



TUGAS AKHIR - TE 141599

**KONSTRUKSI LADDER DIAGRAM DENGAN METODE
SEQUENCE CHART PADA FACTORY AUTOMATIC
TRAINER**

Novian Estiyo Nugroho
NRP 07111645000034

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 141599

**LADDER DIAGRAM CONSTRUCION WITH SEQUENCE
CHART METHOD FOR FACTORY AUTOMATIC
TRAINER**

Novian Estiyo Nugroho
NRP 07111645000034

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 LADDER DIAGRAM MENGGUNAKAN METODE SEQUENCE CHART PADA 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

Novian Estiyo Nugroho
Nrp 07111645000034

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

**KONSTRUKSI LADDER DIAGRAM DENGAN METODE
SEQUENCE CHART PADA 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


Dr. Ir. Mohammad Rameli
NIP. 195412271981031002

Dosen Pembimbing II


Eka Iskandar, ST., MT.
NIP. 198005282008121001



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

konstruksi *Ladder Diagram* dengan Metode *Sequence chart* pada *Factory Automatic Trainer*

Novian Estiyo Nugroho – 07111645000034

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

ABSTRAK

Industri dihadapkan terhadap tantangan dari segi kualitas dan kuantitas. Industri diharuskan dapat memenuhi permintaan produk yang semakin meningkat, serta menjamin kualitas mutu yang baik secara konsisten. Untuk menjawab hal tersebut dibutuhkan suatu sistem otomasi Industri, yaitu sistem yang dapat menggantikan peran manusia dalam proses produksi barang. Terdapat beberapa tahapan secara umum dalam proses produksi barang. Dimulai penyortiran bahan baku (primer), pemrosesan barang dari bentuk primer menjadi barang siap pakai, hingga pengemasan. Seluruh tahapan dapat dijalankan secara otomatis menggunakan mesin yang telah terprogram dengan *Programable Logic Control* (PLC). Tahapan proses di Industri dapat direpresentasikan dengan perangkat *Factory Automatic Trainer* (FAT). Konstruksi pemrograman PLC dengan bahasa pemrograman *Ladder Diagram* yang sesuai dapat menjalankan kinerja FAT mirip proses pada Industri. Penggunaan Metode *Sequence chart* untuk konstruksi *Ladder Diagram* memudahkan pembacaan langkah kerja pada FAT. Jumlah *rung* hasil konstruksi *Ladder Diagram* adalah 70 *rung* dengan kapasitas 196 Byte

Kata kunci : FAT, Metode *Sequence chart*, *Ladder Diagram*, PLC,
Rung.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Ladder Diagram Construction with Sequence chart Method for Factory Automatic Trainer

Novian Estiyo Nugroho – 07111645000034

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

ABSTRACT

Industry is faced with challenges in terms of quality and quantity. The industry can meet the growing demand for products, and ensure consistent good quality. To answer these things required industrial automation system, which is a system that can provide a role in the production process of goods. What is done generally in the production process of goods. Material distributing materials (primary), raw materials from the form into ready-made goods, to packing. All can be done automatically using a programmed machine with Programmable Logic Control (PLC). Stages of process in Industry can be represented by Factory Automatic Trainer (FAT) device. The construction of PLC programming with Ladder Ladder Language The corresponding diagram can perform FAT performance like a process in the Industry. The use of Sequence chart Method for Ladder Diagram construction facilitates the reading of work steps on FAT. The number of rung is 70. The result of construction of Ladder Diagram is 196 Byte

Keywords : FAT, Sequence chart Method, Ladder Diagram, PLC, Rung.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

ATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "**KONSTRUKSI LADDER DIAGRAM DENGAN METODE SEQUENCE CHART PADA 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 tercinta 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 Lintas Jalur angkatan 2016, terutama mahasiswa Teknik Sistem Pengaturan.
6. Rekan-rekan asisten laboratorium Teknik Sistem Pengaturan.
7. 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

Novian Estiyo Nugroho
NRP 07111645000034

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika	3
1.7 Relevansi	3
BAB 2 DASAR TEORI.....	5
2.1 <i>Factory Automatic Trainer (FAT)</i>	5
2.1.1 Modul Separation	7
2.1.2 Modul <i>Pick and place</i>	7
2.1.3 Modul <i>Stopper</i>	8
2.1.4 Modul <i>Line Movement</i>	8
2.1.5 <i>PLC Control Unit & System Table</i>	9
2.2. Perangkat Komponen Elektrik dan Pneumatik	9
2.2.1 Sensor.....	9
2.2.2 Aktuator	16
2.2.3 Komponen penunjang	22
2.3 <i>Progammable Logic Control (PLC)</i>	26
2.3.1 Komponen Dasar PLC	27
2.2.2 Spesifikasi PLC LG GM4	28
2.2.3 Pengalamatan dan Instruksi Dasar PLC	29
2.4 Metode <i>Sequence chart Diagram</i>	31
2.4.1 <i>Sequence chart</i>	32
2.4.2 <i>Switching function</i>	33

2.4.2 <i>Ladder Diagram</i>	35
BAB 3 PERANCANGAN SISTEM	37
3.1 Perumusan Sistem <i>Factory Automatic Trainer</i>	37
3.1.1 I/O Sistem.....	37
3.1.1.1 I/O Modul Separation	38
3.1.2 Langkah Kerja Sistem.....	45
3.2 Penyusunan <i>Sequence chart</i>	48
3.2.1 <i>Sequence chart</i> Modul Separation	48
3.2.2 <i>Sequence chart</i> Modul <i>Pick and place</i>	50
3.2.3 <i>Sequence chart</i> Modul <i>Stopper</i>	51
3.2.3 <i>Sequence chart</i> Modul <i>Line Movement</i>	52
3.3 Switching Function (<i>SF</i>) dan <i>Ladder Diagram</i> (<i>LD</i>)	54
BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA.....	65
4.1 Pengkabelan (<i>Wiring</i>).....	65
4.2 Konfigurasi	66
4.3 Pengujian Sistem.....	66
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	73
RIWAYAT HIDUP	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Plant Factory Automatic Trainer (FAT).....	5
Gambar 2.2 Diagram Flow Chart Cara Kerja Plant FAT	6
Gambar 2.3 Modul Separation	7
Gambar 2.4 Modul <i>Pick and place</i>	7
Gambar 2.5 Modul <i>Stopper</i>	8
Gambar 2.6 Modul <i>Line Movement</i>	8
Gambar 2.7 PLC Control Unit & System Table.....	9
Gambar 2.8 Sistem Kerja Sensor	10
Gambar 2.9 (a) Konfigurasi Sensor <i>Proximity</i> Induktif,.....	10
Gambar 2.10 Bentuk fisik sensor <i>Proximity</i> induktif	11
Gambar 2.11 Gelombang sinyal Sensor <i>Proximity</i> Induktif.....	11
Gambar 2.12 Konfigurasi Sensor <i>Proximity</i> Kapasitif	12
Gambar 2.13 Nilai Kapasitansi	12
Gambar 2.14 Gelombang sinyal Sensor <i>Proximity</i> Kapasitif.....	13
Gambar 2.15 Cara kerja sensor Photoelektrik[2]	13
Gambar 2.16 Prinsip Kerja Sensor Photodia (a) Benda berwarna gelap (b) Benda berwarna terang	14
Gambar 2.17 Struktur Kabel Serat Optik[2]	15
Gambar 2.18 Bentuk Sensor <i>Photo Fiber</i> Optik tipe <i>diffuse reflective</i> [2]	15
Gambar 2.19 Prinsip Kerja Sensor <i>Optical Fiber</i>	16
Gambar 2.20 Bentuk Fisik Konveyor <i>Belt</i>	17
Gambar 2.21 Bentuk fisik Feeding System dan Feeder Tube	17
Gambar 2.22 Prinsip kerja <i>Linear Single Acting Pneumatic Cylinder</i> (a) kondisi <i>react</i> (b) kondisi <i>energize</i>	19
Gambar 2.23 Prinsip kerja <i>Double Acting Cylinder Pneumatic</i> (a) kondisi <i>react</i> (b) kondisi <i>energize</i>	20
Gambar 2.24 <i>Rodless Cylinder</i> pada FAT	20
Gambar 2.25 Bentuk Fisik Finger <i>Cylinder</i>	21
Gambar 2.26 <i>Vaccum actuator</i>	21
Gambar 2.27 Prinsip kerja <i>Rotational Cylinder</i>	22
Gambar 2.28 Kompressor LAKONI Imola 125.....	23
Gambar 2.29 Regulator Udara	24
Gambar 2.30 Benda Kerja Tipe A ,B, dan C.....	25

Gambar 2.31 Prinsip Kerja <i>Solenoid Valve</i>	25
Gambar 2.32 Komponen Dasar PLC	27
Gambar 2.33 PLC LG GLOFA GM4	29
Gambar 2.34 <i>Ladder Diagram</i> [4].....	30
Gambar 2.35 Aturan Pengalamatan PLC LG	30
Gambar 2.36 <i>Sequence chart</i>	33
Gambar 2.37 <i>Sequence chart Relay Y1</i>	34
Gambar 2.38 <i>Sequence chart Relay Y2</i>	35
Gambar 2.39 <i>Ladder Diagram Relay Y1</i>	36
Gambar 2.40 <i>Ladder Diagram Relay Y2 dan Output C</i>	36
Gambar 3.1 Tahapan penelitian.....	37
Gambar 3.2 <i>Input/Output Modul Separation</i>	38
Gambar 3.3 <i>Input/Output Modul Pick and Place</i>	40
Gambar 3.4 <i>Input/Output Modul Stopper</i>	42
Gambar 3.5 <i>Input/Output Modul Line Movement</i>	44
Gambar 3.6 <i>Sequence chart Modul Separation</i>	49
Gambar 3.7 <i>Sequence chart Modul Pick and place</i>	50
Gambar 3.8 <i>Sequence chart Modul Stopper</i>	51
Gambar 3.9 <i>Sequence chart Modul Line Movement</i>	52
Gambar 3.10 <i>Sequence chart Modul Line Movement</i>	53
Gambar 4.1 Pengkabelan pada FAT	65
Gambar 4.2 Konfigurasi PLC dan PC	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Kompresor Lakoni IMOLA 125.....	23
Tabel 2.2 Spesifikasi Benda Kerja	25
Tabel 2.3 Instruksi Dasar PLC[4]	31
Tabel 2.3 Instruksi Penggambaran <i>Sequence Chart</i>	32
Tabel 3.1 <i>Input Modul Separation</i>	39
Tabel 3.2 <i>Output Modul Separation</i>	39
Tabel 3.3 <i>Input Modul Pick and Place</i>	40
Tabel 3.4 <i>Output Modul Pick and Place</i>	41
Tabel 3.5 <i>Input Modul Stopper</i>	42
Tabel 3.6 <i>Output Modul Stopper</i>	43
Tabel 3.7 <i>Input Modul Line Movement</i>	44
Tabel 3.8 <i>Output Modul Line Movement</i>	45
Tabel 3.9 Bit I/O Sistem.....	54
Tabel 3.10 SF dan <i>Ladder Diagram Relay Y1</i>	55
Tabel 3.11 SF dan <i>Ladder Diagram Relay Y2</i>	56
Tabel 3.12 SF dan <i>Ladder Diagram Relay Y3</i>	57
Tabel 3.13 SF dan <i>Ladder Diagram Relay Y4</i>	58
Tabel 3.14 SF dan <i>Ladder Diagram Relay Y5</i>	59
Tabel 3.15 SF dan <i>Ladder Diagram Relay Y6</i>	60
Tabel 3.16 SF dan <i>Ladder Diagram Relay Y7</i>	61
Tabel 3.17 SF dan <i>Ladder Diagram Relay Y8</i>	62
Tabel 3.18 SF dan <i>Ladder Diagram Relay Y9</i>	63
Tabel 4.1 Hasil Pengujian 10 Siklus.....	66
Tabel 4.2 Kendala Pengujian	67

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 1

PENDAHULUAN

Bab ini berfungsi sebagai dasar dari penelitian. Latar Belakang, Tujuan dan Pokok permasalahan dari penilitian, Metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah, serta Susunan penulisan laporan akan dibahas pada Bab ini.

1.1 Latar Belakang

Berkembangnya zaman menuntut kebutuhan manusia semakin bertambah. Permintaan pasar yang lebih variatif mengharuskan industri menghasilkan produk yang memenuhi kriteria kualitas dan kuatintas. Dari segi kualitas, industri secara konsisten dapat menghasilkan produk sesuai standar. Begitu pula pada segi kuantitas yaitu pemenuhan jumlah permintaan konsumen harus tepat waktu. Sangat tidak mungkin bagi industri untuk menambah jumlah karyawan agar kedua kriteria tersebut terpenuhi. Karena hal ini akan berakibat pembengkakan biaya produksi untuk menggaji karyawan. Mengatasi masalah tersebut maka dibutuhkan suatu kendali otomatis yang dapat bekerja secara terus menerus dengan konsisten. Pekerjaan manual dari bahan primer, pengolahan hingga pengemasan dapat dilakukan secara otomatis dengan mesin. Kinerja mesin tersebut dapat dikendalikan dengan *Programable Logic Control* (PLC). Dengan kata lain PLC adalah otak dari suatu sistem yang ada pada industri.

Penggunaan PLC sebagai kendali otomatis dapat mengantikan fungsi beberapa komponen karena dalam suatu PLC sudah terpasang unit CPU yang berisi mikroprosesor. Mikroprosesor ini akan menginterpretasikan sinyal *Input* dan memberikan perintah berupa keputusan untuk melakukan tindakan pengontrolan. Keputusan-keputusan tersebut terlaksana berkat adanya suatu program yang tersimpan dalam PLC. Bahasa pemrograman yang umum digunakan adalah *Ladder Diagram*, karena penggunaannya yang mudah dibandingkan bahasa pemrograman yang lain.

1.2 Perumusan Masalah

Pada Tugas Akhir ini digunakan *plant Factory Automatic Trainer* yang terdiri dari 4 modul dalam bentuk *prototype*, masing masing modul merepresentasikan kendali pada industri. Berdasarkan hal tersebut

permasalahan pokok tugas akhir ini adalah Bagaimana merancang dan membuat *Ladder Diagram* pada 4 modul yang dikendalikan oleh 1 PLC.

1.3 Batasan Masalah

Batasan Masalah digunakan untuk membatasi permasalahan yang akan diselesaikan agar lebih terfokus. Terdapat beberapa poin sebagai batasan masalah pada tugas akhir ini antara lain :

1. Hanya menguji Metode *Sequence Chart* dan tidak membandingkan dengan metode lainnya
2. Pengujian dilakukan pada 3 objek yang berbeda jenis
3. Konstruksi *Ladder Diagram* hanya untuk mode Otomatis (*Auto*)

1.4 Tujuan

Pada tugas akhir ini memiliki tujuan utama yaitu, merancang *Ladder Diagram* untuk *plant Factory Automatic Trainer* menggunakan metode *Sequence chart* agar pergerakan sistem sesuai dengan yang diharapkan.

1.5 Metodologi

Kegiatan penelitian pada tugas akhir ini mencakup studi literatur yang dilakukan dengan cara mencari referensi berkaitan dengan tugas akhir. Pencarian Referensi bisa melalui buku, jurnal, *paper* atau informasi yang didapat secara *online*. Tujuan dari Studi Literatur adalah membantu dalam pemecahan masalah dengan menganalisa permasalahan yang ada kemudian mencari sumber yang berhubungan dengan masalah tersebut.

Analisa permasalahan dimulai dengan mengetahui cara kerja *plant* yang digunakan. Terdapat 4 modul pada *plant Factory Automatic Trainer*, dimana masing-masing memiliki fungsi dan komponen yang berbeda. Prinsip kerja tiap modul perlu dianalisa, kemudian akan didapatkan data berupa masukan (*Input*), keluaran (*Output*), dan jalannya proses tiap modul. Setelah data diperoleh dari hasil analisa *plant*, selanjutnya akan dilakukan pembuatan *Ladder Diagram*. Konstruksi *Ladder Diagram* akan menggunakan metode *Sequence chart* yang terdiri dari beberapa langkah (*step*).

Hasil dari kontruksi dari *Ladder Diagram* selanjutnya akan diunduh ke PLC yang sudah terintegrasi dengan sensor dan aktuator pada *plant Factory Automatic Trainer* CPE-AT8030N. Kemudian tiap modul akan dioperasikan dan diamati. Keberhasilan pengujian bergantung pada kinerja keempat modul apakah sudah sesuai dengan proses yang diinginkan.

1.6 Sistematika

Penulis membagi laporan penelitian ini menjadi lima bab yang terhubung satu sama lain. Hal ini untuk menghindari kesalahan interpretasi terhadap isi yang terdapat di dalam laporan. Penjelasan tentang masing-masing bab dibuat dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

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

Bab II Dasar Teori

Bab ini membahas tinjauan pustaka yang membantu penelitian, di antaranya adalah teori metode *Sequence chart*, teori sistem *plant Factory Automatic Trainer (FAT)*, teori instrumentasi pada sensor dan aktuator yang digunakan, serta teori otomasi sistem pemrograman *ladder diagram* pada PLC .

Bab III Perancangan Sistem

Bab ini membahas perancangan sistem yang meliputi perancangan langkah kerja *plant Factory Automatic Trainer (FAT)* , pemodelan sistem otomasi *Factory Automatic Trainer (FAT)* dengan metode *Sequence chart*, dan perancangan *ladder diagram*.

Bab IV Hasil dan Analisa

Bab ini memuat hasil penerapan pemodelan yang telah dibuat dan analisanya.

Bab V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan yang telah diperoleh.

1.7 Relevansi

Perancangan *Ladder Diagram* yang sesuai dengan kinerja sistem suatu plant membutuhkan kecermatan dan ketelitian. Agar dalam perancangan tidak terdapat langkah yang terlewati maka harus menggunakan beberapa metode untuk memudahkan. Salah satu metode perancangan *Ladder Diagram* adalah metode *Sequence chart*. Yaitu metode yang berisi diagram memuat informasi langkah kerja suatu sistem terhadap waktu. Selain untuk memudahkan perancangan *Ladder*

Diagram, Metode *Sequence chart* juga mempermudah pembacaan langkah kerja sistem dan apabila terjadi kerusakan mudah untuk dianalisa penyebab kerusakannya.

BAB 2

DASAR TEORI

Dasar Teori merupakan bagian penting dalam penyusunan laporan tugas akhir. Dasar teori membahas teori-teori yang berhubungan dan berfungsi sebagai pedoman agar pengerjaan tugas akhir tidak menyimpang dari awal yang ditetapkan. Hal ini juga akan berpengaruh pada hasil pengerjaan Tugas Akhir.

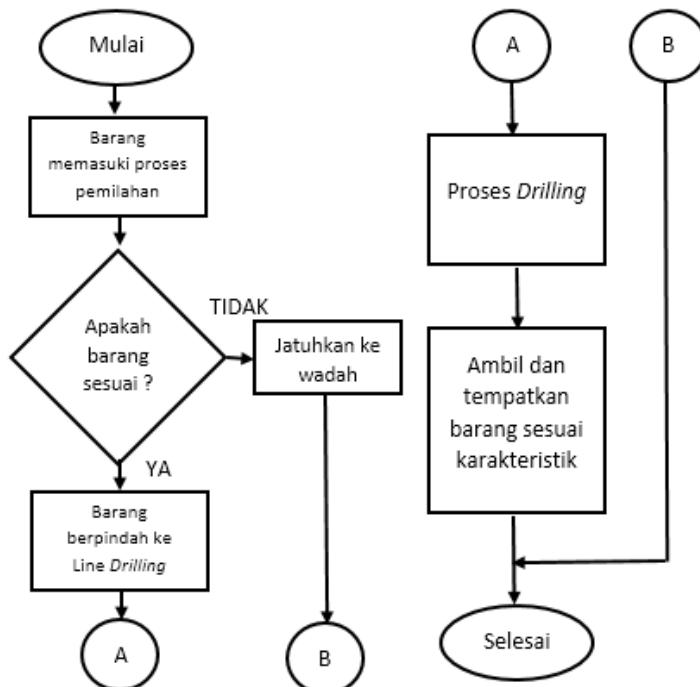
2.1 *Factory Automatic Trainer (FAT)*

Plant yang digunakan oleh penulis dalam penelitian adalah *Factory Automatic Trainer (FAT)*. *Factory Automatic Trainer (FAT)* atau dalam bahasa Indonesia dapat diartikan Peraga Kendali Industri adalah replika kendali suatu proses industri. FAT bertujuan untuk edukasi khususnya bagi mahasiswa agar nantinya pada keadaan nyata dapat merancang, membuat serta memperbaiki masalah pada kendali otomatis. FAT yang digunakan adalah jenis CPE-AT8030 yang terdiri dari 4 modul dan 1 *control unit*. Keempat modul tersebut antara lain: Modul *Line Movemen*, Modul *Separation*, Modul *Stopper*, serta Modul *Pick and place*. Keempat Modul tersebut saling berkaitan dan bekerja membentuk sistem.



Gambar 2.1 *Plant Factory Automatic Trainer (FAT)*[1]

Keempat modul tersebut bekerja secara berkesinambungan untuk menghasilkan produk industri yang sesuai. Diawali dengan proses masuknya suatu barang kedalam proses produksi. Kemudian konveyor 1 akan berjalan, barang akan melewati sensor untuk memilih apakah barang sesuai dengan kriteria. Jika ya maka akan dilanjutkan ke proses selanjutnya, sebaliknya jika tidak akan didorong oleh suatu *Cylinder* dan dijatuhkan pada suatu kotak. Memasuki tahap selanjutnya adalah dipindahkan barang tersebut dari konveyor I ke konveyor II dengan sistem *vacuum* (hisap udara). Dilanjutkan dengan proses pembuatan produk (*drilling*) selama 5 detik, hingga akhirnya barang ditempatkan pada posisi tertentu dengan sebuah *grip* (penjepit). Prinsip kerja FAT dapat dijelaskan dengan Gambar 2.2



Gambar 2.2 Diagram Flow Chart Cara Kerja Plant FAT

2.1.1 Modul *Separation*

Proses yang terjadi pada modul ini adalah sortir barang. Barang dengan karakteristik sesuai akan dilanjutkan ke proses selanjutnya, sedangkan yang tidak akan dibuang dengan cara menjatuhkan pada suatu wadah.



