



TUGAS AKHIR - EE 184801

**DESAIN LADDER DIAGRAM PADA TAPPING AND
WASHING MACHINE AUTOLOADER PLANT DENGAN
METODE STATE DIAGRAM**

Indy Mutiara Rasaydeci
NRP 07111745000003

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

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



FINAL PROJECT - EE 184801

**LADDER DIAGRAM DESIGN FOR TAPPING AND
WASHING MACHINE AUTOLOADER PLANT WITH
STATE DIAGRAM METHOD**

Indy Mutiara Rasaydeci
NRP 07111745000003

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

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
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 Ladder Diagram pada Tapping and Washing Machine Autoloader Plant dengan Metode State Diagram**" adalah merupakan hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juni 2019



Indy Mutiara Rasaydeci
NRP 07111745000003

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DESAIN LADDER DIAGRAM PADA TAPPING AND WASHING MACHINE AUTOLOADER PLANT DENGAN METODE STATE DIAGRAM

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

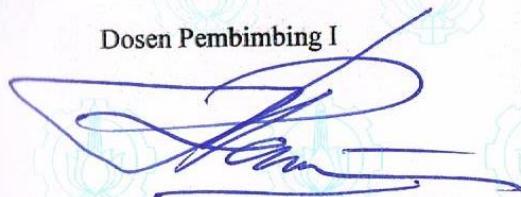
Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan

Departemen Teknik Elektro

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Mohammad Rameli
NIP. 19541227 1981031002

Dosen Pembimbing II



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



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DESAIN LADDER DIAGRAM PADA TAPPING AND WASHING MACHINE AUTOLOADER PLANT DENGAN METODE STATE DIAGRAM

Indy Mutiara Rasaydeci – 07111745000003

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

ABSTRAK

Industri manufaktur mempunyai kegiatan utama yaitu mengubah bahan baku atau bahan setengah jadi menjadi barang jadi yang memenuhi standar spesifikasi. Terdapat beberapa proses yang dikerjakan secara manual dan memakan waktu lama sehingga dibutuhkannya sistem otomasi. *Tapping and washing machine autoloader plant* adalah salah satu sistem otomasi di sebuah industri. Beberapa proses yang terjadi pada *plant* ini, diantaranya proses pembersihan benda kerja setelah dilakukan proses pemesinan, proses *tapping* pada bagian *housing end* kanan dan kiri, dan yang terakhir adalah proses *washing* bagian dalam dan bagian luar *housing* setelah proses *tapping* dilakukan. *Programmable Logic Controller* (PLC) digunakan pada sistem otomasi sebagai pusat kendali untuk melaksanakan suatu pekerjaan secara terprogram dengan akurat sehingga menghindari terjadinya kegagalan proses karena banyaknya langkah (*sequence*) yang harus dilalui pada *tapping and washing machine autoloader plant*. Bahasa pemrograman PLC yang digunakan adalah *ladder diagram* dengan metode *State Diagram*. *State Diagram* merupakan sebuah grafik yang merepresentasikan kejadian ataupun keadaan suatu sistem dalam bentuk lingkaran. Lingkaran tersebut biasa disebut dengan *state*. Hasil pemodelan sistem menggunakan metode *State Diagram* kemudian dikonversi menjadi *ladder diagram* dan didapatkan 63 *relay*, 1 *timer*, 4 *counter*, 1 *comparator*, 48 *output* serta 117 total *rung*. Rata-rata waktu proses yang dihasilkan adalah 3 menit 49 detik.

Kata kunci : *Diagram Ladder, PLC, State Diagram, Tapping and Washing Machine Autoloader Plant.*

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Ladder Diagram Design for Tapping and Washing Machine Autoloader Plant with State Diagram Method

Indy Mutiara Rasaydeci – 07111745000003

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

ABSTRACT

The manufacturing industry has the main activity of converting raw materials or semi-finished materials into finished materials according to specification standards. There are several processes that are done manually and take a long time so that the automation system is needed. Tapping and washing machine autoloader plant is one of the automation systems in an industry. Some of the processes that occur in this plant including the process of cleaning the workpiece after the machining process, the tapping process on the right and left end of the housing, and the last is the process of washing inside and outside the housing after the tapping process is done. Programmable Logic Controller (PLC) is used in automation systems as a controller to carry out programmed work accurately so as to avoid the process failures due to lot of sequences that must be done by the tapping and washing machine autoloader plant. The programming language that is used is ladder diagram using the state diagram method. State diagram is a graph that represents an event or state of a system in the form of a circle. This circle is usually called a state. The results by modelling system using state diagram method then converted into a ladder diagram and obtained 63 relays, 1 timer, 4 counters, 1 comparator, 48 outputs and 117 rungs. The average time of a process is 3 minutes 49 seconds.

Keywords : Ladder Diagram, PLC, State Diagram, Tapping and Washing Machine Autoloader Plant.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Desain Ladder Diagram pada Tapping and Washing Machine Autoloader Plant dengan Metode State Diagram”**. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih atas segala bantuan dan dukungannya yang telah diberikan selama proses pembuatan tugas akhir ini kepada :

1. Kedua orang tua, serta keluarga.
2. Bapak Mochammad Rameli dan Bapak Eka Iskandar sebagai pembimbing yang telah menyalurkan ilmu dan bimbingan selama penulis mengerjakan Tugas Akhir.
3. Seluruh dosen, staf dan karyawan di Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
4. Seluruh teman-teman mahasiswa Teknik Sistem Pengaturan.
5. The Successor.
6. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik, ide dan saran yang membangun untuk perbaikan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat menjadi amal jariyah di dunia dan di akhirat serta bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juni 2019



Indy Mutiara Rasaydeci
NRP 07111745000003

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika	3
1.7 Relevansi	4
BAB 2 DASAR TEORI	5
2.1 <i>Tapping and Washing Machine Autoloader Plant</i>	5
2.1.1 <i>Start Position (A21)</i>	6
2.1.2 <i>Tapping Machine (B23)</i>	7
2.1.3 <i>Washing Machine (C2)</i>	8
2.1.4 <i>Conveyor</i>	9
2.1.5 <i>Gantry</i>	9
2.1.6 Benda Kerja	10
2.1.7 <i>Reed Switch [1]</i>	11
2.1.8 <i>Limit Switch [2]</i>	13
2.1.9 Motor Tiga Fasa [3]	13
2.1.10 <i>Solenoid Valve [2]</i>	14
2.1.11 Silinder Pneumatik [4]	15
2.1.12 <i>Signal Tower [5]</i>	15
2.2 <i>Programmable Logic Controller [6]</i>	16
2.2.1 Komponen Dasar PLC	17
2.3 PLC OMRON CP1E-N30SDR-A [7].....	18

2.4	<i>Human Machine Interface</i>	19
2.5	<i>State Diagram</i>	19
2.5.1	Pendeskripsi Urutan Proses.....	20
2.5.2	Pendeskripsi <i>Input/Output</i>	21
2.5.3	Pembuatan <i>State Diagram I/O</i>	22
2.5.4	Penyusunan <i>Primitive Flow Table</i>	22
2.5.5	Penyusunan Merged Flow Table	24
2.5.6	Pembuatan <i>State Diagram R/O</i>	26
2.6	Konversi <i>State Diagram</i> ke <i>Ladder Diagram</i>	27
BAB 3	PERANCANGAN SISTEM	31
3.1	Perumusan Sistem <i>Tapping and Washing Machine Autoloader Plant</i>	31
3.1.1	I/O Sistem	31
3.1.2	Langkah Kerja Sistem.....	42
3.2	Perancangan <i>State Diagram</i>	56
3.2.1	Pendeskripsi Urutan Proses.....	57
3.2.2	Pendeskripsi <i>Input dan Output</i>	71
3.2.3	Pembuatan <i>State Diagram I/O</i>	74
3.2.4	Penyusunan <i>Primitive Flow Table</i>	75
3.2.5	Penyusunan Merged Flow Table	75
3.2.6	Pembuatan <i>State Diagram R/O</i>	76
3.3	Konstruksi <i>Ladder Diagram</i>	76
BAB 4	SIMULASI DAN ANALISA.....	79
4.1	Alamat I/O Sistem	79
4.2	<i>Human Machine Interface (HMI)</i>	83
4.2.1	<i>Full System</i>	83
4.2.2	<i>A21 Machine</i>	84
4.2.3	<i>B23 Machine</i>	85
4.2.4	<i>C2 Machine</i>	86
4.3	Simulasi	87
4.4	Pengujian Sistem	95
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	97
5.1	Kesimpulan.....	97
5.2	Saran	97
DAFTAR PUSTAKA	99	
LAMPIRAN	101	

RIWAYAT HIDUP..... 207

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tapping and Washing Machine Autoloader	5
Gambar 2.2 A21 Machine	6
Gambar 2.3 Tapping Machine	7
Gambar 2.4 Washing Machine	8
Gambar 2.5 (a) Gantry 1 dan 2. (b) Gantry 3	10
Gambar 2.6 Housing Differential Gear	11
Gambar 2.7 Prinsip Reed Relay	12
Gambar 2.8 Simbol Limit Switch Standar NEMA	13
Gambar 2.9 Motor 3 Fasa	14
Gambar 2.10 Solenoid Valve	15
Gambar 2.11 Double Acting Cylinder	15
Gambar 2.12 Signal Tower	16
Gambar 2.13 Komponen Dasar PLC	17
Gambar 2.14 PLC OMRON CP1E N30SDR-A	19
Gambar 2.15 CX-Designer	19
Gambar 2.16 State Diagram	20
Gambar 2.17 Langkah Pengerjaan State Diagram [11]	20
Gambar 2.18 Pembuatan State Diagram I/O	22
Gambar 2.19 Pembuatan State Diagram R/O	26
Gambar 2.20 Contoh State Diagram R/O	27
Gambar 2.21 Contoh Konversi State Diagram ke Ladder Diagram	29
Gambar 3.1 State diagram I/O sub proses 21	75
Gambar 3.2 State Diagram R/O Sub Proses 21	76
Gambar 3.3 Konstruksi Ladder Diagram Sub Proses 21	77
Gambar 4.1 Full System	84
Gambar 4.2 A21 Machine	85
Gambar 4.3 B23 Machine	86
Gambar 4.4 C2 Machine	87
Gambar 4.5 3D C2 Machine	87
Gambar 4.6 Simulasi Kondisi Awal Plant	88
Gambar 4.7 Simulasi Gantry 2 di Mesin B23	88
Gambar 4.8 Simulasi Limit Switch Loading Pos B23 Aktif	89
Gambar 4.9 Simulasi Gantry 2 Down	90

Gambar 4.10	Simulasi Gantry 2 Clamp.....	91
Gambar 4.11	Simulasi Gantry 2 Up	92
Gambar 4.12	Simulasi Gantry 2 Reed Switch Up Aktif.....	93
Gambar 4.13	Grafik Data Uji Coba.....	96

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pendeskripsi Urutan Proses	21
Tabel 2.2 Pendeskripsi Input.....	21
Tabel 2.3 Pendeskripsi Output.....	21
Tabel 2.4 Primitive Flow Table	22
Tabel 2.5 Pengisian Kolom Input	23
Tabel 2.6 Penggabungan Baris Merged Flow Table.....	24
Tabel 2.7 Hasil Penggabungan Baris Merged Flow Table	25
Tabel 2.8 Merged Flow Table dengan Relay.....	25
Tabel 3.1 Input Sistem.....	31
Tabel 3.2 Output Sistem	38
Tabel 3.3 Pendeskripsi Urutan Proses	57
Tabel 3.4 Pendeskripsi Input dan Output.....	71
Tabel 3.5 Pembuatan State Diagram I/O	74
Tabel 3.6 Primitive Flow Table Sub Proses 21	75
Tabel 3.7 Merged Flow Table Sub Proses 21	76
Tabel 4.1 Alamat I/O Sistem	79
Tabel 4.2 Data Uji Coba 10 Siklus	95

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 1

PENDAHULUAN

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

1.1 Latar Belakang

Industri manufaktur mempunyai kegiatan utama yaitu mengubah bahan baku atau bahan setengah jadi menjadi barang jadi yang memenuhi standar spesifikasi. Manufaktur mempunyai beberapa proses, diantaranya proses pemilihan bahan, proses penyortiran komponen, dan proses perakitan. Lamanya waktu yang dibutuhkan dalam tiap proses jika dikerjakan secara manual dapat menghambat target waktu produksi yang mengakibatkan kerugian pada pihak industri. Dalam rangka mencegah terjadinya hal tersebut, pihak industri membutuhkan sistem otomasi untuk meningkatkan produktivitas dan efektivitas dalam pengerjaan proses.

Tapping and washing machine autoloader plant adalah salah satu sistem otomasi di sebuah industri. *Autoloader* merupakan sistem yang berfungsi untuk memasukkan, mengeluarkan, serta memindahkan material atau barang jadi dari mesin satu ke mesin lainnya. Terdapat beberapa proses yang terjadi pada *plant* ini, diantaranya proses pembersihan benda kerja setelah dilakukan proses pemesinan, proses *tapping* pada bagian *housing end* kanan dan kiri, dan yang terakhir adalah proses *washing* bagian dalam dan bagian luar *housing* setelah proses *tapping* dilakukan. Sistem otomasi pada *plant* ini menggunakan pusat kendali yang sering digunakan pada sistem otomasi pada umumnya yaitu sebuah alat yang disebut *PLC (Programmable Logic Controller)*.

Programmable Logic Controller (PLC) adalah suatu teknologi yang mampu melaksanakan suatu pekerjaan secara terprogram dengan akurat, tanpa menggunakan bantuan manusia. PLC bekerja dengan cara menerima suatu masukan dari luar dan mengolah masukan tersebut dengan keluaran yang telah terprogram. PLC menggunakan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi yang melaksanakan fungsi-fungsi khusus, seperti logika pewaktuan, sekuensial dan aritmatika yang dapat mengendalikan suatu mesin atau proses melalui modul-modul I/O

baik analog maupun digital. *Ladder Diagram* adalah salah satu bahasa pemrograman PLC yang menggambarkan program dalam bentuk grafis. Diagram ini dikembangkan dari kontak-kontak *relay* yang terstruktur yang menggambarkan aliran arus listrik.

Proses pada *tapping and washing machine autoloader plant* memiliki banyak langkah (*sequence*) yang harus dilalui sehingga untuk mempermudah perancangan konstruksi *ladder diagram* perlu metode khusus sebagai acuan pembuatan program dan sebagai referensi apabila terjadi *troubleshoot*. Selain itu, penggunaan metode khusus diharapkan dapat meminimalkan program serta membuat konstruksi *ladder diagram* menjadi lebih terstruktur dan sistematis.

1.2 Perumusan Masalah

Perancangan desain *ladder diagram* pada *tapping and washing machine autoloader plant* terbilang kompleks dalam pembuatan dan *problem solving* jika hanya menggunakan logika perorangan. Pada tugas akhir ini, hal yang menjadi fokus permasalahan adalah perancangan konstruksi *ladder diagram* dengan menggunakan metode khusus pada proses otomasi *tapping and washing machine autoloader plant*.

1.3 Batasan Masalah

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

- a. Batasan *plant* yang digunakan hanya pada *tapping and washing machine autoloader*
- b. Metode yang digunakan dalam penyelesaian Tugas Akhir hanya metode *State Diagram*
- c. Tidak membahas prinsip kerja masing-masing perangkat secara detail.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah Mengaplikasikan metode *State Diagram* pada PLC dengan melakukan desain *ladder diagram* untuk *logic sequence* dari *tapping and washing machine autoloader plant*.

1.5 Metodologi

Dalam penelitian tugas akhir ini menggunakan metode *State Diagram* sehingga diperlukan suatu tahapan yang merepresentasikan urutan yang harus dilaksanakan agar sesuai dengan tujuan penelitian. Tahapan tersebut ialah sebagai berikut:

1. Studi Literatur
Studi literatur dilakukan untuk memahami serta menguasai bahasan terkait tugas akhir yang bersumber dari buku, *paper*, ataupun jurnal. Hal – hal yang terkait yaitu:
 - a. Identifikasi *tapping and washing machine autoloader plant*.
 - b. Konsep pemodelan menggunakan *State Diagram*
 - c. Konsep pemrograman *ladder diagram* menggunakan PLC Omron
2. Pemodelan Sistem
Pemodelan sistem terdiri dari identifikasi *input output plant* untuk memudahkan dalam melakukan perancangan *ladder diagram*. Kemudian dilakukan konstruksi *ladder diagram* dengan menggunakan metode *State Diagram*. Setelah *ladder diagram* didapatkan, dilakukan perancangan *Human Machine Interface* untuk menampilkan kondisi *plant* saat proses sistem sedang berlangsung.
3. Simulasi dan Analisis
Simulasi dan analisis diperlukan untuk finalisasi apakah rancangan *ladder diagram* sudah sesuai dengan yang diharapkan.
4. Penyusunan Laporan Tugas Akhir
Keseluruhan proses dan hasil penggerjaan disusun menjadi laporan tugas akhir yang terdiri dari bab pendahuluan, dasar teori, perancangan sistem, implementasi, dan penutup.

1.6 Sistematika

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

Bab I Pendahuluan

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

Bab II Dasar Teori

Bab ini membahas tinjauan pustaka yang membantu penelitian, di antaranya adalah teori yang mendasari perancangan tugas akhir ini, meliputi pembahasan tentang *tapping and washing machine autoloader plant*. Pengenalan unit-unit, serta teori otomasi sistem tentang pemrograman *ladder diagram* dengan metode *State Diagram* pada PLC.

Bab III Perancangan Sistem

Bab ini membahas perancangan *ladder diagram* dengan metode *State Diagram* yang berupa pendeskripsi urutan proses, pendeskripsi *input output*, pembuatan *State Diagram I/O*, penyusunan *primitive flow table*, penyusunan *merged flow table*, pembuatan *State Diagram R/O*, dan pembuatan *Human Machine Interface (HMI)*.

Bab IV Implementasi dan Pengujian

Bab ini memuat prosedur pengujian dan implementasi dari *ladder diagram* yang telah dibuat dan diuji menggunakan HMI.

Bab V Penutup

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

1.7 Relevansi

Tapping and washing machine autoloader plant mempunyai proses memasukkan, mengeluarkan, serta memindahkan barang jadi dari mesin satu ke mesin lainnya yang dilakukan dengan menggunakan *Programmable Logic Controller (PLC)* Omron. Metode *State Diagram* dirancang untuk membuat konstruksi *ladder diagram* agar lebih terstruktur sehingga dapat memudahkan dalam melakukan *problem solving*. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk pihak perusahaan maupun mahasiswa yang sedang mendalami serta mempelajari tentang penyerdehanaan jumlah *relay* pada suatu *plant*.

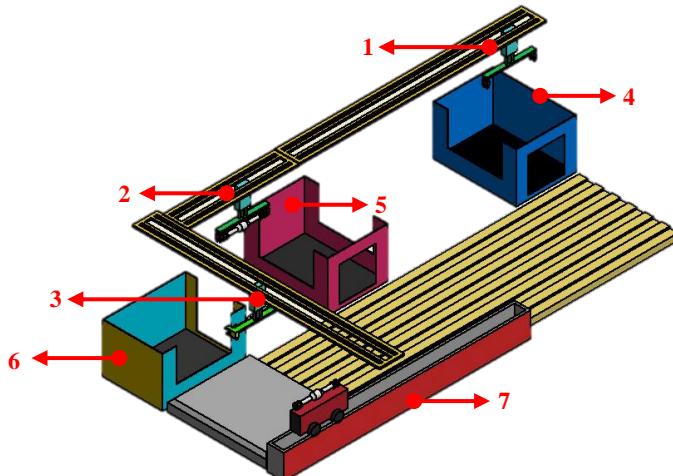
BAB 2

DASAR TEORI

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

2.1 *Tapping and Washing Machine Autoloader Plant*

Tapping and washing machine autoloader plant merupakan sebuah *plant* yang berada di industri manufaktur. *Plant* ini memproduksi benda kerja berupa *housing differential gear*, dimana terdapat beberapa tahapan proses yang harus dilalui, diantaranya adalah *start position* (A21), *tapping machine* (B23), *washing machine* (C2) dan *conveyor*. Serta terdapat sebuah sistem otomasi hasil modifikasi mesin berupa *autoloader*. *Autoloader* merupakan sistem yang berfungsi untuk memasukkan, mengeluarkan, serta memindahkan material atau barang jadi dari mesin satu ke mesin lainnya. *Autoloader* terdiri dari *gantry* yang berfungsi untuk menjepit dan mendistribusikan benda kerja. Visualisasi dari *tapping and washing machine autoloader plant* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



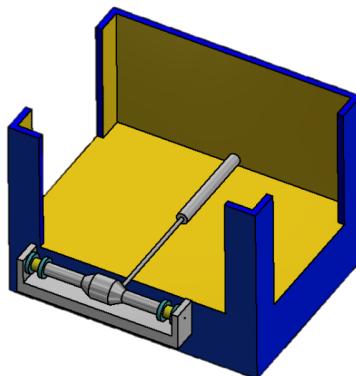
Gambar 2.1 *Tapping and Washing Machine Autoloader*

Bagian dari *tapping and washing machine autoloader plant* dapat dilihat sebagai berikut:

1. *Gantry 1*
2. *Gantry 2*
3. *Gantry 3*
4. *Start position (A21)*
5. *Tapping machine (B23)*
6. *Washing machine (C2)*
7. *Conveyor*

2.1.1 Start Position (A21)

Area A21 merupakan *start position* dimana pada area ini benda kerja akan dibawa menuju ke *tapping machine*, namun harus dilakukan pembersihan secara manual terlebih dahulu oleh operator dari sisa-sisa kotoran di proses sebelumnya. Setelah benda kerja dibersihkan, benda kerja diletakkan di pengangkut benda kerja. Terdapat dua buah *limit switch* yang berfungsi untuk mendeteksi letak pengangkut benda kerja. Masing-masing *limit switch* diletakkan di luar mesin dan di dalam mesin A21. Pada saat pengangkut benda kerja berada di luar mesin, operator menekan tombol *start* yang membuat *ejector* A21 membawa benda kerja masuk ke dalam area A21. *Gantry 1* nantinya akan menjepit bagian kanan dan kiri dari benda kerja lalu membawanya menuju *tapping machine* (B23). Hal ini membuat *ejector* A21 untuk kembali ke luar mesin. Visualisasi *start position* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 A21 Machine

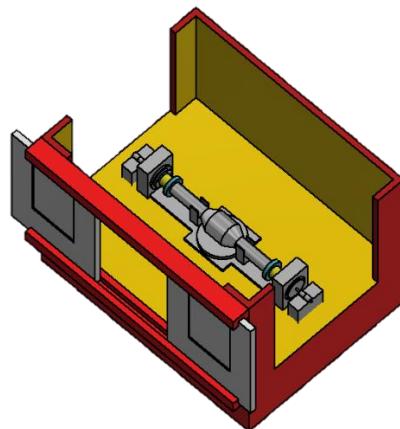
Komponen-komponen yang terdapat pada *start position* sebagai berikut:

1. *Push button*
2. *Limit switch*

2.1.2 Tapping Machine (B23)

Tapping machine adalah sebuah mesin yang berfungsi untuk melakukan proses pembuatan ulir pada material dimana benda kerja yang diproses adalah sebuah *housing* dari salah satu *differential gear*.

Di *tapping machine* terdapat *coolant* yang berfungsi sebagai pendingin. Hal ini untuk mencegah terjadinya panas berlebih pada benda kerja dan mesin saat melakukan proses penguliran. Terdapat pintu di *tapping machine* yang berfungsi untuk mencegah serpihan hasil penguliran agar tidak membahayakan operator. Saat pintu mesin tertutup, benda kerja dijepit oleh *clamp* di B23 agar saat dilakukan penguliran, benda kerja tidak berpindah posisi. Proses ini dilakukan pada bagian *end housing* yang terletak di kedua ujung lengan dari *housing differential gear*. Setelah proses dilakukan, pintu dari B23 dan *Gantry 2* menjepit benda kerja lalu membawanya menuju *washing machine*. Visualisasi *tapping machine* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Tapping Machine

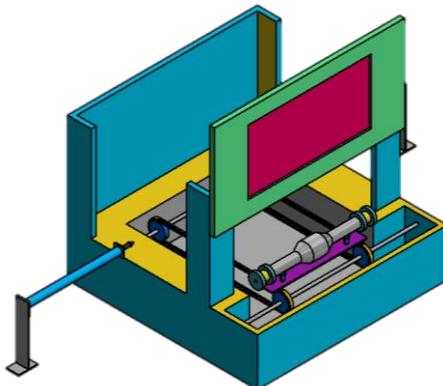
Komponen-komponen yang terdapat pada *tapping machine* sebagai berikut:

1. Reed switch
2. Limit switch

2.1.3 Washing Machine (C2)

Washing machine adalah sebuah mesin yang berfungsi untuk melakukan pembersihan bagian luar dan bagian dalam benda kerja dari sisa-sisa proses *tapping*. Proses pembersihan dilakukan dengan cara menyemprotkan air ke bagian dalam maupun bagian luar dari benda kerja. Bagian dalam benda kerja disemprot dengan menggunakan sebuah silinder yang bekerja secara keluar-masuk melalui *end housing*.

Benda kerja yang sudah diletakkan di *ejector C2* oleh *Gantry 2*, akan dilakukan penyemprotan udara bertekanan yang dilakukan oleh *air compressor* selama 3 detik. Kompresor berfungsi untuk membersihkan benda kerja dari serpihan kotoran hasil pengeboran dan penguliran di *tapping machine*. Saat benda kerja berada di dalam mesin, silinder *washing* bagian kanan dan kiri akan menyemprotkan air dengan gerakan *forward* dan *reverse* sebanyak dua kali. Setelah melakukan proses pembersihan, *gantry 3* menjepit benda kerja dan membawanya menuju *conveyor*. Visualisasi *washing machine* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Washing Machine

Komponen-komponen yang terdapat pada *washing machine* sebagai berikut:

1. Reed switch
2. Limit switch

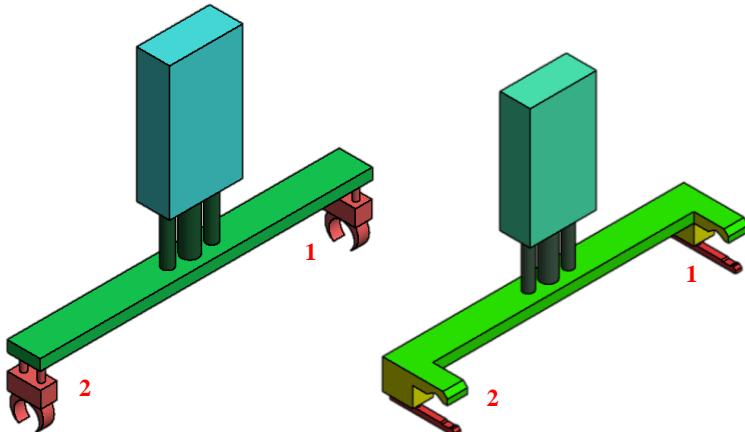
3. Silinder pneumatik

2.1.4 Conveyor

Conveyor berfungsi untuk membawa benda kerja menuju *finish position*. Terdapat 4 buah *limit switch* yang berfungsi sebagai pembacaan posisi benda kerja di *conveyor*. *Gantry* 3 meletakkan benda kerja di *box pengangkut* yang berada di *conveyor*. Ketika benda kerja mencapai *finish position*, operator akan melakukan pembersihan secara manual menggunakan udara bertekanan yang disemprotkan ke benda kerja. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir jumlah air yang tersisa di proses sebelumnya. Saat operator menekan tombol *finish* yang berada di rel *conveyor*, *conveyor* akan kembali ke posisi semulanya. Komponen yang terdapat pada *conveyor* adalah *limit switch* dan *push button*.

2.1.5 Gantry

Gantry adalah media yang digunakan untuk menjepit, mengambil, serta memindahkan benda kerja dari tempat asal ke tempat tujuan. *Gantry* pada dasarnya bergerak secara horizontal di sepasang rel. Rel *gantry* sendiri mempunyai 7 *limit switch* diantaranya adalah *limit switch loading pos asal*, *slow loading pos asal*, *slow waiting 1*, *waiting loading pos asal* ke *loading pos tujuan*, *slow waiting 2*, *slow loading pos tujuan*, dan *limit switch loading pos tujuan*. Ketujuh *limit switch* tersebut berfungsi untuk mengatur kecepatan dari motor *gantry*. Sedangkan komponen yang terdapat pada *gantry* adalah *reed switch* sebanyak 6 buah, diantaranya adalah *reed switch clamp left* dan *right hand*, *unclamp left right* dan *left hand*, *up*, dan *down*. Visualisasi dari *gantry* dan rel *gantry* dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 (a) *Gantry 1* dan 2. (b) *Gantry 3*

Bagian-bagian yang terdapat pada *gantry* dapat dilihat sebagai berikut:

1. *Clamp/unclamp right hand*
2. *Clamp/unclamp left hand*

2.1.6 Benda Kerja

Benda kerja pada *tapping and washing machine autoloader plant* yaitu berupa *housing differential gear*. *Differential gear* merupakan pengaturan roda gigi dari tenaga mesin yang ditransmisikan ke sepasang roda penggerak dengan gaya yang diberikan sama besar namun dapat mengikuti lintas jalur dengan panjang yang berbeda. Misalnya, saat berbelok atau melintasi jalan yang tidak rata. Di jalan lurus, roda berputar dengan kecepatan yang sama, namun ketika berbelok, roda luar akan memiliki jarak yang lebih jauh dan akan berputar lebih cepat dari roda bagian dalam. *Differential gear* biasa digunakan pada kendaraan beroda. *Housing differential gear* dibutuhkan untuk melindungi *differential gear* itu sendiri. Bentuk dari *housing differential gear* dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 Housing Differential Gear

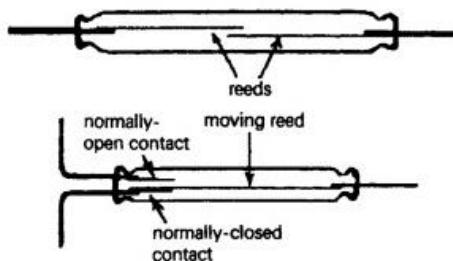
2.1.7 Reed Switch [1]

Reed switch banyak digunakan untuk pensaklaran sinyal, khususnya pada frekuensi sinyal yang lebih rendah. Daya tarik utama dari *reed switch* adalah kontaknya tertutup sehingga tidak dapat rusak di lingkungan yang ekstrim. Selain itu, sakelar dioperasikan secara magnetis baik oleh koil *solenoid* atau magnet permanen, sehingga memungkinkan kendali jarak jauh dan kapasitansi variabel ke operator tidak menjadi kendala. Dalam hal ini, *reed switch* biasanya digunakan sebagai sakelar sekunder atau *relay* dimana arus operasi ke koil biasanya akan dikontrol oleh sakelar lain. *Reed switch* umumnya digolongkan sebagai *relay* untuk keperluan katalogisasi komponen elektronik.

Reed switch dapat dipasang langsung pada PCB di dalam rangkaian, bahkan di tempat yang tidak dapat diakses, dan dioperasikan dari segala jenis saklar tegangan rendah konvensional pada panel. Hal ini untuk menghindari terjadinya masalah pemindahan kabel sinyal ke sakelar yang dipasang di panel dan sebaliknya. Tabel 2.1 merupakan petunjuk internasional untuk pengaturan *reed* kontak *relay*.

Prinsip dasar *reed switch* diilustrasikan pada Gambar 2.7. Logam tipis disegel di dalam tabung kaca, dan ditekuk sehingga membuat kontak karena efek medan magnet. Biasanya susunan kontaknya adalah *normally open* (NO) atau *change-over*, dan bagian *reed* sering ditentukan secara terpisah dari kumparan atau magnet penggerak. Penggunaan koil *solenoid* biasa digunakan untuk jenis operasi *relay*, sedangkan penggunaan magnet permanen digunakan untuk operasi mekanis (dengan menggerakkan magnet dari tabung *reed* atau sebaliknya) yang dapat dibuat khusus

tergantung keperluannya. Pada dasarnya jarak magnet adalah dari 7-11 mm untuk mengoperasikan *reed* dan 13-16 mm untuk melepaskan, maka jarak kisaran 5-20 mm biasanya akan digunakan untuk memastikan pembukaan dan penutupan dari sirkuit *reed*. Penggunaan *reed* yang dominan, bagaimanapun, adalah dengan *solenoid*, yaitu menggunakan hingga 100 ampere untuk mengoperasikan *reed*.



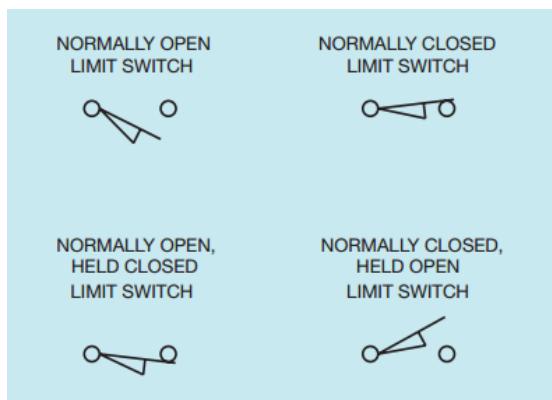
Gambar 2.7 Prinsip Reed Relay

Salah satu fitur penting dari penggunaan *reed switch* adalah waktu *switching* yang cepat. Membutuhkan waktu sekitar 1-2 ms untuk tersambung, dan sekitar 0,2 ms untuk *break*, dengan frekuensi resonansi *reed* sekitar 800-2500 Hz. Kecepatan pergantian yang cepat tidak selalu merupakan fitur penting dari sinyal *switch*, tetapi jika sinyal harus disampel atau jika harus ada peralihan dari satu sumber sinyal ke interval lainnya secara berkala, maka jenis *reed switch* memiliki aplikasi yang cukup besar. Pertimbangan lebih lanjut yang penting untuk frekuensi tinggi atau kecepatan sinyal *rise-time* adalah kapasitansi yang sangat rendah antara kontak terbuka, yang bisa kurang dari 1 pF untuk jenis *reed* yang *normally open*.

Fitur lain dari *reed switch* adalah resistansi isolasi yang tinggi (karena penggunaan enkapsulasi kaca), dengan urutan 100.000 M Ω , dan tegangan tembus tinggi setidaknya 200 V. Arus pengoperasian sangat tinggi sekitar 0.25-2 A. Hal ini terutama karena tipe *reed relay* tidak memungkinkan untuk membuat sirkuit magnet, kebanyakan koil *reed operating* tidak menggunakan bahan inti magnetic apapun.

2.1.8 Limit Switch [2]

Limit switch digunakan untuk mendeteksi keadaan suatu objek di lokasi tertentu. Objek tersebut akan mengenai *bumper arm* milik saklar hingga tertekan dan menghasilkan suatu aksi. *Limit switch* memiliki beberapa jenis diantaranya adalah *normally open*, *normally close*, *momentary contacted*, dan *maintained contacted*. Jenis *normally open* bekerja dengan cara menghubungkan arus listrik dari satu bagian ke bagian yang lain apabila bumper arm dalam keadaan kontak. Sedangkan *normally close* merupakan kebalikan dari *normally open*. Berikut adalah simbol untuk *limit switch normally open* dan *normally close* berdasarkan standar NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*), dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut.



Gambar 2.8 Simbol *Limit Switch* Standar NEMA

2.1.9 Motor Tiga Fasa [3]

Pada dasarnya motor tiga fasa mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor ini masuk kedalam jenis motor induksi. Motor tiga fasa terdiri dari dua komponen utama yaitu stator dan rotor. Stator merupakan bagian motor yang dalam keadaan diam saat motor beroperasi, sedangkan rotor merupakan bagian yang berputar. Stator dialiri dengan arus bolak-balik, hal ini menghasilkan medan magnet sehingga lilitan kawat tembaga dan medan magnet tersebut akan menginduksi tegangan pada rotor yang mengakibatkan rotor bergerak sesuai dengan resultan gaya yang dihasilkan. Arus pada rotor juga

menghasilkan suatu medan magnet, maka interaksi medan magnet pada rotor dan stator akan menghasilkan torsi dan menggerakan rotor. Pada *plant* ini, motor tiga fasa digunakan untuk menggerakan *gantry*, *conveyor*, dan memasukkan benda kerja ke dalam mesin C2. Bentuk dari motor 3 fasa dapat dilihat pada Gambar 2.9 berikut.



Gambar 2.9 Motor 3 Fasa

2.1.10 Solenoid Valve [2]

Solenoid valve mempunyai dua bagian yang berbeda, yaitu bagian elektrik dan bagian valve. Bagian elektrik terdiri dari kumparan kawat yang menyuplai medan elektromagnetik yang mengoperasikan *plunger*. Ketika kumparan *solenoida* energized, *plunger* ditarik ke dalam kumparan. *Solenoid valve* dapat membuka atau menutup ketika energized ataupun de-energized, hal ini tergantung tipe dari *solenoid valve* itu sendiri. Jika tipe *solenoid valve* adalah *normally closed*, katup akan membuka saat *solenoida* energized dan *plunger* akan kembali ke posisi normalnya saat de-energized.

Solenoid valve yang digunakan pada *plant* ini adalah tipe *5/2 way double pilot*, yaitu memiliki dua buah ruang bagian kanan dan kiri dengan lima buah lubang yang berbeda. Jenis *solenoid valve* ini mempunyai dua *output* dimana tiap *output* memiliki *solenoidnya* masing-masing. Ketika *solenoid* diberi *input* kemudian tegangan dan arusnya dimatikan, *output* tekanan pneumatik masih berada di posisi saat *solenoid* diberi *input* sehingga *plunger* tidak kembali ke posisi semulanya. Bentuk dari *solenoid valve* *5/2 way double pilot* dapat dilihat pada Gambar 2.10

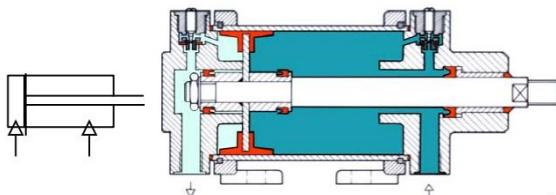


Gambar 2.10 Solenoid Valve

2.1.11 Silinder Pneumatik [4]

Silinder pneumatik merupakan perangkat mekanis yang menggunakan udara bertekanan sebagai penghasil energi mekanis. Umumnya silinder ini digunakan untuk mendorong suatu objek.

Silinder yang digunakan pada *plant* ini adalah *double acting cylinder*. Silinder ini mendapat suplai udara bertekanan dari dua sisi sehingga dapat memberikan tenaga di kedua sisinya. Silinder akan maju atau mundur karena adanya udara bertekanan yang disalurkan di salah satu sisinya secara bergantian. Berikut adalah bentuk dari *double acting cylinder* dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Double Acting Cylinder

2.1.12 Signal Tower [5]

Signal tower biasanya digunakan di perusahaan manufaktur. *Signal tower* ini berfungsi untuk memberi tahu operator atau teknisi mengenai keadaan, status, maupun kondisi spesifikasi dari suatu mesin pada saat beroperasi ataupun tidak. Keadaan atau status dari mesin dapat diketahui melalui lampu indikator. Lampu indikator ini mempunyai warna yang berbeda-beda dimana masing-masing warna memiliki maknanya sendiri. Tidak ada aturan khusus dalam penggunaan warna di *signal tower*, namun

secara umum warna-warna yang digunakan adalah warna merah yang mengindikasikan adanya *trouble* di mesin sehingga harus dilakukan *shutdown*, warna kuning menandakan adanya kondisi yang perlu diwaspadai, warna hijau mengindikasikan mesin bekerja dengan normal, warna biru menandakan mesin harus dilakukan *maintenance*, dan warna putih merupakan keadaan tertentu tergantung dari fungsi mesin itu sendiri. Bentuk dari *signal tower* dapat dilihat pada Gambar 2.12 berikut.



Gambar 2.12 *Signal Tower*

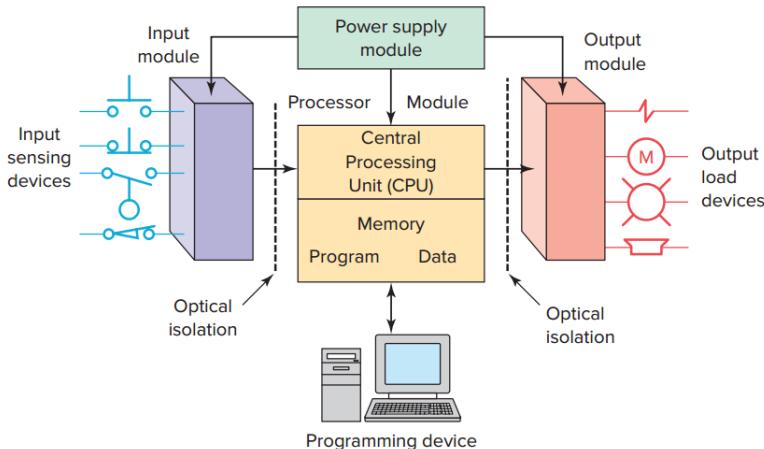
2.2 Programmable Logic Controller [6]

Programmable Logic Controller (PLC) adalah komputer kelas industri yang mampu diprogram untuk melakukan fungsi kontrol. Perangkat tersebut telah mengganti *hardwiring* dengan kontrol *relay* konvensional. Manfaat lain menggunakan PLC yaitu respon terbilang cepat, mudah dalam melakukan pemrograman dan instalasi, kecepatan kontrol yang tinggi, kompatibilitas jaringan, dan kenyamanan dalam melakukan *troubleshooting*. PLC didesain untuk pengaturan *multiple input* dan *output*, tahan terhadap kebisingan listrik, dan tahan terhadap getaran.

PLC didesain untuk dioperasikan di kawasan industri serta memiliki antarmuka *input/output* dan bahasa pemrograman yang spesial. Sebelumnya, PLC hanya digunakan untuk menggantikan logika *relay*, namun seiring berjalannya waktu dan fungsi kebutuhan di industri meningkat, PLC kini dapat melakukan pengaplikasian lain seperti *timing*, *counting*, *calculating*, *comparing*, dan memproses sinyal analog.

2.2.1 Komponen Dasar PLC

PLC terdiri dari beberapa komponen dasar, diantaranya adalah modul *input/output*, *Power supply*, *central processing unit* (CPU), dan modul komunikasi. Komponen dasar pada PLC secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.13 berikut.



Gambar 2.13 Komponen Dasar PLC

2.2.1.1 Modul Input/Output

Modul ini menerima sinyal elektrik dari *input* dalam bentuk fisik berupa sensor, *push button*, dan *limit switch* yang dihubungkan ke terminal *input* di PLC. Nantinya sinyal tersebut diproses di PLC dan dialirkan ke *output* fisik seperti motor, *solenoid valve*, dan lampu indikator yang terhubung ke terminal *output* pada PLC. Setiap *input* dan *output* memiliki alamat khusus untuk mempermudah dalam melakukan pemantauan. Pada umumnya modul ini sudah terpasang secara internal di dalam PLC dengan ukuran yang *compact*. Modul ini disebut dengan *fixed I/O*, sedangkan untuk *input* dan *output* yang terpisah dari CPU disebut dengan *modular I/O*.

2.2.1.2 Power Supply

Power supply menyuplai tegangan listrik yang dihubungkan ke CPU. Daya untuk PLC dapat berupa tegangan DC sebesar 24 VDC dan tegangan AC sebesar 120/140 VAC. PLC sendiri memiliki *power supply*

internal sebesar 24 VDC yang berfungsi untuk mengalirkan tegangan ke peralatan *input* dan *output* PLC.

2.2.1.3 Central Processing Unit (CPU)

CPU merupakan otak dari PLC. Umumnya prosesor ini terdiri dari mikroprosesor untuk mengimplementasikan logika dan mengontrol komunikasi antar modul. Prosesor memerlukan memori untuk menyimpan instruksi program, nilai numerik, dan status perangkat I/O.

CPU mengatur semua aktifitas PLC dan dirancang agar pengguna dapat memasukkan program yang diinginkan dalam logika *ladder relay*. Pemrograman PLC dijalankan sebagai pemindaian proses secara berulang. Pada dasarnya, pemindaian proses dilakukan dengan cara CPU membaca status *input* kemudian program aplikasi dijalankan. Ketika program sudah dijalankan, status dari *output* akan berubah atau diperbarui dan CPU melakukan diagnosa internal. Proses ini berulang secara terus menerus selama PLC dalam mode berjalan.

2.2.1.4 Modul Komunikasi

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

2.3 PLC OMRON CP1E-N30SDR-A [7]

PLC OMRON tipe CP1E N30SDR-A memiliki spesifikasi diantaranya adalah mempunyai jumlah *built in input* sebanyak 18 buah dan *built in output* sebanyak 12 buah. PLC ini memiliki suplai tegangan 100 – 240 VAC dan 24 VDC. Tipe keluaran berupa *relay* dengan kapasitas program 8K *steps*. Arus yang dibutuhkan pada PLC tipe ini adalah 0.21 A untuk tegangan 5 VDC dan 0.07 A untuk tegangan 24 VDC. Bentuk fisik dari PLC OMRON tipe CP1E N30SDR-A dapat dilihat pada Gambar 2.14 berikut.



Gambar 2.14 PLC OMRON CP1E N30SDR-A

2.4 Human Machine Interface

Human Machine Interface (HMI) berfungsi untuk memudahkan operator dalam mengelola proses kontrol mesin menggunakan *graphical user interface* (GUI) [8]. HMI dapat berupa visualisasi status dari proses serta kontroler sistem yang real time secara manual melalui komputer [9]. Dalam melakukan rancangan visualisasi proses diperlukan suatu *software*. *Software* yang digunakan adalah CX-Designer. CX-Designer merupakan salah satu fitur yang berada didalam CX-One yang berfungsi untuk merancang GUI. *Software* ini dapat mewakili suatu ilustrasi dari proses sehingga mempermudah pengguna dalam melakukan *monitoring*.

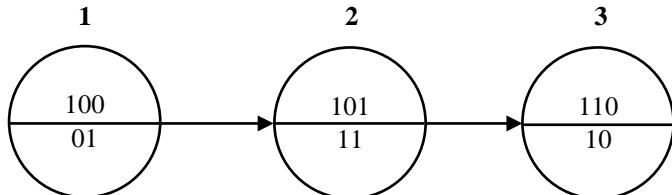


Gambar 2.15 CX-Designer

2.5 State Diagram

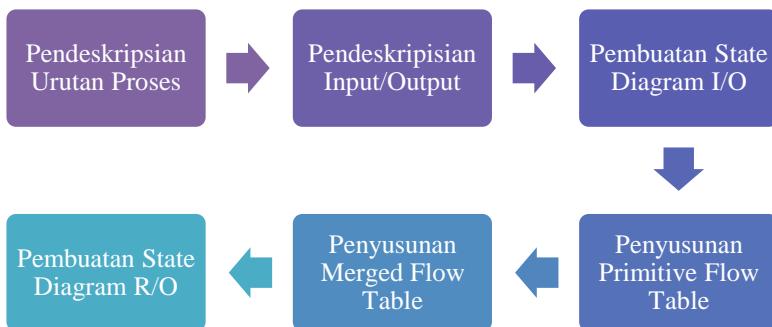
State diagram merupakan sebuah metode yang menggunakan grafik untuk merepresentasikan kejadian ataupun keadaan suatu sistem dalam bentuk lingkaran. Lingkaran tersebut biasa disebut dengan *state* [10].

State berisikan *input* serta *output* suatu sistem yang diwakili dengan bilangan biner seperti pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 *State Diagram*

Dalam pengerjaan, *state diagram* mempunyai langkah – langkah yang harus dilakukan secara berurutan. Berikut adalah *block diagram* dari langkah pengerjaan *state diagram*, dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Langkah Pengerjaan *State Diagram* [11]

2.5.1 Pendeskripsiian Urutan Proses

Langkah pertama yang harus dilakukan pada metode *state diagram* adalah pendeskripsiian urutan proses. Di tahap ini, berisikan penjelasan berupa kondisi *input* dan kondisi *output* apa yang dihasilkan di dalam sebuah *state*. Hal ini mempermudah dalam pembuatan *state diagram* I/O. contoh dari pendeskripsiian urutan proses dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Pendeskripsi Urutan Proses

State	Kondisi Input	Kondisi Output
S	PB <i>Start</i> aktif	Silinder (-) aktif
S+1	LS <i>Rear Ejector A21</i> aktif	<i>Gantry 1 down</i> aktif
:	:	:
S _n	(.....)	(.....)

2.5.2 Pendeskripsi *Input/Output*

Langkah kedua yang perlu dilakukan adalah pendeskripsi *input/output*. Tahap ini berfungsi untuk memberi simbol atau menginisialisasi komponen-komponen *input* dan *output* yang digunakan dalam pembuatan sistem sehingga mempermudah dalam penggeraan *state diagram* nantinya. *Input* akan diberi inisialisasi berupa huruf X₁ hingga X_n, sedangkan *output* akan diberi inisialisasi berupa huruf Z₁ sampai dengan Z_m sesuai dengan kebutuhan sistem yang sedang dirancang. Dalam menginisialisasi *input* dan *output* tidak ada syarat khusus, huruf dapat diganti sesuai keinginan. Contoh pendeskripsi *input* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pendeskripsi *Input*

No	Keterangan Input	Simbol
i	PB <i>Start</i>	X _i
i+1	LS <i>Rear Ejector A21</i>	X _{i+1}
:	:	:
i _n	(.....)	X _n

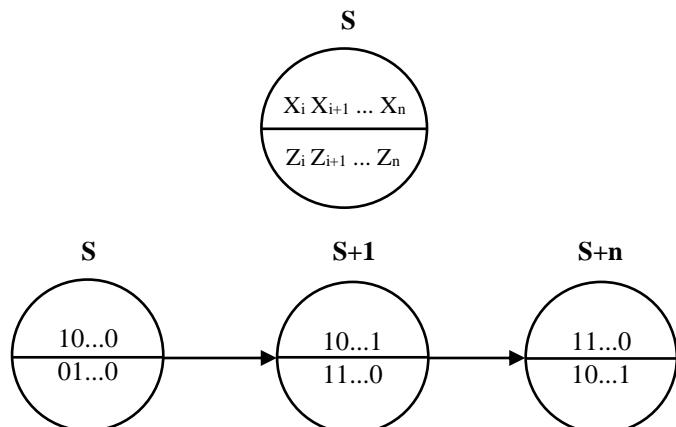
Berikut adalah contoh pendeskripsi *output* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Pendeskripsi *Output*

No	Keterangan Output	Simbol
i	Silinder (-)	Z _i
i+1	<i>Gantry 1 down</i>	Z _{i+1}
:	:	:
i _m	(.....)	Z _m

2.5.3 Pembuatan State Diagram I/O

Langkah ketiga adalah pembuatan *state diagram* berdasarkan *input/output*. Hal pertama yang perlu dilakukan dalam pembuatan *state diagram* adalah membuat lingkaran atau *state*, dimana lingkaran ini merepresentasikan sebuah *state* yang sudah dibuat di langkah pertama, pendeskripsiannya urutan proses. Lingkaran tersebut harus diberi nomor urutan *state* (*S*) sesuai tabel yang sudah dibuat. Di dalam *state* berisikan simbol *input* (*X*) yang diletakkan di bagian atas dan simbol *output* (*Z*) yang diletakkan di bagian bawah. *Input* dan *output* di dalam *state* merupakan bilangan *biner* yang bernilai 0 dan 1. Gambar 2.18 merupakan contoh pembuatan *state diagram* I/O.



Gambar 2.18 Pembuatan State Diagram I/O

2.5.4 Penyusunan Primitive Flow Table

Langkah keempat adalah penyusunan *primitive flow table*. Tabel ini berisi kondisi *input* dan *output* dari *state* yang telah dibuat di langkah sebelumnya. Contoh penulisan *primitive flow table* dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Primitive Flow Table

Row	Inputs $X_i X_{i+1} \dots X_n$				Outputs			
	10...0	10...1	...	11...0	Z_i	Z_{i+1}	...	Z_n

S	S	S+1	-	-	0	1	...	0
S+1	-	S+1	S+2	-	1	1	...	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Sn	-	-	-	Sn	1	0	...	1

Row ditulis berdasarkan urutan *state* yang sudah dibuat di langkah sebelumnya. Kolom *input* ditulis sesuai dengan kelompok bit *input* di setiap *state*. Misal, terdapat tiga *state* dengan *input* 100, 101, dan 110, maka terdapat tiga kolom *input*. Jika terdapat dua atau lebih *state* yang mempunyai kombinasi bit *input* yang sama, maka cukup dimasukkan ke dalam satu kolom. Sedangkan kolom *output* ditulis sesuai dengan satuan bit *output* di tiap *state*. Misal, di dalam *state* terdapat empat bit *output*, maka jumlah kolom untuk *output* sebanyak empat kolom.

Tahap selanjutnya adalah mengisi kolom *input* dengan “*state stabil*”, “*state tidak stabil*” dan “*don't care*” secara berurutan. *State stabil* merupakan *state* yang bit *inputnya* sesuai dengan *state diagram I/O*. pada *state diagram I/O*, *state stabil* adalah nilai *input* yang berada di lingkaran itu sendiri. *State tidak stabil* adalah *state* yang berasal dari *state stabil* menuju ke *state* berikutnya. Perpindahan *state* ini direpresentasikan dengan tanda panah. Contoh, *state S* menuju ke *state S+1*, maka *state S+1* di row *S* adalah *state tidak stabil*. Sedangkan kondisi *don't care* merupakan kondisi yang diabaikan. Dalam mengisi *don't care* yaitu dengan cara memberi tanda “-” di kolom yang tidak terisi *state stabil* maupun *state tidak stabil*. Contoh pengisian kolom *input* dapat dilihat pada Tabel 2.5 dengan keterangan *state stabil* berwarna hijau dan *state tidak stabil* berwarna kuning.

Tabel 2.5 Pengisian Kolom *Input*

Row	Inputs $X_i X_{i+1} \dots X_n$				Outputs			
	10...0	10...1	...	11...0	Z_i	Z_{i+1}	...	Z_n
S	S	S+1	-	-	0	1	...	0
S+1	-	S+1	S+2	-	1	1	...	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Sn	-	-	-	Sn	1	0	...	1

2.5.5 Penyusunan Merged Flow Table

Merged flow table merupakan penyederhanaan dari *primitive flow table*. Cara melakukan penyederhananya yaitu dengan melihat nilai *output* di setiap *state*. Apabila terdapat *state* yang memiliki *output* serupa, maka *state* tersebut dapat digabungkan. Tujuan dari penggabungan ini untuk meminimalkan jumlah *relay* yang akan digunakan. Contoh penggabungan *state* dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Penggabungan Baris Merged Flow Table

Row	Inputs $X_i X_{i+1} \dots X_n$					Outputs			
	10...0	10...1	...	...	11...0	Z_i	Z_{i+1}	...	Z_n
S	S	S+1	-	-	-	0	1	...	0
S+1	-	S+1	S+2	-	-	1	1	...	0
S+2	-	-	S+2	S+3	-	1	1	...	0
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
S_n	-	-	-	-	S_n	1	0	...	1

Pada Tabel 2.6 diatas, *state* S+1 dan *state* S+2 mempunyai nilai *output* yang serupa sehingga dapat digabungkan menjadi satu baris. Dalam melakukan penggabungan, perlu diperhatikan syarat khusus, diantaranya:

1. Jika kondisi *state* stabil dan *state* tidak stabil di dalam satu kolom yang sama, maka baris hasil penggabungan hanya memasukkan kondisi *state* stabil.
2. Jika kondisi *state* stabil dan *don't care* di dalam satu kolom yang sama, maka baris hasil penggabungan hanya memasukkan kondisi *state* stabil.
3. Jika kondisi *state* tidak stabil dan *don't care* di dalam satu kolom yang sama, maka baris hasil penggabungan hanya memasukkan kondisi *state* tidak stabil.
4. Jika terdapat dua kondisi *don't care* di dalam satu kolom yang sama, maka baris hasil penggabungan diisi dengan *don't care*.
5. Jika terdapat dua kondisi *state* stabil dalam satu kolom yang sama, maka *state* tidak dapat digabungkan meskipun memiliki nilai *output* yang sama.

Hasil penggabungan baris *merged flow table* dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Hasil Penggabungan Baris Merged Flow Table

Row	<i>Inputs X_i X_{i+1} ... X_n</i>					<i>Outputs</i>			
	10...0	10...1	...	...	11...0	Z _i	Z _{i+1}	...	Z _n
S	S	S+1	-	-	-	0	1	...	0
S+1	-	S+1	S+2	S+3	-	1	1	...	0
S+2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
S _n	-	-	-	-	S_n	1	0	...	1

Setelah dilakukan penggabungan baris, tahap selanjutnya adalah menentukan *relay*. Jumlah *relay* yang dibutuhkan berbanding lurus dengan jumlah baris yang ada. *Relay* pada *merged flow table* menggunakan teori RS Flip-Flop dimana dalam satu *relay* dapat menampung dua baris atau satu kali perubahan, yaitu perubahan dari bit 0 ke 1 ataupun sebaliknya. Untuk mendapatkan jumlah *relay* harus menerapkan syarat $2^n \geq m$, dimana n adalah jumlah *relay* dan m adalah jumlah baris. Jika baris yang didapatkan sejumlah 4 baris, maka *relay* yang didapatkan adalah 2. Berdasarkan syarat yang tersedia, dapat dituliskan $2^2 \geq 4$.

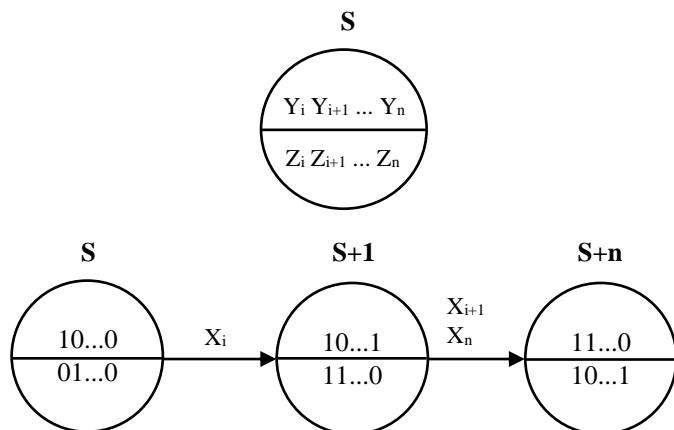
Kombinasi bit pada kolom *relay* harus mengikuti sistem *gray code*, yaitu perubahan yang terjadi dalam satu keadaan hanya berubah satu bit. Hal ini untuk menghindari terjadinya kesalahan pembacaan pada program saat berpindahnya *state* satu ke *state* lainnya. Contoh *merged flow table* dengan *relay* dapat dilihat pada Table 2.8.

Tabel 2.8 Merged Flow Table dengan Relay

Row	<i>Inputs X_i X_{i+1} ... X_n</i>					<i>Outputs</i>				<i>Relay</i>	
	100	101	001	011	110	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Y ₁	Y ₂
1	1	2	-	-	-	0	1	1	0	0	0
2,3	-	2	3	4	-	1	1	0	0	1	0
4	-	-	-	4	5	0	1	0	1	1	1
5	1	-	-	-	5	1	0	1	1	0	1

2.5.6 Pembuatan State Diagram R/O

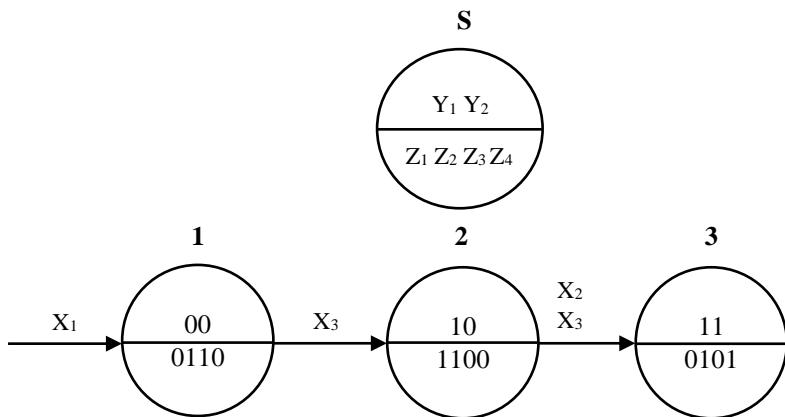
Pembuatan *state diagram* R/O pada dasarnya hampir serupa dengan *state diagram* I/O, yang membedakan adalah isi dari *state* tersebut. Pada *state diagram* R/O, *state* diisi dengan kondisi *relay/output*. Panah yang menunjukkan pergantian *state* diberi informasi berupa *input* apa saja yang mengakibatkan perubahan *state*. Contoh *state diagram* R/O dapat dilihat pada Gambar 2.19 dimana Y adalah simbol *relay*, Z adalah simbol *output*, dan X adalah simbol *input*.



Gambar 2.19 Pembuatan State Diagram R/O

2.6 Konversi State Diagram ke Ladder Diagram

Penerapan *state diagram* R/O ke *ladder diagram* diperlukan untuk menjalankan program di PLC. Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah menentukan *switching function* dari *state diagram* R/O. *Switching function* digunakan untuk mempermudah menerjemahkan *state diagram* ke bentuk *ladder*. Contoh *state diagram* R/O dapat dilihat pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20 Contoh State Diagram R/O

Saat melakukan *switching function*, hal yang perlu ditentukan pertama kali adalah nilai *relay*, dimana pada Gambar 2.20 diatas adalah nilai Y₁ dan Y₂. Perubahan bit *relay* pada setiap *state* perlu diperhatikan agar dapat menentukan nilai *set* dan *reset*. Nilai *set* merupakan perubahan kondisi *relay* dari bit 0 ke bit 1, sedangkan nilai *reset* adalah sebaliknya, yaitu perubahan kondisi *relay* dari bit 1 ke bit 0. Berikut adalah hasil dari *switching function* untuk *relay* Y₁ dan Y₂.

$$Y = (Set + Y) \overline{Reset}$$

$$Y_1 = (X_3 + Y_1) \overline{X_1}$$

$$Y_2 = (X_2 X_3 + Y_2) \overline{X_1}$$

Setelah didapatkan *switching function relay*, selanjutnya adalah menentukan *switching function output* yaitu dengan cara melihat bit Z yang bernilai 1. Contoh pada Gambar 2.20 terdapat empat *output*, pada Z_1 bit yang bernilai 1 berada di *state* 2 dimana *state* tersebut memiliki bit *relay* Y_1 yang bernilai 1 dan Y_2 yang bernilai 0, sehingga dapat ditulis $Z_1 = Y_1 \bar{Y}_2$. Berikut adalah hasil dari *switching function* untuk keempat *output*.

$$Z = Y_a Y_b \dots Y_k$$

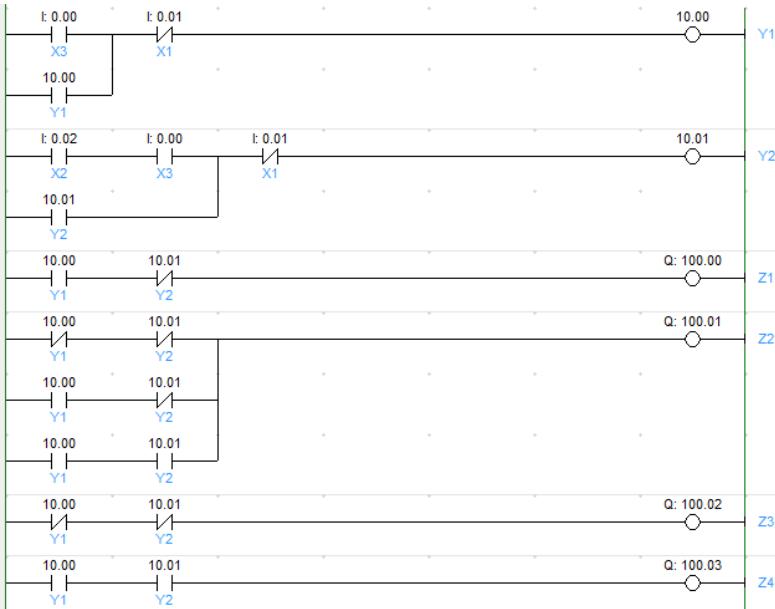
$$Z_1 = Y_1 \bar{Y}_2$$

$$Z_2 = \bar{Y}_1 \bar{Y}_2 + Y_1 \bar{Y}_2 + Y_1 Y_2$$

$$Z_3 = \bar{Y}_1 \bar{Y}_2$$

$$Z_4 = Y_1 Y_2$$

Langkah selanjutnya adalah menerjemahkan *switching function* ke dalam *ladder diagram*. Pada *relay, set* diterjemahkan sebagai *normally open* dan *reset* diterjemahkan sebagai *normally close*. Sedangkan pada *output, relay* yang bernilai bit 1 diterjemahkan sebagai *normally open* dan *relay* yang bernilai 0 diterjemahkan sebagai *normally close*. Hasil dari penerjemahan *switching function* ke *ladder diagram* dapat dilihat pada Gambar 2.21



Gambar 2.21 Contoh Konversi *State Diagram* ke *Ladder Diagram*

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 3

PERANCANGAN SISTEM

Bab ini membahas tentang perancangan sistem meliputi perumusan sistem *tapping and washing machine autoloader plant*, perancangan *state diagram*, dan konstruksi *ladder diagram*.

3.1 Perumusan Sistem *Tapping and Washing Machine Autoloader Plant*

Dalam memahami langkah kerja dari sistem *tapping and washing machine autoloader plant*, perlu mengetahui semua mesin komponen utama serta tata letak posisi sensor dan aktuator yang digunakan. Sensor berperan sebagai *input* sedangkan aktuator berperan sebagai *output*.

3.1.1 I/O Sistem

I/O sistem dapat dirancang berdasarkan perumusan sekuens pada *plant*. Berikut adalah list *input* sistem dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan list *output* sistem dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Input Sistem

No	Input	Keterangan	Fungsi
1	PB START	<i>Start push button</i>	Memberikan sinyal <i>ejector A21 return</i>
2	FEA21	<i>Front ejector A21 limit switch</i>	Memberikan sinyal posisi <i>ejector</i> diluar mesin A21
3	REA21	<i>Rear ejector A21 limit switch</i>	Memberikan sinyal posisi <i>ejector</i> didalam mesin A21
4	RS G1UP	<i>Gantry 1 up reed switch</i>	Memberikan sinyal posisi <i>gantry 1 Up</i>
5	RS G1DOWN	<i>Gantry 1 down reed switch</i>	Memberi sinyal posisi <i>gantry 1 Down</i>
6	RS G1UC Rh	<i>Gantry 1 right hand unclamp reed switch</i>	Memberi sinyal kondisi lengan kanan <i>gantry 1 Unclamp</i>
7	RS G1UC Lh	<i>Gantry 1 left hand unclamp reed switch</i>	Memberi sinyal kondisi lengan kiri <i>gantry 1 Unclamp</i>

No	Input	Keterangan	Fungsi
8	RS G1C Rh	<i>Gantry 1 right hand clamp reed switch</i>	Memberi sinyal kondisi lengan kanan <i>gantry 1 Clamp</i>
9	RS G1C Rh	<i>Gantry 1 left hand clamp reed switch</i>	Memberi sinyal kondisi lengan kiri <i>gantry 1 Clamp</i>
10	LS LOADPOSA21	<i>Loading post A21 limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 1</i> berada diposisi <i>loading pos A21</i>
11	LS SLOWLPA21	<i>Slowed loading post A21 limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 1</i> berada diposisi <i>slow loading pos A21</i>
12	LS SLOW WG1(1)	<i>Gantry 1 Slowed Waiting post 1 limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 1</i> berada pada posisi <i>slow waiting pos 1</i>
13	LS WAITA21-B23	<i>Gantry 1 Waiting post A21-B23 limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 1</i> berada pada posisi <i>waiting pos</i>
14	LS SLOW WG1(2)	<i>Gantry 1 Slowed Waiting post 2 limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 1</i> berada pada posisi <i>slow waiting pos 2</i>
15	RS SLOWLPB23	<i>Gantry 1 Slowed loading post B23 limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 1</i> berada diposisi <i>slow loading pos B23</i>
16	LS LOADPOSB23 G1	<i>Gantry 1 Loading post B23 limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 1</i> berada diposisi <i>loading pos B23</i>
17	LS SBKB23	<i>B23 working unit limit switch</i>	Memberi sinyal kondisi benda pada mesin B23
18	LS LOADPOSB23 G2	<i>Gantry 2 Loading post B23 limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 2</i> berada diposisi <i>loading pos B23</i>
19	LS DOORCLOSE B23	<i>B23 door closed limit switch</i>	Memberikan tanda posisi pintu sedang tertutup
20	LS DOOROPEN B23	<i>B23 door opened limit switch</i>	Memberikan tanda posisi pintu sedang terbuka
21	RS B23UC Rh	<i>B23 right hand unclamp reed switch</i>	Membaca kondisi <i>Unclamp</i> pada mesin B23 sebelah kanan

No	Input	Keterangan	Fungsi
22	RS B23UC Lh	B23 <i>left hand unclamp reed switch</i>	Membaca kondisi <i>Unclamp</i> pada mesin B23 sebelah kiri
23	RS B23C Rh	B23 <i>right hand clamp reed switch</i>	Memberikan sinyal kondisi <i>Clamp</i> pada mesin B23 sebelah kanan
24	RS B23 Lh	B23 <i>left hand clamp reed switch</i>	Memberikan sinyal kondisi <i>Clamp</i> pada mesin B23 sebelah kiri
25	RS SILINDERB23 MAX Rs	B23 <i>right side cylinder max reed switch</i>	Memberikan tanda bahwa posisi silinder mesin tapping b23 sebelah kanan pada posisi maksimum
26	RS SILINDERB23 MAX Ls	B23 <i>left side cylinder max reed switch</i>	Memberikan tanda bahwa posisi silinder mesin tapping b23 sebelah kiri pada posisi maksimum
27	RS SILINDERB23 MIN Rs	B23 <i>right side cylinder min reed switch</i>	Memberikan tanda bahwa posisi silinder mesin tapping b23 sebelah kanan pada posisi minimum
28	RS SILINDERB23 MIN Ls	B23 <i>left side cylinder min reed switch</i>	Memberikan tanda bahwa posisi silinder mesin tapping b23 sebelah kiri pada posisi minimum
29	RS G2UP	<i>Gantry 2 up reed switch</i>	Memberi sinyal posisi <i>gantry 2 Up</i>
30	RS G2DOWN	<i>Gantry 2 down reed switch</i>	Memberi sinyal posisi <i>gantry 2 Down</i>
31	RS G2UC Rh	<i>Gantry 2 right hand unclamp reed switch</i>	Memberi sinyal kondisi lengan kanan <i>gantry 2 Unclamp</i>
32	RS G2UC Lh	<i>Gantry 2 left hand unclamp reed switch</i>	Memberi sinyal kondisi lengan <i>gantry 2</i> sebelah kiri <i>unclamp</i>
33	RS G2C Rh	<i>Gantry 2 right hand clamp reed switch</i>	Memberi sinyal kondisi lengan kanan <i>gantry 2 Clamp</i>
34	RS G2C Lh	<i>Gantry 2 left hand clamp reed switch</i>	Memberikan sinyal bahwa lengan kiri <i>gantry 2 clamp</i>

No	Input	Keterangan	Fungsi
35	CNT1	<i>Counter 1 contact</i>	Memberikan inisialisasi untuk membuka pintu B23
36	LS SLOWLPB23	<i>Gantry 2 Slowed loading post B23 limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 2</i> berada diposisi <i>slow loading pos B23</i>
37	LS SLOW WG2(1)	<i>Gantry 2 Slowed Waiting post 1 limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 2</i> berada pada posisi <i>slow waiting pos 1</i>
38	LS WAITB23-C2	<i>Gantry 2 Waiting post B23-C2 limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 2</i> berada pada posisi <i>waiting pos B23-C2</i>
39	LS SLOW WG2(2)	<i>Gantry 2 Slowed Waiting post 2 limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 2</i> berada pada posisi <i>slow waiting pos 2</i>
40	LS SLOWLPC2 G2	<i>Gantry 2 Slowed loading post C2 limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 2</i> berada diposisi <i>slow loading pos C2</i>
41	LS LOADPOSC2 G2	<i>Gantry 2 loading post C2 limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 2</i> berada diposisi <i>loading pos C2</i>
42	LS LOADPOSC2 G3	<i>Gantry 3 loading post C2 limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 3</i> berada diposisi <i>loading pos C2</i>
43	LS SLOWLPC2 G3	<i>Gantry 3 slow loading post C2 limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 3</i> berada diposisi <i>slow loading pos C2</i>
44	LS WAITC2-CONV	<i>Gantry 3 Waiting post C2-Conv limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 3</i> berada pada posisi <i>waiting pos C2-Conv</i>

No	Input	Keterangan	Fungsi
45	LS SLOW WG3	<i>Gantry 3 slowed waiting limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 3</i> berada diposisi <i>slow waiting</i>
46	LS SLOWCONV	<i>Gantry 3 slowed conveyor limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 3</i> berada diposisi <i>slow conveyor</i>
47	LS LOADPOS CONV	<i>Gantry 3 conveyor limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 3</i> berada diposisi <i>loading conveyor</i>
48	LS SAFEPOSTG3	<i>Gantry 3 safe post limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>gantry 3</i> berada pada posisi <i>safe</i>
49	CNT2	<i>Counter 2 contact</i>	Memberikan inisialisasi kondisi <i>unsafe</i> untuk <i>gantry 2</i>
50	RS G3UP	<i>Gantry 3 up reed switch</i>	Memberi sinyal posisi <i>gantry 3 Up</i>
51	RS G3DOWN	<i>Gantry 3 down reed switch</i>	Memberi sinyal posisi <i>gantry 3 Down</i>
52	RS G3UC Rh	<i>Gantry 3 right hand unclamp reed switch</i>	Memberi sinyal kondisi lengan kanan <i>gantry 3 Unclamp</i>
53	RS G3UC Lh	<i>Gantry 3 left hand unclamp reed switch</i>	Memberi sinyal kondisi lengan kiri <i>gantry 3 unclamp</i>
54	RS G3C Rh	<i>Gantry 3 right hand clamp reed switch</i>	Memberi sinyal kondisi lengan kanan <i>gantry 3 Clamp</i>
55	RS G3C Lh	<i>Gantry 3 left hand clamp reed switch</i>	Memberikan sinyal bahwa lengan kiri <i>gantry 3 clamp</i>

No	Input	Keterangan	Fungsi
56	TIM1	<i>Timer contact</i>	Memberi waktu untuk proses <i>air compressor</i> dengan waktu 3 detik
57	CNT3	<i>Counter 3</i>	Memberikan proses perulangan untuk silinder <i>washing</i> sebanyak 3 kali
58	LS FEC2	<i>Front ejector C2 limit switch</i>	Memberikan tanda posisi V <i>clamp</i> berada di Motor jig bagian depan
59	LS SFEC2	<i>Slow front ejector C2 limit switch</i>	Memberikan sinyal bahwa posisi V <i>clamp</i> berada di depan condong tengah
60	LS SREC2	<i>Slow rear ejector C2 limit switch</i>	Memberikan tanda bahwa posisi V <i>clamp</i> berada di belakang condong tengah
61	LS REC2	<i>Rear ejector C2 limit switch</i>	Memberikan tanda bahwa posisi V <i>clamp</i> berada di belakang
62	LS DOORCLOSE C2	<i>C2 door closed limit switch</i>	Memberikan tanda posisi pintu C2 sedang tertutup
63	LS DOOROPEN C2	<i>C2 door opened limit switch</i>	Memberikan tanda posisi pintu C2 sedang terbuka
64	RS SILINDER C2MIN Rh	<i>C2 right hand cylinder min reed switch</i>	Memberikan tanda bahwa posisi silinder mesin <i>washing</i> sebelah kanan pada posisi minimum
65	RS SILINDER C2MIN Lh	<i>C2 left hand cylinder min reed switch</i>	Memberikan tanda bahwa posisi silinder mesin <i>washing</i> sebelah kiri pada posisi minimum

No	Input	Keterangan	Fungsi
66	RS SILINDER C2MAX Rh	C2 right hand cylinder max reed switch	Memberikan tanda bahwa posisi silinder mesin <i>washing</i> sebelah kanan pada posisi maksimum
67	RS SILINDER C2MAX Lh	C2 left hand cylinder max reed switch	Memberikan tanda bahwa posisi silinder mesin <i>washing</i> sebelah kiri pada posisi maksimum
68	LS CONV STARTPOS	<i>Conveyor start</i> <i>post limit switch</i>	Memberikan tanda bahwa <i>conveyor</i> berada pada posisi <i>start pos</i>
69	LS SLOW CSP	<i>Conveyor slowed</i> <i>start post limit</i> <i>switch</i>	Memberikan tanda bahwa <i>conveyor</i> berada pada posisi <i>slow start pos</i>
70	LS SLOW CFP	<i>Conveyor slowed</i> <i>finish post limit</i> <i>switch</i>	Memberikan tanda bahwa <i>conveyor</i> berada pada posisi <i>slow finish pos</i>
71	LS CONV FINISHPOS	<i>Conveyor finish</i> <i>post limit switch</i>	Memberikan tanda bahwa <i>conveyor</i> berada pada posisi <i>finish pos</i>
72	CNT 4	<i>Counter 4</i>	Memberikan inisialisasi adanya benda kerja di dalam <i>plant</i>
73	COMPARATOR	<i>Comparator</i>	Memberikan inisialisasi untuk menyalakan lampu hijau
74	PB CONV	<i>Conveyor finish</i> <i>push button</i>	Memberikan sinyal benda kerja selesai diproses di <i>conveyor</i>

No	Input	Keterangan	Fungsi
75	PB STOP	<i>Stop push button</i>	Memberikan sinyal untuk menghentikan seluruh proses yang sedang berlangsung
76	PB RESET	<i>Reset Push Button</i>	Memberikan sinyal untuk mengembalikan kondisi <i>plant</i> ke keadaan semula

Tabel 3.2 Output Sistem

No	Output	Keterangan	Fungsi
1	SILINDER A21 MIN	Silinder <i>Ejector A21 advance</i>	Mendorong silinder A21 agar berada di posisi maksimum
2	SILINDER A21 MAX	Silinder <i>ejector A21 return</i>	Menarik silinder A21 agar berada pada posisi minimum
3	G1 UP	Silinder <i>gantry 1 up</i>	Menarik <i>gantry 1</i> ke atas
4	G1 DOWN	Silinder <i>gantry 1 down</i>	Mendorong <i>gantry 1</i> ke bawah
5	G1 UNCLAMP Rh	Silinder tangan kanan <i>gantry 1 unclamp</i>	Mendorong silinder agar <i>unclamp</i> pada tangan kanan <i>gantry 1</i>
6	G1 UNCLAMP Lh	Silinder tangan kiri <i>gantry 1 unclamp</i>	Mendorong silinder agar <i>unclamp</i> pada tangan kiri <i>gantry 1</i>
7	G1 CLAMP Rh	Silinder tangan kanan <i>gantry 1 clamp</i>	Menarik <i>clamp</i> tangan kanan <i>gantry 1</i>
8	G1 CLAMP Lh	Silinder tangan kiri <i>gantry 1 clamp</i>	Menarik <i>clamp</i> tangan kiri <i>gantry 1</i>
9	MG1 FORWARD MS	Motor <i>gantry 1 forward medium speed</i>	Memutar <i>belt</i> agar <i>gantry 1</i> maju dengan kecepatan <i>medium</i>
10	MG1 FORWARD SS	Motor <i>gantry 1 forward slow speed</i>	Memutar <i>belt</i> agar <i>gantry 1</i> maju dengan kecepatan <i>slow</i>
11	MG1 REVERSE MS	Motor <i>gantry 1 reverse medium speed</i>	Memutar <i>belt</i> agar <i>gantry 1</i> mundur dengan kecepatan <i>medium</i>

No	Output	Keterangan	Fungsi
12	MG1 REVERSE SS	Motor <i>gantry</i> 1 <i>reverse slow speed</i>	Memutar <i>belt</i> agar <i>gantry</i> 1 mundur dengan kecepatan <i>slow</i>
13	DOOR B23 CLOSE	Silinder pintu B23 maksimum	Menutup pintu B23
14	DOOR B23 OPEN	Silinder pintu B23 minimum	Membuka pintu B23
15	B23 UNCLAMP Rh	Silinder B23 <i>unclamp</i>	Melepas penjepit bagian kanan benda kerja saat berada di B23
16	B23 CLAMP Rh	Silinder B23 <i>clamp</i>	Menjepit bagian kanan benda kerja saat berada di B23
17	SPINDLE CW Rs	Motor <i>spindle</i> B23 CW	Memutar motor <i>spindle</i> bagian kanan pada mesin B23 searah jarum jam
18	SPINDLE CCW Rs	Motor spindel B23 CCW	Memutar motor <i>spindle</i> bagian kanan pada mesin B23 berlawanan arah jarum jam
19	SILINDER B23 MAX Rs	Silinder B23 Maksimum	Mendorong silinder B23 bagian kanan ke posisi maksimum
20	SILINDER B23 MIN Rs	Silinder B23 Minimum	Menarik silinder B23 bagian kanan ke posisi minimum
21	MG2 FORWARD MS	Motor <i>gantry</i> 2 <i>forward medium speed</i>	Memutar <i>belt</i> agar <i>gantry</i> 2 maju dengan kecepatan <i>medium</i>
22	MG2 FORWARD SS	Motor <i>gantry</i> 2 <i>forward slow speed</i>	Memutar <i>belt</i> agar <i>gantry</i> 2 maju dengan kecepatan <i>slow</i>
23	MG2 REVERSE MS	Motor <i>gantry</i> 2 <i>reverse medium speed</i>	Memutar <i>belt</i> agar <i>gantry</i> 2 mundur dengan kecepatan <i>medium</i>
24	MG2 REVERSE SS	Motor <i>gantry</i> 2 <i>reverse slow speed</i>	Memutar <i>belt</i> agar <i>gantry</i> 2 mundur dengan kecepatan <i>slow</i>
25	G2 UP	Silinder <i>gantry</i> 2 <i>up</i>	Menarik <i>gantry</i> 2 ke atas
26	G2 DOWN	Silinder <i>gantry</i> 2 <i>down</i>	Mendorong <i>gantry</i> 2 ke bawah

No	Output	Keterangan	Fungsi
27	G2 UNCLAMP Rh	Silinder tangan kanan <i>gantry 2 unclamp</i>	Mendorong silinder agar <i>unclamp</i> pada tangan kanan <i>gantry 2</i>
28	G2 UNCLAMP Lh	Silinder tangan kiri <i>gantry 2 unclamp</i>	Mendorong silinder agar <i>unclamp</i> pada tangan kiri <i>gantry 2</i>
29	G2 CLAMP Rh	Silinder tangan kanan <i>gantry 2 clamp</i>	Menarik <i>clamp</i> tangan kanan <i>gantry 2</i>
30	G2 CLAMP Lh	Silinder tangan kiri <i>gantry 2 clamp</i>	Menarik <i>clamp</i> tangan kiri <i>gantry 2</i>
31	KOMPRESOR	Kompresor C2	Memberikan udara bertekanan untuk proses pengeringan benda kerja
32	COOLANT C2	Coolant C2	Mengalirkan cairan untuk proses <i>washing</i>
33	MJIG C2 FORWARD MS	Motor jig C2 <i>forward medium speed</i>	Menggerakan V <i>clamp</i> masuk mesin C2 dengan kecepatan <i>medium</i>
34	MJIG C2 FORWARD SS	Motor jig C2 <i>forward slow speed</i>	Menggerakan V <i>clamp</i> masuk mesin C2 dengan kecepatan <i>slow</i>
35	MJIG C2 REVERSE MS	Motor jig C2 <i>reverse medium speed</i>	Menggerakan V <i>clamp</i> keluar mesin C2 dengan kecepatan <i>medium</i>
36	MJIG C2 REVERSE SS	Motor jig C2 <i>reverse slow speed</i>	Menggerakan V <i>clamp</i> keluar mesin dengan kecepatan <i>slow</i>
37	DOOR C2 CLOSE	Silinder pintu C2 maksimum	Mendorong pintu C2 agar tertutup
38	DOOR C2 OPEN	Silinder pintu C2 minimum	Menarik pintu C2 agar terbuka
39	SILINDER WASH MAX Rh	Silinder <i>washing</i> kanan <i>extend</i>	Menggerakan silinder <i>washing</i> kanan menuju maksimum
40	SILINDER WASH MAX Lh	Silinder <i>washing</i> kiri <i>extend</i>	Menggerakan silinder <i>washing</i> kiri menuju maksimum

No	Output	Keterangan	Fungsi
41	SILINDER WASH MIN Rh	Silinder <i>washing</i> kanan <i>retract</i>	Mengerakan silinder <i>washing</i> kanan menuju minimum
42	SILINDER WASH MIN Lh	Silinder <i>washing</i> kiri <i>retract</i>	Mengerakan silinder <i>washing</i> kiri menuju minimum
43	G3 UP	Silinder <i>gantry 3 up</i>	Menarik <i>gantry 3</i> ke atas
44	G3 DOWN	Silinder <i>gantry 3 down</i>	Mendorong <i>gantry 3</i> ke bawah
45	G3 UNCLAMP Rh	Silinder tangan kanan <i>gantry 3 unclamp</i>	Mendorong silinder agar <i>unclamp</i> pada tangan kanan <i>gantry 3</i>
46	G3 UNCLAMP Lh	Silinder tangan kiri <i>gantry 3 unclamp</i>	Mendorong silinder agar <i>unclamp</i> pada tangan kiri <i>gantry 3</i>
47	G3 CLAMP Rh	Silinder tangan kanan <i>gantry 3 clamp</i>	Menarik <i>clamp</i> tangan kanan <i>gantry 3</i>
48	G3 CLAMP Lh	Silinder tangan kiri <i>gantry 3 clamp</i>	Menarik <i>clamp</i> tangan kiri <i>gantry 3</i>
49	MG3 FORWARD MS	Motor <i>gantry 3 forward medium speed</i>	Memutar <i>belt</i> agar <i>gantry 3</i> maju dengan kecepatan <i>medium</i>
50	MG3 FORWARD SS	Motor <i>gantry 3 forward slow speed</i>	Memutar <i>belt</i> agar <i>gantry 3</i> maju dengan kecepatan <i>slow</i>
51	MG3 REVERSE MS	Motor <i>gantry 3 reverse medium speed</i>	Memutar <i>belt</i> agar <i>gantry 3</i> mundur dengan kecepatan <i>medium</i>
52	MG3 REVERSE SS	Motor <i>gantry 3 reverse slow speed</i>	Memutar <i>belt</i> agar <i>gantry 3</i> mundur dengan kecepatan <i>slow</i>
53	MCONV FORWARD MS	<i>Conveyor forward medium speed</i>	Mengerakan <i>conveyor</i> menuju <i>finish position</i> dengan kecepatan <i>medium</i>
54	MCONV FORWARD SS	<i>Conveyor forward slow speed</i>	Mengerakan <i>conveyor</i> menuju <i>finish position</i> dengan kecepatan <i>slow</i>

No	Output	Keterangan	Fungsi
55	MCONV REVERSE MS	<i>Conveyor reverse medium speed</i>	Mengerakan conveyor menuju <i>loading position</i> dengan kecepatan <i>medium</i>
56	MCONV REVERSE SS	<i>Conveyor reverse slow speed</i>	Mengerakan conveyor menuju <i>loading position</i> dengan kecepatan <i>slow</i>
57	RED LAMP	Lampu merah	Indikator perlu dilakukan <i>maintenance</i>
58	GREEN LAMP	Lampu hijau	Indikator proses / <i>plant</i> sedang <i>running</i>
59	B23 UNCLAMP Lh	Silinder B23 <i>unclamp</i>	Melepas penjepit bagian kiri benda kerja saat berada di B23
60	B23 CLAMP Lh	Silinder B23 <i>clamp</i>	Menjepit bagian kiri benda kerja saat berada di B23
61	SPINDLE CW Ls	Motor <i>spindle</i> B23 CW	Memutar motor <i>spindle</i> bagian kiri pada mesin B23 searah jarum jam
62	SPINDLE CCW Ls	Motor spindel B23 CCW	Memutar motor <i>spindle</i> bagian kiri pada mesin B23 berlawanan arah jarum jam
63	COOLANT B23	Coolant B23	Mengalirkan cairan untuk proses <i>tapping</i>
64	SILINDER B23 MAX Ls	Silinder B23 Maksimum	Mendorong silinder B23 bagian kiri ke posisi maksimum
65	SILINDER B23 MIN Ls	Silinder B23 Minimum	Menarik silinder B23 bagian kiri ke posisi minimum

3.1.2 Langkah Kerja Sistem

Setelah komponen utama diketahui, hal yang perlu dilakukan selanjutnya adalah menyusun langkah kerja sistem. Langkah kerja sistem dibagi menjadi 49 sub proses. Hal ini untuk memudahkan designer program dalam melakukan proses perancangan *state diagram*. Berikut penjelasan dari setiap sub proses.

3.1.2.1 Sub Proses 1

Sub proses ini bertujuan untuk memasukkan benda kerja, yang sudah dilakukan pembersihan sebelumnya oleh operator, ke dalam

tapping and washing machine autoloader plant. Berikut adalah langkah kerja dari sub proses 1:

1. Saat tombol *start* ditekan, *ejector A21* dalam kondisi forward atau mengaktifkan silinder *min*, yaitu membawa benda kerja masuk ke dalam area *A21* sehingga *limit switch front ejector A21* dalam keadaan nonaktif.
2. *Ejector A21* terus berjalan forward hingga menyentuh *limit switch rear ejector A21* dan memerintahkan *gantry 1* untuk bergerak ke bawah atau *down*.
3. *Reed switch gantry 1 down* aktif memerintahkan *gantry 1* untuk *clamp right hand* dan *left hand* atau *gantry* menjepit benda kerja.
4. Saat *reed switch gantry 1 clamp left* dan *right hand* aktif, *gantry 1* diperintahkan untuk *up* atau kembali bergerak ke atas.
5. Ketika *reed switch gantry 1 up* terdeteksi, silinder *max* aktif yaitu memberikan aksi *ejector A21* bergerak *reverse*. Silinder *max* akan nonaktif saat *limit switch front ejector A21* aktif.

3.1.2.2 Sub Proses 2

Sub proses ini merupakan kelanjutan dari sub proses 1 dimana benda kerja yang sudah dijepit oleh *gantry 1* akan dibawa menuju ke proses selanjutnya melalui rel *gantry*. Terdapat 7 *limit switch* di rel *gantry* namun, di sub proses ini hanya tiga *limit switch* yang digunakan karena untuk memudahkan dalam pembagian kondisi *safe* dan *unsafe* dari rel *gantry* itu sendiri.

1. Ketika *reed switch gantry 1 up* aktif dan kondisi *gantry* dalam keadaan *clamp*, motor *gantry 1* akan berjalan *forward medium speed* dari *limit switch loading pos A21* menuju ke *limit switch slow waiting gantry 1*.
2. Saat *limit switch slow waiting gantry 1* aktif, motor *gantry 1* diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.3 Sub Proses 3

Sub proses 3 masih berhubungan dengan sub proses sebelumnya dimana dalam sub proses ini rel *gantry 1* dalam kondisi *safe*. Kondisi *safe* merupakan kondisi dimana tidak ada benda kerja yang sedang diproses di *tapping machine* dan tidak ada *gantry 2* yang berada di *limit switch loading pos B23*.

1. Ketika *limit switch slow waiting gantry* 1 aktif namun sensor benda kerja di B23 dan *limit switch loading pos* B23 tidak aktif, motor *gantry* 1 akan berjalan *forward medium speed* menuju *limit switch waiting pos* A21-B23.
2. Saat *limit switch waiting pos* A21-B23 aktif, motor *gantry* 1 diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.4 Sub Proses 4

Subproses 4 merupakan kelanjutan dari sub proses 2 dimana pada sub proses ini rel *gantry* 1 dalam kondisi *unsafe*. Kondisi *unsafe* ini dikarenakan adanya benda kerja yang masih diproses di *tapping machine*.

1. Ketika *limit switch slow waiting gantry* 1 aktif dan sensor benda kerja di B23 aktif namun *limit switch loading pos* B23 tidak aktif, motor *ganry* 1 akan berjalan *forward slow speed* menuju *limit switch waiting pos* A21-B23.
2. Saat *limit switch waiting pos* A21-B23 aktif, motor *gantry* 1 diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.5 Sub Proses 5

Subproses 4 adalah kelanjutan dari sub proses 2 dimana pada sub proses ini rel *gantry* 1 dalam kondisi *unsafe*. Kondisi *unsafe* ini dikarenakan *gantry* 2 sedang berada di *limit switch loading pos* B23 untuk mengambil benda kerja.

1. Ketika *limit switch slow waiting gantry* 1 aktif dan *limit switch loading pos* B23 aktif, namun sensor benda kerja di B23 aktif, motor *ganry* 1 akan berjalan *forward slow speed* menuju *limit switch waiting pos* A21-B23.
2. Saat *limit switch waiting pos* A21-B23 aktif, motor *gantry* 1 diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.6 Sub Proses 6

Sub proses ini merupakan kelanjutan dari sub proses 3, sub proses 4, dan sub proses 5 dimana *gantry* 1 yang berada di *limit switch waiting* A21-B23 akan bergerak menuju *limit switch slow loading pos* B23.

1. Ketika *limit switch waiting pos* A21-B23 aktif dan sensor benda kerja maupun *limit switch loading pos* B23 sudah dalam keadaan nonaktif, maka motor *gantry* 1 akan bergerak *forward medium speed* menuju ke *limit switch slow loading pos* B23.

2. Saat *limit switch slow loading pos* B23 aktif, motor *gantry 1* diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.7 Sub Proses 7

Sub proses ini berhubungan dengan sub proses sebelumnya yaitu perpindahan *gantry 1* dari *limit switch slow loading pos* B23 menuju ke *limit switch loading pos* B23 dimana *limit switch* ini merupakan pemberhentian akhir untuk meletakkan benda kerja di *tapping machine*.

1. Saat *limit switch slow loading pos* B23 aktif, motor *gantry 1* diperintahkan untuk bergerak *forward slow speed* menuju *limit switch loading pos* B23.
2. Ketika *limit switch loading pos* B23 aktif, motor *gantry 1* diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.8 Sub Proses 8

Sub proses ini merupakan proses kembalinya *gantry 1* dari *limit switch loading pos* B23 menuju *limit switch slow loading pos* A21.

1. *Reed switch gantry 1 up* dan *unclamp* dalam keadaan aktif serta *limit switch loading pos* B23 aktif, maka motor *gantry* diperintahkan untuk bergerak *reverse medium speed* atau berjalan kembali menuju *limit switch slow loading pos* A21.
2. Saat *limit switch slow loading pos* A21 aktif, motor *gantry 1* diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.9 Sub Proses 9

Sub proses ini berhubungan dengan sub proses sebelumnya dimana *gantry 1* dari *limit switch slow loading pos* A21 berpindah menuju *limit switch loading pos* A21.

1. Ketika *limit switch slow loading pos* A21 aktif, motor *gantry 1* bergerak *reverse slow speed* menuju *limit switch loading pos* A21.
2. Saat *limit switch loading pos* A21 aktif, motor *gantry 1* diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.10 Sub Proses 10

Sub proses ini merupakan proses meletakkan benda kerja ke dalam *tapping machine* yang dilakukan oleh *gantry 1*.

1. Saat *gantry 1* berada di *limit switch loading pos* B23 kemudian *reed switch* pada *gantry 1 up* dan *reed switch* pada *gantry 1 clamp left* dan

- right hand* aktif, *gantry 1* diperintahkan untuk bergerak turun atau *down*.
2. Ketika *reed switch gantry 1* aktif, *gantry 1* diperintahkan untuk *unclamp* atau melepas benda kerja yang sedang dijepit.
 3. *Reed switch gantry 1 unclamp left* dan *right hand* aktif, maka *gantry 1* diperintahkan untuk kembali ke atas hingga *reed switch gantry 1 up* aktif.

3.1.2.11 Sub Proses 11

Pada sub proses ini terjadi proses pengeboran dan penguliran di B23 atau di *tapping machine*. Proses diawali dengan kondisi *counter 1* yang nonaktif. *Counter* tersebut akan aktif ketika silinder B23 *max* aktif dimana hal ini berfungsi sebagai inisialisasi pembeda kondisi dari *state* satu dengan *state* lainnya yang mempunyai kondisi *input* serupa.

1. Ketika *gantry 1* sudah meletakkan benda kerja, sensor benda kerja B23 aktif. Saat *gantry 1* meninggalkan *limit switch loading pos* B23, pintu dari mesin B23 akan menutup.
2. Ketika *reed switch door* B23 *close* aktif, B23 memerintahkan untuk *clamp* benda kerja agar pada saat melakukan pengeboran dan penguliran benda kerja tidak mengalami perubahan posisi.
3. *Reed switch B23 clamp* aktif, maka *spindle clockwise (CW)* dan silinder B23 *max* aktif. Saat silinder *max* aktif, *spindle* akan *counterclockwise (CCW)* dan silinder B23 *min* aktif.
4. Silinder B23 *min* aktif memerintahkan pintu B23 untuk membuka. Saat *reed switch door* B23 *open* aktif, maka B23 akan melakukan aksi *unclamp*.

3.1.2.12 Sub Proses 12

Sub proses ini merupakan perpindahan *gantry 2* dari *home position*nya di *limit switch waiting* B23-C2 menuju ke *limit switch slow loading pos* B23. Di proses ini *counter 1* masih dalam keadaan aktif.

1. Kondisi awal *gantry 2* adalah berada di *limit switch waiting* B23-C2 dengan kondisi *reed switch up* aktif dan *reed switch unclamp* aktif. Ketika sensor benda kerja B23 aktif, *reed switch B23 unclamp* aktif dan *counter 1* aktif, maka hal ini mengaktifkan motor *gantry 2* untuk *reverse medium speed* menuju *limit switch slow loading pos* B23.
2. Saat *limit switch slow loading pos* B23 aktif, motor *gantry 2* akan diperintahkan berhenti.

3.1.2.13 Sub Proses 13

Sub proses ini berhubungan dengan sub proses sebelumnya dimana *gantry* 2 yang berada di *limit switch slow loading pos* B23 akan berpindah menuju *limit switch loading pos* B23.

1. Ketika *limit switch slow loading pos* B23 aktif, motor *gantry* 2 akan bergerak *reverse slow speed* menuju *limit switch loading pos* B23.
2. Motor *gantry* 2 akan diperintahkan berhenti ketika mengenai *limit switch loading pos* B23.

3.1.2.14 Sub Proses 14

Sub proses ini merupakan kondisi dimana *gantry* 2 sudah menjepit benda kerja di *limit switch loading pos* B23 dan siap berjalan menuju *limit switch slow waiting 1 gantry* 2. Di sub proses ini, *counter* 1 sudah dalam keadaan nonaktif.

1. Kondisi *gantry* 2 dalam keadaan *reed switch up* dan *reed switch clamp left/right hand* aktif, sedangkan posisi *gantry* 2 berada di *limit switch loading pos* B23. Ketika keadaan memenuhi, maka motor *gantry* 2 *forward medium speed* aktif menuju *limit switch slow waiting 1 gantry* 2.
2. Saat *limit switch slow waiting 1 gantry* 2 aktif, motor *gantry* 2 diperintahkan untuk berhenti

3.1.2.15 Sub Proses 15

Sub proses ini merupakan kondisi rel *gantry* 2 dalam keadaan *safe*, yaitu tidak adanya benda kerja yang sedang diproses di *washing machine* dan tidak ada *gantry* 3 yang sedang berada di *limit switch loading pos* C2. Pada sub proses ini terdapat *counter* 2 dalam keadaan tidak aktif, *counter* ini sebagai inisialisasi pembeda kondisi dari *state* satu dengan *state* lainnya yang mempunyai kondisi *input* serupa.

1. Ketika *limit switch slow waiting 1 gantry* 2 aktif, motor *gantry* 2 diperintahkan untuk *forward medium speed* hingga mencapai *limit switch waiting B23-C2*.
2. Saat *limit switch waiting B23-C2* aktif, motor *gantry* 2 diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.16 Sub Proses 16

Sub proses ini merupakan kondisi rel *gantry* dalam keadaan *unsafe*, yaitu terdapat benda kerja yang sedang diproses di dalam *washing machine*. Di sub proses ini *counter* 2 dalam keadaan aktif.

1. Ketika *limit switch slow waiting 1* *gantry* 2 aktif dan *counter* 2 aktif, motor *gantry* 2 diperintahkan untuk *forward slow speed* hingga mencapai *limit switch waiting B23-C2*.
2. Saat *limit switch waiting B23-C2* aktif, motor *gantry* 2 diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.17 Sub Proses 17

Sub proses ini merupakan kondisi dimana *counter* 2 dalam keadaan nonaktif, yaitu menandakan sudah tidak ada benda kerja yang diproses di *washing machine*.

1. Ketika *limit switch waiting B23-C2* aktif, motor *gantry* 2 diperintahkan untuk *forward medium speed* hingga mencapai *limit switch slow loading pos C2*.
2. Saat *limit switch slow loading pos C2* aktif, motor *gantry* 2 diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.18 Sub Proses 18

Sub proses ini berhubungan dengan sub proses sebelumnya yaitu perpindahan *gantry* 2 dari *limit switch slow loading pos C2* menuju ke *limit switch loading pos C2* dimana *limit switch* ini merupakan pemberhentian akhir untuk meletakkan benda kerja di *washing machine*.

1. Ketika *limit switch slow loading pos C2* aktif, motor *gantry* 2 diperintahkan untuk *forward slow speed* hingga mencapai *limit switch loading pos C2*.
2. Saat *limit switch loading pos C2* aktif, motor *gantry* 2 diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.19 Sub Proses 19

Sub proses ini merupakan kondisi dimana *gantry* 2 sudah meletakkan benda kerja di *washing machine* dan siap untuk kembali ke *home position*.

1. Kondisi *gantry* adalah *reed switch up* dan *reed switch unclamp* aktif saat berada di *limit switch loading pos C2*. Kondisi ini

- memerintahkan motor *gantry* 2 untuk bergerak *reverse medium speed* menuju *limit switch slow waiting 2* *gantry* 2.
2. Saat *limit switch slow waiting 2* *gantry* 2 aktif, motor *gantry* 2 diperintahkan berhenti.

3.1.2.20 Sub Proses 20

Sub proses ini merupakan kelanjutan dari sub proses sebelumnya, yaitu proses dimana *gantry* 2 di *limit switch slow waiting 2* akan menuju *home position*-nya di *limit switch waiting B23-C2*.

1. Ketika *limit switch slow waiting 2* *gantry* 2 aktif, motor *gantry* 2 bergerak *reverse slow speed* hingga mencapai *limit switch waiting B23-C2*.
2. Saat *limit switch waiting B23-C2* aktif, motor *gantry* 2 diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.21 Sub Proses 21

Sub proses ini merupakan proses mengambil benda kerja di *tapping machine* yang dilakukan oleh *gantry* 2.

1. Kondisi awal *gantry* 2 adalah *reed switch up* dan *reed switch unclamp* aktif saat berada di *limit switch loading pos B23*. Kondisi ini memerintahkan *gantry* 2 untuk *down*.
2. Ketika *reed switch gantry 2 down* aktif, *gantry* 2 diperintahkan untuk melakukan *clamp*.
3. Saat *reed switch gantry 2 clamp* aktif, *gantry* diperintahkan untuk *up* atau kembali ke atas.

3.1.2.22 Sub Proses 22

Sub proses ini merupakan proses meletakkan benda kerja di *washing machine* yang dilakukan oleh *gantry* 2.

1. Kondisi awal *gantry* 2 adalah *reed switch up* dan *reed switch clamp* aktif saat berada di *limit switch loading pos C2*. Kondisi ini memerintahkan *gantry* 2 untuk *down*.
2. Ketika *reed switch gantry 2 down* aktif, *gantry* 2 diperintahkan untuk melakukan *unclamp*.
3. Saat *reed switch gantry 2 unclamp* aktif, *gantry* diperintahkan untuk *up* atau kembali ke atas.

3.1.2.23 Sub Proses 23

Pada sub proses ini terjadi proses pembersihan *housing differential gear* dari sisa-sisa kotoran saat di proses pengeboran dan penguliran. Di sub proses ini terdapat *timer on delay* dalam keadaan nonaktif dan *counter 2* dalam keadaan aktif. *Timer* berfungsi untuk menghitung lamanya *air compressor* beroperasi sedangkan *counter 2* berfungsi sebagai inisialisasi bahwa adanya benda kerja yang sedang diproses di *washing machine*.

1. Kondisi awal adalah *limit switch front ejector C2* dalam keadaan aktif, *counter 2* aktif, dan *timer off*. Saat kondisi tersebut memenuhi, maka *air compressor* diperintahkan untuk aktif.
2. *Air compressor* akan aktif selama 3 detik hingga *timer* dalam keadaan *on*.

3.1.2.24 Sub Proses 24

Sub proses ini merupakan proses membawa benda kerja dari *limit switch front ejector C2* menuju *limit switch rear ejector slow C2*.

1. Ketika *timer* dalam keadaan aktif, motor *jig C2* diperintahkan untuk bergerak *reverse medium speed* menuju *limit switch slow rear ejector C2*.
2. Saat *limit switch slow rear ejector C2* aktif, motor *jig C2* diperintahkan untuk berhenti

3.1.2.25 Sub Proses 25

Sub proses ini berhubungan dengan sub proses sebelumnya yaitu membawa benda kerja dari *limit switch rear ejector slow C2* menuju *limit switch rear ejector C2*.

1. Ketika *limit switch slow rear ejector C2* aktif, motor *jig C2* diperintahkan untuk *reverse slow speed* hingga mencapai *limit switch rear ejector C2*.
2. Saat menuju *limit switch rear ejector C2* aktif, motor diperintahkan berhenti dan *timer* diperintahkan untuk nonaktif.

3.1.2.26 Sub Proses 26

Sub proses ini merupakan proses untuk menutup pintu dari mesin C2. Terdapat *counter 3* dalam keadaan nonaktif di sub proses ini. *Counter* ini berfungsi sebagai inisialisasi pembeda kondisi dari *state* satu dengan *state* lainnya yang mempunya kondisi *input* serupa.

Ketika *timer* nonaktif, pintu dari C2 diperintahkan untuk menutup hingga *reed switch door* C2 *close* aktif.

3.1.2.27 Sub Proses 27

Sub proses ini berhubungan dengan sub proses sebelumnya, yaitu saat kondisi *reed switch door* C2 *close* aktif dan silinder C2 min aktif, maka silinder *washing* diperintahkan untuk maksimum atau bergerak maju kedepan hingga mengaktifkan silinder C2 *max*.

3.1.2.28 Sub Proses 28

Sub proses ini masih berhubungan dengan sub proses sebelumnya. Ketika silinder C2 maksimum aktif, maka silinder *washing* diperintahkan untuk minimum atau bergerak mundur. Hal ini juga mengaktifkan *counter* 3. *Counter* 3 berfungsi untuk mengulang pergerakan silinder *washing max* dan min sebanyak 3 kali.

3.1.2.29 Sub Proses 29

Sub proses ini memiliki kondisi dimana *counter* 3 dalam keadaan aktif. Hal ini yang membedakan kondisi di sub proses ini dengan sub proses 26.

Saat silinder *washing* sudah melakukan pergerakan maksimum dan minimum sebanyak 3 kali, proses selanjutnya adalah membuka pintu C2 hingga *reed switch* C2 dalam keadaan aktif.

3.1.2.30 Sub Proses 30

Sub proses ini merupakan proses membawa benda kerja kembali ke *limit switch slow front ejector* C2.

1. Saat *reed switch door* C2 *open* aktif, motor jig 2 diperintahkan untuk *forward medium speed* menuju *limit switch slow front ejector* C2.
2. Ketika *limit switch slow front ejector* C2 aktif, motor jig 2 diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.31 Sub Proses 31

Sub proses ini berhubungan dengan sub proses sebelumnya yaitu membawa benda kerja dari *limit switch slow front ejector* C2 menuju *limit switch front ejector* C2.

1. Ketika *limit switch slow front ejector* C2 aktif, motor *jig* C2 diperintahkan untuk *forward slow speed* hingga mencapai *limit switch front ejector* C2.
2. Saat *limit switch front ejector* C2 aktif, motor *jig* C2 diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.32 Sub Proses 32

Sub proses ini merupakan proses penyemprotan benda kerja yang dilakukan oleh *air compressor*. Ketika *limit switch front ejector* C2 aktif, hal ini mengaktifkan *air compressor* dan *timer on delay*. *Delay* pengaktifan *timer* adalah 3 detik sehingga *air compressor* akan menyala selama 3 detik sebelum *timer* aktif.

3.1.2.33 Sub Proses 33

Sub proses ini merupakan proses perpindahan *gantry* 3 dari *home position*-nya di *limit switch waiting* C2-Conv menuju *limit switch slow loading pos* C2.

1. Kondisi awal *gantry* 3 adalah *reed switch unclamp* dan *reed switch up* aktif saat berada di posisi *limit switch waiting* C2-Conv.
2. Ketika *limit switch front ejector* C2 aktif dan *counter* 3 aktif, motor *gantry* 3 diperintahkan untuk *reverse medium speed* hingga mencapai *limit switch slow loading pos* C2.

3.1.2.34 Sub proses 34

Sub proses ini merupakan kelanjutan dari sub proses sebelumnya, yaitu membawa benda kerja dari *limit switch slow loading pos* C2 menuju *limit switch loading pos* C2.

1. Ketika *limit switch slow loading pos* C2 aktif, motor *gantry* 3 diperintahkan untuk *reverse slow speed* menuju *limit switch loading pos* C2.
2. Saat *limit switch loading pos* C2 aktif, motor *gantry* 3 diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.35 Sub Proses 35

Sub proses ini merupakan kondisi dimana *gantry* 3 sudah menjepit benda kerja di *limit switch loading pos* C2 dan akan membawanya menuju *limit switch slow loading pos conveyor*.

1. Kondisi *gantry* 3 adalah *reed switch up* dan *reed switch clamp* dalam keadaan aktif saat berada di *limit switch loading pos C2*. Hal ini memerintahkan motor *gantry* 3 untuk bergerak *forward medium speed* menuju *limit switch slow loading pos conveyor*.
2. Saat *limit switch slow loading pos conveyor* aktif, motor *gantry* 3 diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.36 Sub Proses 36

Sub proses ini merupakan kelanjutan dari sub proses sebelumnya, yaitu benda kerja dari *limit switch slow loading pos conveyor* akan dibawa menuju *limit switch loading pos conveyor*.

1. Ketika *limit switch slow loading pos conveyor* aktif, motor *gantry* 3 diperintahkan untuk bergerak *forward slow speed* menuju *limit switch loading pos conveyor*.
2. Saat *limit switch loading pos conveyor* aktif, motor *gantry* 3 diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.37 Sub Proses 37

Sub proses ini merupakan kondisi dimana *gantry* 3 sudah meletakkan benda kerja dan menuju ke *limit switch safe position*.

1. Kondisi awal *gantry* 3 adalah *reed switch down* dan *reed switch unclamp* dalam keadaan aktif saat berada di *limit switch loading pos conveyor*. Hal ini memerintahkan motor *gantry* 3 untuk *forward slow speed* menuju *limit switch safe position*.
2. Ketika *limit switch safe position* aktif, motor *gantry* 3 diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.38 Sub Proses 38

Sub proses ini merupakan proses *gantry* 3 dari *limit switch safe position* menuju *limit switch slow waiting C2-Conv*.

1. Kondisi awal *gantry* 3 adalah *reed switch up* dan *reed switch unclamp* dalam keadaan aktif saat berada di *limit switch safe position*. Kemudian *limit switch conveyor finish pos* dalam keadaan aktif maka hal ini memerintahkan motor *gantry* 3 untuk bergerak *reverse medium speed* menuju *limit switch slow waiting C2-Conv*.
2. Ketika *limit switch slow waiting C2-Conv* aktif, motor *gantry* 3 diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.39 Sub Proses 39

Sub proses ini merupakan kelanjutan dari sub proses sebelumnya. *Gantry 3 di limit switch slow waiting C2-Conv* akan kembali ke *home position*-nya di *limit switch waiting C2-Conv*.

1. Ketika *limit switch slow waiting C2-Conv* aktif, motor *gantry 3* diperintahkan bergerak *forward slow speed* menuju *limit switch waiting C2-Conv*.
2. Saat *limit switch waiting C2-Conv* aktif, motor *gantry 3* diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.40 Sub Proses 40

Pada sub proses ini, *gantry 3* diperintahkan untuk bergerak turun. Proses ini berjalan bersamaan dengan sub proses 33.

Kondisi awal *gantry 3* adalah *reed switch up* dan *unclamp* aktif saat berada di *limit switch waiting C2-Conv*. Kemudian saat *limit switch front ejector C2* dan *counter 3* aktif, *gantry 3* diperintahkan untuk bergerak turun atau *down* hingga *reed switch gantry 3 down* aktif.

3.1.2.41 Sub Proses 41

Sub proses ini berfungsi untuk memerintahkan *gantry 3 clamp*. Proses ini berjalan bersamaan dengan sub proses 33.

Kondisi *gantry 3* yaitu *reed switch unclamp* dan *reed switch down* aktif, saat berada di *limit switch waiting C2-Conv*. Sedangkan *limit switch front ejector C2* dan *counter 3* juga dalam keadaan aktif. Hal ini memerintahkan *gantry 3* untuk *clamp* saat sudah mencapai *limit switch loading pos C2*.

3.1.2.42 Sub Proses 42

Sub proses ini merupakan kondisi *gantry 3* sudah menjepit benda kerja saat berada di *limit switch loading pos C2*. *Limit switch front ejector C2* dan *counter 3* masih dalam keadaan aktif.

1. Ketika *reed switch gantry 3 clamp* dan *reed switch gantry 3 down* aktif saat berada di *limit switch loading pos C2*, *gantry 3* diperintahkan untuk *up* atau kembali ke atas.
2. Saat *reed switch gantry 3 up* aktif, perintah *gantry 3 up* dinonaktifkan.

3.1.2.43 Sub Proses 43

Sub proses ini merupakan kondisi *gantry 3* saat berada di *limit switch loading pos conveyor*.

1. Kondisi awal *gantry 3* adalah *reed switch up* dan *reed switch clamp* aktif saat berada di *limit switch loading pos C2*, kemudian *limit switch conveyor start pos* juga dalam keadaan aktif. Hal ini memerintahkan *gantry 3* untuk *down* atau turun.
2. Ketika *reed switch gantry 3 down* aktif, perintah *gantry 3 down* dinonaktifkan.

3.1.2.44 Sub Proses 44

Sub proses ini merupakan kondisi *gantry 3* saat berada di *limit switch loading pos conveyor* untuk melepaskan benda kerja.

1. Kondisi awal *gantry 3* adalah *reed switch down* dan *reed switch clamp* aktif saat berada di *limit switch loading pos C2*, kemudian *limit switch conveyor start pos* juga dalam keadaan aktif. Hal ini memerintahkan *gantry 3* untuk *unclamp* atau melepaskan benda kerja.
2. Ketika *reed switch gantry 3 unclamp* aktif, perintah *gantry 3 unclamp* dinonaktifkan.

3.1.2.45 Sub Proses 45

Sub proses ini memerintahkan *gantry 3* untuk *up* saat berada di *limit switch safe position*.

1. Ketika *reed switch gantry 3 down* dan *reed switch gantry 3 unclamp* aktif saat berada di *limit switch safe position*, *gantry 3* diperintahkan untuk *up* atau bergerak ke atas.
2. Ketika *reed switch gantry 3 up* aktif, perintah *gantry 3 up* dinonaktifkan

3.1.2.46 Sub Proses 46

Sub proses ini merupakan proses dimana benda kerja sudah berada di pengangkut *conveyor* dan akan dibawa menuju *limit switch slow conveyor finish pos*.

1. Ketika *limit switch safe position* dan *limit switch conveyor start pos* aktif, motor *conveyor* diperintahkan untuk bergerak *forward medium speed* menuju *limit switch slow conveyor finish pos*.

2. Saat *limit switch slow conveyor finish pos* aktif, motor *conveyor* diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.47 Sub Proses 47

Sub proses ini berhubungan dengan sub proses sebelumnya yaitu membawa benda kerja dari *limit switch slow conveyor finish pos* menuju *limit switch conveyor finish pos*.

1. Ketika *limit switch safe position* dan *limit switch slow conveyor finish pos* aktif, motor *conveyor* diperintahkan untuk bergerak *forward slow speed* menuju *limit switch conveyor finish pos*.
2. Saat *limit switch conveyor finish pos* aktif, motor *conveyor* diperintahkan untuk berhenti.

3.1.2.48 Sub Proses 48

Sub proses ini adalah kondisi dimana sudah tidak ada benda kerja di pengangkut *conveyor* dan akan kembali menuju *limit switch slow conveyor start pos*.

1. Kondisi awal adalah pengangkut *conveyor* berada di *limit switch conveyor finish position* dan *limit switch safe position* dalam keadaan nonaktif.
2. Ketika operator menekan tombol *conveyor*, maka motor *conveyor* diperintahkan untuk *reverse medium speed* hingga mencapai *limit switch slow conveyor start pos*.

3.1.2.49 Sub Proses 49

Sub proses ini merupakan kelanjutan dari sub proses sebelumnya yaitu memindahkan pengangkut *conveyor* menuju *limit switch conveyor start pos*.

1. Ketika *limit switch safe position* nonaktif dan *limit switch slow conveyor start pos* aktif, motor *conveyor* diperintahkan untuk *reverse slow speed* menuju *limit switch conveyor start pos*.
2. Saat *limit switch conveyor start pos* aktif, motor *conveyor* diperintahkan untuk berhenti.

3.2 Perancangan State Diagram

Terdapat enam langkah dalam perancangan *state diagram* sesuai yang sudah dijelaskan pada bab 2. Berikut adalah langkah-langkah perancangan *state diagram*.

3.2.1 Pendeskripsiian Urutan Proses

Langkah pertama pada pembuatan *state diagram* adalah menentukan tabel deskripsi *state*. Tabel ini terdiri dari kondisi *input* dan kondisi *output* dalam sebuah sub proses. Tabel deskripsi urutan proses dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Pendeskripsiian Urutan Proses

Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Ejector A21				
1	1	PB START aktif	SILINDER A21 MIN aktif	<ul style="list-style-type: none"> LSFEA21 aktif RS G1UP Rh/Lh aktif RS G1UC Rh/Lh aktif LS LOADPOSA21 aktif
	2	LS REA21 aktif	<ul style="list-style-type: none"> SILINDER A21 MIN nonaktif G1 UP Rh/Lh nonaktif G1 DOWN Rh/Lh aktif 	-
	3	RS G1DOWN Rh/Lh aktif	<ul style="list-style-type: none"> G1 UNCLAMP Rh/Lh nonaktif G1 CLAMP Rh/Lh aktif 	<ul style="list-style-type: none"> LS LOADPOSA21 aktif
	4	RS G1C Rh/Lh aktif	<ul style="list-style-type: none"> G1 DOWN Rh/Lh nonaktif G1 UP Rh/Lh aktif 	<ul style="list-style-type: none"> LS LOADPOSA21 aktif
	5	RS G1 UP Rh/Lh aktif	SILINDER A21 MAX aktif	<ul style="list-style-type: none"> RS G1C Rh/Lh aktif LS LOADPOSA21 aktif

	6	LS FEA21 aktif	SILINDER A21 MAX nonaktif	-
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 1 Loading Pos A21 → Slow Wait Gantry 1				
2	1	RS G1 UP Rh/Lh aktif	MG1 FORWARD MS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G1C Rh/Lh aktif • LS LOADPOSA21 aktif
	2	LS SLOW WG1(1) aktif	MG1 FORWARD MS nonaktif	RS G1C Rh/Lh aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 1 Kondisi Safe				
3	1	LS SLOW WG1(1) aktif	MG1 FORWARD MS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G1C Rh/Lh aktif • SBKB23 nonaktif • LS LOADPOSB23 G2 nonaktif
	2	LS WAITA21-B23 aktif	MG1 FORWARD MS nonaktif	RS G1C Rh/Lh aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 1 Kondisi Unsafe Sensor Benda Kerja B23				
4	1	LS SLOW WG1(1) aktif	MG1 FORWARD SS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G1C Rh/Lh aktif • SBKB23 aktif • LS LOADPOSB23 G2 nonaktif
	2	LS WAITA21-B23 aktif	MG1 FORWARD SS nonaktif	RS G1C Rh/Lh aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu

Rel Gantry 1 Kondisi Unsafe Loading Pos B23				
5	1	LS SLOW WG1(1) aktif	MG1 FORWARD SS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G1C Rh/Lh aktif • SBKB23 nonaktif • LS LOADPOSB23 G2 aktif
		LS WAITA21-B23 aktif	MG1 FORWARD SS nonaktif	RS G1C Rh/Lh aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 1 Waiting A21-B23 → Slow Loading Pos B23				
6	1	LS WAITA21-B23 aktif	MG1 FORWARD MS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G1C Rh/Lh aktif • SBKB23 nonaktif • LS LOADPOSB23 G2 nonaktif
		LS SLOW LPB23 aktif	MG1 FORWARD MS nonaktif	RS G1C Rh/Lh aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 1 Slow Loading Pos B23 → Loading Pos B23				
7	1	LS SLOW LPB23 aktif	MG1 FORWARD SS aktif	RS G1C Rh/Lh aktif
		LS LOADPOSB23 G1 aktif	MG1 FORWARD SS nonaktif	RS G1C Rh/Lh aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 1 Loading Pos B23 → Slow Loading Pos A21				
8	1	RS G1UP Rh/Lh aktif	MG1 REVERSE MS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G1UC Rh/Lh aktif • LS LOADPOSB23 G1 aktif

	2	LS SLOWLPA21 aktif	MG1 REVERSE MS nonaktif	RS G1UC Rh/Lh aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 1 Slow Loading Pos A21 → Loading Pos A21				
9	1	LS SLOWLPA21 aktif	MG1 REVERSE SS aktif	RS G1UC Rh/Lh aktif
	2	LS LOADPOSA2 1 aktif	MG1 REVERSE SS nonaktif	RS G1UC Rh/Lh aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Gantry 1 di B23				
10	1	LS LOADPOSB23 G1 aktif	G1 DOWN aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G1UP aktif • RS G1C Rh/Lh aktif
	2	RS G1DOWN aktif	G1 UNCLAMP Rh/Lh aktif	LS LOADPOSB23 G1 aktif
	3	RS G1UC Rh/Lh aktif	G1 UP aktif	LS LOADPOSB23 G1 aktif
	4	RS G1UP aktif	G1 UP nonaktif	LS LOADPOSB23 G1 aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
B23 Tapping Machine				
11	1	LS SBKB23 aktif	DOOR B23 CLOSE nonaktif	<ul style="list-style-type: none"> • CNT1 nonaktif • LS LOADPOSB23 G1 aktif
	2	LS LOADPOSB23 G1 nonaktif	DOOR B23 CLOSE aktif	CNT1 nonaktif
	3	LS DOORCLOSE B23 aktif	B23 CLAMP Rh/Lh aktif	

	4	RS B23C Rh/Lh aktif	<ul style="list-style-type: none"> • SPINDLE CW Rs/Ls aktif • SILINDER C2 MAX Rs/Ls aktif 	
	5	RS SILINDERB23 MAX Rs/Ls aktif	<ul style="list-style-type: none"> • SPINDLE CCW Rs/Ls aktif • SILINDER B23 MIN Rs/Ls aktif 	CNT1 aktif
	6	RS SILINDERB23 MIN Rs/Ls aktif	DOOR B23 OPEN aktif	CNT1 aktif
	7	LS DOOROPEN B23 aktif	B23 UNCLAMP Rh/Lh aktif	CNT1 aktif
	8	RS B23UC Rh/Lh aktif	B23 UNCLAMP Rh/Lh nonaktif	CNT1 aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu

Rel Gantry 2 Waiting B23-C2 → Slow Loading Pos B23

12	1	RS B23UC Rh/Lh aktif	MG2 REVERSE MS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G2UC Rh/Lh aktif • LS WAITB23-C2 aktif • CNT1 aktif
	2	LS SLOWLPB23 G2 aktif	MG2 REVERSE MS nonaktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G2UC Rh/Lh aktif • CNT1 aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu

Rel Gantry 2 Slow Loading Pos B23 → Loading Pos B23

13	1	LS SLOWLPB23 G2 aktif	MG2 REVERSE SS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G2UC Rh/Lh aktif • CNT1 aktif
	2	LS LOADPOSB23 G2 aktif	MG2 REVERSE SS nonaktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G2UC Rh/Lh aktif • CNT1 aktif

Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 2 Loading Pos B23 → Slow Wait Gantry 2 (1)				
14	1	LS LOADPOSB23 G2 aktif	MG2 REVERSE SS nonaktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G2UC Rh/Lh aktif • CNT1 aktif
	2	RS G2UP aktif	MG2 FORWARD MS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G2C Rh/Lh aktif • CNT1 nonaktif • LS LOADPOSB23 G2 aktif
	3	LS SLOW WG2 (2) aktif	MG2 FORWARD MS nonaktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G2C Rh/Lh aktif • CNT1 nonaktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 2 Kondisi Safe				
15	1	LS SLOW WG2 (2) aktif	MG2 FORWARD MS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G2C Rh/Lh aktif • CNT1 nonaktif • CNT2 nonaktif
	2	LS WAITB23- C2 aktif	MG2 FORWARD MS nonaktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G2C Rh/Lh aktif • CNT1 nonaktif • CNT2 nonaktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 2 Kondisi Unsafe				
16	1	LS SLOW WG2 (2) aktif	MG2 FORWARD SS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G2C Rh/Lh aktif • CNT1 nonaktif • CNT2 aktif
	2	LS WAITB23- C2 aktif	MG2 FORWARD SS nonaktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G2C Rh/Lh aktif • CNT1 nonaktif

Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 2 Waiting B23-C2 → Slow Loading Pos C2				
17	1	LS WAITB23-C2 aktif	MG2 FORWARD MS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G2C Rh/Lh aktif • CNT1 nonaktif • CNT2 nonaktif
	2	LS SLOWLPC2 G2 aktif	MG2 FORWARD MS nonaktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G2C Rh/Lh aktif • CNT1 nonaktif • CNT2 nonaktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 2 Slow Loading Pos B23 → Loading Pos B23				
18	1	LS SLOWLPC2 G2 aktif	MG2 FORWARD SS aktif	RS G2C Rh/Lh aktif
	2	LS LOADPOSC2 G2 aktif	MG2 FORWARD SS nonaktif	RS G2C Rh/Lh aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 2 Loading Pos B23 → Slow Wait Gantry 2 (2)				
19	1	LS LOADPOSC2 G2 aktif	MG2 REVERSE MS aktif	RS G2UC Rh/Lh aktif
	2	LS SLOW WG2 (2) aktif	MG2 REVERSE MS nonaktif	RS G2UC Rh/Lh aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 2 Slow Wait Gantry 2 (2) → Waiting B23-C2				
20	1	LS SLOW WG2 (2) aktif	MG2 REVERSE SS aktif	RS G2UC Rh/Lh aktif
	2	LS WAITB23-C2 aktif	MG2 REVERSE SS nonaktif	RS G2UC Rh/Lh aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu

Gantry 2 di Loading Pos B23				
21	1	LS LOADPOSB23 G2 aktif	G2 DOWN aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G2UP aktif RS G2UC Rh/Lh aktif
	2	RS G2DOWN aktif	G2 CLAMP Rh/Lh aktif	LS LOADPOSB23 G2 aktif
	3	RS G2C Rh/Lh aktif	G2 UP aktif	LS LOADPOSB23 G2 aktif
	4	RS G2UP aktif	G2 UP nonaktif	<ul style="list-style-type: none"> • LS LOADPOSB23 G2 aktif • RS G2C Rh/Lh aktif
	Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Gantry 2 di Loading Pos C2				
22	1	LS LOADPOSC2 G2 aktif	G2 DOWN aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G2UP aktif • RS G2C Rh/Lh aktif
	2	RS G2DOWN aktif	G2 UNCLAMP Rh/Lh aktif	LS LOADPOSC2 G2 aktif
	3	RS G2UC Rh/Lh aktif	G2 UP aktif	LS LOADPOSC2 G2 aktif
	4	RS G2UP aktif	G2 UP nonaktif	<ul style="list-style-type: none"> • LS LOADPOSC2 G2 aktif • RS G2UC Rh/Lh aktif
	Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
C2 Washing Machine Kompresor (1)				
23	1	CNT2 aktif	KOMPRESOR aktif	<ul style="list-style-type: none"> • LS FEC2 aktif • TIM nonaktif • CNT3 nonaktif

	2	TIM aktif	KOMPRESOR nonaktif	LS FEC2 aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
C2 Washing Machine Front Ejector C2 → Slow Rear Ejector C2				
24	1	TIM aktif	MJIG C2 REVERSE MS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • LS FEC2 aktif • CNT3 nonaktif
	2	LS SFEC2 aktif	MJIG C2 REVERSE MS nonaktif	CNT3 nonaktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
C2 Washing Machine Slow Rear Ejector C2 → Rear Ejector C2				
25	1	LS SREC2 aktif	MJIG C2 REVERSE SS aktif	CNT3 nonaktif
	2	LS REC2 aktif	MJIG C2 REVERSE SS nonaktif	CNT3 nonaktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
C2 Washing Machine Door Close				
26	1	LS REC2 aktif	DOOR C2 CLOSE aktif	<ul style="list-style-type: none"> • CNT3 nonaktif • LS DOOROPEN C2 aktif
	2	LS DOORCLOSE C2 aktif	DOOR C2 CLOSE nonaktif	<ul style="list-style-type: none"> • CNT3 nonaktif • RS SILINDER C2MIN Rh/Lh aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
C2 Washing Machine Silinder Washing Max				
27	1	LS DOORCLOSE C2 aktif	SILINDER WASH MAX Rh/Lh aktif	<ul style="list-style-type: none"> • CNT3 nonaktif • RS SILINDER C2MIN Rh/Lh aktif
	2	RS SILINDER C2MAX Rh/Lh aktif	SILINDER WASH MAX Rh/Lh nonaktif	• CNT3 nonaktif

Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
C2 Washing Machine Silinder Washing Min				
28	1	RS SILINDER C2MAX Rh/Lh aktif	SILINDER WASH MIN Rh/Lh aktif	
	2	RS SILINDER C2MIN Rh/Lh aktif	SILINDER WASH MIN Rh/Lh nonaktif	
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
C2 Washing Machine Door Open				
29	1	RS SILINDER C2MIN Rh/Lh aktif	DOOR C2 OPEN aktif	CNT3 aktif
	2	LS DOOROPEN C2 aktif	DOOR C2 OPEN aktif	CNT3 aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
C2 Washing Machine Rear Ejector C2 → Slow Front Ejector C2				
30	1	LS DOOROPEN C2 aktif	MJIG C2 FORWARD MS aktif	CNT3 aktif
	2	LS SFEC2 aktif	MJIG C2 FORWARD MS nonaktif	CNT3 aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
C2 Washing Machine Slow Front Ejector C2 → Front Ejector C2				
31	1	LS SFEC2 aktif	MJIG C2 FORWARD SS aktif	CNT3 aktif
	2	LS FEC2 aktif	MJIG C2 FORWARD SS nonaktif	CNT3 aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
C2 Washing Machine Kompresor (2)				
32	1	LS FEC2 aktif	KOMPRESOR aktif	<ul style="list-style-type: none"> • CNT3 aktif • TIM nonaktif

	2	TIM aktif	KOMPRESOR nonaktif	CNT3 aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 3 Waiting C2-Conv → Slow Loading Pos C2				
33	1	LS FEC2 aktif	MG3 REVERSE MS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G3UC Rh/Lh aktif • CNT3 aktif • LS WAITC2-CONV aktif
	2	LS SLOWLPC2 G3 aktif	MG3 REVERSE MS nonaktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G3UC Rh/Lh aktif • CNT3 aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 3 Slow Loading Pos C2 → Loading Pos C2				
34	1	LS SLOWLPC2 G3 aktif	MG3 REVERSE SS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G3UC Rh/Lh aktif • CNT3 aktif
	2	LS LOADPOSC2 G3 aktif	MG3 REVERSE SS nonaktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G3UC Rh/Lh aktif • CNT3 aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 3 Loading Pos C2 → Slow Loading Pos Conveyor				
35	1	RS G3UP aktif	MG3 FORWARD MS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G3C Rh/Lh aktif • LS WAITC2-CONV aktif
	2	LS SLOWCONV aktif	MG3 FORWARD MS nonaktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G3C Rh/Lh aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 3 Slow Loading Pos Conveyor → Loading Pos Conveyor				

36	1	LS SLOWCONV aktif	MG3 FORWARD SS aktif	RS G3C Rh/Lh aktif
	2	LS LOADPOS CO NV aktif	MG3 FORWARD SS nonaktif	RS G3C Rh/Lh aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 3 Loading Pos Conveyor → Safe Position				
37	1	RS G3UC Rh/Lh aktif	MG3 FORWARD SS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G3DOWN aktif • LS LOADPOS CO NV aktif
	2	LS SAFEPOSTG3 aktif	MG3 FORWARD SS nonaktif	RS G3DOWN aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 3 Safe Position → Slow Wait C2-Conv				
38	1	LS CONVFINISH POS aktif	MG3 REVERSE MS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G3UP aktif • RS G3UC Rh/Lh aktif
	2	LS SLOW WG3 aktif	MG3 REVERSE MS nonaktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G3UP aktif • RS G3UC Rh/Lh aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Rel Gantry 3 Slow Wait C2-Conv → Wait C2-Conv				
39	1	LS SLOW WG3 aktif	MG3 REVERSE SS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G3UP aktif • RS G3UC Rh/Lh aktif
	2	LS WAITC2-CONV aktif	MG3 REVERSE SS nonaktif	RS G3UC Rh/Lh aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Gantry 3 Down				

40	1	LS FEC2 aktif	G3 DOWN aktif	<ul style="list-style-type: none"> • LS WAITC2-CONV aktif • RS G3UC Rh/Lh aktif • CNT3 aktif
	2	RS G3DOWN aktif	G3 DOWN nonaktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G3UC Rh/Lh aktif • CNT3 aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Gantry 3 Clamp				
41	1	LS FEC2 aktif	G3 CLAMP Rh/Lh aktif	<ul style="list-style-type: none"> • LS WAITC2-CONV aktif • RS G3UC Rh/Lh aktif • CNT3 aktif
	2	RS G3C Rh/Lh aktif	G3 CLAMP Rh/Lh nonaktif	CNT3 aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Gantry 3 di Loading Pos C2				
42	1	RS G3C Rh/Lh aktif	G3 UP aktif	<ul style="list-style-type: none"> • CNT3 aktif • LS LOADPOS2 G3 aktif
	2	RS G3UP aktif	G3 UP nonaktif	LS LOADPOS2 G3 aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Gantry 3 Down di Loading Pos Conveyor				
43	1	LS LOADPOS CO NV aktif	G3 DOWN aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G3UP • RS G3C Rh/Lh aktif • LS CONV STARTPOS aktif

	2	RS G3DOWN aktif	G3 DOWN nonaktif	LS LOADPOSCON V aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Gantry 3 Unclamp di Loading Pos Conveyor				
44	1	RS G3DOWN aktif	G3 UNCLAMP Rh/Lh aktif	LS LOADPOSCON V aktif
	2	RS G3UC Rh/Lh aktif	G3 UNCLAMP Rh/Lh nonaktif	LS LOADPOSCON V aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Gantry 3 di Safe Position				
45	1	LS SAFEPOSTG3 aktif	G3 UP aktif	<ul style="list-style-type: none"> • RS G3DOWN aktif • RS G3UC Rh/Lh aktif
	2	RS G3UP aktif	G3 UP nonaktif	LS SAFEPOSTG3 aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Conveyor Start Pos → Slow Conveyor Finish Pos				
46	1	LS SAFEPOSTG3 aktif	MCONV FORWARD MS aktif	LS CONV STARTPOS aktif
	2	LS SLOW CFP aktif	MCONV FORWARD MS nonaktif	LS SAFEPOSTG3 aktif
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Slow Conveyor Finish Pos → Conveyor Finish Pos				
47	1	LS SLOW CFP aktif	MCONV FORWARD SS aktif	LS SAFEPOSTG3 aktif

	2	LS CONV FINISHPOS aktif	MCONV FORWARD SS nonaktif	
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Conveyor Finish Pos → Slow Conveyor Start Pos				
48	1	PB CONV aktif	MCONV REVERSE MS aktif	<ul style="list-style-type: none"> • LS CONV FINISHPOS aktif • LS SAFEPOSTG3 nonaktif
	2	LS SLOWCSP aktif	MCONV REVERSE MS nonaktif	
Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
Slow Conveyor Start Pos → Conveyor Start Pos				
49	1	LS SLOWCSP aktif	MCONV REVERSE SS nonaktif	LS SAFEPOSTG3 nonaktif
	2	LS CONV STARTPOS aktif	MCONV REVERSE SS nonaktif	

3.2.2 Pendeskripsian *Input* dan *Output*

Langkah selanjutnya adalah pendeskripsian *input* dan *output*. Berikut tabel deskripsi *input* dan *output* dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Pendeskripsian *Input* dan *Output*

No	INPUT		OUTPUT	
	Nama	Simbol	Nama	Simbol
1	PB START	X ₁	SILINDER A21 MIN	Z ₁
2	LS FEA21	X ₂	SILINDER A21 MAX	Z ₂
3	LS REA21	X ₃	G1 UP	Z ₃
4	RS G1UP	X ₄	G1 DOWN	Z ₄
5	RS G1DOWN	X ₅	G1 UNCLAMP Rh	Z ₅
6	RS G1UC Rh	X ₆	G1 CLAMP Rh	Z ₆
7	RS G1C Rh	X ₇	MG1 FORWARD MS	Z ₇
8	LS LOADPOSA21	X ₈	MG1 FORWARD SS	Z ₈

No	INPUT		OUTPUT	
	Nama	Simbol	Nama	Simbol
9	LS SLOWLPA21	X ₉	MG1 REVERSE MS	Z ₉
10	LS SLOW WG1(1)	X ₁₀	MG1 REVERSE SS	Z ₁₀
11	LS WAITA21-B23	X ₁₁	DOOR B23 CLOSE	Z ₁₁
12	LS SLOW WG1(2)	X ₁₂	DOOR B23 OPEN	Z ₁₂
13	LS SLOWLPB23 G1	X ₁₃	B23 UNCLAMP Rh	Z ₁₃
14	LS LOADPOSB23 G1	X ₁₄	B23 CLAMP Rh	Z ₁₄
15	LS SBKB23	X ₁₅	SPINDLE CW Rs	Z ₁₅
16	LS LOADPOSB23 G2	X ₁₆	SPINDLE CCW Rs	Z ₁₆
17	LS DOORCLOSE B23	X ₁₇	MG2 FORWARD MS	Z ₁₇
18	LS DOOROPEN B23	X ₁₈	MG2 FORWARD SS	Z ₁₈
19	RS B23UC Rh	X ₁₉	MG2 REVERSE MS	Z ₁₉
20	RS B23C Rh	X ₂₀	MG2 REVERSE SS	Z ₂₀
21	RS SILINDERB23 MAX Rs	X ₂₁	G2 UP	Z ₂₁
22	RS SILINDERB23 MIN Rs	X ₂₂	G2 DOWN	Z ₂₂
23	RS G2UP	X ₂₃	G2 UNCLAMP Rh	Z ₂₃
24	RS G2DOWN	X ₂₄	G2 CLAMP Rh	Z ₂₄
25	RS G2UC Rh	X ₂₅	KOMPRESOR	Z ₂₅
26	RS G2C Rh	X ₂₆	MJIG C2 FORWARD MS	Z ₂₆
27	CNT1	X ₂₇	MJIG C2 FORWARD SS	Z ₂₇
28	LS SLOWLPB23 G2	X ₂₈	MJIG C2 REVERSE MS	Z ₂₈
29	LS SLOW WG2(1)	X ₂₉	MJIG C2 REVERSE SS	Z ₂₉
30	LS WAITB23-C2	X ₃₀	DOOR C2 CLOSE	Z ₃₀
31	LS SLOW WG2(2)	X ₃₁	DOOR C2 OPEN	Z ₃₁
32	LS SLOWLPC2 G2	X ₃₂	SILINDER WASH MAX Rh	Z ₃₂
33	LS LOADPOSC2 G2	X ₃₃	SILINDER WASH MIN Rh	Z ₃₃
34	LS LOADPOSC2 G3	X ₃₄	G3 UP	Z ₃₄
35	LS SLOWLPC2 G3	X ₃₅	G3 DOWN	Z ₃₅
36	LS WAITC2-CONV	X ₃₆	G3 UNCLAMP Rh	Z ₃₆
37	LS SLOW WG3	X ₃₇	G3 CLAMP Rh	Z ₃₇
38	LS SLOWCONV	X ₃₈	MG3 FORWARD MS	Z ₃₈

No	INPUT		OUTPUT	
	Nama	Simbol	Nama	Simbol
39	LS LOADPOS CONV	X ₃₉	MG3 FORWARD SS	Z ₃₉
40	LS SAFEPOSTG3	X ₄₀	MG3 REVERSE MS	Z ₄₀
41	CNT2	X ₄₁	MG3 REVERSE SS	Z ₄₁
42	RS G3UP	X ₄₂	MCONV FORWARD MS	Z ₄₂
43	RS G3DOWN	X ₄₃	MCONV FORWARD SS	Z ₄₃
44	RS G3UC Rh	X ₄₄	MCONV REVERSE MS	Z ₄₄
45	RS G3C Rh	X ₄₅	MCONV REVERSE SS	Z ₄₅
46	TIM1	X ₄₆	G1 UNCLAMP Lh	Z ₄₆
47	CNT3	X ₄₇	G1 CLAMP Lh	Z ₄₇
48	LS FEC2	X ₄₈	B23 UNCLAMP Lh	Z ₄₈
49	LS SFEC2	X ₄₉	B23 CLAMP Lh	Z ₄₉
50	LS SREC2	X ₅₀	SPINDLE CW Ls	Z ₅₀
51	LS REC2	X ₅₁	SPINDLE CCW Ls	Z ₅₁
52	LS DOORCLOSE C2	X ₅₂	SILINDER B23 MAX Rs	Z ₅₂
53	LS DOOROPEN C2	X ₅₃	SILINDER B23 MAX Ls	Z ₅₃
54	RS SILINDER C2MIN Rh	X ₅₄	SILINDER B23 MIN Rs	Z ₅₄
55	RS SILINDER C2MAX Rh	X ₅₅	SILINDER B23 MIN Ls	Z ₅₅
56	LS CONV STARTPOS	X ₅₆	G2 UNCLAMP Lh	Z ₅₆
57	LS SLOW CSP	X ₅₇	G2 CLAMP Lh	Z ₅₇
58	LS SLOW CFP	X ₅₈	COOLANT B23	Z ₅₈
59	LS CONV FINISHPOS	X ₅₉	SILINDER WASH MAX Lh	Z ₅₉
60	PB CONV	X ₆₀	SILINDER WASH MIN Lh	Z ₆₀
61	PB STOP	X ₆₁	G3 UNCLAMP Lh	Z ₆₁
62	RS G1UC Lh	X ₆₂	G3 CLAMP Lh	Z ₆₂
63	RS G1C Lh	X ₆₃	RED LAMP	Z ₆₃
64	RS B23UC Lh	X ₆₄	COOLANT C2	Z ₆₄
65	RS B23C Lh	X ₆₅	GREEN LAMP	Z ₆₅
66	RS SILINDERB23 MAX Ls	X ₆₆	-	-
67	RS SILINDERB23 MIN Ls	X ₆₇	-	-
68	RS G2UC Lh	X ₆₈	-	-

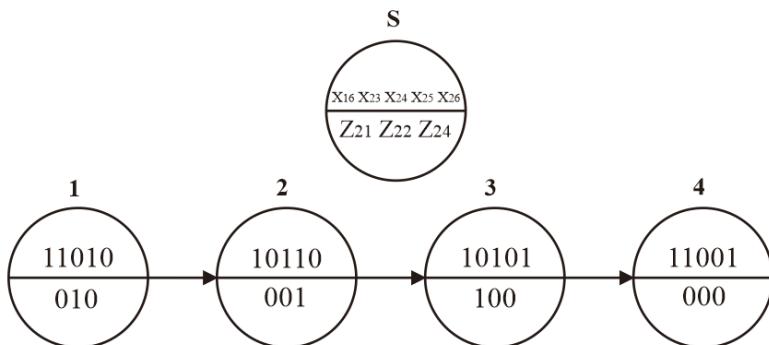
No	INPUT		OUTPUT	
	Nama	Simbol	Nama	Simbol
69	RS G2C Lh	X ₆₉	-	-
70	RS G3UC Lh	X ₇₀	-	-
71	RS G3C Lh	X ₇₁	-	-
72	RS SILINDER C2MIN Lh	X ₇₂	-	-
73	RS SILINDER C2MAX Lh	X ₇₃	-	-

3.2.3 Pembuatan *State Diagram I/O*

Deskripsi urutan proses yang sudah dibagi menjadi 40 sub proses selanjutnya dilakukan pembuatan *state diagram input* dan *output*. Tiap satu *state* pada subproses dikategorikan menjadi satu lingkaran *state* dengan nilai *input* dan *output* yang aktif diwakili nilai bit 1, sedangkan untuk nilai *input* dan *output* yang tidak aktif diwakili nilai bit 0. Berikut adalah hasil pembuatan *state diagram I/O* pada subproses 21 dapat dilihat pada Tabel 3.5 dan Gambar 3.1 Untuk keseluruhan sub proses sistem dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 3.5 Pembuatan *State Diagram I/O*

Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
<i>Gantry 2 di Loading Pos B23</i>				
21	1	LS LOADPOSB23 G2 aktif (X ₁₆)	G2 DOWN aktif (Z ₂₂)	<ul style="list-style-type: none"> • RS G2UP aktif (X₂₃) • RS G2UC Rh/Lh aktif (X₂₅)
	2	RS G2DOWN aktif (X ₂₄)	G2 CLAMP Rh/Lh aktif (Z ₂₄)	<ul style="list-style-type: none"> • LS LOADPOSB23 G2 aktif (X₁₆)
	3	RS G2C Rh/Lh aktif (X ₂₆)	G2 UP aktif (Z ₂₁)	<ul style="list-style-type: none"> • LS LOADPOSB23 G2 aktif (X₁₆)
	4	RS G2UP aktif (X ₂₃)	G2 UP nonaktif	<ul style="list-style-type: none"> • LS LOADPOSB23 G2 aktif (X₁₆) • RS G2C Rh/Lh aktif (X₂₆)



Gambar 3.1 State diagram I/O sub proses 21

3.2.4 Penyusunan *Primitive Flow Table*

Informasi dari *state diagram* I/O pada setiap sub proses secara keseluruhan digunakan untuk menyusun *primitive flow table*. Berikut adalah *primitive flow table* dari sub proses 21 dapat dilihat pada Tabel 3.6. Untuk keseluruhan *primitive flow table* sistem dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 3.6 Primitive Flow Table Sub Proses 21

Row	Input $X_{16} \ X_{23} \ X_{24} \ X_{25} \ X_{26}$					Output		
	11010	10110	10101	11001	Z ₂₁	Z ₂₂	Z ₂₄	
1	1	2	-	-	0	1	0	
2	-	2	3	-	0	0	1	
3	-	-	3	4	1	0	0	
4	-	-	-	4	0	0	0	

3.2.5 Penyusunan Merged Flow Table

Penyusunan *merged flow table* untuk sub proses 21, tidak ada tabel yang dapat digabungkan karena tidak ada kombinasi bit *output* yang serupa sehingga ditahap ini cukup dengan menentukan jumlah *relay*. Dalam menentukan jumlah *relay* harus menerapkan syarat $2^n \geq m$, dimana n adalah jumlah *relay* dan m adalah jumlah baris. Pada sub proses 21

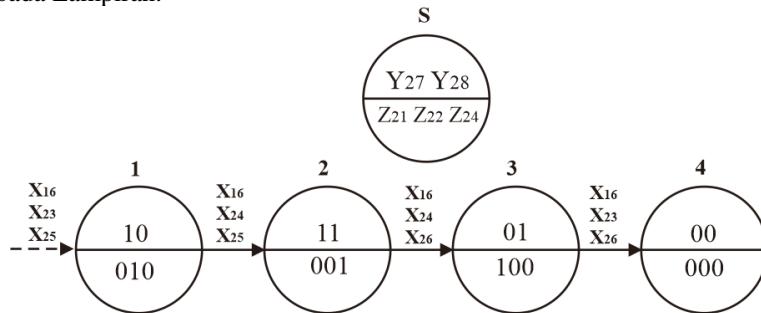
didapatkan jumlah barisnya adalah empat, maka *relay* yang dibutuhkan adalah dua. Berikut adalah *merged flow table* dari sub proses 21 dapat dilihat pada Tabel 3.7. Untuk keseluruhan *merged flow table* dari sistem dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 3.7 Merged Flow Table Sub Proses 21

Row	<i>Input</i> X ₁₆ X ₂₃ X ₂₄ X ₂₅ X ₂₆					<i>Output</i>			<i>Relay</i>	
	11010	10110	10101	11001		Z ₂₁	Z ₂₂	Z ₂₄	Y ₂₇	Y ₂₈
1	1	2	-	-		0	1	0	1	0
2	-	2	3	-		0	0	1	1	1
3	-	-	3	4		1	0	0	0	1
4	-	-	-	4		0	0	0	0	0

3.2.6 Pembuatan State Diagram R/O

State diagram R/O disusun berdasarkan hasil yang didapatkan dari merged flow table. *State diagram* ini mempunyai susunan *relay/output* sehingga bit yang dimasukkan ke dalam *state* adalah nilai Y dan Z. Berikut adalah *state diagram* R/O dari sub proses 21 dapat dilihat pada Gambar 3.2. Untuk *state diagram* R/O keseluruhan sistem dapat dilihat pada Lampiran.



Gambar 3.2 State Diagram R/O Sub Proses 21

3.3 Konstruksi Ladder Diagram

Hasil pembuatan *state diagram* R/O dapat dikonversikan menjadi *ladder diagram* dengan cara melakukan *switching function*. Didapatkan *switching function* sebagai berikut:

$$Y_{27} = (X_{16} X_{23} X_{25} + Y_{25}) \overline{X_{16}} \overline{X_{24}} \overline{X_{26}}$$

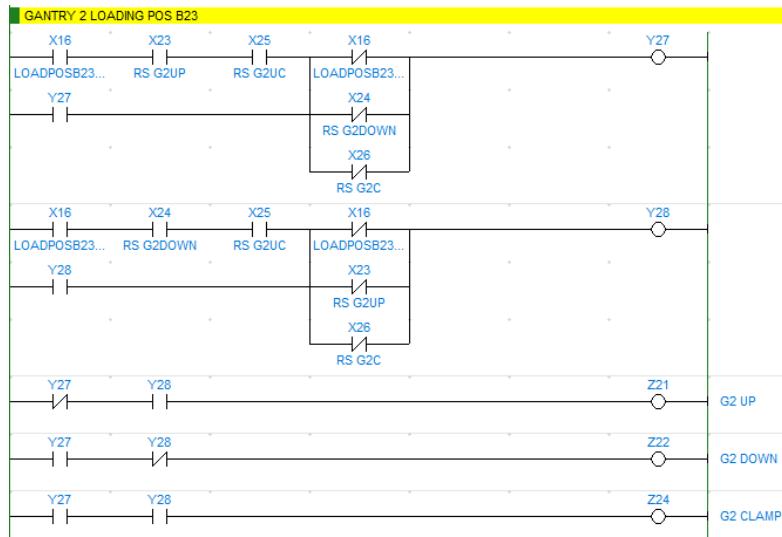
$$Y_{28} = (X_{16} X_{24} X_{25} + Y_{26}) \overline{X_{16}} \overline{X_{23}} \overline{X_{26}}$$

$$Z_{21} = \overline{Y_{25}} Y_{26}$$

$$Z_{22} = Y_{25} \overline{Y_{26}}$$

$$Z_{24} = Y_{25} Y_{26}$$

Secara keseluruhan, sistem dari *tapping and washing machine autoloader plant* didapatkan total 109 rung dengan *relay proses* sebanyak 61 buah dan *output* sebanyak 45 buah. Konstruksi *ladder* untuk *relay* sebanyak 64 rung (61 *relay* dan 3 *relay proses* bantu) serta untuk *output* sebanyak 47 rung (44 *output*, 1 *timer*, dan 2 *counter*). Berikut adalah hasil dari konstruksi *ladder diagram* untuk sub proses 21 dapat dilihat pada Gambar 3.3. Untuk *ladder diagram* keseluruhan sistem dapat dilihat pada Lampiran.



Gambar 3.3 Konstruksi *Ladder Diagram* Sub Proses 21

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 4

SIMULASI DAN ANALISA

Ladder diagram yang telah didesain akan disimulasikan menggunakan PLC terlebih dahulu dengan *software CX-Programmer*, kemudian diuji apakah sistem sudah sesuai dengan sekuens yang diinginkan. Pengujian sistem menggunakan *Human Machine Interface* (HMI) dengan *software CX-Designer* dan PLC OMRON CP1E.

4.1 Alamat I/O Sistem

Komunikasi antara PLC dengan HMI perlu dilakukan penyamaan alamat *input* dan *output* agar dapat bertukar data berupa program *ladder diagram*. Berikut adalah alamat *input* dan *output* dapat dilihat pada Tabel 4.1. Alamat ini merupakan *input/output* fisik dari PLC yang digunakan sehingga alamat memori tidak perlu dicantumkan.

Tabel 4.1 Alamat I/O Sistem

No	INPUT		OUTPUT	
	Keterangan	Alamat	Keterangan	Alamat
1	PB START	5.01	SILINDER A21 MIN	105.01
2	LS FEA21	5.02	SILINDER A21 MAX	105.02
3	LS REA21	5.03	G1 UP	105.03
4	RS G1UP	5.04	G1 DOWN	105.04
5	RS G1DOWN	5.05	G1 UNCLAMP Rh	105.05
6	RS G1UC Rh	5.06	G1 CLAMP Rh	105.06
7	RS G1C Rh	5.07	MG1 FORWARD MS	105.07
8	LS LOADPOSA21	5.08	MG1 FORWARD SS	105.08
9	LS SLOWLPA21	5.09	MG1 REVERSE MS	105.09
10	LS SLOW WG1(1)	5.10	MG1 REVERSE SS	105.10
11	LS WAITA21- B23	5.11	DOOR B23 CLOSE	105.11

No	<i>INPUT</i>		<i>OUTPUT</i>	
	Keterangan	Alamat	Keterangan	Alamat
12	LS SLOW WG1(2)	5.12	DOOR B23 OPEN	105.12
13	LS SLOWLPB23 G1	5.13	B23 UNCLAMP Rh	105.13
14	LS LOADPOSB23 G1	5.14	B23 CLAMP Rh	105.14
15	LS SBKB23	5.15	SPINDLE CW Rs	105.15
16	LS LOADPOSB23 G2	6.00	SPINDLE CCW Rs	106.00
17	LS DOORCLOSE B23	6.01	MG2 FORWARD MS	106.01
18	LS DOOROPEN B23	6.02	MG2 FORWARD SS	106.02
19	RS B23UC Rh	6.03	MG2 REVERSE MS	106.03
20	RS B23C Rh	6.04	MG2 REVERSE SS	106.04
21	RS SILINDERB23 MAX Rs	6.05	G2 UP	106.05
22	RS SILINDERB23 MIN Rs	6.06	G2 DOWN	106.06
23	RS G2UP	6.07	G2 UNCLAMP Rh	106.07
24	RS G2DOWN	6.08	G2 CLAMP Rh	106.08
25	RS G2UC Rh	6.09	KOMPRESOR	106.09
26	RS G2C Rh	6.10	MJIG C2 FORWARD MS	106.10
27	CNT1	C0001	MJIG C2 FORWARD SS	106.11

No	<i>INPUT</i>		<i>OUTPUT</i>	
	Keterangan	Alamat	Keterangan	Alamat
28	LS SLOWLPB23 G2	6.11	MJIG C2 REVERSE MS	106.12
29	LS SLOW WG2(1)	6.12	MJIG C2 REVERSE SS	106.13
30	LS WAITB23-C2	6.13	DOOR C2 CLOSE	106.14
31	LS SLOW WG2(2)	6.14	DOOR C2 OPEN	106.15
32	LS SLOWLPC2 G2	6.15	SILINDER WASH MAX Rh	102.00
33	LS LOADPOSC2 G2	2.00	SILINDER WASH MIN Rh	102.01
34	LS LOADPOSC2 G3	2.01	G3 UP	102.02
35	LS SLOWLPC2 G3	2.02	G3 DOWN	102.03
36	LS WAITC2-CONV	2.03	G3 UNCLAMP Rh	102.04
37	LS SLOW WG3	2.04	G3 CLAMP Rh	102.05
38	LS SLOWCONV	2.05	MG3 FORWARD MS	102.06
39	LS LOADPOS CONV	2.06	MG3 FORWARD SS	102.07
40	LS SAFEPOSTG3	2.07	MG3 REVERSE MS	102.08
41	CNT2	C0002	MG3 REVERSE SS	102.09
42	RS G3UP	2.08	MCONV FORWARD MS	102.10
43	RS G3DOWN	2.09	MCONV FORWARD SS	102.11

No	<i>INPUT</i>		<i>OUTPUT</i>	
	Keterangan	Alamat	Keterangan	Alamat
44	RS G3UC Rh	2.10	MCONV REVERSE MS	102.12
45	RS G3C Rh	2.11	MCONV REVERSE SS	102.13
46	TIM1	T0001	G1 UNCLAMP Lh	102.14
47	CNT3	C0003	G1 CLAMP Lh	103.00
48	LS FEC2	2.12	B23 UNCLAMP Lh	103.01
49	LS SFEC2	2.13	B23 CLAMP Lh	103.02
50	LS SREC2	2.14	SPINDLE CW Ls	103.03
51	LS REC2	2.15	SPINDLE CCW Ls	103.04
52	LS DOORCLOSE C2	3.00	SILINDER B23 MAX Rs	103.05
53	LS DOOROPEN C2	3.01	SILINDER B23 MAX Ls	103.06
54	RS SILINDER C2MIN Rh	3.02	SILINDER B23 MIN Rs	103.07
55	RS SILINDER C2MAX Rh	3.03	SILINDER B23 MIN Ls	103.08
56	LS CONV STARTPOS	3.04	G2 UNCLAMP Lh	103.09
57	LS SLOW CSP	3.05	G2 CLAMP Lh	103.10
58	LS SLOW CFP	3.06	COOLANT B23	103.11
59	LS CONV FINISHPOS	3.07	SILINDER WASH MAX Lh	103.12
60	PB CONV	3.08	SILINDER WASH MIN Lh	103.13
61	PB STOP	3.09	G3 UNCLAMP Lh	103.14
62	RS G1UC Lh	3.10	G3 CLAMP Lh	103.15
63	RS G1C Lh	3.11	RED LAMP	104.00
64	RS B23UC Lh	3.12	COOLANT C2	104.01

No	<i>INPUT</i>		<i>OUTPUT</i>	
	Keterangan	Alamat	Keterangan	Alamat
65	RS B23C Lh	3.13	GREEN LAMP	104.02
66	RS SILINDERB23 MAX Ls	3.14		
67	RS SILINDERB23 MIN Ls	3.15		
68	RS G2UC Lh	4.00		
69	RS G2C Lh	4.01		
70	RS G3UC Lh	4.02		
71	RS G3C Lh	4.03		
72	RS SILINDER C2MIN Lh	4.04		
73	RS SILINDER C2MAX Lh	4.05		
74	PB RESET	4.06		
75	CNT4	C0004		
76	CMP	C1		

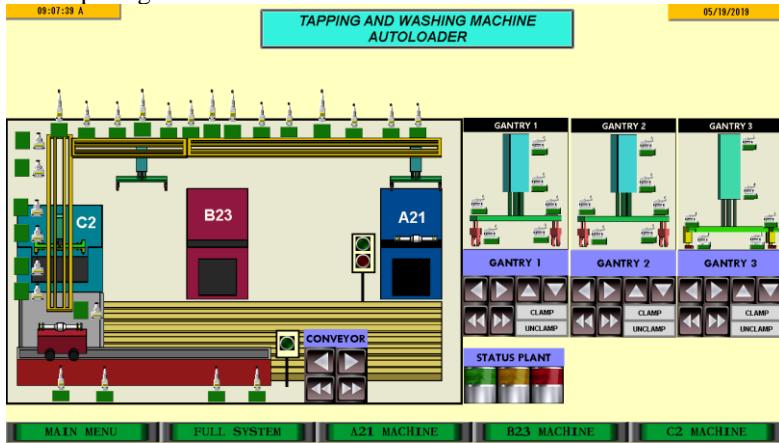
4.2 Human Machine Interface (HMI)

HMI digunakan untuk melakukan pengamatan terhadap perangkat sensor dan aktuator yang sedang bekerja. Proses perancangan dari HMI dibagi beberapa bagian untuk mempermudah dalam melakukan simulasi. Bagian-bagiannya antara lain adalah *full system* yang merupakan gambaran keseluruhan sistem secara umum, A21 *machine* merupakan gambaran kerja sistem di mesin A21 berupa *ejector*, B23 *machine* merupakan gambaran kerja sistem di mesin B23 saat melakukan pengeboran dan penguliran, C2 *Machine* merupakan gambaran kerja sistem saat melakukan proses pembersihan benda kerja.

4.2.1 Full System

Full system window merupakan tampilan proses secara keseluruhan. *Window* ini menampilkan sensor dan aktuator pada *gantry* beserta relnya, *conveyor*, dan *signal tower*. Proses yang terjadi di *window* ini adalah pendistribusian benda kerja dari mesin satu ke mesin lainnya. Terdapat lima buah panel di bagian bawah dari tampilan full *window* yang berfungsi untuk melihat tampilan *window* yang lain seperti A21 *machine*,

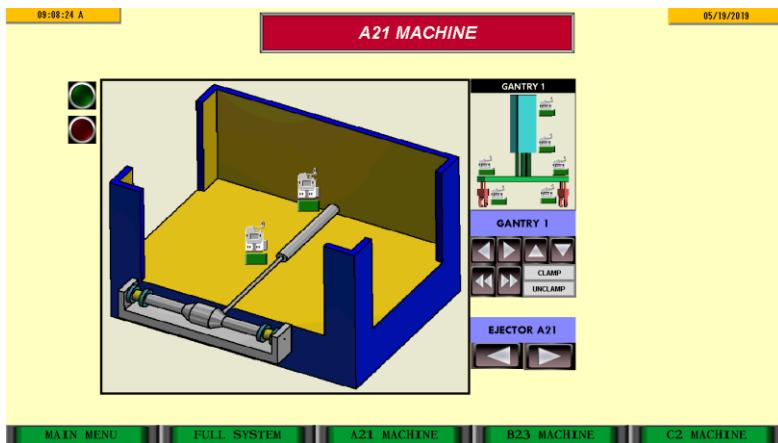
B23 machine, dan C2 machine. Tampilan dari *full system window* dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Full System

4.2.2 A21 Machine

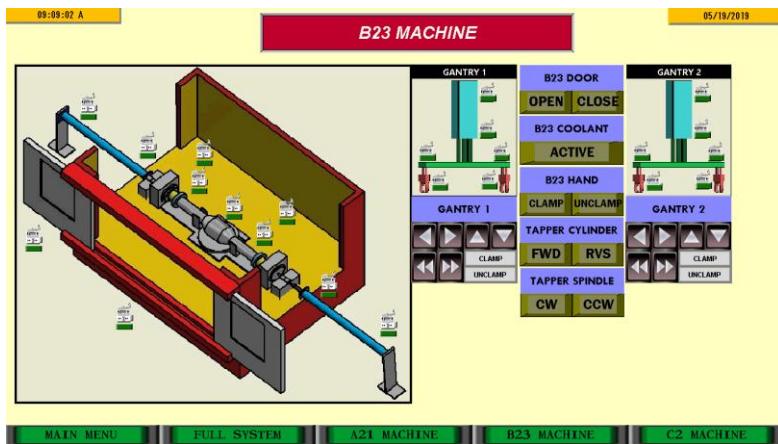
Window ini merupakan tampilan dari proses awal pada *plant*. Proses terjadi ketika tombol *start* ditekan, kemudian posisi *ejector* A21 yang semula berada di luar mesin akan berpindah menuju ke dalam mesin A21. Perpindahan ini ditunjukkan dengan mengubah kondisi *limit switch* A21 dan indikator yang menyala merupakan tanda bahwa aktuator bekerja. Tanda panah merupakan perubahan arah gerak silinder. Tampilan HMI mesin A21 dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 A21 Machine

4.2.3 B23 Machine

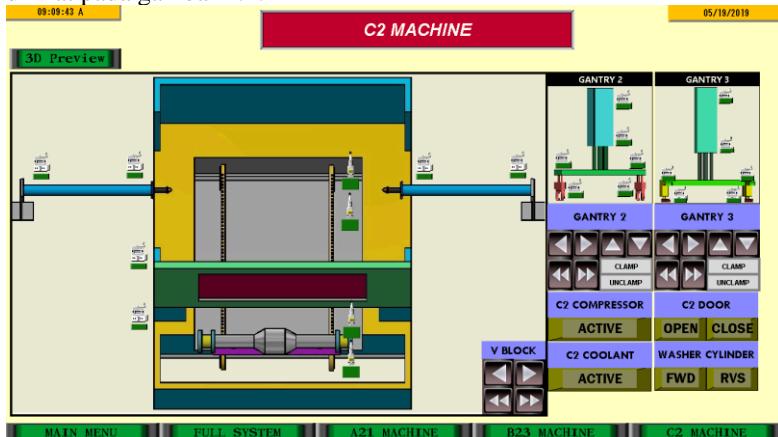
Window *B23 machine* merupakan tampilan yang menggambarkan proses pengeboran dan penguliran. Proses tersebut diawali dengan membuka dan menutup pintu mesin B23, penjepitan benda kerja, *tapping*, dan pemberian ulir. Bagian kiri window terdapat *limit switch* dan *reed switch* yang terdapat pada mesin B23 menggunakan *ON/OFF Button*, sedangkan proses yang sedang terjadi pada mesin B23 divisualisasikan pada bagian kanan window menggunakan *bit lamp*. Tampilan HMI mesin B23 dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 B23 Machine

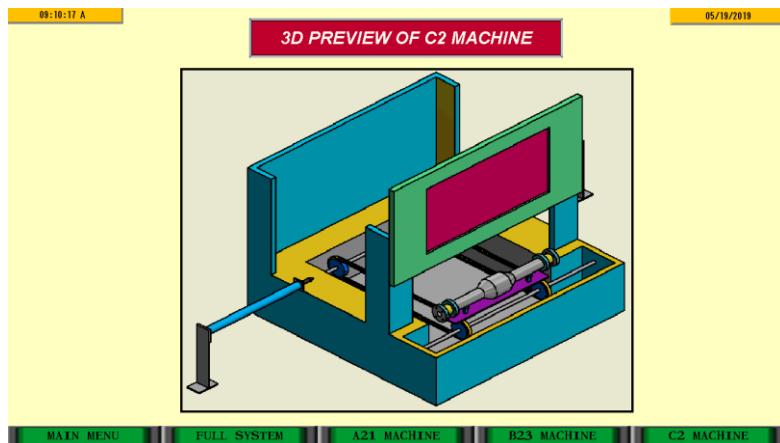
4.2.4 C2 Machine

Window ini merupakan tampilan proses pembersihan benda kerja. Simulasi pada window ini diawali dengan proses *air compresor* aktif, kemudian dilanjutkan proses *washing* di dalam mesin dan diakhiri dengan kompresor aktif kembali mengeringkan benda kerja. Sensor dan aktuator ditampilkan menggunakan komponen *ON/OFF Button* dan *Bit Lamp* yang telah didesain sedemikian rupa agar memudahkan pengguna HMI untuk memahami proses pada mesin C2. Tampilan HMI mesin C2 dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 C2 Machine

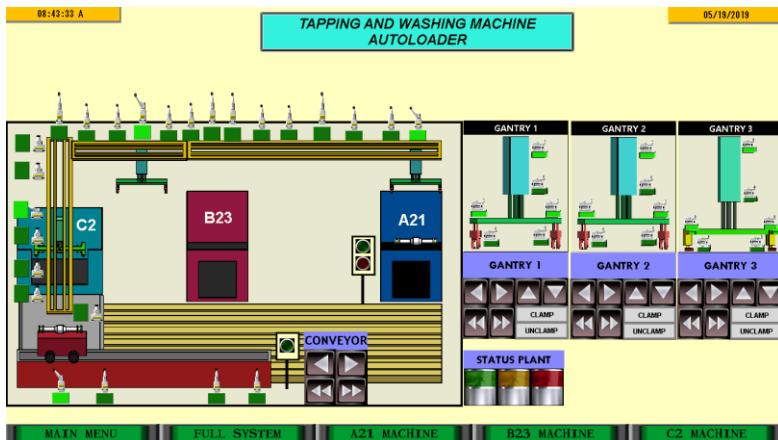
Bentuk tiga dimensi dari C2 *machine* dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 3D C2 Machine

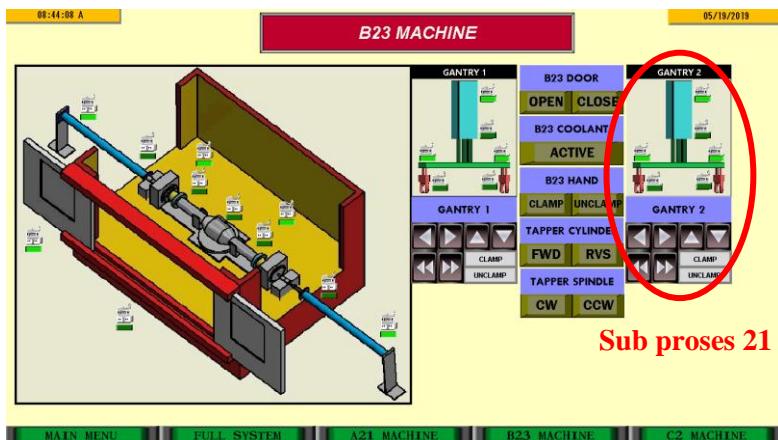
4.3 Simulasi

Simulasi dilakukan menggunakan *software* CX-Designer yang berfungsi untuk melakukan pengamatan pada sensor dan aktuator yang sedang bekerja. Simulasi bertujuan untuk melihat apakah hasil sistem sudah sesuai dengan sekuens yang diinginkan. Percobaan simulasi dilakukan pada sub proses 21 yaitu keadaan *gantry* 2 saat berada di *tapping machine* atau mesin B23. Berikut adalah kondisi awal *plant* sebelum terjadinya proses dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Simulasi Kondisi Awal Plant

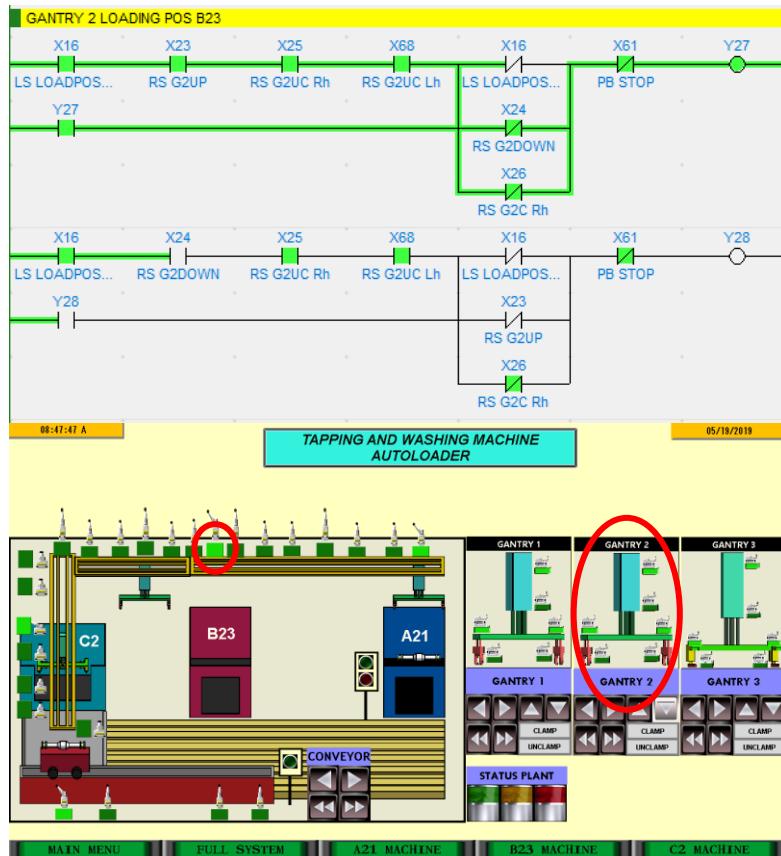
Berikut ini adalah tampilan di dalam mesin B23 dapat dilihat pada Gambar 4.7. Hal yang menjadi fokus pada simulasi ini adalah keadaan *gantry* 2 saat berada di mesin B23.



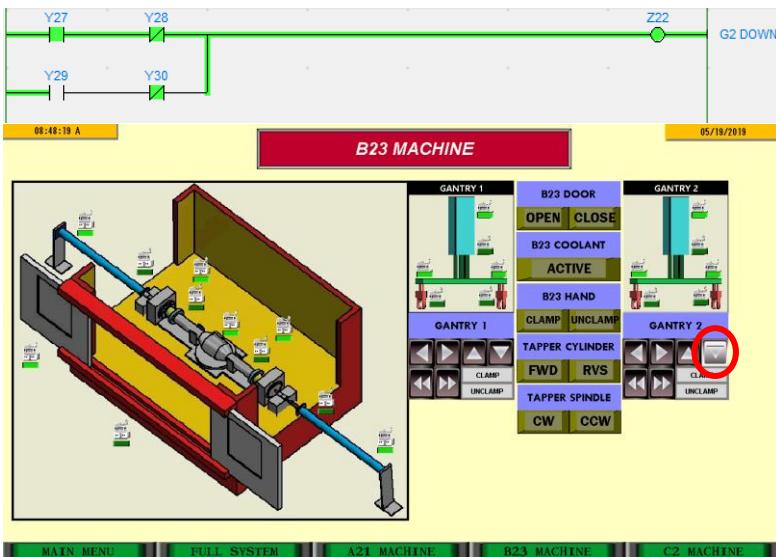
Gambar 4.7 Simulasi *Gantry* 2 di Mesin B23

Sebelum sub proses 21 berjalan, terdapat sub proses 1 sampai dengan sub proses 20 yang sudah selesai bekerja. Sub proses 21 akan mulai bekerja ketika kondisi awal adalah *limit switch loading pos* di B23

untuk *gantry 2 aktif*, *gantry 2 up aktif*, dan *gantry 2 unclamp left* dan *right hand* aktif. Hal ini memerintahkan *gantry 2* untuk bergerak turun, dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9.

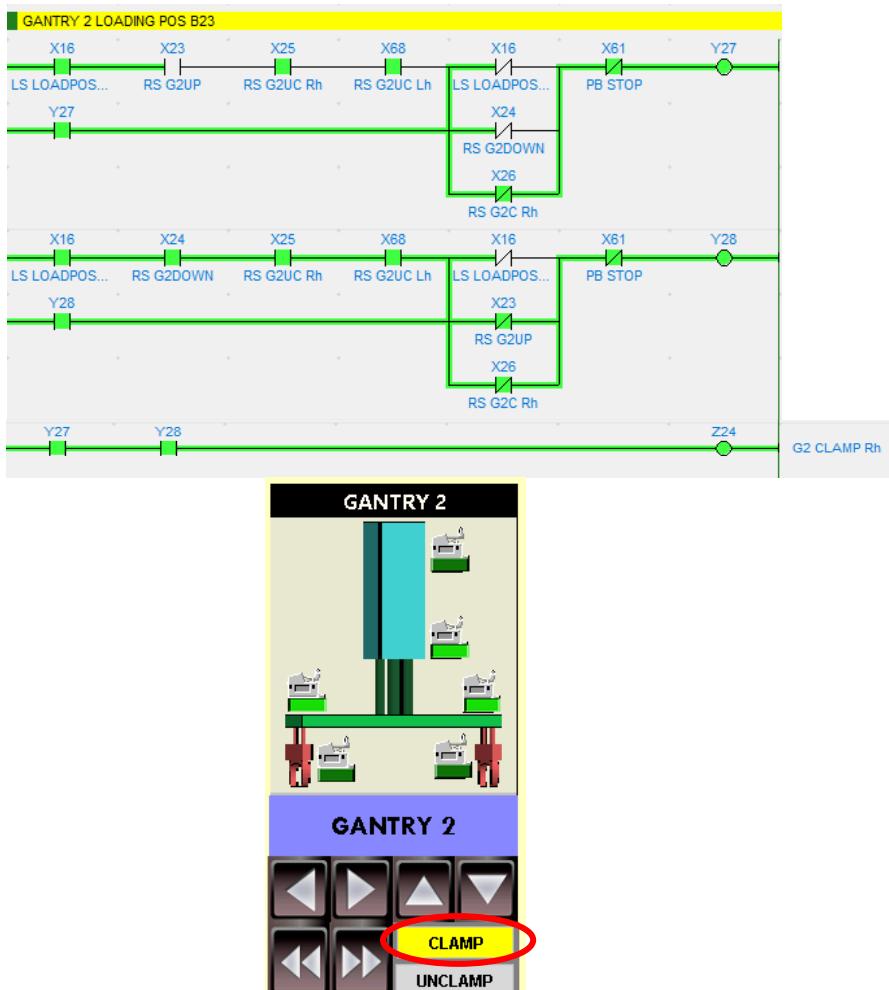


Gambar 4.8 Simulasi Limit Switch Loading Pos B23 Aktif



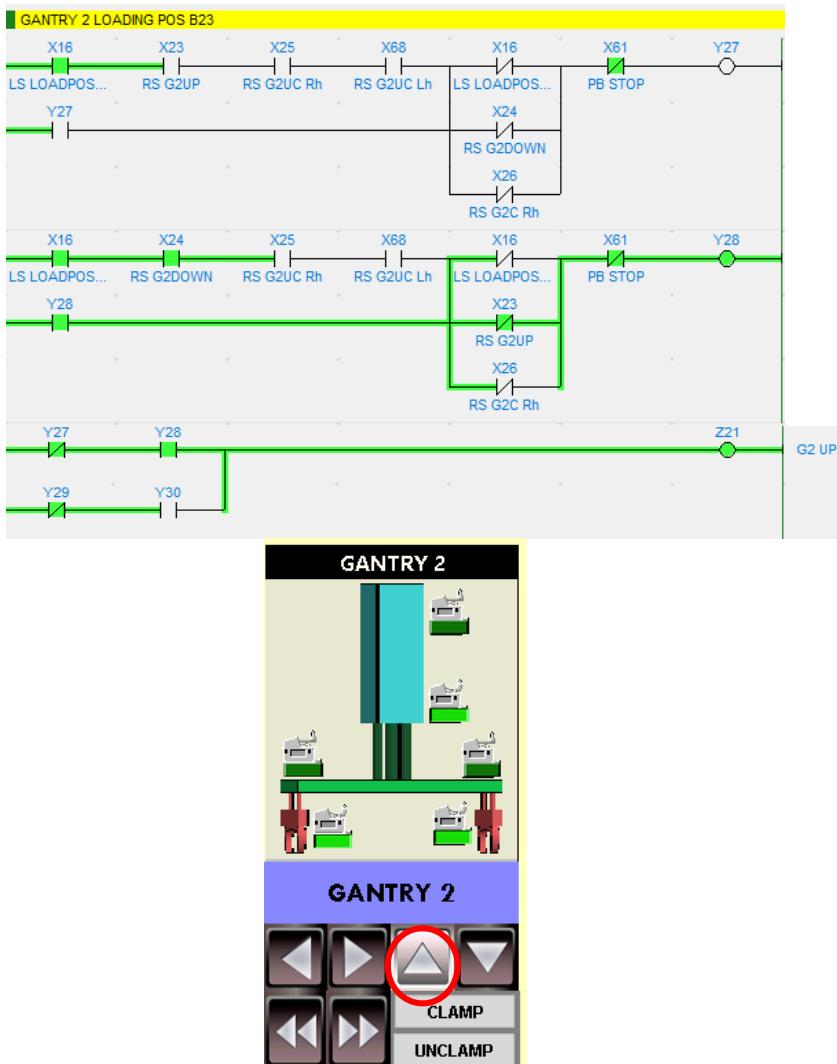
Gambar 4.9 Simulasi *Gantry 2 Down*

Saat *gantry 2* diperintahkan untuk turun, *reed switch down* dari *gantry 2* aktif dan memerintahkan *gantry 2* untuk melakukan aksi *clamp* atau mejepit benda kerja seperti pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.10 Simulasi Gantry 2 Clamp

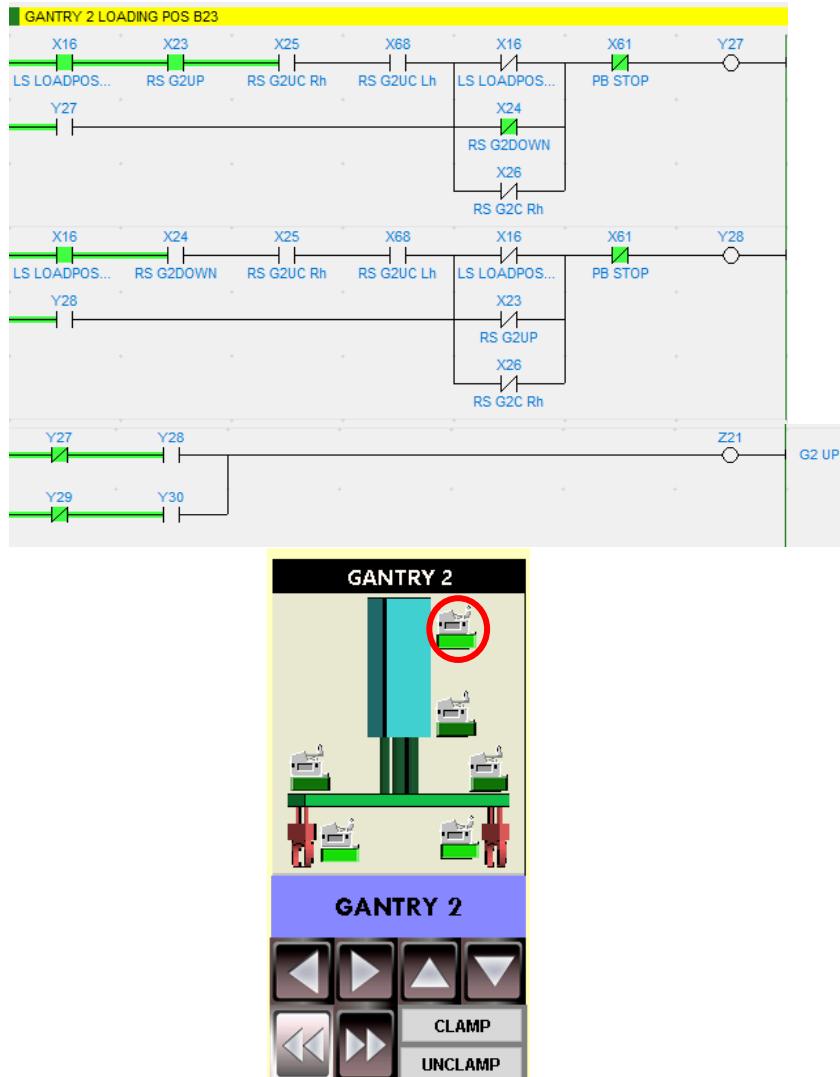
Ketika *gantry 2* diperintahkan untuk *clamp*, maka *reed switch clamp left/right hand* dari *gantry 2* aktif yang kemudian memerintahkan *gantry* untuk *up* atau kembali ke atas. Berikut dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Simulasi *Gantry 2 Up*

Saat *gantry 2* diperintahkan untuk *up*, *reed switch up* dari *gantry 2* aktif yang kemudian akan memerintahkan sub proses selanjutnya untuk

bekerja. Keadaan *reed switch up* gantry 2 aktif dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Simulasi Gantry 2 Reed Switch Up Aktif

Hasil percobaan simulasi sistem secara keseluruhan sesuai dengan sekuen yang diinginkan. Berikut adalah tabel validasi dari tiap sub proses dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Tabel Validasi Sub Proses

Sub Proses	Sesuai
1	✓
2	✓
3	✓
4	✓
5	✓
6	✓
7	✓
8	✓
9	✓
10	✓
11	✓
12	✓
13	✓
14	✓
15	✓
16	✓
17	✓
18	✓
19	✓
20	✓
21	✓
22	✓
23	✓
24	✓
25	✓
26	✓
27	✓
28	✓
29	✓
30	✓
31	✓

Sub Proses	Sesuai
32	✓
33	✓
34	✓
35	✓
36	✓
37	✓
38	✓
39	✓
40	✓
41	✓
42	✓
43	✓
44	✓
45	✓
46	✓
47	✓
48	✓
49	✓

4.4 Pengujian Sistem

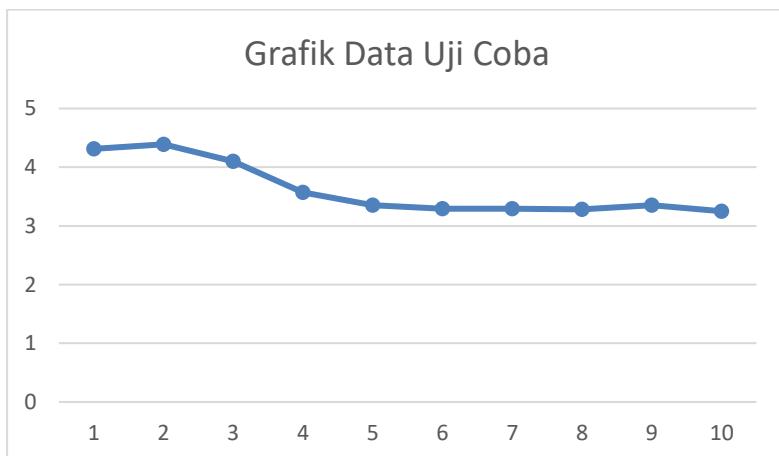
Pengujian pada *tapping and washing machine autoloader plant* dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Uji coba ini dilakukan sesuai urutan proses dari awal hingga akhir dengan menggunakan HMI yang telah dirancang. Data yang diambil berupa waktu yang dibutuhkan sistem dalam satu kali proses atau siklus. Data uji coba proses dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Data Uji Coba 10 Siklus

Pengambilan Data ke-	Waktu Proses
1	4 m 31 s
2	4 m 39 s
3	4 m 10 s
4	3 m 57 s
5	3 m 35 s

Pengambilan Data ke-	Waktu Proses
6	3 m 29 s
7	3 m 29 s
8	3 m 28 s
9	3 m 35 s
10	3 m 25 s

Berdasarkan tabel data uji coba, waktu yang dibutuhkan untuk sekali proses produksi benda kerja rata-rata adalah 3 menit 49 detik. Perbedaan waktu proses yang diperoleh terjadi karena adanya rentang waktu pengaktifan sensor yang tidak konstan akibat dilakukan secara manual melalui HMI. Begitupun dengan pengambilan data apabila dilakukan di *plant* secara langsung, hal ini dikarenakan adanya operator yang membersihkan benda kerja secara manual sehingga waktu yang didapatkan akan berbeda-beda. Bentuk grafik dari data uji coba dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 Grafik Data Uji Coba

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

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

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses desain *ladder diagram* yang telah dilakukan pada penelitian tugas akhir ini, dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Desain *ladder diagram* dengan metode *state diagram* pada *tapping and washing machine autoloader plant* menghasilkan total 117 *rung ladder* dengan rincian 6 *rung* pendukung proses, 63 *rung relay*, dan 48 *rung output*.
2. Terdapat 49 pembagian sub proses untuk perancangan *ladder diagram*.
3. Terdapat sebuah *timer*, 4 *counter*, dan sebuah *comparator*.
4. Rata-rata waktu proses yang dibutuhkan untuk satu benda kerja adalah 3 menit 49 detik.
5. Kapasitas memori untuk file program yang dihasilkan adalah 24.1 KB dengan rincian 9 KB file (.BAK), 9.01 KB file (.CXP), dan 6.09 KB file (.OPT).

5.2 Saran

Adapun saran yang diharapkan untuk penelitian selanjutnya yaitu *Human Machine Interface* (HMI) yang dirancang dapat disertakan dengan animasi agar mempermudah dalam memahami proses yang sedang terjadi.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

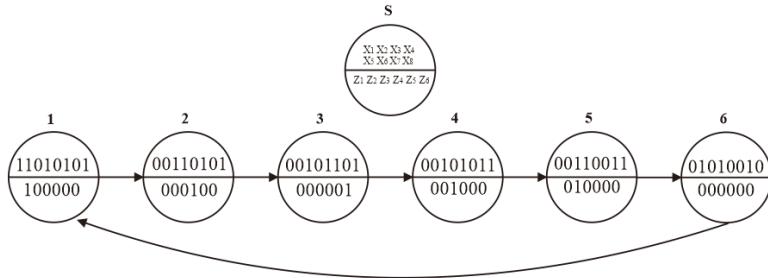
DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Sinclair, *Passive Components for Circuit Design*, London: Elsevier Newnes, 2000.
- [2] S. L. Herman, *Industrial Motor Control* 7th Edition, Canada: Cengage Learning, 2012.
- [3] E. C. Lister and I. D. H. Gunawan, *Mesin Dan Rangkaian Listrik*, Erlangga, 1997.
- [4] D. W. M.T. and D. Pramono, *Bahan Ajar Pneumatik - Hidrolik*, Universitas Negeri Malang.
- [5] Inc, Onyx Industries, "Stack Light Engineering Reference Guide," 23 September 2012. [Online]. Available: www.onyx-industries.com. [Accessed 29 April 2019].
- [6] F. D. Petruzzella, *Programmable Logic Controller* Fifth Edition, New York: McGraw-Hill Education, 2016.
- [7] OMRON Corporation, "CP Series CP1E CPU Units," [Online]. Available: www.ia.omron.com. [Accessed 15 April 2019].
- [8] P. Zhang, *Industrial Control Technology*, New York: William Andrew, 2008.
- [9] B. Hollifield, N. I. D. Oliver and E. Habibi, *High Peformance HMI Handbook*, Houston: PAS, 2008.
- [10] M. M. Nobel, *Konstruksi Diagram Ladder Menggunakan Metode Flow-Table/State Diagram untuk Crude Palm Oil Process*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [11] E. Iskandar, M. Rameli and Nicco, "Ladder Diagram based on State Diagram for Selection and Assembling Part on Dual Conveyor," *JAREE-Journal on Advanced Research in Electrical Engineering*, vol. I, no. 2, pp. 52-56, 2017.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN

Sub Proses 1 State Diagram I/O



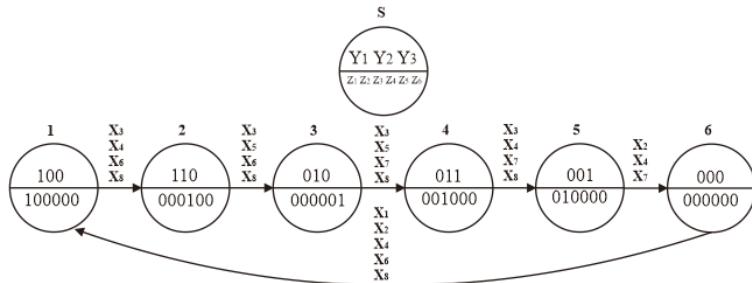
Primitive Flow Table

Row	Input X ₁ X ₂ X ₃ X ₄ X ₅ X ₆ X ₇ X ₈								Output				
	1101 0101	0011 0101	0010 1101	0010 1011	0011 0011	0101 0010	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₆		
1	1	2	-	-	-	-	1	0	0	0	0		
2	-	2	3	-	-	-	0	0	0	1	0		
3	-	-	3	4	-	-	0	0	0	0	1		
4	-	-	-	4	5	-	0	0	1	0	0		
5	-	-	-	-	5	6	0	1	0	0	0		
6	1	-	-	-	-	6	0	0	0	0	0		

Merged Flow Table

Row	Input X ₁ X ₂ X ₃ X ₄ X ₅ X ₆ X ₇ X ₈						Output				Relay			
	110 101 01	001 101 01	001 011 01	001 010 11	001 100 11	010 100 10	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₆	Y ₁	Y ₂	Y ₃
1	1	2	-	-	-	-	1	0	0	0	0	1	0	0
2	-	2	3	-	-	-	0	0	0	1	0	1	1	0
3	-	-	3	4	-	-	0	0	0	0	1	0	1	0
4	-	-	-	4	5	-	0	0	1	0	0	0	1	1
5	-	-	-	-	5	6	0	1	0	0	0	0	0	1
6	1	-	-	-	-	6	0	0	0	0	0	0	0	0

State Diagram R/O



Switching Function

$$Y_1 = (X_1 X_2 X_4 X_6 X_8 + Y_1) \overline{X_3 X_5 X_6 X_8}$$

$$Y_2 = (X_3 X_4 X_6 X_8 + Y_2) \overline{X_3 X_4 X_7 X_8}$$

$$Y_3 = (X_3 X_5 X_7 X_8 + Y_3) \overline{X_2 X_4 X_7}$$

$$Z_1 = Y_1 \bar{Y}_2 \bar{Y}_3$$

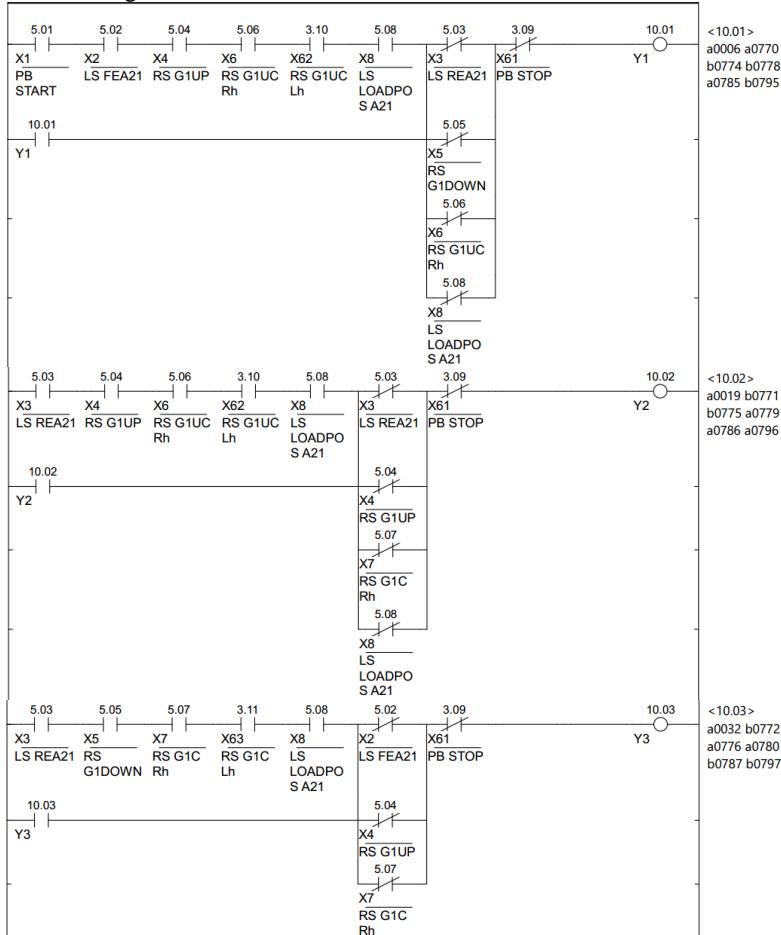
$$Z_2 = \bar{Y}_1 \bar{Y}_2 Y_3$$

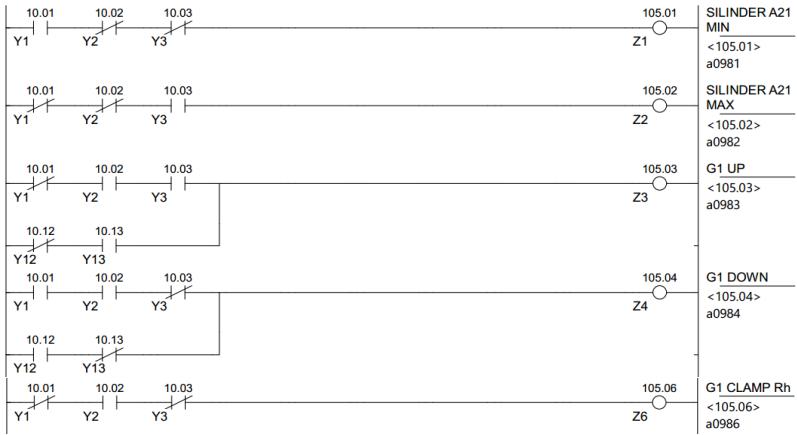
$$Z_3 = \bar{Y}_1 Y_2 Y_3$$

$$Z_4 = Y_1 Y_2 \bar{Y}_3$$

$$Z_6 = \bar{Y}_1 Y_2 \bar{Y}_3$$

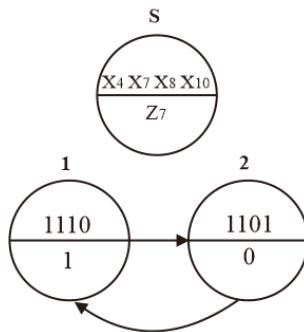
Ladder Diagram





Sub Proses 2

State Diagram I/O



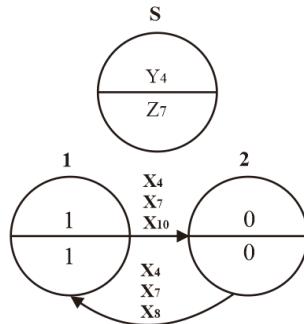
Primitive Flow Table

Row	Input X ₄ X ₇ X ₈ X ₁₀			Output Z ₇
	1110	1101		
1	<u>1</u>	2		1
2	1	<u>2</u>		0

Merged Flow Table

Row	Input X ₄ X ₇ X ₈ X ₁₀		Output Z ₇	Relay Y ₄
	1110	1101		
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

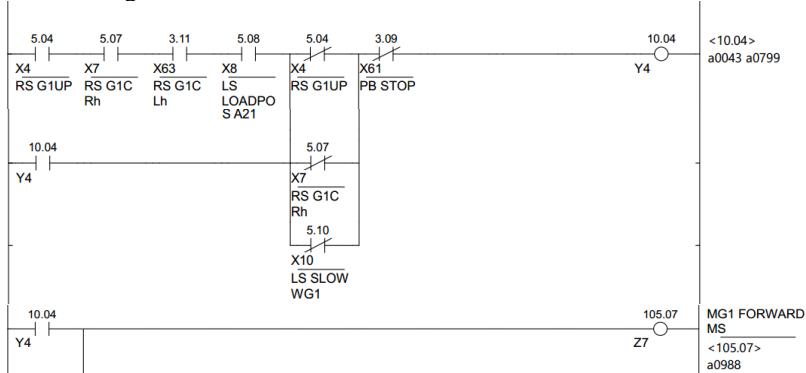


Switching Function

$$Y_4 = (X_4 X_7 X_8 + Y_4) \overline{X_4} \overline{X_7} \overline{X_{10}}$$

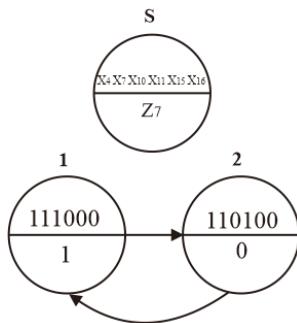
$$Z_7 = Y_4$$

Ladder Diagram



Sub Proses 3

State Diagram I/O



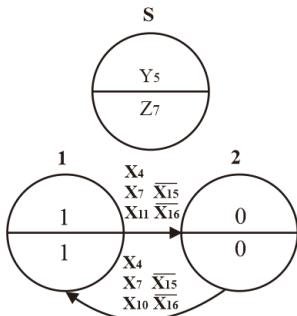
Primitive Flow Table

Row	Input						Output
	X ₄	X ₇	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₅	X ₁₆	
1	1	1	1	1	1	1	Z ₇
2	1	1	1	1	1	1	0

Merged Flow Table

Row	Input			Output	Relay
	X ₄	X ₇	X ₁₀		
1	1	1	1	Z ₇	Y ₅
2	1	1	1	0	0

State Diagram R/O

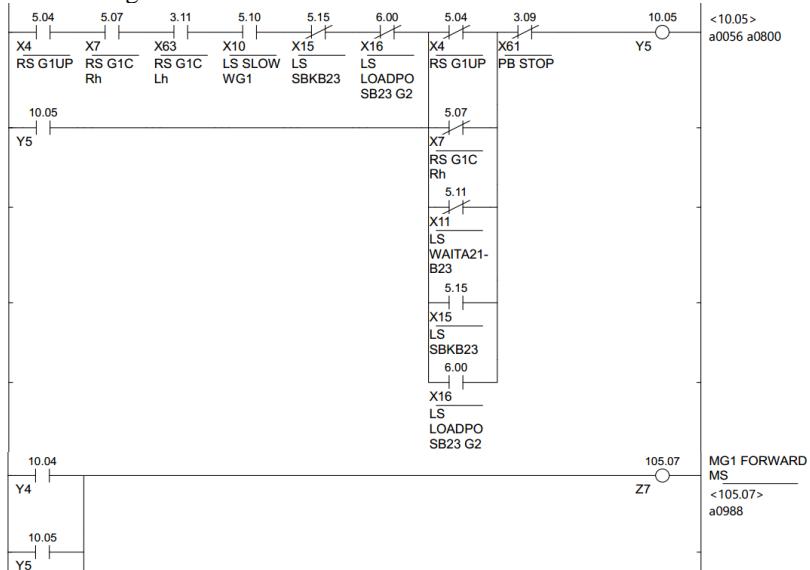


Switching Function

$$Y_5 = (X_4 X_7 X_{10} \overline{X_{15}} \overline{X_{16}} + Y_5) \overline{X_4} \overline{X_7} \overline{X_{11}} \overline{X_{15}} \overline{X_{16}}$$

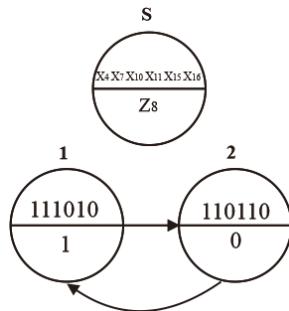
$$Z_7 = Y_5$$

Ladder Diagram



Sub Proses 4

State Diagram I/O



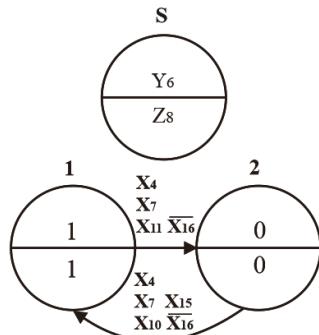
Primitive Flow Table

Row	Input		Output
	X ₄ X ₇ X ₁₀ X ₁₁ X ₁₅ X ₁₆	111010	
1	<u>1</u>	2	1
2	1	<u>2</u>	0

Merged Flow Table

Row	Input		Output	Relay
	X ₄ X ₇ X ₁₀ X ₁₁ X ₁₅ X ₁₆	111010		
1	<u>1</u>	2	Z ₈	Y ₆
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

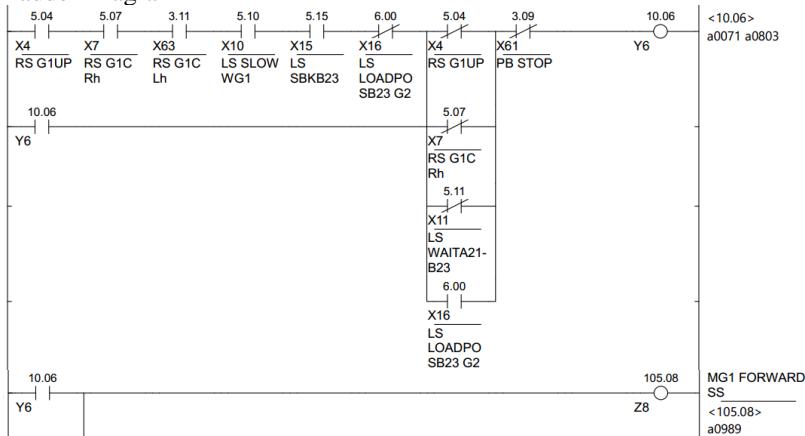


Switching Function

$$Y_6 = (X_4 X_7 X_{10} X_{15} \overline{X_{16}} + Y_6) \overline{X_4} \overline{X_7} \overline{X_{11}} \overline{X_{16}}$$

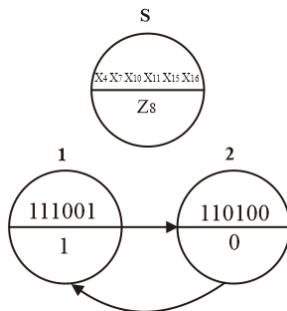
$$Z_8 = Y_6$$

Ladder Diagram



Sub Proses 5

State Diagram I/O



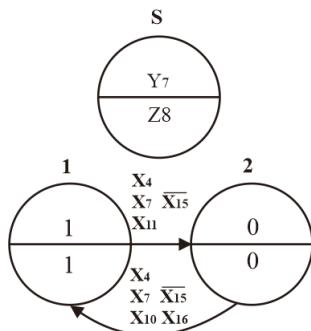
Primitive Flow Table

Row	Input						Output	
	X ₄	X ₇	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₅	X ₁₆		
1		1					2	1
2		1					2	0

Merged Flow Table

Row	Input			Output	Relay
	X ₄	X ₇	X ₁₀ X ₁₁ X ₁₅ X ₁₆		
1		1	111001	110100	Z ₈
2		1		2	Y ₇

State Diagram R/O



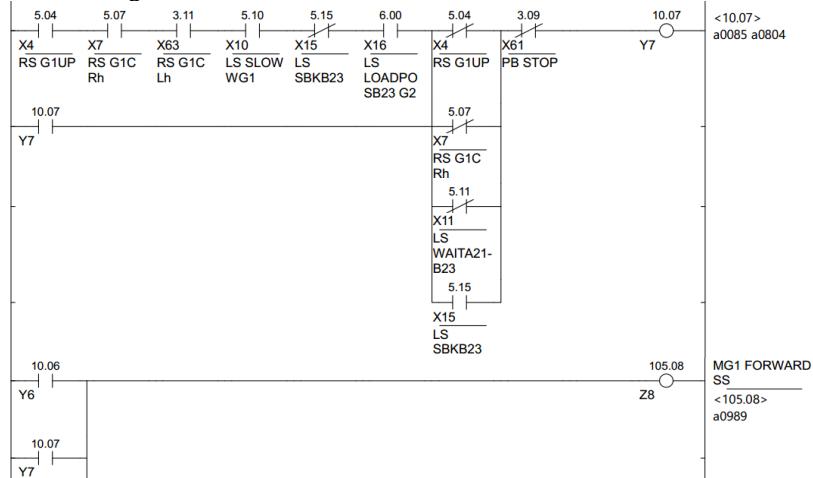
111

Switching Function

$$Y_7 = (X_4 X_7 X_{10} \overline{X_{15}} X_{16} + Y_7) \overline{X_4 X_7 X_{11} \overline{X_{15}}}$$

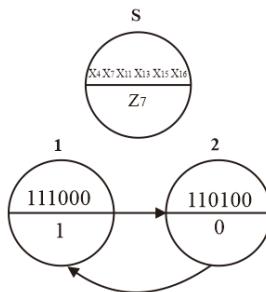
$$Z_8 = Y_7$$

Ladder Diagram



Sub Proses 6

State Diagram I/O



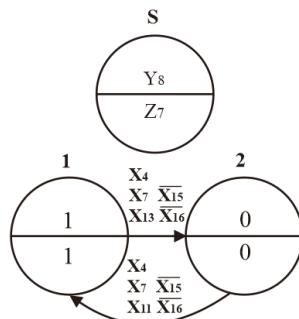
Primitive Flow Table

Row	Input		Output
	X ₄ X ₇ X ₁₁ X ₁₃ X ₁₅ X ₁₆	111000	
1	<u>1</u>	2	1
2	1	<u>2</u>	0

Merged Flow Table

Row	Input		Output	Relay
	X ₄ X ₇ X ₁₁ X ₁₃ X ₁₅ X ₁₆	111000		
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

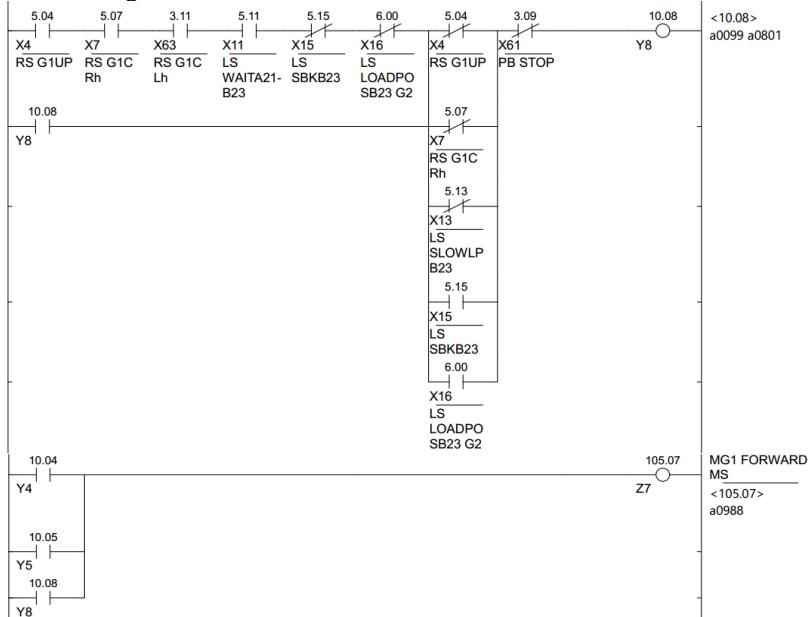


Switching Function

$$Y_8 = (X_4 X_7 X_{11} \bar{X}_{15} \bar{X}_{16} + Y_8) \bar{X}_4 \bar{X}_7 \bar{X}_{13} \bar{X}_{15} \bar{X}_{16}$$

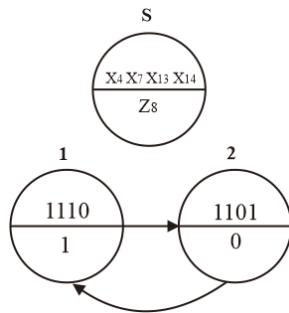
$$Z_7 = Y_8$$

Ladder Diagram



Sub Proses 7

State Diagram I/O



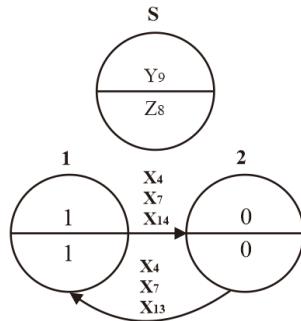
Primitive Flow Table

Row	Input $X_4 \ X_7 \ X_{13} \ X_{14}$				Output Z_8
	1110	1101			
1	<u>1</u>	2			1
2	1	<u>2</u>			0

Merged Flow Table

Row	Input $X_4 \ X_7 \ X_{13} \ X_{14}$		Output Z_8	Relay Y_9
	1110	1101		
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

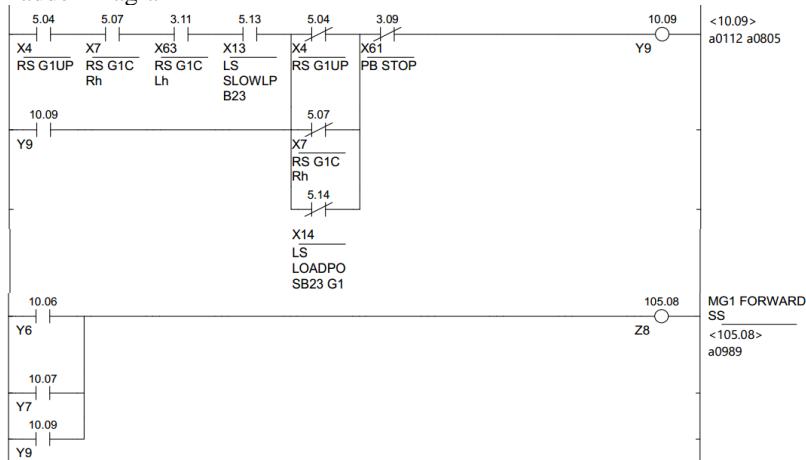


Switching Function

$$Y_8 = (X_4 X_7 X_{13} + Y_9) \overline{X_4 X_7 X_{14}}$$

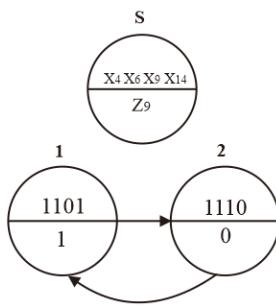
$$Z_8 = Y_9$$

Ladder Diagram



Sub Proses 8

State Diagram I/O



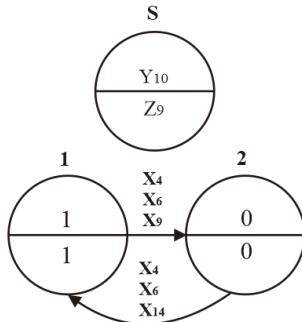
Primitive Flow Table

Row	Input X ₄ X ₆ X ₉ X ₁₄		Output
	1101	1110	
1	<u>1</u>	2	1
2	1	<u>2</u>	0

Merged Flow Table

Row	Input X ₄ X ₆ X ₉ X ₁₄		Output	Relay
	1101	1110		
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

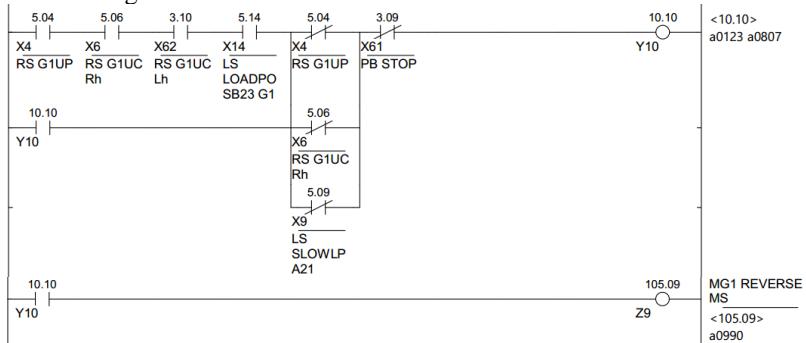


Switching Function

$$Y_{10} = (X_4 \ X_6 \ X_{14} + Y_{10}) \overline{X_4} \overline{X_6} \overline{X_8}$$

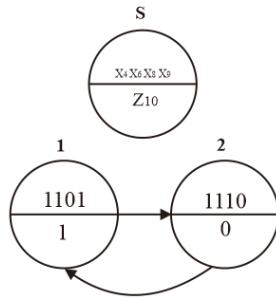
$$Z_9 = Y_{10}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 9

State Diagram I/O



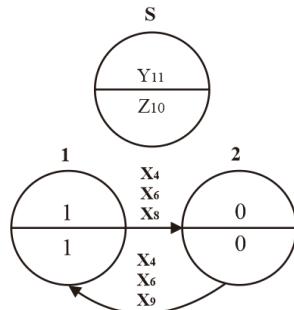
Primitive Flow Table

Row	Input	X ₄	X ₆	X ₈	X ₉	Output
	1101					Z ₁₀
1	<u>1</u>					1
2	1					0

Merged Flow Table

Row	Input	X ₄	X ₆	X ₈	X ₉	Output	Relay
	1101					Z ₁₀	Y ₁₁
1	<u>1</u>					1	1
2	1					0	0

State Diagram R/O

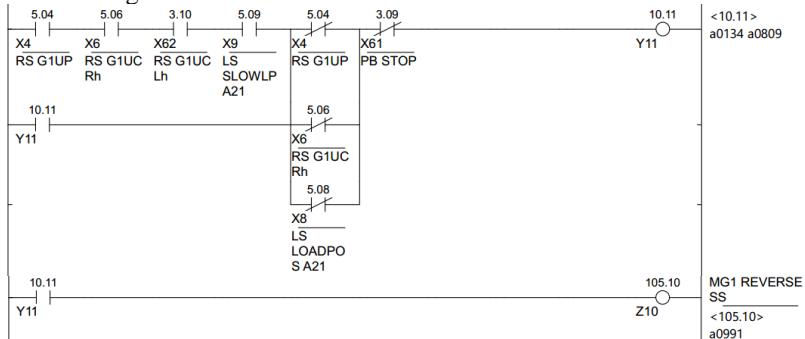


Switching Function

$$Y_{11} = (X_4 X_6 X_9 + Y_{11}) \overline{X_4} \overline{X_6} \overline{X_8}$$

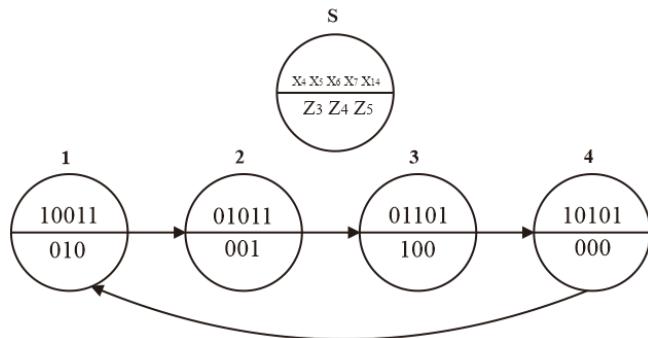
$$Z_{10} = Y_{11}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 10

State Diagram I/O



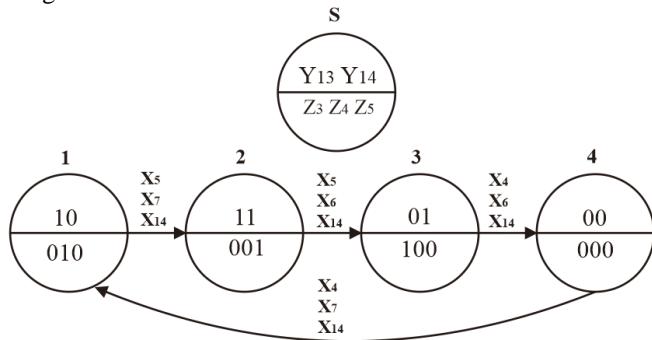
Primitive Flow Table

Row	Input X ₄ X ₅ X ₆ X ₇				Output		
	10011	01011	01101	10101	Z ₃	Z ₄	Z ₅
1	1	2	-	-	0	1	0
2	-	2	3	-	0	0	1
3	-	-	3	4	1	0	0
4	1	-	-	4	0	0	0

Merged Flow Table

Row	Input X ₄ X ₅ X ₆ X ₇				Output			Relay	
	10011	01011	01101	10101	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Y ₁₂	Y ₁₃
1	1	2	-	-	0	1	0	1	0
2	-	2	3	-	0	0	1	1	1
3	-	-	3	4	1	0	0	0	1
4	1	-	-	4	0	0	0	0	0

State Diagram R/O



Switching Function

$$Y_{12} = (X_4 X_7 X_{14} + Y_{12}) \overline{X_5 X_6 X_{14}}$$

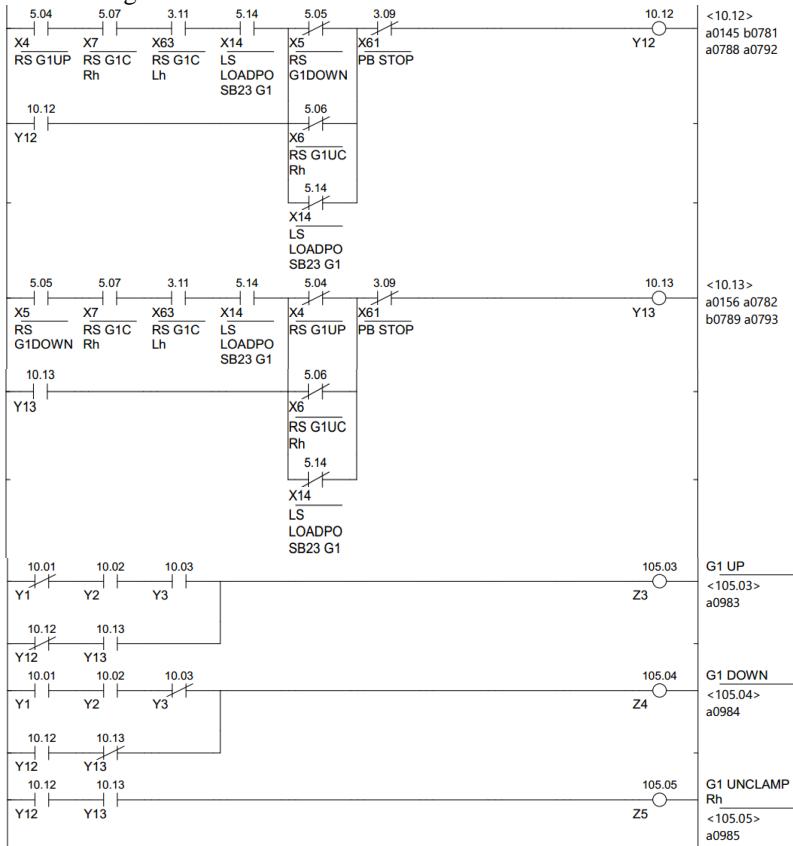
$$Y_{13} = (X_5 X_7 X_{14} + Y_{13}) \overline{X_4 X_6 X_{14}}$$

$$Z_3 = \overline{Y_{13}} Y_{14}$$

$$Z_4 = Y_{13} \overline{Y_{14}}$$

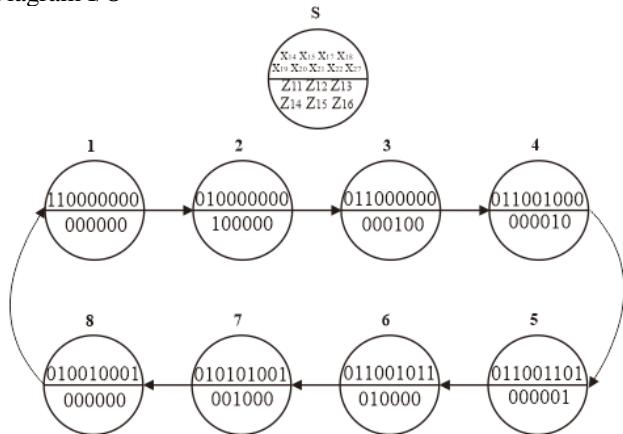
$$Z_5 = Y_{13} Y_{14}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 11

State Diagram I/O



Primitive Flow Table

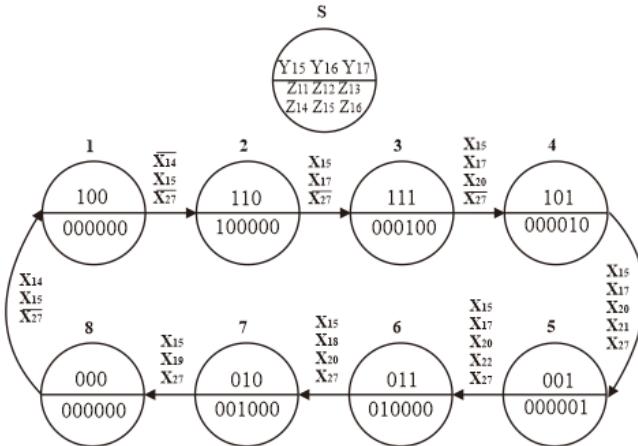
Row	Input $X_4 X_{15} X_{17} X_{18} X_{19} X_{20} X_{21} X_{22} X_{27}$									Output					
	110	010	011	011	011	011	010	010	010	Z_{11}	Z_{12}	Z_{13}	Z_{14}	Z_{15}	Z_{16}
	000	000	000	001	001	001	101	001	001	0	0	0	0	0	0
1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
2	-	2	3	-	-	-	-	-	-	1	0	0	0	0	0
3	-	-	3	4	-	-	-	-	-	0	0	0	1	0	0
4	-	-	-	4	5	-	-	-	-	0	0	0	0	1	0
5	-	-	-	-	5	6	-	-	-	0	0	0	0	0	1
6	-	-	-	-	-	6	7	-	0	1	0	0	0	0	0
7	-	-	-	-	-	-	7	8	0	0	1	0	0	0	0
8	1	-	-	-	-	-	-	8	0	0	0	0	0	0	0

Merged Flow Table

Row	Input $X_4 X_{15} X_{17} X_{18} X_{19} X_{20} X_{21} X_{22} X_{27}$									Output					Relay			
	11	01	01	01	01	01	01	01	01	Z_{11}	Z_{12}	Z_{13}	Z_{14}	Z_{15}	Z_{16}	Y_{14}	Y_{15}	Y_{16}
	00	00	10	10	10	10	01	01	01	01	00	01	00	10	00	00	00	
1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2	-	2	3	-	-	-	-	-	-	1	0	0	0	0	0	1	1	0
3	-	-	3	4	-	-	-	-	-	0	0	0	1	0	0	1	1	1

Row	Input $X_4 X_{15} X_{17} X_{18} X_{19} X_{20} X_{21} X_{22} X_{27}$									Output						Relay		
	11	01	01	01	01	01	01	01	01	Z_{11}	Z_{12}	Z_{13}	Z_{14}	Z_{15}	Z_{16}	Y_{14}	Y_{15}	Y_{16}
0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	-	-	-	4	5	-	-	-	0	0	0	0	1	0	1	0	1	
5	-	-	-	-	5	6	-	-	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
6	-	-	-	-	6	7	-	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	
7	-	-	-	-	-	7	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
8	1	-	-	-	-	-	-	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

State Diagram R/O



Switching Function

$$Y_{14} = (X_{14} X_{15} \overline{X_{27}} + Y_{14}) \overline{X_{15}} X_{17} X_{20} X_{21} X_{27}$$

$$Y_{15} = (X_{15} \overline{X_{14}} \overline{X_{27}} + X_{15} X_{17} X_{20} X_{22} X_{27} + Y_{15}) \overline{X_{15}} \overline{X_{17}} X_{20} \overline{X_{27}} + \overline{X_{15}} X_{19} \overline{X_{27}}$$

$$Y_{16} = (X_{15} X_{17} \overline{X_{27}} + Y_{16}) \overline{X_{15}} X_{18} X_{20} \overline{X_{27}}$$

$$Z_{11} = Y_{15} Y_{16} \overline{Y_{17}}$$

$$Z_{12} = \overline{Y_{15}} Y_{16} Y_{17}$$

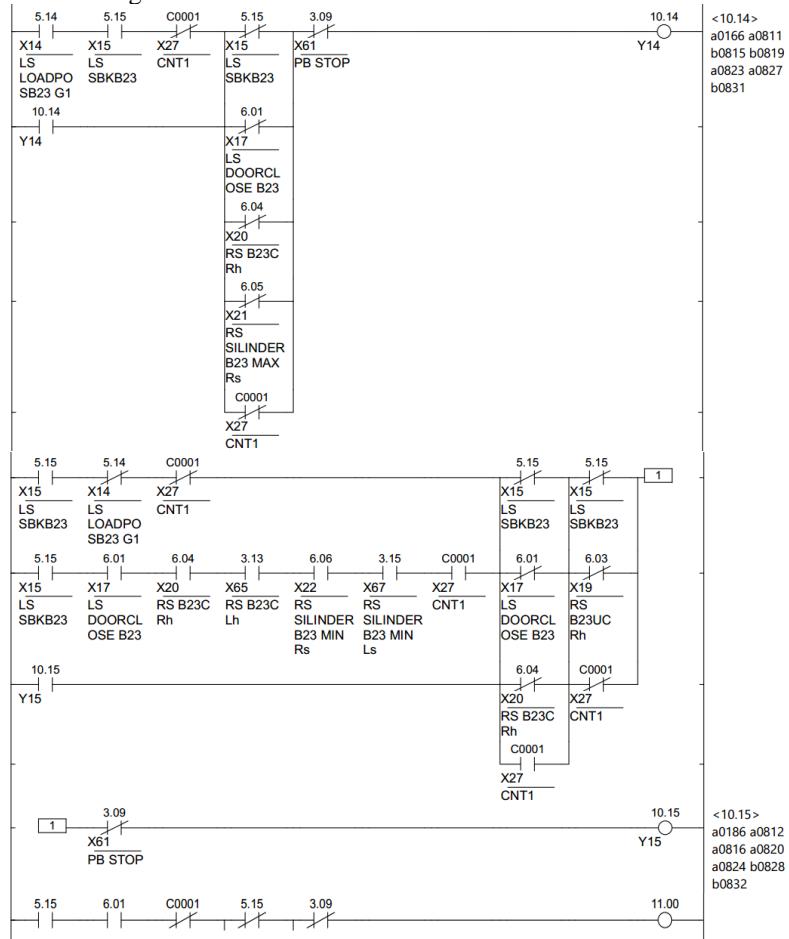
$$Z_{13} = \overline{Y_{15}} Y_{16} \overline{Y_{17}}$$

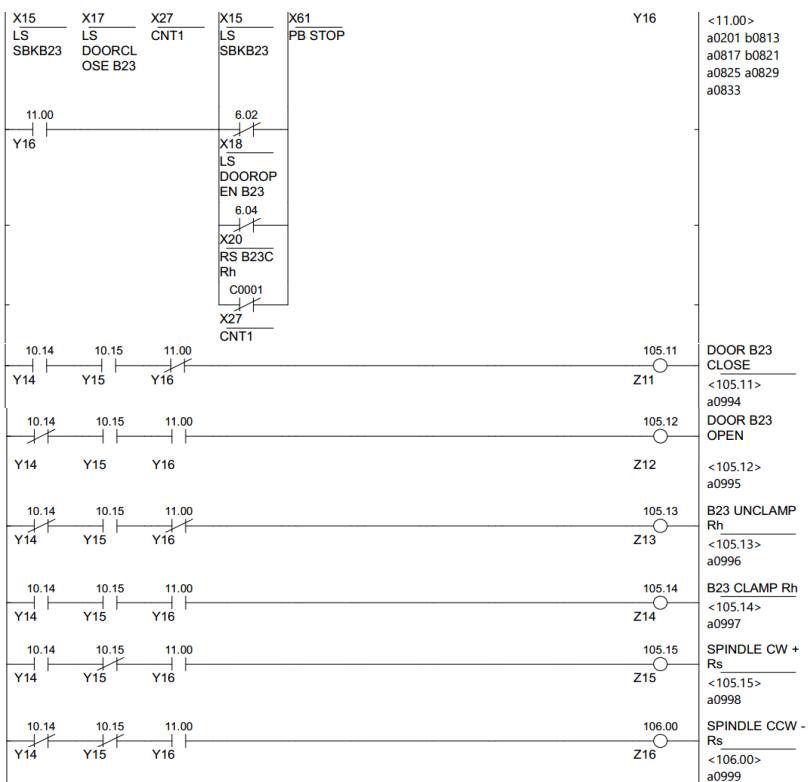
$$Z_{14} = Y_{15} Y_{16} Y_{17}$$

$$Z_{15} = Y_{15} \overline{Y_{16}} Y_{17}$$

$$Z_{16} = \overline{Y_{15}} \overline{Y_{16}} Y_{17}$$

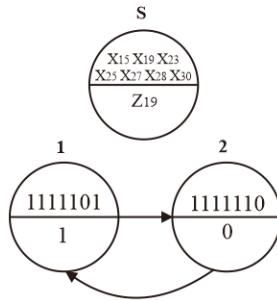
Ladder Diagram





Sub Proses 12

State Diagram I/O



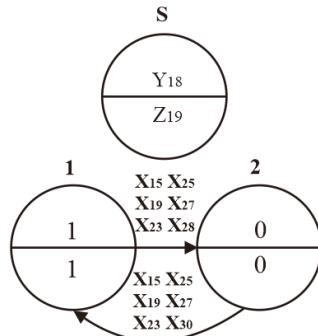
Primitive Flow Table

Row	Input		Output
	X ₁₅ X ₁₉ X ₂₃ X ₂₅ X ₂₇ X ₂₈ X ₃₀	11111101	
1	<u>1</u>	1111110	Z ₁₉
2	-	<u>2</u>	0

Merged Flow Table

Row	Input		Output	Relay
	X ₁₅ X ₁₉ X ₂₃ X ₂₅ X ₂₇ X ₂₈ X ₃₀	11111101		
1	<u>1</u>	1111110	Z ₁₉	Y ₁₈
2	-	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

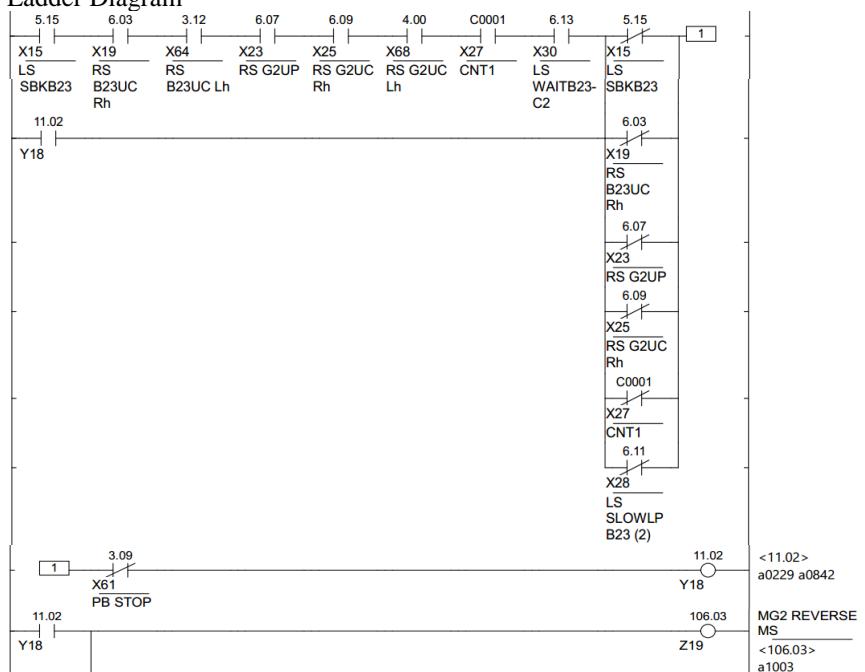


Switching Function

$$Y_{18} = (X_{15} X_{19} X_{23} X_{25} X_{27} X_{30} + Y_{18}) \overline{X_{15} X_{19} X_{23} X_{25} X_{27} X_{28}}$$

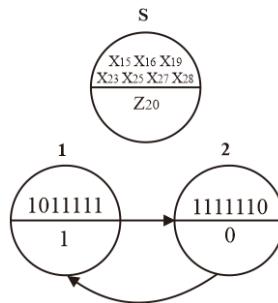
$$Z_{19} = Y_{18}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 13

State Diagram I/O



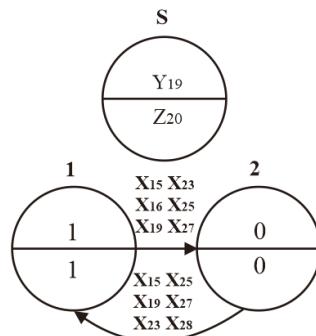
Primitive Flow Table

Row	Input							Output
	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₉	X ₂₃	X ₂₅	X ₂₇	X ₂₈	
	1011111			1111110				
1	<u>1</u>			2				1
2	-			<u>2</u>				0

Merged Flow Table

Row	Input				Output	Relay
	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₉	X ₂₃		
	1011111		1111110			
1	<u>1</u>		2		Z ₂₀	Y ₁₉
2	-		<u>2</u>		0	0

State Diagram R/O

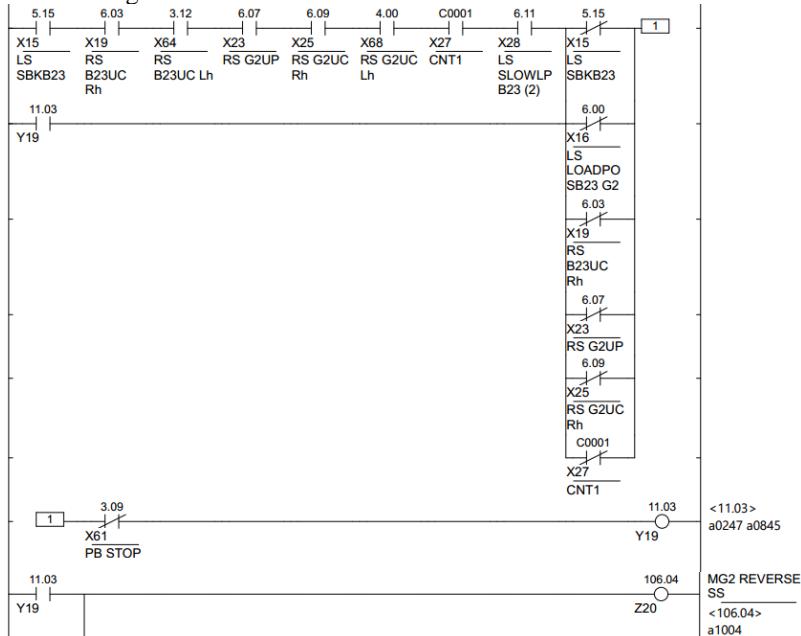


Switching Function

$$Y_{19} = (X_{15} X_{19} X_{23} X_{25} X_{27} X_{28} + Y_{19}) \bar{X}_{15} \bar{X}_{16} \bar{X}_{19} \bar{X}_{23} \bar{X}_{25} \bar{X}_{27}$$

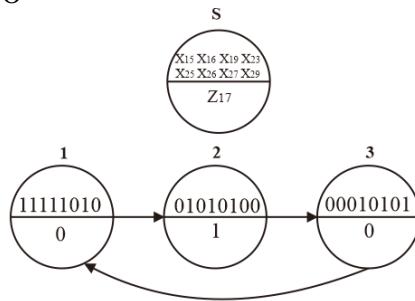
$$Z_{20} = Y_{19}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 14

State Diagram I/O



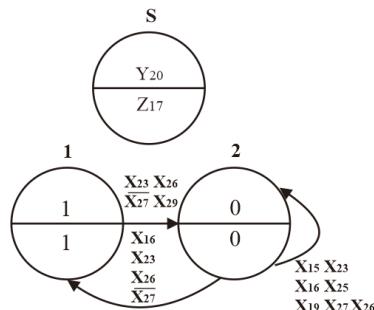
Primitive Flow Table

Row	Input $X_{15} X_{16} X_{19} X_{23} X_{25} X_{26} X_{27} X_{29}$				Output
	11111010	01010100	00010101	Z_{17}	
1	<u>1</u>	2	-	0	
2	-	<u>2</u>	3	1	
3	1	-	<u>3</u>	0	

Merged Flow Table

Row	Input			Output	Relay
	$X_{15} X_{16} X_{19} X_{23} X_{25} X_{26} X_{27} X_{29}$	11111010	01010100		
1,3	<u>1</u>	2	<u>3</u>	0	0
2	-	<u>2</u>	3	1	1

State Diagram R/O

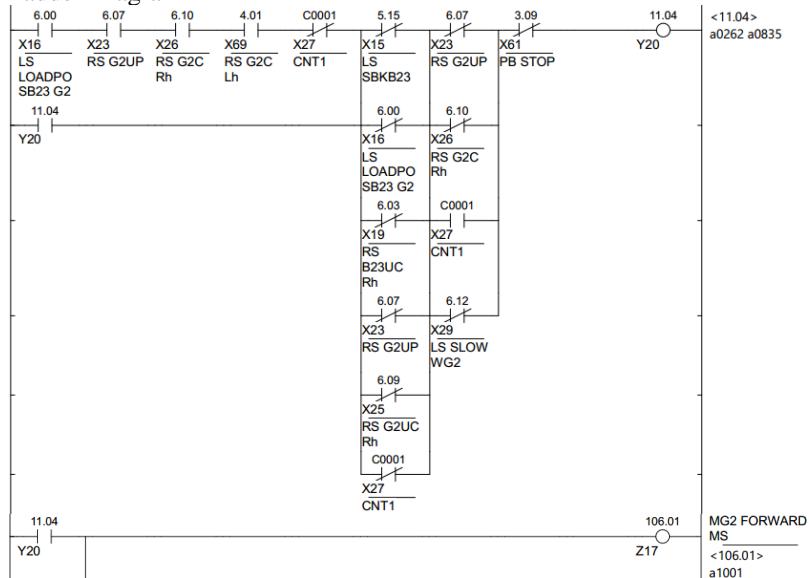


Switching Function

$$Y_{20} = (X_{16} X_{23} X_{26} \bar{X}_{27} + Y_{20}) \bar{X}_{15} X_{16} X_{19} X_{23} X_{25} X_{26} \bar{X}_{27} + \bar{X}_{23} X_{26} \bar{X}_{27} \bar{X}_{29}$$

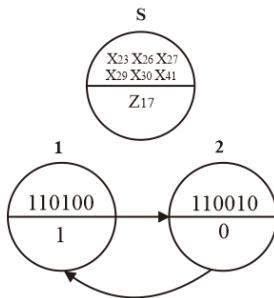
$$Z_{17} = Y_{20}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 15

State Diagram I/O



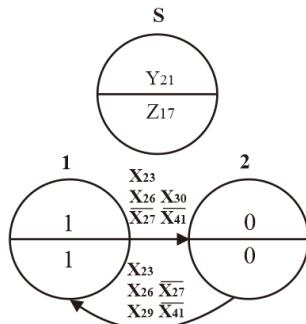
Primitive Flow Table

Row	Input						Output
	X ₂₃	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₉	X ₃₀	X ₄₁	
	110100			110010			Z ₁₇
1	<u>1</u>				2		1
2	1				<u>2</u>		0

Merged Flow Table

Row	Input						Output	Relay
	X ₂₃	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₉	X ₃₀	X ₄₁		
	110100			110010			Z ₁₇	Y ₂₁
1	<u>1</u>				2		1	1
2	1				<u>2</u>		0	0

State Diagram R/O

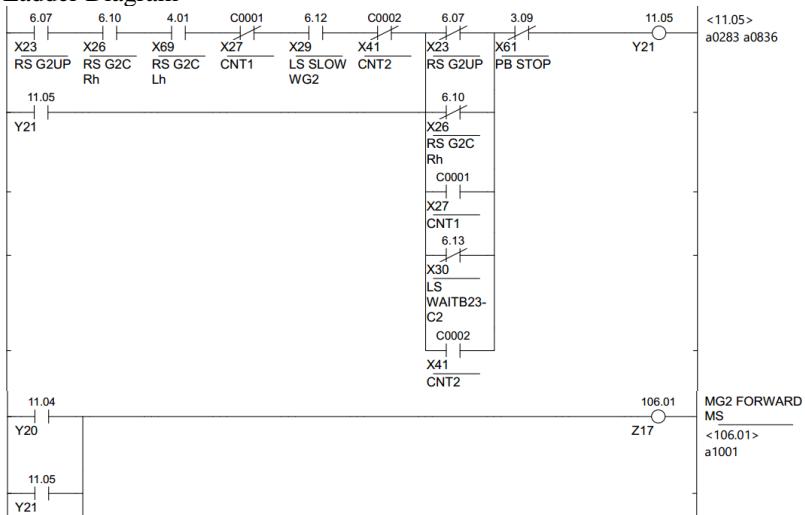


Switching Function

$$Y_{21} = (X_{23} X_{26} \bar{X}_{27} X_{29} \bar{X}_{41} + Y_{21}) \bar{X}_{23} \bar{X}_{26} \bar{X}_{27} \bar{X}_{30} \bar{X}_{41}$$

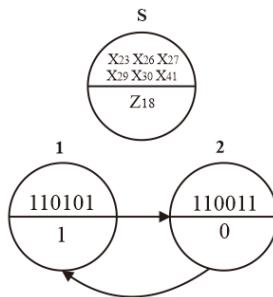
$$Z_{17} = Y_{21}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 16

State Diagram I/O



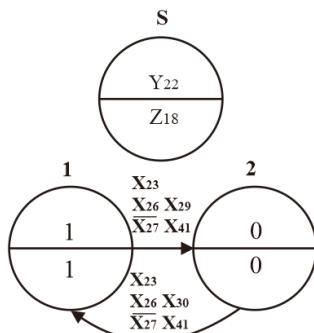
Primitive Flow Table

Row	Input					Output
	X ₂₃	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₉	X ₃₀	
	110101					Z ₁₈
1		<u>1</u>			2	1
2	1				<u>2</u>	0

Merged Flow Table

Row	Input		Output	Relay
	X ₂₃	X ₂₆ X ₂₇ X ₂₉ X ₃₀ X ₄₁		
	110101		Z ₁₈	Y ₂₂
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

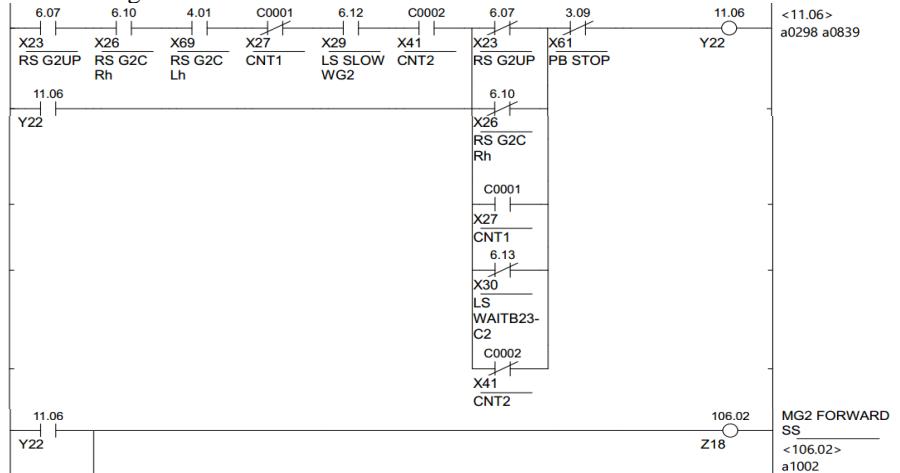


Switching Function

$$Y_{22} = (X_{23} X_{26} \bar{X}_{27} X_{29} X_{41} + Y_{22}) \bar{X}_{23} \bar{X}_{26} \bar{X}_{27} \bar{X}_{30} \bar{X}_{41}$$

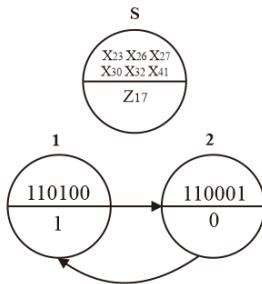
$$Z_{18} = Y_{22}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 17

State Diagram I/O



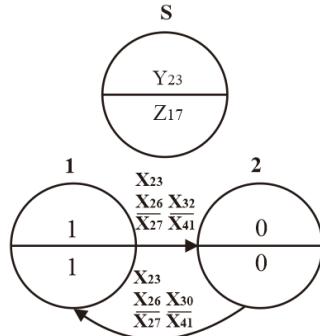
Primitive Flow Table

Row	Input						Output
	X ₂₃	X ₂₆	X ₂₇	X ₃₀	X ₃₂	X ₄₁	
	110100		110001			Z ₁₇	
1	1			2			1
2		1			2		0

Merged Flow Table

Row	Input			Output	Relay
	X ₂₃	X ₂₆	X ₂₇		
	110100		110001	Z ₁₇	Y ₂₃
1	1			2	1
2		1		2	0

State Diagram R/O

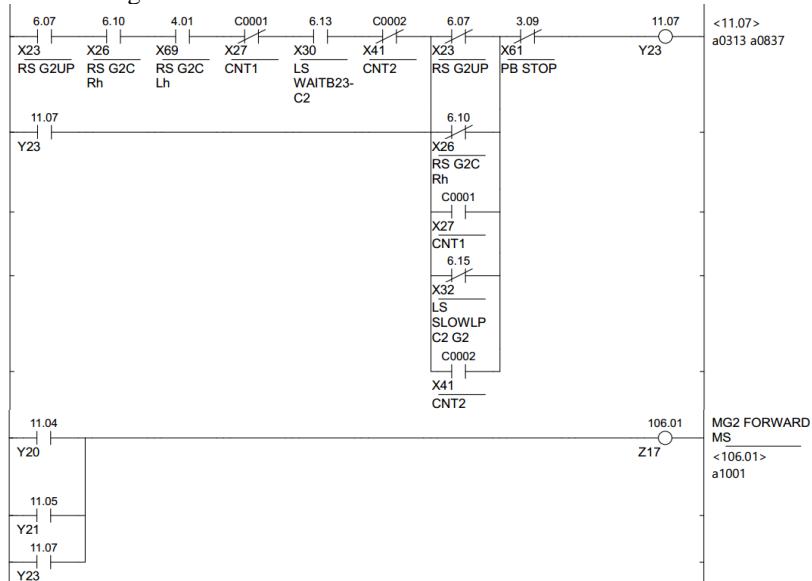


Switching Function

$$Y_{23} = (X_{23} X_{26} \bar{X}_{27} X_{30} \bar{\bar{X}}_{41} + Y_{23}) \bar{X}_{23} \bar{X}_{26} \bar{\bar{X}}_{27} \bar{X}_{32} \bar{\bar{X}}_{41}$$

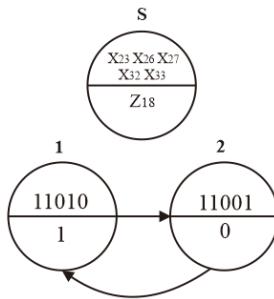
$$Z_{17} = Y_{23}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 18

State Diagram I/O



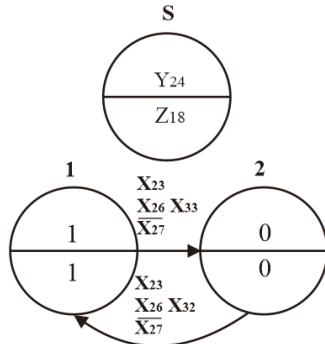
Primitive Flow Table

Row	Input $X_{23} X_{26} X_{27} X_{32} X_{33}$					Output
	110100		110001			
1	<u>1</u>		2			1
2	1		<u>2</u>			0

Merged Flow Table

Row	Input $X_{23} X_{26} X_{27} X_{32} X_{33}$			Output	Relay
	11010		11001		
1	<u>1</u>		2	1	1
2	1		<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

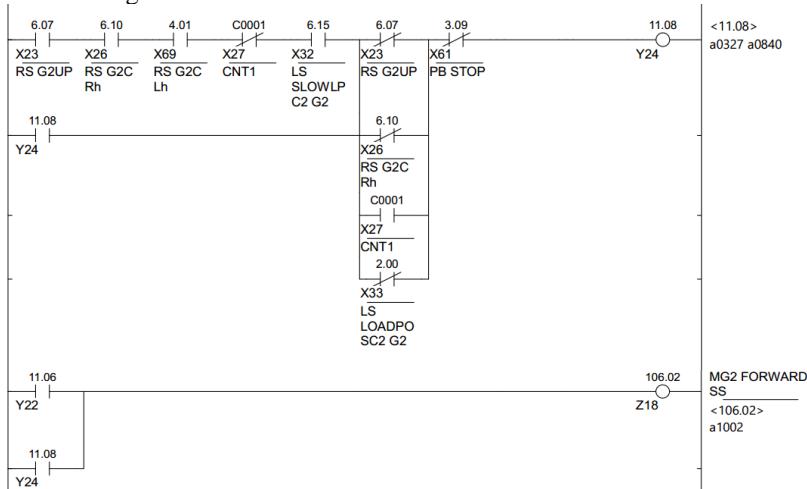


Switching Function

$$Y_{24} = (X_{23} X_{26} \bar{X}_{27} X_{32} + Y_{24}) \bar{X}_{23} \bar{X}_{26} \bar{\bar{X}}_{27} \bar{X}_{33}$$

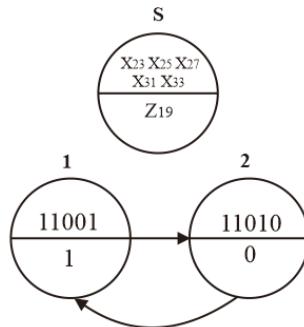
$$Z_{18} = Y_{24}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 19

State Diagram I/O



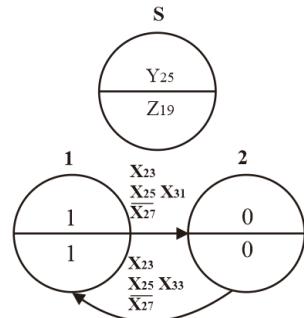
Primitive Flow Table

Row	Input X ₂₃ X ₂₅ X ₂₇ X ₃₁ X ₃₃					Output
	11001		11010			
1	<u>1</u>		2			1
2	1		<u>2</u>			0

Merged Flow Table

Row	Input X ₂₃ X ₂₅ X ₂₇ X ₃₁ X ₃₃			Output	Relay
	11001		11010		
1	<u>1</u>		2	1	1
2	1		<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

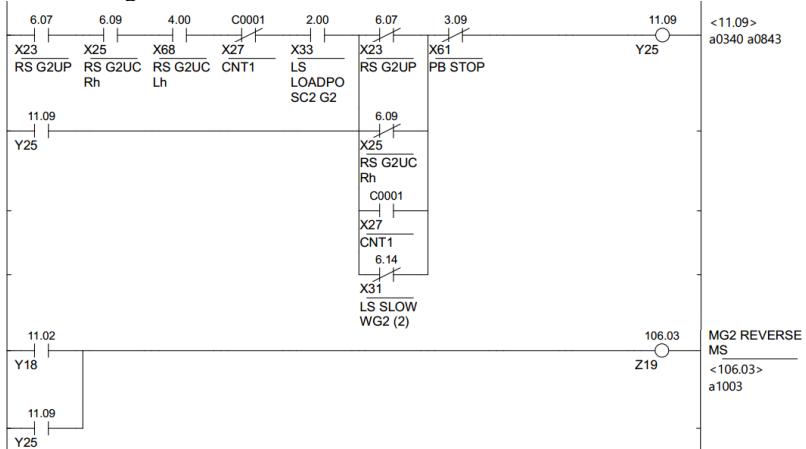


Switching Function

$$Y_{25} = (X_{23} X_{25} \overline{X}_{27} X_{33} + Y_{25}) \overline{X}_{23} X_{25} \overline{X}_{27} \overline{X}_{31}$$

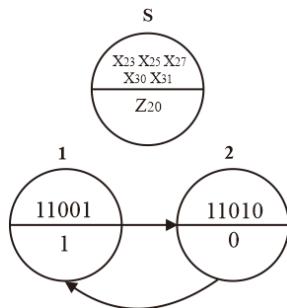
$$Z_{19} = Y_{25}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 20

State Diagram I/O



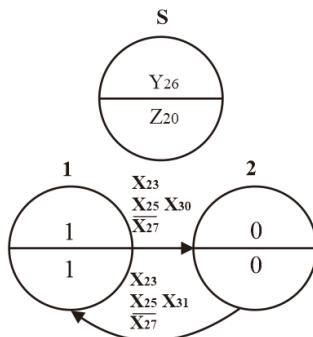
Primitive Flow Table

Row	Input X ₂₃ X ₂₅ X ₂₇ X ₃₀ X ₃₁					Output Z ₂₀
	11001		11010			
1	<u>1</u>			2		1
2	1			<u>2</u>		0

Merged Flow Table

Row	Input X ₂₃ X ₂₅ X ₂₇ X ₃₀ X ₃₁			Output Z ₂₀	Relay Y ₂₆
	11001		11010		
1	<u>1</u>		2	1	1
2	1		<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

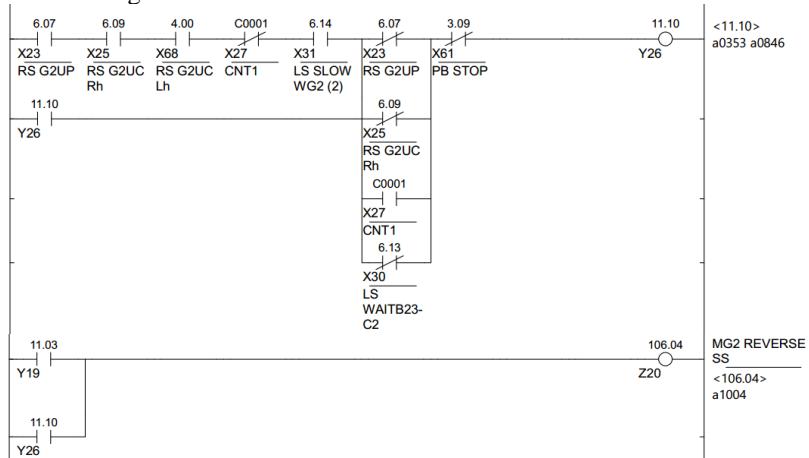


Switching Function

$$Y_{26} = (X_{23} X_{25} \bar{X}_{27} X_{31} + Y_{26}) \bar{X}_{23} \bar{X}_{25} \bar{X}_{27} \bar{X}_{30}$$

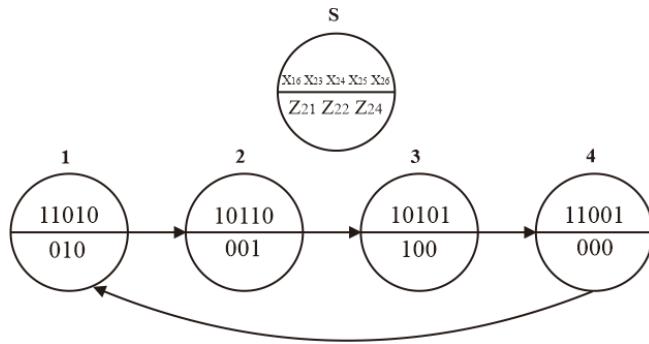
$$Z_{20} = Y_{26}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 21

State Diagram I/O



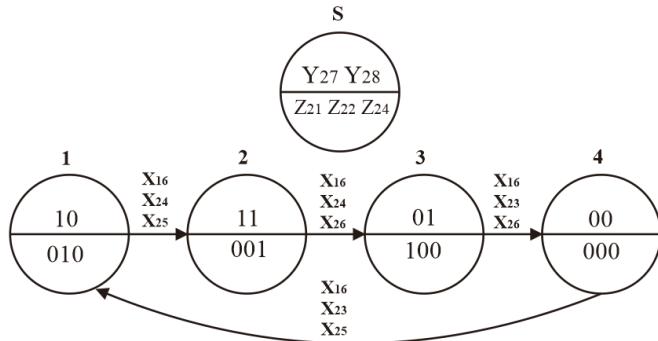
Primitive Flow Table

Row	Input X ₁₆ X ₂₃ X ₂₄ X ₂₅ X ₂₆					Output		
	11010	10110	10101	11001		Z ₂₁	Z ₂₂	Z ₂₄
1	1	2	-	-		0	1	0
2	-	2	3	-		0	0	1
3	-	-	3	4		1	0	0
4	1	-	-	4		0	0	0

Merged Flow Table

Row	Input X ₁₆ X ₂₃ X ₂₄ X ₂₅ X ₂₆					Output			Relay	
	11010	10110	10101	11001		Z ₂₁	Z ₂₂	Z ₂₄	Y ₂₇	Y ₂₈
1	1	2	-	-		0	1	0	1	0
2	-	2	3	-		0	0	1	1	1
3	-	-	3	4		1	0	0	0	1
4	1	-	-	4		0	0	0	0	0

State Diagram R/O



Switching Function

$$Y_{27} = (X_{16} X_{23} X_{25} + Y_{27}) \overline{X_{16} X_{24} X_{26}}$$

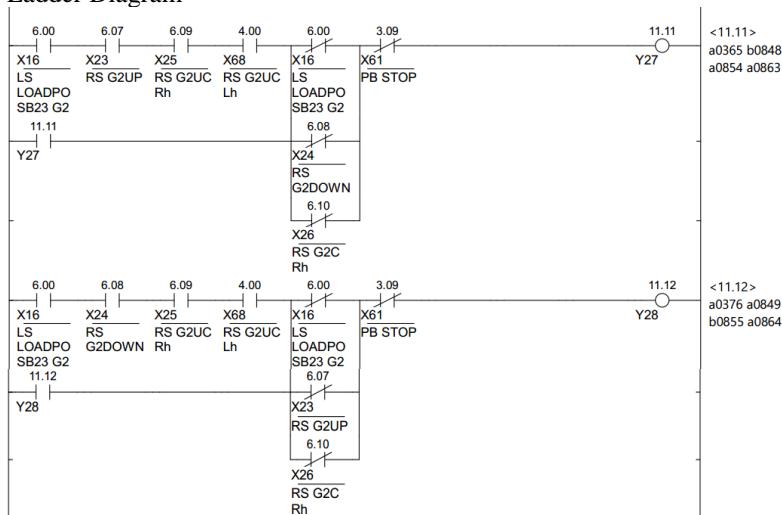
$$Y_{28} = (X_{16} X_{24} X_{25} + Y_{28}) \overline{X_{16} X_{23} X_{26}}$$

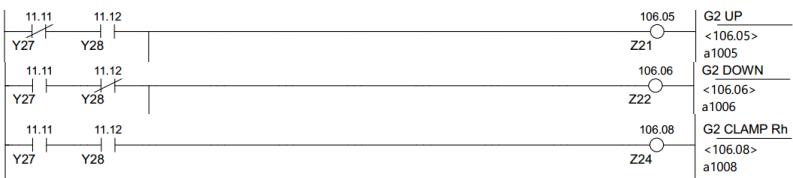
$$Z_{21} = \overline{Y_{27}} Y_{28}$$

$$Z_{22} = Y_{27} \overline{Y_{28}}$$

$$Z_{24} = Y_{27} Y_{28}$$

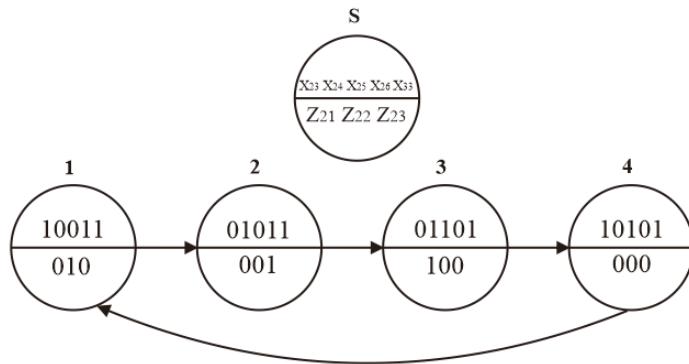
Ladder Diagram





Sub Proses 22

State Diagram I/O



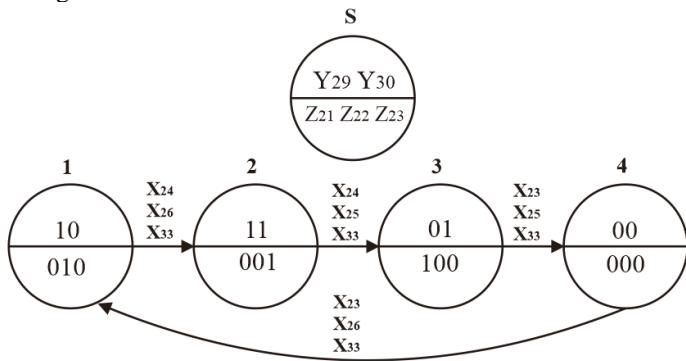
Primitive Flow Table

Row	Input $X_{23} X_{24} X_{25} X_{26} X_{33}$					Output		
	10011	01011	01101	10101	Z ₂₁	Z ₂₂	Z ₂₃	
1	1	2	-	-	0	1	0	
2	-	2	3	-	0	0	1	
3	-	-	3	4	1	0	0	
4	1	-	-	4	0	0	0	

Merged Flow Table

Row	Input $X_{23} X_{24} X_{25} X_{26} X_{33}$					Output			Relay	
	10011	01011	01101	10101	Z ₂₁	Z ₂₂	Z ₂₃	Y ₂₉	Y ₃₀	
1	1	2	-	-	0	1	0	1	0	
2	-	2	3	-	0	0	1	1	1	
3	-	-	3	4	1	0	0	0	1	
4	1	-	-	4	0	0	0	0	0	

State Diagram R/O



Switching Function

$$Y_{29} = (X_{23} X_{26} X_{33} + Y_{29}) \bar{X}_{24} \bar{X}_{25} \bar{X}_{33}$$

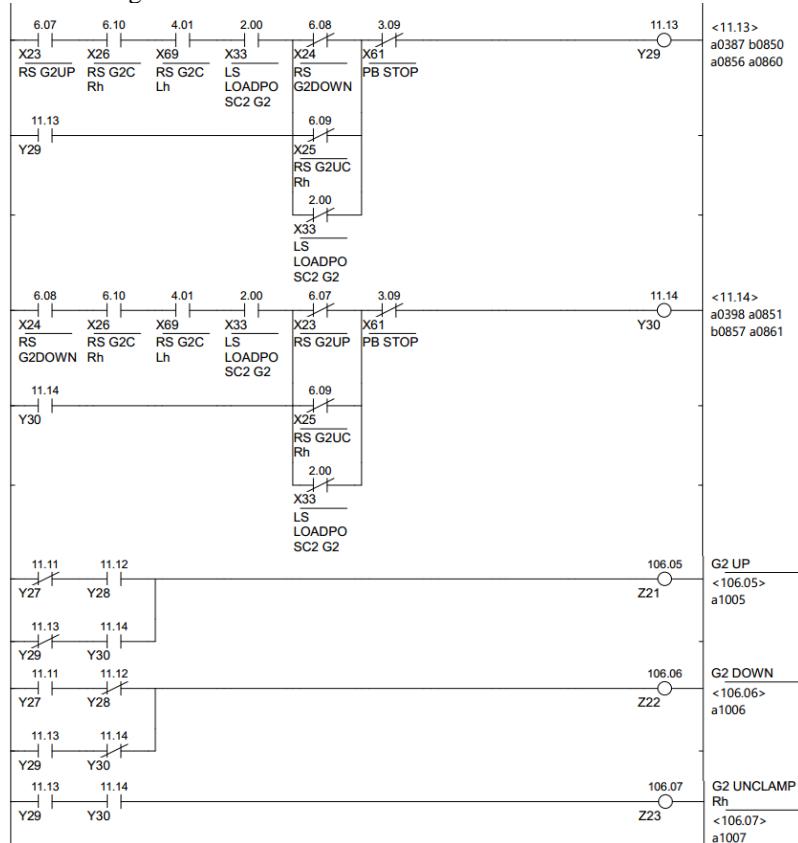
$$Y_{30} = (X_{24} X_{26} X_{33} + Y_{26}) \bar{X}_{23} \bar{X}_{25} \bar{X}_{33}$$

$$Z_{21} = \bar{Y}_{29} Y_{30}$$

$$Z_{22} = Y_{29} \bar{Y}_{30}$$

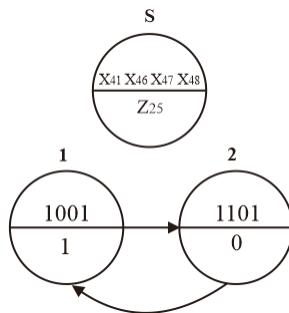
$$Z_{23} = Y_{29} Y_{30}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 23

State Diagram I/O



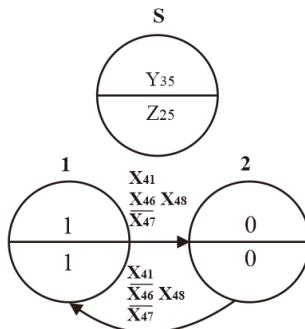
Primitive Flow Table

Row	Input $X_{41} X_{46} X_{47} X_{48}$				Output Z_{25}
	1001		1101		
1	<u>1</u>		2	1	
2	1		<u>2</u>	0	

Merged Flow Table

Row	Input $X_{41} X_{46} X_{47} X_{48}$		Output Z_{25}	Relay Y_{35}
	1001	1101		
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

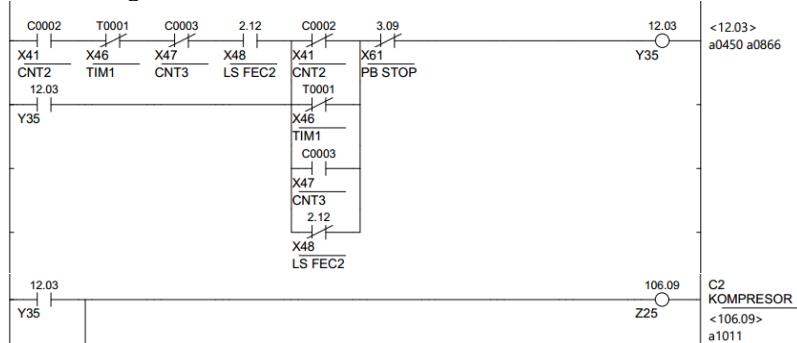


Switching Function

$$Y_{35} = (X_{41} \overline{X_{46}} \overline{X_{47}} X_{48} + Y_{35}) \overline{X_{41} X_{46} \overline{X_{47}} X_{48}}$$

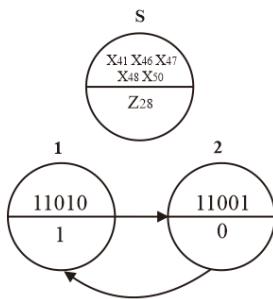
$$Z_{25} = Y_{35}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 24

State Diagram I/O



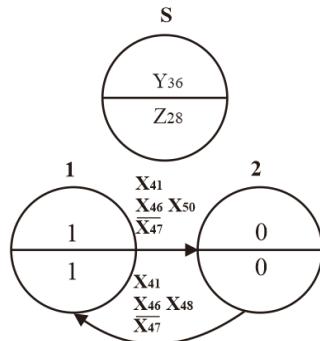
Primitive Flow Table

Row	Input X ₄₁ X ₄₆ X ₄₇ X ₄₈ X ₅₀		Output	
	11010	11001	Z ₂₈	
1	<u>1</u>	2	1	
2	1	<u>2</u>	0	

Merged Flow Table

Row	Input X ₄₁ X ₄₆ X ₄₇ X ₄₈ X ₅₀		Output	Relay
	11010	11001		
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

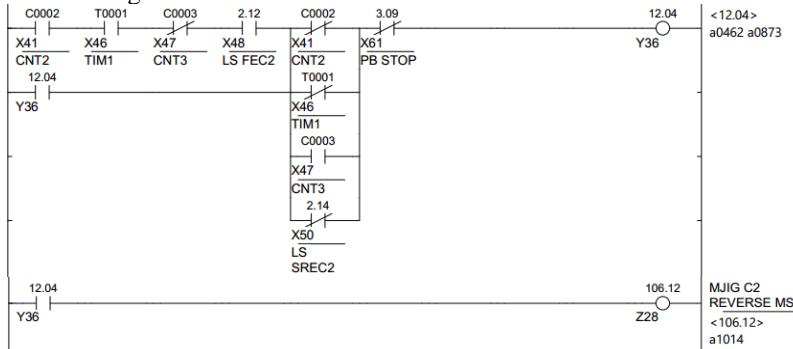


Switching Function

$$Y_{36} = (X_{41} X_{46} \bar{X}_{47} X_{48} + Y_{36}) \bar{X}_{41} \bar{X}_{46} \bar{X}_{47} \bar{X}_{50}$$

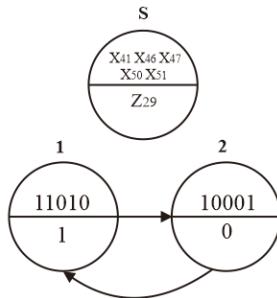
$$Z_{28} = Y_{36}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 25

State Diagram I/O



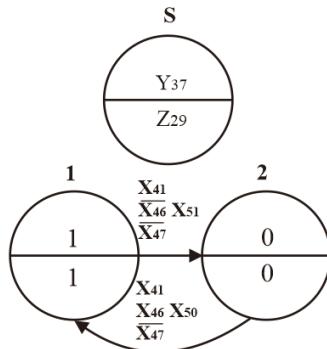
Primitive Flow Table

Row	Input	X ₄₁ X ₄₆ X ₄₇ X ₅₀ X ₅₁	Output
	11010	10001	
1	<u>1</u>	2	1
2	1	<u>2</u>	0

Merged Flow Table

Row	Input	X ₄₁ X ₄₆ X ₄₇ X ₅₀ X ₅₁	Output	Relay
	11010	10001		
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

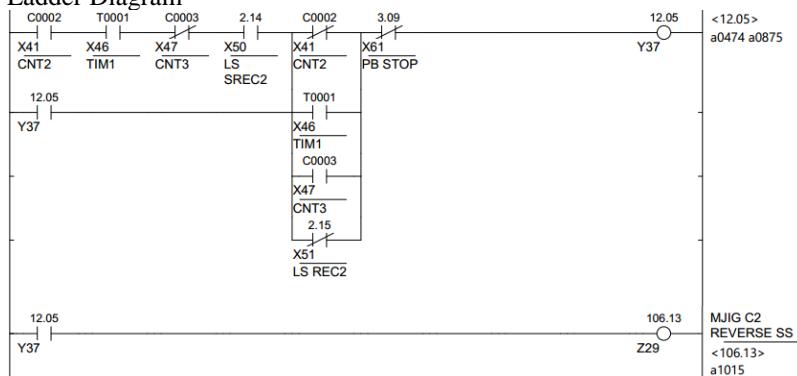


Switching Function

$$Y_{37} = (X_{41} X_{46} \overline{X_{47}} X_{50} + Y_{37}) \overline{X_{41}} \overline{X_{46}} \overline{X_{47}} \overline{X_{51}}$$

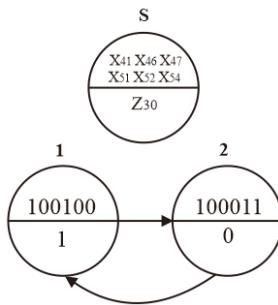
$$Z_{29} = Y_{37}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 26

State Diagram I/O



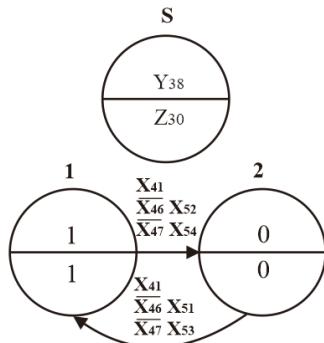
Primitive Flow Table

Row	Input	X ₄₁	X ₄₆	X ₄₇	X ₅₁	X ₅₂	X ₅₄	Output
	100100					100011	Z ₃₀	
1	<u>1</u>					2		1
2		1				<u>2</u>		0

Merged Flow Table

Row	Input	X ₄₁	X ₄₆	X ₄₇	X ₅₁	X ₅₂	X ₅₄	Output	Relay
	100100					100011	Z ₃₀		Y ₃₈
1	<u>1</u>					2		1	1
2		1				<u>2</u>		0	0

State Diagram R/O

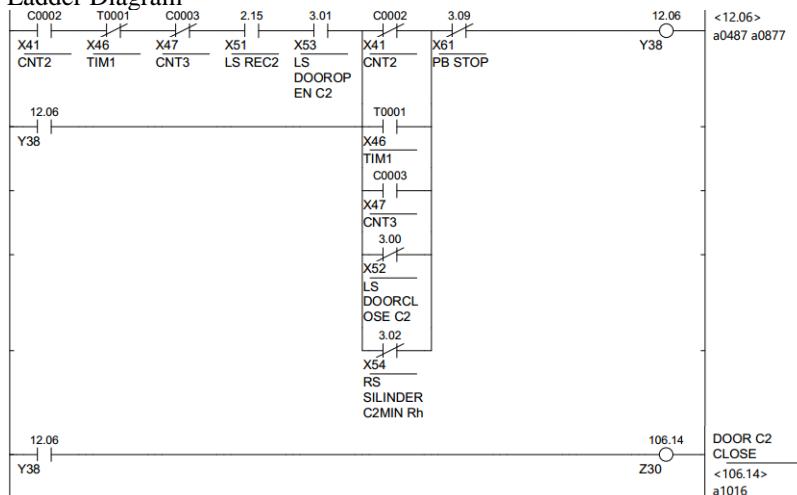


Switching Function

$$Y_{38} = (X_{41} \overline{X_{46}} \overline{X_{47}} X_{51} X_{53} + Y_{38}) \overline{X_{41}} \overline{X_{46}} \overline{X_{47}} \overline{X_{52}} \overline{X_{54}}$$

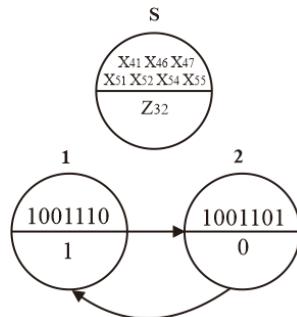
$$Z_{30} = Y_{38}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 27

State Diagram I/O



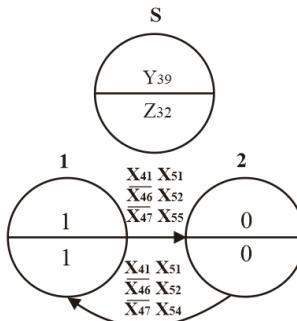
Primitive Flow Table

Row	Input		Output
	X ₄₁ X ₄₆ X ₄₇ X ₅₁ X ₅₂ X ₅₄ X ₅₅	1001110	
1	<u>1</u>	2	1
2	1	<u>2</u>	0

Merged Flow Table

Row	Input		Output	Relay
	X ₄₁ X ₄₆ X ₄₇ X ₅₁ X ₅₂ X ₅₄ X ₅₅	1001110		
1	<u>1</u>	2	Z ₃₂	Y ₃₉
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

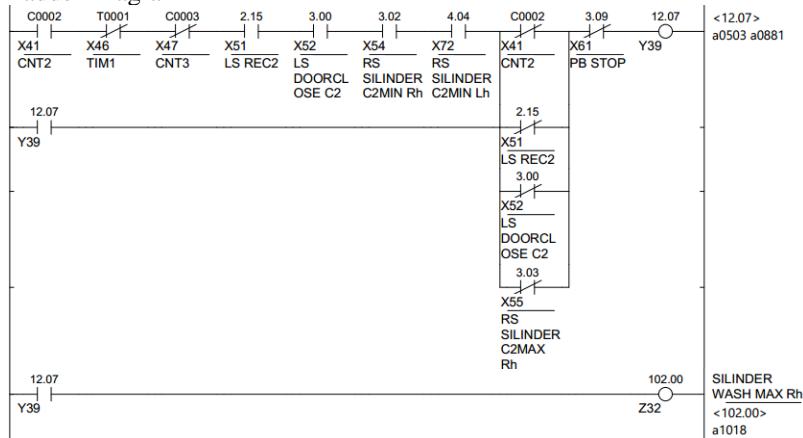


Switching Function

$$Y_{39} = (X_{41}\overline{X_{46}}\ \overline{X_{47}} X_{51} X_{52} X_{54} + Y_{39}) \overline{X_{41}}\overline{X_{46}}\overline{X_{47}}\overline{X_{51}}\overline{X_{52}}\overline{X_{55}}$$

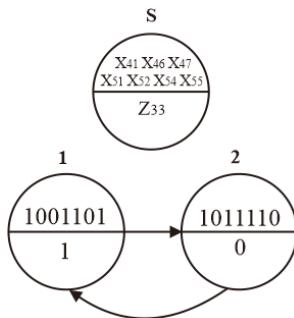
$$Z_{32} = Y_{39}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 28

State Diagram I/O



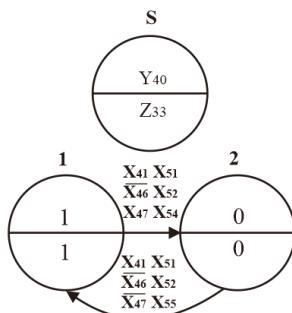
Primitive Flow Table

Row	Input		Output
	$X_{41} X_{46} X_{47} X_{51} X_{52} X_{54} X_{55}$	1001101	
1	<u>1</u>	2	1
2	1	<u>2</u>	0

Merged Flow Table

Row	Input		Output	Relay
	$X_{41} X_{46} X_{47} X_{51} X_{52} X_{54} X_{55}$	1001101		
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

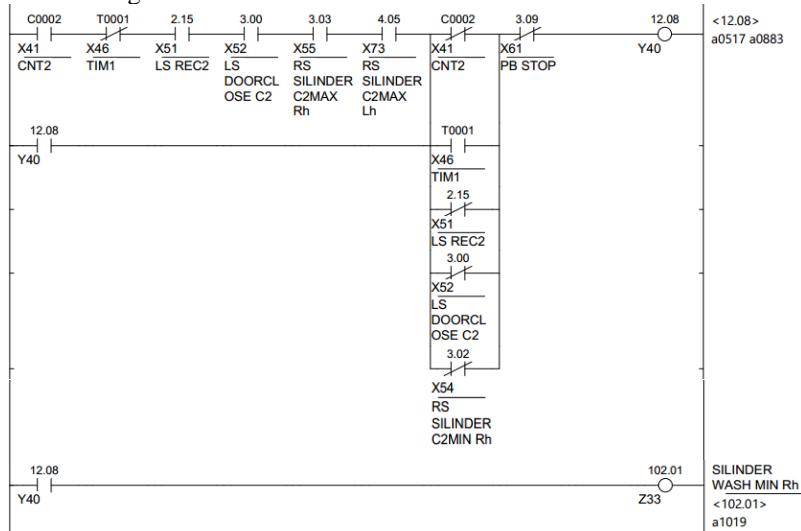


Switching Function

$$Y_{40} = (X_{41} \overline{X_{46}} \overline{X_{47}} X_{51} X_{52} X_{55} + Y_{40}) \overline{X_{41}} \overline{X_{46}} \overline{X_{47}} X_{51} X_{52} \overline{X_{54}}$$

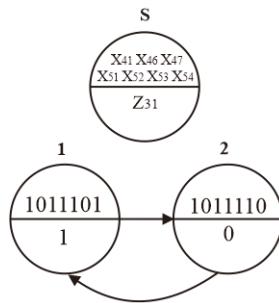
$$Z_{33} = Y_{40}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 29

State Diagram I/O



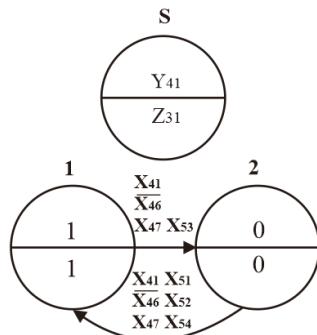
Primitive Flow Table

Row	Input		Output
	X ₄₁ X ₄₆ X ₄₇ X ₅₁ X ