



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - EE 184801

**DESAIN DIAGRAM *LADDER* UNTUK BANYAK OBJEK
PADA *FACTORY AUTOMATIC TRAINER*
MENGUNAKAN METODE *PETRI NET***

Andri Anggoro
NRP 07111745000037

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Mochammad Rameli
Eka Iskandar, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - EE 184801

***LADDER DIAGRAM DESIGN FOR MULTIPLE OBJECTS
ON FACTORY AUTOMATIC TRAINER USING PETRI
NET METHOD***

Andri Anggoro
NRP 07111745000037

Supervisor
Dr. Ir. Mochammad Rameli
Eka Iskandar, S.T., M.T.

***ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019***

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **“Desain Diagram Ladder untuk Banyak Objek pada *Factory Automatic Trainer* menggunakan Metode Petri Net”** merupakan hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan – bahan yang tidak diijinkan dan buka 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, 8 Juli 2019



Andri Anggoro
NRP 07111745000037

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

**DESAIN DIAGRAM LADDER UNTUK BANYAK
OBJEK PADA FACTORY AUTOMATIC TRAINER
MENGUNAKAN METODE PETRI NET**

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. Mochammad Rameli
NIP.195412271981031002

Dosen Pembimbing II



Eka Iskandar, ST., MT.
NIP. 198005282008121001



DESAIN DIAGRAM LADDER UNTUK BANYAK OBJEK PADA *FACTORY AUTOMATIC TRAINER* MENGUNAKAN METODE *PETRI NET*

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

ABSTRAK

Factory automatic trainer adalah miniatur proses industri manufaktur yang terdapat *separation, pick and place, stopper, drilling machine* dan *gripper*. Pada sistem *factory automatic trainer* yang beroperasi secara otomatis memerlukan sebuah kontroler yang tahan lama dan efisien, dalam hal ini kontroler yang digunakan adalah PLC. Pada PLC memiliki banyak bahasa pemrograman salah satunya adalah *ladder diagram*. Permasalahan pada tugas akhir kali ini merancang proses operasi sistem yang dapat bekerja dengan objek yang banyak serta pengulangan pada operasi sistem *factory automatic trainer*. *Petri net* merupakan salah satu metode perancangan *ladder diagram* yang digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Metode *petri net* sendiri adalah pemodelan grafis yang dapat disimulasikan berdasarkan operasi sistem yang dirancang. Perancangan *ladder diagram* menggunakan metode *petri net* yang di implementasikan pada *factory automatic trainer* dihasilkan pengujian yaitu 70 rung, 82 *relay*, 6 *timer*, 12 *counter* dan data program sebesar 30kb. Waktu yang dibutuhkan proses satu per satu pada *factory automatic trainer* benda kerja hitam rata-rata 22.38 detik, benda kerja biru rata-rata 21.23 detik dan benda kerja silver rata-rata 05.85 detik. Waktu yang dibutuhkan proses berurutan pada *factory automatic trainer* rata-rata 01.08.33 menit. Sedangkan untuk waktu yang dibutuhkan proses acak pada *factory automatic trainer* rata-rata benda kerja hitam paling belakang memiliki waktu terlama 01.09.07 menit, rata-rata benda kerja biru paling belakang memiliki waktu 01.06.57 menit, dan rata-rata benda kerja silver paling belakang memiliki waktu tercepat 01.01.74 menit.

Kata Kunci : *Factory Automatic Trainer, PLC, Diagram Ladder, Petri Net*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

LADDER DIAGRAM DESIGN FOR MULTIPLE OBJECTS ON FACTORY AUTOMATIC TRAINER USING PETRI NET METHOD

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

ABSTRACT

Factory automatic trainer is a miniature manufacturing process that includes separation, pick and place, stopper, drilling machine and gripper. In the factory automatic system trainers that operate automatically require a controller that is durable and efficient, in this case the controller used is PLC. The PLC has many programming languages, one of which is ladder diagram. The problem in this final project is to design a system operating process that can work with many objects and repetition of the factory automatic trainer operating system. Petri net is one of the methods of designing a ladder diagram that is used to overcome these problems. The petri net method itself is graphical modeling that can be simulated based on the designed system operation. The design of ladder diagrams using the petri net method which is implemented at factory automatic trainer is produced testing that is 70 units, 82 relays, 6 timers, 12 counters and program data of 30kb. The time needed for processing one by one in factory automatic trainer black workpieces averaged 22.38 seconds, blue workpieces averaged 21.23 seconds and silver workpieces averaged 05.85 seconds. The time required for the sequential process at the factory automatic trainer is an average of 01.08.33 minutes. Whereas for the time needed by the random automatic factory trainer the average black workpiece at the back has the longest time of 01.09.07 minutes, the average blue workpiece at the back has 01.06.57 minutes, and the average silver workpiece is the most The back has the fastest time 01.01.74 minutes.

Keywords: Factory Automatic Trainer, PLC, Ladder Diagram, Petri Net

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang merupakan persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana pada Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul:

DESAIN DIAGRAM *LADDER* UNTUK BANYAK OBJEK PADA *FACTORY AUTOMATIC TRAINER* MENGGUNAKAN METODE *PETRI NET*

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat dan membantu menyelesaikan karya tulis ini. Oleh karena itu, ucapan terima kasih penulis sampaikan secara khusus kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi rahmat-Nya dalam pembuatan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan penuh dan teladan bagi penulis.
3. Bapak Mochammad Rameli dan Bapak Eka Iskandar sebagai pembimbing
4. Rekan – rekan Lintas Jalur angkatan 2017, terutama mahasiswa Teknik Sistem Pengaturan yang selalu menyemangati dan menemani
5. Pihak lain yang ikut membantu penulis tidak dapat disebutkan namanya satu-persatu

Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri maupun bagi penelitian selanjutnya.

Surabaya, 8 Juli 2019



Penulis

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR ISI

HALAMAN

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL.....	xxiii
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Laporan	4
1.7 Relevansi atau Manfaat	5
 BAB 2 TEORI PENUNJANG	 7
2.1 <i>Factory Automatic Trainer</i>	7
2.1.1 <i>Separation Module</i>	7
2.1.2 <i>Pick and Place Module</i>	8
2.1.3 <i>Stopper Module</i>	9
2.1.4 <i>Line Movement Module</i>	10
2.1.5 <i>Control Unit</i>	10
2.1.6 Benda Kerja <i>Factory Automatic Trainer</i>	11
2.2 Komponen Penyusun <i>Factory Automatic Trainer</i>	12
2.2.1 <i>Proximity Capacitive Sensor</i>	12
2.2.2 <i>Proximity Inductive Sensor</i>	14
2.2.3 <i>Photoelectric Sensor</i>	15
2.2.4 <i>Fiber Optic Sensor</i>	17
2.2.5 <i>Reed Switch Sensor</i>	18
2.2.6 <i>Belt Conveyor</i>	18
2.2.7 <i>Pneumatic Cylinder</i>	19
2.2.8 <i>Rotary Cylinder</i>	21

2.2.9	<i>Rodless Cylinder</i>	23
2.2.10	<i>Finger Cylinder</i>	23
2.2.11	<i>Solenoid Valve 5/2 Way</i>	24
2.2.12	<i>Vacum Pad</i>	26
2.2.13	<i>Drilling Machine</i>	27
2.2.14	<i>Warning Light</i>	28
2.3	Kompresor.....	29
2.4	<i>Programmable Logic Controller</i>	29
2.4.1	Struktur Unit PLC	30
2.4.2	<i>Ladder Diagram</i>	31
2.4.3	PLC LG Glofa GM4	32
2.5	Metode <i>Petri Net</i>	40
2.5.1	Elemen Dasar <i>Ladder diagram</i> dan <i>Petri net</i>	41
2.5.2	Konversi <i>Petri Net</i> dan <i>Ladder Diagram</i>	42
2.6	Fluid Sim.....	43
BAB 3 PERANCANGAN SISTEM.....		45
3.1	Identifikasi I/O	46
3.2	Perumusan Langkah Kerja Sistem	51
3.3	Perancangan <i>Petri Net</i>	61
3.3.1	Pengelompokan Komponen	61
3.3.2	Perancangan <i>Petri Net</i>	66
3.4	Perancangan <i>Ladder Diagram</i>	81
3.4.1	Pengalamatan Komponen	81
3.4.2	Perancangan <i>Ladder Diagram</i>	83
BAB 4 IMPLEMENTASI DAN ANALISA		113
4.1	Konfigurasi Sistem.....	113
4.2	Validasi	114
4.2.1	Validasi Pada <i>Separation Module</i>	114
4.2.2	Validasi Pada <i>Pick and Place Module</i>	117
4.2.3	Validasi Pada <i>Stopper Module</i>	119
4.2.4	Validasi Pada <i>Line Movement Module</i>	121
4.3	Pengujian Sistem.....	125
4.4	Hasil Pengujian	146
4.5	Analisa	149
BAB 5 PENUTUP		151
5.1	Kesimpulan	151
5.2	Saran.....	152

DAFTAR PUSTAKA	153
LAMPIRAN.....	155
A.1 Lampiran <i>Petri Net</i>	155
A.2 Lampiran Program <i>Ladder Diagram</i>	157
A.3 Lampiran Fluid Sim <i>Separation Module</i>	165
A.4 Lampiran Fluid Sim <i>Pick and Place Module</i>	166
A.5 Lampiran Fluid Sim <i>Stopper Module</i>	167
A.6 Lampiran Fluid Sim <i>Line Movement</i> Benda Biru.....	168
A.7 Lampiran Fluid Sim <i>Line Movement</i> Benda Hitam.....	169
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	171

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

Gambar 2.1 <i>Factory Automatic Trainer</i> [3]	7
Gambar 2.2 <i>Separation Module</i>	8
Gambar 2.3 <i>Pick and Place Module</i>	9
Gambar 2.4 <i>Stopper Module</i>	9
Gambar 2.5 <i>Line Movement Module</i>	10
Gambar 2.6 <i>Control Unit</i>	11
Gambar 2.7 <i>Benda Kerja Factory Automatic Trainer</i>	11
Gambar 2.8 <i>Proximity Capacitive Sensor</i> [4].....	13
Gambar 2.9 <i>Grafik Kerja Proximity Capacitive Sensor</i> [4].....	13
Gambar 2.10 <i>Proximity Inductive Sensor</i> [4]	14
Gambar 2.11 <i>Grafik Proximity Inductive Sensor</i> [4]	14
Gambar 2.12 <i>Photoelectric Sensor</i> [5]	15
Gambar 2.13 <i>Prinsip Kerja Direct Reflection</i> [5]	16
Gambar 2.14 <i>Prinsip Kerja Reflection With Reflector</i> [5]	16
Gambar 2.15 <i>Prinsip Kerja Through Beam</i> [5].....	16
Gambar 2.16 <i>Fiber Optic Sensor</i> [6]	17
Gambar 2.17 <i>Fiber Optic Sensor Through Beam</i> [6]	17
Gambar 2.18 <i>Fiber Optic Sensor Direct Reflection</i> [6].....	17
Gambar 2.19 <i>Reed Switch Sensor</i> [7]	18
Gambar 2.20 <i>Prinsip Kerja Reed Switch Sensor</i> [7]	18
Gambar 2.21 <i>Belt Conveyor</i>	19
Gambar 2.22 <i>Pneumatic Cylinder FAT</i>	19
Gambar 2.23 <i>Single Acting Cylinder</i> [9]	20
Gambar 2.24 <i>Double Acting Cylinder</i> [9].....	21
Gambar 2.25 <i>Rotary Cylinder FAT</i>	21
Gambar 2.26 <i>Cara Kerja Rank & Pinion</i> [1]	22
Gambar 2.27 <i>Rodless Cylinder FAT</i>	23
Gambar 2.28 <i>Finger Cylinder</i>	24
Gambar 2.29 <i>Cara Kerja Finger Grip</i> [11].....	24
Gambar 2.30 <i>Solenoid Valve 5/2 FAT</i>	25
Gambar 2.31 <i>Solenoid valve Single acting</i> [12]	25
Gambar 2.32 <i>Solenoid valve Double acting</i> [12].....	26
Gambar 2.33 <i>Vacuum Pad</i>	26
Gambar 2.34 <i>Drilling Machine</i>	27
Gambar 2.35 <i>Warnning Light</i>	28
Gambar 2.36 <i>Kompresor</i>	29

Gambar 2.37 Konfigurasi PLC [14]	30
Gambar 2.38 <i>Ladder Diagram</i> [14]	31
Gambar 2.39 PLC LG Glofa GM4.....	33
Gambar 2.40 <i>Power Supplay</i> GM4-PA2A [15]	35
Gambar 2.41 CPU GMP-CPUA [15]	36
Gambar 2.42 Modul <i>Input</i> G4I-D22A [15]	38
Gambar 2.43 Modul <i>Output</i> G4Q-RY2A [15]	39
Gambar 2.44 Elemen Dasar <i>Petri Net</i>	41
Gambar 2.45 <i>Software Fluid Sim</i> [19]	43
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Perancangan	45
Gambar 3.2 Diagram Waktu <i>Seperatipn Module</i> Benda Silver	58
Gambar 3.3 Diagram Waktu <i>Separation Module</i> Benda Hitam.....	59
Gambar 3.4 Diagram Waktu <i>Pick and Place Module</i>	59
Gambar 3.5 Diagram Waktu <i>Stopper Module</i>	60
Gambar 3.6 Diagram Waktu <i>Line Movement</i> Benda Biru.....	60
Gambar 3.7 Diagram Waktu <i>Line Movement</i> Benda Hitam.....	61
Gambar 3.8 <i>Petri Net Step</i> Init dan <i>Step 1</i>	66
Gambar 3.9 <i>Petri Net step 2</i>	67
Gambar 3.10 <i>Petri Net Step 3</i>	67
Gambar 3.11 <i>Petri Net Step 4.1</i>	68
Gambar 3.12 <i>Petri Net Step 4.2</i>	68
Gambar 3.13 <i>Petri Net Step 4.3</i>	69
Gambar 3.14 <i>Petri Net Step 5</i>	69
Gambar 3.15 <i>Petri Net Step 6</i>	69
Gambar 3.16 <i>Petri Net Step 7</i>	70
Gambar 3.17 <i>Petri Net Step 8</i>	70
Gambar 3.18 <i>Petri Net Step 9</i>	71
Gambar 3.19 <i>Petri Net Step 10</i>	71
Gambar 3.20 <i>Petri Net Step 11</i>	72
Gambar 3.21 <i>Petri Net Step 12</i>	72
Gambar 3.22 <i>Petri Net Step 13</i>	73
Gambar 3.23 <i>Petri Net Step 14</i>	73
Gambar 3.24 <i>Petri Net Step 15</i>	74
Gambar 3.25 <i>Petri Net Step 16</i>	74
Gambar 3.26 <i>Petri Net Step 17.1</i>	75
Gambar 3.27 <i>Petri Net Step 17.2</i>	76
Gambar 3.28 <i>Petri Net Step 18.1</i>	76
Gambar 3.29 <i>Petri Net Step 18.2</i>	77
Gambar 3.30 <i>Petri Net Step 19.1</i>	77

Gambar 3.31 <i>Petri Net Step 19.2</i>	78
Gambar 3.32 <i>Petri Net Step 20.1</i>	78
Gambar 3.33 <i>Petri Net Step 20.2</i>	79
Gambar 3.34 <i>Petri Net Step 21.1</i>	79
Gambar 3.35 <i>Petri Net Step 21.2</i>	80
Gambar 3.36 <i>Petri Net Step 22</i>	80
Gambar 3.37 <i>Petri Net Step 23</i>	81
Gambar 3.38 <i>Ladder Diagram Step Init dan Step 1</i>	84
Gambar 3.39 <i>Ladder Diagram Step 2</i>	85
Gambar 3.40 <i>Ladder Diagram Step 3</i>	86
Gambar 3.41 <i>Ladder Diagram Step 4.1</i>	87
Gambar 3.42 <i>Ladder Diagram Step 4.2</i>	88
Gambar 3.43 <i>Ladder Diagram Step 4.3</i>	89
Gambar 3.44 <i>Ladder Diagram Step 5</i>	90
Gambar 3.45 <i>Ladder Diagram Step 6</i>	91
Gambar 3.46 <i>Ladder Diagram Step 7</i>	91
Gambar 3.47 <i>Ladder Diagram Step 8</i>	92
Gambar 3.48 <i>Ladder Diagram Step 9</i>	93
Gambar 3.49 <i>Ladder Diagram Step 10</i>	94
Gambar 3.50 <i>Ladder Diagram Step 11</i>	95
Gambar 3.51 <i>Ladder Diagram Step 12</i>	96
Gambar 3.52 <i>Ladder Diagram Step 13</i>	96
Gambar 3.53 <i>Ladder Diagram Step 14</i>	97
Gambar 3.54 <i>Ladder Diagram Step 15</i>	99
Gambar 3.55 <i>Ladder Diagram Step 16</i>	99
Gambar 3.56 <i>Ladder Diagram Step 17.1</i>	101
Gambar 3.57 <i>Ladder Diagram Step 17.2</i>	103
Gambar 3.58 <i>Ladder Diagram Step 18.1</i>	104
Gambar 3.59 <i>Ladder Diagram Step 18.2</i>	104
Gambar 3.60 <i>Ladder Diagram Step 19.1</i>	105
Gambar 3.61 <i>Ladder Diagram Step 19.2</i>	106
Gambar 3.62 <i>Ladder Diagram Step 20.1</i>	107
Gambar 3.63 <i>Ladder Diagram Step 20.2</i>	108
Gambar 3.64 <i>Ladder Diagram Step 21.1</i>	109
Gambar 3.65 <i>Ladder Diagram Step 21.2</i>	110
Gambar 3.66 <i>Ladder Diagram Step 22</i>	111
Gambar 3.67 <i>Ladder Diagram Step 23</i>	112
Gambar 4.1 <i>Konfigurasi Sistem Factory Automatic Trainer</i>	113
Gambar 4.2 <i>Konfigurasi PC ke PLC</i>	114

Gambar 4.3 Grafik Validasi <i>Separation Module</i> Benda Silver	115
Gambar 4.4 Grafik Validasi <i>Separation Module</i> Benda Biru	116
Gambar 4.5 Grafik Validasi <i>Pick and Place</i>	118
Gambar 4.6 Grafik Validasi <i>Stopper Module</i>	120
Gambar 4.7 Grafik Validasi <i>Line Movement</i> Benda Biru	122
Gambar 4.8 Grafik Validasi <i>Line Movement</i> Benda Hitam.....	123
Gambar 4.9 Implementasi <i>Step 1</i>	125
Gambar 4.10 Implementasi <i>Step 2</i>	126
Gambar 4.11 Implementasi <i>Step 3</i>	127
Gambar 4.12 Implementasi <i>Step 4.1</i>	127
Gambar 4.13 Implementasi <i>Step 4.2</i>	128
Gambar 4.14 Implementasi <i>Step 4.3</i>	129
Gambar 4.15 Implementasi <i>Step 5</i>	129
Gambar 4.16 Implementasi <i>Step 6</i>	130
Gambar 4.17 Implementasi <i>Step 7</i>	130
Gambar 4.18 Implementasi <i>Step 8</i>	131
Gambar 4.19 Implementasi <i>Step 9</i>	131
Gambar 4.20 Implementasi <i>Step 10</i>	132
Gambar 4.21 Implementasi <i>Step 11</i>	133
Gambar 4.22 Implementasi <i>Step 12</i>	133
Gambar 4.23 Implementasi <i>Step 13</i>	134
Gambar 4.24 Implementasi <i>Step 14</i>	134
Gambar 4.25 Implementasi <i>Step 15</i>	135
Gambar 4.26 Implementasi <i>Step 16</i>	136
Gambar 4.27 Implementasi <i>Step 17.1</i>	137
Gambar 4.28 Implementasi <i>Step 17.2</i>	138
Gambar 4.29 Implementasi <i>Step 18.1</i>	139
Gambar 4.30 Implementasi <i>Step 18.2</i>	140
Gambar 4.31 Implementasi <i>Step 19.1</i>	140
Gambar 4.32 Implementasi <i>Step 19.2</i>	141
Gambar 4.33 Implementasi <i>Step 20.1</i>	142
Gambar 4.34 Implementasi <i>Step 20.2</i>	142
Gambar 4.35 Implementasi <i>Step 21.1</i>	143
Gambar 4.36 Implementasi <i>Step 21.2</i>	144
Gambar 4.37 Implementasi <i>Step 22</i>	145
Gambar 4.38 Implementasi <i>Step 23</i>	145

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 2.1 Klasifikasi Benda Kerja FAT	12
Tabel 2.2 Deteksi Sensor Pada Benda Kerja FAT	12
Tabel 2.3 Standar Deteksi Objek Berdasarkan Material.....	15
Tabel 2.4 Performa Spesifikasi PLC LG Glofa GM4 [15]	33
Tabel 2.5 Keterangan <i>Power Supply</i> PLC Glofa GM4-PA2A [15].....	35
Tabel 2.6 Keterangan CPU GM4-CPUA [15].....	36
Tabel 2.7 Spesifikasi Modul <i>Input</i> G4I-D22A [15].....	38
Tabel 2.8 Spesifikasi Modul <i>Output</i> G4Q-RY2A [15].....	39
Tabel 2.9 Penafsiran <i>Transition</i> dan <i>Place</i>	41
Tabel 2.10 Elemen Dasar <i>Ladder Diagram</i> dan <i>Petri Net</i> [17].....	41
Tabel 2.11 Konversi <i>Petri Net</i> dan <i>Diagram Ladder</i> [18].....	42
Tabel 3.1 <i>Input Separation Module</i>	46
Tabel 3.2 <i>Output Separation Module</i>	47
Tabel 3.3 <i>Input Pick and Place Module</i>	47
Tabel 3.4 <i>Output Pick and Place Module</i>	48
Tabel 3.5 <i>Input Stopper Module</i>	49
Tabel 3.6 <i>Output Stopper Module</i>	49
Tabel 3.7 <i>Input Line Movement Module</i>	50
Tabel 3.8 <i>Output Line Movement Module</i>	50
Tabel 3.9 Langkah Kerja Sistem	51
Tabel 3.10 Pengelompokan Komponen <i>Place</i>	62
Tabel 3.11 Pengelompokan Komponen <i>Transisi</i>	65
Tabel 3.12 Alamat <i>Input</i> dan <i>Output Separation Module</i>	81
Tabel 3.13 Alamat <i>Input</i> dan <i>Output Pick and Place Module</i>	82
Tabel 3.14 Alamat <i>Input</i> dan <i>Output Stopper Module</i>	82
Tabel 3.15 Alamat <i>Input</i> dan <i>Output Line Movement Module</i>	83
Tabel 4.1 Hasil Validasi <i>Separation Module</i>	117
Tabel 4.2 Hasil Validasi <i>Pick and Place Module</i>	119
Tabel 4.3 Hasil Validasi <i>Stopper Module</i>	121
Tabel 4.4 Hasil Validasi <i>Line Movement Module</i>	124
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Benda Kerja Pada FAT	146
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Benda Kerja Berurutan Pada FAT	147
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Benda Kerja Acak Pada FAT	147

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem otomasi di industri digunakan sebagai pengendali otomatis perangkat dengan alat mekanis atau elektronik yang menggantikan peran manusia untuk *observasi*, usaha dan pengambilan keputusan. Seperti adanya sistem *conveyor*, yang digunakan untuk memindahkan barang dari satu lokasi ke lokasi lainnya, sistem penyortir yang dimana digunakan sebagai pemilah suatu barang berdasarkan kebutuhan suatu perusahaan dimana sistem otomasi tidak sekedar memindahkan menyortir suatu barang. Masih banyak sistem yang terintegrasi dengan sistem otomasi. Dengan adanya sistem otomasi perusahaan lebih dapat menjaga kualitas kuantitas dan meningkatkan waktu produksi suatu barang dengan cepat. Sebagai media pembelajaran proses sistem otomasi industri manufaktur dibuatkan sebuah alat yaitu *factory automatic trainer*. *Factory automatic trainer* adalah miniatur proses di industri manufaktur yang tersusun dari modul *separation*, modul *pick and place*, modul *stopper*, dan modul *line movement*. Pada sistem *factory automatic trainer* terdapat alat kendali yang mengatur dan mengendalikan semua sistem. Alat kendali yang digunakan adalah *programmable logic controller* (PLC).

Programmable logic controller (PLC) merupakan peralatan elektronik yang dibangun dari mikroprosesor untuk memonitor keadaan dari peralatan *input* untuk kemudian di analisa sesuai dengan kebutuhan programmer untuk mengontrol keadaan *output*. Pada PLC terdapat *analog input*, *analog output*, *digital input* dan *digital output*. Setiap *input* dan *output* mempunyai alamat tertentu sehingga untuk mendeteksinya mikroprosesor berdasarkan alamatnya. Di dalam PLC juga dipersiapkan *timer* yang dapat dibuat dalam konfigurasi *on delay*, *off delay*, *on timer*, *off timer* dan lain- lain sesuai dengan programnya. Untuk memproses *timer* tersebut, PLC memanggil berdasarkan alamatnya. Pada PLC terdapat beberapa Bahasa pemrograman yaitu *ladder diagram* (LAD), *function block diagram* (FBD), dan *statement list* (STL).

Beberapa penelitian telah dilakukan pada perancangan diagram *ladder*, penelitian pertama dilakukan oleh M.Sunardi pada tahun 2018 yang berjudul “Konstruksi Diagram *Ladder* Dengan Metode *Petri Net* Untuk *Factory Automatic Trainer*” dimana didapatkan *ladder diagram* menggunakan metode *petri net* yang mampu mengoperasikan benda kerja

tunggal pada setiap pengulangan dan diimplementasi pada *factory automatic trainer* [1]. Penelitian kedua dilakukan oleh Rifqi Zain pada tahun 2018 yang berjudul “Konstruksi Diagram *Ladder* Dengan Metode Petri Net Untuk *Crude Palm Oil Process*” dimana didapatkan *ladder diagram* menggunakan metode *petri net* yang mampu mengoperasikan proses operasi pada *crude palm oil* [2].

1.2 Perumusan Masalah

Factory automatic trainer terdapat beberapa proses yang menyebabkan banyaknya langkah yang harus dilalui dan banyaknya objek yang harus di proses. Maka oleh sebab itu dibutuhkan metode agar mempermudah dalam proses pembuatan program untuk menjalankan banyaknya proses tersebut.

Pada tugas akhir ini, hal yang menjadi fokus permasalahan adalah tentang cara merancang *ladder diagram* yang dapat bekerja dengan objek yang banyak pada *factory automatic trainer*.

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah mengoperasikan *factory automatic trainer* yang mengolah objek yang banyak secara bersamaan. *Factory automatic trainer* dioperasikan dengan *ladder diagram* yang disusun menggunakan metode *petri net* dan diimplementasikan pada plant *factory automatic trainer*.

1.4 Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada Tugas Akhir ini meliputi:

1. Sistem otomasi yang dirancang berupa *ladder diagram* dengan bantuan *software GMWIN*
2. Metode yang digunakan dalam merancang sistem otomasi adalah metode *Petri Net* dengan bantuan *software GreatSPN Editor*
3. Alat yang digunakan untuk penerapan sistem otomasi berupa *factory automatic trainer*.
4. *Controller* yang digunakan untuk penerapan sistem otomasi pada *factory automatic trainer* adalah PLC LG Glofa Gm4 yang meliputi Power supply, cpu, 2 modul *input* digital dan 2 modul *output* digital.
5. Benda kerja yang tersedia di *factory automatic trainer* berjumlah 9 buah
6. Tugas akhir kali ini tidak membandingkan dengan metode pengerjaan *ladder diagram* tugas akhir yang lain.

1.5 Metodologi

Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini antara lain meliputi:

1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan kegiatan pengumpulan dan pengkajian terkait teori, informasi, maupun hasil eksperimen serupa yang dapat dijadikan referensi dalam proses penyusunan tugas akhir ini. Sumber yang digunakan dapat diperoleh melalui berbagai sumber ilmiah seperti buku yang menjelaskan tentang metode *petri net*, pemahaman dasar baik cara kerja maupun pemrograman dari PLC, *manual book* dari *factory automatic trainer*, hasil penelitian, maupun jurnal ilmiah yang telah dipublikasikan.

2. Identifikasi Keperluan I/O

selanjutnya dilakukan identifikasi mengenai teori dan keadaan dari modul-modul yang ada pada *factory automatic trainer* secara langsung. Selanjutnya dilakukan identifikasi terkait dengan *input* dan *output* pada PLC yang mengendalikan keseluruhan modul, cara kerja dari aktuator yang digunakan dan spesifikasi dari tiap-tiap modul.

3. Menentukan Urutan Operasi dari Sistem

Menentukan urutan operasi pada *factory automatic trainer* perlu terlebih dahulu mengidentifikasi sistem dan plant. fungsi dari pemrograman PLC adalah Memproses sinyal *input* menjadi output yang digunakan untuk keperluan pemrosesan teknik secara berurutan, disini PLC menjaga agar semua step / langkah dalam proses berlangsung dalam urutan yang tepat.

4. Perancangan *ladder Diagram* dengan Metode *Petri Net*

Petri net adalah salah satu model untuk merepresentasikan sistem terdistribusi diskret. Sebagai sebuah model, *petri net* merupakan grafik 2 arah yang terdiri dari *place*, transition, dan tanda panah yang menghubungkan keduanya. Di samping itu, untuk merepresentasikan keadaan sistem, token diletakkan pada *place* tertentu. Ketika sebuah transition terpantik, token akan bertransisi sesuai tanda panah. Membuat hubungan set, reset aktuator dengan perangkat *input* nya. Hubungan *set*, *reset* aktuator dengan perangkat *input* yang disebut dengan *switching function*. Dengan menuliskan semua hubungan persamaan logika antara nomor khusus dari perangkat *input* dan aktuator. Dari *switching function* akan diubah ke dalam pemrograman *ladder diagram*.

5. Simulasi dan Implementasi ke Plant
Hasil dari *ladder diagram* yang telah terbentuk disimulasikan melalui *software* GMWIN untuk dilakukan pengujian terhadap operasi sistem. Hasil simulasi yang telah dirancang dan sesuai dengan operasi sistem akan diimplementasikan ke *plant*.
6. Penyusunan Laporan Tugas Akhir
Penulisan dan penyusunan laporan tugas akhir, yang terdiri dari bab pendahuluan, dasar teori, perancangan sistem, implementasi dan penutup.

1.6 Sistematika Laporan

Pembahasan tugas akhir ini akan dibagi menjadi 5 Bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan

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

Bab 2 Teori Penunjang

Bab ini membahas tinjauan pustaka yang membantu penelitian, diantaranya adalah Pemahaman dasar *factory automatic trainer*, teori pemodelan *petri net*, teori otomasi sistem mengenai pemrograman *ladder diagram* pada PLC,

Bab 3 Perancangan Sistem

Bab ini membahas perancangan sistem yang membahas mengenai perancangan langkah *factory automatic trainer*, pemodelan *factory automatic trainer* dengan metode *petri net*, perancangan *ladder diagram* yang akan membantu memahami setiap tahapan pada *factory automatic trainer*

Bab 4 Implementasi dan Analisa

Bab ini menjelaskan mengenai implementasi sistem otomasi dari hasil perancangan *petri net* dan perancangan *ladder diagram* beserta analisa.

Bab 5 Penutup

Bab ini merupakan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang dilakukan.

1.7 Relevansi atau Manfaat

Factory automatic trainer merupakan gambaran proses di industri manufaktur yang dimana terdapat beberapa proses misalkan *conveyor*, *separation*, *pick & place*, *drilling*, dan *gripper*. Pada *factory automatic trainer* terdapat *programmable logic controller* (PLC) LG GM4 yang digunakan sebagai kontroler. Perancangan *ladder diagram* pada PLC dibuat menggunakan metode *petri net* Sehingga *ladder diagram* menjadi lebih terstruktur. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pihak industri mengenai proses otomasi dengan perancangan *ladder diagram* yang terstruktur dan dapat dijadikan bagi mahasiswa mengenai gambaran proses yang terdapat di industri manufaktur.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB 2

TEORI PENUNJANG

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai teori-teori yang berkaitan dengan alat yang digunakan. Teori yang mendukung penyelesaian Tugas Akhir ini diantaranya adalah mengenai *factory automatic trainer*, penjelasan mengenai masing-masing modul beserta komponen penunjang dan metode yang digunakan dalam pembuatan *ladder diagram* yaitu metode *petri net*.

2.1 *Factory Automatic Trainer*

Factory automatic trainer merupakan sekumpulan beberapa modul kecil dari sistem otomasi yang terdapat pada industri untuk proses pengendaliannya menggunakan *programmable logic control* (PLC). Pada *factory automatic trainer* terdapat 4 buah modul yang saling terintegrasi yaitu *separation module*, *pick and place module*, *stopper module*, dan *line movement module* [3].



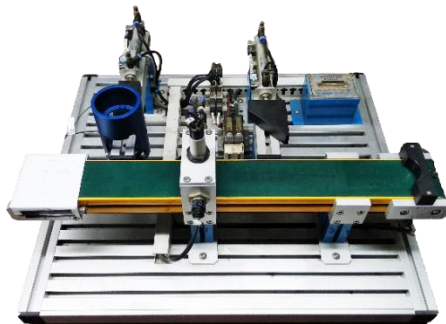
Gambar 2.1 *Factory Automatic Trainer* [3]

2.1.1 *Separation Module*

Pada modul ini terdapat 3 proses pengerjaan yaitu *insert* benda, mengirim benda menggunakan *conveyor*, dan memisahkan benda yang tidak sesuai dengan spesifikasi (*separation*). Benda yang dikirim dengan *conveyor* akan diklasifikasi menggunakan 3 sensor yaitu: proximity sensor, capacitive sensor, dan photo sensor. Pada proses klasifikasi benda

yang tidak sesuai maka benda dipisahkan menggunakan *pneumatic cylinder* sedangkan benda yang sesuai maka benda diteruskan ke *pick and place* [3]. *Separation Module* terdiri dari beberapa komponen seperti pada Gambar 2.2. Komponen *separation Module* sebagai berikut:

1. *Conveyor Belt*
2. *Motor DC*
3. *Proximity Sensor*
4. *Capacitive Sensor*
5. *Photo Sensor*
6. *Fiber Optic Sensor*
7. *Reed Switch Sensor*
8. *Pneumatic Cylinder*
9. *Solenoid Valve 5/2 way*



Gambar 2.2 *Separation Module*

2.1.2 *Pick and Place Module*

Pada *pick and place Module* ini digunakan untuk memindahkan benda dengan menarik benda dengan *vacum* dari *conveyor 1* ke *conveyor 2* dengan syarat benda harus memiliki permukaan rata. *pick and place Module* memiliki *rotary cylinder* yang bergerak searah jarum jam / *clockwise* (CW), berlawanan arah jarum jam / *counter clockwise* (CCW) dan *vertical cylinder* yang bergerak keatas (*Up*) dan kebawah (*Down*). Pada modul ini juga terdapat *warning lamp* yang memiliki tiga warna yaitu merah, kuning, dan hijau [3]. Untuk mempermudah pemahaman dapat dilihat pada Gambar 2.3 sebagai berikut:

1. *Rotary Cylinder*
2. *Vertical Cylinder*

3. *Vacuum*
4. *Warning Light*
5. *Solenoid Valve 5/2 way*

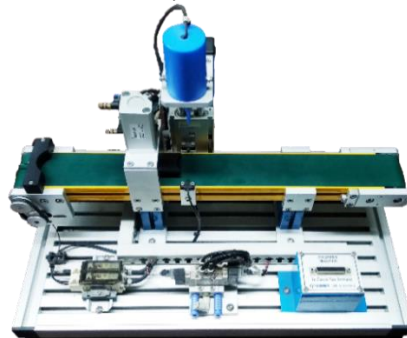


Gambar 2.3 *Pick and Place Module*

2.1.3 *Stopper Module*

Pada modul ini terdapat 2 proses pengerjaan yaitu proses mengirim benda dari *pick and place* menuju *line movement* dan proses *drilling* pada benda yang menuju *line movement*. Pada proses *drilling* terdapat *stopper* dan *fiber optic sensor* yang digunakan untuk menghentikan *conveyor* agar proses *drilling* tepat di tengah benda [3]. Berikut merupakan Gambar 2.4 yang menjelaskan komponen yang terletak pada *stopper module*:

1. *Conveyor Belt*
2. *Motor DC*
3. *Stopper*
4. *Mesin Drilling*
5. *Fiber Optic Sensor*
6. *Solenoid Valve 5/2 way*

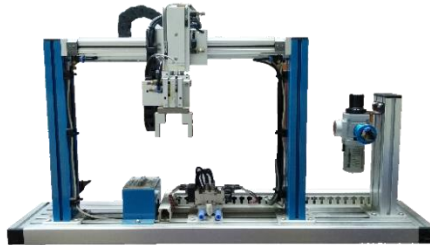


Gambar 2.4 *Stopper Module*

2.1.4 *Line Movement Module*

Pada *line movement module* ini digunakan untuk memindahkan benda dengan diapit menggunakan *finger grip* dari *conveyor 2* ke *conveyor 1*. *line movement module* ini memiliki *horizontal cylinder* yang bergerak secara *forward* dan *backward* serta memiliki *vertical cylinder* yang bergerak secara kebawah dan keatas [3]. Berikut ini Gambar 2.5 yang menjelaskan komponen yang terletak pada *line movement module*:

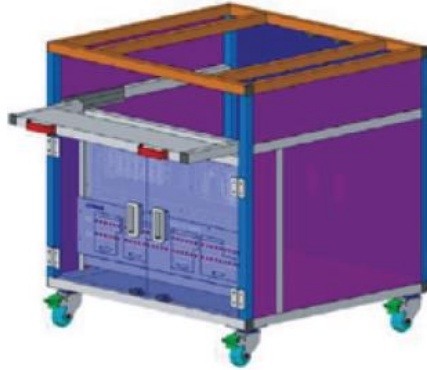
1. *Rodless Cylinder*
2. *Vertical Cylinder*
3. *Finger Cylinder*
4. *Solenoid Valve 5/2 way*



Gambar 2.5 *Line Movement Module*

2.1.5 *Control Unit*

Control Unit adalah tempat dari 4 modul *factory automatic trainer* yaitu *separation module*, *pick and place*, *stopper module*, dan *line movement module* yang terintegrasi sehingga proses pemindahan barang dapat berjalan dengan baik. Pada *control unit* juga terdapat PLC pengontrol dari *factory automatic trainer* [3]. Berikut Gambar 2.6 yang merupakan bentuk dari *control unit*:



Gambar 2.6 *Control Unit*

2.1.6 Benda Kerja *Factory Automatic Trainer*

Factory automatic trainer merupakan contoh alat yang digunakan dalam dunia industri manufaktur mengenai proses produksi dan pengolahan. Pada alat *factory automatic trainer* terdapat benda kerja yang diolah dan dikirim dari *magazine* ke *conveyor1* dipisahkan oleh *pneumatic cylinder* berdasarkan warna dan bahan benda tersebut. Setelah itu dipisahkan dengan *pick and place* dari *conveyor 1* ke *conveyor 2* dan dikirim ke proses *drilling*. Saat proses *drilling* selesai maka akan dikirim ke *line movement module* untuk dipindahkan dari *conveyor 2* ke *conveyor 2*. Berikut ini jenis benda kerja *factory automatic trainer*:



Gambar 2.7 Benda Kerja *Factory Automatic Trainer*

Klasifikasi benda kerja FAT berdasarkan warna dan jenis material sebagaimana dibawah ini:

Tabel 2.1 Klasifikasi Benda Kerja FAT

No	Keterangan	Warna	Jenis Material
1	Benda Kerja 1	Hitam	Plastik
2	Benda Kerja 2	Biru	Plastik
3	Benda Kerja 3	Abu-abu	Logam

Klasifikasi benda kerja tersebut dideteksi menggunakan sensor pada FAT sebagaimana dibawah ini:

Tabel 2.2 Deteksi Sensor Pada Benda Kerja FAT

Keterangan	Sensor		
	Capacitive Proximity	Photoelectric	Inductive Proximity
Benda Kerja 1	ON	OFF	OFF
Benda Kerja 2	ON	ON	OFF
Benda Kerja 3	ON	ON	ON

2.2 Komponen Penyusun *Factory Automatic Trainer*

Keseluruhan komponen penyusun yang digunakan *factory automatic trainer* antara lain Sensor, Aktuator dan Komponen lainnya. Sensor yang digunakan pada FAT terdiri dari *proximity capacitive sensor*, *proximity inductive sensor*, *photo sensor*, dan *fiber optic sensor*. Pada aktuator yang digunakan FAT terdiri dari *conveyor*, *multiple pneumatic cylinder*, *horizontal cylinder*, *vertical cylinder*, *Finger cylinder*, *solenoid valve 5/2 way*, *vacuum*, dan *3 color warning light*. Sedangkan untuk komponen pendukung lain terdiri dari Kompresor, PLC, dan Benda Kerja. Semua komponen tersebut akan dijelaskan pada bagian ini.

