersamaan (*looping system*). Grup Y1 aktif dengan syarat ada barang yang terdeteksi sensor $MEGSEN$ serta grup Y1 dilakukan *self-holding*. Grup ini akan direset apabila grup Y2 aktif atau tombol $STOP$ ditekan.

Sekuen dan Grup				
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 50%;">Y1</td> <td style="text-align: center; width: 50%;">Y2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px;">$START, INSERT, CONV1$</td> <td style="text-align: center; background-color: black; color: white; padding: 2px;">$INSERT_RE, CONV1, ROTCW$</td> </tr> </table>	Y1	Y2	$START, INSERT, CONV1$	$INSERT_RE, CONV1, ROTCW$
Y1	Y2			
$START, INSERT, CONV1$	$INSERT_RE, CONV1, ROTCW$			
Relay Y1				
$Y_1 = (((START + FINFO * S_FINOP + S_FINDO * S_FINFO) * MEGSEN) + Y_1) \overline{Y_2} * \overline{STOP}$				
Output Y1				
$INSERT = Y_1 * \overline{STOP}$ $CONV1 = Y_1 * INSERT * \overline{PHOFISEN} * \overline{STOP}$				

Dengan aktifnya grup Y1 maka akan mengaktifkan aktuatur $INSERT$ dan grup Y1 dan $INSERT$ akan mengaktifkan $CONV1$. *Conveyor 1* akan direset ketika sensor $PHOFISEN$ aktif atau tombol $STOP$ ditekan.

3.3.2 Relay Y2

- Input 1: $CAPSEN$
- Output dari Input 1: $INSERT_RE, CONV1$
- Input 2: $PHOSEN$
- Output dari Input 2: $INSERT_RE, CONV1$

- Input 3: PROSEN
- Output dari Input 3: *INSERT_RE*, *CONVI*, *EJECT*, dan *TIMER1*
- Input 4: PHOF1SEN
- Output dari Input 4: *CONVI* (MATI), *ROTCW*

Grup Y2 aktif ketika grup Y1 dan sensor *CAPSEN* aktif, serta grup Y2 dipasang *self-holding* agar tetap aktif sampai grup akan direset ketika grup Y3 atau Y3A aktif serta ketika aktuatur *EJECT_RE* aktif atau tombol *STOP* ditekan.

Sekuen dan Grup

Y1	Y2	Y3	Y3A
START, INSERT, CONVI	INSERT_RE, CONVI, ROTCW	ROTCW	EJECT_RE

Relay Y2

$$Y_2 = (Y_1 * CAPSEN + Y_2) \bar{Y}_3 * \bar{Y}_3A * \overline{EJECT_RE} * \overline{STOP}$$

Output Y2

$$INSERT_RE = Y_2 * \overline{STOP}$$

$$CONVI = Y_2 * INSERT_RE * \overline{PHOF1SEN} * \overline{STOP}$$

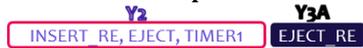
Grup Y2 akan mengaktifkan dua aktuatur yaitu *INSERT_RE* dan *CONVI*. *CONVI* aktif setelah *INSERT_RE* aktif. *Conveyor 1* akan direset ketika material mengaktifkan sensor *PHOF1SEN* atau kedua aktuatur direset ketika tombol *STOP* ditekan.

3.3.3 Relay Y3A

- Input 1: *TIMER1*
- Output dari Input 1: *EJECT_RE*

Grup Y3A adalah proses pengembalin pneumatik *eject* atau pengaktifan *eject_re*. grup ini aktif dengan syarat masih ada barang yang terdeteksi oleh sensor *MEGSEN* dan *TIMER1* selesai melakukan hitungan. Grup Y3A didesain *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset apabila aktuatur pneumatik aktif *EJECT_RE* atau dapat dengan menekan tombol *STOP*.

Sekuen dan Grup



Relay Y3A

$$Y_{3A} = (MEGSEN * TIMER1 + Y_{3A})EJECT_RE * \overline{STOP}$$

Output Y3A

$$EJECT = SEN3 * INSERT_RE * \overline{STOP}$$

$$EJECT_RE = Y_{3A} * \overline{STOP}$$

Grup ini adalah proses *separation* dimana akan mengaktifkan dua aktuator yaitu *EJECT* dan *EJECT_RE* yang akan membuang barang dari *line conveyor 1*. *EJECT* aktif apabila *SEN3* dan *INSERT_RE* aktif dan kedua aktuator *EJECT* dan *EJECT_RE* dapat direset dengan menekan tombol *STOP*.

3.3.4 Relay Y3

- Input 1: *S_ROT CW*
- Output dari Input 1: *ROTDO*

Grup Y3 aktif setelah grup Y2 dan *switching S_ROT CW* aktif. Grup Y3 dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y4 aktif atau tombol *STOP* ditekan.

Sekuen dan Grup



Relay Y3

$$Y_3 = (Y_2 * S_ROT CW + Y_3)Y_4 * \overline{STOP}$$

Output Y3

$$ROTDO = Y_3 * \overline{STOP}$$

Grup ini akan mengaktifkan satu aktuator yaitu *ROTDO* dan akan direset dengan tombol *STOP*.

3.3.5 Relay Y4

- Input 1: *S_ROTDO*
- Output dari Input 1: *VAC*

Grup Y4 aktif setelah grup Y3 dan *switching* S_{ROTDO} aktif. Grup Y4 dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y5 aktif atau tombol $STOP$ ditekan.

Sekuen dan Grup

Y3
Y4
Y5

ROTD0
VAC+
ROTUP

Relay Y4

$$Y_4 = (Y_3 * S_{ROTDO} + Y_4) \bar{Y}_5 * \overline{STOP}$$

Output Y4

$$VAC = Y_4 * \overline{STOP}$$

Grup ini akan mengaktifkan satu aktuator yaitu VAC dan akan direset dengan tombol $STOP$.

3.3.6 Relay Y5

- Input 1: VAC
- Output dari Input 1: $ROTUP$, dan VAC

Grup Y5 aktif setelah grup Y4 dan VAC aktif. Grup Y5 dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y6 aktif atau tombol $STOP$ ditekan.

Sekuen dan Grup

Y4
Y5
Y6

VAC+
ROTUP
ROTCCW

Relay Y5

$$Y_5 = (Y_4 * VAC + Y_5) \bar{Y}_6 * \overline{STOP}$$

Output Y5

$$VAC = Y_5 * \overline{STOP}$$

$$ROTUP = Y_5 * \overline{STOP}$$

Aktuator Vac akan tetap aktif dalam grup ini sehingga material akan tetap ter-*vacuum*. Dengan aktifnya grup Y5 juga mengaktifkan aktuator $ROTUP$ sehingga membawa material untuk naik dan untuk mereset aktuator $ROTUP$ yaitu dengan menekan tombol $STOP$.

3.3.7 Relay Y6

- Input 1: S_{ROTUP}

- Output dari Input 1: *ROTCCW*, dan *VAC*

Grup Y6 aktif setelah grup Y5 dan *switching S_ROTUP* aktif. Grup Y6 dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y7 aktif atau tombol *STOP* ditekan.

Sekuen dan Grup

Y5 Y6 Y7
ROTUP ROTCCW ROTDO

Relay Y6

$$Y_6 = (Y_5 * S_ROTUP + Y_6)\bar{Y}_7 * \overline{STOP}$$

Output Y6

$$VAC = Y_6 * \overline{STOP}$$

$$ROTCCW = Y_6 * \overline{STOP}$$

Aktuator *Vac* akan tetap aktif dalam grup ini sehingga material akan tetap ter-*vacuum*. Dengan aktifnya grup Y6 juga mengaktifkan aktuator *ROTCCW* sehingga membawa material untuk berotasi *counter clockwise* dan untuk mereset aktuator *ROTCCW* yaitu dengan menekan tombol *STOP*.

3.3.8 Relay Y7

- Input 1: *S_ROTCCW*
- Output dari Input 1: *ROTDO*, dan *VAC*

Grup Y7 aktif setelah grup Y6 dan *switching S_ROTCCW* aktif. Grup Y7 dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y9 aktif atau tombol *STOP* ditekan. Y8 dihilangkan karena *vacuum* merupakan *single path sequencing system with sustained output*.

Sekuen dan Grup

Y6 Y7 Y8 Y9
ROTCCW ROTDO VAC ROTUP, CONV2

Relay Y7

$$Y_7 = (Y_6 * S_ROTCCW + Y_7)\bar{Y}_9 * \overline{STOP}$$

Output Y7

$$VAC = Y_7 * \overline{STOP}$$

$$ROTDO = Y_7 * \overline{STOP}$$

Aktuator *Vac* akan tetap aktif dalam grup ini sehingga material akan tetap ter-*vacuum*. Dengan aktifnya grup Y7 juga mengaktifkan aktuator *ROTDO* sehingga membawa material untuk turun dan untuk mereset aktuator *ROTDO* yaitu dengan menekan tombol *STOP*.

3.3.9 Relay Y9

- Input 1: *S_ROTDO*
- Output dari Input 1: *ROTUP* dan *CONV2*

Grup Y9 aktif setelah grup Y7 dan *switching S_ROTDO* aktif. Grup Y9 dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y10 aktif atau tombol *STOP* ditekan.

Sekuen dan Grup

Y7	Y9	Y10
ROTDO	ROTUP, CONV2	CONV2-,DRLDO

Relay Y9

$$Y_9 = (Y_7 * S_ROTDO + Y_9)\overline{Y_{10}} * \overline{STOP}$$

Output Y9

$$ROTUP = Y_9 * \overline{STOP}$$

$$CONV2 = (Y_9 * ROTUP * \overline{OPTSEN})\overline{STOP}$$

Dengan aktifnya grup Y9 maka akan mengaktifkan dua aktuator, yaitu aktuator *ROTUP* dan *CONV2*. Namun *CONV2* aktif dengan syarat *ROTUP* harus aktif lebih dulu dan material masih belum mencapai sensor *OPTSEN*. Kedua aktuator akan direset dengan menekan tombol *STOP*.

3.3.10 Relay Y10

- Input 1: *OPTSEN*
- Output dari Input 1: *CONV2* (MATI) dan *DRLDO*

Grup Y10 aktif setelah grup Y9, *OPTSEN*, dan *CONV2* aktif. Grup Y10 dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y11 aktif atau tombol *STOP* ditekan.

Sekuen dan Grup



Relay Y10

$$Y_{10} = (Y_9 * OPTSEN * CONV2 + Y_{10}) \overline{Y_{11}} * \overline{STOP}$$

Output Y10

$$DRLDO = Y_{10} * \overline{CONV2} * \overline{STOP}$$

Grup Y10 akan mengaktifkan satu aktuatur yaitu *DRLDO* dan akan direset dengan *CONV2* aktif atau tombol *STOP* ditekan.

3.3.11 Relay Y11

- Input 1: *S_DRLDO*
- Output dari Input 1: *DRLON* dan *TIMER 2*

Grup Y11 aktif setelah grup Y10 dan *switching S_DRLDO* aktif. Grup Y11 dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y13 aktif atau tombol *STOP* ditekan. Y12 dihilangkan karena *drilling on* merupakan *single path sequencing system with sustained output*.

Sekuen dan Grup



Relay Y11

$$Y_{11} = (Y_{10} * S_DRLDO + Y_{11}) \overline{Y_{13}} * \overline{STOP}$$

Output Y11

$$DRLON = Y_{11} * \overline{STOP}$$

$$TIMER2 = (Y_{11} * DRLON + TIMER2) \overline{STOUP} * \overline{STOP}$$

Grup Y11 akan mengaktifkan satu aktuatur dan satu *timer* yaitu aktuatur *DRLON* dan *TIMER2*. *TIMER2* aktif dengan syarat grup Y11 dan *DRLON* aktif kemudian akan *TIMER2* akan direset ketika *STOUP* aktif. Kedua output ini juga dapat direset dengan tombol *STOP*.

3.3.12 Relay Y13

- Input 1: *TIMER2*
- Output dari Input 1: *DRLUP*, *STOPUP*, dan *CONV2*

Grup Y13 aktif setelah grup Y11 dan *TIMER2* aktif. Grup Y13 dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y14 atau Y14A aktif selain itu tombol *STOP* juga dapat melakukan reset sebagai tombol *emergency*.

Sekuen dan Grup

Y11 Y13 Y14 Y14A

DRLON+,TIMER2 DRLUP, STOUP, CONV2+ STOUP, CONV2-, FINBA STOUP, CONV2, FINBA

Relay Y13

$$Y_{13} = (Y_{11} * TIMER2 + Y_{13})\overline{Y_{14}} * \overline{Y_{14}A} * \overline{STOP}$$

Output Y13

$$CONV2 = (Y_{13} * STOUP)\overline{STOP}$$

$$DRLUP = Y_{13} * \overline{STOP}$$

$$STOUP = Y_{13} * \overline{STOP}$$

Grup Y13 akan mengaktifkan tiga aktuator yaitu *CONV2*, *DRLUP*, dan *STOUP*. Untuk *CONV2* aktif dengan syarat *STOUP* telah aktif dan ketiga output akan direset dengan tombol *STOP*.

3.3.13 Relay Y14

- Input 1: *S_STOPUP*, *PHOF2SEN*, dan *SENI*
- Output dari Input 1: *STOPUP* (DOWN), *CONV2* (MATI), *FINBA*

Grup Y14 aktif setelah grup Y13 dan *switching S_STOUP*, sensor *PHOF2SEN* dan *SENI* aktif. Grup Y14 dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y15 aktif atau tombol *STOP* ditekan.

Sekuen dan Grup

Y13 Y14 Y15

DRLUP, STOUP, CONV2+ STOUP, CONV2-, FINBA FINDO

Relay Y14

$$Y_{14} = (Y_{13} * S_STOUP * PHOF2SEN * SEN1 + Y_{14})\overline{Y_{15}} * \overline{STOP}$$

Output Y14

$$STOUP = (Y_{14} * \overline{CONV2}) \overline{STOP}$$

$$FINBA = (Y_{14} * STOUP) \overline{STOP}$$

Grup Y14 akan mengaktifkan satu aktuator dan memberhentikan satu output. yaitu aktuator *FINBA* dengan syarat akan aktif apabila

STOUP aktif dan untuk output yang diberhentikan adalah *STOUP*, jadi ketika *conveyor 2* berhenti maka akan membuat *CONV2* menjadi NO dan memutus aliran dari grup Y14 sehingga *STOUP* akan turun. Kedua output ini akan direset dengan menekan tombol *STOP*.

3.3.14 Relay Y14A

- Input 1: *S_STOPUP*, *PHOF2SEN*, dan *SEN2*
- Output dari Input 1: *STOPUP (DOWN)*, *CONV2 (MATI)*, *FINBA*

Grup Y14A aktif setelah grup Y13 dan *switching S_STOPUP*, sensor *PHOF2SEN*, serta *SEN2* aktif. Grup Y14A dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y15A aktif atau tombol *STOP* ditekan.

Sekuen dan Grup

Y14A
Y15A

STOUP, CONV2, FINBA
FINDO

Relay Y14A

$$Y_{14A} = (PHOF2SEN * S_STOPUP * SEN2 + Y_{14A}) \overline{Y_{15A}} * \overline{STOP}$$

Output Y14A

$$STOUP = (Y_{14A} * \overline{CONV2}) \overline{STOP}$$

$$FINBA = (Y_{14A} * STOUP) \overline{STOP}$$

Grup Y14A akan mengaktifkan satu aktuator dan memberhentikan satu output. yaitu aktuator *FINBA* dengan syarat akan aktif apabila *STOUP* aktif dan untuk output yang diberhentikan adalah *STOUP*, jadi ketika *conveyor 2* berhenti maka akan membuat *CONV2* menjadi NO dan memutus aliran dari grup Y14A sehingga *STOUP* akan turun. Kedua output ini akan direset dengan menekan tombol *STOP*.

3.3.15 Relay Y15

- Input 1: *S_FINBA*
 - Output dari Input 1: *FINDO*
- Grup Y15 aktif setelah grup Y14 dan *switching S_FINBA* aktif.

Grup Y15 dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y16 aktif atau tombol *STOP* ditekan.

Sekuen dan Grup



Relay Y15

$$Y_{15} = (Y_{14} * S_{FINBA} + Y_{15})\overline{Y_{16}} * \overline{STOP}$$

Output Y15

$$FINDO = Y_{15} * \overline{STOP}$$

Grup Y15 akan mengaktifkan satu aktuator yaitu *FINDO* dan akan direset dengan tombol *STOP*.

3.3.16 Relay Y15A

- Input 1: *S_FINBA*
- Output dari Input 1: *FINDO*

Grup Y15A aktif setelah grup Y14A dan *switching S_FINBA* aktif. Grup Y15A dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y16A aktif atau tombol *STOP* ditekan.

Sekuen dan Grup



Relay Y15A

$$Y_{15A} = (Y_{14A} * S_{FINBA} + Y_{15A})\overline{Y_{16A}} * \overline{STOP}$$

Output Y15A

$$FINDO = Y_{15A} * \overline{STOP}$$

Grup Y15A akan mengaktifkan satu aktuator yaitu *FINDO* dan akan direset dengan tombol *STOP*.

3.3.17 Relay Y16

- Input 1: *S_FINDO*
- Output dari Input 1: *FINGRIP*

Grup Y16 aktif setelah grup Y15 dan *switching S_FINDO* aktif. Grup Y16 dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y17 aktif atau tombol *STOP* ditekan.

Sekuen dan Grup



Relay Y16

$$Y_{16} = (Y_{15} * S_FINDO + Y_{16})\overline{Y_{17}} * \overline{STOP}$$

Output Y16

$$FINGRIP = Y_{16} * \overline{STOP}$$

$$TIMER3 = (FINGRIP * \overline{SEN1} + TIMER3)\overline{CAPSEN} * \overline{STOP}$$

Grup Y16 akan mengaktifkan satu aktuator yaitu *FINGRIP* dan akan direset dengan tombol *STOP*. *TIMER3* tidak aktif karena *SEN1* aktif sehingga membuat *SEN1* menjadi *normaly open*.

3.3.18 Relay Y16A

- Input 1: *S_FINDO*
- Output dari Input 1: *FINGRIP* dan *TIMER3*

Grup Y16A aktif setelah grup Y15A dan *switching S_FINDO* aktif. Grup Y16A dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y17A aktif atau tombol *STOP* ditekan.

Sekuen dan Grup



Relay Y16A

$$Y_{16A} = (Y_{15A} * S_FINDO + Y_{16A})\overline{Y_{17A}} * \overline{STOP}$$

Output Y16A

$$FINGRIP = Y_{16A} * \overline{STOP}$$

$$TIMER3 = (FINGRIP * \overline{SEN1} + TIMER3)\overline{CAPSEN} * \overline{STOP}$$

Grup Y16A akan mengaktifkan satu aktuator yaitu *FINGRIP* dan *FINGRIP* akan mengaktifkan *TIMER3* dan tombol *STOP* digunakan untuk mereset.

3.3.19 Relay Y17

- Input 1: *S_FINGRIP*
- Output dari Input 1: *FINGRIP*, dan *FINUP*

Grup Y17 aktif setelah grup Y16 dan *switching S_FINGRIP* aktif. Grup Y17 dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y18 aktif atau tombol *STOP* ditekan.

Sekuen dan Grup

Y16

Y17

Y18

FINGRIP+

FINUP

FINFO

Relay Y17

$$Y_{17} = (Y_{16} * S_FINGRIP + Y_{17})\overline{Y_{18}} * \overline{STOP}$$

Output Y17

$$FINGRIP = Y_{17} * \overline{STOP}$$

$$FINUP = Y_{17} * \overline{STOP}$$

Grup Y17 tetap mengaktifkan *FINGRIP* sehingga *finger cylinder* tetap mengapit material selain itu pada grup ini akan mengaktifkan *FINUP*. Kedua output akan direset dengan tombol *STOP*.

3.3.20 Relay Y17A

- Input 1: *S_FINGRIP*
- Output dari Input 1: *FINGRIP* dan *FINUP*

Grup Y17A aktif setelah grup Y16 dan *switching S_FINGRIP* aktif. Grup Y17A dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y18A aktif atau tombol *STOP* ditekan.

Sekuen dan Grup

Y16A

Y17A

Y18A

FINGRIP+,TIMER3

FINUP

FINFO

Relay Y17A

$$Y_{17A} = (Y_{16A} * S_FINGRIP + Y_{17A})\overline{Y_{18A}} * \overline{STOP}$$

Output Y17A

$$FINGRIP = Y_{17A} * \overline{STOP}$$

$$FINUP = Y_{17A} * \overline{STOP}$$

Grup Y17A tetap mengaktifkan *FINGRIP* sehingga *finger cylinder* tetap mengapit material selain itu pada grup ini akan mengaktifkan *FINUP*. Kedua output akan direset dengan tombol *STOP*.

3.3.21 Relay Y18

- Input 1: *S_FINUP*
- Output dari Input 1: *FINFO*, dan *FINGRIP*

Grup Y18 aktif setelah grup Y17 dan *switching* S_FINUP aktif. Grup Y18 dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y19 aktif atau tombol *STOP* ditekan. Pada relay ini terdapat Y18A sebagai reset agar ketika grup Y18A yang aktif maka Y18 tidak dapat aktif bersamaan.

Sekuen dan Grup

Y17 Y18 Y19 Y18A
 FINUP FINFO FINDO FINFO

Relay Y18
 $Y_{18} = (Y_{17} * S_FINUP + Y_{18}) \overline{Y_{19}} * \overline{Y_{18A}} * \overline{STOP}$

Output Y18
 $FINGRIP = Y_{18} * \overline{STOP}$
 $FINFO = Y_{18} * \overline{STOP}$

Grup Y18 akan tetap mengaktifkan *FINGRIP*, dan juga mengaktifkan *FINFO*. Kedua output ini akan direset ketika tombol *STOP* ditekan.

3.3.22 Relay Y18A

- Input 1: S_FINUP
- Output dari Input 1: *FINFO* dan *FINGRIP*

Grup Y18A aktif setelah grup Y17A dan *switching* S_FINUP aktif. Grup Y18A dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup *CAPSEN* aktif atau tombol *STOP* ditekan.

Sekuen dan Grup

Y17A Y18A
 FINUP FINFO

Relay Y18A
 $Y_{18A} = (Y_{17A} * S_FINUP + Y_{18A}) \overline{CAPSEN} * \overline{STOP}$

Output Y18A
 $FINFO = Y_{18A} * \overline{STOP}$
 $FINGRIP = Y_{18A} * \overline{S_FINDO} * \overline{STOP}$

Grup Y18A akan mengaktifkan satu output yaitu *FINFO* selain itu output *FINGRIP* tetap aktif pada grup ini namun ketika *finger cylinder* melakukan gerakan turun dan mengaktifkan S_FINDO maka *FINGRIP*

akan membuka dan menjatuhkan material. Kedua output akan direset dengan tombol *STOP*.

3.3.23 Relay Y19

- Input 1: *S_FINFO*
- Output dari Input 1: *FINDO*, dan *FINGRIP*

Grup Y19 aktif setelah grup Y18 dan *switching S_FINFO* aktif. Grup Y19 dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y20 aktif atau tombol *STOP* ditekan.

Sekuen dan Grup

Y18 Y19 Y20

FINFO FINDO FINGRIP-

Relay Y19

$$Y_{19} = (Y_{18} * S_FINFO + Y_{19})\overline{Y_{20}} * \overline{STOP}$$

Output Y19

$$FINDO = Y_{19} * \overline{STOP}$$

$$FINGRIP = Y_{19} * \overline{STOP}$$

Grup Y19 akan mengaktifkan 2 output yaitu *FINDO*, dan *FINGRIP*. Kedua output ini akan direset ketika tombol *STOP* ditekan.

3.3.24 Relay Y19A

- Input 1: *TIMER3*
- Output dari Input 1: *FINDO*, dan *FINGRIP*

Grup Y19A aktif setelah *TIMER3* selesai melakukan hitungan dan menjadi aktif. Grup Y19A dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y20A aktif atau tombol *STOP* ditekan.

Sekuen dan Grup

Y16A Y19A Y20A

FINGRIP+,TIMER3 FINDO,FINGRIP- FINUP

Relay Y19A

$$Y_{19A} = (TIMER3 + Y_{19A})\overline{Y_{20A}} * \overline{STOP}$$

Output Y19A

$$FINDO = Y_{19A} * \overline{STOP}$$

$$FINGRIP = Y_{19A} * \overline{STOP}$$

Grup Y19A akan mengaktifkan 2 output yaitu *FINDO*, dan *FINGRIP*. Kedua output ini akan direset ketika tombol *STOP* ditekan.

3.3.25 Relay Y20

- Input 1: *S_FINDO*
- Output dari Input 1: *FINGRIP (OPEN)*

Grup Y20 aktif setelah grup Y19 dan *switching S_FINDO* aktif. Grup Y20 dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup Y21 aktif atau tombol *STOP* ditekan.

Sekuen dan Grup

Y19 Y20 Y21

FINDO

FINGRIP-

FINUP

Relay Y20

$$Y_{20} = (Y_{19} * S_FINDO + Y_{20})\overline{Y_{21}} * \overline{STOP}$$

Untuk grup Y20 tidak terhubung dengan output. Dengan tidak adanya output maka output *FINGRIP* yang sebelumnya aktif pada grup yang sebelumnya aktif pada grup Y19 maka pada grup ini *FINGRIP* mati sehingga melepaskan genggaman *finger cylinder* dari material yang dibawa.

3.3.26 Relay Y20A

- Input 1: *S_FINDO*
- Output dari Input 1: *FINUP*

Grup Y20A aktif setelah grup Y19A dan *switching S_FINDO* aktif. Grup Y20A dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika *CAPSEN* atau kapasitif sensor aktif. Tombol *STOP* ditekan akan mereset grup Y20A.

Sekuen dan Grup

Y19A Y20A

FINDO,FINGRIP-

FINUP

Relay Y20A

$$Y_{20A} = (Y_{19A} * S_FINDO + Y_{20A})\overline{CAPSEN} * \overline{STOP}$$

Output Y20A

$$FINUP = Y_{20A} * \overline{STOP}$$

Untuk grup Y20A akan mengaktifkan output *FINUP* dan akan direset apabila *STOP* aktif.

3.3.27 Relay Y21

- Input 1: *S_FINOP*
- Output dari Input 1: *FINUP*

Grup Y21 aktif setelah grup Y20 dan *switching S_FINOP* aktif. Grup Y21 dibuat dengan system *self-holding* agar selalu aktif dan akan direset ketika grup *CAPSEN* aktif atau tombol *STOP* ditekan.

Sekuen dan Grup

Y20 Y21
FINGRIP- FINUP

Relay Y21

$$Y_{21} = (Y_{20} * S_FINOP + Y_{21}) \overline{CAPSEN} * \overline{STOP}$$

Output Y21

$$FINUP = Y_{21} * \overline{STOP}$$

Grup Y21 akan mengaktifkan satu output yaitu *FINUP*. Dan *FINUP* akan direset ketika tombol *STOP* ditekan.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengujian dilakukan setelah pembuatan kelompok relay dan persamaan relay telah didapat dengan metode yang digunakan. Tujuan dari pengujian ini adalah agar dapat diketahui apakah *ladder diagram* yang dibuat berdasarkan persamaan yang didapat pada bab sebelumnya dapat membuat *plant* berjalan sesuai dengan yang diinginkan atau tidak. Pada bab ini akan dibahas tentang pembuatan *ladder diagram* dan analisa apakah *ladder diagram* dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

4.1 Pembuatan Ladder Diagram

Setelah kelompok dan persamaan relay berhasil didapatkan pada bab sebelumnya maka *ladder diagram* pada program PLC dapat dibuat berdasarkan persamaan tersebut. Penulis menggunakan *software GMWIN version 4.17* untuk pembuatan *ladder diagram*. Sebelum masuk ke pembuatan *ladder diagram* maka akan dibahas mengenai input dan output alamat PLC, output tambahan dan juga timer yang digunakan dalam *ladder diagram*.

4.1.1 Alamat I/O PLC

Yang pertama adalah input-output PLC dimana terdapat 22 input, 23 output, dan 30 memori yang berasal dari sensor, *push button* dan, aktuator yang terdapat pada *plant*. Berikut diberikan tabel yang berisi input, output, dan memori yang digunakan dalam pembuatan *ladder diagram* beserta alamatnya:

Tabel 4.1 Alamat I/O PLC

NO.	INPUT		OUTPUT		MEMORY	
	Keterangan	Alamat	Keterangan	Alamat	Keterangan	Alamat
1	S_ROTDO	%IX0.1.9	ROTDO	%QX0.3.9	TIMER3	%MX0
2	S_ROTUP	%IX0.1.8	ROTUP	%QX0.3.8	TIMER2	%MX1
3	S_ROT CW	%IX0.1.7	ROT CW	%QX0.3.7	Y17	%MX10
4	S_ROTCCW	%IX0.1.6	ROTCCW	%QX0.3.6	Y18	%MX11
5	PHOF2SEN	%IX0.1.5	CONV2	%QX0.3.4	Y19	%MX12
6	S_DRLDO	%IX0.1.4	DRLON	%QX0.3.3	Y2	%MX13

NO.	INPUT		OUTPUT		MEMORY	
	Keterangan	Alamat	Keterangan	Alamat	Keterangan	Alamat
7	OPTSEN	%IX0.1.2	DRLDO	%QX0.3.2	Y20	%MX14
8	STOP	%IX0.1.11	GREEN	%QX0.3.13	Y21	%MX15
9	S_STOUP	%IX0.1.0	YELLOW	%QX0.3.12	Y3	%MX16
10	CAPSEN	%IX0.0.9	RED	%QX0.3.11	Y4	%MX17
11	PROSEN	%IX0.0.8	VAC	%QX0.3.10	Y5	%MX18
12	PHOSEN	%IX0.0.7	DRLUP	%QX0.3.1	Y6	%MX19
13	MEGSEN	%IX0.0.6	STOUP	%QX0.3.0	Y1	%MX2
14	S_FINGRIP	%IX0.0.5	EJECT_RE	%QX0.2.9	Y7	%MX20
15	S_FINDO	%IX0.0.3	EJECT	%QX0.2.8	Y9	%MX22
16	S_FINUP	%IX0.0.2	INSERT_RE	%QX0.2.7	M	%MX23
17	START	%IX0.0.15	INSERT	%QX0.2.6	SEN1	%MX24
18	PHOF1SEN	%IX0.0.14	FINGRIP	%QX0.2.4	SEN2	%MX25
19	S_EJECT_RE	%IX0.0.13	FINDO	%QX0.2.3	SEN3	%MX26
20	S_EJECT	%IX0.0.12	FINUP	%QX0.2.2	TIMER1	%MX27
21	S_FINBA	%IX0.0.1	CONV1	%QX0.2.10	M1	%MX28
22	S_FINFO	%IX0.0.0	FINBA	%QX0.2.1	Y10	%MX3
23			FINFO	%QX0.2.0	Y3A	%MX30
24					Y17A	%MX31
25					Y18A	%MX32
26					Y11	%MX4
27					Y13	%MX6
28					Y14	%MX7
29					Y15	%MX8
30					Y16	%MX9

4.1.2 Ladder Diagram Relay

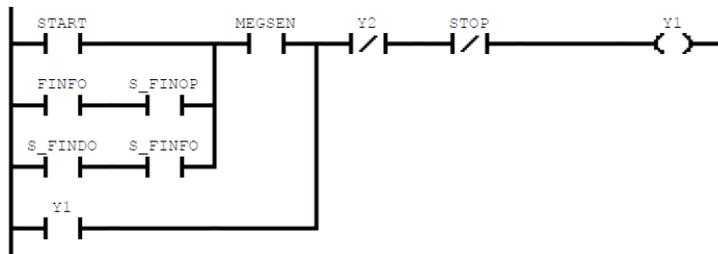
Pembuatan *Ladder diagram* akan dibagi dua agar lebih mudah dalam pemahamannya yaitu pertama akan ditampilkan urutan kelompok relay dari Y1 sampai Y21 dan kedua akan ditampilkan aktuatur yang digunakan

4.1.2.1 Ladder Diagram Kelompok Relay

Relay yang pertama adalah Y1 yang memiliki persamaan:

Sekuen dan Grup
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> Y1 START, INSERT, CONV1 </div> <div style="text-align: center;"> Y2 INSERT_RE, CONV1, ROTCW </div> </div>
Relay Y1 $Y_1 = (((START + FINFO * S_FINOP + S_FINDO * S_FINFO) * MEGSEN) + Y_1) \bar{Y}_2 * \bar{STOP}$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

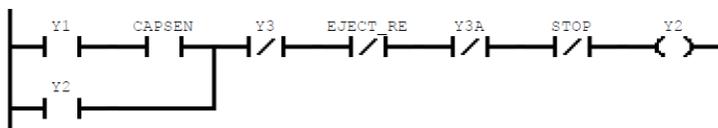


Gambar 4.1 Relay Y1

Relay yang kedua adalah Y2 yang memiliki persamaan:

Sekuen dan Grup
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> Y1 START, INSERT, CONV1 </div> <div style="text-align: center;"> Y2 INSERT_RE, CONV1, ROTCW </div> <div style="text-align: center;"> Y3 ROTD0 </div> <div style="text-align: center;"> Y3A EJECT_RE </div> </div>
Relay Y2 $Y_2 = (Y_1 * CAPSEN + Y_2) \bar{Y}_3 * \bar{Y}_3A * \bar{EJECT_RE} * \bar{STOP}$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.2 Relay Y2

Relay yang ketiga kedua adalah Y3A yang memiliki persamaan:

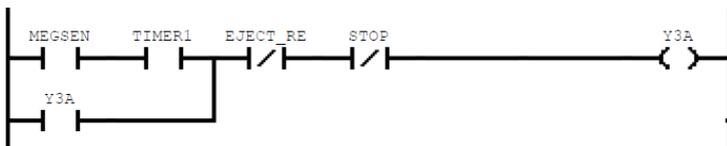
Sekuen dan Grup

Y2 INSERT_RE, EJECT, TIMER1 **Y3A** EJECT_RE

Relay Y3A

$$Y_{3A} = (MEGSEN * TIMER1 + Y_{3A}) \overline{EJECT_RE} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.3 Relay Y3A

Relay yang ketiga adalah Y3 yang memiliki persamaan:

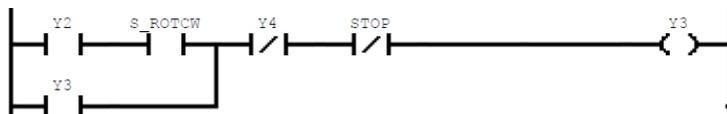
Sekuen dan Grup

Y2 INSERT_RE, CONV1, ROTCW **Y3** ROTDO **Y4** VAC+

Relay Y3

$$Y_3 = (Y_2 * S_ROTCW + Y_3) \overline{Y_4} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.4 Relay Y3

Relay yang keempat adalah Y4 yang memiliki persamaan:

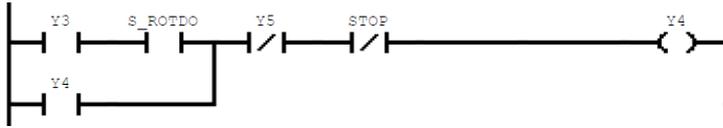
Sekuen dan Grup

Y3 ROTDO **Y4** VAC+ **Y5** ROTUP

Relay Y4

$$Y_4 = (Y_3 * S_ROTDO + Y_4) \overline{Y_5} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

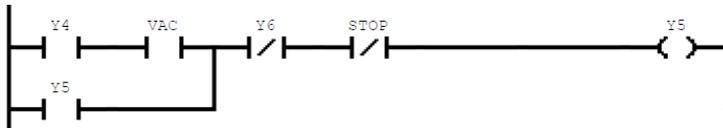


Gambar 4.5 Relay Y4

Relay yang kelima adalah Y5 yang memiliki persamaan:

Sekuen dan Grup
 Y_4 Y_5 Y_6
 VAC+ ROTUP ROTCCW
Relay Y5
 $Y_5 = (Y_4 * VAC + Y_5) \bar{Y}_6 * \overline{STOP}$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

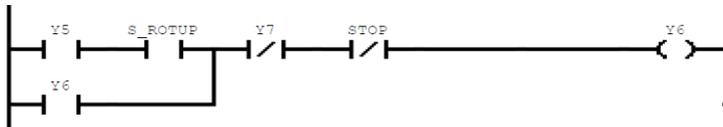


Gambar 4.6 Relay Y5

Relay yang keenam adalah Y6 yang memiliki persamaan:

Sekuen dan Grup
 Y_5 Y_6 Y_7
 ROTUP ROTCCW ROTDO
Relay Y6
 $Y_6 = (Y_5 * S_ROTUP + Y_6) \bar{Y}_7 * \overline{STOP}$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.7 Relay Y6

Relay yang ketujuh adalah Y7 yang memiliki persamaan:

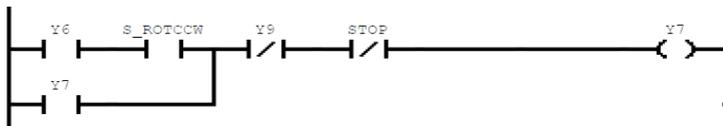
Sekuen dan Grup

Y6 ROTCCW Y7 ROTDO Y8 VAC Y9 ROTUP, CONV2

Relay Y7

$$Y_7 = (Y_6 * S_ROTCCW + Y_7) \bar{Y}_9 * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.8 Relay Y7

Relay yang kesembilan adalah Y9 yang memiliki persamaan:

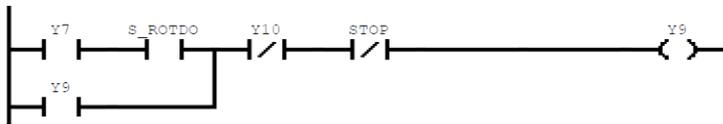
Sekuen dan Grup

Y7 ROTDO Y9 ROTUP, CONV2 Y10 CONV2, DRLDO

Relay Y9

$$Y_9 = (Y_7 * S_ROTDO + Y_9) \bar{Y}_{10} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.9 Relay Y9

Relay yang kesepuluh adalah Y10 yang memiliki persamaan:

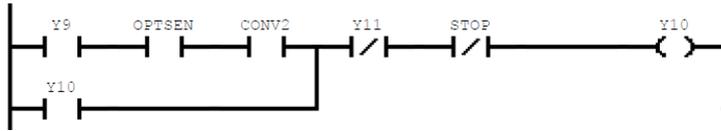
Sekuen dan Grup

Y9 ROTUP, CONV2 Y10 CONV2, DRLDO Y11 DRLON+, TIMER2

Relay Y10

$$Y_{10} = (Y_9 * OPTSEN * CONV2 + Y_{10}) \bar{Y}_{11} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.10 Relay Y10

Relay yang sebelas adalah Y11 yang memiliki persamaan:

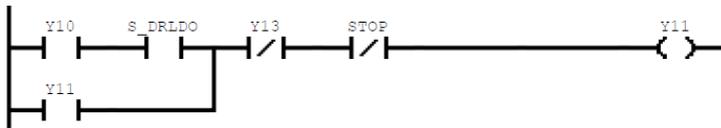
Sekuen dan Grup

Y10 CONV2, DRLDO Y11 DRLON+, TIMER2 Y12 DRLON- Y13 DRLUP, STOUP, CONV2+

Relay Y11

$$Y_{11} = (Y_{10} * S_DRLDO + Y_{11}) \overline{Y_{13}} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.11 Relay Y11

Relay yang ketigabelas adalah Y13 yang memiliki persamaan:

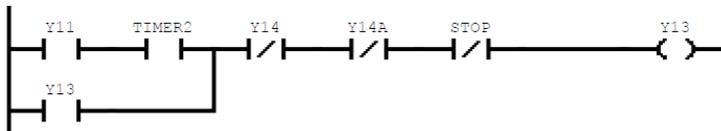
Sekuen dan Grup

Y11 DRLON+, TIMER2 Y13 DRLUP, STOUP, CONV2+ Y14 STOUP, CONV2-, FINBA Y14A STOUP-, CONV2-, FINBA

Relay Y13

$$Y_{13} = (Y_{11} * TIMER2 + Y_{13}) \overline{Y_{14}} * \overline{Y_{14A}} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.12 Relay Y13

Relay yang keempatbelas adalah Y14 yang memiliki persamaan:

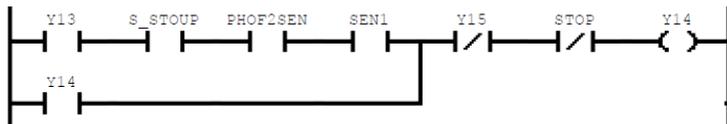
Sekuen dan Grup

Y13 (DRLUP, STOUP, CONV2+) **Y14** (STOUP, CONV2, FINBA) **Y15** (FINDO)

Relay Y14

$$Y_{14} = (Y_{13} * S_STOUP * PHOF2SEN * SEN1 + Y_{14})\overline{Y_{15}} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.13 Relay Y14

Relay yang keenambelas adalah Y14A yang memiliki persamaan:

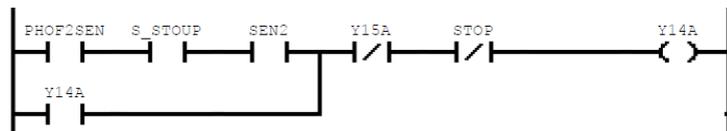
Sekuen dan Grup

Y14A (STOUP, CONV2, FINBA) **Y15A** (FINDO)

Relay Y14A

$$Y_{14A} = (PHOF2SEN * S_STOUP * SEN2 + Y_{14A})\overline{Y_{15A}} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.14 Relay Y14A

Relay yang kelimabelas adalah Y15 yang memiliki persamaan:

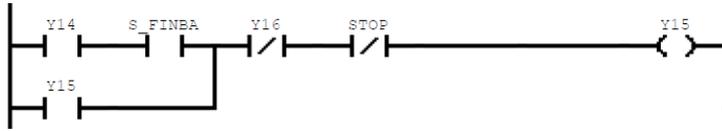
Sekuen dan Grup

Y14 (STOUP, CONV2, FINBA) **Y15** (FINDO) **Y16** (FINGRIP+)

Relay Y15

$$Y_{15} = (Y_{14} * S_FINBA + Y_{15})\overline{Y_{16}} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.15 Relay Y15

Relay yang keenambelas adalah Y15A yang memiliki persamaan:

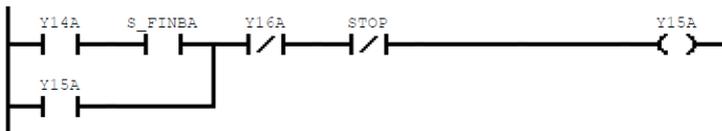
Sekuen dan Grup

Y14A (STOUP₂, CONV2₂, FINBA) **Y15A** (FINDO) **Y16A** (FINGRIP₊, TIMER3)

Relay Y15A

$$Y_{15A} = (Y_{14A} * S_FINBA + Y_{15A}) \overline{Y_{16A}} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.16 Relay Y15A

Relay yang keenambelas adalah Y16 yang memiliki persamaan:

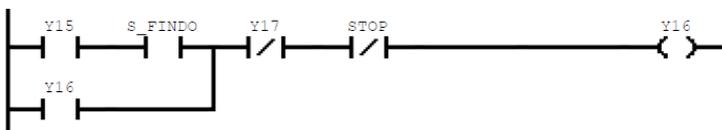
Sekuen dan Grup

Y15 (FINDO) **Y16** (FINGRIP₊) **Y17** (FINUP)

Relay Y16

$$Y_{16} = (Y_{15} * S_FINDO + Y_{16}) \overline{Y_{17}} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.17 Relay Y16

Relay yang keenambelas adalah Y16A yang memiliki persamaan:

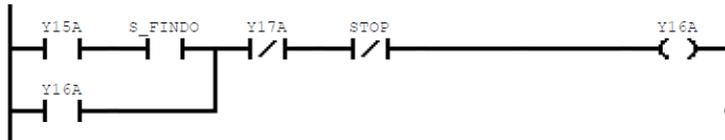
Sekuen dan Grup



Relay Y16A

$$Y_{16A} = (Y_{15A} * S_FINDO + Y_{16A}) \overline{Y_{17A}} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.18 Relay Y16A

Relay yang ketujuhbelas kedua adalah Y17 yang memiliki persamaan:

Sekuen dan Grup



Relay Y17

$$Y_{17} = (Y_{16} * S_FINGRIP + Y_{17}) \overline{Y_{18}} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.19 Relay Y17

Relay yang ketujuhbelas kedua adalah Y17A yang memiliki persamaan:

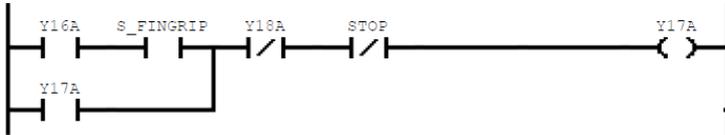
Sekuen dan Grup



Relay Y17A

$$Y_{17A} = (Y_{16A} * S_FINGRIP + Y_{17A}) \overline{Y_{18A}} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.20 Relay Y17A

Relay yang kedelapanbelas adalah Y18 yang memiliki persamaan:

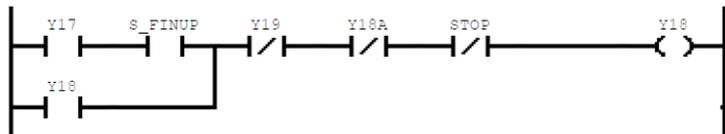
Sekuen dan Grup

Y17	Y18	Y19	Y18A
FINUP	FINFO	FINDO	FINFO

Relay Y18

$$Y_{18} = (Y_{17} * S_{FINUP} + Y_{18})\overline{Y_{19}} * \overline{Y_{18A}} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



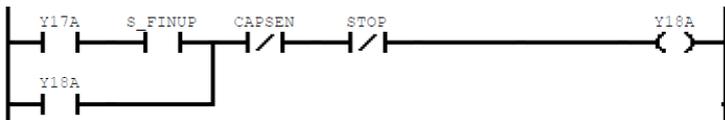
Gambar 4.21 Relay Y18

Relay yang kedelapanbelas kedua adalah Y18A yang memiliki persamaan:

Sekuen dan Grup

Y17A	Y18A
FINUP	FINFO

Relay Y18A

$$Y_{18A} = (Y_{17A} * S_{FINUP} + Y_{18A})\overline{CAPSEN} * \overline{STOP}$$


Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

Gambar 4.22 Relay Y18A

Relay yang kesembilanbelas adalah Y19 yang memiliki persamaan:

Sekuen dan Grup
Y18 **Y19** **Y20**
 FINFO FINDO FINGRIP-
Relay Y19

$$Y_{19} = (Y_{18} * S_FINFO + Y_{19})\overline{Y_{20}} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



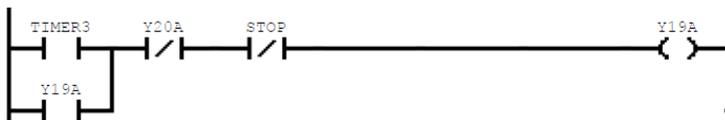
Gambar 4.23 Relay Y19

Relay yang kesembilanbelas adalah Y19A yang memiliki persamaan:

Sekuen dan Grup
Y16A **Y19A** **Y20A**
 FINGRIP+,TIMER3 FINDO,FINGRIP- FINUP
Relay Y19A

$$Y_{19A} = (TIMER3 + Y_{19A})\overline{Y_{20A}} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.24 Relay Y19A

Relay yang kedua puluh adalah Y20 yang memiliki persamaan:

Sekuen dan Grup
Y19 **Y20** **Y21**
 FINDO FINGRIP- FINUP
Relay Y20

$$Y_{20} = (Y_{19} * S_FINDO + Y_{20})\overline{Y_{21}} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.25 Relay Y20

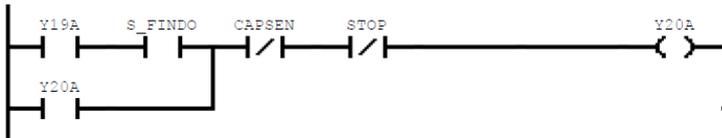
Relay yang kedua puluh adalah Y20A yang memiliki persamaan:

Sekuen dan Grup
Y19A **Y20A**
FINDO, FINGRIP- FINUP

Relay Y20A

$$Y_{20A} = (Y_{19A} * S_FINDO + Y_{20A}) \overline{CAPSEN} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.26 Relay Y20A

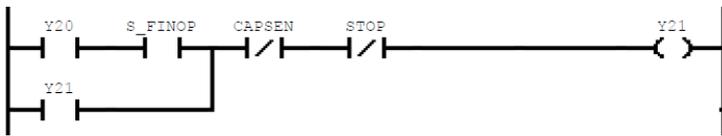
Relay yang kedua puluh satu adalah Y21 yang memiliki persamaan:

Sekuen dan Grup
Y20 **Y21**
FINGRIP- FINUP

Relay Y21

$$Y_{21} = (Y_{20} * S_FINOP + Y_{21}) \overline{CAPSEN} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



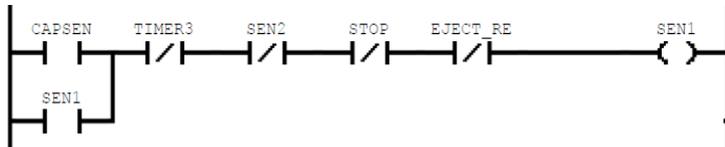
Gambar 4.27 Relay Y21

Relay pendukung adalah SENI yang memiliki persamaan:

Relay Pendukung SEN1

$$SEN1 = (CAPSEN + SEN1)\overline{TIMER3} * \overline{SEN2} * \overline{STOP} * \overline{EJECT_RE}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



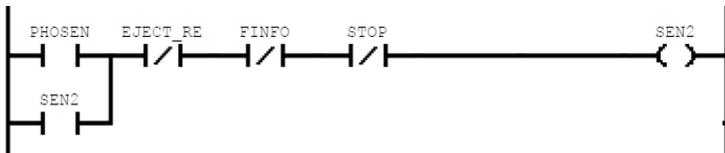
Gambar 4.28 Relay SEN1

Relay pendukung adalah SEN2 yang memiliki persamaan:

Relay Pendukung SEN2

$$SEN2 = (PHOSEN + SEN2)\overline{FINFO} * \overline{STOP} * \overline{EJECT_RE}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



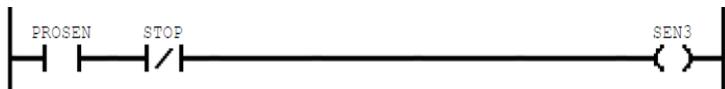
Gambar 4.29 Relay SEN2

Relay pendukung adalah SEN3 yang memiliki persamaan:

Relay Pendukung SEN3

$$SEN3 = (PROSEN)\overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.30 Relay SEN3

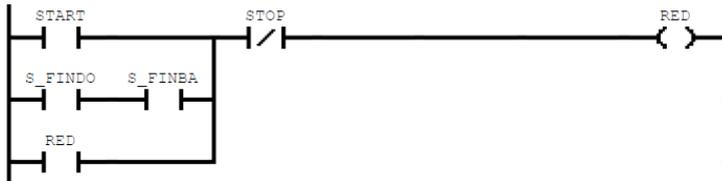
4.1.2.2 Ladder Diagram Output

Output RED memiliki persamaan:

Output RED

$$RED = (START + S_FINDO * S_FINBA + RED)\overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



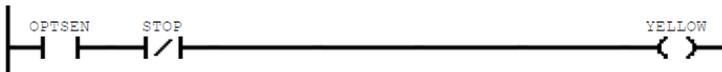
Gambar 4.31 Output RED

Output YELLOW memiliki persamaan:

Output YELLOW

$$YELLOW = OPTSEN * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



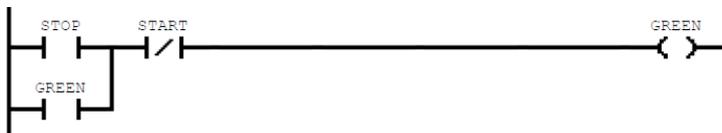
Gambar 4.32 Output YELLOW

Output GREEN memiliki persamaan:

Output GREEN

$$GREEN = (STOP + GREEN)\overline{START}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

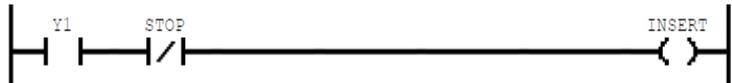


Gambar 4.33 Output GREEN

Output INSERT memiliki persamaan:

<p>Output INSERT $INSERT = Y_1 * \overline{STOP}$</p>
--

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

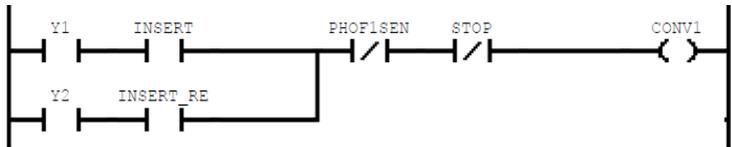


Gambar 4.34 Output INSERT

Output CONV1 memiliki persamaan:

<p>Output CONV1 $CONV1 = (Y_1 * INSERT + Y_2 * INSERT_RE) \overline{PHOF1SEN} * \overline{STOP}$</p>
--