Gambar 2.3 Modul *Separation* [1]

2.1.2 Modul *Pick and place*

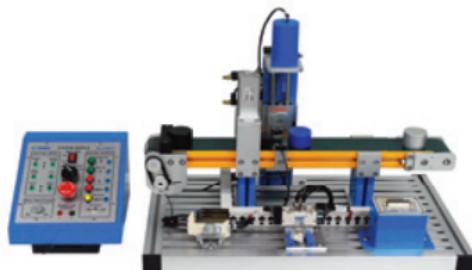
Pada modul ini benda kerja dipindahkan dari konveyor *separation* proses ke konveyor *stopper* proses. Pemindahan benda kerja menggunakan sistem *vaccum*ing (hisap).



Gambar 2.4 Modul *Pick and place* [1]

2.1.3 Modul Stopper

Modul ini akan menghentikan barang kemudian melalui proses pengeboran (*drilling*) selama 5 detik. Terdapat Sistem *Drilling* serta konveyor 2.



Gambar 2.5 Modul Stopper[1]

2.1.4 Modul Line Movement

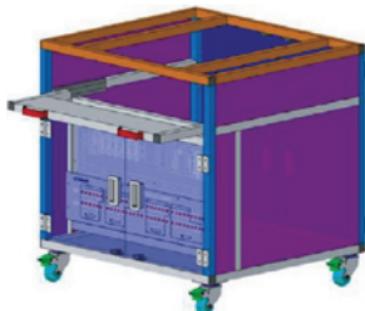
Pada modul ini berisi *rodless Cylinder* pneumatik dan aktuator *finger grip* yang digunakan untuk memindahkan benda kerja dengan dicengkram.



Gambar 2.6 Modul Line Movement [1]

2.1.5 PLC Control Unit & System Table

Berisi PLC sebagai pusat pengendali kinerja semua modul. PLC yang digunakan adalah merek LG GLOFA tipe GM4 dengan jumlah modul untuk *Input* dan *Output* masing-masing sebanyak 2 slot, tiap slot memiliki 15 port. Jenis pemrograman yang digunakan pada PLC ini adalah *Ladder Diagram*.



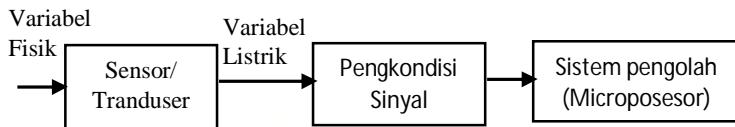
Gambar 2.7 PLC Control Unit & System Table[1]

2.2. Perangkat Komponen Elektrik dan Pneumatik

Pada tiap modul terdapat Perangkat Komponen Elektrik dan Pneumatik, antara lain: sensor, aktuator, dan komponen pendukung lainnya. Masing-masing komponen memiliki kegunaan dan spesifikasi tersendiri.

2.2.1 Sensor

Menurut Wikipedia Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Variabel keluaran dari sensor yang diubah menjadi besaran listrik disebut Transduser. Cara kerja sensor ditunjukkan pada Gambar 2.8 dimana keluaran tranduser akan masuk ke proses pengkondisi sinyal kemudian sinyal tersebut akan diolah dan akan dibandingkan dengan *set point*.

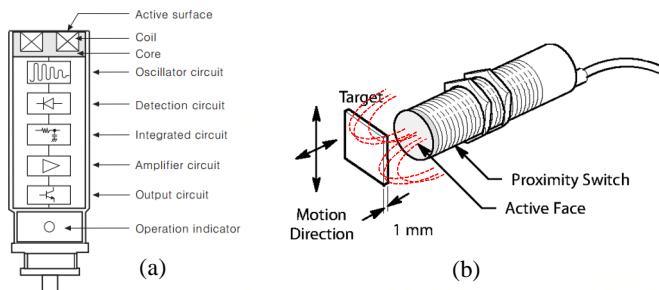


Gambar 2.8 Sistem Kerja Sensor

Pada sistem loop tertutup (*closed loop*), sensor berfungsi sebagai komponen umpan balik. Hal ini sangat penting mengingat pada *Factory Automatic Trainer* terdapat mode Auto, dimana seluruh proses bekerja secara otomatis (*closed loop*). Sensor yang digunakan pada *Factory Automatic Trainer* antara lain :

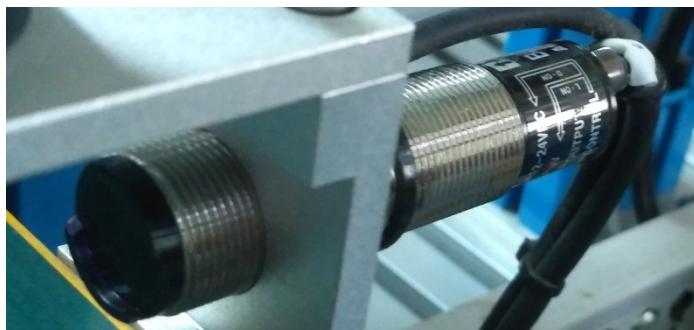
2.2.1.1 Sensor *Proximity* Induktif

Sensor *Proximity* Induktif adalah salah satu jenis sensor proximity. *Proximity* secara bahasa diartikan jarak atau kedekatan. Sehingga sensor *Proximity* adalah jenis sensor yang dapat mendeteksi keberadaan objek/benda tanpa melalui kontak fisik. Sedangkan Sensor *Proximity* Induktif dapat diartikan sebagai sensor yang dapat mendeteksi adanya objek/benda yang mengandung logam tanpa menyentuhnya. Dengan kata lain kegunaan sensor Induktif adalah membedakan objek logam dan non logam (plastik). Selain fungsi spesifik, sensor *Proximity* Induktif juga memiliki kelebihan antara lain: dapat bekerja hampir disegala lingkungan, respon berjalan cepat, serta awet dan tahan lama. Konfigurasi Sensor *Proximity* Induktif dan Cara kerja ditunjukkan pada Gambar 2.9



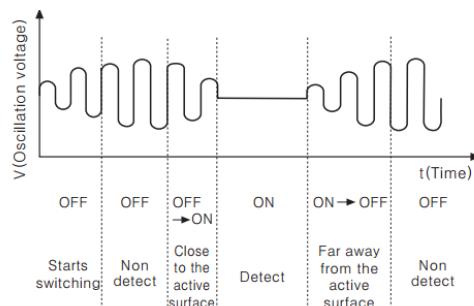
Gambar 2.9 (a) Konfigurasi Sensor *Proximity* Induktif;
 (b) Cara kerja Sensor *Proximity* Induktif[2]

Pada sensor *proximity* induktif, gelombang frekuensi medan elektromagnetik dihasilkan oleh bagian *oscillator circuit*. Hal ini disebabkan oleh adanya radiasi *core* dan *coil*. Jika terdapat objek berupa metal memotong medan tersebut, arus *eddy* terinduksi mengakibatkan *damping* sehingga terjadi reduksi amplitudo dari sinyal *oscillator*. Perubahan amplitudo ini dideteksi oleh *detection circuit* dan terjadi hubung singkat mirip rangkain tertutup, keadaan seperti ini disebut posisi *ON*, sedangkan posisi *OFF* adalah sebaliknya. Bentuk fisik sensor *proximity* induktif ditunjukkan pada Gambar 2.10



Gambar 2.10 Bentuk fisik sensor *proximity* induktif

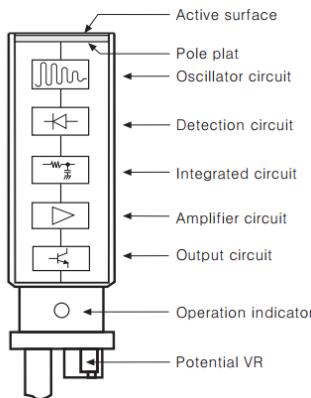
Perubahan sinyal ketika terdeteksi benda mengandung logam dan tidak ditunjukkan pada Gambar 2.11



Gambar 2.11 Gelombang sinyal Sensor *Proximity* Induktif[2]

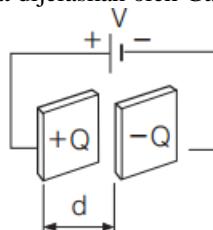
2.2.1.2 Sensor *Proximity Kapasitif*

Selain sensor *Proximity Induktif*, jenis Sensor *Proximity* yang lain adalah sensor *Proximity Kapasitif*. Berbeda dengan sensor *Proximity Induktif*, sensor *Proximity Kapasitif* dapat mendeteksi keberadaan objek baik logam maupun non logam. Konfigurasi dari sensor *Proximity Kapasitif* ditunjukkan Gambar 2.12.



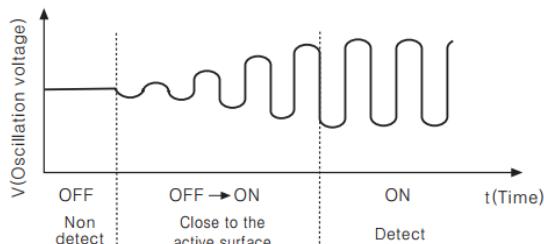
Gambar 2.12 Konfigurasi Sensor *Proximity Kapasitif*[2]

Pada Sensor proximity kapasitif, medan yang dibangkitkan berupa medan listrik bukan medan elektromagnet. Cara kerja dari sensor *proximity Kapasitif* adalah mendeteksi ada tidaknya benda dengan melihat perubahan kapasitansi. Dimana nilai kapasitansi benda sesuai hukum fisika di pengaruhi oleh jarak (d) , luas alas (A), muatan (q) serta konstanta dielektrik yang dapat dijelaskan oleh Gambar 2.13



Gambar 2.13 Nilai Kapasitansi [2]

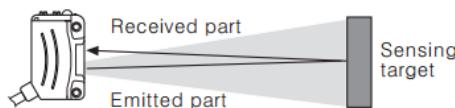
Jika pada *proximity* Induktif ketika objek mengenai sensor tegangan osilasi bernilai nol, maka sebaliknya pada sensor *proximity* kapasitif ketika objek mengenai dan memotong medan elektrik tegangan osilasi bernilai maksimum. Hal ini seperti ditunjukkan pada Gambar 2.14



Gambar 2.14 Gelombang sinyal Sensor *Proximity* Kapasitif[2]

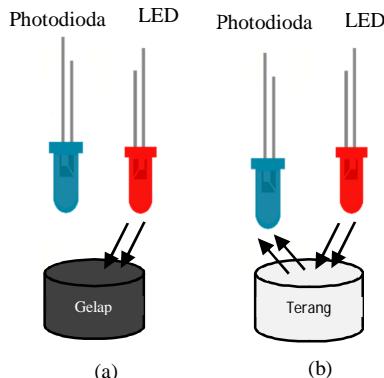
2.2.1.3 Photoelektrik sensor

Photoelektrik Sensor adalah sensor yang memanfaatkan elemen peka cahaya untuk mendeteksi benda. Photoelektrik sensor merupakan jenis sensor non-contacting (tanpa menyentuh objek) yang dapat digunakan untuk megidentifikasi keberadaan benda, jarak , warna serta kecerahan. Konfigurasi Photoelektrik sensor terdiri dari *emiter* (Sumber Cahaya) dan *receiver* (penerima). Terdapat beberapa jenis Photoelektrik sensor yang dikelompokan berdasarkan kegunaan & konfigurasinya. Salah satu jenis Photoelektrik sensor yang digunakan pada *Factory Automatic Trainer* adalah Photo Sensor tipe *Diffuse reflective*. Tipe ini memiliki konfigurasi dimana *Emiter* dan *Receiver* terletak pada satu bagian. Cara kerja tipe ini memanfaatkan pemantulan cahaya. Mula-mula *Emiter* memancarkan cahaya, apabila terdapat objek yang melewati cahaya tersebut maka cahaya akan dipantulkan kembali dan diterima oleh *receiver*. Hal ini seperti terlihat pada Gambar 2.15



Gambar 2.15 Cara kerja sensor Photoelektrik[2]

Pada sensor ini LED bertindak sebagai *emitter*. LED merupakan jenis semi konduktor dioda yang bila dilalui arus akan menghasilkan cahaya. Cahaya yang dihasilkan berupa infra merah. Sedangkan Photodiode bertindak sebagai *receiver*. Photodiode adalah jenis dioda yang dapat mengkonversikan cahaya ke bentuk arus atau tegangan ketika cahaya tersebut mengenai lapisan P.



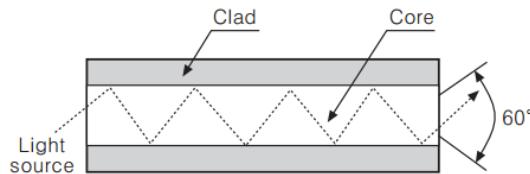
Gambar 2.16 Prinsip Kerja Sensor Photodia
(a) Benda berwarna gelap
(b) Benda berwarna terang

Dengan memanfaatkan nilai spektrum tiap warna objek, Photoelektrik sensor dapat digunakan untuk membedakan jenis warna. Untuk benda berwarna terang, ketika terdapat cahaya yang mengenai objek tersebut maka cahaya akan dipantulkan kembali ke receiver, namun untuk benda berwarna gelap (hitam) cahaya akan terserap sehingga receiver tidak menerima pemantulan cahaya. Hal ini akan berpengaruh pada nilai resistansi photodioda. Prinsip kerja ini terlihat pada Gambar 2.16

2.2.1.4 *Photo Optic Fiber sensor*

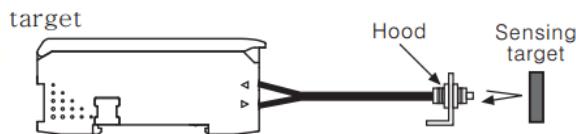
Kabel serat optik adalah jenis kabel berbentuk serat optik yang dapat mengantarkan gelombang elektromagnetik. Mulanya pemakaian jenis kabel ini digunakan untuk jaringan telekomunikasi sebagai media transmisi data. Namun seiring perkembangan jaman, penggunaan *fiber* optik dapat menggantikan fungsi kabel konvensional pada sensor atau

dikenal dengan *Fiber Optic Sensor* (FOS). Salah satu sensor yang menggunakan kabel serat optik adalah *photo fiber sensor*. Keunggulan kabel serat optik dibanding kabel konvensional adalah memiliki indeks bias yang tinggi, bungkus kabel yang tahan terhadap temperatur dan guncangan, serta dapat meminimalkan derau(*noise*). Gambar 2.17 menunjukan struktur kabel serat optik.



Gambar 2.17 Struktur Kabel Serat Optik[2]

Photo fiber optik sensor, merupakan jenis photoelektrik sensor hanya saja fungsi kabel konvensional digantikan dengan kabel serat optik. Photo fiber optik sensor digunakan pada area yang sulit dijangkau dan tidak memunginkan untuk menggunakan photoelektrik sensor. Keuntungan lainnya adalah dapat mendeteksi benda dengan ukuran kecil. Meski begitu *Photo fiber optik sensor* memiliki kelemahan yaitu hanya dapat mendeteksi objek dengan jarak minimum (dekat). Jenis *Photo fiber optik sensor* yang digunakan adalah *diffuse reflective* yang secara garis besar fungsinya sama dengan *diffuse reflective* photo sensor, yaitu *emitter* dan *receiver* terdapat pada satu bagian. Cara kerjanya pun sama dengan memanfaatkan pantulan cahaya. *Photo fiber optik sensor* tipe *diffuse reflective* ditunjukkan pada Gambar 2.18

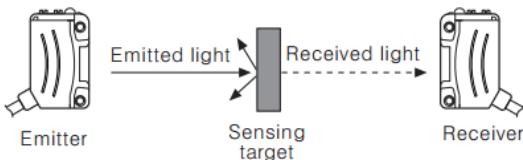


Gambar 2.18 Bentuk sensor Photo Fiber Optik tipe *diffuse reflective*[2]

2.2.1.5 *Optical Fiber Sensor*

Optical fiber sensor merupakan jenis photoelektrik sensor dengan tipe *through-beam* dimana letak *emmitter* terpisah dengan *receiver*.

Keunggulan dari tipe ini adalah dapat mendeteksi objek dengan jarak cukup jauh, serta mampu mendeteksi keberadaan objek dengan jumlah banyak secara bersamaan. Cara kerja tipe ini seperti ditunjukkan pada Gambar 2.19. Dimana *emitter* akan menembakan cahaya mengenai *receiver*. Jika objek melintasi cahaya tersebut maka receiver tidak akan menerima cahaya, dan akan terjadi trigger pada sensor.



Gambar 2.19 Prinsip Kerja Sensor *Optical Fiber*[2]

2.2.2 Aktuator

Aktuator adalah suatu peralatan mekanik, yang menggerakan dan mengontrol sistem agar tujuan tercapai. Pengalamatan keluaran (*Output*) PLC terhubung dengan aktuator. Berdasarkan tenaga penggeraknya terdapat tiga jenis aktuator yaitu: aktuator bertenaga listrik, aktuator bertenaga udara (pneumatik) dan aktuator bertenaga air (fluida). Masing-masing jenis aktuator tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan, misalnya aktuator fluida sangat cocok digunakan sebagai aktuator yang membutuhkan torsi besar. Sedangkan aktuator pneumatic lebih aman dibanding aktuator bertenaga listrik. Aktuator yang digunakan pada *Factory Automatic Trainer* antara lain :

2.2.2.1 Konveyor Belt

Konveyor adalah salah satu perangkat yang berfungsi untuk memindahkan benda kerja dari satu tempat ke tempat lain. Salah satu jenis konveyor adalah konveyor *belt*. Karakteristik dari konveyor *belt* adalah bentuk lintasan yang memanjang, serta bahan lintasan berupa karet atau bahan sejenis yang bertujuan agar benda kerja tidak terjatuh saat konveyor berjalan. Bahan tersebut nampak seperti sabuk (*belt*).



Gambar 2.20 Bentuk Fisik Konveyor *Belt*

Pada Gambar 2.20 terlihat Konveyor *Belt* pada ujung-ujungnya dipasang katrol, dan salah satu katrol terhubung dengan motor. Sehingga ketika motor bekerja katrol akan berputar dan konveyor akan bergerak. Umumnya konveyor *belt* dilengkapi pengaturan kecepatan motor (*speed controller*) yang dipasang pada salah satu katrol untuk menyesuaikan laju pergerakan konveyor *belt*.

2.2.2.2 Feeding System dan Feeder Tube

Feeding system adalah sistem yang digunakan untuk mengendalikan masuknya benda kerja pada *plant*. *Feeding System* terdiri dari sebuah *photo fiber* optik sensor yang selanjutnya disebut *Magazine* (MAG), *double acting pneumatic Cylinder*, serta *solenoid valve 5/2*. Sedangkan *Feedeer tube* adalah tabung yang digunakan untuk menampung benda kerja. Bentuk fisik ditunjukan pada Gambar 2.21



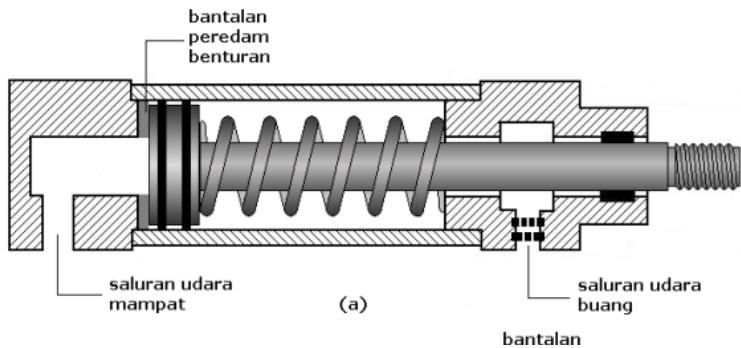
Gambar 2.21 Bentuk fisik *Feeding System* dan *Feeder Tube*

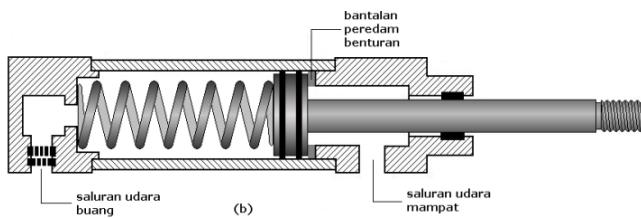
Prinsip kerja keduanya adalah mula-mula benda kerja dimasukan kedalam *feeder tube* hingga penuh. Selanjutnya apabila Konveyor dalam keadaan berjalan (*ON*) dan *Magazine* mendeteksi keberadaan benda kerja maka akan mengaktifkan *solenoid valve* dan *Cylinder pneumatic* untuk mendorong benda kerja masuk ke *plant* (*energize*). Selang beberapa detik

Cylinder akan kembali ke kedudukan semula (*react*) dan benda kerja lain akan jatuh dari *feeder tube* terdeteksi sensor *Magazine* kembali.

2.2.2.3 Linear Single Acting Pneumatic Cylinder

Istilah aktuator pneumatik mewakili sebuah piranti atau komponen yang bisa digunakan untuk melakukan aktivitas menarik, mendorong, berputar, memegang dan memindah objek dengan tenaga udara mampat. Aktuator linear pneumatik biasa disebut silinder pneumatik yang menggabungkan tabung dan piston dengan konstruksi tertentu. Diameter tabung menentukan gaya yang dapat dihasilkan silinder. Umumnya, silinder dirancang untuk mampu bekerja pada tekanan udara maksimum hingga 15 bar. Tekanan udara yang dialirkan ke silinder terlebih dahulu diatur oleh regulator agar daya dorong sesuai dengan kebutuhan. Silinder ini menggunakan udara tekan untuk melakukan kerja hanya dalam satu arah (langkah) saja. Langkah balik dilakukan dengan menggunakan pegas mekanik yang dipasang di dalam silinder. Sebagian besar silinder gerak tunggal ukuran diameternya kecil dan untuk kerja ringan serta hanya tersedia dalam ukuran panjang langkah yang terbatas. [5].