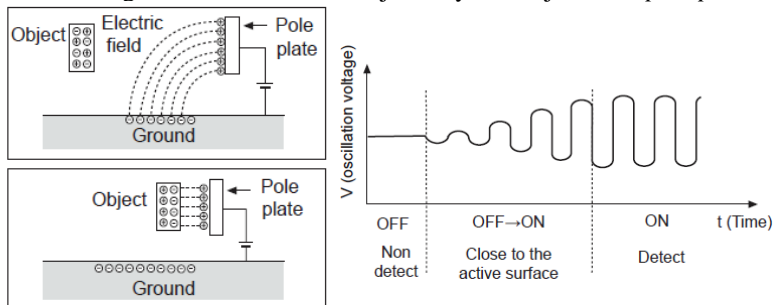
2.2.1 *Proximity Capacitive Sensor*

Proximity capacitive sensor adalah Sensor yang dapat mendeteksi gerakan, komposisi kimia, tingkat dan komposisi cairan maupun tekanan. *Proximity capacitive sensor* dapat mendeteksi bahan-bahan dielektrik rendah seperti plastik atau kaca dan bahan-bahan dielektrik yang lebih tinggi seperti cairan sehingga memungkinkan sensor jenis ini untuk mendeteksi tingkat banyak bahan melalui kaca, plastik maupun komposisi lainnya [4]. Berikut ini *proximity capacitive sensor* yang digunakan pada FAT:



Gambar 2.8 *Proximity Capacitive Sensor* [4]

Proximity Capacitive sensor berkerja dengan prinsip polarisasi seperti pada Gambar 2.9. Sensor ini dilengkapi dengan *pole plate* yang dialiri arus kutub positif. apabila tidak ada obyek didekat *pole plate* maka kutub negatif akan berada pada *ground* dan ketika obyek mendekati *pole plate* maka terbentuklah medan listrik antara *pole plate* dengan *ground* serta kutub-kutub pada obyek akan bergerak karena adanya induksi elektrostatis sehingga kutub negatif pada obyek akan mendekat ke *pole plate* [4]. Ketika obyek mendekat ke *pole plate* maka kekuatan polarisasi akan meningkat dan akan melemah jika obyek menjauh dari *pole plate*.



Gambar 2.9 Grafik Kerja *Proximity Capacitive Sensor* [4]

Prinsip Operasi *proximity capacitive sensor* ialah seperti pada Gambar 2.9. ketika sensor dihidupkan maka ada osilasi arus kurang dari 1 mA, jika terdapat benda yang akan terdeteksi maka arus yang berosilasi akan naik sebesar 2,5 mA dan ketika osilasi meningkat sampai mencapai 4 mA maka benda terdeteksi.

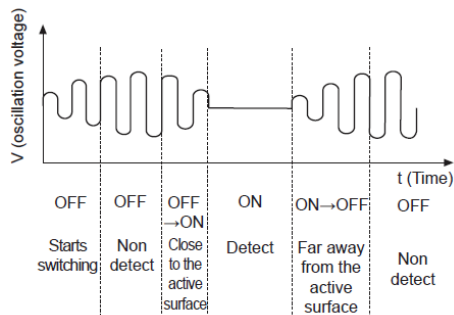
2.2.2 Proximity Inductive Sensor

Inductive Proximity Sensor adalah Sensor yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan logam baik logam jenis Ferro maupun logam jenis non-ferro. Sensor ini dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan (ada atau tidak adanya objek logam), menghitung objek logam dan aplikasi pemosisian. *Proximity Inductive Sensor* sering digunakan sebagai pengganti saklar mekanis karena kemampuannya yang dapat beroperasi pada kecepatan yang lebih tinggi dari saklar mekanis biasa [4]. Berikut ini *proximity Inductive sensor* yang digunakan pada FAT:



Gambar 2.10 *Proximity Inductive Sensor* [4]

ketika terdapat benda yang mendekat maka osilasi frekuensi tersebut akan melemah sampai berhenti (sensor *on detect*) seperti yang tertera pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Grafik *Proximity Inductive Sensor* [4]

Deteksi sensor ke objek dipengaruhi oleh jarak obyek ke sesor *proximity*, kemudian dipengaruhi pula oleh ketebalan obyek dan

permukaan sensor. untuk standar deteksi besi lunak ialah dengan ketebalan 1 mm. Untuk jenis material berdasarkan standart obyek deteksi ialah seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Standar Deteksi Objek Berdasarkan Material

Material	Faktor Koreksi (mm)
Besi Lunak	1.0
Nikel, Baja	0.7 – 0.9
Kuningan	0.35 – 0.5
Aluminium	0.35 – 0.5
Tembaga	0.25 – 0.4

2.2.3 Photoelectric Sensor

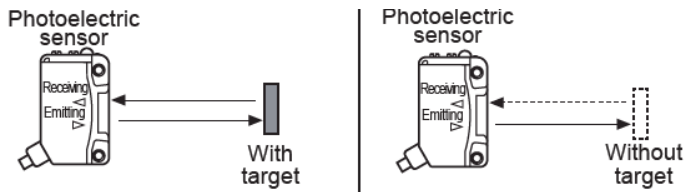
Photoelectric Sensor adalah sensor yang menggunakan elemen peka cahaya untuk mendeteksi obyek. Sensor Proximity Fotolistrik terdiri sumber cahaya (atau disebut dengan Emitor) dan Penerima (Receiver) [5]. Berikut ini *photoelectric sensor* yang digunakan pada FAT:



Gambar 2.12 Photoelectric Sensor [5]

a. Pemantulan Langsung (*Direct Reflection*)

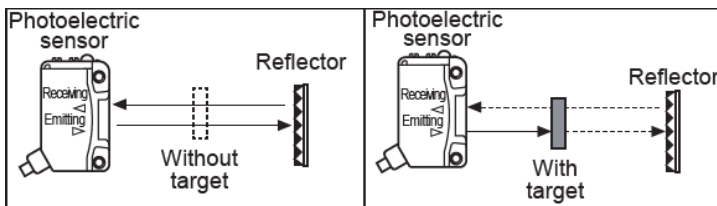
Transmitter dan receiver ditempatkan bersama-sama dan menggunakan cahaya yang dipantulkan langsung dari objek untuk melakukan deteksi. Pemilihan photosensor jenis ini harus mempertimbangkan warna dan tipe permukaan objek (kasar, licin, buram, terang). Dengan permukaan buram, jarak sensing akan dipengaruhi oleh warna objek. Warna-warna terang berpengaruh terhadap jarak sensing maksimum dan warna gela berpengaruh terhadap jarak sensing minimum. Jika permukaan obyek mengkilap, efek permukaan yang lebih penting daripada warna. Pada data tehnik (katalog), jarak sensing yang tertera merupakan uji dengan menggunakan kertas putih (matte) [5].



Gambar 2.13 Prinsip Kerja *Direct Reflection* [5]

b. Refleksi dengan reflektor (*Reflection with Reflector*)

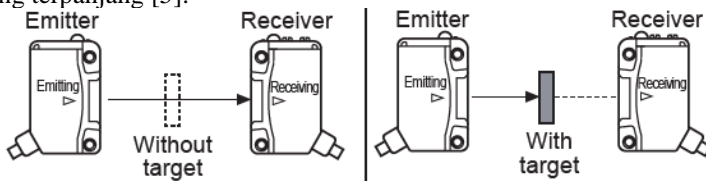
Transmitter dan receiver ditempatkan bersama-sama dan membutuhkan reflektor. Obyek terdeteksi karena memotong cahaya antara sensor dan reflektor sehingga receiver tidak menerima cahaya. Photocells ini memungkinkan jarak sensing lebih jauh. Dengan adanya reflector sinar yang dipancarkan akan dipantulkan sepenuhnya ke receiver [5].



Gambar 2.14 Prinsip Kerja *Reflection With Reflector* [5]

c. *Through Beam*

Transmitter dan Receiver ditempatkan secara terpisah dan deteksi obyek terjadi ketika memotong sinar antara transmitter dan receiver sehingga receiver kehilangan cahaya sesaat. Photocells ini memiliki jarak sensing terpanjang [5].



Gambar 2.15 Prinsip Kerja *Through Beam* [5]

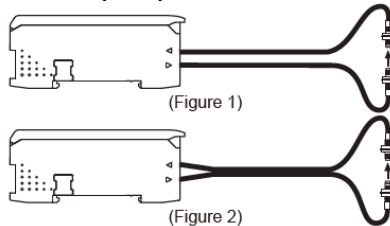
2.2.4 Fiber Optic Sensor

Fiber Optic Sensor adalah jenis sensor optik yang menggunakan fiber optik dalam mekanisme penginderaan atau pendeteksian, baik sebagai komponen aktif sensor maupun sekedar sebagai pemandu gelombang saja. Sistem sensor optik dilengkapi dengan paling tidak tiga komponen utama, yaitu komponen optoelektronik, link optik dan probe. Komponen optoelektronik meliputi sumber cahaya, detektor optik dan pengolah sinyal [6]. Berikut ini *fiber optic sensor* yang digunakan pada FAT:

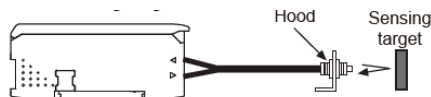


Gambar 2.16 *Fiber Optic Sensor* [6]

Terdapat dua tipe pada sensor ini, tipe pertama adalah emitter dan receiver berbeda device dengan cara kerja intensitas cahaya dikirimkan oleh emitter dan diterima oleh receiver, apabila terdapat benda di antara emitter dan receiver maka receiver menerima intensitas cahaya yang berbeda dari sebelumnya sehingga diartikan sensor mendeteksi benda Seperti Gambar 2.17. Untuk tipe yang kedua adalah emitter dan receiver terletak pada satu device seperti pada Gambar 2.18.



Gambar 2.17 *Fiber Optic Sensor Through Beam* [6]



Gambar 2.18 *Fiber Optic Sensor Direct Reflection* [6]

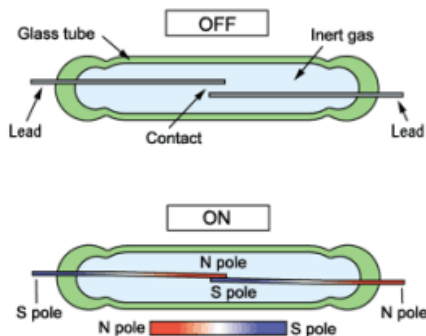
2.2.5 Reed Switch Sensor

Reed switch Sensor adalah sebuah saklar listrik yang dioperasikan oleh medan yang digunakan untuk mendeteksi gerakan dari penggerak *cylinder* naik, turun atau maju, mundur [7]. Berikut ini *reed switch sensor* yang digunakan pada FAT:



Gambar 2.19 *Reed Switch Sensor* [7]

Cara kerja dari sensor ini adalah ketika ada medan magnet mengenai bagian depan sensor, maka sensor akan bekerja sehingga menghubungkan kontaknya, medan magnet ini terdapat dari bagian dalam *cylinder* sebelah atas dan bawah kemudian posisi sensor nempel dengan badan *cylinder* pada saat *cylinder* bergerak naik atau turun maka akan ada medan magnet yang mengenai *reed switch*.



Gambar 2.20 Prinsip Kerja *Reed Switch Sensor* [7]

2.2.6 Belt Conveyor

Belt conveyor adalah suatu sistem mekanik yang mempunyai fungsi memindahkan barang dari satu tempat ke tempat yang lain. Alat tersebut terdiri dari sabuk yang tahan terhadap pengangkutan benda padat. Sabuk yang digunakan pada *belt conveyor* ini dapat dibuat dari berbagai

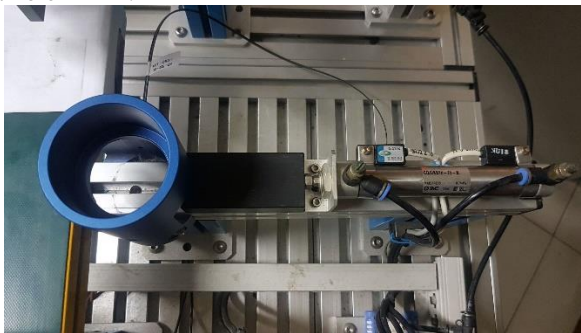
jenis bahan yang tergantung dari jenis bahan yang yang diangkut. *Conveyor belt* banyak dipakai di industri untuk transportasi barang yang jumlahnya sangat banyak dan berkelanjutan. *Conveyor belt* terutama berguna dalam aplikasi yang melibatkan transportasi bahan berat atau besar. Sistem *conveyor* memungkinkan transportasi cepat dan efisien untuk berbagai bahan [8]. Untuk itu pada *plant factory automatic trainer* digunakan konveyor jenis *belt* seperti pada Gambar 2.21.



Gambar 2.21 *Belt Conveyor*

2.2.7 *Pneumatic Cylinder*

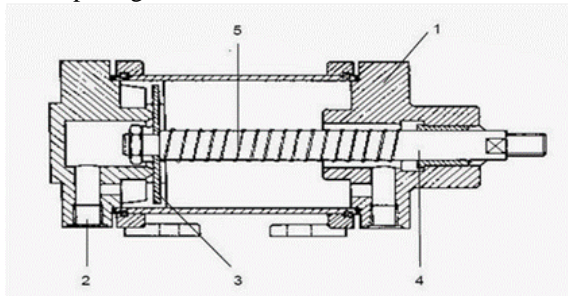
Pneumatik cylinder adalah aktuatur atau perangkat mekanis yang menggunakan kekuatan udara bertekanan (udara yang terkompresi) untuk menghasilkan kekuatan dalam gerakan bolak – balik piston secara linier (gerakan keluar - masuk) [9]. Berikut ini *pneumatic cylinder* yang digunakan oleh FAT:



Gambar 2.22 *Pneumatic Cylinder FAT*

Berikut dua tipe *pneumatik cylinder* yang paling umum atau sering digunakan di industri :

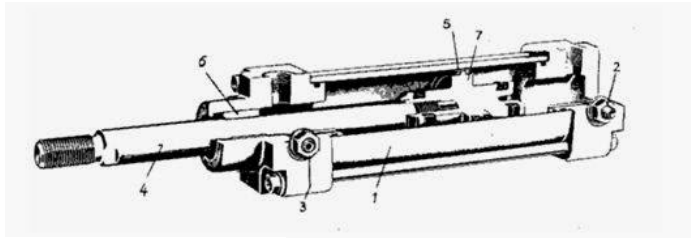
- a. *Single acting cylinder*, merupakan jenis *cylinder* yang hanya memiliki satu port untuk masuknya udara bertekanan. *Cylinder* ini menggunakan kekuatan udara bertekanan untuk mendorong ataupun menekan piston dalam satu arah saja (umumnya keluar). Dan menggunakan pegas pada sisi yang lain untuk mendorong piston kembali pada posisi semula. Gambar *Single Acting Cylinder* ditunjukkan pada gambar berikut:



1. Rumah *Cylinder*
2. Lubang Masuk Udara Bertekanan
3. Piston
4. Batang Piston
5. Pegas

Gambar 2.23 *Single Acting Cylinder* [9]

- b. *Double acting cylinder*, merupakan *cylinder* yang memiliki dua port untuk instroke dan outstroke. *Cylinder* jenis ini menggunakan kekuatan udara bertekanan untuk mendorong piston keluar dan mendorong piston untuk kembali ke posisi awal (menarik kedalam). Sehingga *cylinder* ini membutuhkan lebih banyak udara dan katup pengontrol arah yang lebih kompleks bila dibandingkan dengan *single acting cylinder*.



- | | |
|-------------------|------------|
| 1. Rumah Cylinder | 5. Seal |
| 2. Saluran Masuk | 6. Bearing |
| 3. Saluran Keluar | 7. Piston |
| 4. Batang Piston | |

Gambar 2.24 *Double Acting Cylinder* [9]

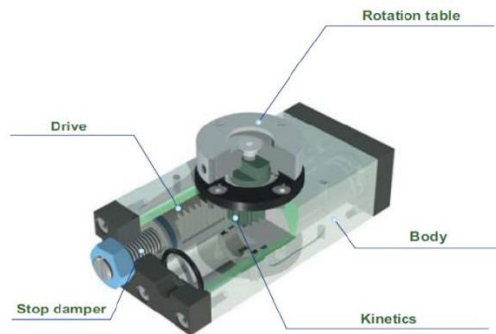
2.2.8 *Rotary Cylinder*

Rotary cylinder merupakan pneumatik aktuator yang berfungsi mengubah tekanan udara menjadi gerak mekanik putar. Komponen ini dapat digunakan untuk memindahkan benda seperti pada Gambar 2.24 *plant factory automatic trainer* atau dengan sebutan *pick and place module*. Komponen ini bekerja dengan udara bertekanan, terdapat 5 jenis *rotary cylinder* berdasarkan cara kerja dan konstruksinya ialah *vane type*, *rack & pinion type*, *screw type*, *crank type* dan *wheel gear & chain type* [10]. Salah satu jenis *rotary cylinder* tersebut digunakan pada *pick & place module* FAT yakni *rank & pinion type*



Gambar 2.25 *Rotary Cylinder* FAT

Cara kerja dari *rank & pinion type* adalah dengan cara udara bertekanan menggerakkan *cylinder*(*double acting pneumatik cylinder*), ketika *cylinder* yang telah dilengkapi dengan gigi bergerak horizontal menyentuh gir maka akan ada gaya putar komponen yang disebabkan oleh sudut tekanan gigi *cylinder* seperti pada Gambar menyentuh gir maka akan ada gaya putar komponen yang disebabkan oleh sudut tekanan gigi *cylinder* seperti pada Gambar 2.26.



Gambar 2.26 Cara Kerja *Rank & Pinion* [1]

Berdasarkan pada Gambar 2.25 dapat dijelaskan bahwa:

- a. *Drive*
Komponen ini merupakan *pneumatik* yang bergerak secara *vertical* dengan memanfaatkan udara bertekanan sebagai penggerak. *Drive* dilengkapi dengan gigi yang menyentuh gir.
- b. *Stop Damper*
Komponen ini berfungsi sebagai peredam atau menahan beban tekanan yang disebabkan oleh pergerakan *drive* dengan gir.
- c. *Rotation Table*
Komponen ini bergerak memutar (*kinetics*) yang disebabkan oleh putaran gir. *Table* dihubungkan dengan lengan sehingga dapat digunakan untuk aktivitas pergerakan rotasi.
- d. *Body*
Ini merupakan salah satu bagian terpenting dalam setiap komponen elektronik, *body* sebagai wadah integrasi komponen sehingga bagian keseluruhan dapat berjalan dengan baik.
- e. *Kinetics*
Gaya putar komponen yang disebabkan oleh sudut tekanan gigi *cylinder* dengan gir.

2.2.9 Rodless Cylinder

Rodless Cylinder adalah Aktuator pneumatik gerak lurus kerja-ganda (*cylinder* tanpa batang piston) terdiri dari tabung bulat dan piston rodless. Piston dalam *cylinder* bisa bergerak dengan bebas berdasarkan pada aktuasi pneumatik, tapi tidak ada sambungan terminal positif. Piston dipasang dengan magnet permanent yang sudah ditetapkan. Kopling magnet dihasilkan antara penggeser dan piston. Begitu piston didorong oleh udara bertekanan secara serempak menggerakkan penggesernya. Komponen mesin yang akan dipindahkan ditempatkan diatas pembawa. Perencanaan silinder ini dikhususkan dipakai untuk panjang langkah *cylinder* sampai 10 meter. Maka pada *line movement module* membutuhkan *rodless cylinder* sebagai penggeser *finger grip* [10]. Berikut *rodless cylinder* yang digunakan pada FAT:



Gambar 2.27 Rodless Cylinder FAT

Prinsip kerja *cylinder* ini adalah ketika ada supply udara dari kiri maka udara akan memenuhi ruang sebelah kiri sehingga *cylinder* akan teraktuasi / bergerak ke arah kanan dan secara otomatis udara yang memenuhi ruang kanan akan keluar dan sebaliknya apabila ada *supply* dari kanan, maka udara akan memenuhi ruang sebelah kanan sehingga *cylinder* akan teraktuasi bergerak ke arah kiri dan secara otomatis udara yang memenuhi ruang kiri akan keluar

2.2.10 Finger Cylinder

Finger cylinder terdapat pada *line movement module plant factory automatic trainer* (FAT) seperti pada Gambar 2.28 digunakan untuk memindahkan benda dengan cara menjepit benda menggunakan *Finger grip*. Pneumatik jenis *finger* ini mampu bergerak dengan *rotary* yang

bedasarkan roda gigi [11]. Berikut *finger cylinder* yang digunakan pada FAT:

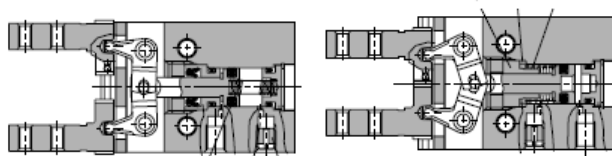


Gambar 2.28 *Finger Cylinder*

Cara kerja *finger grip* adalah saat udara bertekanan masuk menjadi gerakan mekanik dari roda gigi agar dapat menjepit seperti pada Gambar

Single acting/Normally open

Single acting/Normally closed



Gambar 2.29 Cara Kerja *Finger Grip* [11]

2.2.11 Solenoid Valve 5/2 Way

Solenoid valve adalah katup yang berfungsi sebagai saluran untuk mengeluarkan udara bertekanan ke *cylinder*. Sebagai elemen kontrol, katup ini memiliki sebuah piston kontrol yang dengan gerakan horisontalnya menghubungkan atau memisahkan saluran yang sesuai. Pada plant *factory automatic trainer* menggunakan solenoid valve 5/2 way seperti pada Gambar yang dimana mempunyai 5 lubang dan 2 posisi kontak yang menentukan *cylinder* dalam kondisi mundur atau maju [12]. Berikut *solenoid valve 5/2* yang digunakan pada FAT:

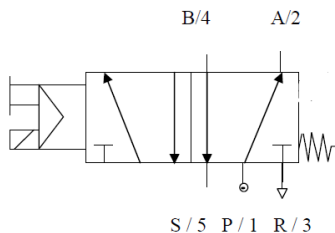


Gambar 2.30 Solenoid Valve 5/2 FAT

Solenoid valve 5/2 terdapat 2 jenis yaitu:

a. Single Acting

Solenoid jenis ini mempunyai satu solenoid dan spring yang mana fungsi dari spring itu sendiri sebagai penarik batang pelat yang ada pada valve agar pada saat tidak ada arus ada tegangan supply yang masuk maka valve akan nonaktif. Saat solenoid valve ini mendapat tegangan dan arus, induksi yang terjadi dalam solenoid tersebut menarik batang pelat yang mempunyai gaya tarik lebih besar dari gaya spring dan akibatnya sumber *supply input* menyalurkan *supply* pada *output* yang lainnya, akibatnya *output* yang satunya dapat aktif.

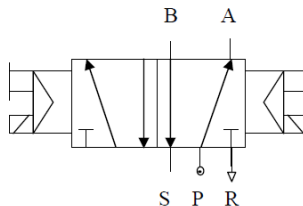


Gambar 2.31 Solenoid valve Single acting [12]

b. Double Acting

Solenoid valve ini mempunyai cara kerja dan konstruksi bagian dalamnya sama dengan valve pneumatik 5/2-Way single acting dan yang menjadi perbedaan dengan *input trigger*, yang mana pada jenis solenoid valve ini terdapat dua *output* yang tiap *output* tersebut mempunyai masing-masing solenoid, sehingga cara kerjanya berdasarkan *input*

trigger solenoid dan pada saat *input 1* tegangan dan arus aktif maka *cylinder* akan maju sedangkan jika *input 2* aktif dan *input 1* nonaktif maka *cylinder* akan mundur.



Gambar 2.32 *Solenoid valve Double acting* [12]

2.2.12 *Vacum Pad*

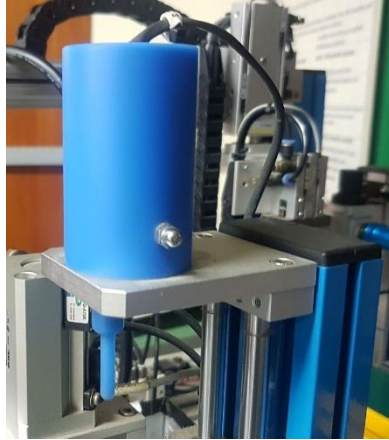
Vacuum merupakan alat yang digunakan menghisap benda dengan angin bertekanan yang dimana pada ujung vacuum terletak suction cup terbuat dari bahan elastis, fleksibel dan memiliki permukaan melengkung. Ketika pusat cangkir penyedot ditekan terhadap permukaan yang datar dan tidak berpori maka benda akan terhisap dan terangkat menuju tempat yang diinginkan. Berikut *vacuum pad* yang digunakan pada FAT:



Gambar 2.33 *Vacuum Pad*

2.2.13 Drilling Machine

Drilling Machine atau yang biasa disebut dengan mesin bor adalah suatu alat industri yang berfungsi untuk melakukan pengeboran atau pelubangan pada lembaran kerja dengan menggunakan alat pemotong yang berputar atau yang biasa disebut bor seperti pada Gambar 2.34.



Gambar 2.34 *Drilling Machine*

Terdapat beberapa jenis yang serupa dengan drilling machine dengan fungsi sama yakni untuk proses pembuatan lubang dengan mata bor, namun dengan adanya modifikasi sesuai dengan kebutuhan maka berikut merupakan proses drilling beserta fungsinya [12].

a. *Reaming*

Reaming merupakan proses yang digunakan untuk memperluas lebar lubang dengan memberikan toleransi yang lebih baik dari diameter sebelumnya.

b. *Tapping*

Tapping merupakan proses pembuatan internal ulir pada permukaan lubang atau lubang baru yang dibuat, ulir tersebut digunakan untuk kebutuhan baut dan sejenisnya.

c. *Boring*

Boring merupakan proses yang hampir sama dengan reaming, yakni untuk memperbesar lubang benda kerja dengan menggunakan batang bor (boring bar).

d. *Counter-boring and sinking*

Kedua proses ini hampir sama, yakni proses pembuatan lubang dengan penambahan lubang besar setelahnya untuk menyimpan kepala baut ini disebut proses *counter-boring*, sedangkan untuk *sinking* untuk menyimpan kepala sekrup yang berbentuk kerucut.

e. *Broaching*

Ini merupakan proses *drilling* yang menggunakan alat bergigi yang disebut dengan bro, alat ini digunakan untuk memperbesar lubang dengan menggunakan mata pahat yang kecil di ujung.

2.2.14 *Warning Light*

Warning Light umumnya digunakan pada peralatan di industri manufaktur dan lingkungan pengendalian proses untuk memberikan indikator visual dan suara sehingga operator dapat melihat dan mendengar keadaan mesin atau proses secara keseluruhan. *Warning light* digunakan dalam aplikasi yang sama seperti lampu suar, namun informasi yang ditampilkan mencakup lebih banyak kondisi dan proses mesin. Sign tower biasanya menggunakan lampu pijar, lampu LED atau lampu xenon sebagai sumber cahaya. *Warning Light* memiliki struktur kolom dalam berbagai bentuk dan segmen indikator warna di atas satu sama lain hingga 5 segmen warna yang berbeda untuk menunjukkan berbagai kondisi pada mesin atau proses. Kombinasi segmen warna terdiri dari merah, kuning, hijau, biru atau putih. Berikut *warninng light* yang digunakan pada FAT:



Gambar 2.35 *Warninng Light*

2.3 Kompresor

Pada Tugas Akhir kali ini menggunakan kompresor sebagai produsen angin yang bertekanan yang akan dikirim ke pant *factory automatic trainer* seperti pada Gambar. Kompresor adalah mesin atau alat mekanik yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan atau memampatkan fluida gas atau udara. Kompresor biasanya menggunakan motor listrik, mesin diesel atau mesin bensin sebagai tenaga penggeraknya. Udara bertekanan hasil dari kompresor biasanya diaplikasikan atau digunakan pada pengecatan dengan teknik spray/ air brush, untuk mengisi angin ban, pembersihan, pneumatik, gerinda udara (air grinder) dan lain sebagainya [13].

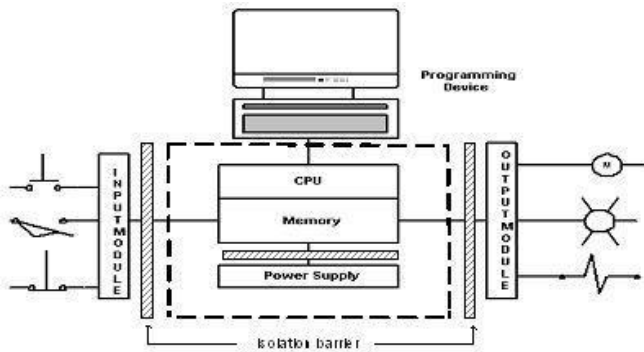
Prinsip kerja kompresor dapat dilihat mirip dengan paru-paru manusia. Misalnya ketika seorang mengambil napas dalam – dalam untuk meniup api lilin, maka ia akan meningkatkan tekanan udara di dalam paru-paru, sehingga menghasilkan udara bertekanan yang kemudian digunakan atau diembuskan untuk meniup api lilin tersebut.



Gambar 2.36 Kompresor

2.4 Programmable Logic Controller

Programmable logic controller adalah perangkat elektronik yang beroperasi secara digital dan didesain untuk pemakaian di lingkungan industri, dimana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, perwaktuan, pencacahan dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog. Berdasarkan standar internasional IEC 61131-3, terdapat 5 bahasa pemrograman PLC. Yakni, *ladder diagram* (LD), *function block diagram* (FBD), *structure text* (ST), *instruction list* (IL) dan *sequential function chart* (SFC) [14].



Gambar 2.37 Konfigurasi PLC [14]

2.4.1 Struktur Unit PLC

PLC disusun oleh beberapa komponen hardware, pada umumnya bagian penyusun PLC adalah *central processing unit* (CPU), *power supply*, sistem *input* / *output* dan memori [14].

1. Power Supply PLC

Unit ini berfungsi untuk memberikan sumber daya pada PLC. Kebanyakan PLC bekerja dengan catu daya 24 VDC atau 220 VAC. Sumber tegangan yang dibutuhkan oleh CPU, memori dan rangkaian lain adalah sumber tegangan DC, umumnya untuk komponen digital diperlukan tegangan searah 5 volt.

2. Central Processing Unit (CPU)

Unit processor atau Central Processing Unit (CPU) adalah unit yang berisi mikroprocessor yang mengolah sinyal-sinyal *input* dan melaksanakan pengontrolan, sesuai dengan program yang disimpan di dalam memori, lalu mengkomunikasikan keputusan-keputusan yang diambilnya sebagai sinyal-sinyal kontrol ke interface *output* Fungsi CPU adalah mengatur semua proses yang terjadi di PLC.

3. Sistem Input / Output

Secara umum PLC terdapat 2 sistem I/O. Yakni Digital I/O dan Analog I/O. Digital I/O bekerja dengan sistem on atau off, hanya bisa menjalankan sistem yang bersifat aktif dan non-aktif. Analog I/O bekerja secara kontinyu dengan besaran yang bervariasi atau tidak memiliki nilai diskrit yang tetap. Pada umumnya sejumlah sistem menggunakan sinyal 4 mA hingga 20 mA, 0–5 Volt DC, dan 0–10 Volt AC untuk pengontrolan yang akurat.

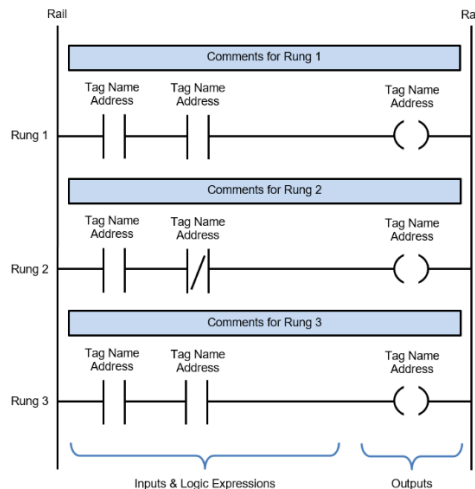
4. Memori

Memori didalam PLC digunakan untuk menyimpan data dan program. Secara fisik, memori ini berupa chip dan untuk pengaman dipasang baterai back-up pada PLC. Unit memori ini sendiri dapat dibedakan atas 2 jenis yaitu Volatile memory dan non-volatile memory

Volatile Memory, adalah suatu memori yang apabila sumber tegangannya dilepas maka data yang tersimpan akan hilang . Karena itu memori jenis ini bukanlah media penyimpanan permanen. Sedangkan Non-Volatile Memory, merupakan kebalikan Volatile Memory yaitu suatu memori yang meski sumber tegangan dilepas data yang tersimpan tidak akan hilang. Salah satu jenis memori ini adalah ROM (Read Only Memory

2.4.2 Ladder Diagram

Bahasa pemrograman ini dinamai *Ladder Diagram* karena faktanya menyerupai seperti struktur tangga, dengan dua garis vertikal dinamai rel, yang dihubungkan oleh anak tangga horizontal dinamakan sirkuit. Setiap anak tangga terdiri dari satu atau lebih kondisi *input* yang mengeksekusi satu instruksi *output* atau satu kondisi *input* yang mengeksekusi satu atau lebih *output* instruksi [14].



Gambar 2.38 Ladder Diagram [14]

Bagian-bagian dari ladder diagram dalam pemrograman PLC.

- *Bus bar*
Merupakan garis tebal di sisi kiri dan kanan dari *ladder diagram*, yang mana merupakan simbol dari kutub (+) dan kutub (–) yang akan mengalirkan listrik ke komponen-komponen yang akan dipasang dalam *ladder diagram* tersebut.
- *Input*
Merupakan masukan dari luar PLC, baik dari *Switch*, *Sensor*, *Relay*, *Timer*, *Potentiometer* ataupun peralatan listrik yang lain, yang secara fisik ada di rangkaian listrik dari mesin, yang dihubungkan ke unit *Input* PLC, bisa berupa *digital input* maupun *analog input*. Biasanya dilambangkan dengan kontak NO dan/atau NC yang berfungsi sebagai syarat untuk berlakunya suatu operasi yang kita inginkan.
- *Output*
Merupakan hasil keluaran dari PLC, yang mana bisa berupa *digital output* maupun *analog output*, yang bisa langsung dihubungkan kerangkaian listrik yang lain di mesin tersebut melalui unit *Output* PLC.
- *Internal relay*
Merupakan relay memori dari PLC itu sendiri, dimana bisa berupa relay, timer, counter, atau operasi-operasi logika yang lain. Seperti *input* dan *output*, simbol-simbol dari internal relay ini cukup beragam dan berbeda antara pabrikan yang satu dengan yang lain.
- *Normally Open*
Normally Open adalah kondisi dimana saat kontak tersebut tidak ditekan/mati maka kontak tersebut dalam kondisi tidak terhubung/putus. Sebaliknya, saat kontak tersebut ditekan/bekerja maka kontak tersebut dalam kondisi terhubung.
- *Normally Close*
Normally Close adalah kondisi dimana saat kontak tersebut tidak ditekan/mati maka kontak tersebut dalam kondisi terhubung. Sebaliknya, saat kontak tersebut ditekan/bekerja maka kontak tersebut dalam kondisi tidak terhubung/putus.

2.4.3 PLC LG Glofa GM4

Pada Tugas Akhir ini, PLC yang digunakan pada plant *factory automatic trainer* adalah PLC dengan merek LG tipe GLOFA GM4 seperti

yang ditunjukkan pada gambar 2.20. Berikut ini adalah penjelasan mengenai PLC tersebut [15]:



Gambar 2.39 PLC LG Glofa GM4

Tabel 2.4 Performa Spesifikasi PLC LG Glofa GM4 [15]

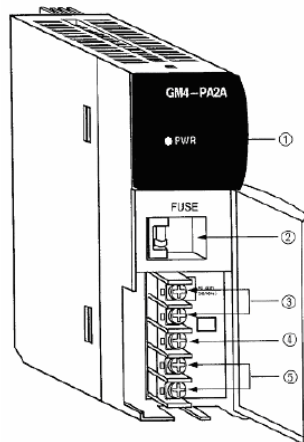
<i>Item</i>		<i>Spesifications</i>
<i>Operation method</i>		<i>Cyclic operation of stored program, Interrupt task operation</i>
<i>I/O control method</i>		<i>Scan synchronous batch processing method (Refresh method)</i>
<i>Programming language</i>		<i>Ladder Diagram Instruction List Sequential Function Chart</i>
<i>Number of instructions</i>	<i>Operator</i>	21
	<i>Basic function</i>	194
	<i>Basic function block</i>	11
	<i>Special function block</i>	82
<i>Processing speed</i>	<i>Operator</i>	0.2us/ instruction
	<i>Basic function</i>	0.2us/ step
	<i>Basic function block</i>	
<i>Programming memory capacity</i>		128K byte
<i>Max. I/O points</i>		2048 points
<i>Max. I/O points memory mapping area</i>		4,096(8,192) points
<i>Data memory</i>	<i>Direct variable area</i>	4 to 32K byte
	<i>Symbolic variable area</i>	54(50)K byte - Direct variable area

Item			Specifications
<i>Timer</i>			<i>No limitations in points. Time range : 0.001 to 4,294,967.295 sec(1,193 hours)</i>
<i>Counter</i>			<i>No limitations in points Counting range : -32,768 to +32,767</i>
<i>Program types</i>	<i>Numbers of program blocks</i>		180
	<i>Initialization programs</i>		2 (<i>_INT, _H_INIT</i>)
	<i>Task Programs</i>	<i>Time driven tasks</i>	8
		<i>External interrupt tasks</i>	8
		<i>Internal task</i>	16
		<i>Error task</i>	-
<i>Operation modes</i>			<i>RUN, STOP, PAUSE and DEBUG</i>
<i>Restart modes</i>			<i>Cold, Warm, Hot Restart</i>
<i>Self-diagnostic functions</i>			<i>Watch dog timer, Memory error detection, I/O error detection, Battery error detection, Power supply error detection, etc.</i>
<i>Data protection method at power failure</i>			<i>Set to 'Retain' variables at data declaration</i>
<i>Maximum extension stages</i>			3

<i>Item</i>			<i>Spesifications</i>
<i>Internal current consumption</i>			130mA
<i>Weight</i>			0.25 Kg

1. *Power Supply* GM4-PA2A

Unit ini berfungsi untuk memberikan sumber daya pada PLC. Kebanyakan PLC bekerja dengan catu daya 24 VDC atau 220 VAC. Sumber tegangan yang dibutuhkan oleh CPU, memori dan rangkaian lain adalah sumber tegangan DC, umumnya untuk komponen digital diperlukan tegangan searah 5 volt [15].