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

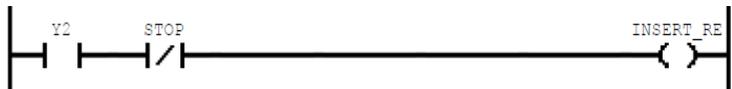


Gambar 4.35 Output CONV1

Output INSERT_RE memiliki persamaan:

<p>Output INSERT_RE $INSERT_RE = Y_2 * \overline{STOP}$</p>

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



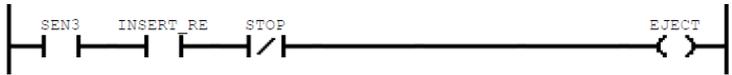
Gambar 4.36 Output INSERT_RE

Output *EJECT* memiliki persamaan:

Output *EJECT*

$$EJECT = SEN3 * INSERT_RE * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.37 Output *EJECT*

Output *ROTCW* memiliki persamaan:

Output *ROTCW*

$$ROTCW = Y2 * PHOF1SEN * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



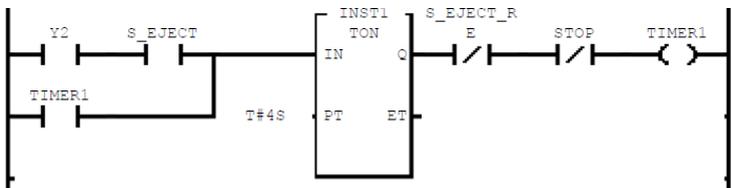
Gambar 4.38 Output *ROTCW*

TIMER1 memiliki persamaan:

TIMER1

$$TIMER1 = (Y2 * S_EJECT + TIMER1) \overline{S_EJECT} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



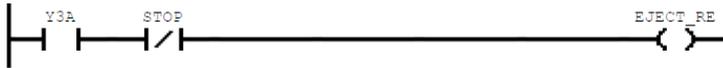
Gambar 4.39 Output *TIMER1*

Output *EJECT_RE* memiliki persamaan:

Output *EJECT_RE*

$$EJECT_RE = Y3A * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



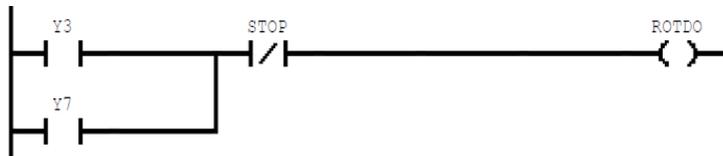
Gambar 4.40 Output *EJECT_RE*

Output *ROTDO* memiliki persamaan:

Output ROTDO

$$ROTDO = (Y_3 + Y_7)\overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



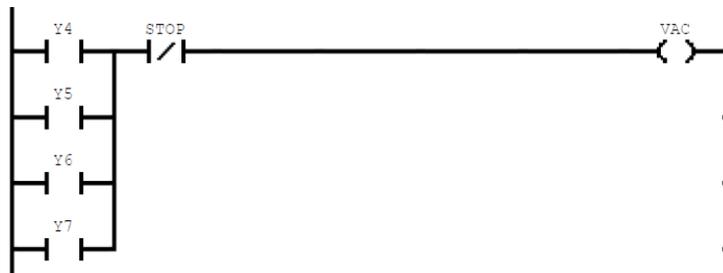
Gambar 4.41 Output *ROTDO*

Output *VAC* memiliki persamaan:

Output VAC

$$VAC = (Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7)\overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

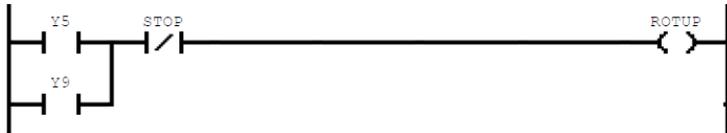


Gambar 4.42 Output *VAC*

Output ROTUP memiliki persamaan:

<p>Output ROTUP $ROTUP = (Y_5 + Y_9)\overline{STOP}$</p>

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

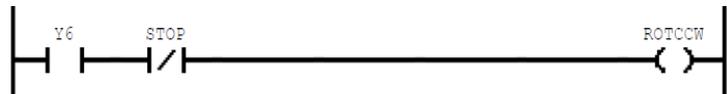


Gambar 4.43 Output ROTUP

Output ROTCCW memiliki persamaan:

<p>Output ROTCCW $ROTCCW = Y_6 * \overline{STOP}$</p>
--

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

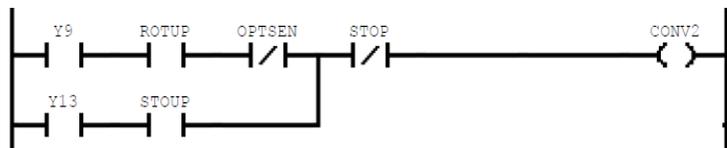


Gambar 4.44 Output ROTCCW

Output CONV2 memiliki persamaan:

<p>Output CONV2 $CONV2 = (Y_9 * ROTUP * \overline{OPTSEN} + Y_{13} * STOUP)\overline{STOP}$</p>
--

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



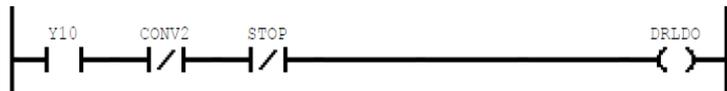
Gambar 4.45 Output CONV2

Output DRLDO memiliki persamaan:

$$\text{Output DRLDO}$$

$$DRLDO = Y_{10} * \overline{CONV2} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



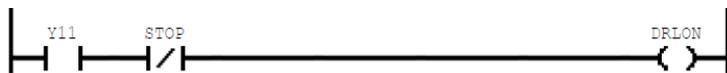
Gambar 4.46 Output DRLDO

Output DRLON memiliki persamaan:

$$\text{Output DRLON}$$

$$DRLON = Y_{11} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



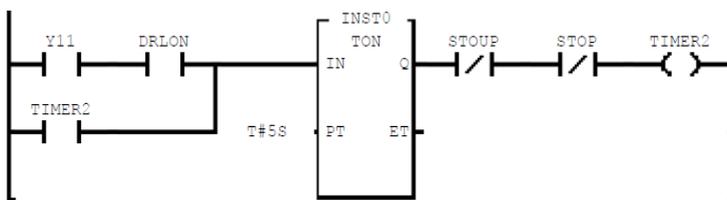
Gambar 4.47 Output DRLON

TIMER2 memiliki persamaan:

$$\text{TIMER2}$$

$$TIMER2 = (Y_{11} * DRLON + TIMER2) \overline{STOUP} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



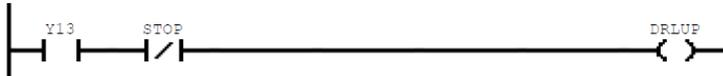
Gambar 4.48 Output TIMER2

Output *DRLUP* memiliki persamaan:

$$\text{Output } \mathbf{DRLUP}$$

$$DRLUP = Y_{13} * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



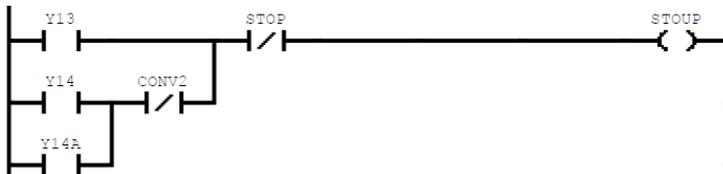
Gambar 4.49 Output *DRLUP*

Output *STOUP* memiliki persamaan:

$$\text{Output } \mathbf{STOUP}$$

$$STOUP = (Y_{13} + (Y_{14} + Y_{14A}) * \overline{CONV2}) \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



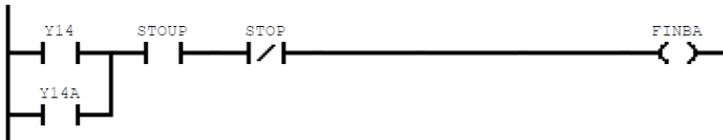
Gambar 4.50 Output *STOUP*

Output *FINBA* memiliki persamaan:

$$\text{Output } \mathbf{FINBA}$$

$$FINBA = (Y_{14} + Y_{14A}) STOUP * \overline{STOP}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

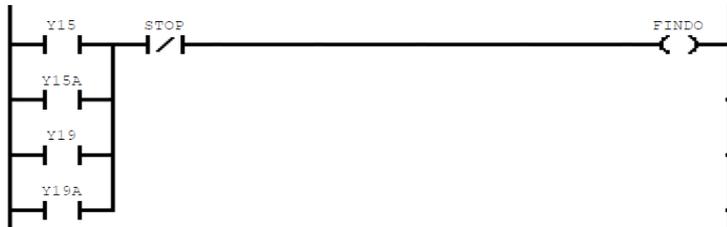


Gambar 4.51 Output *FINBA*

Output *FINDO* memiliki persamaan:

<p>Output <i>FINDO</i> $FINDO = (Y_{15} + Y_{15A} + Y_{19} + Y_{19A})\overline{STOP}$</p>
--

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

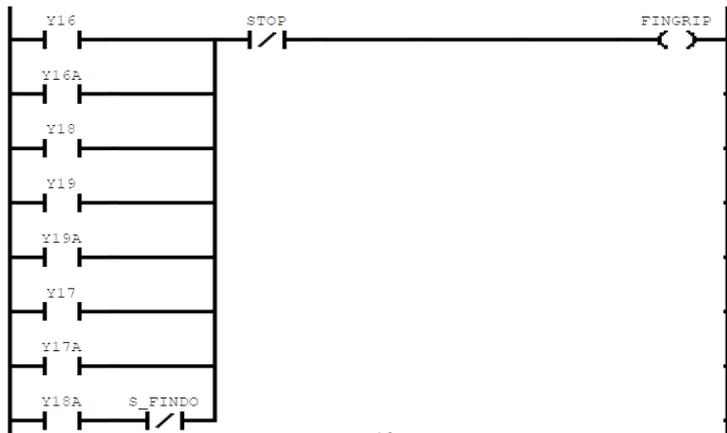


Gambar 4.52 Output *FINDO*

Output *FINGRIP* memiliki persamaan:

<p>Output <i>FINGRIP</i> $FINGRIP = (Y_{16} + Y_{16A} + Y_{18} + Y_{19} + Y_{19A} + Y_{17} + Y_{17A} + Y_{18A} * \overline{S_FINDO})\overline{STOP}$</p>
--

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

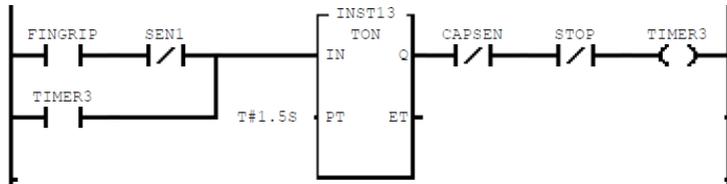


Gambar 4.53 Output *FINGRIP*

TIMER3 memiliki persamaan:

$$\text{TIMER3} = (\text{FINGRIP} * \overline{\text{SEN1}} + \text{TIMER3}) \overline{\text{CAPSEN}} * \overline{\text{STOP}}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