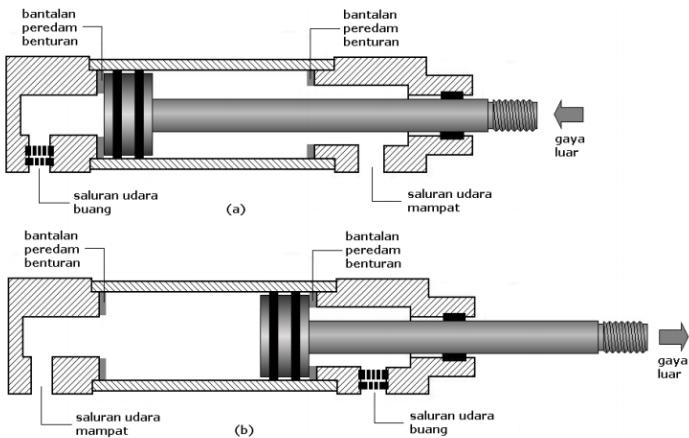




Gambar 2.22 Prinsip kerja *Linear Single Acting Pneumatic Cylinder* (a) kondisi *react* (b) kondisi *energize* [5]

2.2.2.4 Double Acting Cylinder Pneumatic

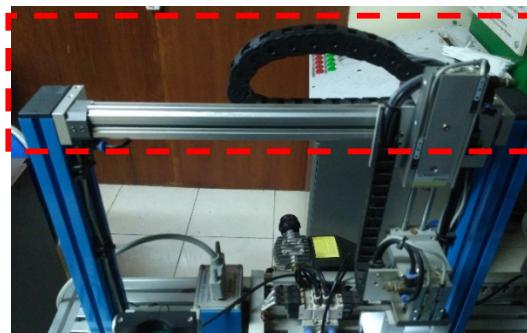
Sebagaimana silinder kerja tunggal, silinder kerja ganda juga biasa disebut dengan silinder gerak ganda atau silinder aksi ganda (*double acting Cylinder*). Aktuator ini menggunakan udara tekan untuk melakukan kerja pada langkah maju dan mundur. Untuk keperluan gerak linier yang cepat, silinder gerak ganda lebih handal dibandingkan aktuator lainnya. Kecepatan gerak silinder yang tinggi memerlukan sistem penggeraman sesaat untuk meredam tabrakan (sistem *cushioning*). Sistem ini harus dipasang untuk menghindari kontak langsung antara piston dan tutup silinder yang dapat mempercepat kerusakan silinder [5].



Gambar 2.23 Prinsip kerja *Double Acting Cylinder Pneumatic* (a) kondisi *react* (b) kondisi *energize*[5].

2.2.2.5 Rodless Cylinder

Silinder tanpa batang (*rodless Cylinder*) pada awalnya dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan ruang yang dibutuhkan oleh silinder konvensional. Sebagaimana tersirat dari namanya, *rodless Cylinder* tidak memiliki batang piston dan sebagai gantinya dipasang sebuah eretan atau meja geser diluar silinder yang ditempatkan berpasangan dengan piston. Eretan dan piston bisa dipasangkan secara langsung dengan menggunakan sebuah alur sepanjang tabung silinder, atau dihubungkan secara tidak langsung dengan menempatkan magnet permanen pada piston dan eretan.



Gambar 2.24 Rodless Cylinder pada FAT

2.2.2.6 Finger Cylinder

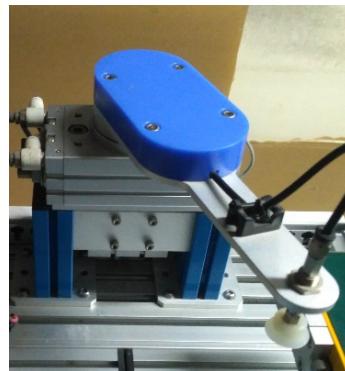
Finger Cylinder adalah jenis silinder yang menghasilkan gerak mencengkram dan melepas. Kegunaan dari *finger Cylinder* adalah untuk meindahkan objek dari satu tempat ke tempat lain dengan memgang bagian luar objek. Cara kerja *finger Cylinder* mirip dengan single acting pneumatik, dimana terdapat piston serta pegas untuk gerakan maju dan mundur. Hanya saja ukuran piston lebih kecil serta pada ujung piston dihubungkan gripper yang akan menghasilkan gerakan mencengkram dan melepas. Bentuk fisik *finger Cylinder* ditunjukkan pada Gambar 2.25



Gambar 2.25 Bentuk Fisik Finger *Cylinder*

2.2.2.7 Vacuum Actuator

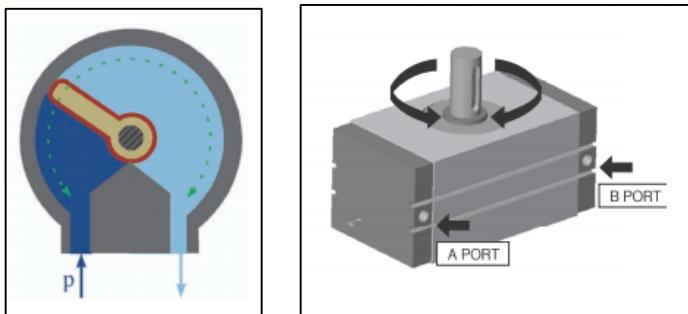
Vaccum actuator adalah perangkat yang terdiri dari *vacuum Cylinder* dan *vacuum pad*. Sama halnya dengan *finger Cylinder*, *vacuum actuator* digunakan untuk memindahkan barang dari satu tempat ketempat lain hanya saja dengan cara menghisap udara disekitar objek sehingga objek menempel. *Vaccum actuator* biasa digunakan untuk memindahkan objek sebelum mengalami suatu proses. Karena bentuk objek masih utuh oleh karena itu terdapat bidang untuk menempel.



Gambar 2.26 Vacuum actuator

2.2.2.8 Rotational Cylinder

Rotational Cylinder adalah salah satu jenis aktuator pneumatic (tenaga angin) yang menghasilkan gerakan memutar searah jarum jam (*Clock Wise*) atau berlawanan arah jarum jam (*Counter Clock Wise*).



Gambar 2.27 Prinsip kerja *Rotational Cylinder*[5].

Cara kerja *rotational Cylinder* adalah, terdapat dua buah celah angin saluran pada *rotational Cylinder*. Saluran tersebut berguna untuk masuknya udara bertekanan tinggi serta keluaran udara buangan. Ketika udara masuk melalui saluran A (*A port*) maka *rotational Cylinder* bergerak searah jarum jam, sedangkan ketika udara masuk melalui saluran B (*B port*) maka *Rotational Cylinder* bergerak berlawanan arah jarum jam. Pengaturan masuknya udara bertekanan tinggi dikendalikan oleh *valve*. Bentuk dan Spesifikasi *Rotational Cylinder* yang digunakan pada *Factory Automatic Trainer* dapat dilihat pada Gambar 2.27.

2.2.3 Komponen penunjang

Terdapat beberapa komponen pendukung lainnya yang tidak dapat dikelompokan ke dalam sensor maupun aktuator. Komponen tersebut dapat berupa *solenoid valve*, regulator udara, benda kerja, dan kompresor. Komponen tersebut sama pentingnya dengan sensor dan aktuator.

2.2.3.1 Kompresor

Kompresor berfungsi untuk membangkitkan/menghasilkan udara bertekanan dengan cara menghisap dan memampatkan udara tersebut kemudian disimpan di dalam tangki udara kempa untuk disuplai pada

aktuator pneumatik. Kompressor dilengkapi dengan tabung untuk menyimpan udara bertekanan, sehingga udara dapat mencapai jumlah dan tekanan yang diperlukan. Tabung udara bertekanan pada kompressor dilengkapi dengan katup pengaman, bila tekanan udaranya melebihi ketentuan, maka katup pengaman akan terbuka secara otomatis.^[3]



Gambar 2.28 Kompresor LAKONI Imola 125

Pada FAT menggunakan kompresor merk Lakoni tipe IMOLA 125. Spesifikasi kompresor ini ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Spesifikasi Kompresor Lakoni IMOLA 125

Lakoni IMOLA 125	
Tegangan	220 V/50 Hz
Debit	145 Liter/menit
Kapasitas	25 Liter
Kecepatan	2850 RPM
Tekanan Maximum	8 Bar
Daya	1.0 HP/ 0,75 KW

2.2.3.2 Regulator

Setelah udara dipompa dari kompresor selanjutnya udara disalurkan ke FAT melalui regulator. Fungsi regulator adalah untuk mengatur besar kecilnya tekanan udara masuk. Regulator dilengkapi dengan *pressure gauge* yang dapat mengukur tekanan udara masuk. Sehingga operator dapat menyesuaikan tekanan udara yang dibutuhkan untuk FAT. Tekanan maksimal pada FAT adalah 2 bar.



Gambar 2.29 Regulator Udara

2.2.3.3 Benda Kerja

Benda kerja dapat diibaratkan sebagai barang yang akan diproduksi pada sistem ini. Terdapat 3 jenis benda kerja yang masing-masing memiliki warna dan spesifikasi berbeda. Bentuk fisik benda kerja ditunjukan Gambar 2.30. Serta spesifikasinya ditunjukan pada Tabel 2.2



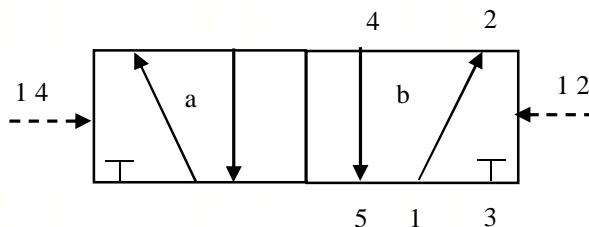
Gambar 2.30 Benda Kerja Tipe A ,B, dan C

Tabel 2.2 Spesifikasi Benda Kerja

Variabel	Benda Kerja A	Benda Kerja B	Benda Kerja C
Diameter	38mm		
Tinggi	29mm		
Warna	Hitam	Biru	Silver
Kandungan Logam	Tidak Ada	Tidak Ada	Ada

2.2.3.4 Solenoid Valve

Solenoid valve adalah kombinasi dari dua dasar unit fungsional, yaitu : *Solenoid* (elektromagnetik) dengan intinya, dan badan katup yang berisi satu atau lebih lubang aliran. Fungsi dari *solenoid valve* adalah mengatur jalanya aliran angin ke pneumatik aktuator. Pergerakan inti *solenoid* bergantung trigger arus pada inti. Jika dialiri arus maka inti *solenoid* bergerak, jika tidak akan kembali ke posisi semula. Pergerakan inti solenoid mengakibatkan perubahan aliran angin pada *solenoid valve*.



Gambar 2.31 Prinsip Kerja Solenoid Valve

Solenoid valve yang digunakan pada FAT adalah tipe 5/2 solenoid valve. Penulisan tipe ini berdasarkan jumlah lubang(5) serta jumlah ruang (2). Terdapat tiga lubang bawah (1,3,5) dan dua lubang pada bagian *Output* (2,4). Penggerak katup berupa udara bertekanan dari sisi 14 dan 12. Sisi 14 artinya bila disisi tersebut terdapat tekanan udara, maka tekanan udara tersebut akan menggeser katup ke kanan sehingga udara bertekanan akan mengalir melalui port 1 ke port 4 ditulis 14. Demikian pula sisi 12 akan mengaktifkan ruang b sehingga port 1 akan terhubung dengan port 2 ditulis 12_[2]

2.3 Progamable Logic Control (PLC)

PLC adalah sebuah perangkat elektronik yang mempunyai fungsi utama untuk mengendalikan pergerakan aktuator agar dapat mencapai tujuan suatu sistem. Fungsi penting lain dari PLC antara lain: dapat menyimpan instruksi dan menjalankan fungsi khusus seperti logika, perhitungan (*counting*), urutan (*sequence*), pewaktuan (*timing*), dan operasi aritmetika, serta tahan terhadap lingkungan industri yang keras.

Kemunculan awal PLC pada 1960an menggantikan fungsi relay pada kendali otomatis. Relay digunakan untuk menggerakan beberapa kontak yang menghubungkan antara sensor dan aktuator. Meski begitu relay memiliki kelemahan yaitu boros material dan tempat, perawatan yang sulit, serta *wiring* (pengkabelan) yang rumit . PLC adalah hasil penyempurnaan dari relay, satu buah PLC terdapat beberapa jumlah relay dan kontaktor. Selain itu, PLC tidak memerlukan *wiring* yang rumit karena dapat digantikan dengan program yang mudah untuk diatur didalamnya. Berdasarkan ukuran dan kemampuannya PLC dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

1. Tipe *Compact*

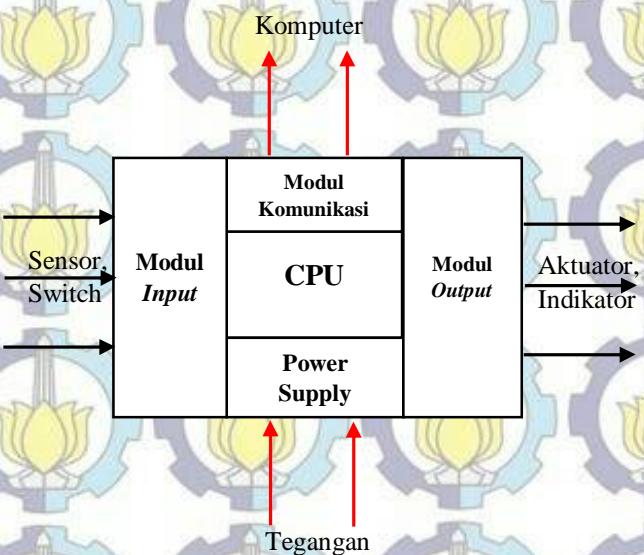
Karakteristik dari tipe ini adalah ukurannya yang kecil (*power supply*, CPU, modul *Input/Output*), jumlah *Input/Output* yang terbatas serta tidak dapat ditambah (*expand*) modul khusus. Meski begitu tipe ini lebih murah, serta cocok untuk lokasi yang kecil dan tidak terlalu membutuhkan banyak *Input/Output*

2. Tipe Modular

Berbeda dengan tipe *compact*, tipe modular memiliki ukuran yang besar, dapat ditambah modul *Input/Output* maupun modul khusus (*expandable*)

2.3.1 Komponen Dasar PLC

PLC berfungsi sebagai pengganti relay dengan jumlah yang cukup banyak. Maka dari itu terdapat beberapa komponen PLC yang saling mendukung membentuk konfigurasi PLC seperti pada Gambar 2.32



Gambar 2.32 Komponen Dasar PLC

Secara umum PLC tersusun oleh beberapa komponen diantaranya :

1. *Power supply*

Berupa tegangan AC sebesar 120/240 VAC untuk suplai daya PLC. Dilengkapi suplai daya untuk modul I/O, PLC memiliki *power supply* internal sebesar 24 VDC. Serta baterai 3.6 V untuk menjaga RTC (*Real Time Clock*) tetap aktif meski PLC non aktif.

2. Prosesor (CPU)

CPU 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]

3. Modul *Input-Output*

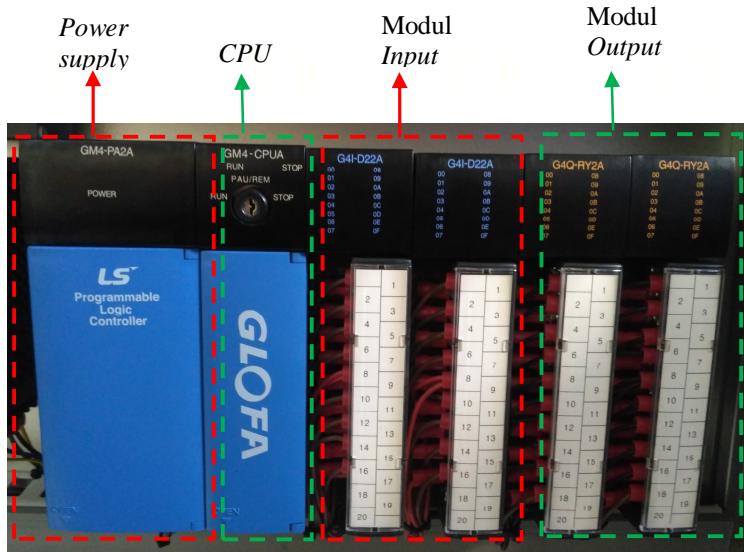
Modul *Input –Output* berisikan port-port yang berfungsi untuk menghubungkan komponen masukan/*Input* (sensor, switch dsb) dan juga menghubungkan komponen keluaran/*Output* (Indikator, aktuator) ke CPU PLC. Untuk PLC tipe compact modul I/O sudah terpasang secara internal dalam PLC. Sedangkan tipe modular letak modul ini terpisah dengan CPU PLC dan dapat ditambah (*expand*).

4. Modul Komunikasi

Modul komunikasi berupa peranti yang menghubungkan CPU dengan Komputer sehingga PLC dapat diprogram dari komputer serta dapat memonitoring kondisi suatu plant. Modul komunikasi berupa kabel hubung 9 pin dan kabel komunikasi USB RS232.

2.2.2 Spesifikasi PLC LG GM4

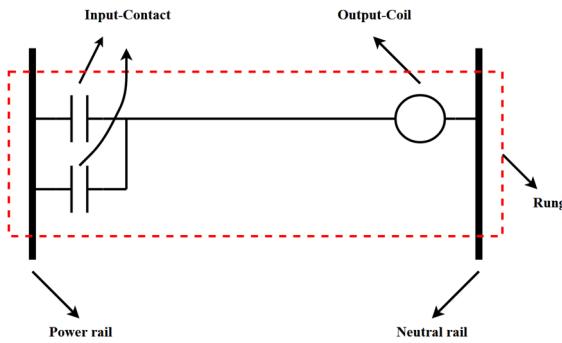
Pada Factory Automatic Trainee digunakan PLC merk LG tipe GM4 untuk mengendalikan sistem. PLC tipe ini berjenis PLC Modular dengan jumlah port I/O masing-masing 15. Pada Gambar terlihat bahwa modul *Input* dan modul *Output* berjumlah dua slot. Tipe PLC yang digunakan adalah modular dimana modul I/O terpisah dengan CPU dan dapat ditambah (*expand*). Tipe CPU yang digunakan adalah GM4-CPUA, Power Supply tipe GM4-PA2A ,serta modul *Input* tipe GH4I-D22A dan modul *Output* tipe G4Q-RY2A. Gambar 2.33 menunjukkan PLC LG Glofa tipe GM4.



Gambar 2.33 PLC LG GLOFA GM4

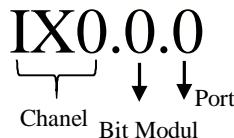
2.2.3 Pengalamatan dan Instruksi Dasar PLC

Terdapat beberapa bahasa yang bisa digunakan dalam pemrograman PLC antara lain: *Sequential Function chart*, *Function Block Diagram*, *Statemen List* dan *Ladder Diagram* (LD). Pada penelitian ini penulis menggunakan *Ladder diagram* untuk bahasa pemrograman PLC. *Ladder Diagram* merupakan bahasa pemrograman pertama yang diciptakan untuk PLC dan paling populer. Hal ini dikarenakan penggunaannya yang mudah. Bahasa pemrograman ini berbentuk tangga (*ladder*) dimana dapat memuat informasi berupa langkah kerja suatu sistem. Bentuk dari bahasa pemrograman ditunjukkan pada Gambar 2.34



Gambar 2.34 Ladder Diagram[4]

Dalam suatu ladder memiliki beberapa anak tangga (*rung*). Rung memuat beberapa komponen pemrogramman LD antara lain : *Contact (Input)*, *coil (Output)* dan beberapa fungsi lainnya seperti *timer*, *counter* dsb. Dua garis yang mengapit rung menunjukkan *power rail* dan *neutral rail* yang menggambarkan aliran arus listrik dari kiri ke kanan serta dari atas ke bawah. Pengalaman tiap komponen pada satu *rung* disebut *Addressing*. Tiap vendor PLC memiliki aturan pengalaman yang berbeda. Gambar 2.35 menunjukkan aturan pengalaman PLC LG



Gambar 2.35 Aturan Pengalamanat PLC LG

Penulisan alamat alamat pada PLC LG diawali dengan chanel tipe komponen yang digunakan diikuti dengan bit . Untuk *Input* alamat diwakili dengan “IX0”, untuk coil (*Output*) dituliskan “QX0” sedangkan memori dituliskan “MX”. Angka berikutnya mewakili mewakili alamat modul. Misalnya *Input* yang digunakan terletak pada modul pertama maka penulisan diwakili angka nol “0”. Penamaan modul dimulai dari angka nol. Terakhir adalah pengalamanat bit /port . Misalnya pada modul

Input terpasang pada port ke 15 maka ditulis “14”. Sama halnya modul penulisan bit dimulai dari angka “0”

Instruksi atau perintah dasar pada PLC dirancang melakukan pemrograman pada PLC. Perintah-perintah tersebut dibutuhkan untuk menangani sistem kontrol otomatis pada mesin industri. Tabel 2.3 menampilkan beberapa instruksi dasar.