Gambar 2.40 *Power Supplay* GM4-PA2A [15]

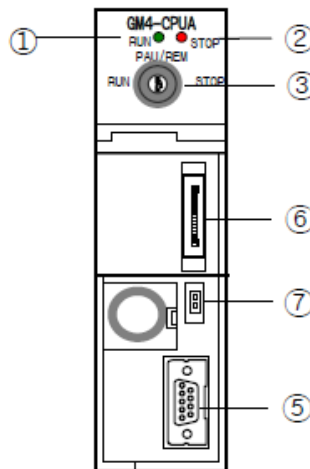
Tabel 2.5 *Keterangan Power Supply* PLC Glofa GM4-PA2A [15]

No.	Nama	Keterangan
1.	Power LED	Sebagai indikator power supply 5 VDC
2.	Power Fuse / Fuse Holder	Sebagai tempat sekering input daya AC 3 Ampere
3.	Power Input Terminal	Sebagai penghubung dengan sumber 110 atau 220 VAC
4.	LG Terminal	Sebagai GND dari power supply

No.	Nama	Keterangan
5.	24 VDC dan DC24G Terminal	Sebagai penghubung sumber 24 VDC ke modul output agar menjadi internal power supply

2. CPU GM4-CPUA

CPU adalah sebuah mikroprosesor yang mengatur kerja dari sistem PLC. CPU ini menjalankan program, memproses sinyal I/O, dan meng-update status *input-output* dalam suatu scan time tertentu. Scan time merupakan waktu yang diperlukan untuk proses pembacaan status *input* dan memproses serta mengubah *output* secara sekuensial dan kontinyu [15].



Gambar 2.41 CPU GMP-CPUA [15]

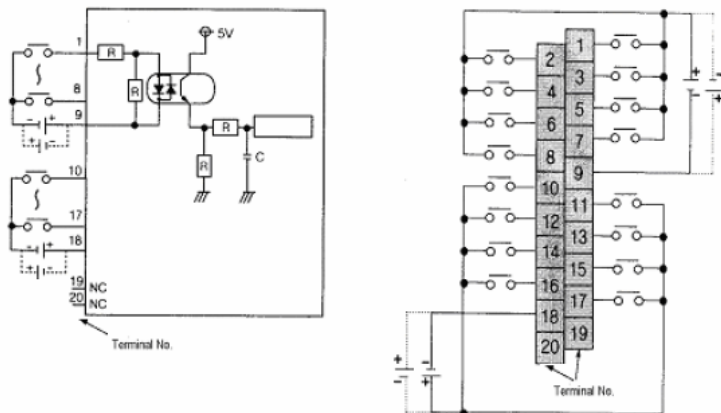
Tabel 2.6 Keterangan CPU GM4-CPUA [15]

No.	Nama	Keterangan
1.	RUN LED	<p>Sebagai indikator mode operasi CPU.</p> <p>ON: Saat saklar kunci dalam mode Lokal atau Remote RUN</p> <p>OFF: Lampu RUN LED akan mati dalam keadaan berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sumber listrik yang digunakan tidak bekerja secara normal.

No.	Nama	Keterangan
		<ul style="list-style-type: none"> • Saklar kunci dalam keadaan STOP atau mode PAU/REM. • Terjadi error yang menyebabkan berhentinya operasi.
2.	STOP LED	<p>ON: Saat saklar kunci dalam mode Lokal atau Remote STOP</p> <p>OFF: Lampu STOP LED akan mati dalam keadaan berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Saklar kunci dalam keadaan Lokal RUN atau mode Lokal PAUSE. • Mode Operasi dalam keadaan Remote RUN / PAUSE / DEBUG <p>Flickering: Terjadi error saat dijalankan Self-Testing Function.</p>
3.	Key Switch	<p>Untuk menentukan mode operasi CPU.</p> <p>RUN: Program sedang dijalankan.</p> <p>STOP: Program sedang berhenti.</p> <p>PAUSE: Operasi program diberhentikan sementara.</p> <p>REMOTE: Digunakan saat ingin mengendalikan PLC jarak jauh.</p>
4.	Backup Battery Connector	Sebagai tempat untuk baterai cadangan.
5.	RS-232C Connector	Sebagai penghubung komunikasi antara GMWIN dengan komponen lainnya.
6.	Memory Module Connector	Sebagai tempat untuk memasang memori tambahan pada modul CPU.

3. Modul I/O

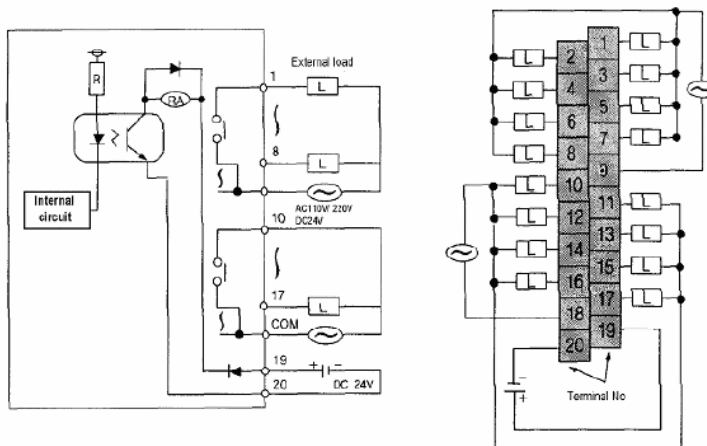
Modul *input/output* adalah bagian dari PLC yang berhubungan langsung dengan dunia luar secara fisik. Jumlah *input/output* yang digunakan dalam suatu sistem sangat penting untuk menentukan tipe PLC yang akan digunakan [15].



Gambar 2.42 Modul Input G4I-D22A [15]

Tabel 2.7 Spesifikasi Modul Input G4I-D22A [15]

<i>Model</i>		<i>GM4</i>
<i>Specifications</i>		<i>G4I-D22A</i>
<i>Number of Input Points</i>		<i>16 points</i>
<i>Insulation Method</i>		<i>Photo Coupler</i>
<i>Rated Input Voltage</i>		<i>12/24 VDC</i>
<i>Rated Input Current</i>		<i>5/11 mA</i>
<i>Operating Voltage Range</i>		<i>10,2 to 26,4 VDC (ripple < 5%)</i>
<i>Max. Simultaneous Input Points</i>		<i>100% simultaneously ON</i>
<i>ON Voltage / ON Current</i>		<i>≥ 9,5 VDC / ≥ 4,0 mA</i>
<i>OFF Voltage / OFF Current</i>		<i>≤ 6,0 VDC / ≤ 1,0 mA</i>
<i>Input Impedance</i>		<i>Approx. 2,2 kΩ</i>
<i>Response Time</i>	<i>OFF → ON</i>	<i>≤ 10 ms</i>
	<i>ON → OFF</i>	<i>≤ 10 ms</i>
<i>Common Terminal</i>		<i>8 points / common (COM)</i>
<i>Internal Current Consumption</i>		<i>70 mA</i>
<i>Operating Indicator</i>		<i>LED turns on at ON state of input</i>
<i>External Connections</i>		<i>20-points terminal block connector (M3 x 6 screws)</i>
<i>Weight</i>		<i>0,25 kg</i>



Gambar 2.43 Modul Output G4Q-RY2A [15]

Tabel 2.8 Spesifikasi Modul Output G4Q-RY2A [15]

<i>Model</i>		GM4
<i>Spesifications</i>		G4Q-RY2A
<i>Number of Output Points</i>		16 points
<i>Insulation Method</i>		Photo Coupler
<i>Rated Load Voltage / Current</i>		24 VDC 2A (load resistance) / 1 point, 4 A / 1 COM 220 VAC 2A ($\cos\psi = 1$)
<i>Min. Load Voltage / Current</i>		5 VDC / 1 mA
<i>Max. Load Voltage / Current</i>		250 VAC, 125 VDC
<i>Off Leaking Current</i>		0,1 mA (220 VAC, 60 Hz)
<i>Max. Switching Frequency</i>		3600 times per hour
<i>Surge Absorber</i>		None
<i>Service Life</i>	<i>Mechanical</i>	≥ 20 milion times
	<i>Electrical</i>	Rated Load Voltage / Current 100000 times or more
		200 VAC 1,5 A 240 VAC 1 A ($\cos\psi = 0,7$) 100000 times or more

		200 VAC 1 A 240 VAC 0,5 A ($\cos\psi = 0,35$) 100000 times or more
		24 VAC 1,5 A 100 VDC 0,1 A ($L/R = 7\text{ ms}$) 100000 times or more
Response Time	OFF \rightarrow ON	$\leq 10\text{ ms}$
	ON \rightarrow OFF	$\leq 12\text{ ms}$
Common Terminal Arrangement		8 points / common
Internal Current Consumption		100 mA (24 VDC all points ON)
External Power Supply	Voltage	24 VDC $\pm 10\%$ (ripple voltage: 4V P-P or less)
	Current	150 mA (24 VDC all points ON)
Operation Indicator		LED turns on at ON state of output
External Connections		20-point terminal block connector (M3 x 6 screws)
Weight		0,31 Kg

2.5 Metode Petri Net

Petri net adalah pemodelan diskrit yang menggunakan jenis grafik terarah khusus, bersama dengan keadaan awal yang disebut *initial marking*. grafik dari jaring *petri net* adalah anak busur terarah, susunan grafik yang terdiri dari dua jenis node, yang disebut *place* dan *transition*, di mana busur(*arcs*) berasal dari suatu *place* ke *transition* atau dari *transition* ke suatu *place*. Dalam representasi grafis, *Place* digambar sebagai lingkaran, *transition* sebagai kotak [16].

Berikut adalah penjelasan dari beberapa elemen dasar tersebut.

- *Place* (lingkaran), digunakan untuk merepresentasikan kondisi atau *state* (benar atau salah)
- *Transition* (bar atau persegi), pada umumnya digunakan untuk memulai dan menghentikan *event*
- Fungsi *input*, didefinisikan sebagai *arcs* dari *place* menuju *transition*
- Fungsi *output*, didefinisikan sebagai *arcs* dari *transition* menuju *place*



Gambar 2.44 Elemen Dasar *Petri Net*

elemen tersebut mendefinisikan struktur dari *petri net*. *State* dari *petri net* ditunjukkan oleh *marking*. *Marking* tersebut dapat diasumsikan oleh sejumlah *token* (titik) pada setiap *place*. *Token* berpindah dari satu *place* ke *place* lain sepanjang arah *arcs*. Arah aliran *token* ditentukan oleh “*firing*” suatu *transition*. Untuk mensimulasikan perubahan yang terjadi pada sistem, sebuah *state* atau *token* berubah berdasarkan aturan – aturan “*firing*” yang didefinisikan. Aturan – aturan “*firing*” tersebut disebut juga sebagai *token game*. Beberapa Penafsiran yang khas *transition* dan *place input* dan *place output* ditunjukkan pada Tabel 2.9.





Tabel 2.9 Penafsiran *Transition* dan *Place*









<i>Input Place</i>	<i>Transition</i>	<i>Output Place</i>
Kondisi Awal	Kejadian	Kondisi Akhir
<i>Input Data</i>	Tahap	<i>Output Data</i>
Sinyal <i>Input</i>	Sinyal Diproses	Sinyal <i>Output</i>
Bahan Baku	Pengolahan	Hasil Produk
Kondisi	Syarat atau Ketentuan	Kesimpulan

2.5.1 Elemen Dasar *Ladder diagram* dan *Petri net*

Sebagaimana dijelaskan pada bagian sebelumnya bahwa elemen dasar *petri net* berupa *place*, *transition*, fungsi *input* dan fungsi *output*. Sedangkan elemen dasar pada *ladder diagram* adalah *push button*, *limit switch*, *relay coil*, *timer*, dan *counter*. Elemen – elemen dasar tersebut dapat dianalogikan satu sama lain sebagaimana pada Tabel 2.10 [17].

Tabel 2.10 Elemen Dasar *Ladder Diagram* dan *Petri Net* [17]

<i>Type</i>	<i>Ladder Diagram</i>	<i>Petri Net</i>	
<i>Nodes</i>	<i>Push Button</i>		<i>Place</i>
	<i>Normally Open</i>		
	<i>Normally Close</i>		
			

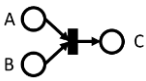
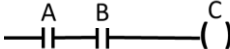
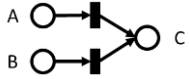
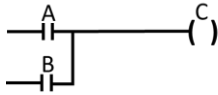
Type	Ladder Diagram		Petri Net	
	Relay Coil		Transition	
	Timer			
	Counter			
	Solenoid			
Links	Line		Normally Arc	
			Inhibitor Arc	

2.5.2 Konversi Petri Net dan Ladder Diagram

Perancangan *petri net* dibuat berdasarkan logika sekuen yang menggambarkan sistem bekerja dari awal sampai akhir dengan urutan yang terstruktur, hal ini memiliki keterkaitan dengan proses otomasi yang berjalan secara sekuen. Untuk membuat sebuah program dibutuhkan konstruksi *ladder diagram* untuk menjalankan program sistem otomasi. Oleh karena *petri net* dan *ladder diagram* memiliki keterkaitan satu dengan yang lain, terutama pada logika sekuen, sehingga konstruksi *ladder diagram* dibuat dari perancangan *petri net*. *petri net* yang telah dirancang dikonversi ke *ladder diagram* sehingga urutan program *ladder diagram* menjadi terstruktur seperti pada *petri net* [18].

Berikut merupakan logika dasar yang konversikan pada *petri net* dan *ladder diagram*:

Tabel 2.11 Konversi *Petri Net* dan *Diagram Ladder* [18]

Konstruksi	Petri Net	Ladder Diagram
Logika AND		
Logika OR		

Konstruksi	<i>Petri Net</i>	<i>Ladder Diagram</i>
Model Sekuen		

2.6 Fluid Sim

Software Festo Fluidsim adalah perangkat lunak yang komprehensif untuk penciptaan, simulasi, instruksi dan studi elektro pneumatik, elektro hidrolik dan sirkuit digital. Fluid simulation pneumatik ini dikembangkan oleh Festo Didactic, Jerman. Software ini merupakan suatu program pendukung untuk demo simulasi aliran fluida (angin) yang khususnya pada sistem rangkaian pneumatik dan hidrolik. Festo Fluidsim menyatukan diagram semua komponen. Misal komponen cylinder, solenoid valve, motor, push button, relay, pneumatik, dan hidrolik [19].



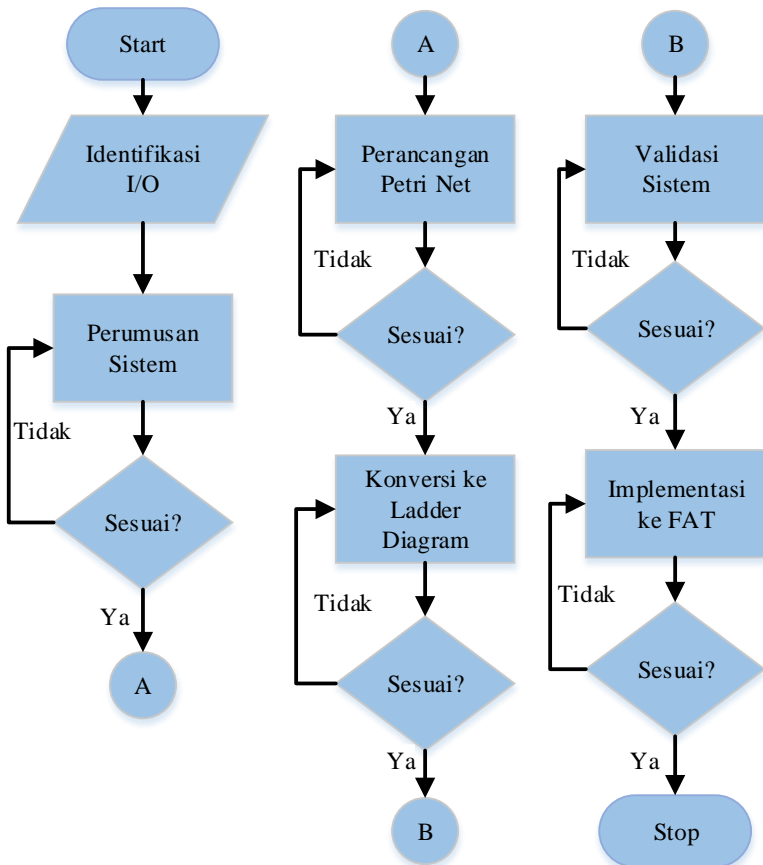
Gambar 2.45 Software Fluid Sim [19]

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB 3

PERANCANGAN SISTEM

Proses pembuatan *ladder diagram* untuk *design* program PLC yang digunakan menjalankan sistem *factory automatic trainer* dibuat dari pemodelan *petri net*. Berikut merupakan tahapan proses pembuatan pemodelan *petri net* hingga konversi *ladder diagram* ditampilkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Flowchart Perancangan

3.1 Identifikasi I/O

Dalam melakukan perancangan sistem, perlu diketahui juga *input* dan *output* dari plant *factory automatic trainer* yang mana disebut identifikasi I/O. Untuk memudahkan pemahaman dan pembuatan tentang proses kerja dari plant *factory automatic trainer* perlu diketahui terlebih dahulu seluruh komponen utama yang terdapat dalam sistem yakni sensor dan aktuator yang digunakan, fungsi dan peletakan tiap komponen agar sesuai dengan mekanisme proses yang dibutuhkan. Untuk informasi *input* dan yang lebih detail dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 3.1 *Input Separation Module*

No	Nama	Simbol	Fungsi
1	Tombol <i>Start</i>	START	Untuk memulai Program Keseluruhan
2	Tombol <i>Stop</i>	STOP	Untuk menghentikan program keseluruhan
3	<i>Magazine Sensor</i>	MAG	Mendeteksi keberadaan benda kerja pada <i>magazine</i>
4	<i>Photo Sensor</i>	PHO	Mendeteksi benda kerja berdasarkan intensitas cahaya
5	<i>Proximity Induktive Sensor</i>	PROX	Mendeteksi benda kerja dengan material logam
6	<i>Capasitive Sensor</i>	CAP	Mendeteksi benda kerja dengan material logam dan non logam
7	<i>Auto Switch 1 (Insert)</i>	IN_INSERT	Mendeteksi <i>insert cylinder</i> pada posisi <i>extend</i>
8	<i>Auto Switch 2 (Insert Return)</i>	IN_INSERT_RTN	Mendeteksi <i>insert cylinder</i> pada posisi <i>retract</i>
9	<i>Auto Switch 3 (Eject)</i>	IN_EJECT	Mendeteksi <i>eject cylinder</i> pada posisi <i>extend</i>
10	<i>Auto Switch 4 (Eject Return)</i>	IN_EJECT_RTN	Mendeteksi <i>eject cylinder</i> pada posisi <i>retract</i>

No	Nama	Simbol	Fungsi
11	<i>Fiber Optic Sensor 1</i>	END1	Mendeteksi benda kerja pada proses akhir <i>seperation</i>

Tabel 3.2 *Output Separation Module*

No	Nama	Simbol	Fungsi
1	<i>Cylinder Insert</i>	INSERT	Mendorong benda kerja memasuki konveyor 1 pada <i>separation module</i> oleh <i>insert cylinder</i>
2	<i>Cylinder Insert Return</i>	INSERT_RTN	Mengembalikan <i>insert cylinder</i> ke posisi semula
3	<i>Cylinder Eject</i>	EJECT	Mengeluarkan benda kerja yang mengandung unsur logam (warna <i>silver</i>) oleh <i>eject cylinder</i>
4	<i>Cylinder Eject Return</i>	EJECT_RTN	Mengembalikan <i>eject cylinder</i> ke posisi semula
5	<i>Conveyor 1</i>	CON1	Membawa benda kerja bergerak pada <i>separation</i> proses dari Magazine menuju <i>Fiber Optic Sensor 1</i>

Tabel 3.3 *Input Pick and Place Module*

No	Nama	Simbol	Fungsi
1	<i>Auto Switch 5 (Rotary Cylinder CCW)</i>	IN_RCCW	Mendeteksi <i>rotary cylinder</i> keadaan bergerak searah dengan arah jarum jam
2	<i>Auto Switch 6 (Rotary Cylinder CW)</i>	IN_RCW	Mendeteksi <i>rotary cylinder</i> keadaan bergerak berlawanan dengan arah jarum jam

No	Nama	Simbol	Fungsi
3	<i>Auto Switch 7 (Vertical Cylinder Up)</i>	IN_UP_V	Mendeteksi <i>vertical cylinder</i> pada <i>vacuum pad</i> berada di posisi atas
4	<i>Auto Switch 8 (Vertical Cylinder Down)</i>	IN_DOWN_V	Mendeteksi <i>vertical cylinder</i> pada <i>vacuum pad</i> berada di posisi bawah
5	<i>Auto Switch 9 (Vacuum on)</i>	IN_VACUUM	Mendeteksi <i>vacuum</i> sedang aktif

Tabel 3.4 *Output Pick and Place Module*

No	Nama	Simbol	Fungsi
1	<i>Rotary Cylinder Counter Clock Wise</i>	RCCW	Menggerakkan <i>rotary cylinder</i> bergerak berlawanan dengan arah jarum jam
2	<i>Rotary Cylinder Clock Wise</i>	RCW	Menggerakkan <i>rotary cylinder</i> bergerak searah dengan arah jarum jam
3	<i>Vacum Up</i>	UP_V	Menggerakkan <i>vacuum pad</i> di posisi atas
4	<i>Vacum Down</i>	DOWN_V	Menggerakkan <i>vacuum pad</i> di posisi bawah
5	<i>Vacuum</i>	VACUUM	Proses <i>vacuum pad</i> menghisap benda kerja sehingga dipindah posisi.
6	<i>Sign_Red</i>	LAMPU_MERAH	Indikator lampu untuk proses bekerja keseluruhan
7	<i>Sign_Yellow</i>	LAMPU_YELLOW	Indikator lampu untuk proses <i>drilling</i>
8	<i>Sign_Green</i>	LAMPU_HIJAU	Indikator lampu untuk proses diberhentikan

Tabel 3.5 *Input Stopper Module*

No	Nama	Simbol	Fungsi
1	<i>Auto Switch 10 (Stopper Up)</i>	IN_STP_UP	Mendeteksi keadaan <i>stopper</i> posisi di atas
2	<i>Auto Switch 11 (Stopper Down)</i>	IN_STP_DOWN	Mendeteksi keadaan <i>stopper</i> posisi di bawah
3	<i>Fiber Optic Sensor (Work Point)</i>	WP	Mendeteksi benda pada <i>stopper module</i> dan menginformasikan bahwa benda pada posisi tepat untuk memasuki proses <i>drilling</i>
4	<i>Auto Switch 12 (Drill Up)</i>	IN_DRILL_UP	Mendeteksi mesin <i>drill</i> posisi di atas pada <i>stopper module</i> di proses <i>drilling</i>
5	<i>Auto Switch 13 (Drill Down)</i>	IN_DRILL_DOWN	Mendeteksi mesin <i>drill</i> posisi di bawah pada <i>stopper module</i> pada proses <i>drilling</i>
6	<i>Fiber Optic Sensor 2</i>	END2	Mendeteksi benda kerja pada ujung <i>conveyor 2</i>

Tabel 3.6 *Output Stopper Module*

No	Nama	Simbol	Fungsi
1	<i>Stopper Up</i>	STP_UP	Menggerakkan <i>stopper</i> berada di posisi atas
2	<i>Drill Up</i>	DRILL_UP	Mengangkat mesin <i>drill</i> ke atas menempatkan ke posisi semula
3	<i>Drill Down</i>	DRILL_DOWN	Menurunkan mesin <i>drill</i> ke posisi bawah tepat ke benda kerja
4	<i>Drill On</i>	DRILL_ON	Mengaktifkan mesin <i>drill</i> untuk bekerja

5	Conveyor 2	CON2	Membawa benda kerja bergerak pada <i>stopper</i> proses dari <i>line movement</i> ke <i>pick&place</i>
---	------------	------	--

Tabel 3.7 *Input Line Movement Module*

No	Nama	Simbol	Fungsi
1	Auto Switch 14 (Forward)	IN_FORWARD	Mendeteksi <i>forward cylinder</i> tepat di atas <i>stopper module</i>
2	Auto Switch 15 (Backward)	IN_BACKWARD	Mendeteksi <i>backward cylinder</i> tepat di atas <i>separation module</i>
3	Auto Switch 16 (Vertical Cylinder Up)	IN_UP_G	Mendeteksi keadaan <i>finger cylinder</i> berada di posisi atas
4	Auto Switch 17 (Vertical Cylinder Down)	IN_DOWN_G	Mendeteksi keadaan <i>finger cylinder</i> berada di posisi bawah
5	Auto Switch 18 (Finger Open)	IN_O_GRIP	Mendeteksi <i>finger cylinder</i> pada keadaan <i>Grip Off</i>
6	Auto Switch 19 (Finger Grip)	IN_F_GRIP	Mendeteksi <i>finger cylinder</i> pada keadaan <i>Grip On</i>

Tabel 3.8 *Output Line Movement Module*

No	Nama	Simbol	Fungsi
1	Forward	FORWARD	Menggerakkan <i>finger cylinder</i> ke arah <i>stopper module</i>
2	Backward	BACKWARD	Menggerakkan <i>finger cylinder</i> ke arah <i>separation module</i>

No	Nama	Simbol	Fungsi
3	<i>Up</i>	UP_G	Menggerakkan <i>finger cylinder</i> berada di posisi atas
4	<i>Down</i>	DOWN_G	Menggerakkan <i>finger cylinder</i> berada di posisi bawah
5	<i>Finger Grip</i>	F_GRIP	Menggenggam benda kerja untuk dapat dipindahkan dari posisi satu ke posisi yang lain.

3.2 Perumusan Langkah Kerja Sistem

Jika seluruh perangkat atau komponen utama dari plant *factory automatic trainer* telah teridentifikasi maka tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi aksi atau event yang terjadi pada sistem *factory automatic trainer*. Satu aksi dapat terdiri dari satu *output* yang aktif atau lebih. Jumlah aksi yang dilakukan pada sistem merupakan jumlah (step) langkah yang harus dilakukan. Aksi yang dirancang pada identifikasi ini juga berupa urutan sehingga juga dapat dikatakan sebagai urutan langkah (sequence). Aksi atau *event* yang dirancang telah disesuaikan dengan syarat – syarat yang terdapat pada *factory automatic trainer*. Untuk informasi yang lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Langkah Kerja Sistem

Step	Aksi	Syarat Cukup	Syarat Perlu	Reset
Init & 1	Conveyor 1 dan Lampu Indikator aktif (nyala)	Tombol Start	Sistem Nonaktif	Tombol Stop
2	Pneumatic Cylinder Insert (mendorong)	Sensor Magazine aktif	Setelah Step 1	Step 3 Aktif
		• Sensor Magazine aktif	• Setelah Step 4.1 • Setelah Step 4.2	

Step	Aksi	Syarat Cukup	Syarat Perlu	Reset
		<ul style="list-style-type: none"> • Kontak Timer 1 Aktif 	<ul style="list-style-type: none"> • Setelah Step 4.3 	
3	Pneumatic Cylinder Insert Return	Sensor Insert mendeteksi Cylinder Insert	Setelah Step 2	Kontak Timer 1 Aktif
4.1	<ul style="list-style-type: none"> • Pneumatic Cylinder Eject (mendorong) • Timer 1 Counting 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor Proximity Aktif • Sensor Photo Aktif • Sensor Capacitive Aktif (Silver) 	Setelah Step 3	Kontak Timer 1 Aktif
4.2	Timer 1 counting	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor Photo Aktif • Sensor Capacitive Aktif (Biru) 	Setelah Step 3	Kontak Timer 1 Aktif
4.3	Timer 1 counting	Sensor Capacitive Aktif (Hitam)	Setelah Step 3	Kontak Timer 1 Aktif
5	Pneumatic Cylinder Eject Return	<ul style="list-style-type: none"> • Kotak Timer 2 aktif • Sensor Eject Aktif 	Setelah Step 4.1	Step 4.1 Aktif
6	Vertical Cylinder Down bergerak kebawah menuju benda kerja (Pick and Place)	Sensor Fiber Optic (End1) aktif	<ul style="list-style-type: none"> • Setelah Step 4.2 • Setelah Step 4.3 	Step 8 Aktif
			Setelah Step 12	
7	Vacum Aktif menyerap benda	Sensor Vertical	Setelah Step 6	Step 11 Aktif

Step	Aksi	Syarat Cukup	Syarat Perlu	Reset
		Cylinder Down (Pick and Place) Aktif		
8	Vertical Cylinder Up bergerak keatas (Pick and Place)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor Vacum Aktif • Sensor Vertical Cylinder Down (Pick and Place) Aktif 	Setelah Step 7	Step 10 Aktif
9	Rotary Cylinder bergerak berlawanan arah jarum jam (CCW)	Sensor Vertical Cylinder Up (Pick and Place) Aktif	Setelah Step 8	Step 12 Aktif
10	Vertical Cylinder Down bergerak kebawah (Pick and Place)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor Vertical Cylinder Up Aktif • Sensor Rotary Cylinder (CCW) Aktif 	Setelah Step 9	Step 11 Aktif
11	<ul style="list-style-type: none"> • Vertical Cylinder Up bergerak keatas (Pick and Place) • Vacum Nonaktif • Conveyor 2 aktif 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor Vertical Cylinder Down Aktif • Sensor Vacum Aktif 	Setelah Step 10	Step 6 aktif
12	Rotary Cylinder bergerak searah jarum jam (CW)	• Sensor Rotary Cylinder	Setelah Step 11	Step 8 aktif

Step	Aksi	Syarat Cukup	Syarat Perlu	Reset
		(CCW) Aktif • Sensor Vertical Cylinder Up Aktif		
13	<ul style="list-style-type: none"> • Motor Drilling aktif untuk proses Drilling pada benda kerja • Conveyor 2 Nonaktif 	Sensor Fiber optic (WP) aktif	Setelah Step 11	Step 15 Aktif
14	Motor Drilling Down menuju benda kerja	Motor Drilling Aktif	Setelah Step 13	Kontak Timer 3 Aktif
15	<ul style="list-style-type: none"> • Motor Drilling Up • Stopper Up • Conveyor 2 aktif 	<ul style="list-style-type: none"> • Kontak Timer 3 aktif • Sensor Motor Drilling Down Aktif 	Setelah Step 14	Kontak Timer 4 Aktif
16	Timer 4 Counting	Sensor Stopper Up Aktif	Setelah Step 15	
17.1	Vertical Cylinder Down Bergerak kebawah menuju benda kerja berwarna biru (Line Movement)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor Fiber optic (End2) Aktif • Sensor Photo Aktif • Sensor Capacitive Aktif (Biru) 	Setelah Step 16 Setelah Step 21.1	Step 19.1 Aktif

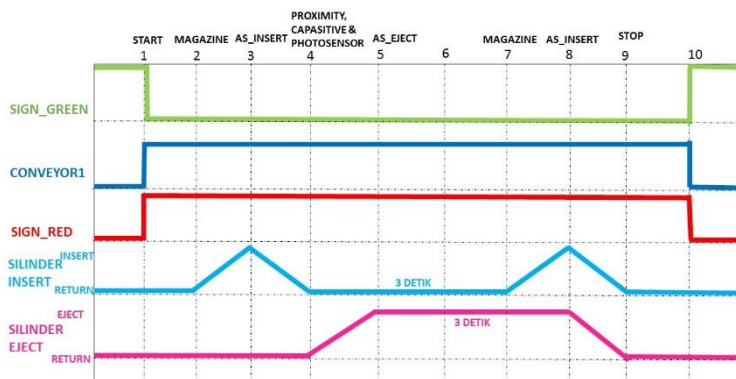
Step	Aksi	Syarat Cukup	Syarat Perlu	Reset
17.2	Vertical Cylinder Down Bergerak kebawah menuju benda kerja berwarna hitam (Line Movement)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor Fiber optic (End2) aktif • Sensor Capacitive Aktif (Hitam) 	Setelah Step 16	Step 19.2 Aktif
			Setelah Step 23	
18.1	Finger Cylinder aktif mengambil benda kerja berwarna biru	Sensor Vertical Cylinder Down (Line Movement) Aktif	Setelah Step 17.1	Kontak Timer 5 Aktif
18.2	Finger Cylinder aktif mengambil benda kerja berwarna Hitam	Sensor Vertical Cylinder Down (Line Movement) Aktif	Setelah Step 17.2	Step 22 Aktif
19.1	Vertical Cylinder Up Bergerak keatas membawa benda biru (Line Movement)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor finger Cylinder aktif • Sensor Vertical Cylinder Down (Line Movement) Aktif 	Setelah Step 18.1	Kontak Timer 21.1 Aktif
19.2	Vertical Cylinder Up Bergerak keatas membawa benda hitam (Line Movement)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor finger Cylinder aktif • Sensor Vertical Cylinder 	Setelah Step 18.2	Step 21.2 Aktif

Step	Aksi	Syarat Cukup	Syarat Perlu	Reset
		Down (Line Movement) Aktif		
20.1	Horizontal Cylinder Forward Bergerak menuju conveyor 1 membawa benda biru (Line Movement)	Sensor Vertical Cylinder Up (Line Movement) Aktif	Setelah Step 19.1	Kontak Timer 21.1 Aktif
	Timer 5 Counting	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor Vertical Cylinder Up (Line Movement) Aktif • Sensor finger Cylinder aktif 		
20.2	Horizontal Cylinder Forward Bergerak menuju conveyor 1 membawa benda hitam (Line Movement)	Sensor Vertical Cylinder Up (Line Movement) Aktif	Setelah Step 19.2	Step 23 Aktif
21.1	Finger Cylinder Nonaktif	Kontak Timer 5 aktif	Setelah Step 20.1	<ul style="list-style-type: none"> • Step 17.1 Aktif • Step 19.2 Aktif
	Horizontal Cylinder Backward Bergerak menuju conveyor 2 setelah menjatuhkan	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor Horizontal Cylinder Forward (Line Movement) Aktif 		

Step	Aksi	Syarat Cukup	Syarat Perlu	Reset
	benda kerja hitam (Line Movement)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor Vertical Cylinder Up (Line Movement) Aktif 		
21.2	Vertical Cylinder Down Bergerak meletakkan benda kerja berwarna hitam (Line Movement)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor Horizontal Cylinder Forward (Line Movement) Aktif • Sensor Vertical Cylinder Up (Line Movement) Aktif 	Setelah Step 20.2	Step 22 Aktif
22	<ul style="list-style-type: none"> • Vertical Cylinder Up Bergerak Setelah melepaskan benda kerja berwarna hitam (Line Movement) • Finger Cylinder Nonaktif 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor Vertical Cylinder Down (Line Movement) Aktif • Sensor finger Cylinder aktif 	Setelah Step 21.2	<ul style="list-style-type: none"> • Step 17.1 Aktif • Step 17.2 Aktif
23	Horizontal Cylinder Backward Bergerak menuju conveyor 2	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor Vertical Cylinder Up (Line 	Setelah Step 22	<ul style="list-style-type: none"> • Step 19.1 Aktif

Step	Aksi	Syarat Cukup	Syarat Perlu	Reset
		Movement) Aktif • Sensor Horizontal Cylinder Forward (Line Movement) Aktif		• Step 19.2 Aktif

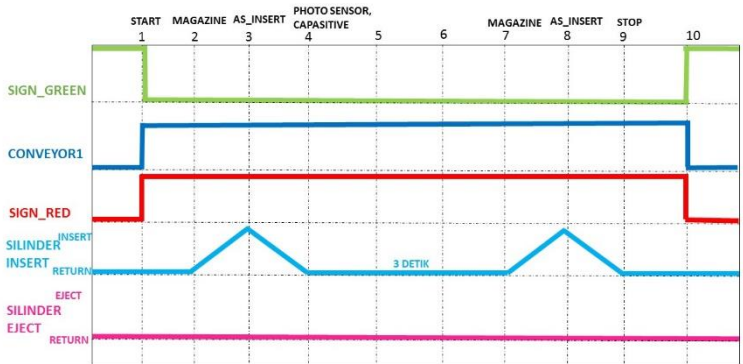
Perumusan langkah sistem pada Tabel 3.9 dapat ditunjukkan melalui diagram waktu. Diagram waktu dibuat untuk menunjukkan proses dari pergerakan aktuator yang dipengaruhi oleh *input* atau transisi. Terdapat perbedaan aksi untuk benda berbahan metal dan non-metal. Diagram waktu untuk benda berbahan metal (*silver*) ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut ini. Dimana aksi silinder *eject* aktif ditunjukkan dengan garis berwarna merah muda.



Gambar 3.2 Diagram Waktu *Seperatipn Module* Benda Silver

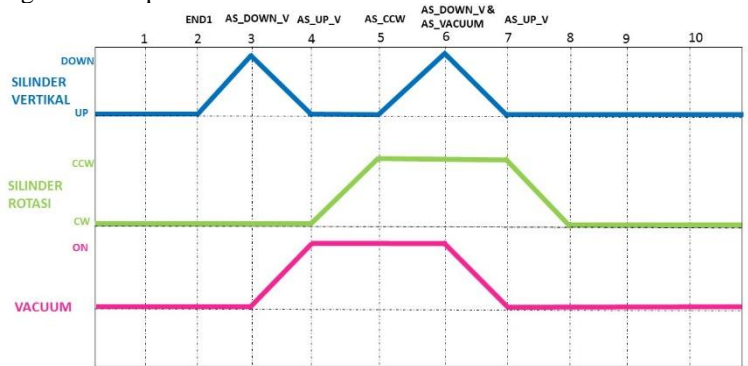
Diagram waktu untuk benda biru dan benda hitam memiliki kesamaan aksi aktuator. Pada Gambar 3.3 ditunjukkan diagram waktu

dari benda hitam yang melintas. Perbedaan yang terlihat jika dibandingkan dengan benda *silver* terletak pada aksi silinder *eject*.



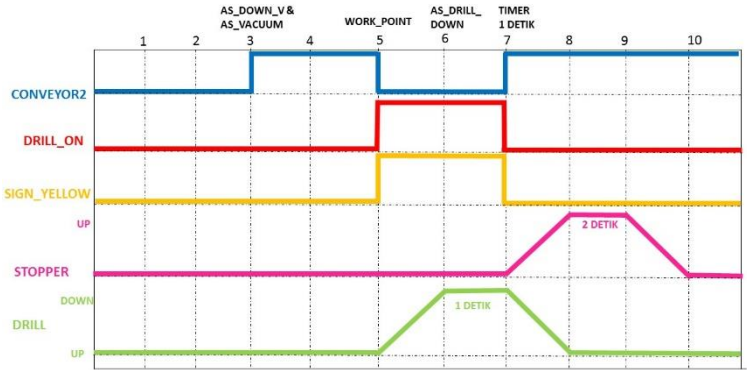
Gambar 3.3 Diagram Waktu *Separation Module* Benda Hitam

Perumusan langkah sistem pada Tabel 3.9 kemudian digambarkan ke dalam diagram waktu yang menunjukkan aksi dari aktuator yang aktif karena pengaruh dari transisi. Diagram waktu *pick and place module* digambarkan pada Gambar 3.4 di bawah ini.



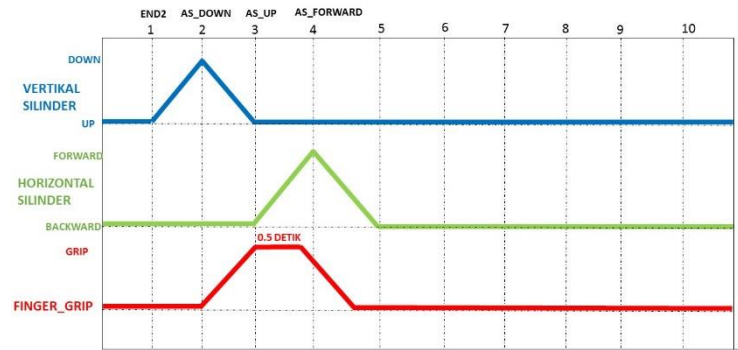
Gambar 3.4 Diagram Waktu *Pick and Place Module*

Perumusan langkah sistem pada Tabel 3.9 kemudian digambarkan ke dalam diagram waktu yang menunjukkan aksi dari aktuator yang aktif karena pengaruh dari transisi. Diagram waktu *stopper module* digambarkan pada Gambar 3.5 di bawah ini.