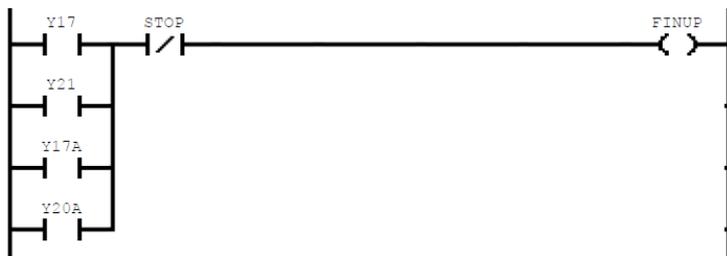


Gambar 4.54 Output TIMER3

Output FINUP memiliki persamaan:

$$\text{FINUP} = (\text{Y17} + \text{Y21} + \text{Y17A} + \text{Y20A}) \overline{\text{STOP}}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

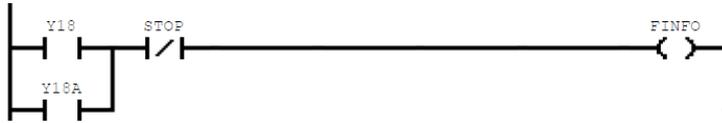


Gambar 4.55 Output FINUP

Output FINFO memiliki persamaan:

$$\text{FINFO} = (\text{Y18} + \text{Y18A}) \overline{\text{STOP}}$$

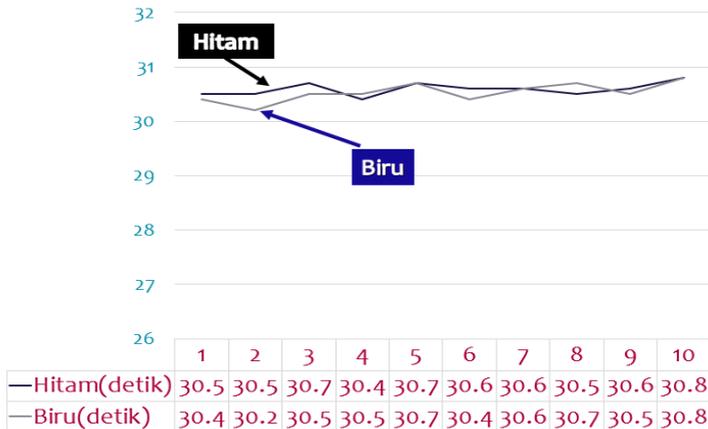
Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



Gambar 4.56 Output *FINFO*

4.2 Pengujian Sistem

Pengujian pada sistem *Factory Automatic Trainer* dilakukan untuk mengetahui apakah implimentasi berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian dilakukan dengan dua material yang berbeda yaitu material plastik berwarna hitam dan material plastik berwarna biru. Proses pengujian dilakukan dari awal modul (*START*) sampai proses berakhir dimana dilakukan dengan 10 kali pengambilan data (10 siklus). Data pengujian dapat ditunjukkan pada grafik **Gambar 4.57**



Gambar 4.57 Grafik pengujian 10 siklus material plastik

Dari pengujian yang telah dilakukan maka dapat dianalisa bahwa grafik pengujian material plastik warna hitam lebih stabil daripada grafik material plastik warna biru. Hal ini dikarenakan terdapat penggabungan sekuen (material turun diagonal dan dijatuhkan ditengah *finger cylinder forward*) pada proses material warna biru.

BAB 5

PENUTUP

Hasil penelitian yang telah dilakukan dan kendala yang dihadapi selama proses pengerjaan dimuat dalam kesimpulan dan saran.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses konstruksi *ladder diagram* yang telah dilakukan pada penelitian tugas akhir ini, dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain :

1. Konstruksi *ladder diagram* dengan metode *cascade* untuk proses seleksi dan perakitan pada *Factory Automatic Trainer* menghasilkan total *56 rung* dengan rincian *27 Relay*, *3 Timer* dan *26 Output*.
2. Rata-rata pengujian dalam 10 siklus penghitungan untuk material plastik berwarna hitam adalah 30.59 detik dan untuk material plastik berwarna biru adalah 30.53 detik.
3. Hasil *build all* dari *diagram ladder* untuk besar *program: 16274 Bytes (13%, Max. 128 KB)*, besar *data: 4188 Bytes (8%, Max. 52KB)* dan besar *upload file: 9600 Bytes (8%, Max. 128KB)*.

5.2 Saran

Beberapa saran yang perlu diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Pada saat implementasi lebih baik menggunakan *magazine* yang sudah benar karena jika tidak memakai *magazine* ada kemungkinan material untuk tidak terbaca oleh sensor karena posisi belum tepat.
2. *Air compressor* memakai yang lebih bagus karena ada kemungkinan ketika udara di *air compressor* mulai sedikit membuat modul tidak berfungsi dengan maksimal.

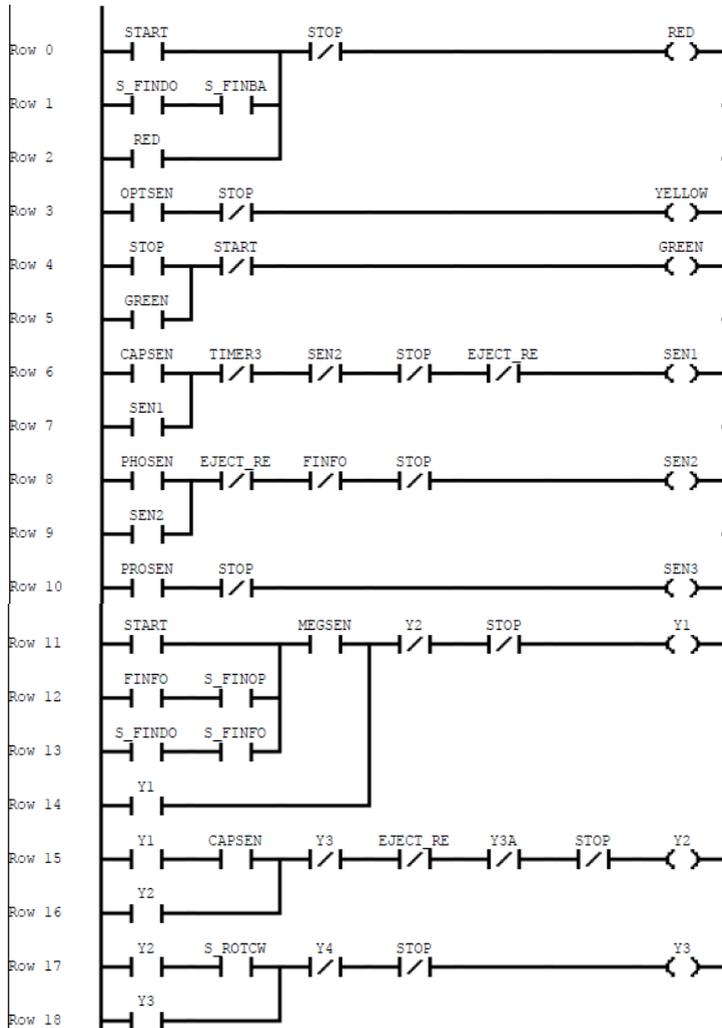
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

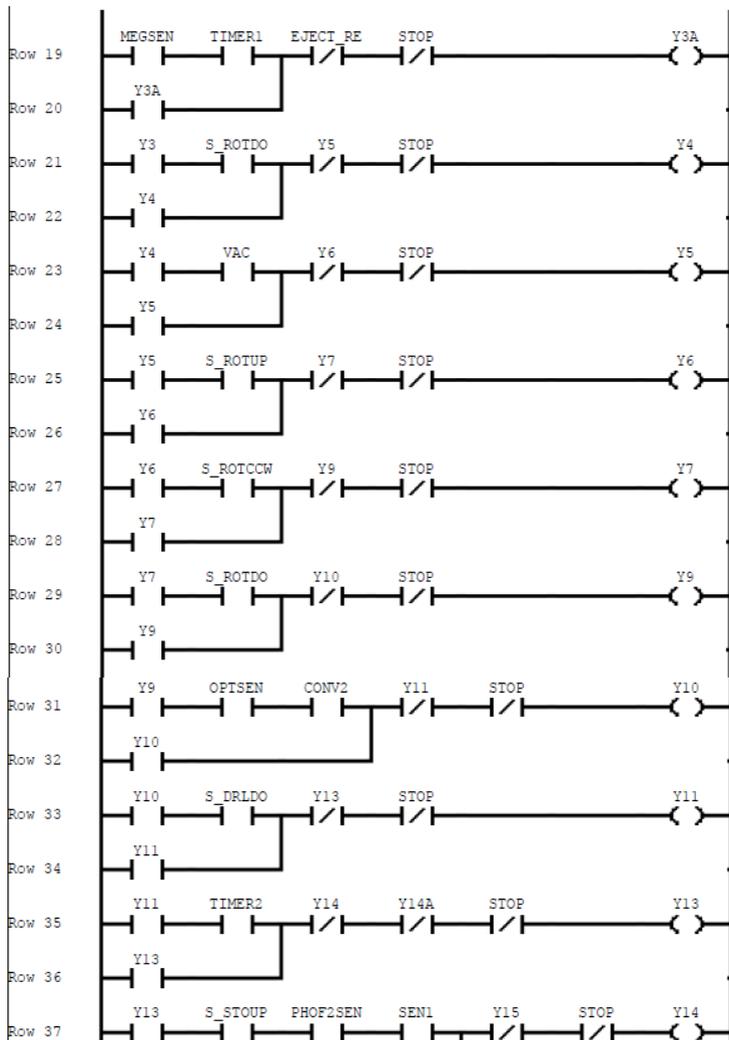
DAFTAR PUSTAKA

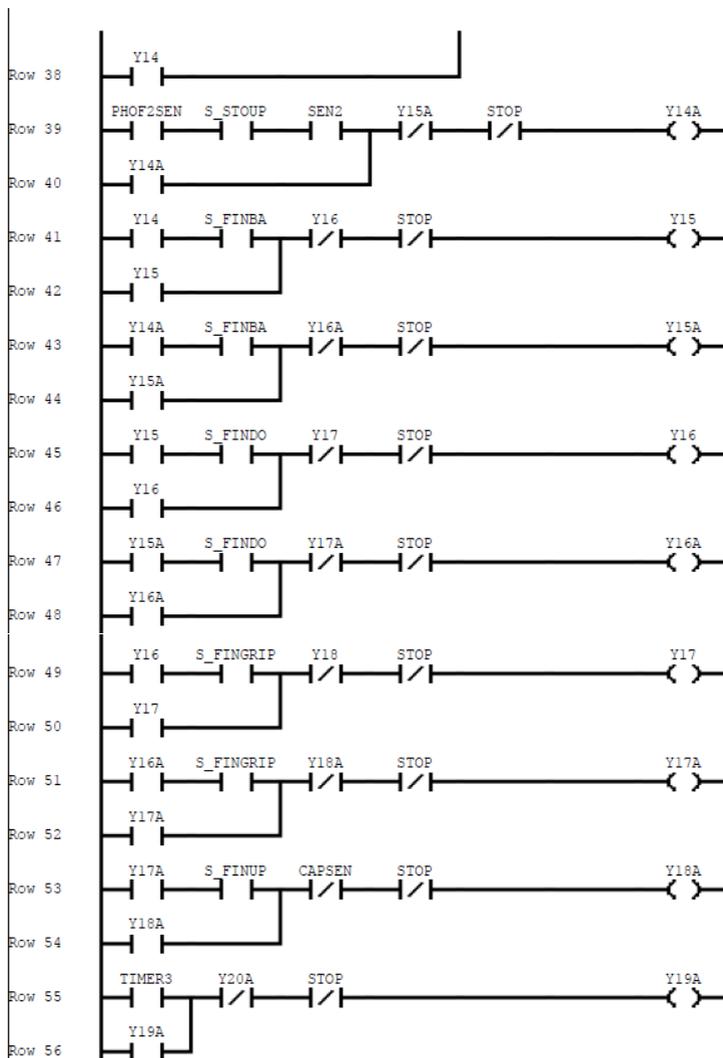
- [1] David W. Pessen, "*INDUSTRIAL AUTOMATION Circuit Design and Components*". Haifa, Israel.1989.
- [2] Anonim,"*CPE-AT8030N Factory Automatic Trainer*"
Chungpa.
- [3] Anonim,"*GLOFA-GM4 Programmable Logic Control*" LS
Industrial System.
- [4] Wirawan Sumbodo, "Teknik Produksi Mesin Industri"
Departemen Pendidikan Nasional. 2008.
- [5] H. Wicaksono, PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER
Teori, Pemrograman dan Aplikasinya dalam Otomasi Sistem,
Yogyakarta: GRAHA ILMU, 2009.

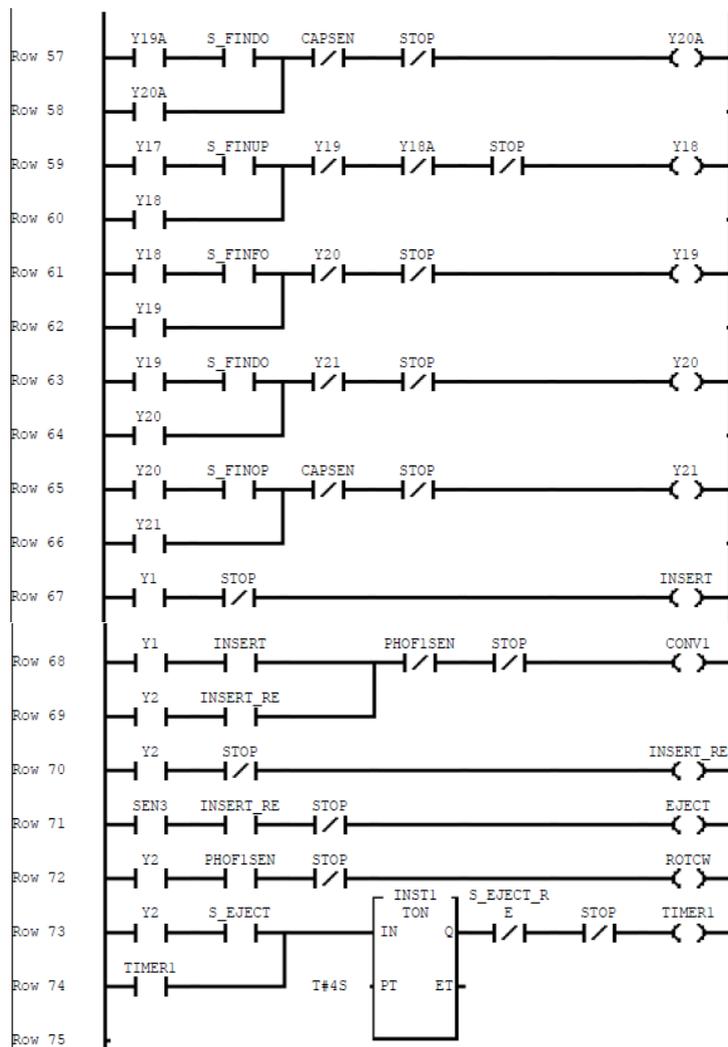
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

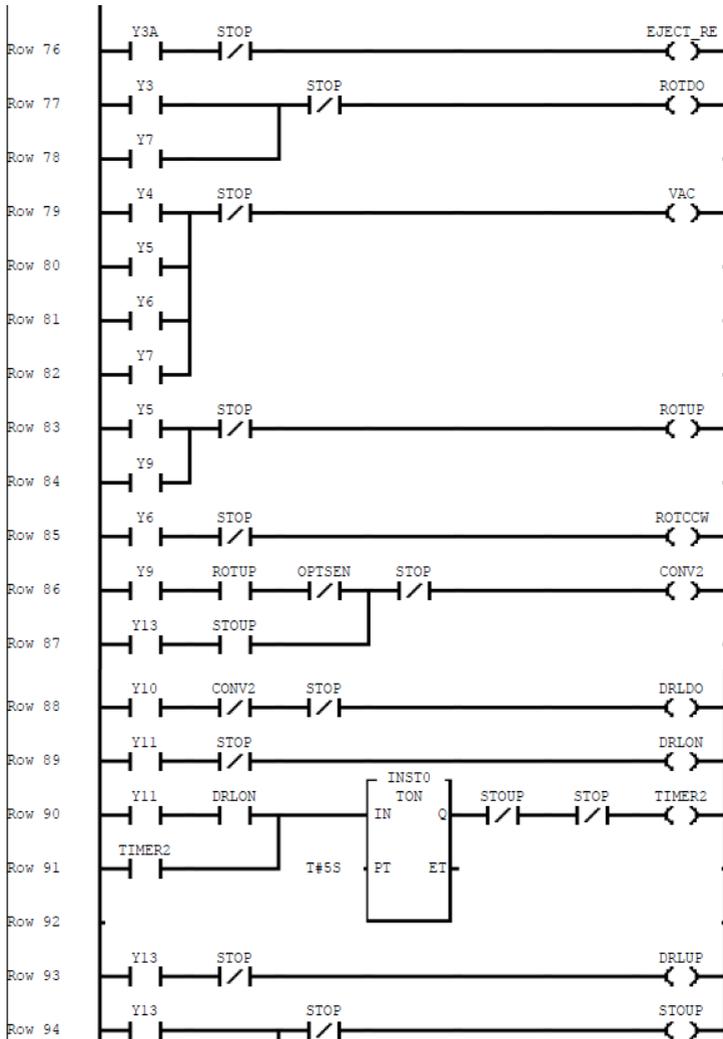
LAMPIRAN

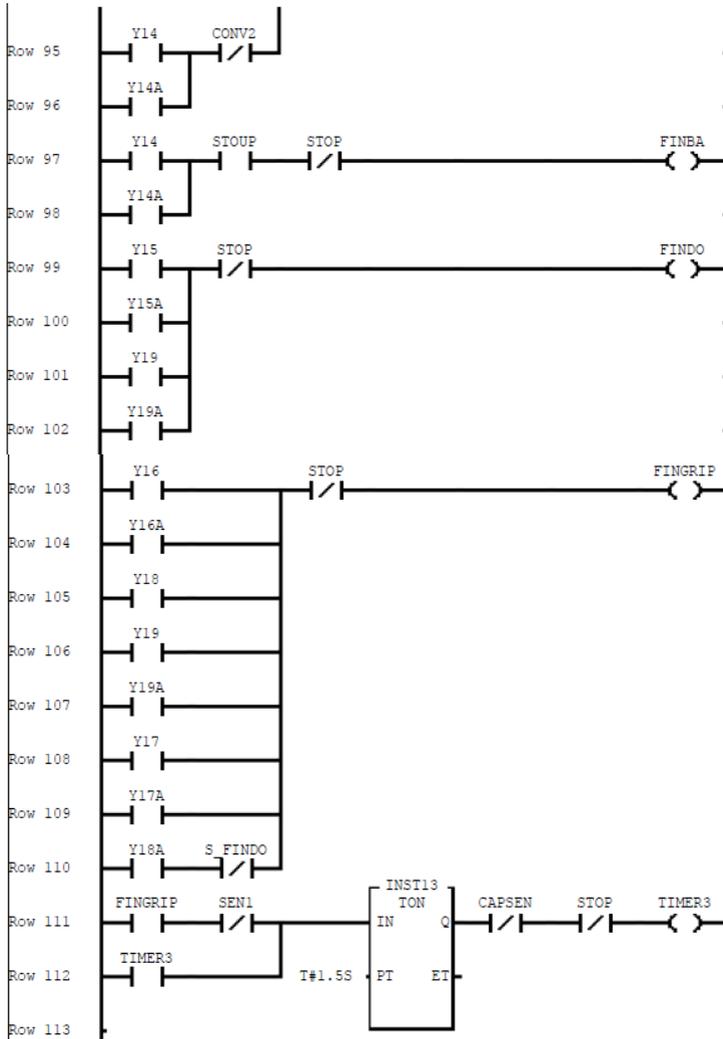


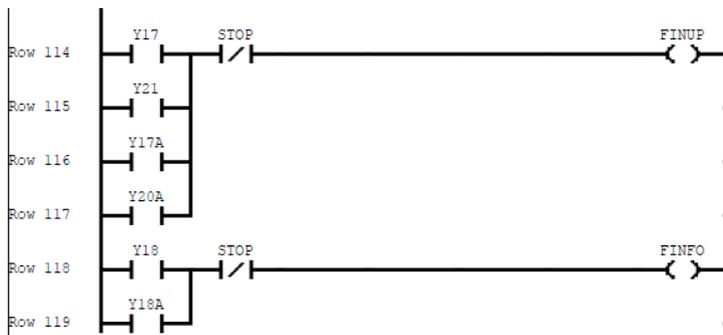












[Halaman ini sengaja dikosongkan]

RIWAYAT HIDUP



Gilang Permana Putra, lahir di Jember, Jawa Timur pada tanggal 23 April 1993. Putra ketiga dari pasangan Bapak Miko Sudiastono dan Ibu Sis Susilowati. Setelah menempuh pendidikan formal di SDN III Ambulu, SMPN I Ambulu dan SMA Ambulu, penulis melanjutkan studi Diploma 3 jurusan Teknik Elektro Komputer Kontrol di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dan lulus tahun 2015. Kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dengan mengambil Jurusan Teknik Elektro, Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan. Pada

tanggal 13 Juli 2018, penulis mengikuti ujian Tugas Akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.