Tabel 2.3 Instruksi Dasar PLC[4]

Instruksi	Simbol	Keterangan
<i>Load</i>	— —	Instruksi <i>load</i> adalah kontak <i>normally open</i> (NO). Perintah ini digunakan untuk mengetahui kehadiran sinyal <i>Input</i> fisik. Ketika <i>Input</i> fisik aktif maka simbol juga akan aktif.
<i>Load Bar</i>	— /—	Instruksi <i>load bar</i> adalah kontak <i>normally closed</i> (NC). Kebalikan dari perintah <i>load</i> , ketika <i>Input</i> fisik nonaktif maka simbol <i>load bar</i> akan aktif.
<i>Out</i>	—○—	Mirip seperti <i>coil</i> pada <i>relay</i> . Simbol akan aktif ketika mendapatkan sinyal benar (<i>True</i>) dari <i>rung</i> di sebelah kiri <i>ladder</i> .
<i>Out Bar</i>	—○/—	Simbol akan aktif ketika mendapatkan sinyal salah (<i>False</i>) dari <i>rung</i> di sebelah kiri <i>ladder</i> . Oleh karena itu instruksi ini dapat dikatakan sebagai <i>Output normally closed</i> atau kebalikan dari perintah <i>out</i> .

2.4 Metode *Sequence chart Diagram*

Metode ini merupakan salah satu metode yang berfungsi untuk mempermudah memahami urutan kerja sistem. *Sequence chart* berisi diagram tahapan proses dari awal sampai akhir. Sehingga untuk menyusun Diagram *Ladder* dapat dilakukan secara urut dan bertahap.

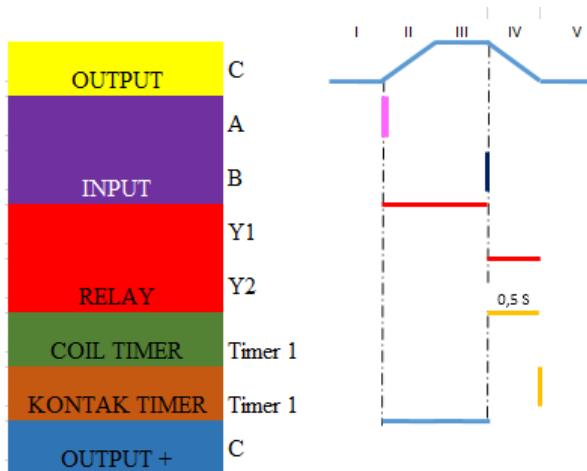
2.4.1 Sequence chart

Sequence chart dengan nama lain *time-motion diagrams, state diagram* atau *bar chart* berfungsi untuk memvisualisasikan cara kerja sistem. Sumbu vertikal pada *sequence chart* mewakili setiap elemen yang memiliki bagian untuk melakukan aksi (*Input, Output, relay, timer, counter* dan sebagainya). Sedangkan untuk sumbu horizontal merepresentasikan tahapan atau langkah dalam urutan sistem. Terdapat beberapa aturan penulisan yang disajikan pada tabel 2.4. Sebagai contoh dapat dilihat Gambar 2.36

Tabel 2.4 Instruksi Penggambaran *Sequence Chart*

No	Nama	Simbol	Keterangan
1.	Input		Input berupa sensor atau switch disimbolkan seperti garis vertikal sesaat atau horizontal apabila input aktif terus menerus pada waktu tertentu
2.	Output (Pneumatik)		Output Pneumatik dilambangkan dengan garis diagonal keatas (aktif) dan kebawah (non aktif)
3	Relay		Relay aktif disimbolkan garis horizontal berwarna merah. Panjang garis sesuai waktu aktuator tersebut aktif.
4	Output (Motor)		Output motor dilambangkan dua garis vertikal yang mengapit garis horizontal. Panjang garis horizontal sesuai lama aktuator tersebut aktif.
5	Coil Timer		Coil Timer dilambangkan garis horizontal seperti relay, hanya warnanya beragam kecuali merah
6	Kontak Timer		Kontak timer dilambangkan garis vertikal, letak nya tepat setelah sequence coil timer dan warnanya harus sesuai coil timer

No	Nama	Simbol	Keterangan
7	Output (+)		Output(+) menandakan output yang aktif. Dilambangkan garis horizontal dengan panjang dan warna sesuai output yang dimaksud
8	Garis putus-putus		Garis ini berfungsi untuk menandakan waktu aktifnya suatu output dengan kata lain batas Output(+)



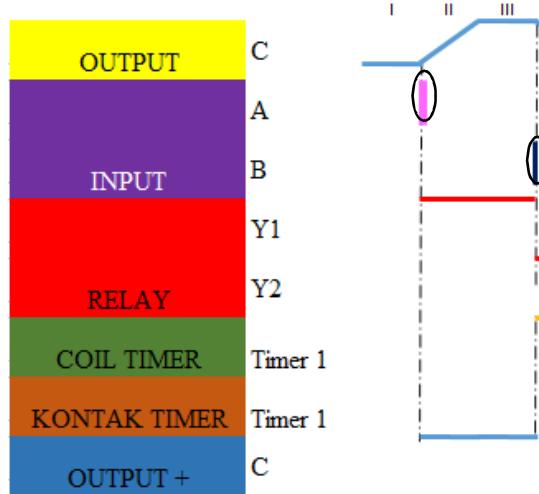
Gambar 2.36 Sequence chart

2.4.2 Switching function

Switching function merupakan persamaan yang digunakan sebagai pendekatan untuk melambangkan keadaan yang terjadi dari hubungan antara imput dan *Output*. Pembuatan switching function berdasarkan jumlah relay, setiap adanya 1 relay maka dapat di ubah menjadi 1 persamaan *switching function*. Dari Gambar terdapat tiga buah relay. Relay tersebut dapat aktif dikarenakan suatu keadaan hal ini disebut set, sedangkan posisi non aktif relay adalah akibat dari suatau keadaan yang

berbeda disebut reset. Aktuator yang dipengaruhi kerja relay tersebut terletak satu kolom dengan relay. Tahap selanjutnya jika *Sequence chart* sudah selesai, yaitu merubah kebentuk *Switching Chart*. Misalnya untuk relay Y1

- Relay Y1



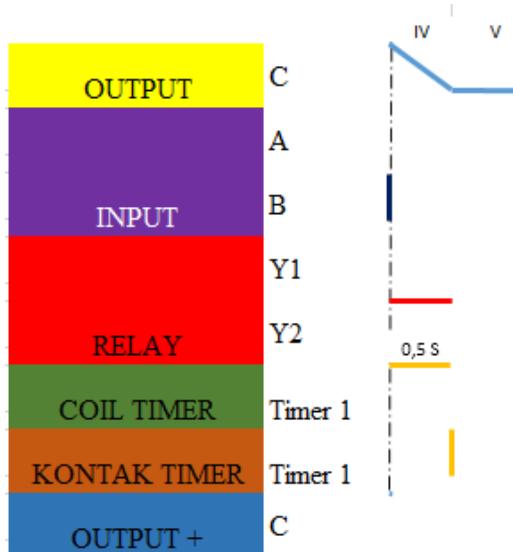
Gambar 2.37 Sequence chart Relay Y1

Sequence Chart Relay Y1 ditunjukkan pada Gambar 2.37. Relay ini diaktifkan oleh sensor A dan dimatikan oleh sensor b. Maka dapat dikatakan set dari relay Y1 adalah sensor a dan reset Y1 adalah sensor b. Sedangkan aktuator yang aktif adalah C (+). Nilai postif mewakili aktuator tersebut aktif. Untuk nilai reset biasanya dituliskan dalam bentuk *load bar* (normally close). Dalam bentuk *Switching Function* sebagai berikut

$$Y1 = (A + Y1) * \bar{B}$$

$$C(+) = Y1$$

- Relay Y2



Gambar 2.38 Sequence chart Relay Y2

Sequence Chart Relay Y2 ditunjukkan pada Gambar 2.38 . Set pada relay Y2 adalah ketika sensor B *high*, sedangkan reset relay ini adalah kontak timer 1. *Coil Timer* kontak 1 aktif karena sensor B *high* dan mati karena kontak timer 1 aktif. Relay Y2 berfungsi untuk menon aktikan aktuator C.

$$Y2 = (B + Y2) * \overline{T1}$$

$$T1 = (B + Y2) * \overline{T1}$$

$$C(-) = Y2$$

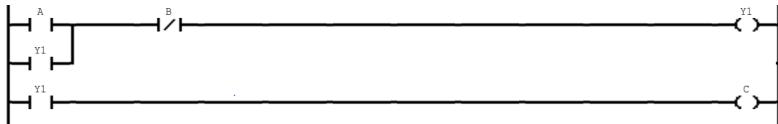
2.4.2 Ladder Diagram

Pembuatan Ladder Diagram adalah dengan melihat Switching Function pada tiap relay. *Input* set dikonversikan ke kontak NO , *Input* reset yang dituliskan dalam bentuk bar “ – “ dikonversikan ke bentuk kontak NC. Operasi bilangan plus “+” memiliki makna komponen dirangkai secara paralel. Operasi bilangan kali “ * “ merepresentasikan komponen dirangkai secara seri. Sebagai contoh relay Y1

- Relay Y1

$$Y1 = (A + Y1) * \bar{B}$$

$$C(+) = Y1$$



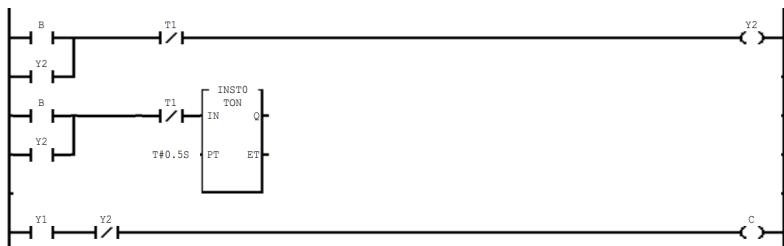
Gambar 2.39 Ladder Diagram Relay Y1

- Relay Y2

$$Y2 = (B + Y2) * \bar{T1}$$

$$T1 = (B + Y2) * \bar{T1}$$

$$C(-) = Y2$$

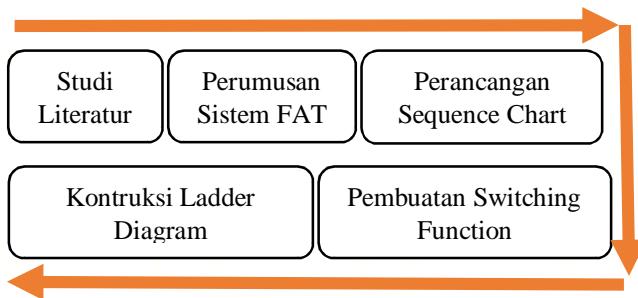


Gambar 2.40 Ladder Diagram Relay Y2 dan Output C

BAB 3

PERANCANGAN SISTEM

Kontruksi *Ladder Diagram* menggunakan metode *Sequence chart* memiliki beberapa tahap: Diawali dengan Studi Literatur, Perumusan Sistem Plant, Perancangan *Sequence chart*, Pembuatan *Switching Function*, hingga KonStruksi Ladder Diagram. Hal tersebut dapat dijelaskan dengan Gambar 3.1



Gambar 3.1 Tahapan penelitian

Pada tahapan studi literatur, penulis telah mempelajari beberapa sumber serta menganalisa plant *Factory Automatic Trainer* meliputi cara kerja plant, komponen yang digunakan serta fungsi-fungsi tiap komponen. Selanjutnya akan dibahas tahap Perumusan Sistem *Factory Automatic Trainer*, Pembuatan *Switching Function* serta Kontruksi *Ladder Diagram*.

3.1 Perumusan Sistem *Factory Automatic Trainer*

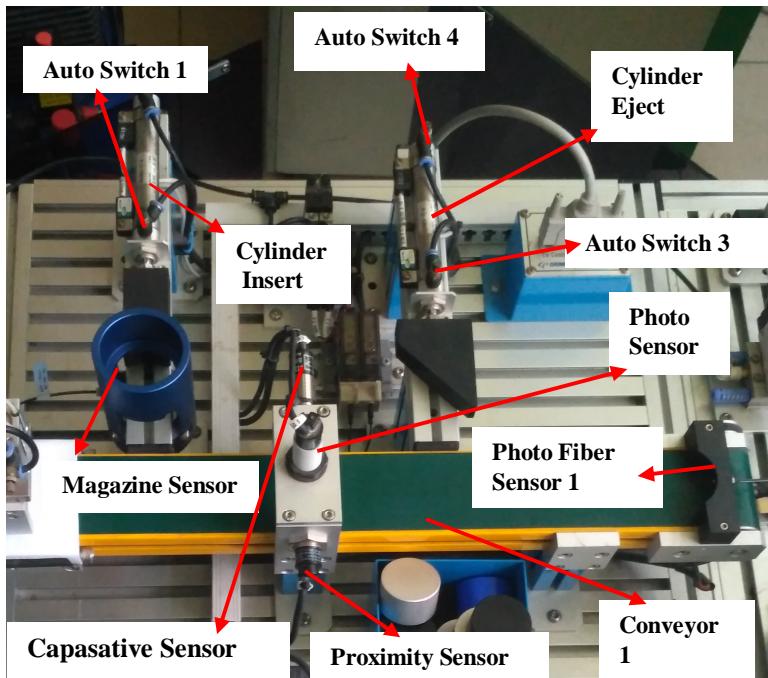
Plant Factory Automatic Trainer dirancang sebagai replika pada otomasi Industri. Terdapat 4 modul yang merepresentasikan tiap proses. Keempat modul tersebut memiliki I/O dan *sequence* masing-masing.

3.1.1 I/O Sistem

Sistem I/O adalah sistem Masukan (*Input*) dan Keluaran (*Output*) pada PLC. *Input* dapat berupa sensor dan *switch*. Sedangkan *Output* berupa aktuator seperti *Cylinder* dan motor. I/O pada tiap modul berbeda-beda bergantung fungsi dari modul.

3.1.1.1 I/O Modul Separation

Fungsi utama dari modul *separation* adalah sortir barang. Barang yang sesuai akan diteruskan ke modul *pick and place* sedangkan yang tidak akan dibuang dengan cara mengaktifkan *Cylinder Eject*. Gambaran komponen secara rinci serta keterangan ditunjukkan pada Gambar 3.2 dan Tabel 3.1; Tabel 3.2



Gambar 3.2 Input/Output Modul Separation

Tabel 3.1 Input Modul Separation

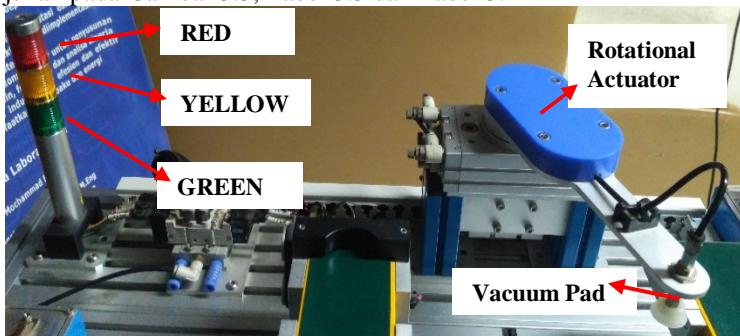
No	Nama	Symbol	Fungsi
1.	Tombol Start	START	Untuk memulai program
2.	Tombol <i>Emergency</i>	EMC	Untuk menghentikan program keseluruhan jika terjadi keadaan terdesak
3.	<i>Capasative Sensor</i>	CAPS	Mendeteksi keberadaan benda pada <i>separation</i> proses
4	<i>Magazine Sensor</i>	MAG	Mendeteksi keberadaan benda kerja pada <i>feeding system</i>
5	<i>Photo Sensor</i>	PHOS	Mendeteksi warna benda, menolak benda kerja warna biru
6	<i>Proximity Sensor</i>	PROX	Mendeteksi keberadaan benda kerja yang mengandung logam
7	<i>Photo Fiber Sensor 1</i>	END1	Mendeteksi benda kerja pada ujung Konveyer 1
8	<i>Auto Switch 1</i>	AS_INSERT	Mendeteksi <i>Cylinder Insert</i> posisi energize pada modul <i>separation</i>
9	<i>Auto Switch 2</i>	AS_INSERT_RETURN	Mendeteksi <i>Cylinder Insert</i> posisi <i>react</i> pada modul <i>separation</i>
10	<i>Auto Switch 3</i>	AS_EJECT	Mendeteksi <i>Cylinder Eject</i> posisi energize pada modul <i>separation</i>
11	<i>Auto Switch 4</i>	AS_EJECT_RETURN	Mendeteksi <i>Cylinder Return</i> posisi <i>react</i> pada modul <i>separation</i>

Tabel 3.2 Output Modul Separation

No	Nama	Symbol	Fungsi
1.	<i>Cylinder Insert Energize</i>	INSERT	Mendorong benda kerja memasuki modul separation dengan gerak langkah maju
2.	<i>Cylinder Insert React (Return)</i>	IRETURN	Mengembalikan <i>Cylinder insert</i> ke posisi semula dengan langkah mundur
3.	<i>Cylinder Eject Energize</i>	EJECT	Menolak barang yang tidak sesuai dengan langkah maju <i>Cylinder</i>
4	<i>Cylinder Eject React (Return)</i>	ERETURN	Mengembalikan <i>Cylinder Eject</i> ke posisi semua dengan langkah mundur
5	<i>Conveyor 1</i>	CONV1	Membawa benda kerja bergerak pada separation proses dari feeding system ke proses <i>pick and place</i>

3.1.1.2 I/O Modul *Pick and place*

Fungsi utama modul ini memindahkan benda kerja dari konveyor 1 ke konveyor 2 dengan syarat utama benda sudah berada di ujung konveyor 1. Gambaran komponen secara rinci serta keterangan ditunjukkan pada Gambar 3.3, Tabel 3.3 dan Tabel 3.4



Gambar 3.3 Input/Output Modul *Pick and Place*

Tabel 3.3 Input Modul *Pick and Place*

No	Nama	Symbol	Fungsi
1.	Auto Switch 5	AS_DOWN_V	Mendeteksi <i>Vacuum pad</i> posisi dibawah
2.	Auto Switch 6	AS_RCCW	Mendeteksi <i>Rotary Cylinder</i> kedaan bergerak searah jarum jam
3.	Auto Switch 7	AS_RCW	Mendeteksi <i>Rotary Cylinder</i> kedaan bergerak berlawanan arah jarum jam
4	Auto Switch 8	AS_UP_V	Mendeteksi keadaan <i>vacuum</i> pad posisi diatas
5	Auto Switch 9	AS_VACUUM	Mendeteksi kerja <i>vacuum</i>

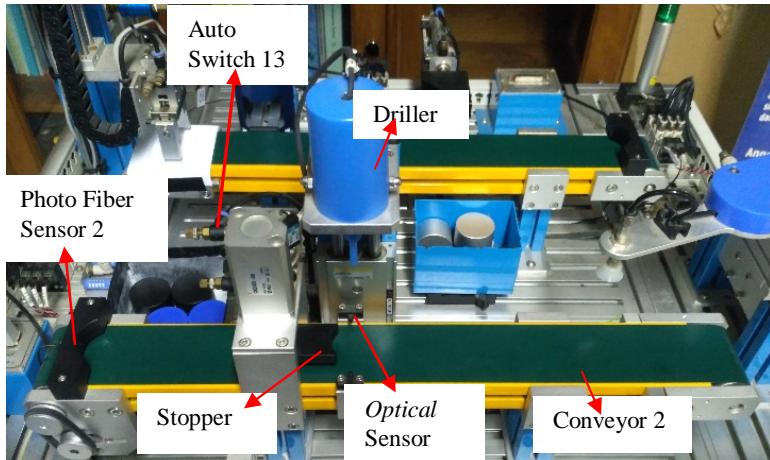
Tabel 3.4 Output Modul *Pick and Place*

No	Nama	Symbol	Fungsi
1.	<i>Rotary Cylinder Counter Clock Wise</i>	RCCW	Mengerakan <i>Rotary Cylinder</i> bergerak searah jarum jam
2.	<i>Rotary Cylinder Clock Wise</i>	RCW	Mengerakan <i>Rotary Cylinder</i> bergerak berlawanan arah jarum jam
3.	<i>Vacuum Pad Down</i>	DOWN_VACUUM	Menurunkan <i>vacuum pad</i> ke posisi bawah tepat ke benda kerja
4	<i>Vacuum Pad Up</i>	UP_VACUUM	Mengerakan <i>vacuum</i> ke atas
5	<i>Vacuum</i>	VACUUM	Proses hisap benda kerja sehingga dapat dibawa untuk pindah posisi

3.1.1.3 I/O Modul *Stopper*

Proses utama modul ini adalah *drilling*/pengeboran proses. Terdapat *stopper* block untuk menghentikan benda agar tidak bergerak ketika proses *drilling* sedang berlangsung. Gambaran komponen secara

rinci serta keterangan ditunjukan pada Gambar 3.4, Tabel 3.5 dan Tabel 3.6



Gambar 3.4 Input/Output Modul Stopper

Tabel 3.5 Input Modul Stopper

No	Nama	Symbol	Fungsi
1.	Optical Sensor (Work Point)	WP	Mendeteksi benda pada stopper modul, dan menginformasikan bahwa benda pada posisi tepat untuk memasuki proses <i>drilling</i>
2.	Photo Fiber Sensor 2	END2	Mendeteksi benda kerja pada ujung Conveyor 2
3.	Auto Switch 10	AS_DRILL_DOWN	Mendeteksi Driller posisi di bawah pada stopper modul pada proses <i>drilling</i>
4	Auto Switch 11	AS_DRILL_UP	Mendeteksi Driller posisi di atas pada stopper modul pada proses <i>drilling</i>