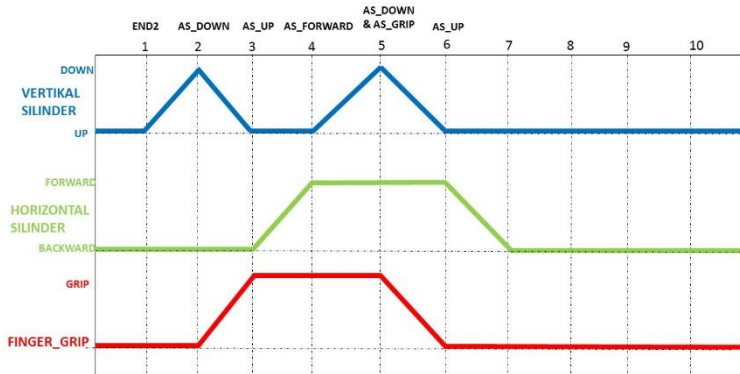
Gambar 3.5 Diagram Waktu *Stopper Module*

Perumusan langkah sistem pada Tabel 3.9 kemudian digambarkan ke dalam diagram waktu yang menunjukkan aksi dari aktuator yang aktif karena pengaruh dari transisi. Diagram waktu *line movement module* untuk benda berwarna biru digambarkan pada Gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3.6 Diagram Waktu *Line Movement* Benda Biru

Perumusan Langkah sistem pada Tabel 3.9 kemudian digambarkan ke dalam diagram waktu yang menunjukkan aksi dari aktuator yang aktif karena pengaruh dari transisi. Diagram waktu *line movement module* untuk benda berwarna hitam digambarkan pada Gambar 3.15 berikut ini.



Gambar 3.7 Diagram Waktu *Line Movement* Benda Hitam

3.3 Perancangan *Petri Net*

Setelah melakukan perumusan langkah kerja sistem pada *factory automatic trainer* maka selanjutnya adalah melakukan perancangan *petri net* untuk memodelkan sistem. Salah satu kelebihan melakukan pemodelan ini adalah dapat mendeskripsikan rancangan proses sehingga dapat mempermudah pembuatan program yang salah satunya adalah *ladder diagram*, dan yang terakhir adalah dapat digunakan untuk meninjau kesalahan dan melakukan perbaikan pada sistem sebelum program diimplementasikan.

3.3.1 Pengelompokan Komponen

Sebelum melakukan pemodelan akan lebih baik jika dilakukan pengelompokan komponen terlebih dahulu. Pada perancangan ini seluruh sensor, *input*, *memory*, dan *output* direpresentasikan oleh *place*. Untuk aksi (*event*), *timer* dan counter pada sistem direpresentasikan oleh *transition*. Seluruh pengelompokan tersebut dapat dilihat selengkapnya pada tabel berikut:

Tabel 3.10 Pengelompokan Komponen *Place*

No	Nama	Simbol	No	Nama	Simbol
1	Tombol Start	START	33	Memori Step 4.1	M_CCP
2	Tombol Stop	STOP	34	Memori Step 4.2	M_CP
3	<i>Magazine Sensor</i>	MAG	35	Memori Step 4.3	M_C
4	<i>Photo Sensor</i>	PHO	36	Memori Timer 1	M_TIMER1
5	<i>Proximity Induktive Sensor</i>	PROX	37	Memori Step 5	M_TIMER2
6	<i>Capasitive Sensor</i>	CAP	38	Memori Step 6	M_EJECT_RTN
7	<i>Auto Switch 1 (Insert)</i>	IN_INSERT	39	Memori Step 7	M_DOWN_V
8	<i>Auto Switch 2 (Insert Return)</i>	IN_INSERT_RTN	40	Memori Step 8	M_VACUM
9	<i>Auto Switch 3 (Eject)</i>	IN_EJECT	41	Memori Step 9	M_UP_V
10	<i>Auto Switch 4 (Eject Return)</i>	IN_EJECT_RTN	42	Memori Step 10	M_RCCW
11	<i>Fiber Optic Sensor 1</i>	END1	43	Memori Step 11	M_DOWN_V1
12	<i>Auto Switch 5 (Rotary Cylinder CCW)</i>	IN_RCCW	44	Memori Step 12	M_UP_V1

No	Nama	Simbol	No	Nama	Simbol
13	<i>Auto Switch 6 (Rotary Cylinder CW)</i>	IN_RCW	45	Memori Step 13	M_RCW
14	<i>Auto Switch 7 (Vertical Cylinder Up)</i>	IN_UP_V	46	Memori Step 14	M_DRILL_ON
15	<i>Auto Switch 8 (Vertical Cylinder Down)</i>	IN_DOWN_V	47	Memori Step 15	M_DRILL_DOWN
16	<i>Auto Switch 9 (Vacuum on)</i>	IN_VACUUM	48	Memori Step 16	M_TIMER3
17	<i>Auto Switch 10 (Stopper Up)</i>	IN_STP_UP	49	Memori Step 17	M_DRILL_STP
18	<i>Auto Switch 11 (Stopper Down)</i>	IN_STP_DOWN	50	Memori Step 18	M_TIMER4
19	<i>Fiber Optic Sensor (Work Point)</i>	WP	51	Memori Step 20.1	M_DOWN_GG
20	<i>Auto Switch 12 (Drill Up)</i>	IN_DRILL_UP	52	Memori Step 20.2	M_DOWN_G
21	<i>Auto Switch 13</i>	IN_DRILL_DOWN	53	Memori Step 21.1	M_FF_GRI P

No	Nama	Simbol	No	Nama	Simbol
	<i>(Drill Down)</i>				
22	<i>Fiber Optic Sensor 2</i>	END2	54	Memori Step 21.2	M_F_GRIP
23	<i>Auto Switch 14 (Forward)</i>	IN_FORWARD	55	Memori Step 22.1	M_UP_GG
24	<i>Auto Switch 15 (Backward)</i>	IN_BACKWARD	56	Memori Step 22.2	M_UP_G
25	<i>Auto Switch 16 (Vertical Cylinder Up)</i>	IN_UP_G	57	Memori Step 23.1	M_FORWARD 2
26	<i>Auto Switch 17 (Vertical Cylinder Down)</i>	IN_DOWN_G	58	Memori Timer 5	M_TIMER5
27	<i>Auto Switch 18 (Finger Open)</i>	IN_O_GRIP	59	Memori Step 23.2	M_FORWARD
28	<i>Auto Switch 19 (Finger Grip)</i>	IN_F_GRIP	61	Memori Step 24.1	M_BACKWARD D2
29	Memori init	M_Init	62	Memori Step 24.2	M_DOWN_G1
30	Memori Step 1	M_Awal	63	Memori Step 25	M_UP_G1
31	Memori Step 2	M_Insert	64	Memori Step 26	M_BACKWARD D

No	Nama	Simbol	No	Nama	Simbol
32	Memori <i>Step 3</i>	M_Insert_Rtn			

Tabel 3.11 Pengelompokan Komponen *Transisi*

No	Nama	Simbol	No	Nama	Simbol
1	<i>Step Init</i>	Init	26	<i>Sequence 20.1</i>	<i>Step 20.1</i>
2	<i>Sequence 1</i>	<i>Step 1</i>	27	<i>Sequence 20.2</i>	<i>Step 20.2</i>
3	<i>Sequence 2</i>	<i>Step 2</i>	28	<i>Sequence 21.1</i>	<i>Step 21.1</i>
4	<i>Sequence 3</i>	<i>Step 3</i>	29	<i>Sequence 21.2</i>	<i>Step 21.2</i>
5	<i>Sequence 4.1</i>	<i>Step 4.1</i>	30	<i>Sequence 22</i>	<i>Step 22</i>
6	<i>Sequence 4.2</i>	<i>Step 4.2</i>	31	<i>Sequence 23</i>	<i>Step 23</i>
7	<i>Sequence 4.3</i>	<i>Step 4.3</i>	32	<i>Timer On Delay 1</i>	TIMER1
8	<i>Sequence 5</i>	<i>Step 5</i>	33	<i>Timer On Delay 2</i>	TIMER2
9	<i>Sequence 6</i>	<i>Step 6</i>	34	<i>Timer On Delay 3</i>	TIMER3
10	<i>Sequence 7</i>	<i>Step 7</i>	35	<i>Timer On Delay 4</i>	TIMER4
11	<i>Sequence 8</i>	<i>Step 8</i>	36	<i>Timer On Delay 5</i>	TIMER5
12	<i>Sequence 9</i>	<i>Step 9</i>	37	<i>Timer Pulse 1</i>	TP1
13	<i>Sequence 10</i>	<i>Step 10</i>	38	<i>Counter Up 1</i>	CNT1
14	<i>Sequence 11</i>	<i>Step 11</i>	39	<i>Counter Up 2</i>	CNT2
15	<i>Sequence 12</i>	<i>Step 12</i>	40	<i>Counter Up 3</i>	CNT3
16	<i>Sequence 13</i>	<i>Step 13</i>	41	<i>Counter Up 4</i>	CNT4
17	<i>Sequence 14</i>	<i>Step 14</i>	42	<i>Counter Up 5</i>	CNT5

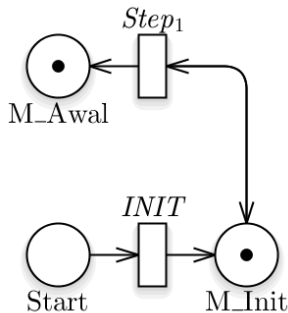
No	Nama	Simbol	No	Nama	Simbol
18	Sequence 15	Step 15	43	Counter Up 6	CNT6
19	Sequence 16	Step 16	44	Counter Up 7	CNTR1
21	Sequence 17.1	Step 17.1	45	Counter Up 8	CNTR2
22	Sequence 17.2	Step 17.2	46	Counter Up 9	CNTR3
23	Sequence 18.1	Step 18.1	47	Counter Up 10	CNTR4
24	Sequence 18.2	Step 18.2	48	Counter Up 11	CNTR5
25	Sequence 19.1	Step 19.1	49	Counter Up 12	CNTR6

3.3.2 Perancangan Petri Net

Perancangan *petri net* disesuaikan dengan urutan langkah yang telah dirancang untuk menjalankan *plant factory automatic trainer* dan dijelaskan pada Tabel. Perancangan model *petri net factory automatic trainer* akan dijelaskan seluruh langkah kerja. Selengkapnya dapat dilihat pada bagian berikut:

a) Step Init dan Step 1

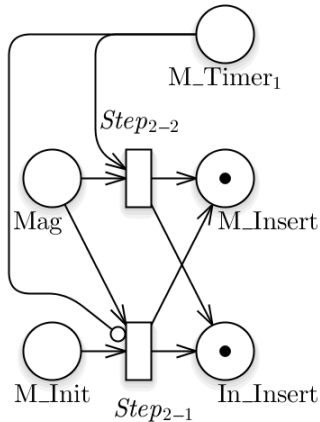
Langkah Init dan Langkah 1 pada Gambar 3.8 adalah proses konveyor 1 aktif dan lampu indikator merah aktif. Pada Step 1 dapat dikerjakan apabila dari tombol start ditekan. Konveyor 1 dan lampu indikator merah akan aktif terus menerus sampai tombol stop ditekan.



Gambar 3.8 Petri Net Step Init dan Step 1

b) *Step 2*

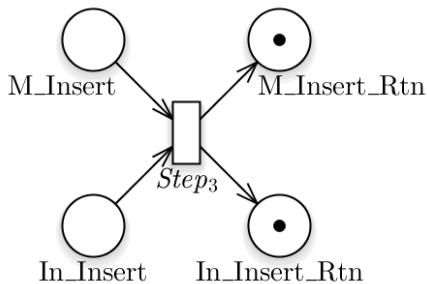
Step kedua pada Gambar 3.9 adalah proses memasukan (insert) benda kerja ke konveyor 1 dengan aksi *insert pneumatik Cylinder*. Tahap pertama dapat diikerjakan apabila terdapat benda kerja pada magazine. Selanjutnya agar *insert pneumatik cylinder* bekerja kembali harus menunggu *timer 1* aktif dan *magazine* aktif, dan setelah *step 1*.



Gambar 3.9 Petri Net step 2

c) *Step 3*

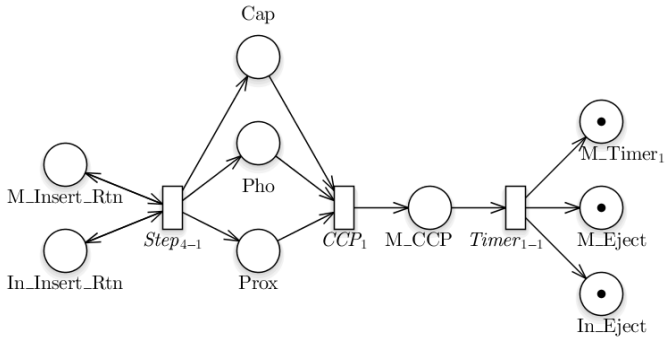
Step ketiga pada Gambar 3.10 adalah proses *insert pneumatik cylinder* bergerak kembali (*return*) setelah mendorong benda ke konveyor 1. *Step 3* dikerjakan apabila *step 2* telah dikerjakan dan deteksi *reed switch sensor insert* aktif, dan setelah *step 2*



Gambar 3.10 Petri Net Step 3

d) *Step 4.1*

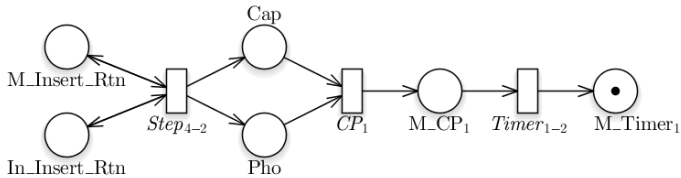
Step 4.1 pada Gambar 3.11 adalah proses membuang (eject) benda kerja (silver) dari konveyor 1 dengan aksi *eject pneumatik Cylinder* dan *timer 1* akan *counting* dimana saat *timer 1* aktif maka akan mengaktifkan step 2. Tahap pertama dapat dikerjakan apabila terdeteksi benda kerja (silver) pada sensor cap, pho dan prox aktif dan setelah step 3.



Gambar 3.11 Petri Net Step 4.1

e) *Step 4.2*

Step 4.2 pada Gambar 3.12 adalah proses penyimpanan memori warna hitam dan dan Timer 1 akan *counting* dimana saat *timer 1* aktif maka akan mengaktifkan step 2. Tahap ini dapat dikerjakan apabila terdeteksi benda kerja (hitam) pada sensor cap aktif dan setelah step 3.

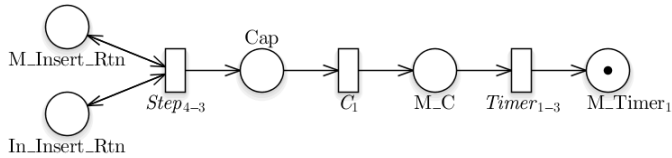


Gambar 3.12 Petri Net Step 4.2

f) *Step 4.3*

Step 4.3 pada Gambar 3.13 adalah proses penyimpanan memori warna biru dan dan Timer 1 akan *counting* dimana saat *timer 1* aktif

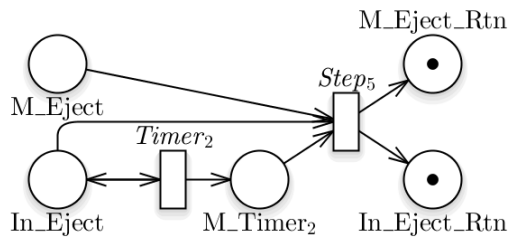
maka akan mengaktifkan step 2. Tahap ini dapat dikerjakan apabila terdeteksi benda kerja (biru) pada sensor cap aktif dan setelah step 3.



Gambar 3.13 Petri Net Step 4.3

g) Step 5

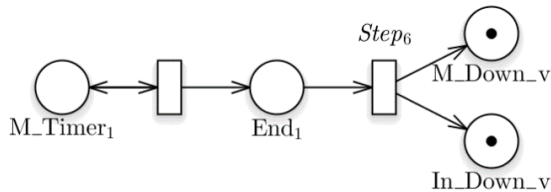
Step 5 pada Gambar 3.14 adalah proses *pneumatik cylinder* eject bergerak kembali (return) setelah membuang benda kerja (silver) dari konveyor 1. Tahap ini dapat dikerjakan apabila timer 2 telah aktif, Sensor eject aktif, dan setelah step 4.1.



Gambar 3.14 Petri Net Step 5

h) Step 6

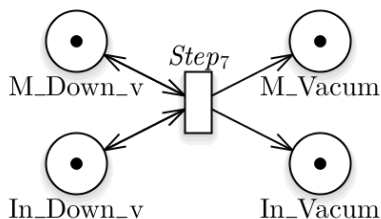
Step 6 pada Gambar 3.15 adalah proses yang terdapat pada *pick and place* yang dimana *vertical cylinder* bergerak kebawah (down) untuk mengambil benda. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *fiber optic sensor* (end1) aktif yang dikarenakan terdapat benda kerja pada *fiber optic sensor* (end1) setelah step 4.2 dan step 4.3.



Gambar 3.15 Petri Net Step 6

i) *Step 7*

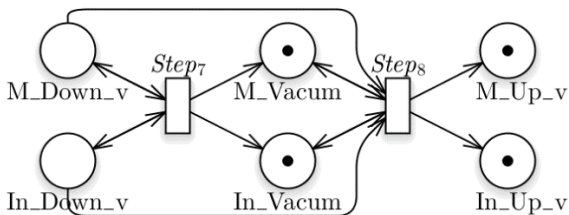
Step 7 pada Gambar 3.16 adalah proses yang terdapat pada *pick and place* yang dimana vacuum aktif. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical (down)* aktif, dan setelah step 6 .



Gambar 3.16 Petri Net Step 7

j) *Step 8*

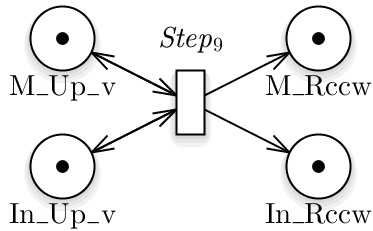
Step 8 pada Gambar 3.17 adalah proses yang terdapat pada *pick and place* yang dimana *vertical cylinder* bergerak keatas (Up). Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor vacuum* dan *reed switch sensor cylinder vertical (down)* aktif dan setelah step 7.



Gambar 3.17 Petri Net Step 8

k) *Step 9*

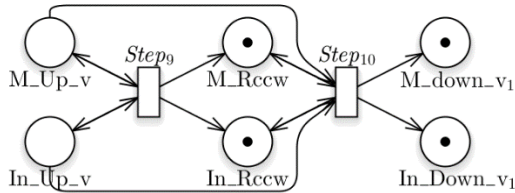
Step 9 pada Gambar 3.18 adalah proses yang terdapat pada *pick and place* yang dimana *rotary cylinder* bergerak ccw. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical (Up)* aktif dan setelah step 8.



Gambar 3.18 Petri Net Step 9

l) *Step 10*

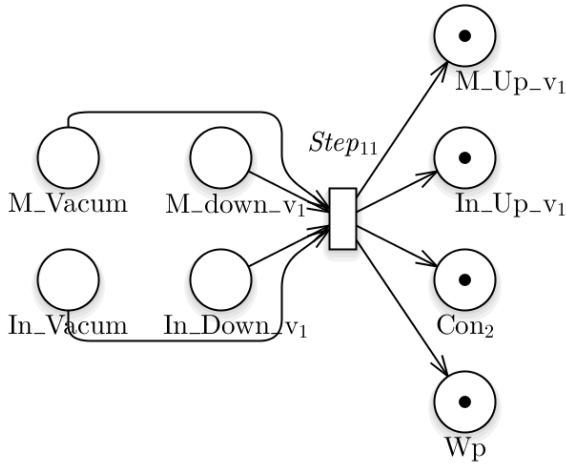
Step 10 pada Gambar 3.19 adalah proses yang terdapat pada *pick and place* yang dimana *vertical cylinder* bergerak kebawah (*down*). Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* (Up) dan *reed switch sensor cylinder rotary* (ccw) aktif dan setelah step 9.



Gambar 3.19 Petri Net Step 10

m) *Step 11*

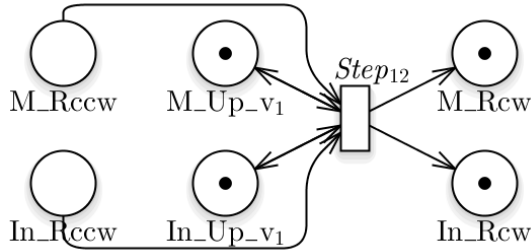
Step 11 pada Gambar 3.20 adalah proses yang terdapat pada *pick and place* yang dimana *vertical cylinder* bergerak keatas (Up) dan konveyor 2 aktif. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* (Down) dan *reed switch sensor Vacum* aktif dan setelah step 10.



Gambar 3.20 Petri Net Step 11

n) Step 12

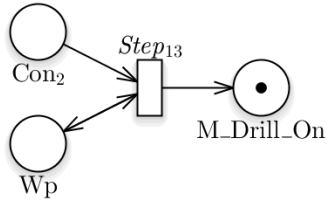
Step 12 pada Gambar 3.21 adalah proses yang terdapat pada *pick and place* yang dimana *rotary cylinder* bergerak cw. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* (Up) dan *reed switch sensor cylinder rotary* (ccw) aktif dan setelah step 11.



Gambar 3.21 Petri Net Step 12

o) Step 13

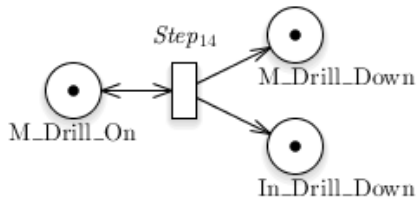
Step 13 pada Gambar 3.22 adalah proses yang terdapat pada *stopper module* yang dimana *drilling machine* aktif dan konveyor tidak aktif. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *fiber optic sensor* (wp) aktif dan setelah step 11.



Gambar 3.22 Petri Net Step 13

p) Step 14

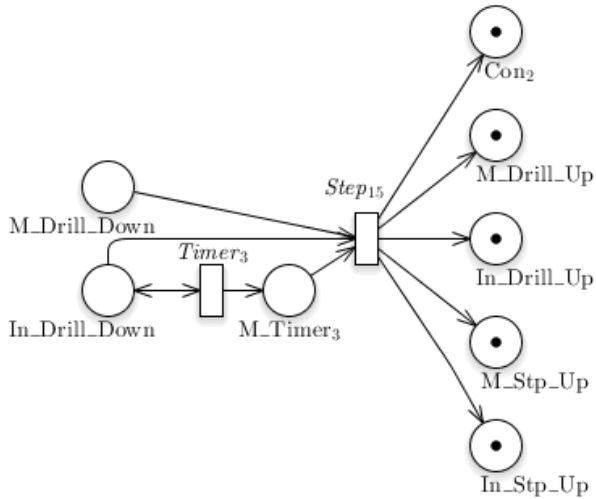
Step 14 pada Gambar 3.23 adalah proses yang terdapat pada *stopper module* yang dimana *pneumatic cylinder drilling machine* (down) aktif. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *drilling machine* aktif dan setelah step 13.



Gambar 3.23 Petri Net Step 14

q) Step 15

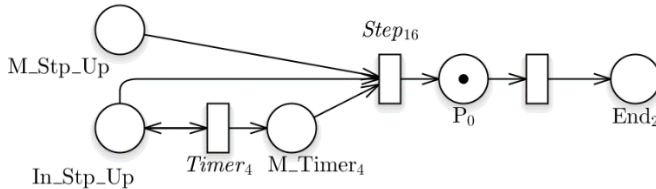
Step 15 pada Gambar 3.24 adalah proses yang terdapat pada *stopper module* yang dimana *pneumatic cylinder drilling machine* ke atas (Up), *pneumatic cylinder stopper* ke atas (Up) aktif dan konveyor 2 aktif. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor drilling machine* (down) dan timer 3 aktif, dan setelah step 14.



Gambar 3.24 Petri Net Step 15

r) *Step 16*

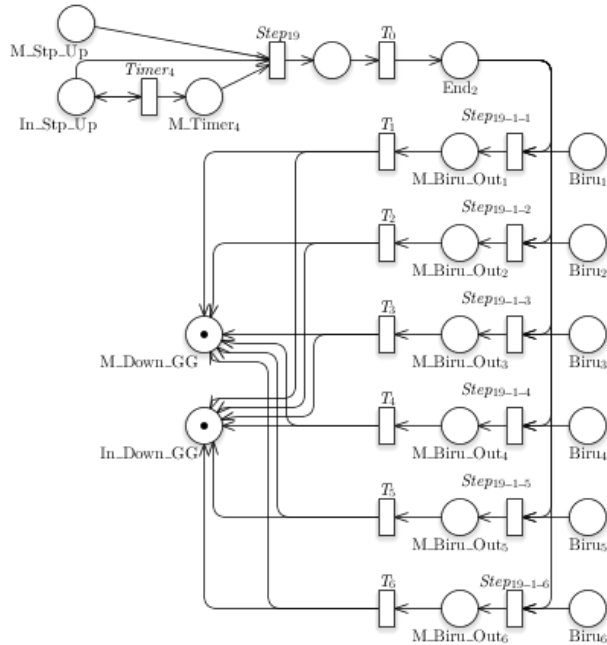
Step 16 pada Gambar 3.25 adalah proses timer 4 counting dimana saat timer 4 aktif akan menjadi syarat untuk step selanjutnya. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor stopper* ke atas (Up) aktif, dan setelah step 15



Gambar 3.25 Petri Net Step 16

s) *Step 17.1*

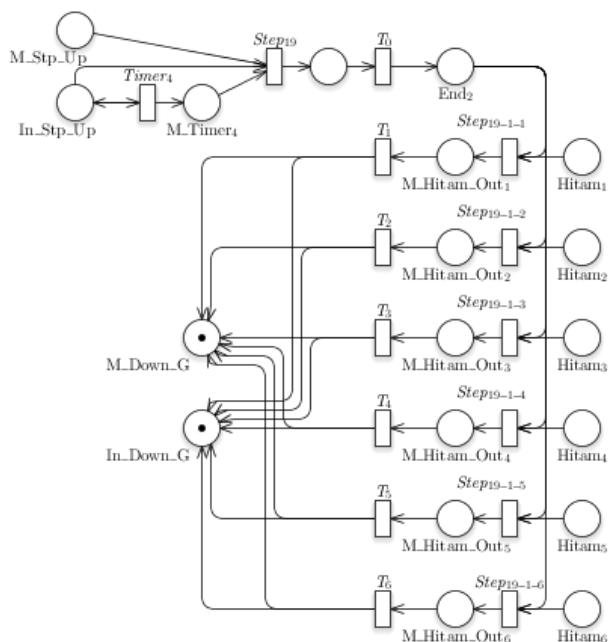
Step 17.1 pada Gambar 3.26 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *vertical cylinder* ke bawah (down). Tahap ini dapat dikerjakan apabila *fiber optic sensor* (end2) aktif dan memori penyimpanan biru aktif



Gambar 3.26 Petri Net Step 17.1

t) *Step 17.2*

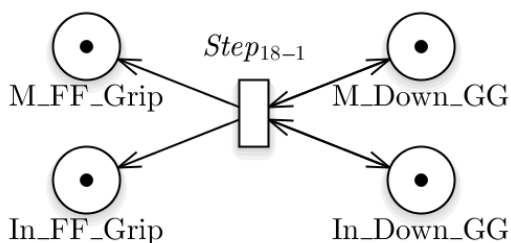
Step 17.2 pada Gambar 3.27 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *vertical cylinder* ke bawah (down). Tahap ini dapat dikerjakan apabila *fiber optic sensor* (end2) aktif dan memori penyimpanan hitam aktif



Gambar 3.27 Petri Net Step 17.2

u) *Step 18.1*

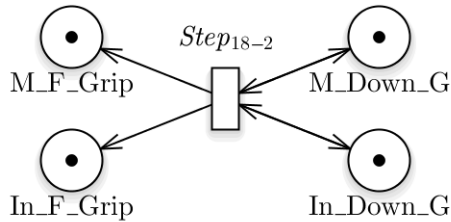
Step 18.1 pada Gambar 3.28 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *finger cylinder* aktif menjepit benda kerja. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* ke bawah (down) aktif dan setelah Step 17.1.



Gambar 3.28 Petri Net Step 18.1

v) *Step 18.2*

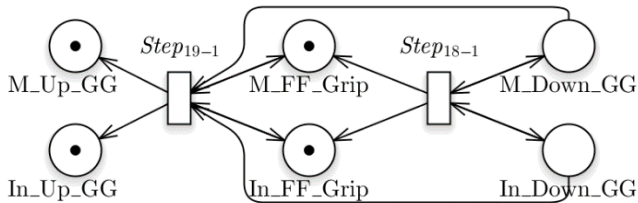
Step 18.2 pada Gambar 3.29 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *finger cylinder* aktif menjepit benda kerja. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* ke bawah (down) aktif dan setelah Step 17.2.



Gambar 3.29 Petri Net Step 18.2

w) *Step 19.1*

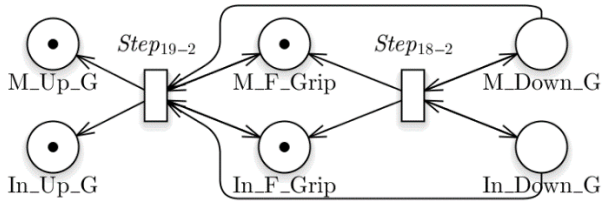
Step 19.1 pada Gambar 3.30 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *vertical cylinder* ke atas (Up). Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* bawah (down) aktif, *reed switch sensor cylinder finger* aktif dan setelah step 18.1



Gambar 3.30 Petri Net Step 19.1

x) *Step 19.2*

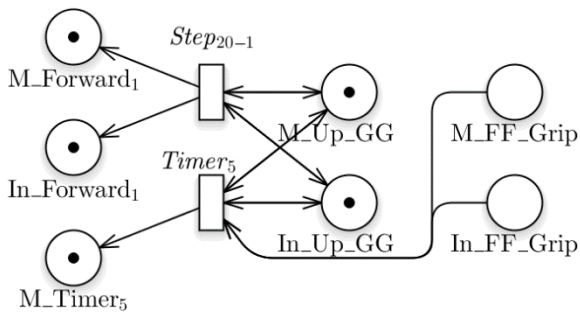
Step 19.2 pada Gambar 3.31 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *vertical cylinder* ke atas (Up). Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* bawah (down) aktif, *reed switch sensor cylinder finger* aktif dan setelah step 18.2



Gambar 3.31 Petri Net Step 19.2

y) Step 20.1

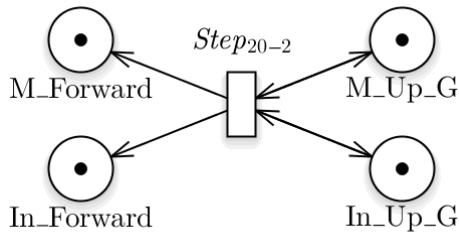
Step 20.1 pada Gambar 3.32 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *rodless cylinder* ke arah forward. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* ke atas (Up) aktif dan setelah step 19.1



Gambar 3.32 Petri Net Step 20.1

z) Step 20.2

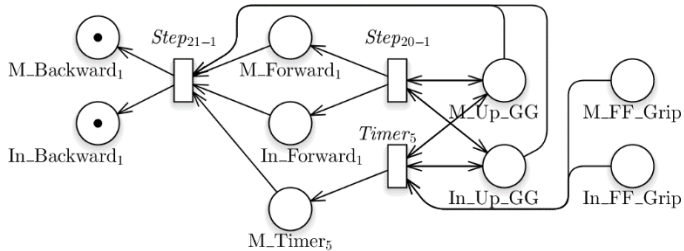
Step 20.2 pada Gambar 3.33 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *rodless cylinder* ke arah forward. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* ke atas (Up) aktif dan setelah step 19.2



Gambar 3.33 Petri Net Step 20.2

aa) Step 21.1

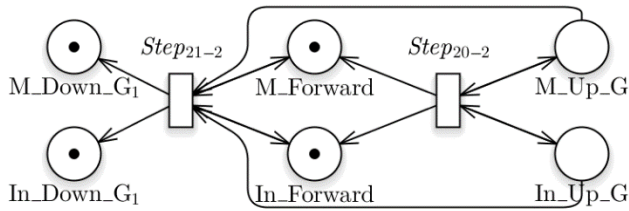
Step 21.1 pada Gambar 3.34 terdapat 2 proses yang terdapat pada *line movement module* yaitu cylinder finger tidak aktif, Tahap ini dapat dikerjakan apabila timer 5 aktif dan cylinder horizontal ke arah backward, Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* ke atas (Up) aktif, *reed switch sensor cylinder horizontal forward* aktif dan setelah step 20.1



Gambar 3.34 Petri Net Step 21.1

bb) Step 21.2

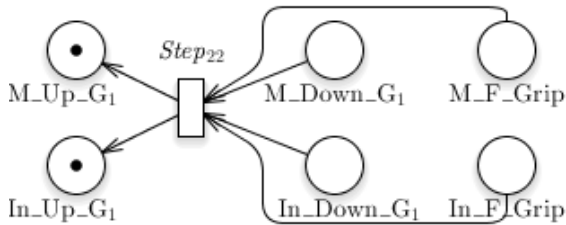
Step 21.2 pada Gambar 3.35 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *vertical cylinder* ke bawah (down). Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* ke atas (Up) aktif, *reed switch sensor cylinder horizontal forward* aktif , dan setelah step 20.2



Gambar 3.35 Petri Net Step 21.2

cc) Step 22

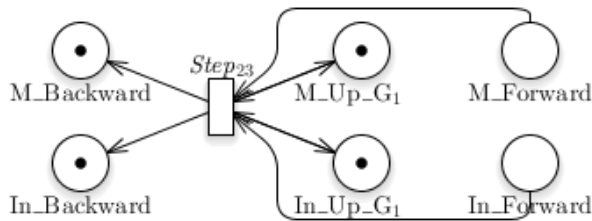
Step 22 pada Gambar 3.36 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *vertical cylinder* ke atas (Up) dan *finger cylinder* tidak aktif. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* ke bawah (down) aktif, *reed switch sensor cylinder finger* aktif , dan setelah step 21.2



Gambar 3.36 Petri Net Step 22

dd) Step 23

Step 23 pada Gambar 3.37 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *rodless cylinder* ke arah backward. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* ke atas (down) aktif, *reed switch sensor cylinder horizontal forward* aktif , dan setelah step 22



Gambar 3.37 Petri Net Step 23

3.4 Perancangan Ladder Diagram

Pada tahap ini proses perancangan *ladder diagram* dilakukan berdasarkan rancangan model *petri net*. Hal ini dilakukan untuk membantu logika berpikir dan mempermudah dalam merancang urutan langkah pada pembuatan *ladder diagram*.

3.4.1 Pengalaman Komponen

Setelah membuat perancangan atau model sistem dengan menggunakan metode *petri net*, selanjutnya adalah melakukan konversi hasil perancangan ke dalam bentuk *ladder diagram*. Namun sebelum itu, perlu dilakukan terlebih dahulu pengalaman setiap sensor dan aktuator yang digunakan pada *factory automatic trainer*. Tabel ini memuat seluruh informasi terkait dengan pengalaman pada PLC LG Glofa GM4.

Tabel 3.12 Alamat *Input* dan *Output Separation Module*

Input			Output		
No	Simbol	Alamat	No	Simbol	Alamat
1	START	%IX0.1.11	1	INSERT	%QX0.2.6
2	STOP	%IX0.1.12	2	INSERT_ RTN	%QX0.2.7
3	MAG	%IX0.0.6	3	EJECT	%QX0.2.8
4	PHO	%IX0.0.7	4	EJECT_ RTN	%QX0.2.9
5	PROX	%IX0.0.8	5	CON1	%QX0.2.10
6	CAP	%IX0.0.9			

<i>Input</i>			<i>Output</i>		
No	Simbol	Alamat	No	Simbol	Alamat
7	IN_INSERT	%IX0.0.10			
8	IN_INSERT_ RTN	%IX0.0.11			
9	IN_EJECT	%IX0.0.12			
10	IN_EJECT_ RTN	%IX0.0.13			
11	END1	%IX0.0.14			

Tabel 3.13 Alamat *Input* dan *Output* Pick and Place Module

<i>Input</i>			<i>Output</i>		
No	Simbol	Alamat	No	Simbol	Alamat
1	IN_RCCW	%IX0.1.6	1	RCCW	%QX0.3.6
2	IN_RCW	%IX0.1.7	2	RCW	%QX0.3.7
3	IN_UP_V	%IX0.1.8	3	UP_V	%QX0.3.8
4	IN_ DOWN_V	%IX0.1.9	4	DOWN_V	%QX0.3.9
5	IN_ VACUUM	%IX0.1.10	5	VACUUM	%QX0.3.10
			6	LAMPU_ MERAH	%QX0.3.11
			7	LAMPU_ YELLOW	%QX0.3.12
			8	LAMPU_ HIJAU	%QX0.3.13

Tabel 3.14 Alamat *Input* dan *Output* Stopper Module

<i>Input</i>			<i>Output</i>		
No	Simbol	Alamat	No	Simbol	Alamat
1	IN_STP_UP	%IX0.1.0	1	STP_UP	%QX0.3.0

<i>Input</i>			<i>Output</i>		
No	Simbol	Alamat	No	Simbol	Alamat
2	IN_STP_DOWN	%IX0.1.1	2	DRILL_UP	%QX0.3.1
3	WP	%IX0.1.2	3	DRILL_DOWN	%QX0.3.2
4	IN_DRILL_UP	%IX0.1.3	4	DRILL_ON	%QX0.3.3
5	IN_DRILL_DOWN	%IX0.1.4	5	CON2	%QX0.3.4
6	END2	%IX0.1.5			

Tabel 3.15 Alamat *Input* dan *Output Line Movement Module*

<i>Input</i>			<i>Output</i>		
No	Simbol	Alamat	No	Simbol	Alamat
1	IN_FORWARD	%IX0.0.0	1	STP_UP	%QX0.2.0
2	IN_BACKWARD	%IX0.0.1	2	DRILL_UP	%QX0.2.1
3	IN_UP_G	%IX0.0.2	3	DRILL_DOWN	%QX0.2.2
4	IN_DOWN_G	%IX0.0.3	4	DRILL_ON	%QX0.2.3
5	IN_O_GRIP	%IX0.0.4	5	CON2	%QX0.2.4
6	IN_F_GRIP	%IX0.0.5			

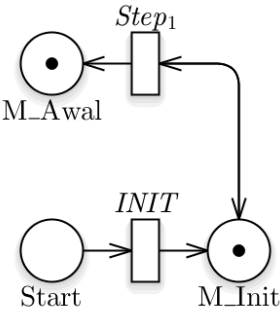
3.4.2 Perancangan *Ladder Diagram*

Setelah pemodelan *petri net* didapatkan, tahap selanjutnya adalah mengkonversi model *petri net* ke *ladder diagram*. Kontruksi *ladder diagram* dibuat menyesuaikan PLC yang digunakan, yakni PLC LG Glofa. Untuk memudahkan pemahaman mengenai konversi *petri net* ke *ladder diagram* maka proses konversi dilakukan *perstep* sesuai dengan teori dasar yang dijelaskan pada bab 2. Aturan konversi yang perlu

diperhatikan bahwa setiap *step* pada *transition* akan diberhentikan oleh proses berikutnya.

a) *Step* Init dan *Step* 1

Langkah Init dan Langkah 1 pada Gambar 3.38 adalah proses konveyor 1 aktif dan lampu indikator merah aktif. Pada Step ini dapat dikerjakan apabila dari tombol start ditekan. Konveyor 1 dan lampu indikator merah akan aktif terus menerus sampai tombol stop ditekan. Saat tombol start ditekan maka M_INIT aktif yang dimana M_INIT juga mengaktifkan M_AWAL. M_AWAL ini juga mengaktifkan aktuator yaitu konveyor 1 dan lampu indikator merah.



$$M_Init = (Start + M_Init) \cdot Stop$$

$$M_Awal = M_Init + M_Init \cdot M_awal$$

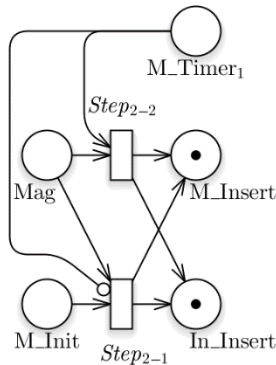
$$Con1 + Lampu_Merah = M_Awal$$



Gambar 3.38 Ladder Diagram Step Init dan Step 1

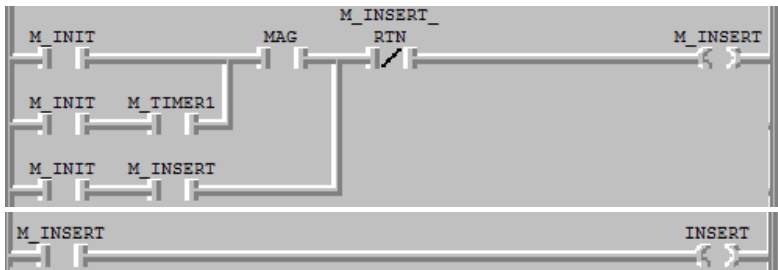
b) *Step 2*

Step kedua pada Gambar 3.39 adalah proses memasukan (insert) benda kerja ke konveyor 1 dengan aksi *insert pneumatic cylinder*. Tahap pertama dapat dikerjakan apabila terdapat benda kerja pada magazine. Selanjutnya agar *insert pneumatic cylinder* bekerja kembali harus menunggu timer 1 aktif dan magazine aktif. Saat M_INIT dan MAG aktif maka M_INSERT aktif mendorong benda kerja hingga IN_INSERT aktif.



$$M_Insert = ((M_Init + M_Init \cdot M_Timer1) \cdot Mag + M_Init \cdot M_Insert) \cdot M_Insert_Rtn$$

$$Insert = M_Insert$$

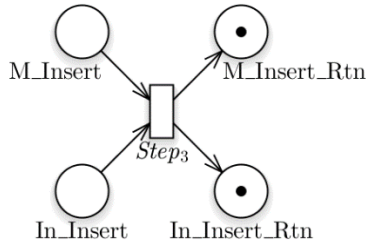


Gambar 3.39 Ladder Diagram Step 2

c) *Step 3*

Step ketiga pada Gambar 3.40 adalah proses *insert pneumatic cylinder* bergerak kembali (*return*) setelah mendorong benda ke konveyor 1. Step 3 dikerjakan apabila step 2 telah dikerjakan dan deteksi reed

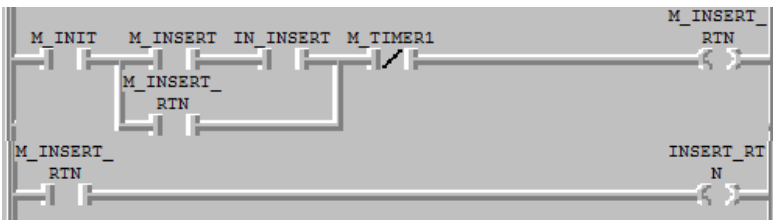
switch sensor insert aktif. Saat M_INSERT dan IN_INSERT aktif maka mengaktifkan M_INSERT_RTN kembali ke tempat semula hingga IN_INSERT_RTN aktif.



$$M_Insert_Rtn = M_Init . (M_Insert . In_Insert + M_Insert_Rtn) .$$

$$\overline{M_Timer1}$$

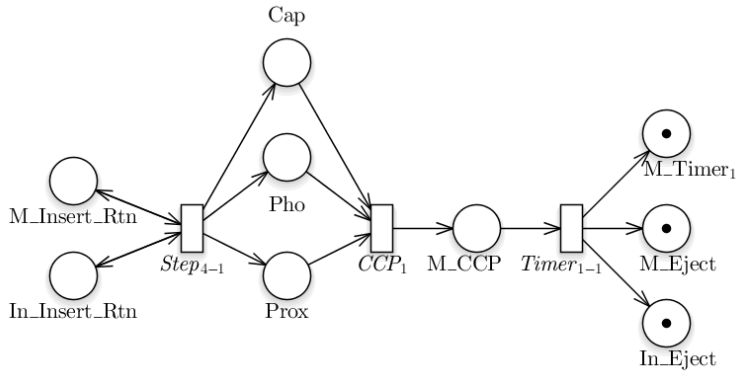
$$Insert_Rtn = M_Insert_Rtn$$



Gambar 3.40 Ladder Diagram Step 3

d) *Step 4.1*

Step 4.1 pada Gambar 3.41 adalah proses membuang (eject) benda kerja (silver) dari konveyor 1 dengan aksi *eject pneumatik cylinder* dan Timer 1 akan counting dimana saat timer 1 aktif maka akan mengaktifkan step 2 . Tahap pertama dapat dikerjakan apabila terdeteksi benda kerja (silver) pada sensor cap, pho dan prox aktif. Saat CAP, PHO, dan PROX aktif maka akan disimpan di memori M_CCP. Dimana M_CCP akan mengaktifkan M_TIMER1, M_EJECT yang akan membuang benda kerja warna silver hingga M_EJECT tersentuh IN-EJECT.



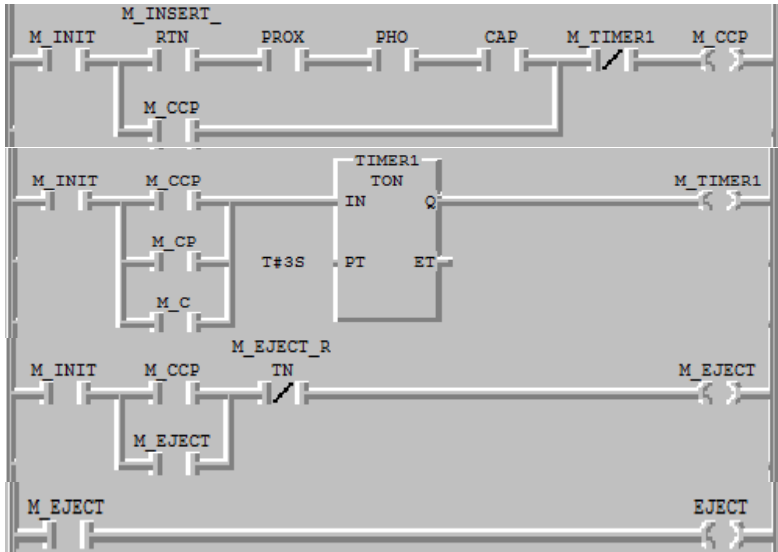
$$M_CCP = M_Init . (M_Insert_Rtn . Prox . Pho . Cap + M_CCP) .$$

$$M_Timer1$$

$$M_Timer1 = M_Init . (M_CCP + M_CP + M_C) . Timer1 : 3s$$

$$M_Eject = M_Init . (M_CCP + M_Eject) . M_Eject_Rtn$$

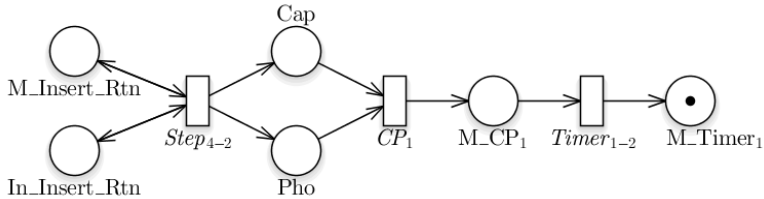
$$Eject = M_Eject$$



Gambar 3.41 Ladder Diagram Step 4.1

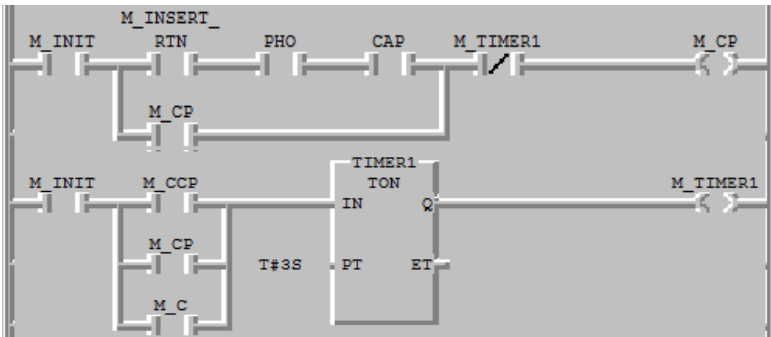
e) *Step 4.2*

Step 4.2 pada Gambar 3.42 adalah proses penyimpanan memori warna hitam dan dan Timer 1 akan counting dimana saat timer 1 aktif maka akan mengaktifkan step 2. Tahap ini dapat dikerjakan apabila terdeteksi benda kerja (hitam) pada sensor cap aktif. Saat Sensor CAP dan PHO aktif maka disimpan di memori M_CP. Dimana M_CPP mengaktifkan M_TIMER1.



$$M_CP = M_Init . (M_Insert_Rtn . Pho . Cap + M_CP) . M_Timer1$$

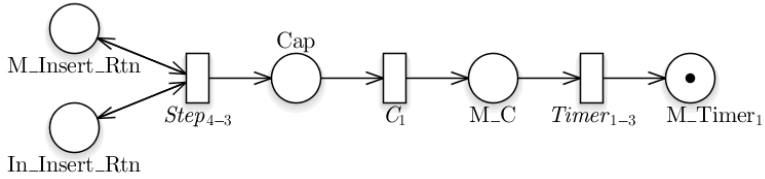
$$M_Timer1 = M_Init . (M_CCP + M_CP + M_C) . Timer1:3s$$



Gambar 3.42 Ladder Diagram Step 4.2

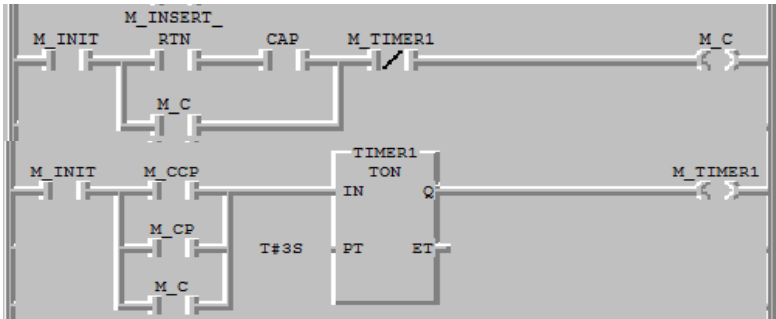
f) *Step 4.3*

Step 4.3 pada Gambar 3.43 adalah proses penyimpanan memori warna biru dan dan Timer 1 akan counting dimana saat timer 1 aktif maka akan mengaktifkan step 2. Tahap ini dapat dikerjakan apabila terdeteksi benda kerja (biru) pada sensor cap aktif. Saat sensor Cap aktif maka disimpan di memori M_C. Dimana M_C mengaktifkan M_TIMER1.



$$M_C = M_Init . (M_Insert_Rtn . Cap + M_C) . M_Timer1$$

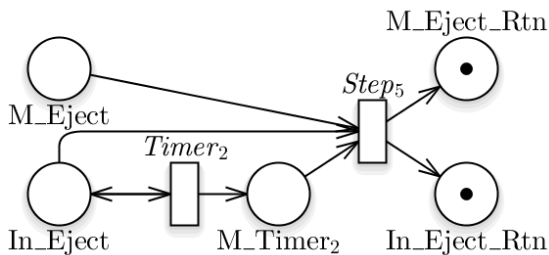
$$M_Timer1 = M_Init . (M_CCP + M_CP + M_C) . Timer1:3s$$



Gambar 3.43 Ladder Diagram Step 4.3

g) Step 5

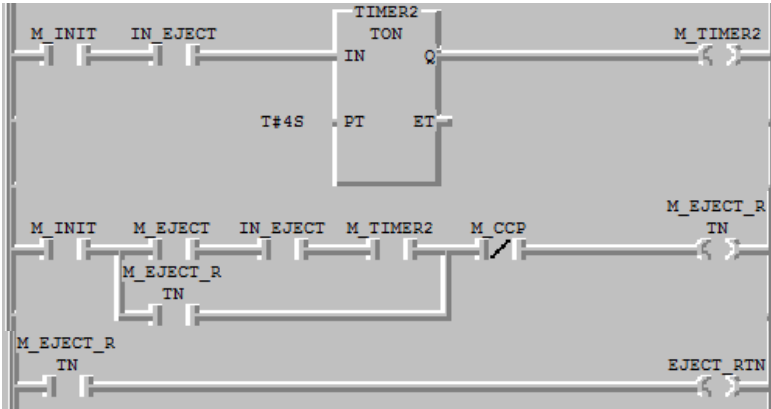
Step 5 pada Gambar 3.44 adalah proses *eject pneumatik cylinder* bergerak kembali (return) setelah membuang benda kerja (silver) dari konveyor 1. Tahap ini dapat dikerjakan apabila timer 2 telah aktif dan sensor eject aktif. Saat M_TIMER2 aktif maka akan mengaktifka M_EJECT_RTN hingga tersefteksi oleh IN_EJECT_RTN.



$$M_Timer2 = M_Init . In_Eject . Timer2:4s$$

$$M_Eject_Rtn = M_Init . (M_Eject . In_Eject . M_Timer2 + \\ M_Eject_Rtn) . M_CCP$$

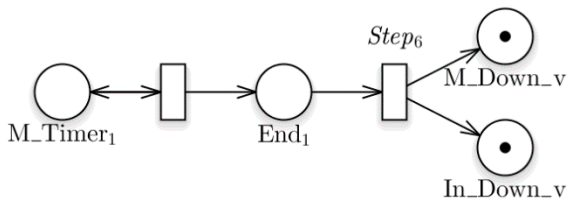
$$Eject_Rtn = M_Eject_Rtn$$



Gambar 3.44 Ladder Diagram Step 5

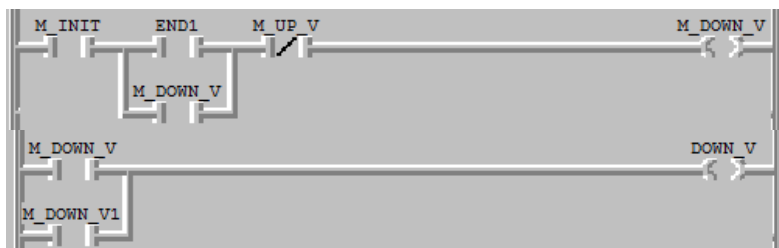
h) *Step 6*

Step 6 pada Gambar 3.45 adalah proses yang terdapat pada *pick and place* yang dimana *vertical cylinder* bergerak kebawah (down) untuk mengambil benda. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *fiber optic sensor* (end1) aktif yang dikarenakan terdapat benda kerja pada *fiber optic sensor* (end1). Saat END1 aktif maka akan mengaktifkan M_DOWN_V hingga terdeteksi oleh sensor IN_DOWN_V.



$$M_Down_v = M_Init . (End1 + M_Down_v) . M_Up_v$$

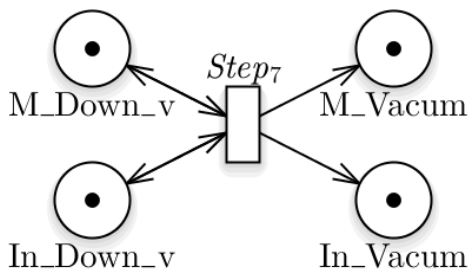
$$Down_v = M_Down_v + M_Down_V1$$



Gambar 3.45 Ladder Diagram Step 6

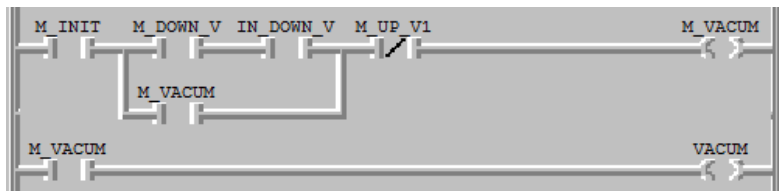
i) *Step 7*

Step 7 pada Gambar 3.46 adalah proses yang terdapat pada *pick and place* yang dimana vacuum aktif. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* (down) aktif. Saat M_DOWN_V dan IN_DOWN_V aktif maka akan mengaktifkan M_VACUM dan IN_VAVUM.



$$M_Vacum = \frac{M_Init \cdot (M_Down_v \cdot In_Down_V + M_Vacum)}{M_Up_v1}$$

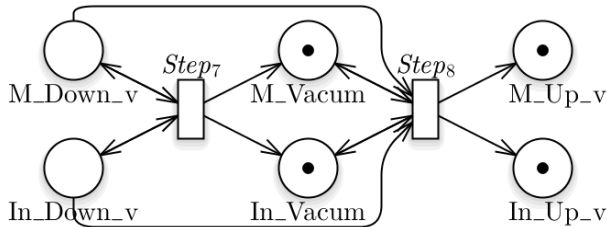
$$Vacum = M_Vacum$$



Gambar 3.46 Ladder Diagram Step 7

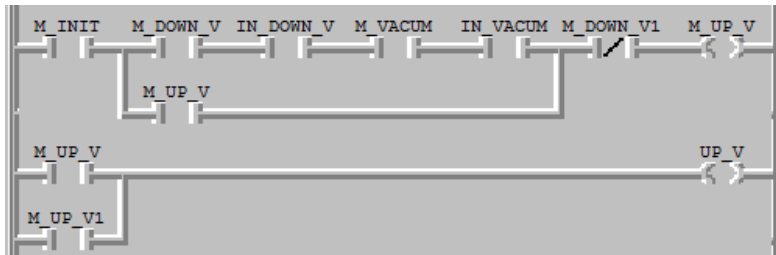
j) *Step 8*

Step 8 pada Gambar 3.47 adalah proses yang terdapat pada *pick and place* yang dimana *vertical cylinder* bergerak keatas (Up). Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor vacuum* dan *reed switch sensor cylinder vertical* (down) aktif. Saat M_DOWN_V, IN_DOWN_V, M_VACUM, dan IN_VACUM aktif maka akan mengaktifkan M_UP_V hingga terdeteksi oleh IN_UP_V aktif.



$$M_Up_v = M_Init . (M_Down_v . In_Down_v . M_Vacum . In_Vacum + M_Up_v) . M_Down_v1$$

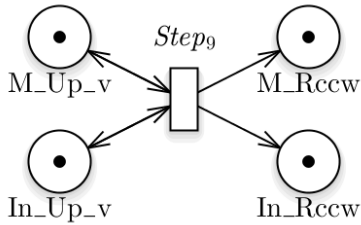
$$Up_v = M_Up_v + M_Up_v1$$



Gambar 3.47 Ladder Diagram Step 8

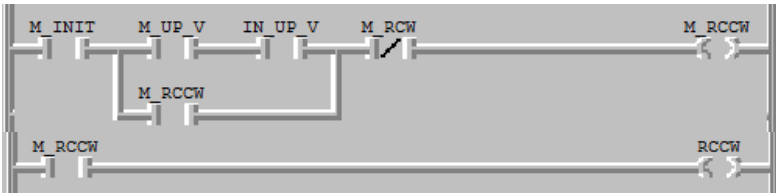
k) *Step 9*

Step 9 pada Gambar 3.48 adalah proses yang terdapat pada *pick and place* yang dimana *rotary cylinder* bergerak ccw. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* (Up) aktif. Saat M_UP_V dan IN_UP_V maka akan mengaktifkan M_RCCW hingga IN_RCCW aktif .



$$M_Rccw = M_Init . (M_Up_v . In_Up_v + M_Rccw) . \overline{M_Rcw}$$

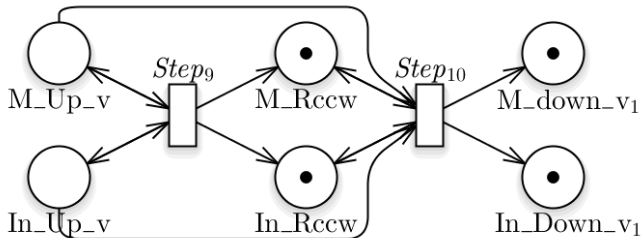
$$Rccw = M_Rccw$$



Gambar 3.48 Ladder Diagram Step 9

1) *Step 10*

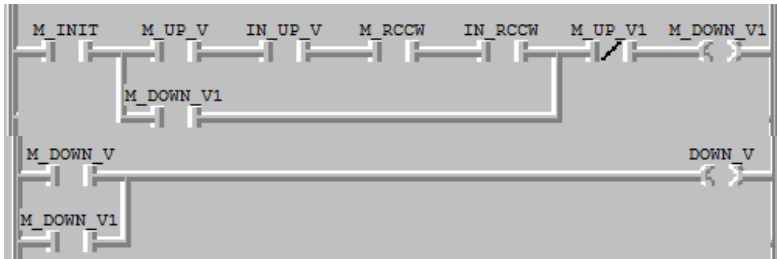
Step 10 pada Gambar 3.49 adalah proses yang terdapat pada *pick and place* yang dimana *vertical cylinder* bergerak kebawah (down). Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* (Up) dan *reed switch sensor cylinder rotary* (ccw) aktif. Saat M_UP_V , IN_UP_V , M_RCCW , dan IN_RCCW aktif maka akan mengaktifkan M_DOWN_V1 hingga IN_DOWN_V1 aktif .



$$M_Down_v1 = M_Init . (M_Up_v . In_Up_v . M_Rccw . In_Rccw +$$

$$M_Down_v1) . M_Up_v1$$

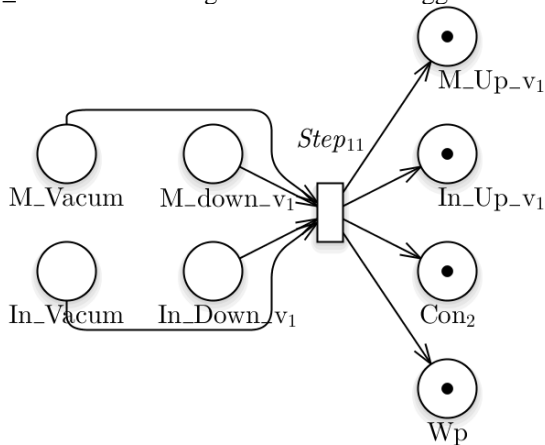
$$Down_v = M_Down_v + M_Down_v1$$



Gambar 3.49 Ladder Diagram Step 10

m) *Step 11*

Step 11 pada Gambar 3.50 adalah proses yang terdapat pada *pick and place* yang dimana *vertical cylinder* bergerak keatas (Up) dan konveyor 2 aktif. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* (Down) dan *reed switch sensor Vacum* aktif. Saat M_VACUM, IN_VACUM, M_DOWN_V1, dan IN_DOWN_V1 aktif maka akan mengaktifkan M_UP_V1 hingga IN_UP_V1 aktif dan Mengaktifkan CON2 hingga WP aktif.



$$M_Up_v1 = (M_Init . M_Vacum . In_Vacum . M_Down_v1 .$$

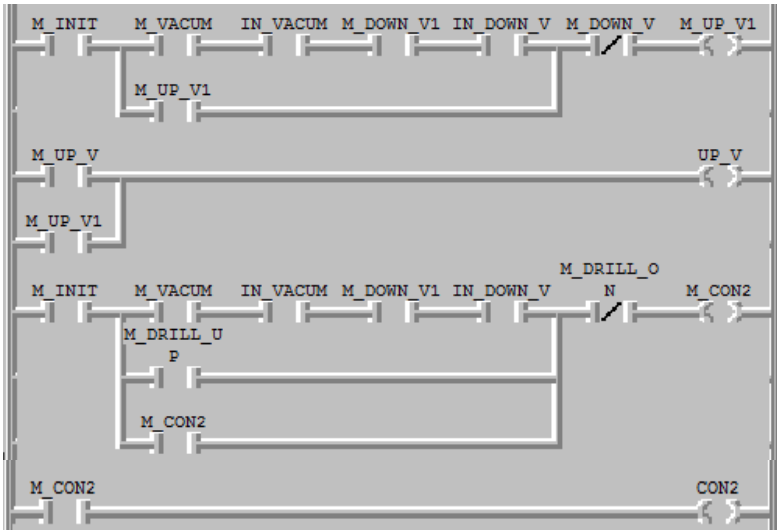
$$In_Down_v + M_Up_v1) . \overline{M_Down_v}$$

$$Up_v = M_Up_v + M_Up_v1$$

$$M_Con2 = (M_Init . M_Vacum . In_Vacum . M_Down_v . In_Down_v$$

$$+ M_Drill_Up + M_Con2) . \overline{M_Drill_On}$$

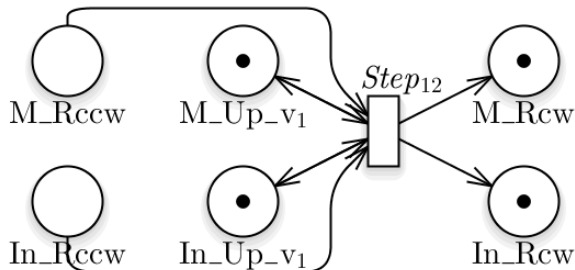
Con2 = M_Con2



Gambar 3.50 Ladder Diagram Step 11

n) Step 12

Step 12 pada Gambar 3.51 adalah proses yang terdapat pada *pick and place* yang dimana *rotary cylinder* bergerak cw. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* (Up) dan *reed switch sensor cylinder rotary* (ccw) aktif. Saat M_RCCW , IN_RCCW , M_UP_V1, dan IN_UP_V1 aktif maka akan mengaktifkan M_RCW hingga IN_RCW aktif .



$$M_Rcw = M_Init \cdot (M_Rccw \cdot In_Rccw \cdot M_Up_v1 \cdot In_Up_v + M_Rcw) \cdot \overline{M_Up_v}$$

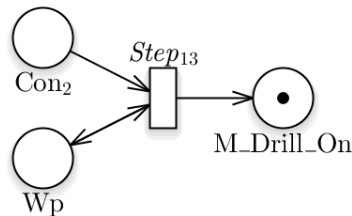
$$Rcw = M_Rcw$$



Gambar 3.51 Ladder Diagram Step 12

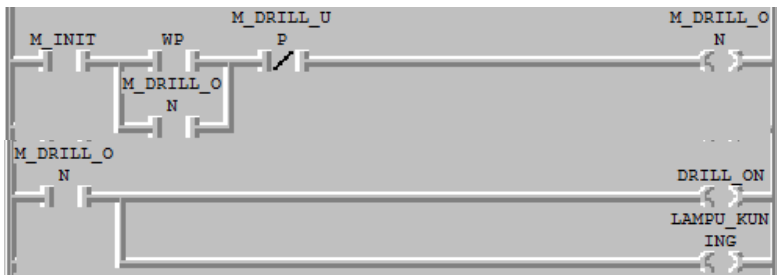
o) Step 13

Step 13 pada Gambar 3.52 adalah proses yang terdapat pada *stopper module* yang dimana *drilling machine* aktif dan lampu indikator warna kuning aktif. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *fiber optic sensor* (wp) aktif. Saat CON2 dan WP aktif maka akan mengaktifkan M_DRILL_ON.



$$M_Drill_On = M_Init \cdot (Wp + M_Drill_On) \cdot \overline{M_Drill_Up}$$

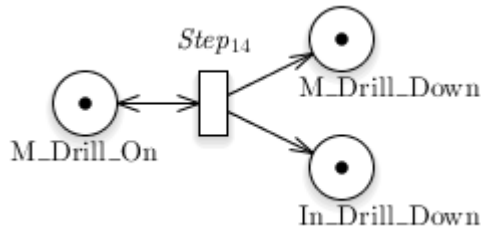
$$Drill_On + Lampu_Kuning = M_Drill_On$$



Gambar 3.52 Ladder Diagram Step 13

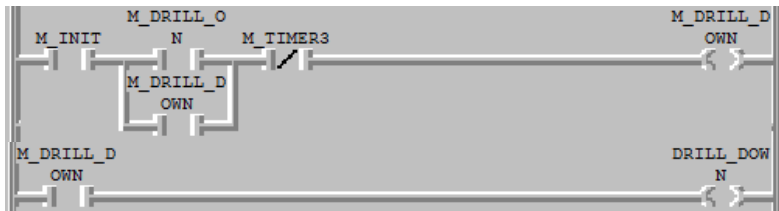
p) *Step 14*

Step 14 pada Gambar 3.53 adalah proses yang terdapat pada *stopper module* yang dimana *pneumatic cylinder drilling machine* (down) aktif. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *drilling machine* aktif. Saat M_DRILL_ON aktif maka akan mengaktifkan M_DRILL_DOWN hingga IN_DRILL_DOWN aktif.



$M_Drill_Down = M_Init . (M_Drill_On + M_Drill_Down) . \overline{M_Timer3}$

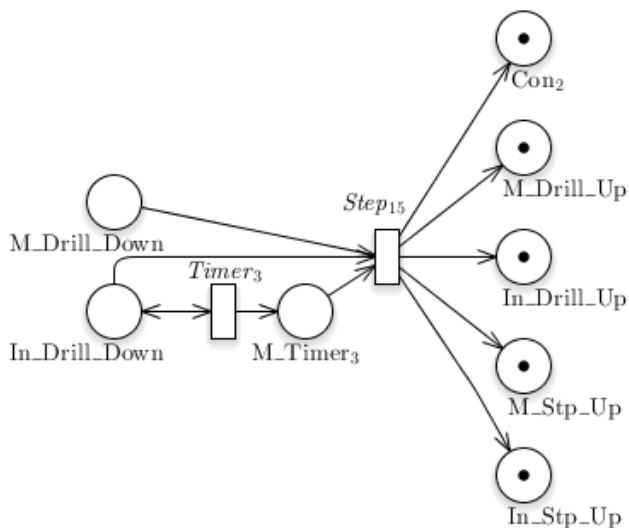
$Drill_Down = M_Drill_down$



Gambar 3.53 Ladder Diagram Step 14

q) *Step 15*

Step 15 pada Gambar 3.54 adalah proses yang terdapat pada *stopper module* yang dimana *pneumatic cylinder drilling machine* ke atas (Up), *pneumatic cylinder stopper* ke atas (Up) aktif dan konveyor 2 aktif. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor drilling machine* (down) dan timer 3 aktif. Saat M_DRILL_DOWN, IN_DRILL_DOWN, dan M_TIMER3 aktif maka akan mengaktifkan M_DRILL_UP hingga IN_DRILL_UP aktif, mengaktifkan M_STP_UP hingga IN_STP_UP aktif, dan juga mengaktifkan CON2.



$M_Timer3 = M_Init . In_Drill_Down . Timer3:1s$

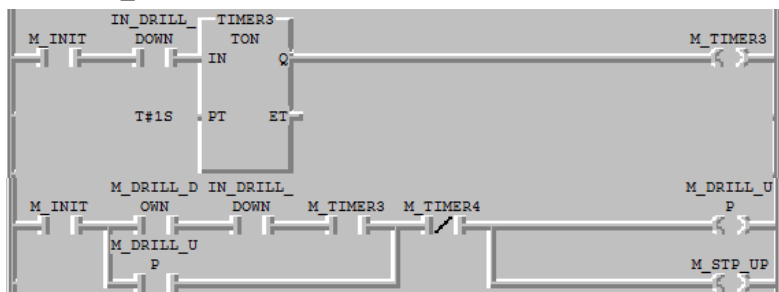
$M_Drill_Up + M_Stp_Up = M_Init . (M_Drill_Down . In_Drill_Down .$
 $M_Timer3 + M_Drill_Up) . \overline{M_Timer4}$

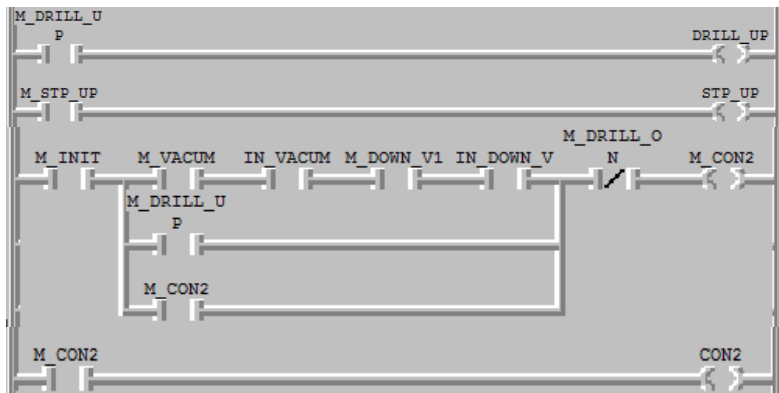
$Drill_Up = M_Drill_Up$

$Stp_Up = M_Stp_Up$

$M_Con2 = M_Init . (M_Vacum . In_Vacum . M_Down_v1 .$
 $In_Down_v + M_Drill_Up + M_Con2) . \overline{M_Drill_On}$

$Con2 = M_Con2$

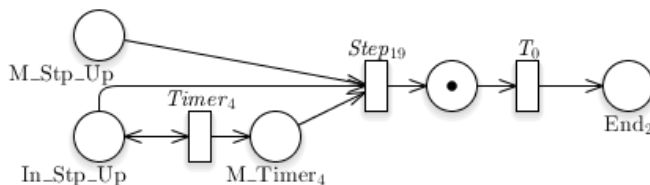




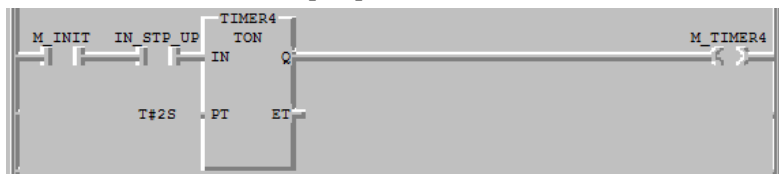
Gambar 3.54 Ladder Diagram Step 15

r) *Step 16*

Step 16 pada Gambar 3.55 adalah proses timer 4 counting dimana saat timer 4 aktif akan menjadi syarat untuk step selanjutnya. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor stopper* ke atas (Up) aktif. Saat IN_STP_UP aktif maka mengaktifkan M_TIMER4.



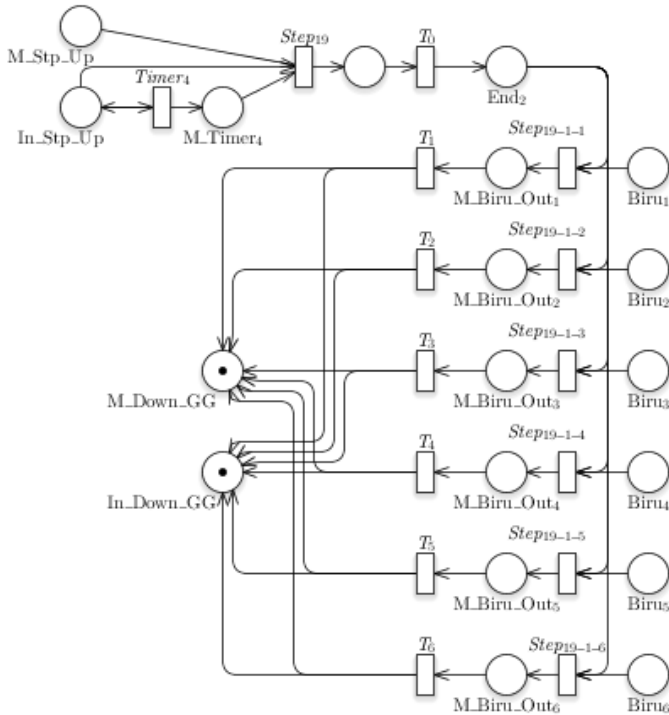
$$M_Timer4 = M_Init \cdot In_Stp_Up \cdot Timer4:2s$$



Gambar 3.55 Ladder Diagram Step 16

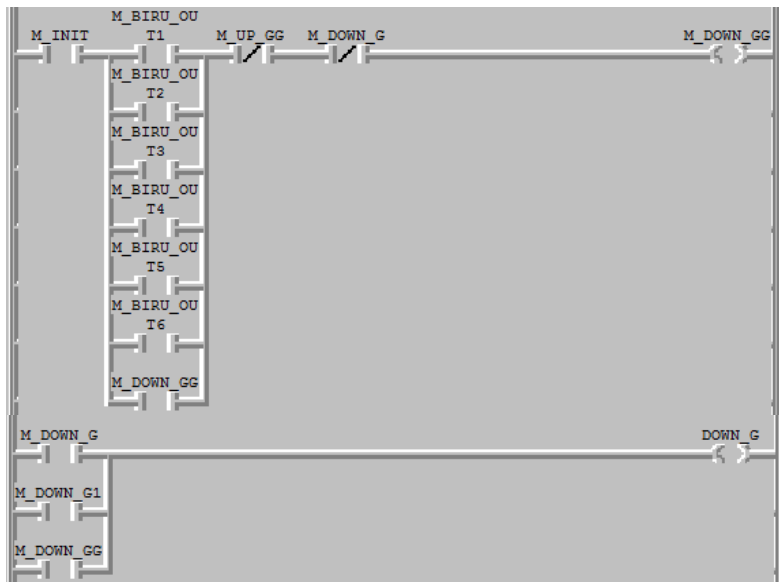
s) *Step 17.1*

Step 17.1 pada Gambar 3.56 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *vertical cylinder* ke bawah (down). Tahap ini dapat dikerjakan apabila *fiber optic sensor* (end2) aktif dan memori penyimpanan biru aktif. Saat END2 aktif dan memori dari biru out1-biru out6 aktif maka mengaktifkan M_DOWN_GG hingga IN_DOWN_GG aktif



$$M_Down_GG = M_Init . (M_Biru_Out1 + M_Biru_Out2 + \\ M_Biru_Out3 + M_Biru_Out4 + M_Biru_Out5 + \\ M_Biru_Out6 + M_Down_GG) . \overline{M_Up_GG} . \\ \overline{M_Down_G}$$

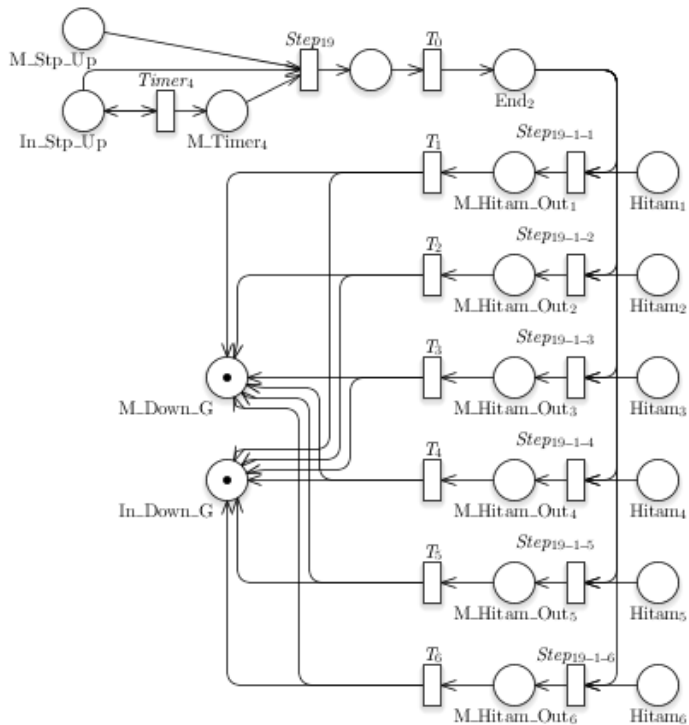
$$Down_G = M_Down_G + M_Down_G1 + M_Down_GG$$



Gambar 3.56 Ladder Diagram Step 17.1

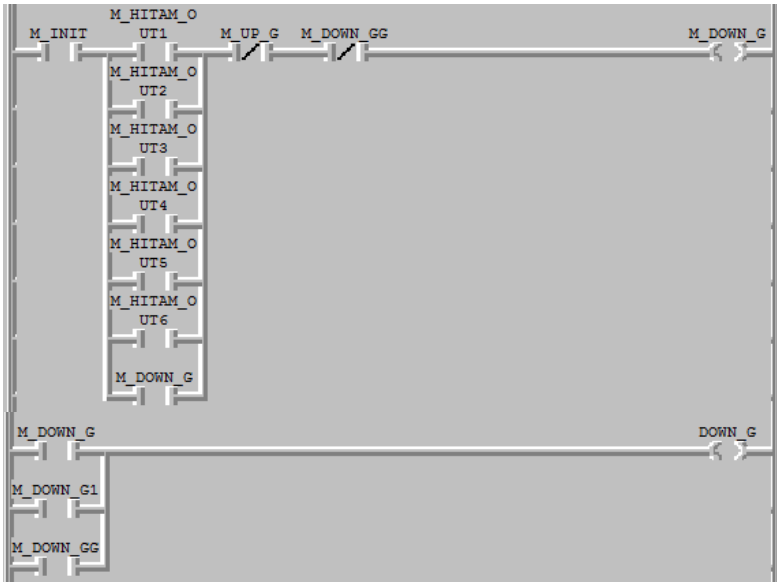
t) *Step 17.2*

Step 17.2 pada Gambar 3.57 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *vertical cylinder* ke bawah (down). Tahap ini dapat dikerjakan apabila *fiber optic sensor* (end2) aktif dan memori penyimpanan hitam aktif .



$$M_Down_G = M_Init \cdot (M_Hitam_Out1 + M_Hitam_Out2 + \\ M_Hitam_Out3 + M_Hitam_Out4 + M_Hitam_Out5 + \\ M_Hitam_Out6 + M_Down_G) \cdot \overline{M_Up_G} \cdot \\ \overline{M_Down_GG}$$

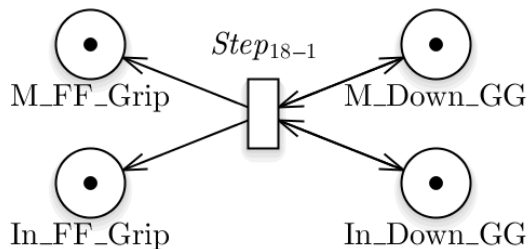
$$Down_G = M_Down_G + M_Down_G1 + M_Down_GG$$



Gambar 3.57 Ladder Diagram Step 17.2

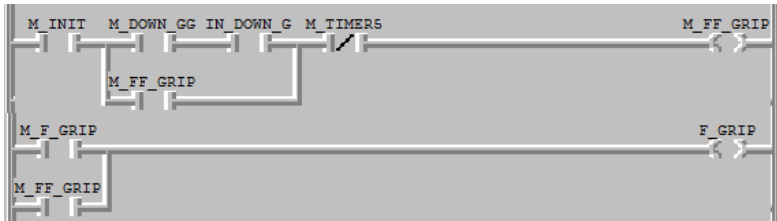
u) *Step 18.1*

Step 18.1 pada Gambar 3.58 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *finger cylinder* aktif menjepit benda kerja. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* ke bawah (down) aktif dan setelah Step 17.1. Saat M_FF_GRIP dan IN_FF_GRIP aktif maka akan mengaktifkan M_DOWN_GG hingga IN_DOWN_GG aktif.



$$M_FF_Grip = M_Init . (M_Down_GG . In_Down_G + M_FF_Grip) . \overline{M_Timer5}$$

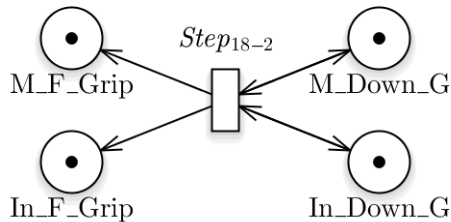
$$F_Grip = M_F_Grip + M_FF_Grip$$



Gambar 3.58 Ladder Diagram Step 18.1

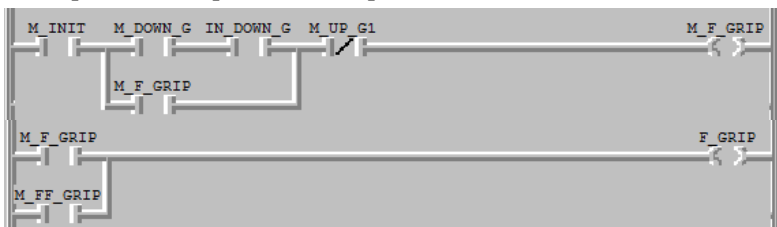
v) Step 18.2

Step 18.2 pada Gambar 3.59 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *finger cylinder* aktif menjepit benda kerja. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* ke bawah (down) aktif dan setelah Step 17.2. saat M_DOWN_G dan IN_DOWN_G aktif maka akan mengaktifkan M_F_GRIP hingga IN_F_Grip aktif,



$$M_F_Grip = M_Init (M_Down_G \cdot In_Down_G + M_F_Grip) \cdot \overline{M_Up_G1}$$

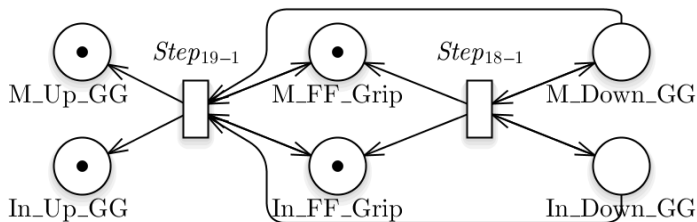
$$F_Grip = M_F_Grip + M_FF_Grip$$



Gambar 3.59 Ladder Diagram Step 18.2

w) *Step 19.1*

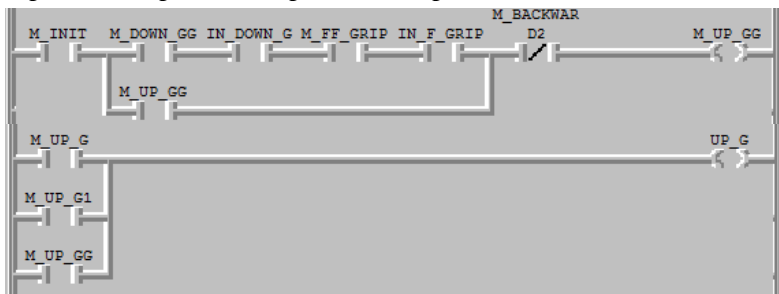
Step 19.1 pada Gambar 3.60 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *vertical cylinder* ke atas (Up). Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* bawah (down) aktif, *reed switch sensor cylinder finger* aktif dan selah step 18.1. Saat M_UP_GG, IN_UP_GG, M_FF_GRIP, dan IN_FF_GRIP aktif maka akan mengaktifkan M_DOWN_GG hingga IN_DOWN_GG aktif.



$$M_Up_GG = M_Init . (M_Down_GG . In_Down_G . M_FF_Grip .$$

$$In_F_Grip + M_Up_GG) . M_Backward2$$

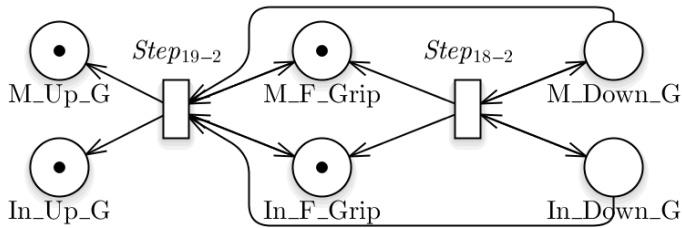
$$Up_G = M_Up_G + M_Up_G1 + M_Up_GG$$



Gambar 3.60 Ladder Diagram Step 19.1

x) *Step 19.2*

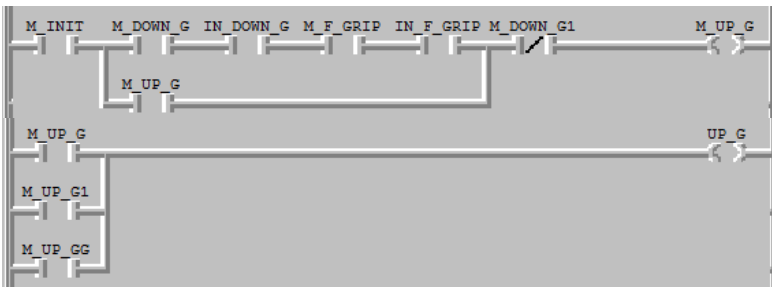
Step 19.2 pada Gambar 3.61 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *vertical cylinder* ke atas (Up). Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* bawah (down) aktif, *reed switch sensor cylinder finger* aktif dan selah step 18.2. Saat M_DOWN_G, IN_DOWN_G, M_F_GRIP, dan IN_F_GRIP aktif maka akan mengaktifkan M_UP_G hingga IN_UP_G aktif.



$M_Up_G = M_Init . (M_Down_G . \overline{In_Down_G} . M_F_Grip .$

$\overline{In_F_Grip} + M_Up_G) . \overline{M_Down_G1}$

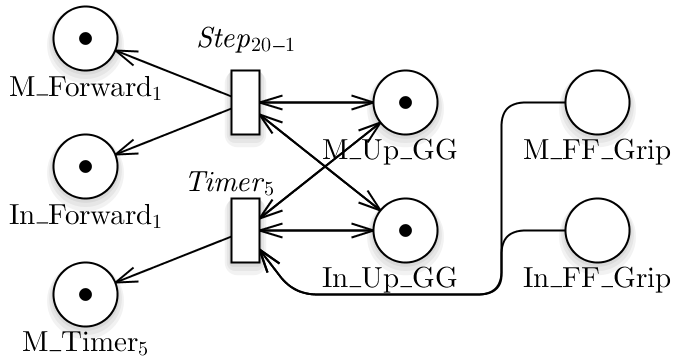
$Up_G = M_Up_G + M_Up_G1 + M_Up_GG$



Gambar 3.61 Ladder Diagram Step 19.2

y) *Step 20.1*

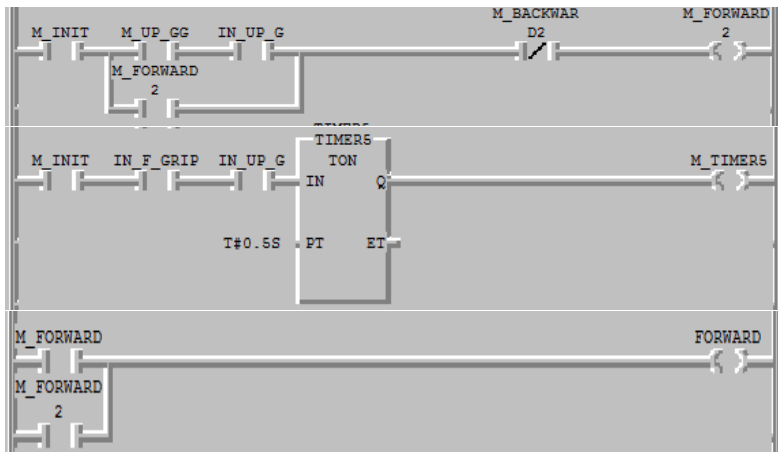
Step 20.1 pada Gambar 3.62 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *rodless cylinder* ke arah forward. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* ke atas (Up) aktif dan setelah step 19.1. Saat M_FF_GRIP, IN_FF_GRIP, M_UP_GG, dan IN_UP_GG aktif maka akan mengaktifkan M_FORWARD1 hingga IN_FORWARD1 aktif. Selanjutnya saat M_UP_GG dan IN_UP_GG aktif maka akan mengaktifkan M_TIMER5.



$$M_Forward2 = M_Init (M_Up_GG \cdot In_Up_G + M_Forward2) \cdot M_Backward2$$

$$M_Timer5 = M_Init \cdot In_F_Grip \cdot In_Up_G \cdot Timer5:0.5s$$

$$Forward = M_Forward + M_Forward2$$

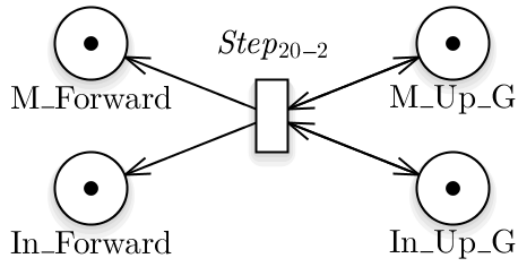


Gambar 3.62 Ladder Diagram Step 20.1

z) Step 20.2

Step 20.2 pada Gambar 3.63 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *rodless cylinder* ke arah forward. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* ke atas (Up) aktif dan setelah step 19.2. Saat M_UP_G dan

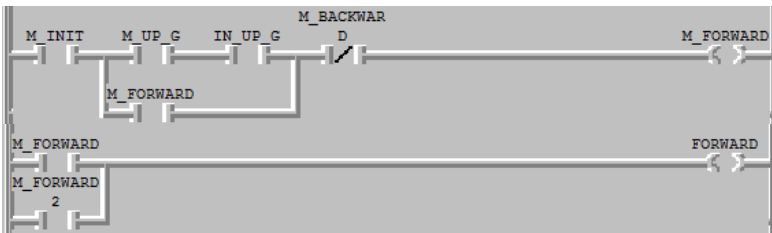
IN_UP_G aktif maka akan mengaktifkan M_FORWARD hingga IN_FORWARD aktif.



$$M_Forward = M_Init . (M_Up_G . In_Up_G + M_Forward) .$$

$$\overline{M_Backward}$$

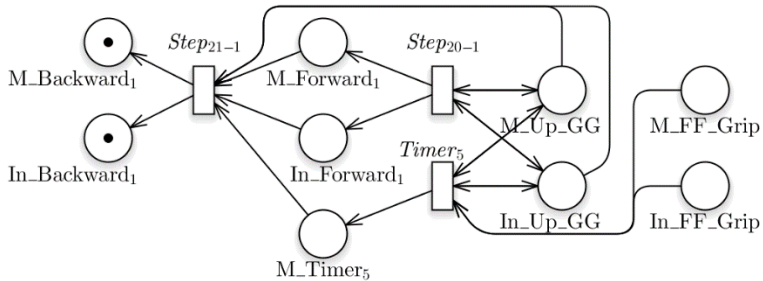
$$Forward = M_Forward + M_Forward2$$



Gambar 3.63 Ladder Diagram Step 20.2

aa) *Step 21.1*

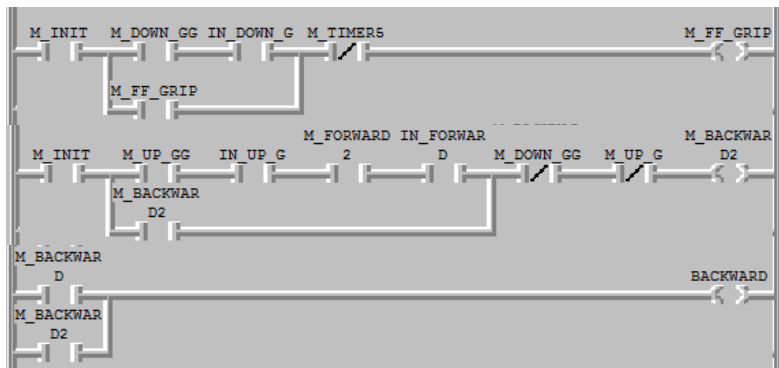
Step 21.1 pada Gambar 3.64 terdapat 2 proses yang terdapat pada *line movement module* yaitu *finger cylinder* tidak aktif, Tahap ini dapat dikerjakan apabila timer 5 aktif dan *rodless cylinder* ke arah backward, Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* ke atas (Up) aktif, *reed switch sensor cylinder horizontal forward* aktif dan setelah step 20.1. M_UP_GG, IN_UP_GG, M_FORWARD1, dan IN_FORWARD1 aktif maka akan mengaktifkan M_BACKWARD1 hingga IN_BACKWARD1 aktif.



$$M_FF_Grip = M_Init . (M_Down_GG . In_Down_G + M_FF_Grip) . \overline{M_Timer5}$$

$$M_Backward2 = M_Init . (M_Up_GG . In_Up_G . M_Forward2 . \overline{In_Forward} + M_Backward2) . \overline{M_Down_GG}$$

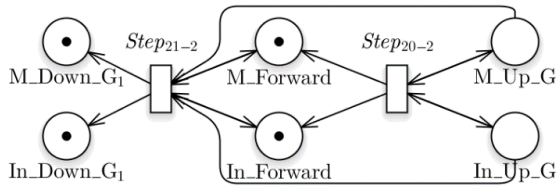
$$Backward = M_Backward + M_Backward2$$



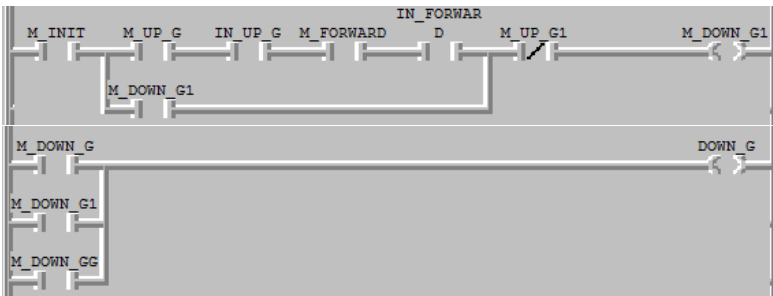
Gambar 3.64 Ladder Diagram Step 21.1

bb) Step 21.2

Step 21.2 pada Gambar 3.65 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *vertical cylinder* ke bawah (down). Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* ke atas (Up) aktif, *reed switch sensor cylinder horizontal forward* aktif, dan setelah step 20.2. Saat M_UP_G, IN_UP_G, M_FORWARD, dan IN_FORWARD aktif maka akan mengaktifkan M_DOWN_G1 hingga IN_DOWN_G1 aktif



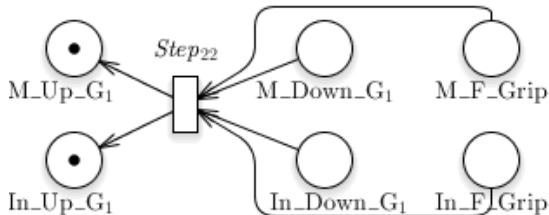
$M_Down_G1 = M_Init . (M_Up_G . In_Up_G . M_Forward .$
 $In_Forward + M_Down_G1) . \overline{M_Up_G1}$
 $Down_G = M_Down_G + M_Down_G1 + M_Down_GG$



Gambar 3.65 Ladder Diagram Step 21.2

cc) Step 22

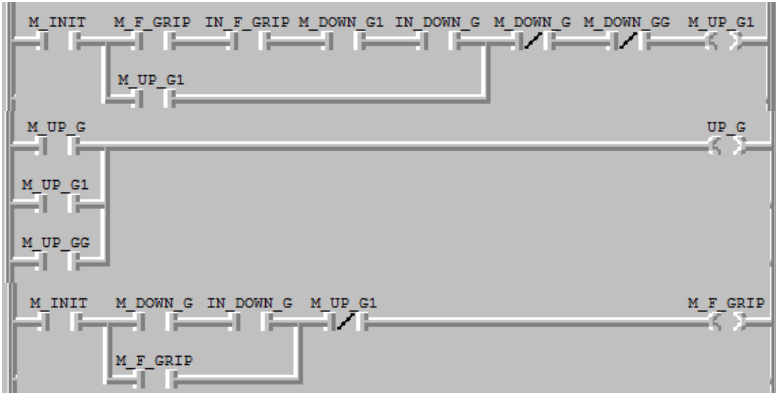
Step 22 pada Gambar 3.66 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *vertical cylinder* ke atas (Up) dan *finger cylinder* tidak aktif. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* ke bawah (down) aktif, *reed switch sensor cylinder finger* aktif, dan setelah step 24.2. Saat M_F_GRIP, IN_F_GRIP, M_DOWN_G1, dan IN_DOWN_G1 aktif maka akan mengaktifkan M_UP_G1 hingga IN_UP_G1 aktif.



$$M_Up_G1 = M_Init \cdot (M_F_Grip \cdot In_F_Grip \cdot M_Down_G1 \cdot \\ In_Down_G + M_Up_G1) \cdot \overline{M_Down_G} \cdot \overline{M_Down_GG}$$

$$Up_G = M_Up_G + M_Up_G1 + M_Up_GG$$

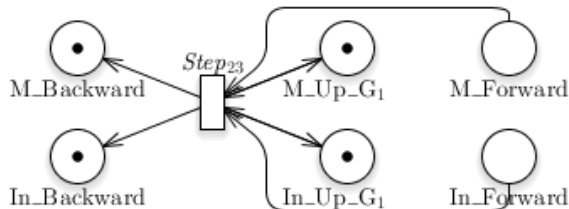
$$M_F_Grip = M_Init \cdot (M_Down_G \cdot In_Down_G + M_F_Grip) \cdot \\ \overline{M_Up_G1}$$



Gambar 3.66 Ladder Diagram Step 22

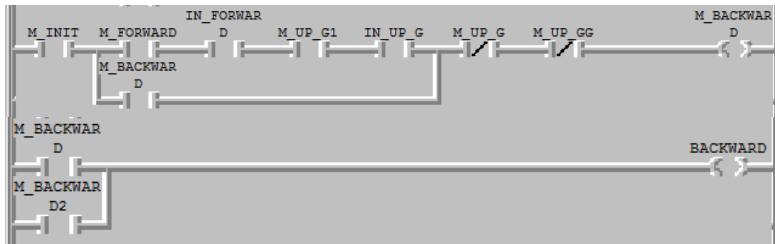
dd) Step 23

Step 23 pada Gambar 3.67 adalah proses yang terdapat pada *line movement module* yang dimana *rodless cylinder* ke arah backward. Tahap ini dapat dikerjakan apabila *reed switch sensor cylinder vertical* ke atas (down) aktif, *reed switch sensor cylinder horizontal forward* aktif, dan setelah step 22. Saat M_FORWARD, IN_FORWARD, M_UP_G1, dan IN_UP_G1 aktif maka akan mengaktifkan M_BACKWARD hingga IN_BACKWARD aktif.



$$M_Backward = M_Init . (M_Forward . In_Forward . M_Up_G1 .$$

$$In_Up_G + M_Backward) . \overline{M_Up_G} . \overline{M_Up_GG}$$

$$Backward = M_Backward + M_Backward2$$


Gambar 3.67 *Ladder Diagram Step 23*

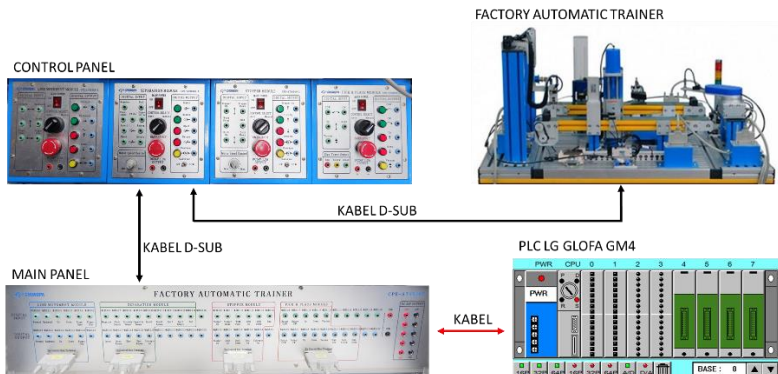
BAB 4

IMPLEMENTASI DAN ANALISA

Pada bab ini menjelaskan mengenai implementasi dan analisa dari *ladder diagram* yang telah dibuat sebelumnya pada bab 3. *Ladder diagram* yang telah dibuat selanjutnya akan dijalankan pada *factory automatic trainer* dengan cara di-transfer pada PLC LG Glofa GM4 dengan bantuan *software* GMWIN. Sebelum dijalankan, terlebih dahulu program *ladder diagram* harus disimulasikan untuk mengantisipasi terjadinya kesalahan (*error*) yang dapat menyebabkan kerusakan pada alat.

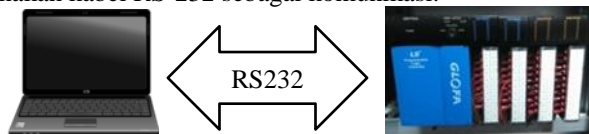
4.1 Konfigurasi Sistem

Sistem konfigurasi pada *factory automatic trainer* pada dasarnya telah saling terhubung, yang dimana dari PLC di hubungkan ke *main panel*, sedangkan dari *main panel* dihubungkan ke *control panel*, selanjutnya dari *control panel* dihubungkan ke *factory automatic trainer*. Keseluruhan sistem tersebut dihubungkan oleh kabel *D-Sub Connector* 25 pin seperti pada gambar 4.1. Untuk keadaan otomatis, sistem pada *factory automatic trainer* juga telah terhubung dengan modul *input* dan *output* pada PLC LG Glofa GM4. Sebelum memulai pengendalian secara otomatis, *switch* pada setiap *control panel* harus diatur pada keadaan 'Auto'.



Gambar 4.1 Konfigurasi Sistem *Factory Automatic Trainer*

Pada proses *transfer* program *ladder diagram* ke PLC, diperlukan suatu konfigurasi yang digunakan sebagai perantara untuk komunikasi data antara PLC ke *computer* (PC). Komunikasi data dari PC dengan menggunakan *software* GMWIN ke PLC dilakukan dengan menggunakan kabel RS-232 sebagai komunikasi.



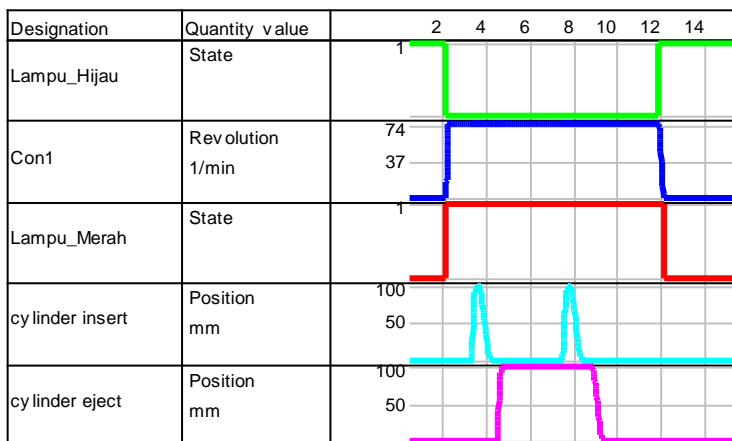
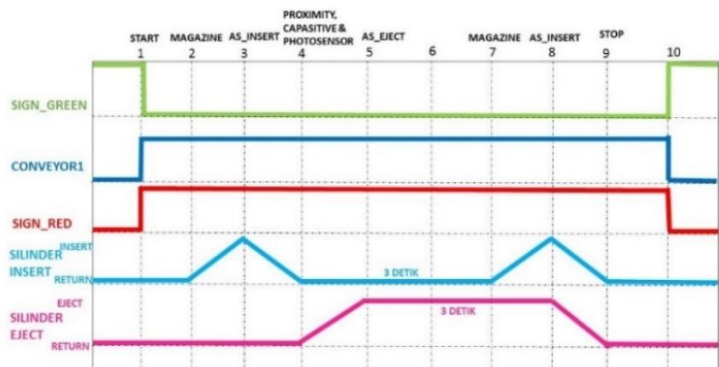
Gambar 4.2 Konfigurasi PC ke PLC

4.2 Validasi

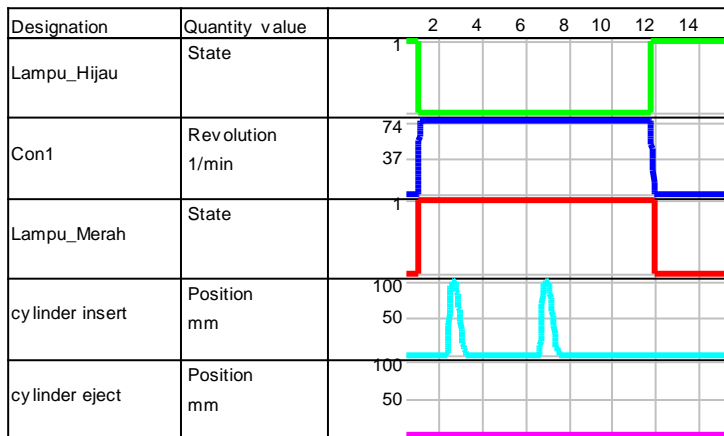
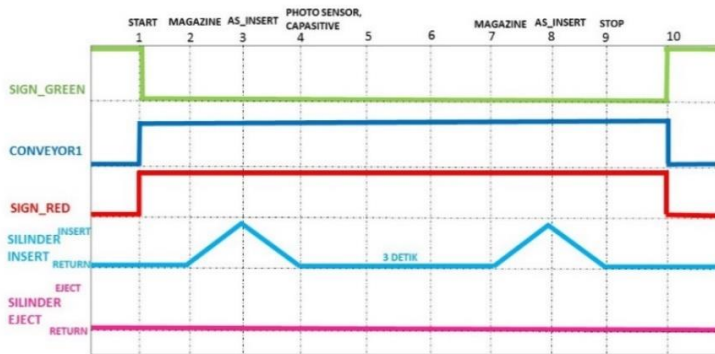
Tujuan dari kegiatan validasi adalah membuktikan bahwa diagram *ladder* yang dirancang sesuai dengan spesifikasi atau deskripsi sistem. Dalam membutikannya dilakukan dengan menggunakan bantuan dari *software* simulasi (*fluidsim*) dimana diagram *ladder* dibuat kembali dan dihubungkan dengan aktuator pada *fluidsim* yang berupa indikator lampu, *buzzer*, *solenoid* serta motor. Hasil simulasi dapat ditampilkan berupa diagram waktu atau *timing chart*.

4.2.1 Validasi Pada *Separation Module*

Proses validasi pada *separation module* dilakukan dengan membuat diagram *ladder* hasil rancangan yang dibuat dengan menggunakan metode *petri net* ke dalam *software* simulasi bernama *fluidsim*. Pada *software fluidsim* dibuat rangkaian elektrik terdiri dari kontak PLC yang menggunakan perangkat *push button* serta *switch* sedangkan untuk *coil* PLC menggunakan aktuator yang tersedia pada *software* yaitu indikator *led*, *solenoid* dan motor DC. Rangkaian elektrik dari *software fluidsim* untuk *separation module* dapat dilihat pada Gambar berikut ini.



Gambar 4.3 Grafik Validasi *Separation Module* Benda Silver



Gambar 4.4 Grafik Validasi *Separation Module* Benda Biru

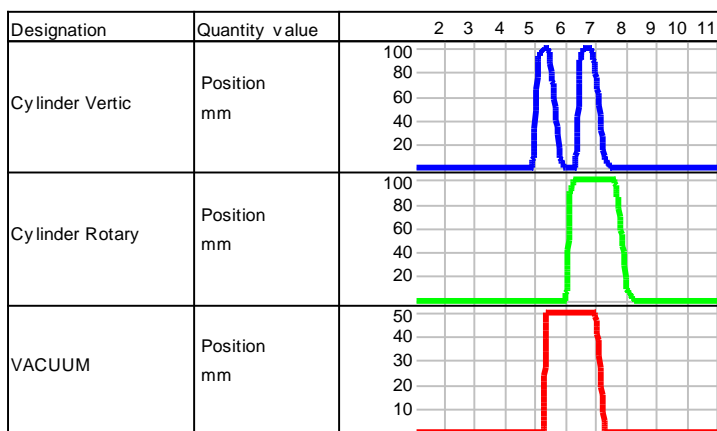
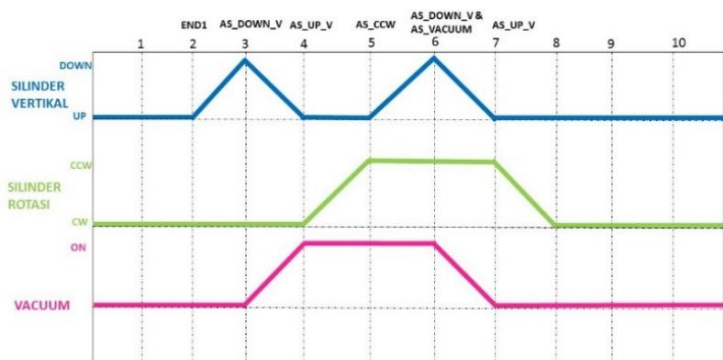
Dari Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 dapat dibuat tabel yang menunjukkan kesesuai hasil implementasi *ladder diagram* dengan perumusan langkah sistem. Berikut tabel hasil validasi:

Tabel 4.1 Hasil Validasi *Separation Module*

Step	Aksi	Sesuai
Init & 1	Conveyor 1 dan Lampu Indikator aktif (nyala)	√
2	Pneumatic Cylinder Insert (mendorong)	√
3	Pneumatic Cylinder Insert Return	√
4.1	<ul style="list-style-type: none">• Pneumatic Cylinder Eject (mendorong)• Timer 1 Counting	√
4.2	Timer 1 counting	√
4.3	Timer 1 counting	√
5	Pneumatic Cylinder Eject Return	√

4.2.2 Validasi Pada *Pick and Place Module*

Proses validasi pada *pick and place module* dilakukan dengan membuat diagram *ladder* hasil rancangan yang dibuat dengan menggunakan metode *petri net* ke dalam *software* simulasi bernama *fluidsim*. Pada *software fluidsim* dibuat rangkaian elektrik terdiri dari kontak PLC yang menggunakan perangkat *push button* serta *switch* sedangkan untuk *coil* PLC menggunakan aktuator yang tersedia pada *software* yaitu indikator *led*, *solenoid* dan motor DC. Rangkaian elektrik dari *software fluidsim* untuk *pick and place* dapat dilihat pada Gambar berikut ini.



Gambar 4.5 Grafik Validasi *Pick and Place*

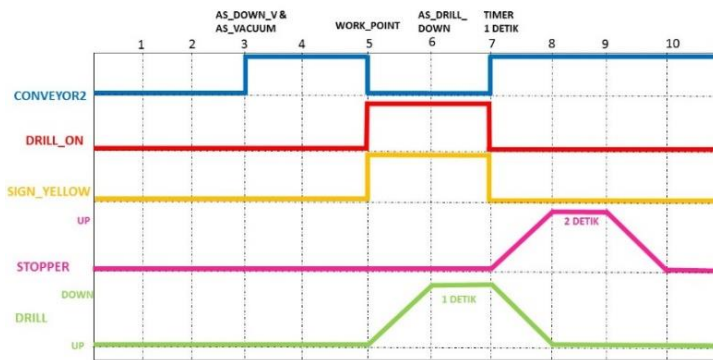
Dari Gambar 4.5 dapat dibuat tabel yang menunjukkan kesesuaian hasil implementasi *ladder diagram* dengan perumusan langkah sistem. Berikut tabel hasil validasi:

Tabel 4.2 Hasil Validasi *Pick and Place Module*

Step	Aksi	Sesuai
6	Vertical Cylinder Down bergerak kebawah menuju benda kerja (Pick and Place)	√
7	Vacum Aktif menyerap benda	√
8	Vertical Cylinder Up bergerak keatas (Pick and Place)	√
9	Rotary Cylinder bergerak berlawanan arah jarum jam (CCW)	√
10	Vertical Cylinder Down bergerak kebawah (Pick and Place)	√
11	<ul style="list-style-type: none"> • Vertical Cylinder Up bergerak keatas (Pick and Place) • Vacum Nonaktif • Conveyor 2 aktif 	√
12	Rotary Cylinder bergerak searah jarum jam (CW)	√

4.2.3 Validasi Pada *Stopper Module*

Proses validasi pada *stopper module* dilakukan dengan membuat diagram *ladder* hasil rancangan yang dibuat dengan menggunakan metode *petri net* ke dalam *software* simulasi bernama *fluidsim*. Pada *software fluidsim* dibuat rangkaian elektrik terdiri dari kontak PLC yang menggunakan perangkat *push button* serta *switch* sedangkan untuk *coil* PLC menggunakan aktuator yang tersedia pada *software* yaitu indikator *led*, *solenoid* dan motor DC. Rangkaian elektrik dari *software fluidsim* untuk *stopper module* dapat dilihat pada Gambar berikut ini.



Designation	Quantity value	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Con2	Revolution 1/min	74	37	74	37	74	37	74	37	74	37
Drill on	Revolution 1/min	74	37	74	37	74	37	74	37	74	37
Lampu Kuning	State	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Stopper	Position mm	50	25	50	25	50	25	50	25	50	25
Cylinder Drill	Position mm	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50

Gambar 4.6 Grafik Validasi *Stopper Module*

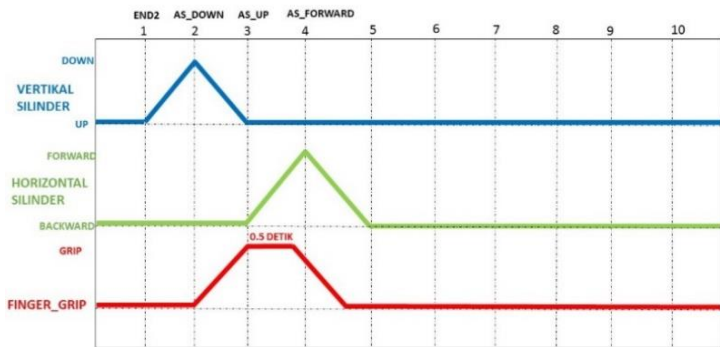
Dari Gambar 4.6 dapat dibuat tabel yang menunjukkan kesesuaian hasil implementasi *ladder diagram* dengan perumusan langkah sistem. Berikut tabel hasil validasi:

Tabel 4.3 Hasil Validasi *Stopper Module*

Step	Aksi	Sesuai
11	<ul style="list-style-type: none">• Vertical Cylinder Up bergerak keatas (Pick and Place)• Vacum Nonaktif• Conveyor 2 aktif	√
13	<ul style="list-style-type: none">• Motor Drilling aktif untuk proses Drilling pada benda kerja• Conveyor 2 Nonaktif	√
14	Motor Drilling Down menuju benda kerja	√
15	<ul style="list-style-type: none">• Motor Drilling Up• Stopper Up• Conveyor 2 aktif	√
16	Timer 4 Counting	√

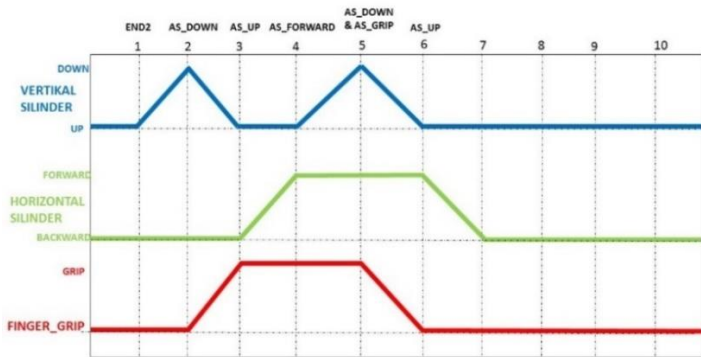
4.2.4 Validasi Pada *Line Movement Module*

Proses validasi pada *line movement module* dilakukan dengan membuat diagram *ladder* hasil rancangan yang dibuat dengan menggunakan metode *petri net* ke dalam *software* simulasi bernama *fluidsim*. Pada *software fluidsim* dibuat rangkaian elektrik terdiri dari kontak PLC yang menggunakan perangkat *push button* serta *switch* sedangkan untuk *coil* PLC menggunakan aktuator yang tersedia pada *software* yaitu indikator *led*, *solenoid* dan motor DC. Rangkaian elektrik dari *software fluidsim* untuk *line movement module* dapat dilihat pada Gambar berikut ini.