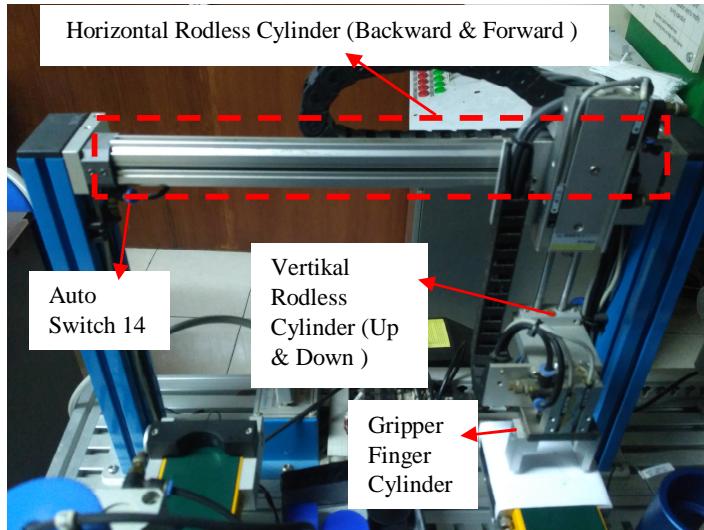
No	Nama	Symbol	Fungsi
5	Auto Switch 12	AS_STOPPER_DOWN	Mendeteksi keadaan <i>stopper</i> posisi di bawah
6	Auto Switch 13	AS_STOPPER_UP	Mendeteksi keadaan <i>stopper</i> posisi di atas

Tabel 3.6 Output Modul Stopper

No	Nama	Symbol	Fungsi
1.	Stopper Up	STOPPER	Mengerakan <i>Stopper</i> keatas
2.	Driller Down	DRILLD	Menurunkan mesin <i>drill</i> ke posisi bawah tepat ke benda kerja
3.	Driller ON	DRILLON	Mengaktifkan mesin <i>drill</i> untuk bekerja
4	Drill Up	DRILLUP	Mengangkat mesin <i>drill</i> ke atas menempatkan ke posisi semula
5	Conveyor 2	CONV2	Membawa benda kerja bergerak pada <i>stopper</i> proses dari <i>line movement</i> modul ke <i>pick and place</i> modul

3.1.1.4 I/O Modul Line Movement

Tujuan utama modul ini adalah pengepakan benda, terdapat *finger Cylinder* untuk memindahkan sesuai dengan tempatnya. Gambaran komponen secara rinci serta keterangan ditunjukan pada Gambar 3.5, Tabel 3.7 dan Tabel 3.8



Gambar 3.5 Input/Output Modul Line Movement

Tabel 3.7 Input Modul Line Movement

No	Nama	Symbol	Fungsi
1.	Auto Switch 14	AS_BACKWARD	Mendeteksi <i>Cylinder Backward</i> pada line movement modul
2.	Auto Switch 15	AS_DOWN_FIN	Mendeteksi <i>finger Cylinder</i> posisi dibawah
3.	Auto Switch 16	AS_FIN_GRIP	Mendeteksi <i>Finger Cylinder</i> pada keadaan Gripp ON
4	Auto Switch 17	AS_FIN_OPEN	Mendeteksi <i>Finger Cylinder</i> pada keadaan Gripp OFF
5	Auto Switch 18	AS_FORWARD	Mendeteksi <i>Cylinder Forward</i> pada pick and place modul
6.	Auto Switch 19	AS_UP_FIN	Mendeteksi Keadaan <i>Finger Cylinder</i> posisi diatas

Tabel 3.8 Output Modul Line Movement

No	Nama	Symbol	Fungsi
1.	<i>Backward Rodless Cylinder</i>	BACKWARD	Menggerakan <i>Finger Cylinder</i> Kearah Modul <i>separation</i>
2.	<i>Forward Rodless Cylinder</i>	FORWARD	Menggerakan <i>Finger Cylinder</i> kearah <i>Stopper Modul</i>
3.	<i>Finger Cylinder</i>	FIN_GRIP	Mencengkram benda kerja untuk dibawa ke posisi lain
4.	<i>Cylinder Rodless Down Finger</i>	DOWN_FIN	Menggerakan <i>Finger Cylinder</i> turun (<i>Down</i>)
5.	<i>Cylinder Rodless Up Finger</i>	UP_FIN	Menggerakan <i>Finger Cylinder</i> naik (<i>Up</i>)

3.1.2 Langkah Kerja Sistem

Setelah mengetahui semua bagian dan fungsi dari I/O sistem, tahap berikutnya adalah menyusun langkah kerja pada sistem *Factory Automayic Trainer*. Penyusunan langkah kerja ini sekaligus dapat dilakukan perancangan *Sequence chart* sistem

3.1.2.1 Langkah Kerja Modul Separation

Proses ini dimulai dengan menekan tombol START pada control panel (pilih tombol apapun untuk dijadikan tombol START). Terdapat beberapa tahapan pada separation proses antara lain :

1. Ketika Tombol START ditekan sistem dalam keadaan *ready*, *Conveyor 1* (CONV1) dan lampu Hijau (GREEN) aktif. Tombol START juga akan mengaktifkan *Cylinder INSERT* untuk mendorong benda kerja ke CONV1 dengan syarat MAG terdeteksi benda dan AS_INSERT_RETURN *high*.
2. *Cylinder INSERT* akan aktif hingga AS_INSERT *high*. Ketika AS_INSERT keadaan sudah *high* maka IRETURN aktif, INSERT tidak aktif. Hal ini akan menyebabkan benda selanjutnya jatuh tepat mengenai MAG kembali.

3. Untuk benda kerja tipe C (warna silver) sensor PHOS,CAPS, dan PROX akan bernilai *high* karena benda kerja tersebut berwarna terang dan mengandung logam. Hal ini akan mengakibatkan *Cylinder Eject* aktif disertai Counting Timer 1
4. Hingga kontak Timer 1 dan AS_EJECT *high* maka mengakibatkan ERETURN dan INSERT aktif, sedangkan EJECT tidak aktif.
5. INSERT aktif benda kerja yang berbeda didorong kembali ke CONV1 dan *step 3* aktif kembali.
6. Untuk benda kerja tipe A (Hitam) dan B(Biru) tidak akan ditolak, EJECT tidak aktif dan diteruskan ke proses selanjutnya.
7. Benda tipe B akan mengaktifkan sensor PHOS dan CAPS yang disimpan di memori internal M35. Benda tipe A hanya akan mengaktifkan sensor CAPS dan tidak disimpan dalam memori internal.
8. CONV1 tetap aktif membawa benda kerja hingga END1 *high* mendeteksi benda kerja. END 1 *high* mengakibatkan CONV1 berhenti dan akan mengaktifkan aktuator pada modul *Pick and place*.
9. Proses ini akan berlangsung hingga proses selesai yang ditandai aktifnya Kontaktor Timer 7 atau 6 dan akan mengaktifkan INSERT dan CONV1 kembali.

3.1.2.2 Langkah Kerja Modul *Pick and place*

Sama halnya pada modul separation, pada modul ini Posisi *Ready* terjadi jika tombol START ditekan. Modul ini diawali dengan sensor END 1 aktif.

1. Tombol START ditekan maka *vacuum* pad posisi tepat diatas *Conveyor 2*. Sehingga RCCW (Rotary *Cylinder Counter Clock Wise*) dan UP_VACUUM aktif.
2. Ketika END1 *high* mendeteksi benda , RCW aktif hingga AS_RCW (Auto Sitch 7) aktif. Pergerakan yang dihasilkan menuju *Conveyor 1*. Bila AS_RCW *high*, DOWN_VACUUM akan aktif sedangkan UP_VACUUM tidak aktif.
3. DOWN_VACUUM aktif hingga AS_DOWN_V (Auto Switch 5) *high*. AS_DOWN_V *high* mengakibatkan VACUUM aktif menyerap udara pada benda kerja dan Counting Timer 2. Sedangkan DOWN_VACUUM tidak aktif

4. Kontak Timer 2 aktif, *VACUUM* masih aktif dan memberikan perintah untuk *UP_VACUUM* aktif hingga *AS_UP_V high*.
5. *AS_UP_V* dan *VACUUM* aktif mengakibatkan *RCCW* aktif menghasilkan pergerakan menuju *Conveyor 2* kembali hingga *AS_RCCW high*, dan karena *VACUUM* masih aktif mengakibatkan *UP_VACUUM off* serta *DOWN_VACUUM* aktif.
6. *DOWN_VACUUM* aktif hingga *AS_DOWN_V high*. Jika *AS_DOWN_V* dan *AS_RCCW high* maka *VACUUM off* dan *Counting Timer 3*. Setelahnya kontaktor *Timer 3* aktif memberikan perintah untuk *UP_VACUUM* dan *CONV2* aktif

3.1.2.3 Langkah Kerja Modul Stopper

Melanjutkan dari langkah kerja sebelumnya *CONV2* aktif membawa benda kerja, dengan syarat Kontak *Timer 3* aktif.

1. Benda kerja berjalan memotong sensor *WP* (*Optical Sensor*) mengakibatkan *Conveyor 2* dan *Lampu Hijau* mati. Sedangkan *Lampu Kuning* dan *DRILLD* (*Driller Down*) aktif. *AS_DRILL_DOWN high* mengakibatkan *DRILLD* mati, *DRILLION* aktif dan *Counting Timer 4*
2. Kontak *Timer 4* aktif maka *DRILLION* dan *Lampu kuning* tidak aktif. Sedangkan *DRILLUP*, *STOPPER*, *Lampu Hijau* dan *CONV2* aktif.
3. Barang berjalan hingga mengenai sensor *END2*. Bila *END2* aktif *CONV2* dan *STOPPER* mati.

3.1.2.4 Langkah Kerja Modul Line Movement

Pada modul ini terjadi proses pengepakan dimana benda kerja yang telah melalui proses sortir dan drilling selanjutnya ditempatkan sesuai kriteria. Untuk benda kerja tipe A akan ditempatkan tepat pada ujung *Conveyor 1*, sedangkan benda kerja tipe B ditempatkan tepat ditengah proses line movement. Keadaan awal (*ready*) *finger grip* berada diatas *Conveyor 1*

1. Tombol *START* ditekan mengakibatkan *UP_VIN* dan *FORWARD* aktif, namun *FIN_GRIP off*.
2. Jika benda kerja sudah sampai di ujung maka *END2* bernilai *high*. Hal ini sebagai perintah untuk menggerakan *Finger Cylinder* bergerak mundur menuju *Conveyor 2*, sehingga *BACKWARD* aktif hingga *AS_BACKWARD high*.

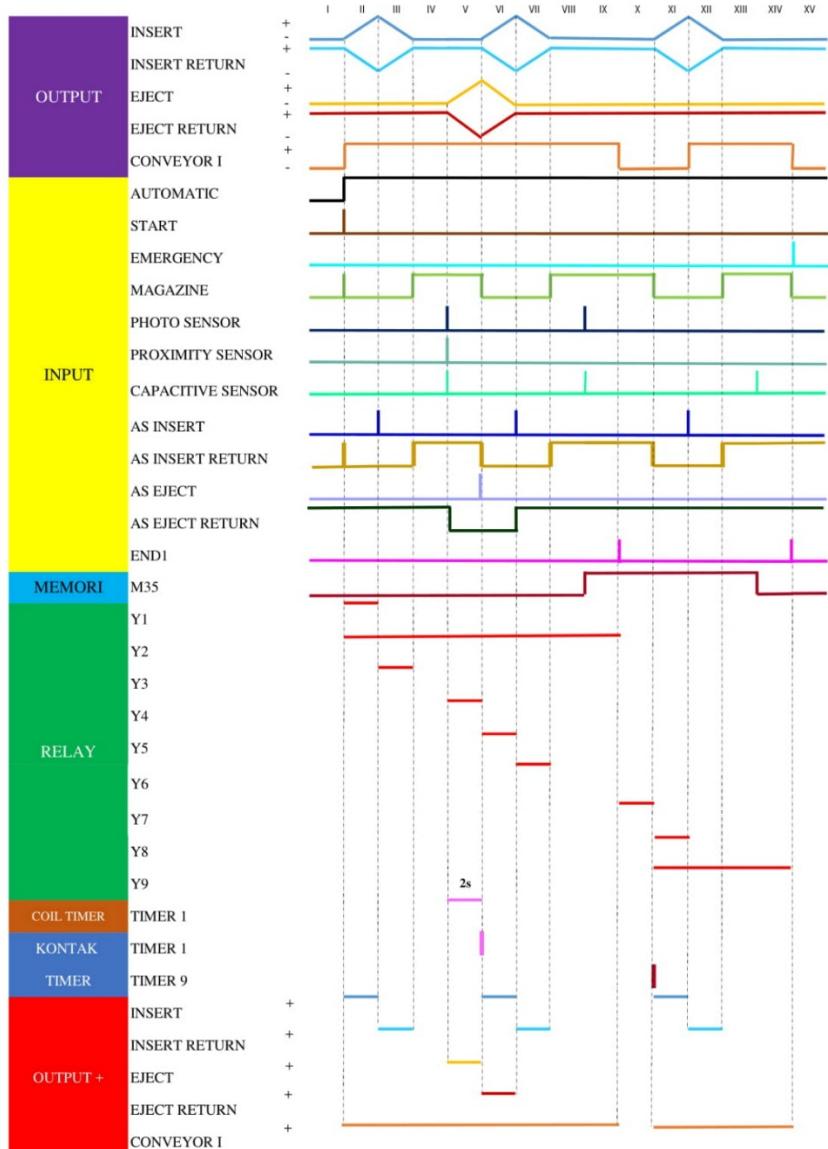
3. AS_BACKWARD *high* memberikan perintah untuk finger *Cylinder* turun, maka DOWN_FIN aktif hingga AS_DOWN_F *high*. Tahap selanjutnya AS_DOWN_F *high* memberi perintah untuk FIN_GRIP aktif.
4. FIN_GRIP aktif mengakibatkan AS_FIN_GRIP *high* dan selanjutnya benda naik keatas. UP_F aktif, sedang DOWN_F mati.
5. Untuk benda kerja tipe B, M35 aktif . Bersamaan dengan AS_UP_FIN , AS_BACKWARD dan AS_FIN_GRIP *high* sehingga finger grip bergeser ke arah *Conveyor* 1 yaitu FORWARD aktif dan Conuting timer 5 selama 0,5 detik
6. Kontak timer 5 aktif meberikan perintah untuk DOWN aktif, bila finger *Cylinder* sudah berada dibawah FIN_GRIP *off* dan menjatuhkan benad kerja di wadah tengah.
7. AS_FIN_GRIP *low* menjadikan keadaan *ready*. Dimana UP_FIN aktif.
8. Proses ini berlangsung hingga kontak timer 9 aktif dan memberikan berintah CONV 1 dan INSERT aktif dengan syarat MAG mendeteksi benda.
9. Untuk benda tipe A, *step* 1 hingga *step* 4 berulang. Pada benda kerja tipe ini M35 tidak aktif sehingga setelah *step* 4 finger grip diteruskan hingga tepat berada diatas *Conveyor* 1. BACKWARD aktif membawa benda kerja.
10. Hingga AS_BACKWARD *high*, Finger cylider turun maka DOWN aktif dan melepaskan benda kerja. Contung timer 6 dan finger *Cylinder* kembali ke posisi *ready*.

3.2 Penyusunan Sequence chart

Setelah mengetahui I/O dan cara kerja sistem langkah selanjutnya adalah menyusun *Sequence chart*. Terdapat 5 variabel yang sejajar dengan sumbu Y keatas yaitu : *Output*, *Input*, *Relay*, *Timer Coil*, *Timer Kontak* serta *Output + (Output yang aktif)*. Sedangkan variabel yang sejajar dengan sumbu X adalah satu satuan waktu yaitu berupa perubahan dari keadaan sebelumnya.

3.2.1 Sequence chart Modul Separation

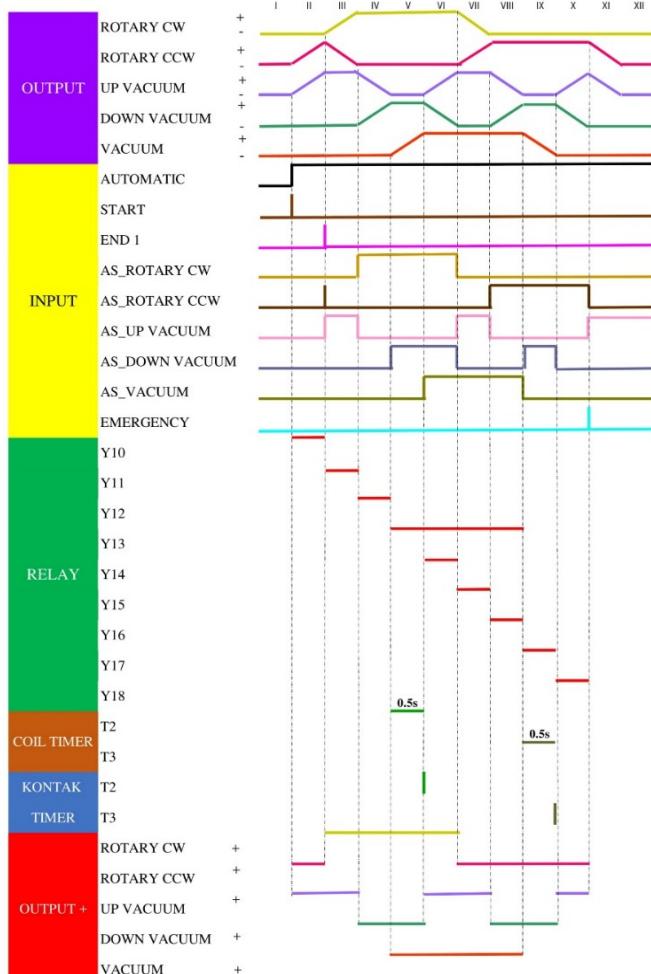
Terdapat 7 tahap dengan tidak ada perulangan pada proses separation. Digunakan Timer 1 untuk menghitung lamnaya *Cylinder Eject* aktif. Sehingga *sequence chart* ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Sequence chart Modul Separation

3.2.2 Sequence chart Modul Pick and place

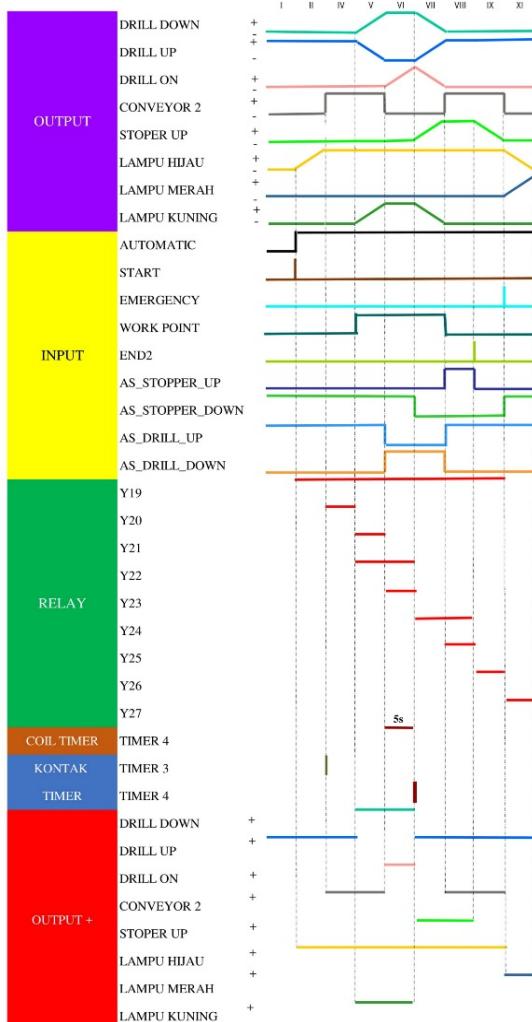
Terdapat 8 relay pada modul ini. Tiap pergerakan pada modul ini terdapat Auto Switch. Ditambahkan dua timer (Timer 2& Timer 3) untuk pengendalian kerja vacuum. *Sequence chart Pick and place* ditunjukkan pada Gambar 3.7 .



Gambar 3.7 Sequence chart Modul Pick and place

3.2.3 Sequence chart Modul Stopper

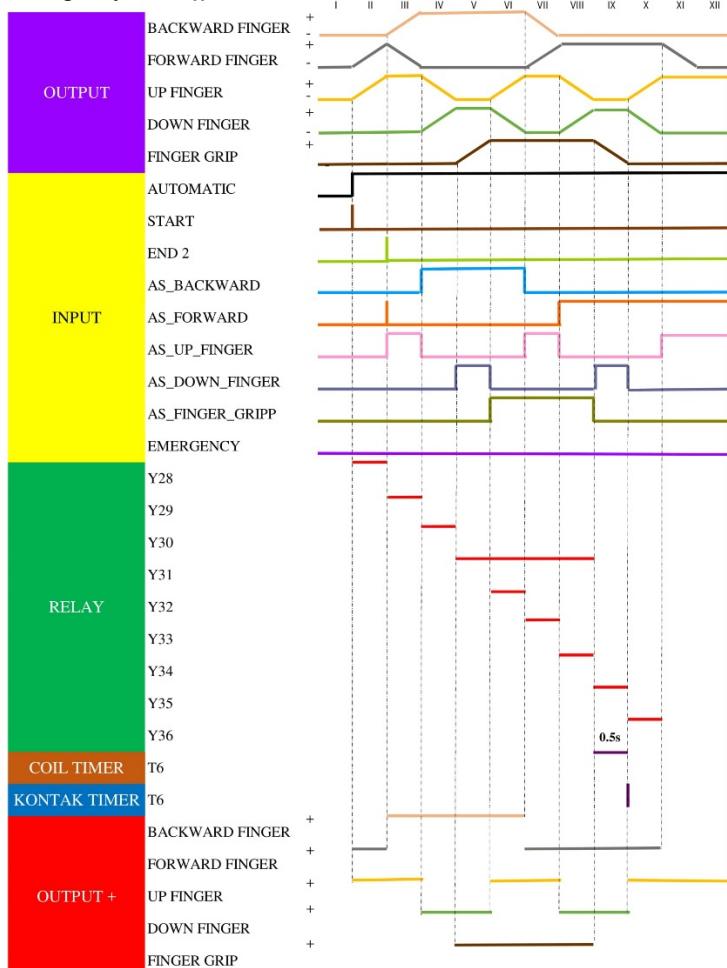
Terdapat lampu Indikator dimana Lampu Merah memberi isyarat bahwa sistem bekerja, Lampu Kuning untuk keadaan proses *drilling*, serta lampu hijau untuk keadaan emergency atau *off* sistem.



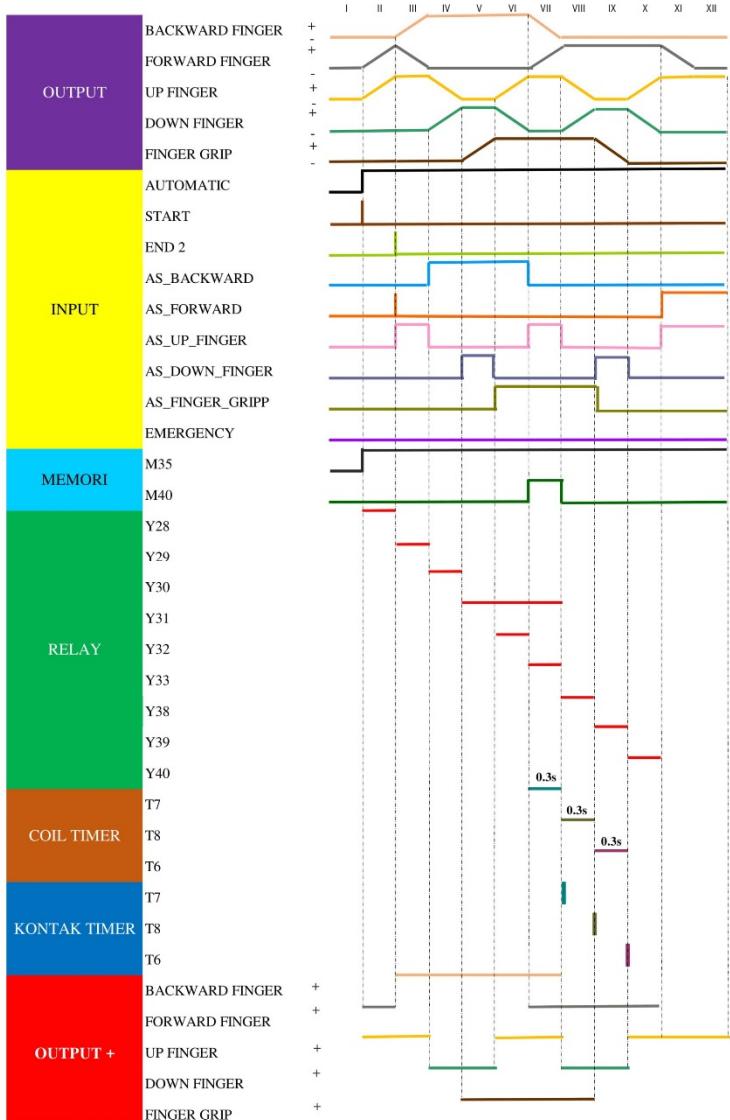
Gambar 3.8 Sequence chart Modul Stopper

3.2.3 Sequence chart Modul Line Movement

Kontak timer 3 yang aktif pada *Pick and place* modul memberikan perintah *Conveyor 2* untuk aktif. Terdapat lampu Indikator dimana Lampu Hijau memberi isyarat bahwa sistem bekerja, Lampu Kuning untuk keadaan proses drilling, serta lampu merah untuk keadaan emergency atau off sistem.



Gambar 3.9 Sequence chart Modul Line Movement (benda tipe A)



Gambar 3.10 Sequence chart Modul Line Movement (benda type B)

3.3 Switching Function (SF) dan Ladder Diagram (LD)

Setelah mendapatkan *Sequence chart* pada masing-masing modul tahap selanjutnya adalah menjabarkan Diagram *Ladder* ke bentuk Switching Function. Penjabaran ke bentuk *Switching Chart* dilakukan tiap *step* atau relay. Tahap awal adalah menentukan bit I/O Sistem yang ditunjukan pada Tabel 3.9

Tabel 3.9 Bit I/O Sistem

Input			Output		
No	Keterangan	Alamat	No	Keterangan	Alamat
1	AS_FORWARD	%IX0.0.0	1	FORWARD_FIN	%QX0.2.0
2	AS_BACKWARD	%IX0.0.1	2	BACKWARD_FIN	%QX0.2.1
3	AS_UP_FIN	%IX0.0.2	3	DOWN_FIN	%QX0.2.3
4	AS_DOWN_FIN	%IX0.0.3	4	FIN_GRIP	%QX0.2.4
5	AS_GRIP_ON	%IX0.0.5	5	UP_FIN	%QX0.2.2
6	MAG	%IX0.0.6	6	INSERT	%QX0.2.6
7	PHOS	%IX0.0.7	7	IRETURN	%QX0.2.7
8	PROX	%IX0.0.8	8	EJECT	%QX0.2.8
9	CAPS	%IX0.0.9	9	ERETURN	%QX0.2.9
10	AS_INSERT	%IX0.0.10	10	STOPPER	%QX0.3.0
11	AS_EJECT	%IX0.0.12	11	DRILLUP	%QX0.3.1
12	AS_EJECT_RETURN	%IX0.0.13	12	DRILLD	%QX0.3.2
13	END1	%IX0.0.14	13	DRILLON	%QX0.3.3
14	START	%IX0.0.15	14	CONV2	%QX0.3.4
15	AS_STOPPER_UP	%IX0.1.0	15	RCCW	%QX0.3.6
16	AS_STOPPER_DOWN	%IX0.1.1	16	RCW	%QX0.3.7
17	WP	%IX0.1.2	17	UP_VACUUM	%QX0.3.8
18	AS_DRILL_DOWN	%IX0.1.4	18	DOWN_VACUUM	%QX0.3.9
19	END2	%IX0.1.5	19	VACUUM	%QX0.3.10
20	AS_RCCW	%IX0.1.6	20	RED	%QX0.3.11
21	AS_RCW	%IX0.1.7	21	YELLOW	%QX0.3.12
22	AS_UP_V	%IX0.1.8	22	GREEN	%QX0.3.13
23	AS_DOWN_V	%IX0.1.9	-	-	-
24	EMC	%IX0.1.11	-	-	-

a. Relay Y1

Relay Y1 kondisi set dikarenakan switch Automatic dan START ditekan serta sensor MAG dan AS_INSERT_RETURN *high*. Sedangkan kondisi reset disebabkan AS_INSERT *high*. Aktuator aktif adalah INSERT dan aktuator non-aktif adalah INSERT_RETURN. Sehingga ditulis dalam bentuk switching function sebagai berikut.

Tabel 3.10 SF dan Ladder Diagram Relay Y1

Sequence Chart	Switching Function
	$Y1 = (START * MAG * AUTO * AS_INSERT_R + Y1) * \overline{EMC * AS_INSERT}$ $INSERT(+) = Y1$ $INSERT_R(-) = Y1$
<i>Ladder Diagram</i>	

b. Relay Y2

Sama halnya Y1 Kondisi relay Y2 set diaktifkan oleh switch Automatic dan START ditekan serta sensor MAG dan AS_INSERT_RETURN *high*. Hanya saja Relay Aktuator yang bekerja adalah CONV1 dan kondisi reset aktif disebabkan END1 *high*.

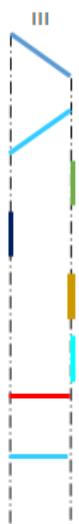
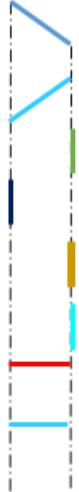
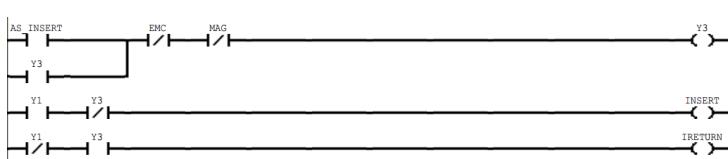
Tabel 3.11 SF dan Ladder Diagram Relay Y2

Sequence Chart		Switching Function
		$Y2 = (\text{START} * \text{MAG} * \text{AUTO} * \text{AS_INSE}RT_R + Y2) * \overline{\text{EMC}} * \overline{\text{END1}}$ $\text{CONV1}(+) = Y2$
<i>Ladder Diagram</i>		

c. Relay Y3

Relay Y3 berfungsi untuk mengaktifkan INSERT_RETURN dan menon-aktifkan INSERT. Keadaan set relay Y3 oleh Sensor AS_INSERT *high* dan keadaan reset Y3 dikarenakan Sensor MAG dan AS_INSERT_RETURN *high*. Penjabaran dalam bentuk *switching function* adalah sebagai berikut.

Tabel 3.12 SF dan Ladder Diagram Relay Y3

Sequence Chart		Switching Function
INSERT	+ -	
INSERT RETURN	+ -	
MAGAZINE		
AS INSERT		
AS INSERT RETURN		
EMERGENCY		
Y3		$Y3 = (AS_INSERT + Y3)$ * $\overline{AS_INSERT_R} * \overline{EMC}$ * \overline{MAG}
INSERT RETURN	+	$INSERT(-) = Y3$ $INSERT_R(+) = Y3$
Ladder Diagram		
		

d. Relay Y4

Set relay Y4 oleh sensor PHOS, PROX, dan CAPS *high*. Yaitu mendeteksi benda kerja tipe C. Sedangkan keadaan reset disebabkan oleh Timer kontak 1 aktif. *Coil* Timer 1 aktif bersamaan dengan relay Y4.

Tabel 3.13 SF dan Ladder Diagram Relay Y4

Sequence Chart		Switching Function
EJECT	+ -	$Y4 = (CAPS * PHOS * PROX * AS_EJECT_R + Y4) * \overline{T1} * \overline{EMC}$
EJECT RETURN	+ -	$EJECT(+) = Y4$ $ERETURN(-) = Y4$ $T1 = (AS_EJECT * CONV1) * \overline{EMC}$
PHOTO SENSOR		
PROXIMITY SENSOR		
CAPACITIVE SENSOR		
AS EJECT RETURN		
EMERGENCY		
TIMER 1 COIL		
TIMER 1 KONTAK		
Y4		
EJECT	+	

Ladder Diagram	

e. Relay Y5

Relay Y5 mengaktif INSERT, EJECT_RETURN dan menon-aktifkan EJECT. Keadaan set Relay Y5 disebabkan oleh Kontak

Timer 1 aktif dan reset dilakukan oleh AS_EJECT_RETURN
high

Tabel 3.14 SF dan Ladder Diagram Relay Y5

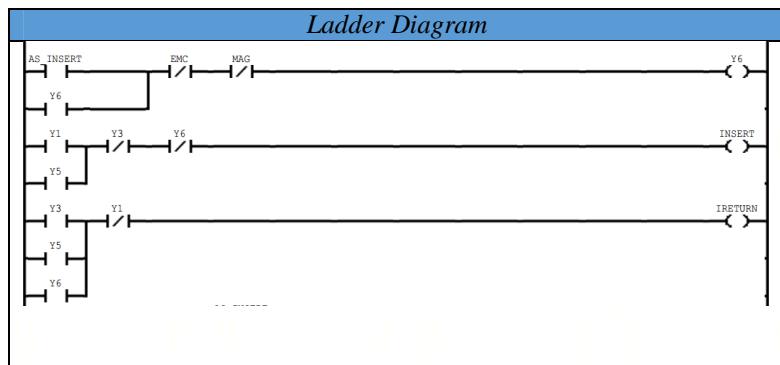
Sequence Chart	Switching Function
INSERT + - INSERT RETURN + - EJECT + - EJECT RETURN - - TIMER 1 KONTAK EMERGENCY AS EJECT RETURN Y5 INSERT + - EJECT RETURN	$Y5 = (T1 + Y5) * \overline{EMC}$ AS_EJECT_R $EJECT(-) = Y5$ $ERETURN(+) = Y5$ $INSERT(+) = Y5$ $INSERT(-) = Y5$
<i>Ladder Diagram</i>	
<pre> graph TD T1 --> Y5 AS_EJECT_RETURN --> Y5 EMC --> Y5 Y5 --> Y4 Y4 --> EJECT Y4 --> ERETURN Y1 --> Y3 Y3 --> INSERT Y5 --> Y1 Y1 --> Y3 Y3 --> IRETURN Y5 --> IRETURN </pre>	

f. Relay Y6

Relay Y6 aktif karena AS_INSERT *high*. Relay ini berfungsi untuk mengaktifkan INSERT_RETURN dan menonaktifkan INSERT. Reset pada relay Y6 adalah AS_INSERT_R dan Sensor MAG. Jika dituliskan dalam bentuk *Switching Function* dan dikonversikan ke *Ladder Diagram* ditunjukkan oleh Tabel.

Tabel 3.15 SF dan Ladder Diagram Relay Y6

Sequence Chart	Switching Function
<pre> sequence chart inputs: INSERT, INSERT RETURN, MAGAZINE, AS INSERT, AS INSERT RETURN, EMERGENCY outputs: Y6 timeline: 1. AS INSERT (dark blue) goes high 2. AS INSERT RETURN (yellow) goes high 3. AS INSERT (dark blue) goes low 4. AS INSERT RETURN (yellow) goes low 5. Y6 (red) goes high 6. Y6 (red) goes low 7. EMERGENCY (red) goes high 8. EMERGENCY (red) goes low 9. MAGAZINE (black) goes high 10. MAGAZINE (black) goes low 11. INSERT (blue) goes high 12. INSERT (blue) goes low 13. INSERT RETURN (green) goes high 14. INSERT RETURN (green) goes low </pre>	$Y3 = (AS_INSERT + Y3)$ $* AS_INSERT_R * EMC$ $* MAG$ $INSERT(-) = Y3$ $INSERT_R(+) = Y3$

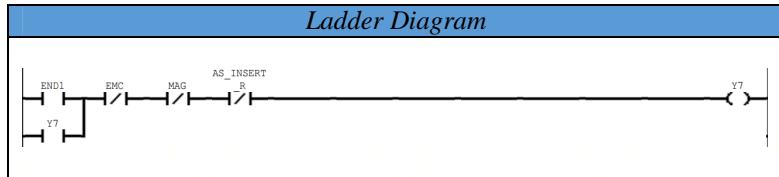


g. Relay Y7

Relay ini berfungsi untuk menon aktifkan Conveyor 1. Syarat aktif relay Y7 adalah jika sensor END1 high. Sedangkan reset relay Y7 adalah jika EMC,MAG dan AS_INSERT_RETURN aktif. Hal ini ditunjukan pada tabel 3.16

Tabel 3.16 SF dan Ladder Diagram Relay Y7

Sequence Chart	Switching Function
<p>CONVEYOR I</p> <p>MAGAZINE</p> <p>AS INSERT RETURN</p> <p>EMERGENCY</p> <p>END1</p> <p>Y7</p>	$Y7 = (END1 + Y1) * \overline{EMC} * \overline{MAG}$ $* \overline{AS_INSERT_R}$ $CONV1(-) = Y7$

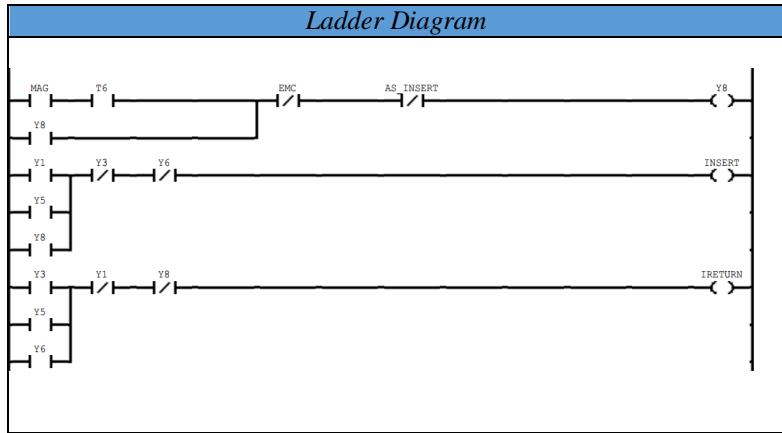


h. Relay Y8

Relay Y8 mewakili INSERT aktif kembali dengan syarat yang berbeda yaitu setelah penda kerja selesai melalui semua proses. Ketika kontak timer 9 aktif dan magazine mendeteksi benda kerja maka Y6 aktif menggerakan *Cylinder INSERT* sedangkan *INSERT_RETURN* non-aktif. Hingga *AS_INSERT* *high* Y8 tidak aktif. Jika dituliskan

Tabel 3.17 SF dan Ladder Diagram Relay Y8

Sequence Chart	Switching Function
INSERT	$Y8 = (MAG * T6 + Y8) * \overline{EMC} * \overline{AS_INSERT}$ INSERT(+) = Y8 INSERT_R(-) = Y8
INSERT RETURN	
MAGAZINE	
AS INSERT	
AS INSERT RETURN	
TIMER 9 KONTAK	
EMERGENCY	
Y8	
INSERT	



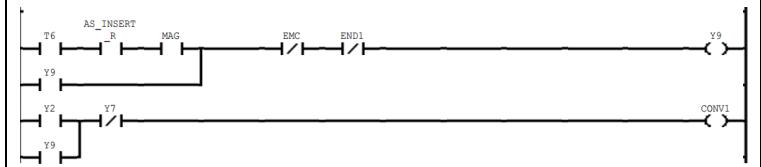
i. Relay Y9

Sama halnya Relay Y8, Relay ini aktif ketika Kontak Timer 9 aktif. Hanya saja relay ini berfungsi untuk mengaktifkan *Conveyor 1* kembali setelah benda kerja sebelumnya selesai melalui seluruh proses. Relay ini non-aktif jika END1 aktif (mendeteksi benda kerja)

Tabel 3.18 SF dan Ladder Diagram Relay Y9

Sequence Chart		Switching Function
CONVEYOR I	+ -	$Y9 = (MAG * T6 * AS * INSRET_R + Y9) * EMC * END1$
MAGAZINE		$CONV1(+)=Y9$
AS INSERT RETURN		
TIMER 9 KONTAK		
EMERGENCY		
END1		
Y9	+	
CONVEYOR I		

Ladder Diagram



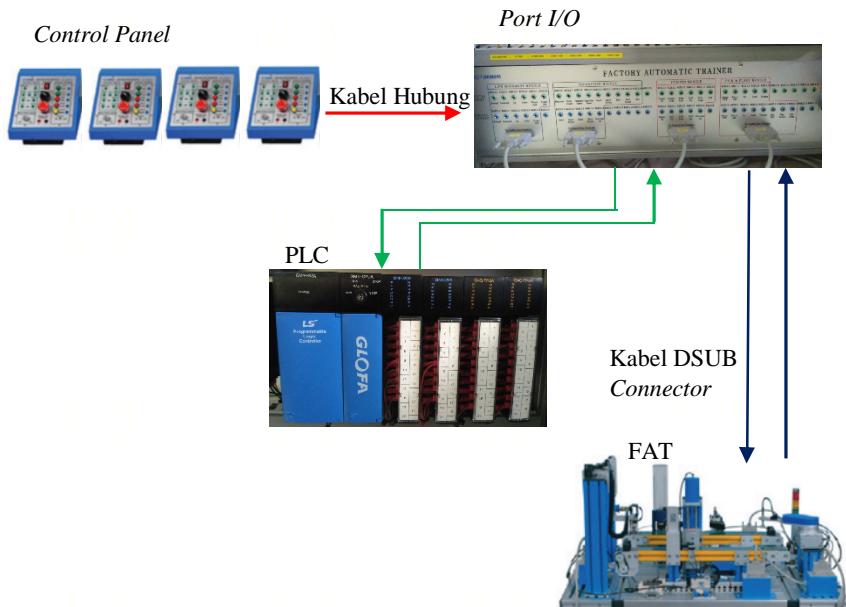
BAB 4

PENGUJIAN DAN ANALISA

Ladder diagram yang telah dikonstruksi akan disimulasikan terlebih dahulu ke PLC sebelum diuji pada *plant* FAT. Agar sistem dapat bekerja saat melakukan pengujian maka *power supply*, PLC, dan *plant* harus terhubung satu sama lain sehingga dibutuhkan *wiring* antar perangkat-perangkat tersebut.

4.1 Pengkabelan (*Wiring*)

Ada dua mode pada plant *Factory Automatic Trainer* yaitu Mode Manual dan Auto (Otomatis). Pada control panel terdapat *Switch* pilihan Mode manual atau Mode Auto. Agar dapat dijalankan dengan dua mode maka dilakukan pengkabelan terlebih dahulu. Gambar pengkabelan ditunjukkan pada Gambar 4.1.

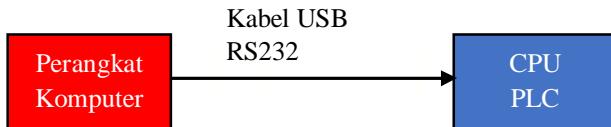


Gambar 4.1 Pengkabelan pada FAT

Instruksi pengkabelan adalah menyambungkan tiap DSUB *connector* pada *port* tiap modul. Serta menghubungkan *port* pada control panel dengan *port* I/O sesuai dengan Tabel 3.9.

4.2 Konfigurasi

Konfigurasi sistem adalah mengkomunikasikan perangkat PC dengan CPU PLC. Komponen pendukung konfigurasi adalah Kabel hubung 9 Pin dan Kabel USB RS232. Konfigurasi sistem ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Konfigurasi PLC dan PC

4.3 Pengujian Sistem

Pengujian pada sistem dilakukan untuk mengetahui apakah *Factory Automatic Trainer* dapat beroperasi sesuai dengan yang diharapkan. Terdapat tiga jenis benda kerja sebagai variabel. Pengujian dilakukan dengan menguji ketiga jenis benda tersebut. Untuk benda kerja Tipe C diamati apakah benda akan ditolak atau tidak. Sedangkan untuk Tipe A dan B dilakukan pengujian sebanyak 10 kali perulangan (siklus). Siklus dimulai dari benda memasuki plant FAT hingga selesai kemudian dicatat berapa lama waktu yang dibutuhkan. Data pengujian ditunjukkan oleh Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian 10 Siklus

Data Pengujian Benda Kerja Standar		
Siklus ke-	Tipe A/ Hitam (detik)	Tipe B/ Biru (detik)
1	33.6	32.1
2	32.9	31.8
3	32.3	31.9
4	32.4	31.7
5	33.0	32.0
6	32.4	31.7
7	33.2	31.4

Siklus ke-	Tipe A/ Hitam (detik)	Tipe B/ Biru (detik)
8	32.9	32.3
9	32.2	31.3
10	33.2	31.8
Waktu Rata-Rata 1 Siklus (detik)	33.18	31.18

Tabel 4.2 menunjukan bahwa waktu yang dibutuhakan untuk memproduksi benda kerja tipe A adalah **33.18** detik, serta untuk benda kerja tipe B **31.18** detik. Waktu produksi benda kerja tipe A lebih lama 2 detik dibanding waktu produksi benda tipe B, hal ini dikarenakan benda tipe A ditempatkan diujung konveyor 1 dan benda tipe B ditempatkan ditengah antara konveyor 1 dan konveyor 2. Sehingga dapat dikatakan perancangan dan konstruksi *ladder diagram* berhasil karena FAT dapat beroperasi sesuai fungsinya.

Selain hasil pengujian terdapat kendala yang dihadapi ketika pengujian sistem yang ditunjukan pada Tabel

Tabel 4.2 Kendala Pengujian

No	Nama Komponen	Keterangan
1.	<i>Proximity Sensor</i> , <i>Capasitif Sensor</i> , dan <i>Photosensor</i>	Ketiga sensor bekerja sesuai pada fungsinya masing-masing. Hanya saja ketika benda kerja melewati sensor tersebut kinerja ketiga sensor tersebut tidak dapat bekerja bersamaan. Urutan kerja sensor adalah dimulai dari <i>Capasitif Sensor</i> , <i>Photosensor</i> dan <i>Proximity Sensor</i>
2.	<i>Auto Switch Sensor</i>	Seluruh <i>auto switch</i> bekerja dengan baik, kecuali <i>Auto Switch Insert Return</i> dan <i>Auto Switch Vacuum</i> tidak dapat bekerja (non-aktif)

3.	Kabel hubung 9 pin	Variabel pin pada kabel hubung berbeda dan harus disesuaikan..
----	--------------------	--

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian dengan judul Kontruksi Ladder Diagram dengan Metode *Sequence chart* pada Factory Automatic Trainer dijelaskan pada 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 *Sequence chart* pada *Factory Automatic Trainer* dibutuhkan total **70 rung ladder** dengan **39** sebagai relay dan **22** untuk *Output*.
2. Jumlah Timer yang digunakan adalah 7 dan terdapat 2 memori internal
3. Ukuran file hasil kontruksi Ladder Diagram adalah **196 Byte**
4. Waktu satu siklus produksi untuk benda kerja tipe A **33.18** detik, sedangkan benda kerja tipe B membutuhkan **31.18** detik

5.2 Saran

Beberapa saran yang perlu diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Tidak terdapat tombol START dan EMERGENCY yang disediakan khusus untuk mode operasi Auto. Alangkah lebih baik jika ditambahkan komponen tersebut.
2. Terdapat komponen yang tidak berfungsi seperti auto switch pada *insert return* dan *auto switch vacuum*. Sebaiknya dilakukan pemeliharaan berkala.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim., CPE-AT8030N *Factory Automation Trainer User's Manual*
- [2] Anonim., *Autonics Datasheet*
- [3] Prakoso R. 2017. *Kontruksi Diagram Ladder Dengan Metode Sequence chart Untuk Seleksi Dan Perakitan Part Pada Plant Dual Conveyour*. Tugas Akhir. Fakultas Teknik Elektro. Universitas Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- [4] Nicco. 2017. *Kontruksi Diagram Ladder Dengan Metode Flow-Table/State Diagram Untuk Seleksi Dan Perakitan Part Pada Plant Dual Conveyour*. Tugas Akhir. Fakultas Teknik Elektro. Universitas Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- [5] Anonim., *Didactic Handbook: Modern Pneumatic Component for Pneumatic Automation*
- [6] D, Persen., "Industrial Automation : Circuit Design and Components", Israel: John Wiley & Sons. 1989.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN

A. Switching Function

Tabel A1 *Switching Function*

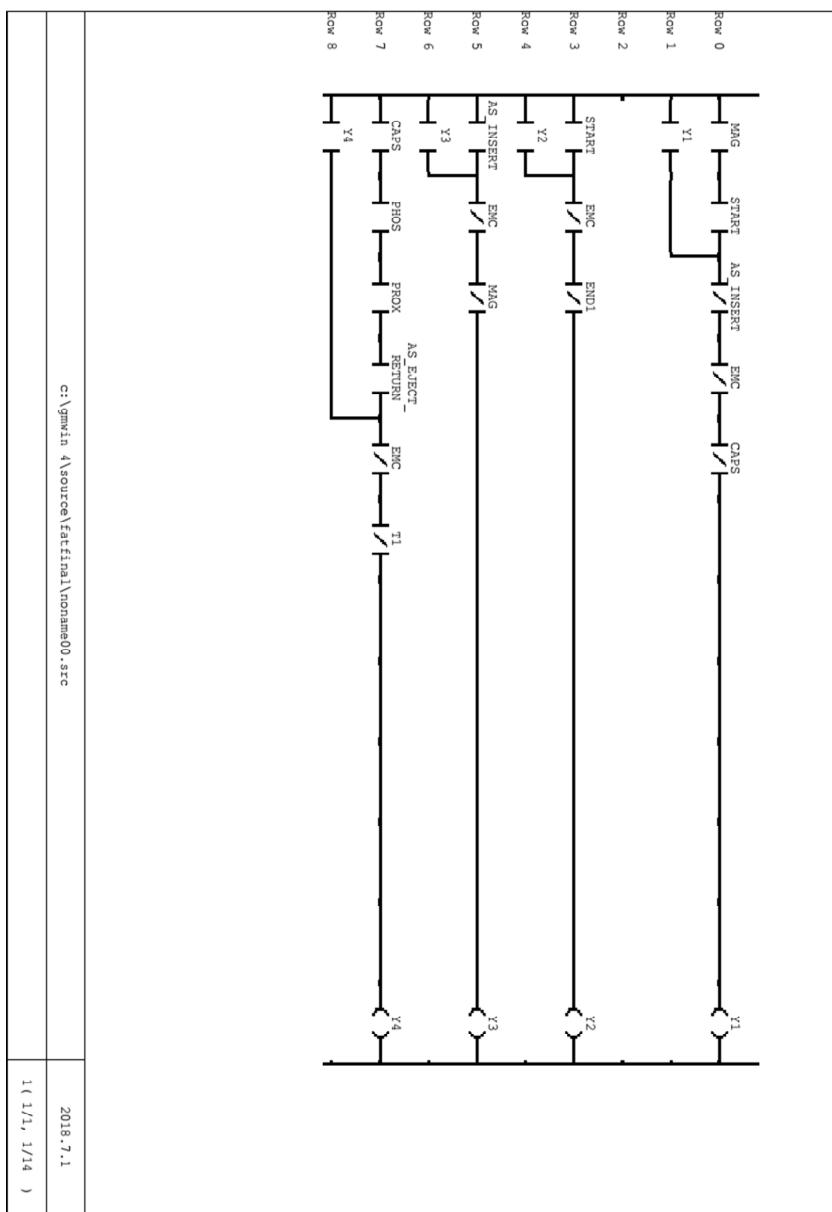
Y10	$Y10 = (START * AUTO + Y10) * \overline{EMC} * \overline{END1}$ $RCCW(+) = Y10$ $UP_V(+) = Y10$
Y11	$Y11 = (END1 * AS_RCCW * AS_UP_V + Y11) * \overline{EMC} * \overline{AS_RCW}$ $RCCW(-) = Y11$ $RCW(+) = Y11$
Y12	$Y12 = (AS_RCW + Y12) * AS_DOWN_V * EMC * VACUUM$ $UP_V(-) = Y12$ $DOWN_V(+) = Y12$
Y13	$Y13 = (AS_DOWN_V + Y13) * \overline{T3} * \overline{EMC}$ $VACUUM(+) = Y13$ $T2 = (AS_DOWN_V + Y13) * \overline{EMC} * \overline{T2}$
Y14	$Y14 = (T2 * AS_RCW + Y14) * EMC * AS_UP_V$ $DOWN(-) = Y14$ $UP(+) = Y14$
Y15	$Y15 = (AS_UP_V * VACUUM + Y15) * AS_RCCW * EMC$ $RCW(-) = Y15$ $RCCW(+) = Y15$
Y16	$Y16 = (AS_RCCW * VACUUM + Y16) * EMC * AS_DOWN_V$ $UP(-) = Y16$ $DOWN(+) = Y16$
Y17	$Y17 = (AS_DOWN_V * AS_RCCW + Y17) * EMC * \overline{T3}$ $VACUUM(-) = Y17$ $T3 = (AS_DOWN_V * AS_RCCW + Y17) * EMC * T3$
Y18	$Y18 = (T3 + Y18) * \overline{EMC} * AS_UP_V$ $DOWN(-) = Y18$ $UP(+) = Y18$
Y19	$Y19 = (START + Y19) * EMC$ $GREEN(+) = Y19$
Y20	$Y20 = (T3 + Y20) * EMC * \overline{WP}$ $CONV2(+) = Y20$
Y21	$Y21 = (WP + Y21) * EMC * AS_DRILL_D$ $CONV2(-) = Y21$ $DRILLUP(-) = Y21$ $DRILLDOWN(+) = Y21$
Y22	$Y22 = WP * EMC * AS_DRILL_D$ $YELLOW(+) = Y22$
Y23	$Y23 = (AS_DRILL_D + Y23) * EMC * \overline{T4}$ $DRILLON(+) = Y23$

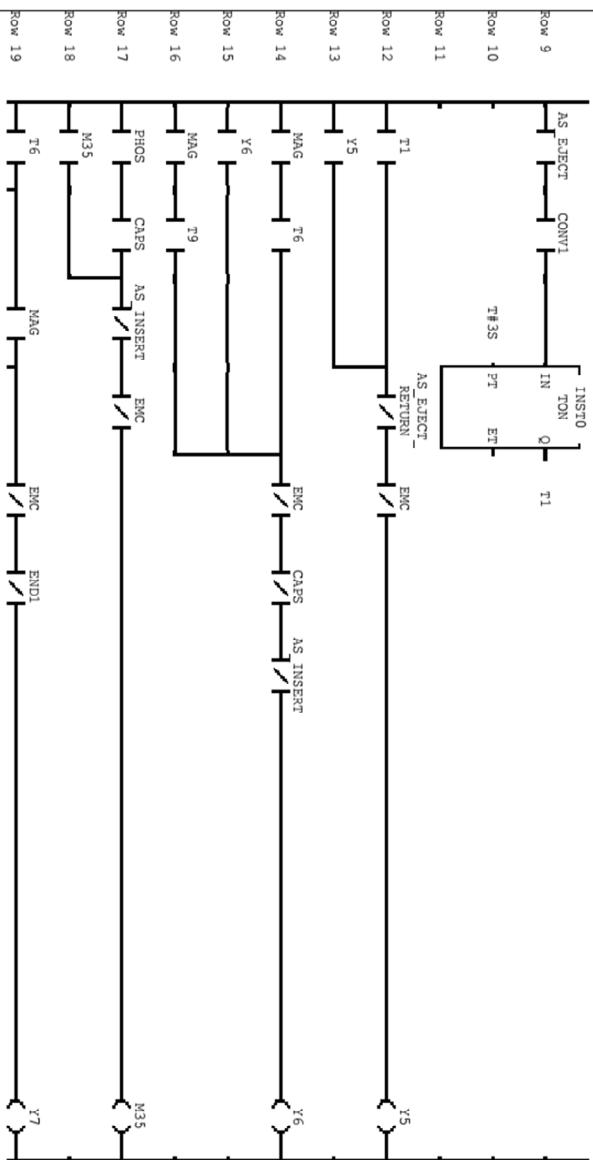
	T4=(AS_DRILL_D+Y23)* EMC
Y24	Y24=(T4+Y24)* EMC * END2
	DRILL_UP(+) = Y24
	DRILDOWN(-) = Y24
	DRILLON(-) = Y24
	STOPPER_UP(+) = Y24
Y25	Y25=(AS_STOPPER_UP+Y25)* EMC * END2
	CONV2(+) = Y25
Y26	Y26=(END2+Y26)* EMC * AS_STOPPER_D
	STOPPER_UP(-) = Y26
	CONV2(-) = Y26
Y27	Y27=(EMC+Y27)* START
	RED(+) = Y27
	ALL(-) = Y27
Y28	Y28=(START*AUTO+Y28)* EMC * END2
	FORWARD(+) = Y28
	UP_FIN(+) = Y28
Y29	Y29=(END2*AS_FORWARD+Y29)* EMC * AS_BACKWARD
	FORWARD(-) = Y29
	BACKWARD(+) = Y29
Y30	Y30=(AS_BACKWARD+Y30)* AS_DOWN_FIN*EMC*FIN_GRIP
	UP_V(-) = Y30
	DOWN_V(+) = Y30
Y31	Y31=(AS_DOWN_FIN*AS_BACKWARD+Y31)* EMC*AS_INSERT
	FINGER_GRIP(+) = Y31
Y32	Y32=(AS_GRIP_ON*AS_BACKWARD+Y32)* EMC * AS_UP_FIN
	DOWN(-) = Y32
	UP(+) = Y32
Y33	Y33=(AS_UP_FIN*AS_GRIP_ON+Y33)* AS_FORWARD * EMC
	BACKWARD(-) = Y33
	FORWARD(+) = Y33
Y34	Y34=(AS_FORWARD*FIN_GRIP+Y32)* EMC * AS_DOWN_FIN* M35
	UP(-) = Y34
	DOWN(+) = Y34
Y35	Y35=(AS_DOWN_FIN*AS_FORWARD* M35 +Y33)* EMC * AS_INSERT
	FINGER_GRIP(+) = Y35
	T6=(AS_DOWN_FIN*AS_FORWARD* M35 +Y35)* EMC
Y36	Y36=(Y36+AS_DOWN_FIN*AS_FORWARD*M35 *AS_GRIP_ON)* AS_UP_FIN EMC
	DOWN(-) = Y36
	UP(+) = Y36
	CONV1(+) = Y36
	M40=(AS_UP_DIN*AS_FIN_GRIP*M35)* M35*EMC*T7
	T7=(AS_UP_FIN*FIN_GRIP*M36+M40)
Y38	Y38=(Y38+T7)* EMC * AS_DOWN_FIN

	DOWN(+) = Y38
	T8 = (Y38 + T7) * <i>EMC</i>
Y39	Y39 = (Y39 + T8) * <i>EMC</i> * <i>AS_INSERT</i>
	FIN_GRIP(-) = Y39
	T6 = (Y39 + T8) * <i>EMC</i>
Y40	Y40 = (Y40 + T6) * <i>EMC</i> * <i>AS_UP_FIN</i>
	UP_FIN(+) = Y40

B. Sequence Chart

C. Ladder Diagram

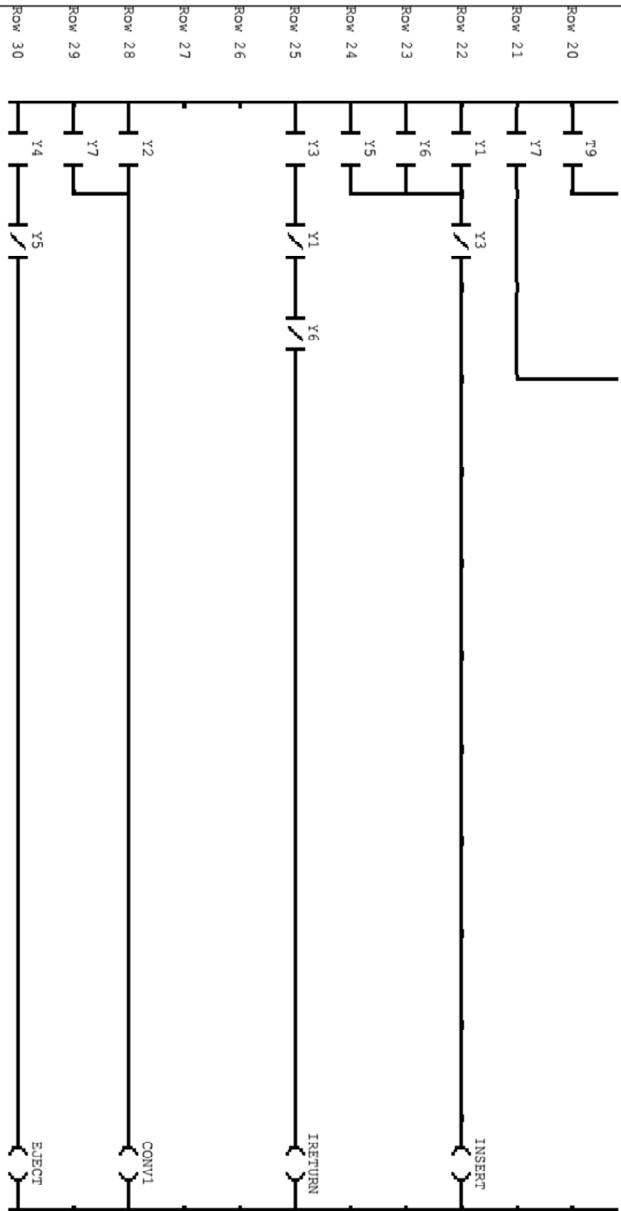




c:\gmin 4\source\fatfinal\noname00.scc

2018.7.1

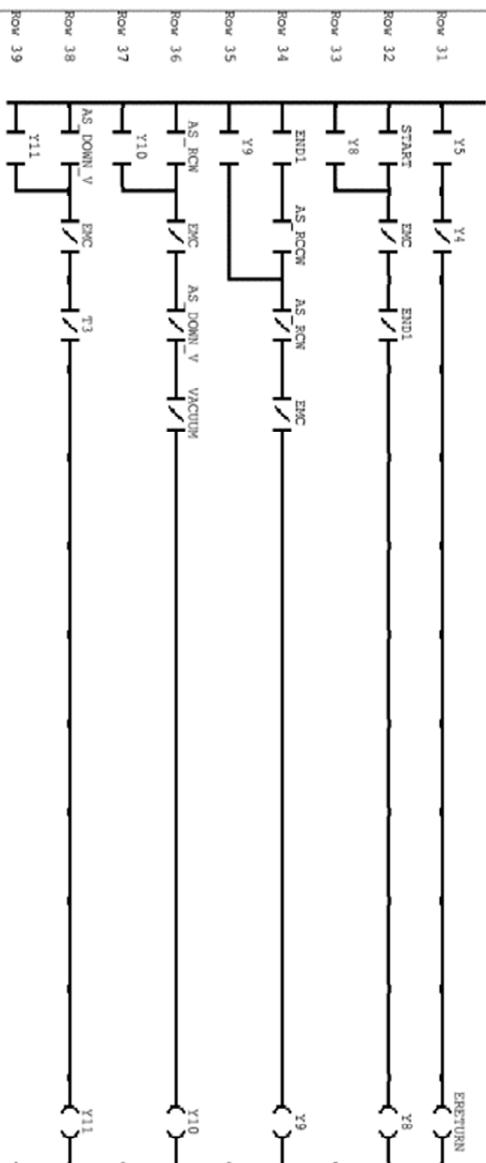
2(1/1, 2/14)



c:\gmin\source\fatfinal\noname00.scc

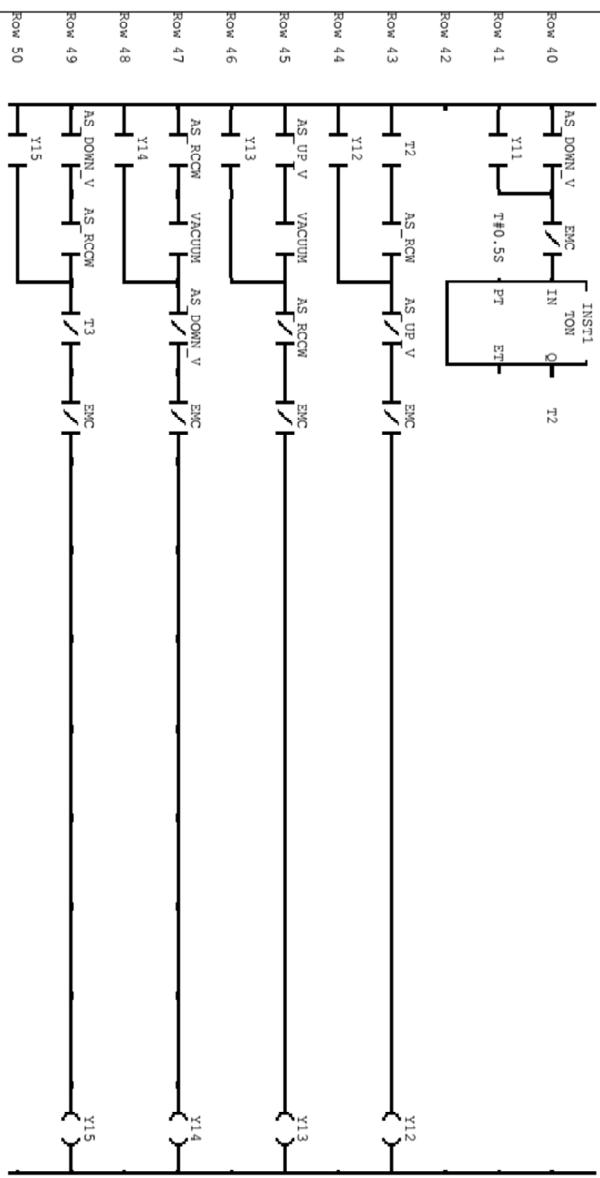
2018.7.1

3 (1/1, 3/14)



c:\gmin 4\source\fatfinal\noname00.src

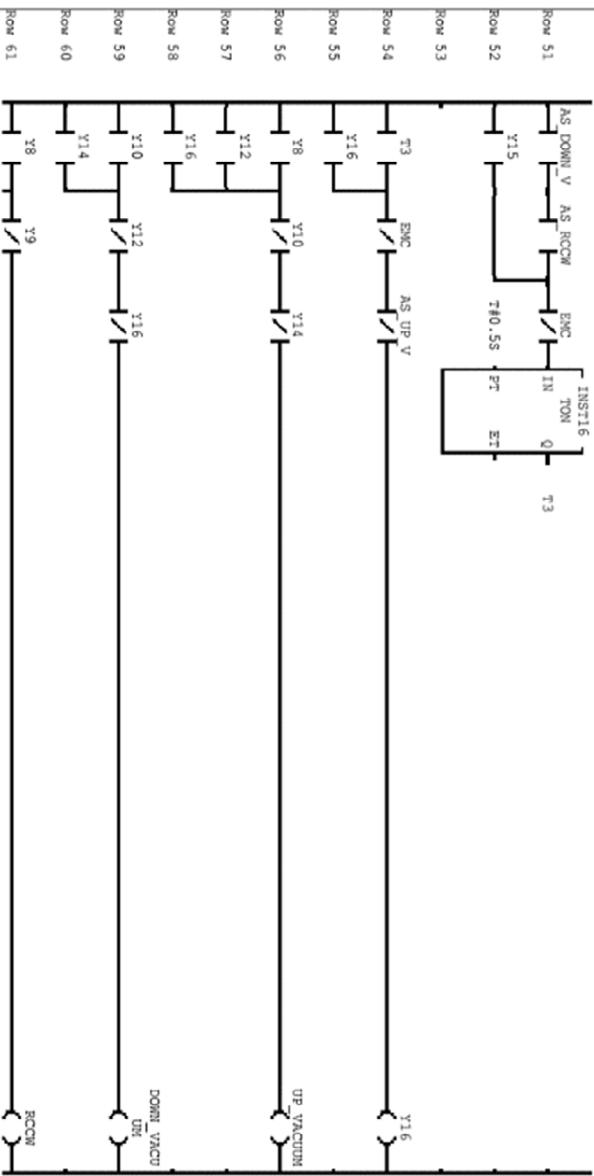
2018.7.1



c:\qmin 4\source\fatfinal\noname00.smc

2018.7.1

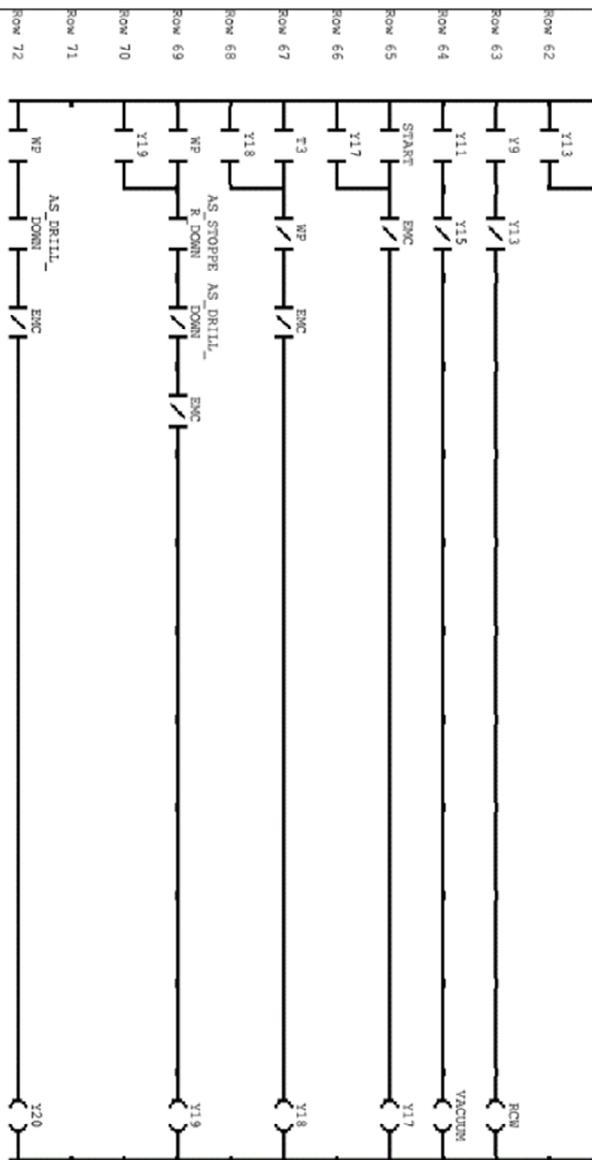
5(1/1, 5/14)



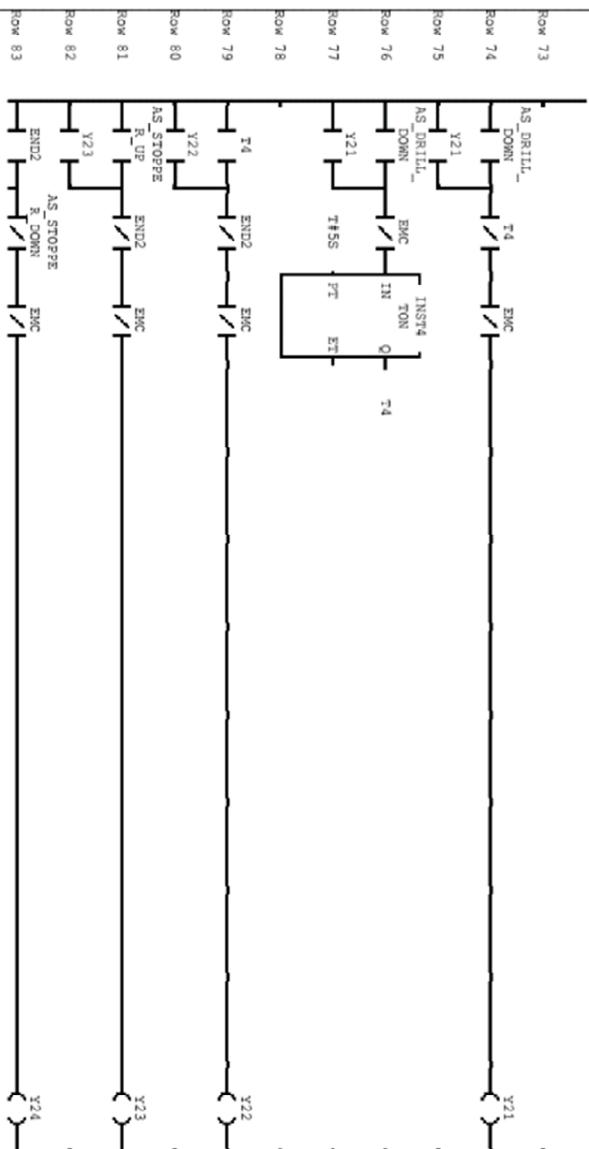
c:\gmin\4\source\fatfinal\noname00.scc

2018.7.1

6(1/1, 6/14)



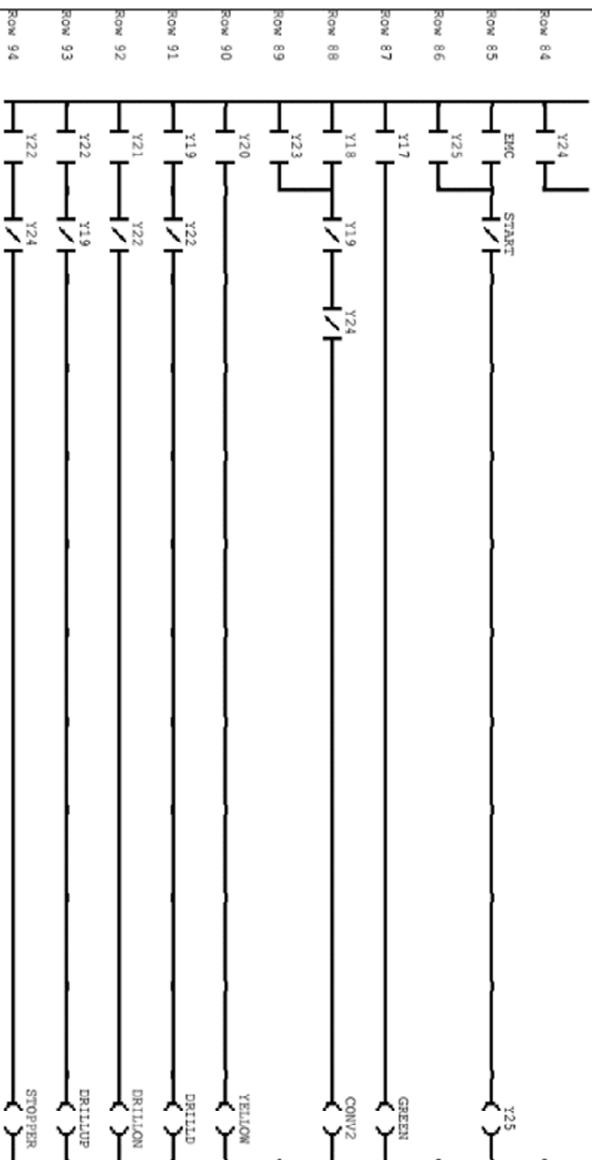
C:\gmin\4\source\fatfinal\nomad00.scc	2018.7.1
7(1/1, 7/14)	



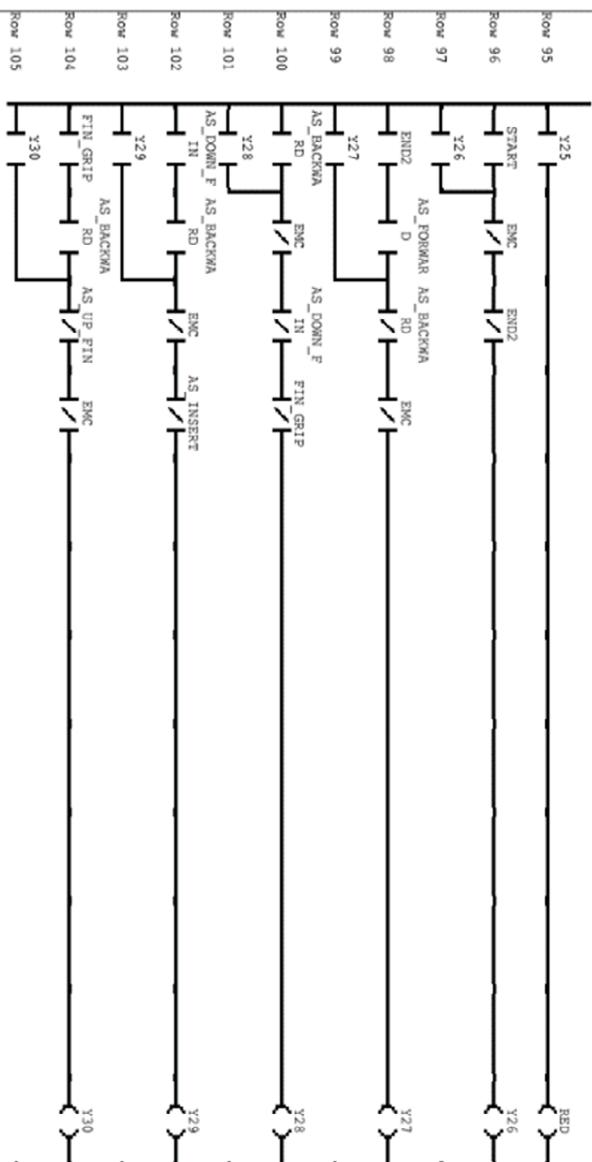
c:\gmwin\4\source\fatfinal\nomame00.sic

2018.7.1

(1/f1, 8/14)



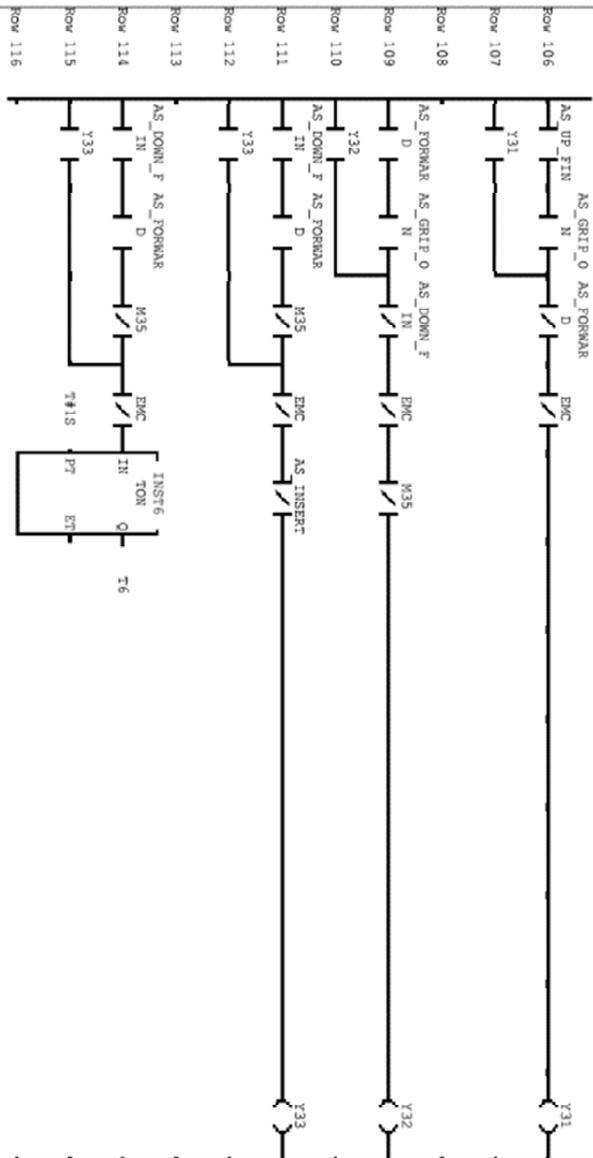
c:\gmin\source\fatfinal\noname00.scc	2018.7.1
	9(1/1, 9/14)



C:\gmin\source\fatfinal\named0.smc

2018.7.1.

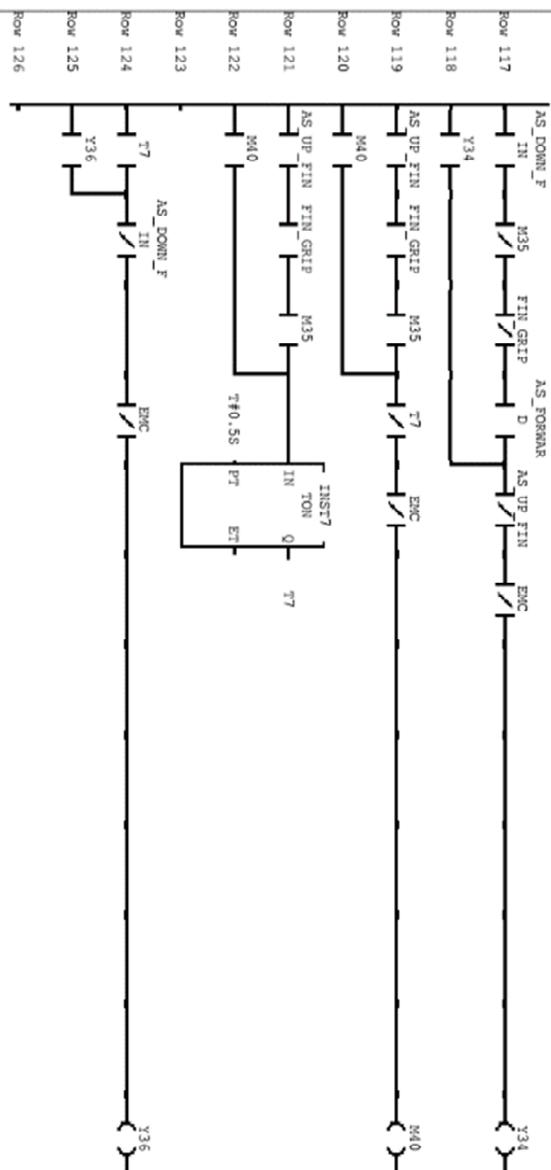
10(1/1, 10/14)



c:\gmin 4\source\fatfinal\name00.smc

2018.7.1.

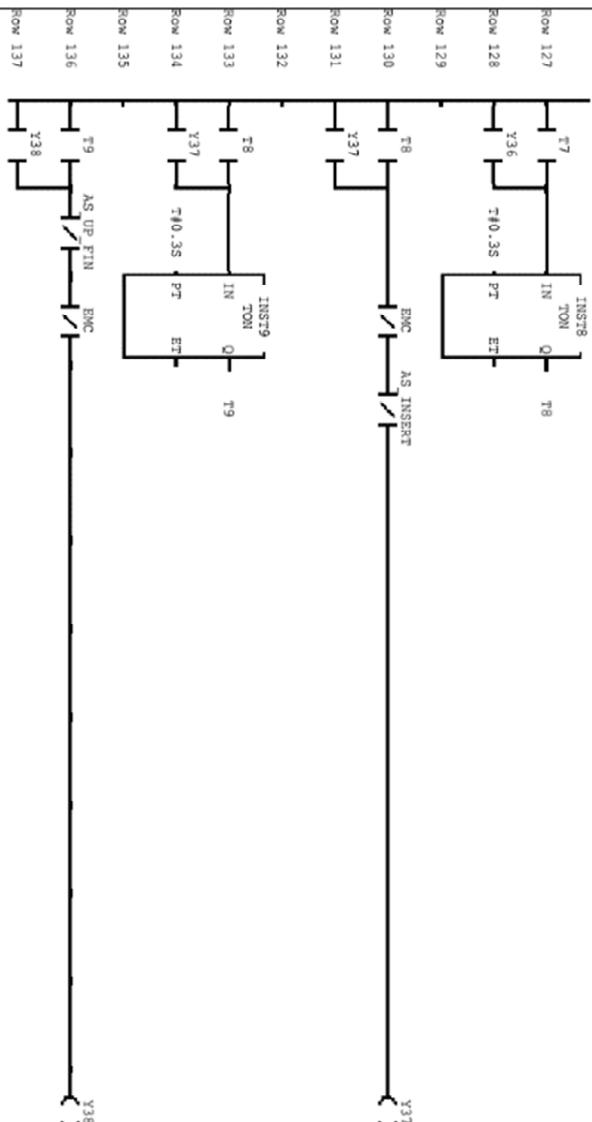
11(1/1, 11/14)



c:\gminin 4\source\fattinal\noname00.smc

2018.7.1

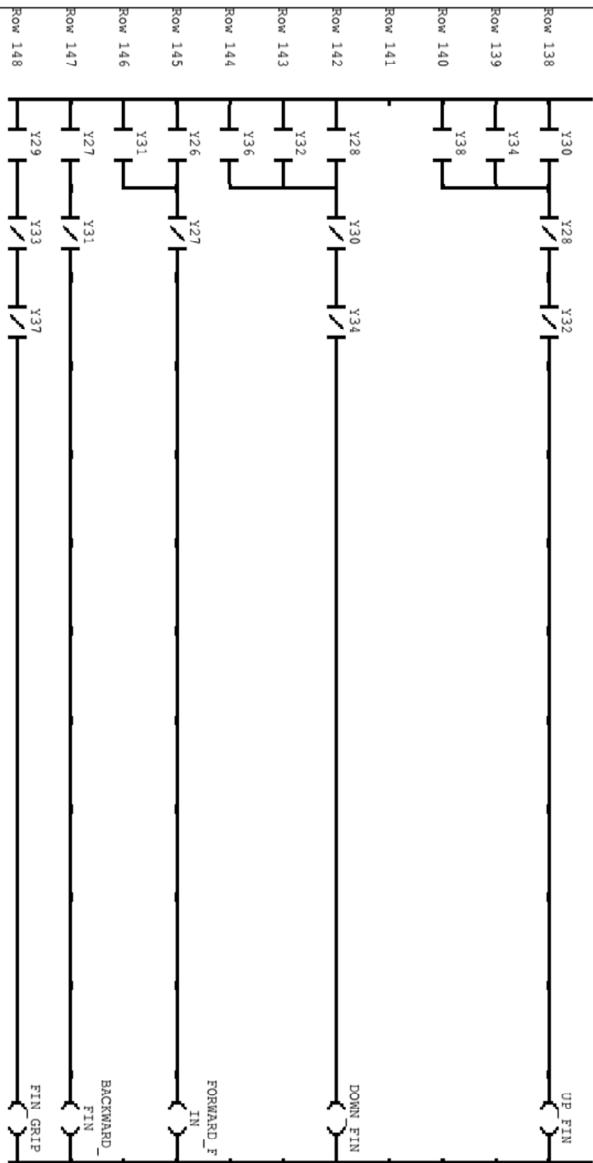
12(1/1, 12/14)



c:\gmin\4\source\fatfinal\name00.scc

2018.7.1

13(1/1, 13/14)



C:\qminin 4\source\fatffinal\roname00.src

2018.7.1

14(1/1, 14/14)

RIWAYAT HIDUP



Novian Estiyo Nugroho. Lahir di sukoharjo pada 27 November 1992. Putra ke dua dari pasangan Bapak Estiyo Nawang Gito dan Ibu Sri Murwati. Setelah mengenyam pendidikan di SD N 3 Gayam, SMP N 3 Nguter dan SMA N 1 Sukoharrjo penulis melanjutkan studi Diploma 3 di Politeknik Negeri Semarang Jurusan Teknik Elektro dan lulus pada tahun 2014. Sempat bekerja kurang lebih satu tahun di perusahaan otomotif penulis memutuskan untuk melanjutkan studi S1 di Institut Teknologi sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dengan mengambil Jurusan Teknik Elektro, Bidang Studi Teknik Sistem Pengatura