Designation	Quantity value	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vertical_Grip	Position mm	100	80	60	40	20					
Horizontal_Grip	Position mm	100	80	60	40	20					
Cylinder_Grip	Position mm	50	40	30	20	10					

Gambar 4.7 Grafik Validasi *Line Movement* Benda Biru



Designation	Quantity value	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vertical_Grip	Position mm	100	80	60	40	20	100	80	60	40	20
Horizontal_Grip	Position mm	100	80	60	40	20	100	80	60	40	20
Cylinder_Grip	Position mm	50	40	30	20	10	50	40	30	20	10

Gambar 4.8 Grafik Validasi *Line Movement* Benda Hitam

Dari Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 dapat dibuat tabel yang menunjukkan kesesuai hasil implementasi *ladder diagram* dengan perumusan langkah sistem. Berikut tabel hasil validasi:

Tabel 4.4 Hasil Validasi *Line Movement Module*

Step	Aksi	Sesuai
17.1	Vertical Cylinder Down Bergerak kebawah menuju benda kerja berwarna biru (Line Movement)	√
17.2	Vertical Cylinder Down Bergerak kebawah menuju benda kerja berwarna hitam (Line Movement)	√
18.1	Finger Cylinder aktif mengambil benda kerja berwarna biru	√
18.2	Finger Cylinder aktif mengambil benda kerja berwarna Hitam	√
19.1	Vertical Cylinder Up Bergerak keatas membawa benda biru (Line Movement)	√
19.2	Vertical Cylinder Up Bergerak keatas membawa benda hitam (Line Movement)	√
20.1	<ul style="list-style-type: none"> Horizontal Cylinder Forward Bergerak menuju conveyor 1 membawa benda biru (Line Movement) Timer 5 Counting 	√
20.2	Horizontal Cylinder Forward Bergerak menuju conveyor 1 membawa benda hitam (Line Movement)	√
21.1	Finger Cylinder Nonaktif	√
	Horizontal Cylinder Backward Bergerak menuju conveyor 2 setelah menjatuhkan benda kerja hitam (Line Movement)	
21.2	Vertical Cylinder Down Bergerak meletakan benda kerja berwarna hitam (Line Movement)	√
22	<ul style="list-style-type: none"> Vertical Cylinder Up Bergerak Setelah melepaskan benda kerja berwarna hitam (Line Movement) Finger Cylinder Nonaktif 	√

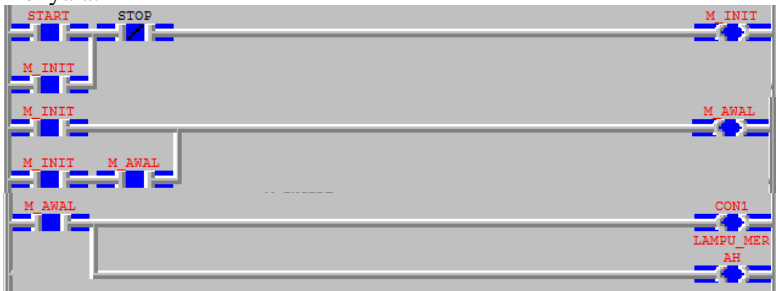
Step	Aksi	Sesuai
23	Horizontal Cylinder Backward Bergerak menuju conveyor 2	√

4.3 Pengujian Sistem

Setelah dilakukan pembuatan *ladder diagram* dengan berdasarkan metode *petri net*, maka selanjutnya dilakukan pengujian sistem pada *factory automatic trainer*. Pengujian dilakukan dengan cara *transfer* program dari PC ke PLC. Apabila tidak terjadi peringatan ‘*error*’, maka proses *transfer* berhasil dilakukan dan sistem *factory automatic trainer* akan dijalankan sesuai dengan fungsinya secara normal. Berikut ini adalah pengujian proses dari awal hingga akhir dari sistem *factory automatic trainer* beserta gambar:

a) Step init dan Step 1

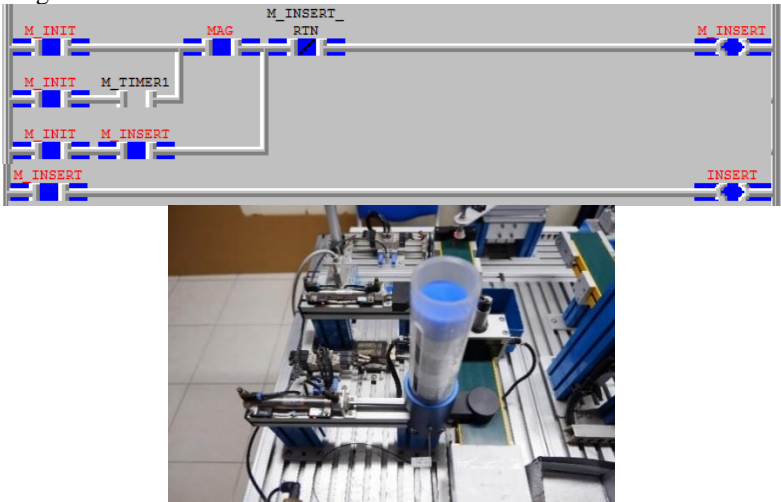
Tombol start ditekan maka konveyor1 dan lampu indikator merah menyala.



Gambar 4.9 Implementasi Step 1

b) *Step 2*

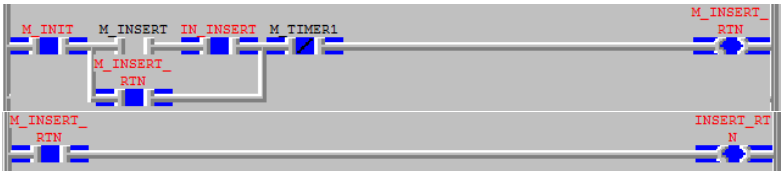
Benda kerja diletakkan pada *magazine supply* sehingga terdeteksi oleh sensor *magazine* kemudian maka *insert pneumatic cylinder* akan bergerak untuk memasukkan benda.

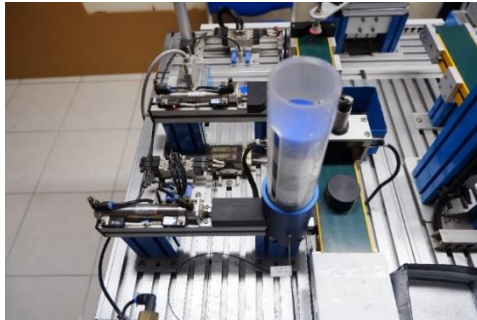


Gambar 4.10 Implementasi *Step 2*

c) *Step 3*

Reed switch sensor mendeteksi posisi *pneumatic cylinder* sedang bergerak *insert* maka mengaktifkan *pneumatic cylinder* untuk bergerak *return*.

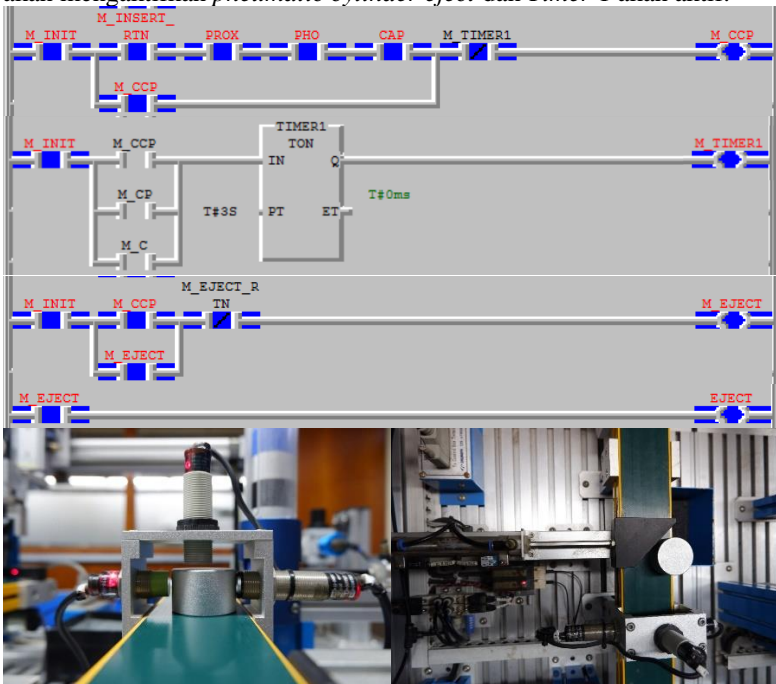




Gambar 4.11 Implementasi Step 3

d) Step 4.1

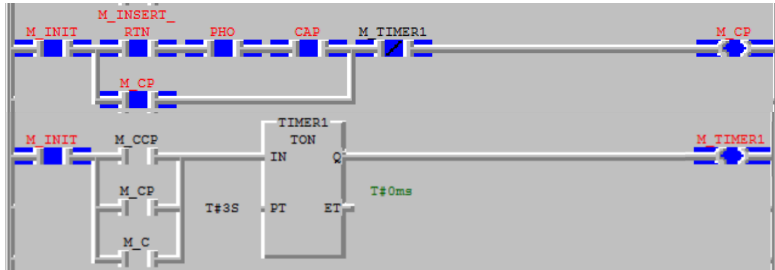
Proximity sensor, Photo Sensor, dan capacitive sensor aktif maka akan mengaktifkan pneumatic cylinder eject dan Timer 1 akan aktif.



Gambar 4.12 Implementasi Step 4.1

e) *Step 4.2*

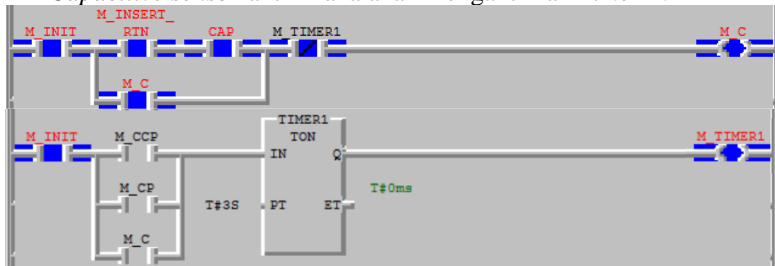
Photo Sensor, dan capacitive sensor aktif maka akan mengaktifkan Timer 1.



Gambar 4.13 Implementasi *Step 4.2*

f) *Step 4.3*

Capacitive sensor aktif maka akan mengaktifkan Timer 1.

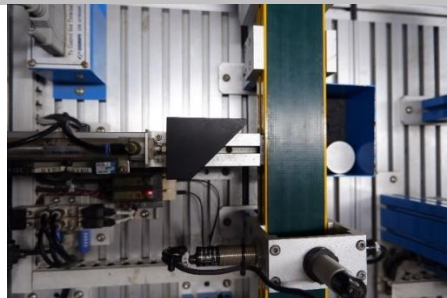
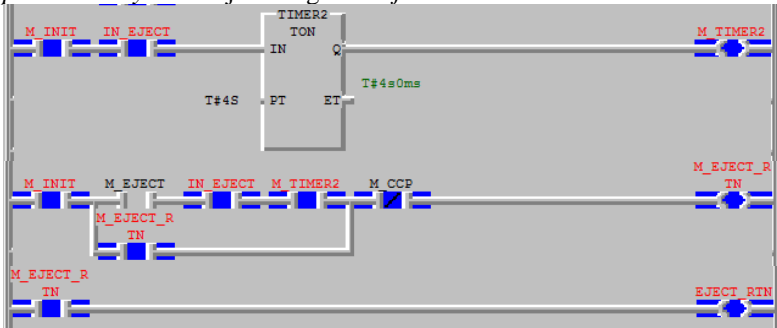




Gambar 4.14 Implementasi Step 4.3

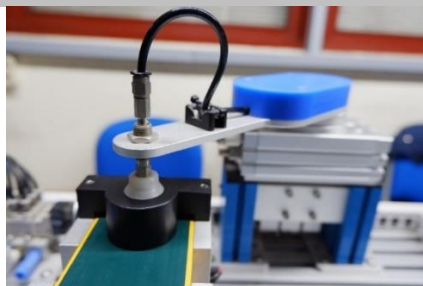
g) *Step 5*

Saat timer 2 dan reed switch sensor aktif maka akan mengaktifkan *pneumatic cylinder eject* bergerak *reject*.



Gambar 4.15 Implementasi Step 5

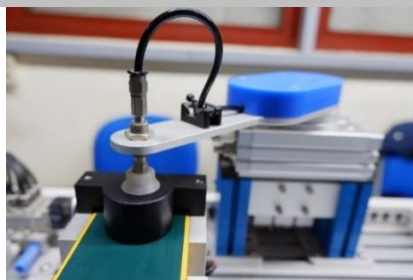
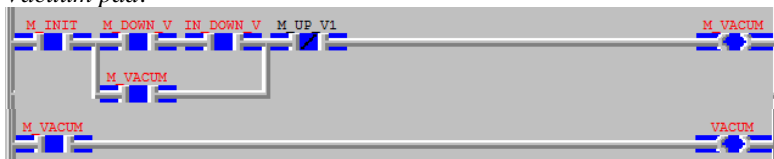
Saat *fiber optic sensor* (end1) aktif maka akan mengaktifkan *vertical cylinder* yang bergerak kebawah.



Gambar 4.16 Implementasi *Step 6*

i) *Step 7*

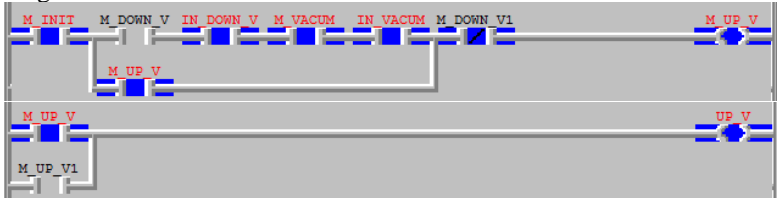
Saat *reed switch sensor* (In_down_v) aktif maka akan mengaktifkan *Vacuum pad*.



Gambar 4.17 Implementasi *Step 7*

j) *Step 8*

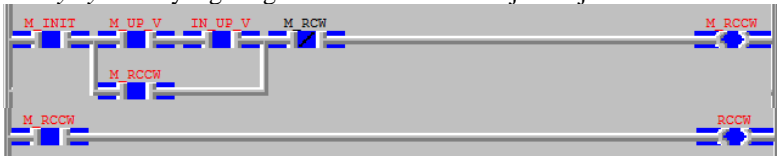
Saat *reed switch sensor* (In_down_v) dan *reed switch sensor* (In_vacum) aktif maka akan mengaktifkan *vertical cylinder* yang bergerak keatas.



Gambar 4.18 Implementasi *Step 8*

k) *Step 9*

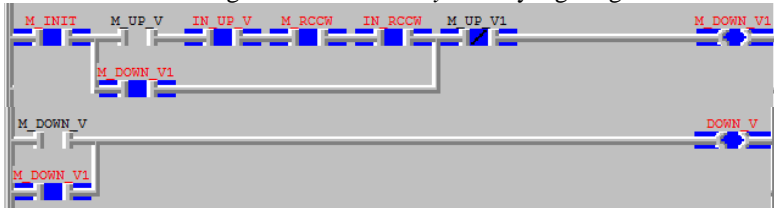
Saat *reed switch sensor* (In_Up_v) aktif maka akan mengaktifkan *rotary cylinder* yang bergerak berlawanan arah jarum jam.



Gambar 4.19 Implementasi *Step 9*

l) *Step 10*

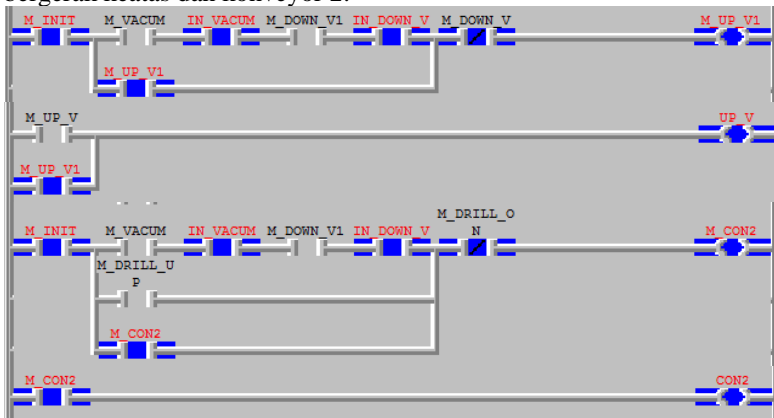
Saat *reed switch sensor* (In_Up_v) dan *reed switch sensor* (In_rccw) aktif maka akan mengaktifkan *vertical cylinder* yang bergerak kebawah.

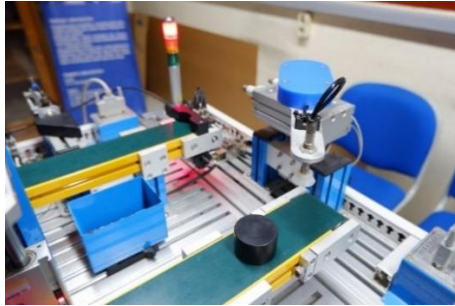


Gambar 4.20 Implementasi *Step 10*

m) *Step 11*

Saat *reed switch sensor* (In_vacum) dan *reed switch sensor* (In_down_v) aktif maka akan mengaktifkan *vertical cylinder* yang bergerak keatas dan konveyor 2.

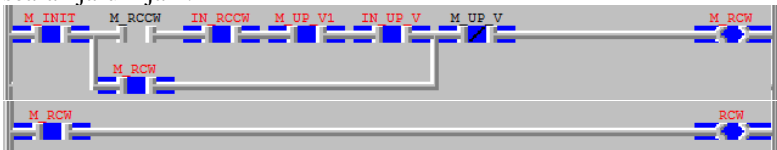




Gambar 4.21 Implementasi Step 11

n) Step 12

Saat *reed switch sensor* (In_rccw) dan *reed switch sensor* (In_Up_v) aktif maka akan mengaktifkan *rotary cylinder* yang bergerak ke arah searah jarum jam.

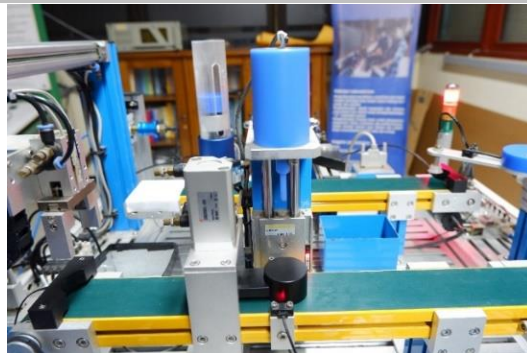


Gambar 4.22 Implementasi Step 12

o) Step 13

Saat *fiber optic sensor* (wp) aktif maka akan mengaktifkan mesin drilling.





Gambar 4.23 Implementasi *Step 13*

p) *Step 14*

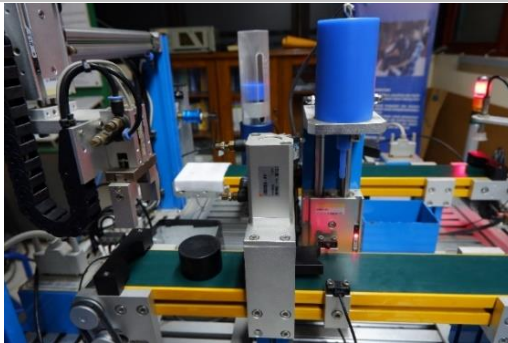
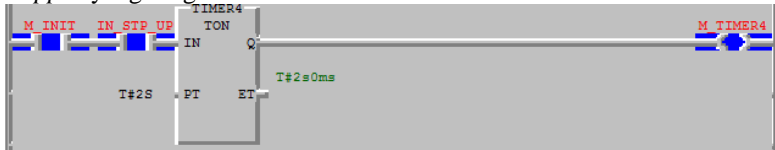
Saat mesin aktif akan mengaktifkan *vertical cylinder* yang bergerak kebawah.



Gambar 4.24 Implementasi *Step 14*

r) *Step 16*

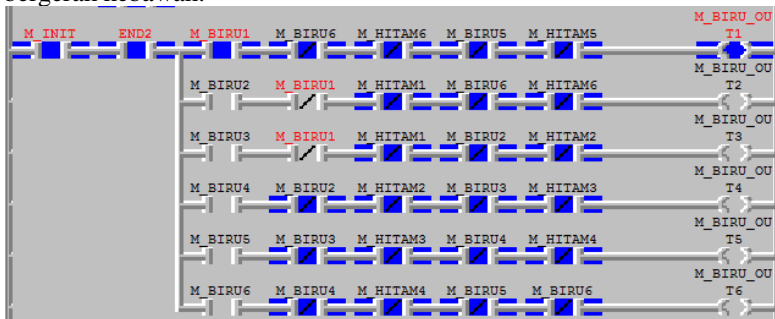
Saat Timer 4 aktif maka akan menonaktifkan *pneumatic cylinder stopper* yang bergerak kebawah.



Gambar 4.26 Implementasi *Step 16*

s) *Step 17.1*

Saat *fiber optic sensor* (end2) dan memori biru aktif maka akan mengaktifkan *Sequence line movement* biru sehingga *pneumatic cylinder* bergerak kebawah.





Gambar 4.27 Implementasi *Step 17.1*

t) *Step 17.2*

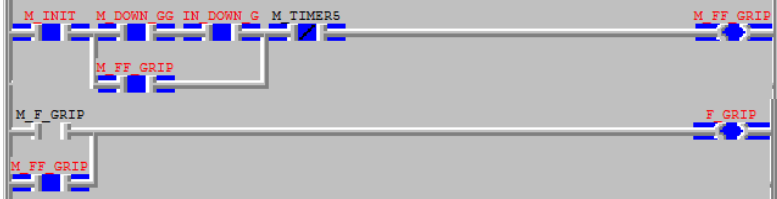
Saat *fiber optic sensor* (end2) dan memori hitam aktif maka akan mengaktifkan *Sequence line movement* hitam sehingga *vertical cylinder* bergerak kebawah.



Gambar 4.28 Implementasi Step 17.2

u) *Step 18.1*

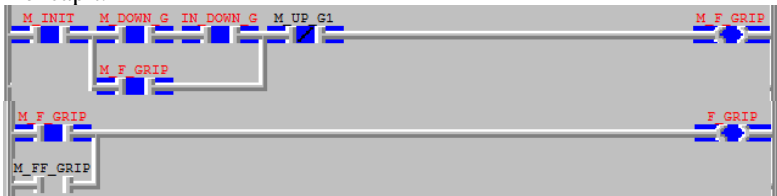
Saat *reed switch sensor* (*in_down_g*) aktif maka akan mengaktifkan *sequence line movement* biru sehingga *finger cylinder* bergerak mencapit.



Gambar 4.29 Implementasi *Step 18.1*

v) *Step 18.2*

Saat *reed switch sensor* (*in_down_g*) aktif maka akan mengaktifkan *sequence line movement* hitam sehingga *finger cylinder* bergerak mencapit.

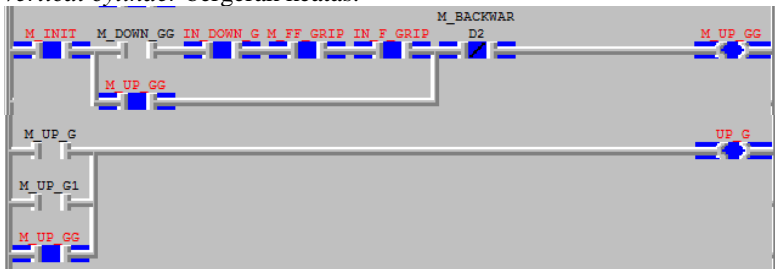




Gambar 4.30 Implementasi *Step 18.2*

w) *Step 19.1*

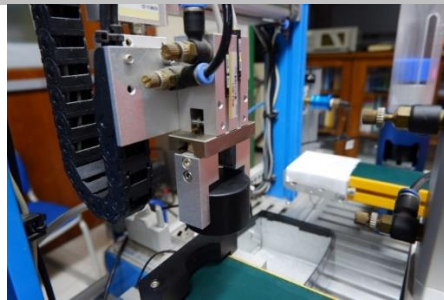
Saat *reed switch sensor* (*in_down_g*) dan *reed switch sensor* (*in_ff_g*) aktif maka akan mengaktifkan *sequence line movement* biru sehingga *vertical cylinder* bergerak keatas.



Gambar 4.31 Implementasi *Step 19.1*

x) *Step 19.2*

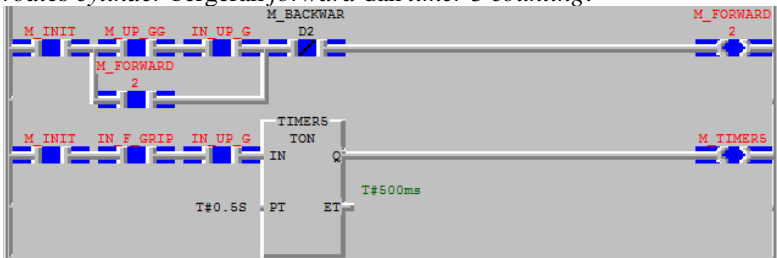
Saat *reed switch sensor* (in_down_g) dan *reed switch sensor* (in_ff_g) aktif maka akan mengaktifkan *sequence line movement* hitam sehingga *vertical cylinder* bergerak keatas.



Gambar 4.32 Implementasi *Step 19.2*

y) *Step 20.1*

Saat *reed switch sensor* (in_up_g) dan *reed switch sensor* (in_f_g) aktif maka akan mengaktifkan *sequence line movement* biru sehingga *rodles cylinder* bergerak forward dan *timer 5 counting*.

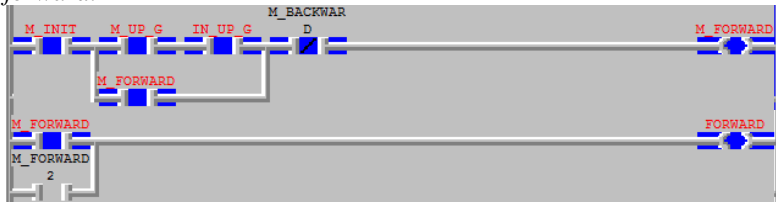




Gambar 4.33 Implementasi *Step 20.1*

z) *Step 20.2*

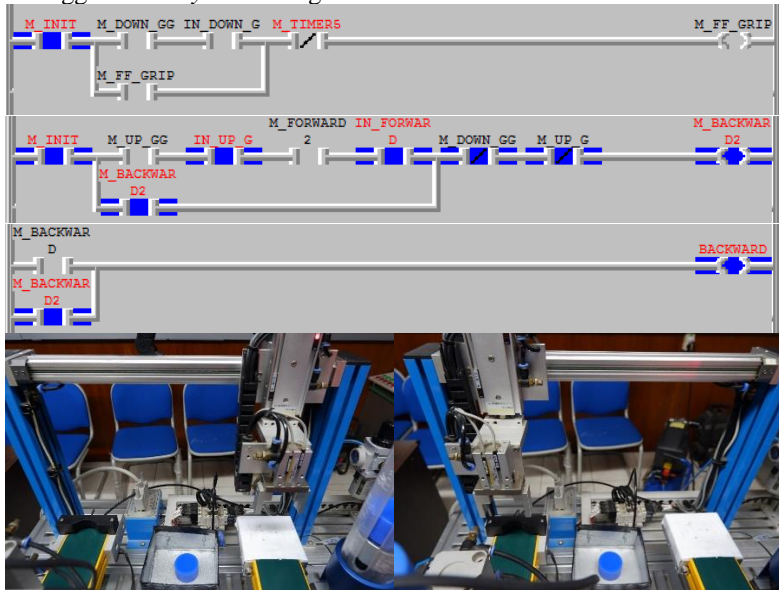
Saat *reed switch sensor (in_up_g)* aktif maka akan mengaktifkan *sequence line movement* hitam sehingga *rodless cylinder* bergerak *forward*.



Gambar 4.34 Implementasi *Step 20.2*

aa) Step 21.1

Dari hasil timer 5 yang aktif akan menonaktifkan *finger cylinder* yang bergerak membuka *gripper* sehingga benda biru akan jatuh ditengah kotak. Saat *reed switch sensor* (in_up_g) dan *reed switch sensor* (in_forward) aktif maka akan mengaktifkan *sequence line movement* biru sehingga *rodless cylinder* bergerak *backward*.



Gambar 4.35 Implementasi Step 21.1

bb) Step 21.2

Saat *reed switch sensor* (in_up_g) dan *reed switch sensor* (in_forward) aktif maka akan mengaktifkan *sequence line movement* hitam sehingga *vertical cylinder* bergerak kebawah.

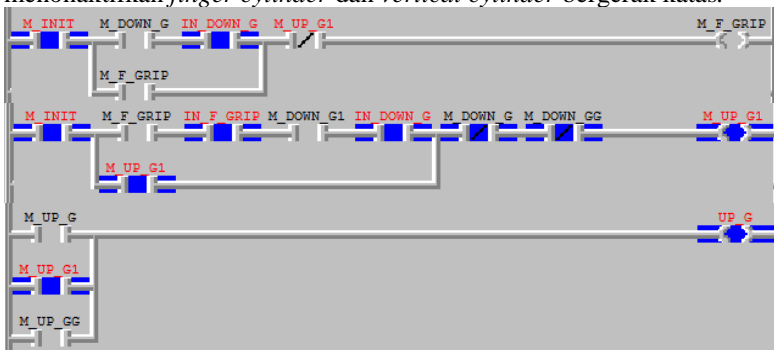




Gambar 4.36 Implementasi *Step 21.2*

cc) *Step 22.*

Saat *reed switch sensor* (in_f_g) dan *reed switch sensor* (in_down_g) aktif maka akan mengaktifkan *sequence line movement* hitam sehingga menonaktifkan *finger cylinder* dan *vertical cylinder* bergerak katas.

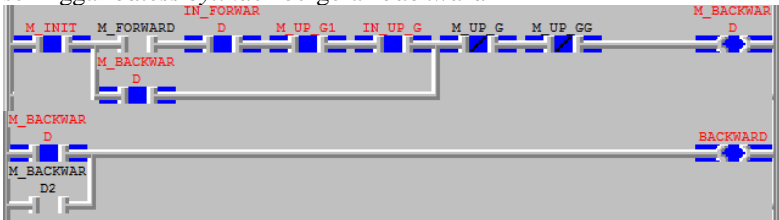




Gambar 4.37 Implementasi *Step 22*

dd) *Step 23*

Saat *reed switch sensor* (*in_forward*) dan *reed switch sensor* (*in_Up_g*) aktif maka akan mengaktifkan *sequence line movement* hitam sehingga *rodless cylinder* bergerak *backward*



Gambar 4.38 Implementasi *Step 23*

4.4 Hasil Pengujian

Hasil yang didapatkan dari pengujian sistem pada *factory automatic trainer* berupa data waktu. Percobaan dilakukan untuk proses kerja satu per satu sebanyak 10 kali untuk benda kerja yang dipilih, yaitu benda kerja warna hitam, benda kerja biru, dan benda kerja silver. Tabel hasil pengujian didapatkan sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Benda Kerja Pada FAT

Percobaan ke-	Waktu Proses (detik)		
	Benda Hitam	Benda Biru	Benda Silver
1	22.76	21.53	05.96
2	22.39	21.79	05.96
3	22.40	20.81	05.83
4	22.30	21.00	05.76
5	22.39	20.85	05.83
6	22.72	20.93	05.65
7	22.24	21.35	05.90
8	22.12	21.41	05.97
9	21.92	21.65	05.90
10	22.64	20.99	05.76
Rata - rata	22.38	21.23	05.85

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.5 diperoleh waktu rata – rata yang dibutuhkan untuk proses satu per satu benda kerja hitam rata-rata 22,38 detik, benda kerja biru rata-rata 21,23 detik dan benda silver 05,85 detik. Siklus proses produksi benda kerja biru lebih cepat daripada benda kerja hitam karena letak pengepakan benda kerja biru lebih dekat daripada benda kerja hitam. Sedangkan benda silver lebih cepat daripada benda kerja hitam dan biru di karenakan benda kerja silver harus di buang saat di conveyor 1.

Percobaan *factory automatic trainer* dilakukan untuk proses berurutan sebanyak 10 kali untuk benda kerja yang dipilih, yaitu benda kerja warna hitam, benda kerja biru, dan benda kerja silver. Tabel hasil pengujian didapatkan sebagai berikut:

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Benda Kerja Berurutan Pada FAT

Percobaan ke-	Waktu Proses (menit)	Keterangan
	Benda Berurutan	
1	01.08.30	Hitam-Hitam-Hitam-Silver-Silver-Silver-Biru-Biru-Biru
2	01.08.10	
3	01.08.34	
4	01.08.36	
5	01.08.29	
6	01.08.49	
7	01.08.53	
8	01.08.42	
9	01.08.20	
10	01.08.30	
Rata - rata	01.08.33	

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.6 diperoleh waktu rata – rata yang dibutuhkan untuk proses benda berurutan adalah dengan rata-rata 01.08.33 menit. Siklus produksi yang berdasarkan benda berurutan dengan percobaan 10 kali memiliki waktu yang hampir sama.

Percobaan *factory automatic trainer* dilakukan untuk proses acak sebanyak 10 kali untuk benda kerja yang dipilih, yaitu benda kerja warna hitam, benda kerja biru, dan benda kerja silver. Tabel hasil pengujian didapatkan sebagai berikut:

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Benda Kerja Acak Pada FAT

Percobaan ke-	Waktu Proses (menit)	Keterangan
	Benda Acak	
1	01.09.14	Biru-Silver-Biru-Hitam-Silver-Silver-Biru-Hitam-Hitam
2	01.06.60	Silver-Silver-Biru-Hitam-Hitam-Biru-Hitam-Silver-Biru
3	01.01.43	Hitam-Biru-Biru-Silver-Hitam-Biru-Silver-Hitam-Silver

Percobaan ke-	Waktu Proses (menit)	Keterangan
	Benda Acak	
4	01.06.34	Hitam-Hitam-Biru-Silver-Hitam-Silver-Biru-Silver-Biru
5	01.01.69	Silver-Biru-Hitam-Biru-Hitam-Hitam-Silver-Biru-Silver
6	01.09.10	Biru-Hitam-Biru-Silver-Hitam-Silver-Silver-Biru-Hitam
7	01.06.79	Silver-Hitam-Hitam-Biru-Silver-Hitam-Biru-Silver-Biru
8	01.02.12	Biru-Biru-Silver-Hitam-Silver-Biru-Hitam-Hitam-Silver
9	01.09.11	Hitam-Biru-Silver-Silver-Hitam-Silver-Biru-Biru-Hitam
10	01.08.94	Silver-Biru-Biru-Hitam-Silver-Silver-Hitam-Biru-Hitam

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.7 terdapat perbedaan waktu antara benda acak dengan benda paling belakang hitam, benda acak dengan benda paling belakang biru, dan benda acak paling belakang silver. Benda acak paling belakang benda kerja hitam diperoleh waktu terlama yaitu 01.09.07 menit, benda acak paling belakang benda kerja biru diperoleh waktu yaitu 01.06.57 menit, dan benda acak paling belakang benda kerja silver diperoleh waktu tercepat yaitu 01.01.74 menit. Siklus produksi yang berdasarkan benda acak dengan percobaan sepuluh kali memiliki waktu tidak ada yang sama karena benda hitam, benda biru, dan benda silver memiliki proses penempatan akhir yang berbeda. Benda biru yang penempatan akhir yang lebih cepat dari pada benda hitam. Sedangkan benda silver lebih cepat daripada benda kerja hitam dan biru di karenakan benda kerja silver harus di buang saat di conveyor 1.

4.5 Analisa

Dengan menggunakan metode *petri net* dalam membuat perancangan diagram *ladder* membantu mempermudah dalam pengerjaan dan mengurangi tingkat kesalahan. *Petri net* dapat disimulasikan untuk memvalidasi apakah susunan *ladder diagram* yang dibuat telah memiliki kesesuaian dengan deskripsi sistem yang diinginkan. Hasil perancangan diagram *ladder* dengan menggunakan metode *petri net* yang telah diimplementasi mampu menjalankan aktuator pada *factory automatic trainer* sesuai dengan perumusan langkah kerja. Hasil pengujian untuk proses satu per satu dilakukan sebanyak 10 kali percobaan menunjukkan bahwa waktu untuk menyelesaikan keseluruhan proses untuk benda pertama dan selanjutnya memiliki rentang perbedaan waktu yang tidak terlalu jauh. Pada proses benda berurutan dilakukan sebanyak 10 kali percobaan memiliki waktu yang hampir sama dikarenakan proses penempatan akhir benda kerja yang sama. Sedangkan untuk proses benda acak dilakukan sebanyak 10 kali percobaan memiliki waktu yang berbeda dikarenakan proses penempatan akhir benda acak yang berbeda – beda.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB 5

PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan dan saran dari pengerjaan tugas akhir ini yang berjudul desain diagram *ladder* untuk banyak objek pada *factory automatic trainer* menggunakan metode *petri net. net*.

5.1 Kesimpulan

Pada tugas akhir desain diagram *ladder* untuk banyak objek pada *factory automatic trainer* menggunakan metode *petri net* ini menghasilkan beberapa kesimpulan, antara lain:

- 1) Berdasarkan pengujian sistem yang telah dilakukan, diperoleh waktu rata-rata untuk pemrosesan satu per satu benda kerja warna hitam adalah 22,38 detik, benda kerja warna biru adalah 21,23 detik dan benda kerja warna silver adalah 05,85 detik. Pada pengujian untuk pemrosesan benda kerja berurutan diperoleh waktu rata – rata 01.08.33 menit. Sedangkan pengujian untuk benda kerja acak untuk benda kerja hitam paling belakang diperoleh waktu terlama 01.09.07 menit, benda kerja biru paling belakang diperoleh waktu 01.06.57 menit, dan benda kerja silver paling belakang diperoleh waktu tercepat 01.01.74 menit.
- 2) Jumlah *input*, *output*, *timer*, *counter* dan *relay* yang digunakan pada desain diagram *ladder* untuk banyak objek pada *factory automatic trainer* menggunakan metode *petri net* masing-masing sebanyak 28 *input*, 23 *output*, dan 6 *timer*, 12 *counter*, dan 82 *relay*
- 3) Data program *ladder* yang dihasilkan untuk keseluruhan sistem adalah sebesar 30 KB dan dengan jumlah *rung* sebanyak 70 *rung*.

Hasil perancangan diagram *ladder* diatas dapat diimplementasikan pada *factory automatic trainer* yang menghasilkan waktu produksi untuk proses benda kerja banyak lebih cepat daripada benda kerja satu per satu. Dimana benda kerja berjumlah 9 buah di operasikan dengan proses benda kerja banyak diperoleh waktu 2 – 3 menit sedangkan 9 buah benda kerja dioperasikan dengan proses satu per satu diperoleh waktu sekitar 1 menit. Dari hasil diagram *ladder* diimplementasikan pada PLC untuk mengoperasikan proses banyak objek pada *factory autotomatic trainer* dimana mendapatkan memori 30 KB, 28 *input*, 23 *output*, 6 *timer*, 12 *counter*, dan 82 *relay* yang telah memenuhi syarat dari spesifikasi PLC.

5.2 Saran

Agar penelitian yang bertema sama agar dapat menjadi lebih baik, terdapat beberapa saran antara lain:

- 1) Agar bisa dibuat hmi maka plc tersebut harus ditambah lagi modul komunikasi
- 2) Saat dimana *line movement* membedakan biru dan hitam bisa ditambahkan photo sensor lagi tepat sebelum *line movement* untuk memperkecil *relay* dan *counter*.

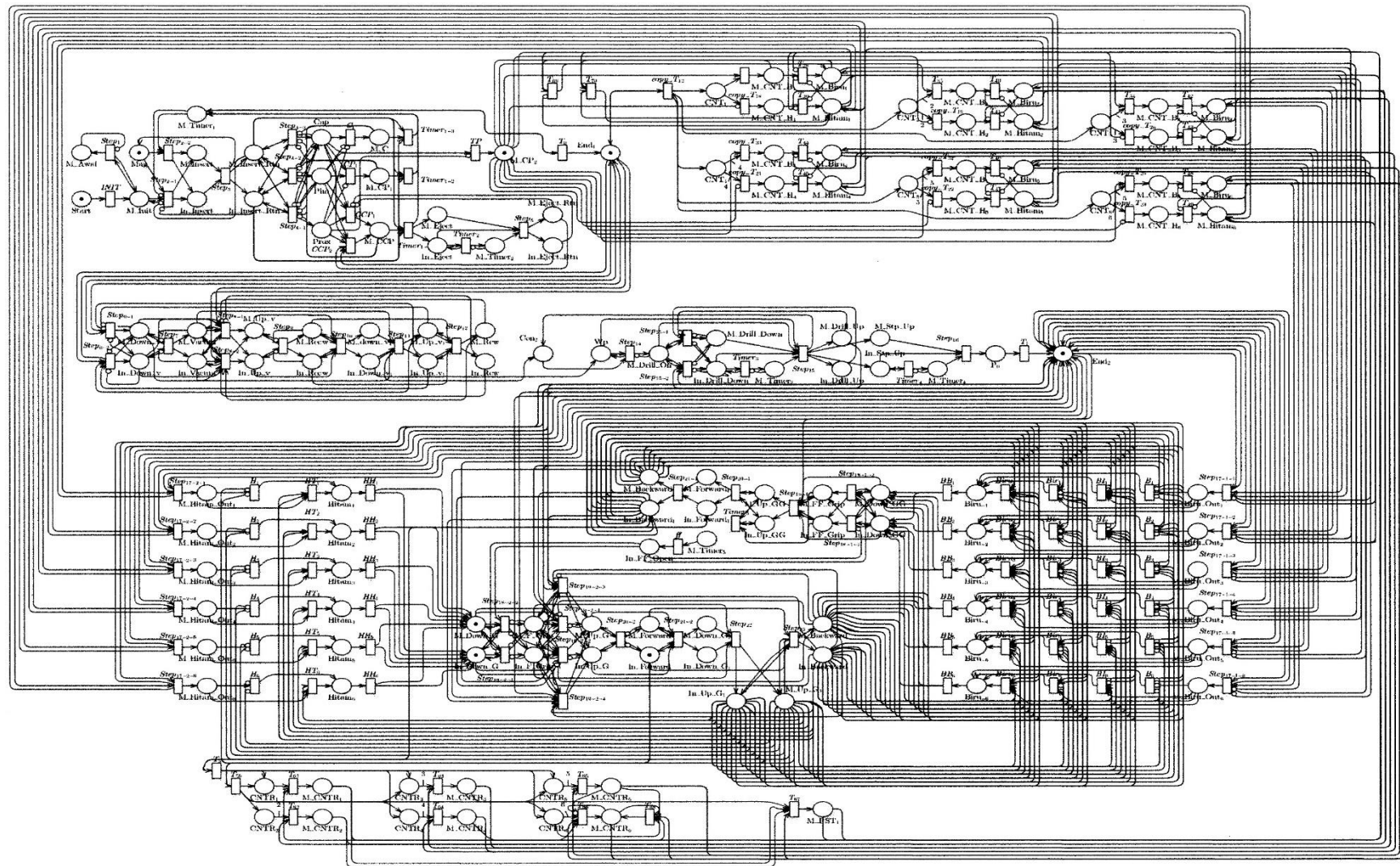
DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Sunardi, *Konstruksi Diagram Ladder Dengan Metode Petri Net Untuk Factory Automatic Trainer*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [2] R. Zain, *Konstruksi Diagram Ladder Menggunakan Metode Petri Net Untuk Crude Palm Oil Process*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [3] Chungpa, *CPE-AT8030N Factory Automatic Trainer User's Manual*, Gyeonggi, Korea: Chungpa.
- [4] Autonics, "Proximity Sensors Technical Description (English)," [Online]. Available: <https://www.autonics.com/service/data/view/6/216759>. [Diakses 12 04 2019].
- [5] Autonics, "Photoelectric Sensors Technical Description (English)," [Online]. Available: <https://www.autonics.com/service/data/view/6/216754>. [Diakses 12 04 2019].
- [6] Autonics, "Fiber Optic Sensors Technical Description (English)," [Online]. Available: <https://www.autonics.com/service/data/view/6/216756>. [Diakses 12 02 2019].
- [7] R. Sianturi, *Pembuatan Alat Ukur Telemetry Curah Hujan Tipe Tipping Bucket Menggunakan Sensor Reed Switch Mikrokontroler ATmega8535 Berbasis Android*, Medan: Universitas Sumatera Utara, 2014.
- [8] R. A. Asmarahadi, *Rancang Bangun Alat Penutup Botol Otomatis Berbasis Microcontroller ATmega 16*, Bandung: Digilib, Polban, 2012.
- [9] M. Subhan dan A. Sasmoko, "Penentuan Dimensi dan Spesifikasi Silinder Pneumatik untuk Pergerakan Tote Radiator Gamma Multiguna Batan," *Jurnal Perangkat Nuklir*, vol. 10, no. 02, pp. 50-61, 2016.
- [10] P. Luthfi, "Makalah Silinder Rodless, Silinder Rotary dan Motor Pneumatik," *Mekatronik Polman*, Bandung, 2010.

- [11] SMC, "Parallel Style Air Gripper Series MHZ," SMC Corporation, Japan.
- [12] A. P. Witanto, *Konstruksi Diagram Ladder Dengan Metode Huffman Untuk Factory Automatic Trainer*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [13] T. Dermanto, "Pengertian dan Macam-Macam Kompresor," [Online]. Available: <http://trikueni-desain-sistem.blogspot.com/2014/03/Pengertian-Kompresor.html>. [Diakses 12 04 2019].
- [14] Y. I. Hatmojo, "Programmable Logic Controller (PLC)," Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 2015.
- [15] LSIS, "User Manual GLOFA-GM4 Programmable Logic Controller," LS Industrial System, Anyang, Korea Selatan.
- [16] M. Zhou dan E. Twiss, "A Comparison of relay Ladder Logic Programming and Petri Net Approach for Sequential Industrial Control System," dalam *IEEE*, Newark, 1995.
- [17] J. S. Lee dan P. L. Hsu, "A New Approach to Evaluate Ladder Logic Diagrams and Petri Nets via The IF-THEN Transformation," dalam *IEEE*, Hsinchu, Taiwan, 2001.
- [18] K. Venkatesh dan M. Zhou, "Comparing Ladder Logic Diagrams and Petri Nets for Sequence Controller Design Through a Discrete Manufacturing System," *IEEE*, vol. 41, no. 6, pp. 611-619, 1994.
- [19] D. D. Adhyatma, *Efektivitas Penggunaan Festo Fluidsim Sebagai Media Pembelajaran Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Pneumatik Siswa Kelas Xii Di Smk Muda Patria Kalasan*, Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta, 2013.

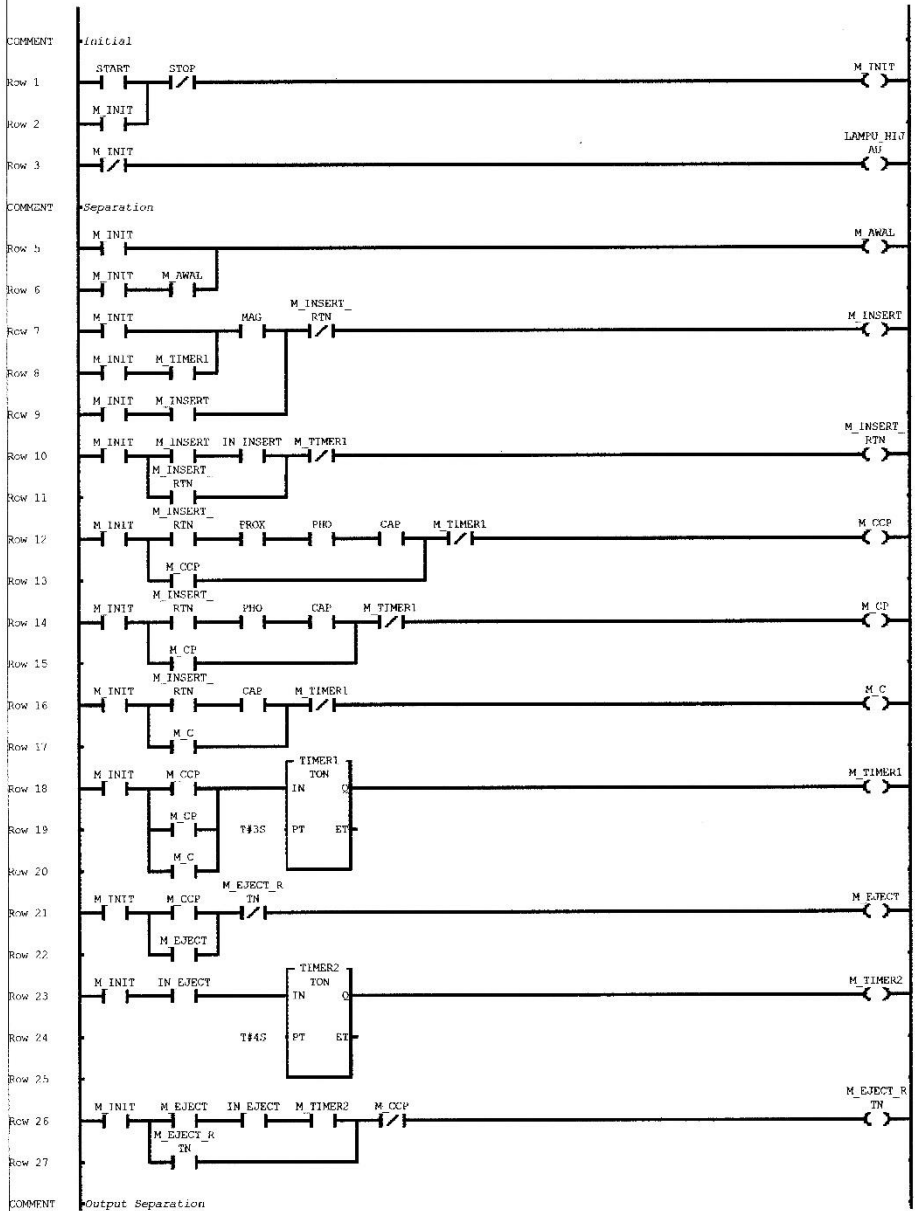
LAMPIRAN

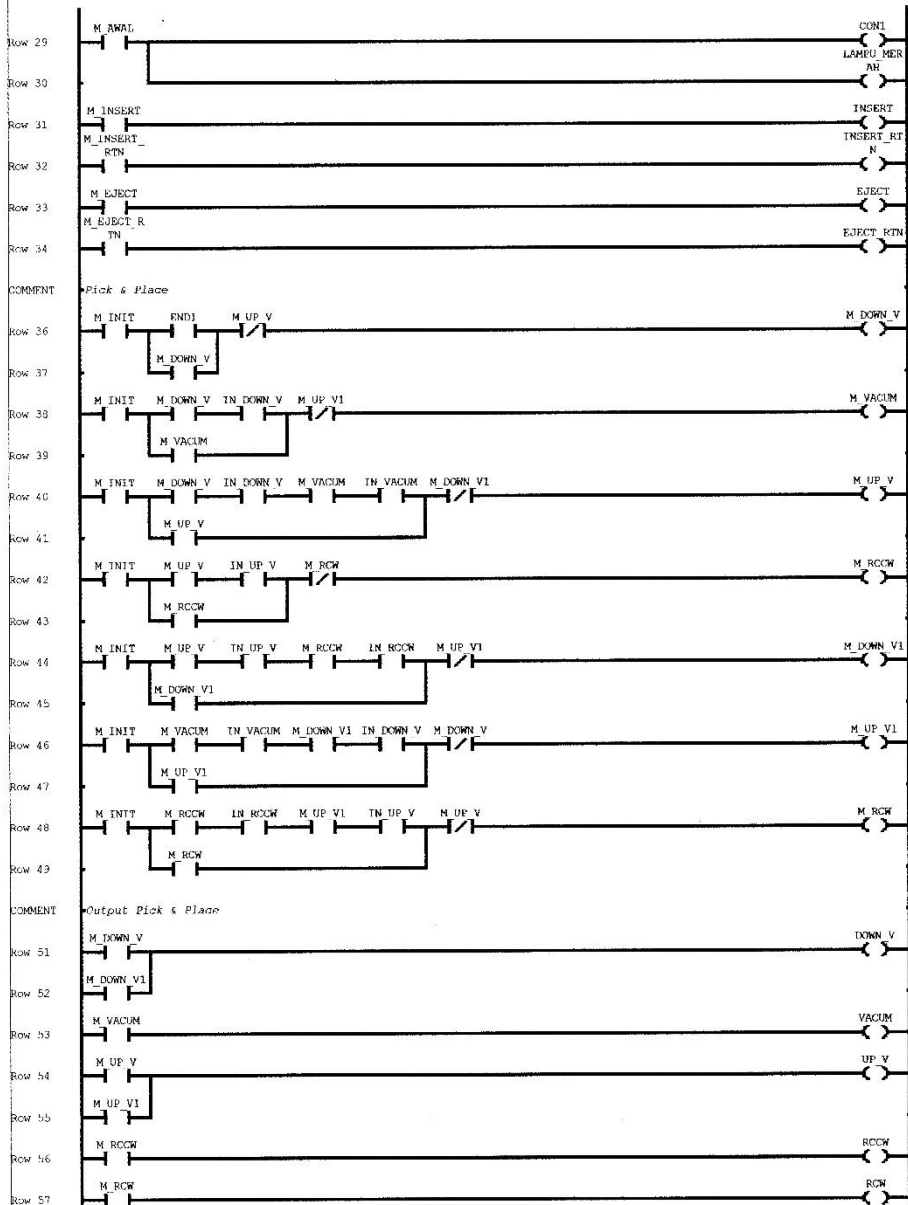
A.1 Lampiran *Petri Net*

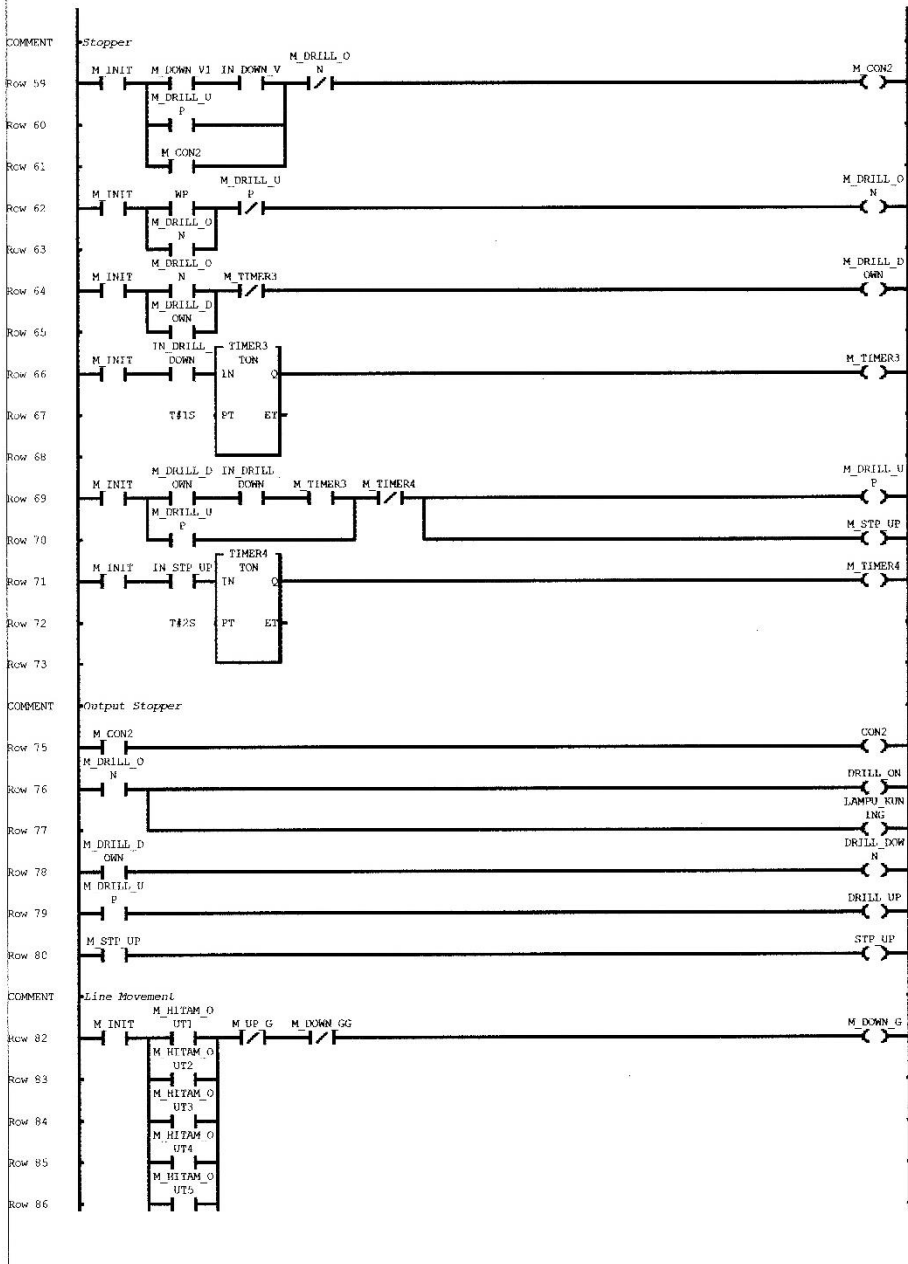


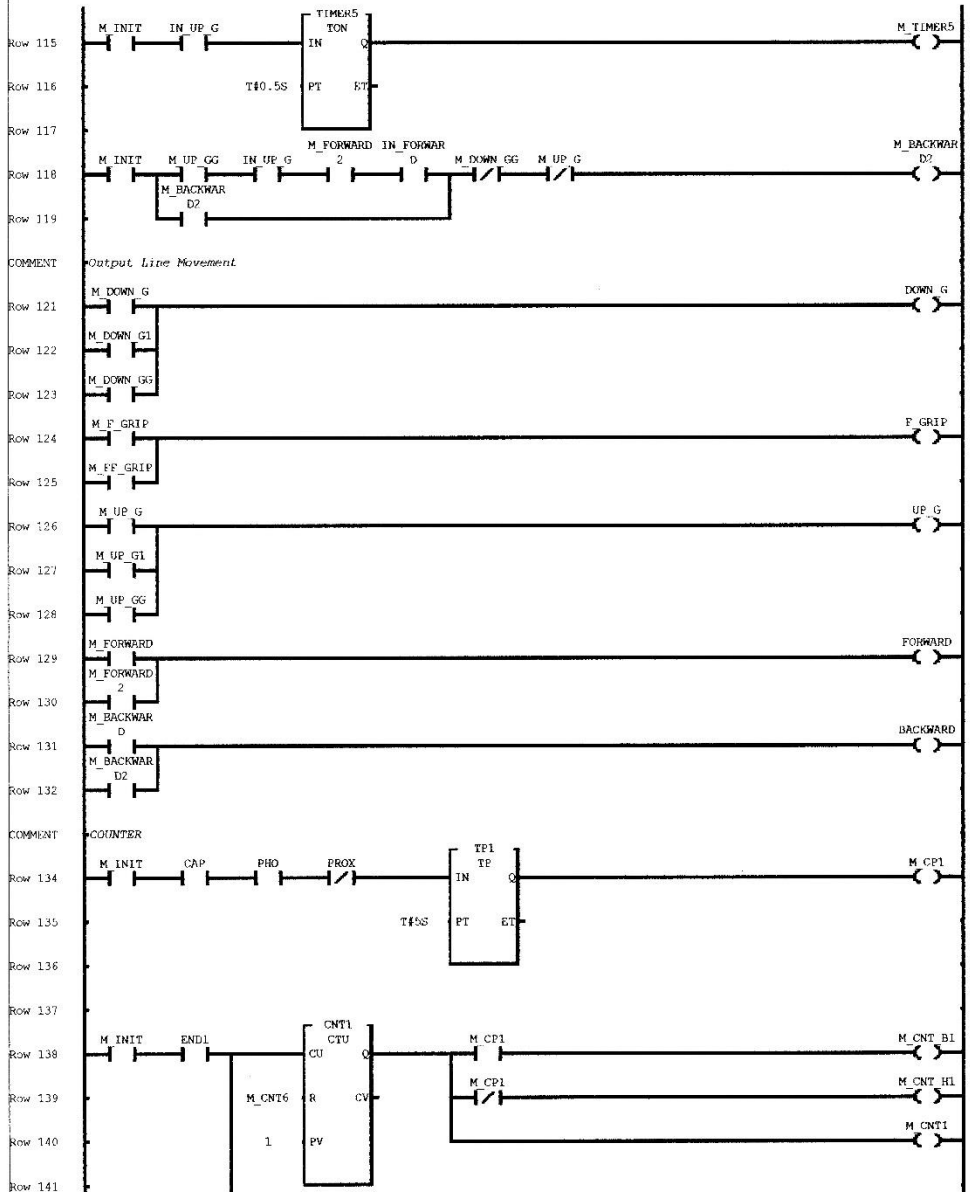
-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

A.2 Lampiran Program Ladder Diagram

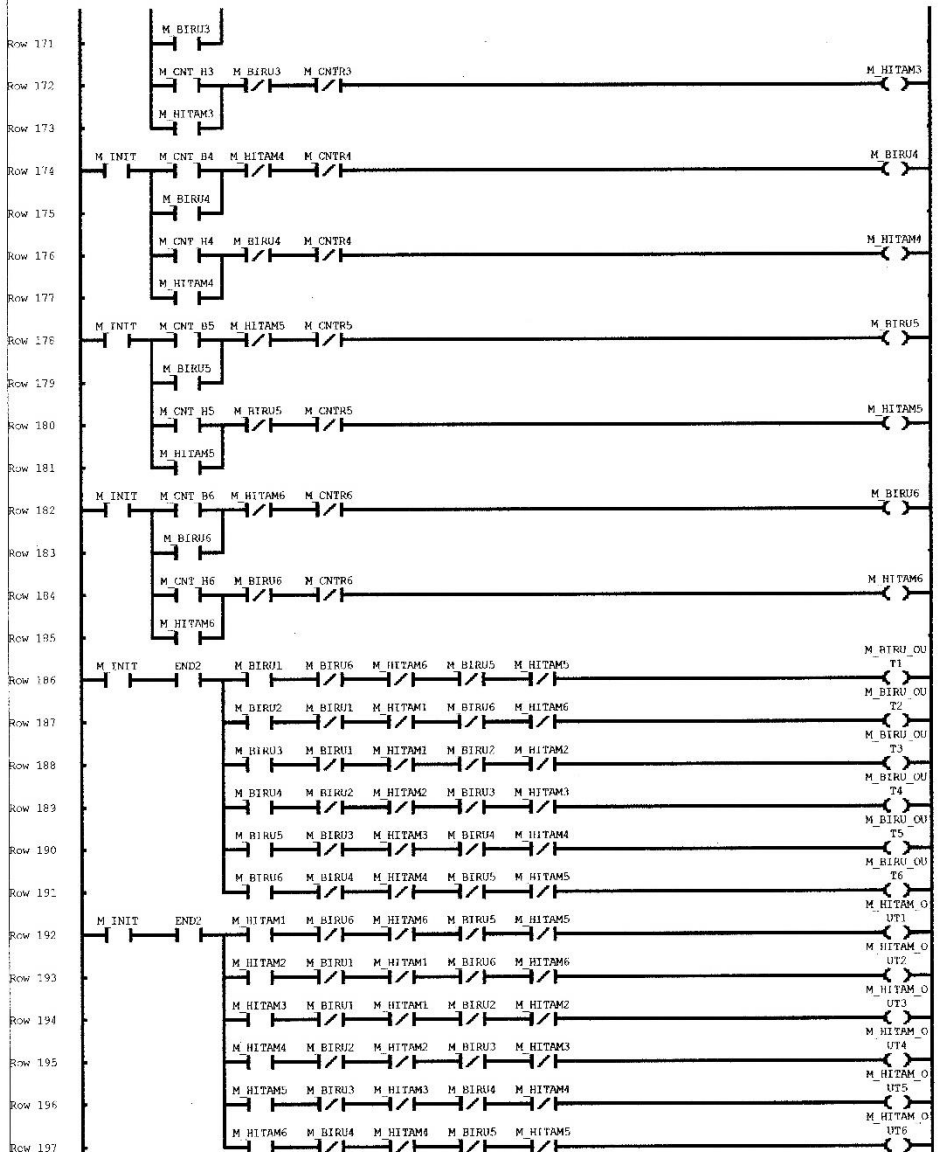


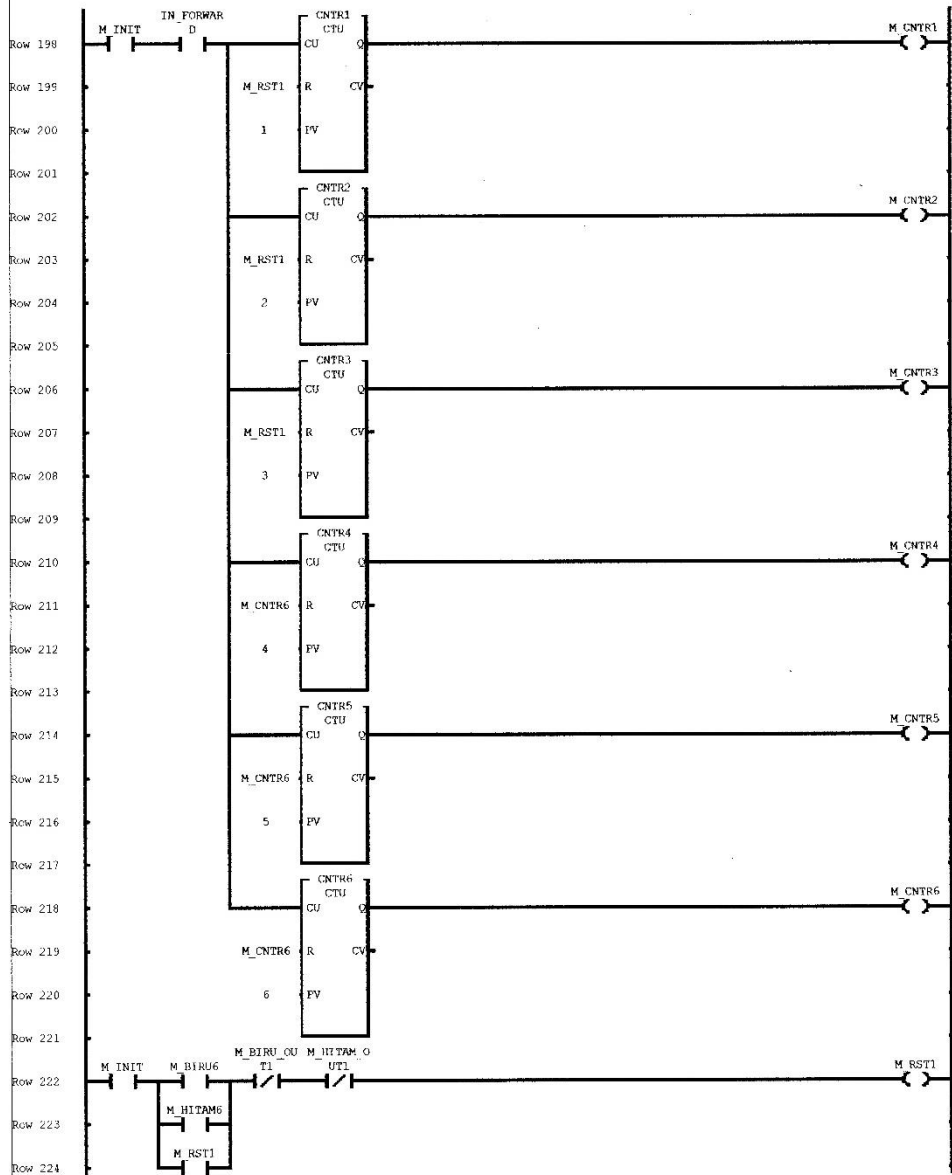




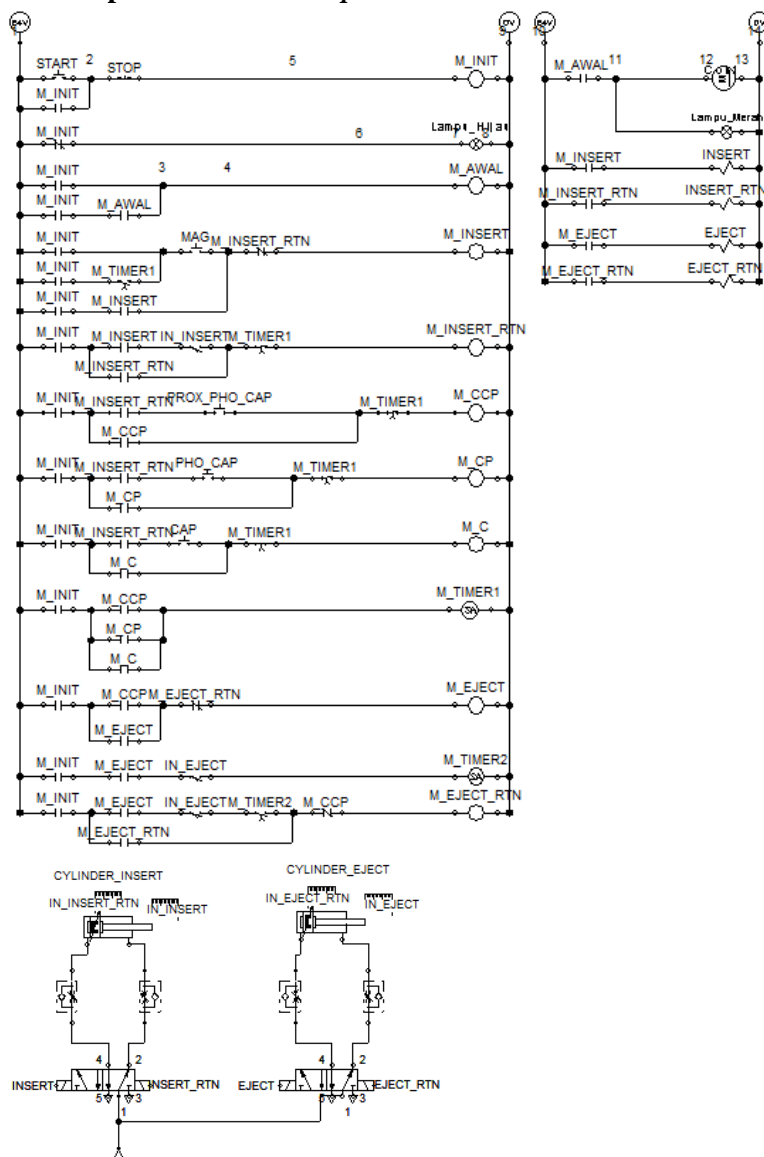




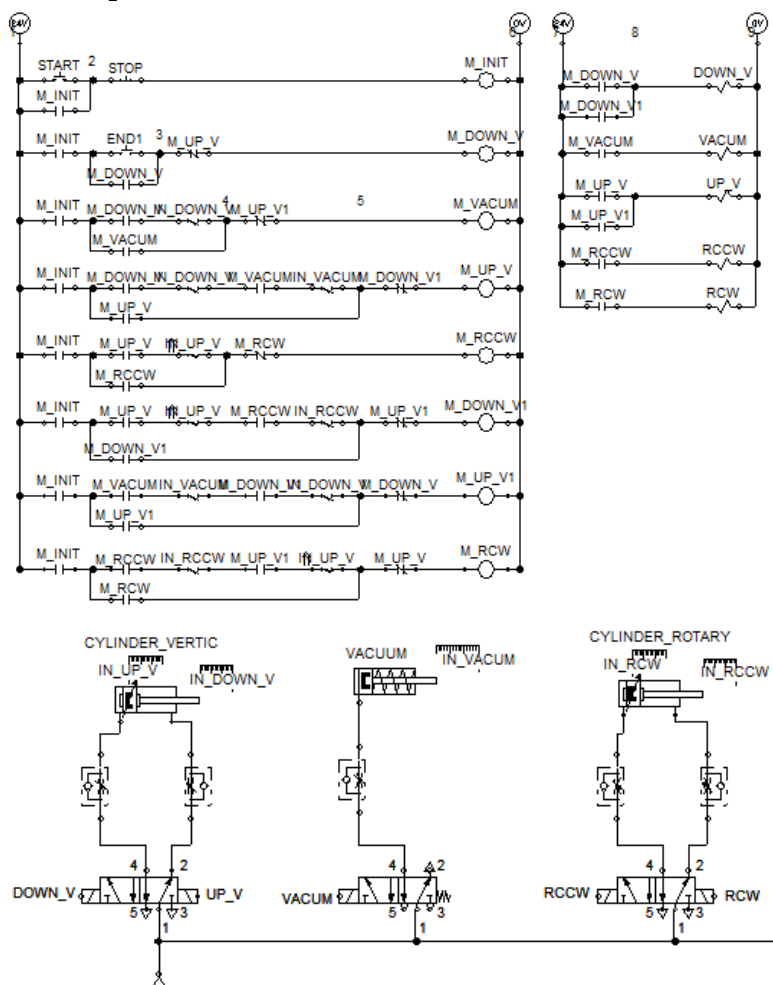




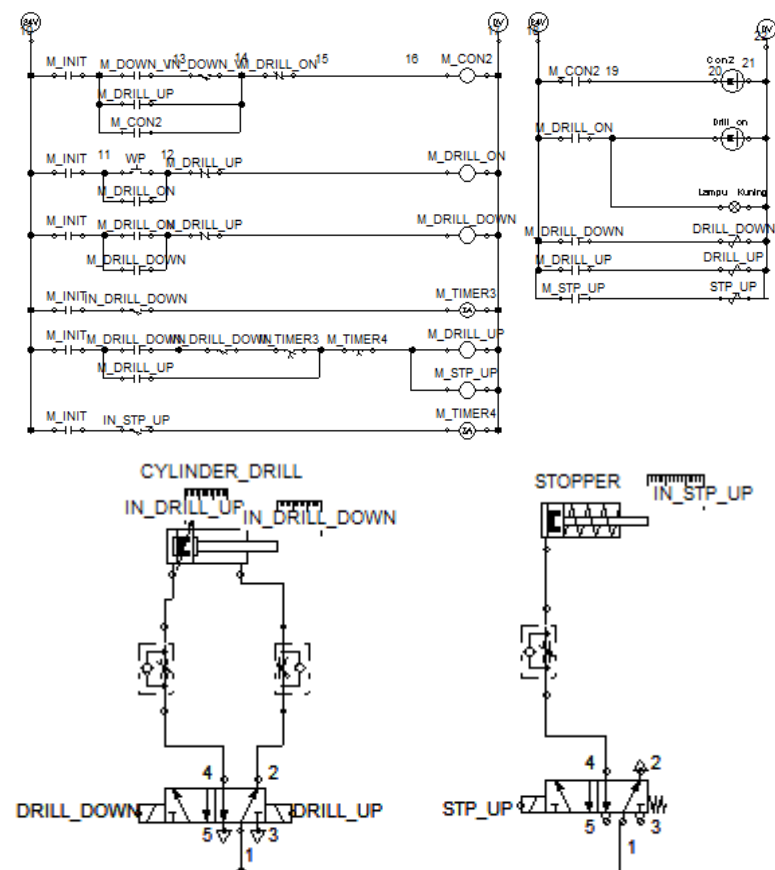
A.3 Lampiran Fluid Sim Separation Module



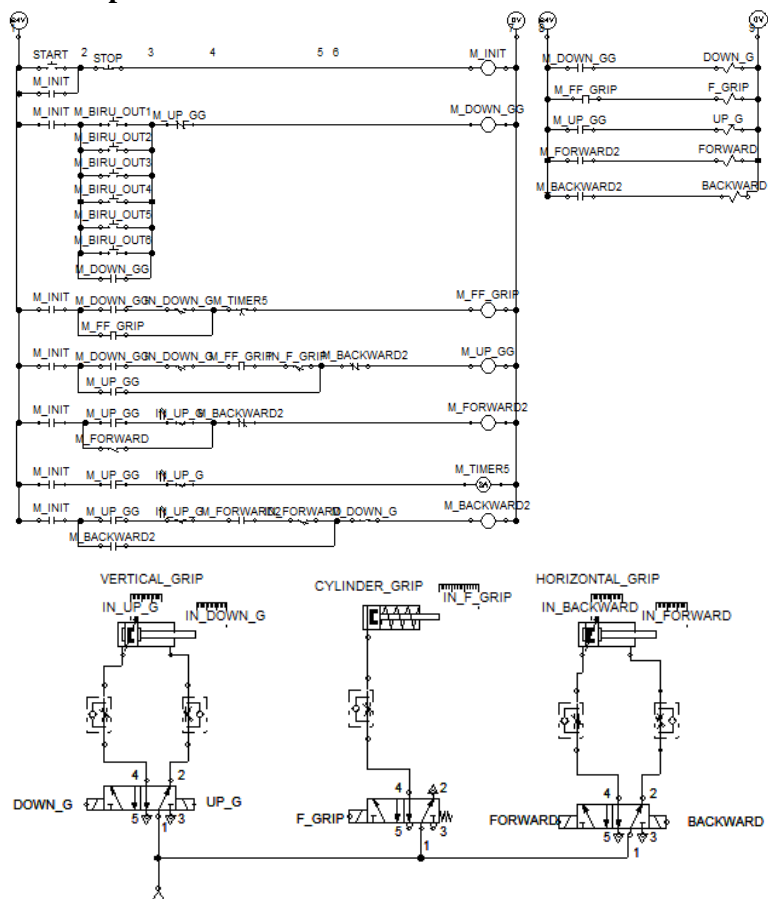
A.4 Lampiran Fluid Sim Pick and Place Module



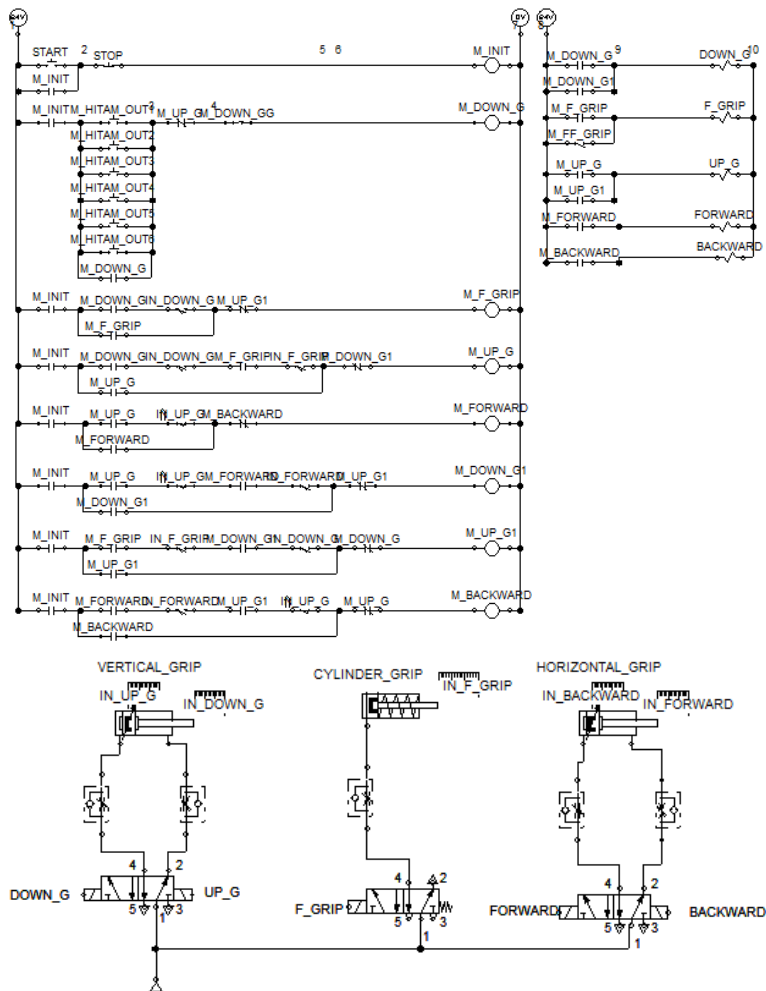
A.5 Lampiran Fluid Sim Stopper Module



A.6 Lampiran Fluid Sim *Line Movement* Benda Biru



A.7 Lampiran Fluid Sim Line Movement Benda Hitam



-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Andri Anggoro
TTL : Nganjuk, 21 September 1995
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat : Jl. Mastrip RT04 RW03
Warugunung, Surabaya
Telp/HP : 082332194109
Email : andri.anggoro21@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2002-2008 : MI Miftahul Ulum, Surabaya
2. 2008-2011 : SMP Negeri 24 Surabaya
3. 2011-2014 : SMK Negeri 3 Surabaya
4. 2014-2017 : Program Studi Komputer Kontrol, Departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
5. 2017-2019 : Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

PENGALAMAN KERJA

1. Kerja Praktek di PT. Terminal Teluk Lamong
2. Kerja Praktek di PT. Terminal Nilam Utara

PENGALAMAN ORGANISASI

1. Staff Riset dan Teknologi Periode 2015/2016
HIMAD3TEKTRO, FTI – ITS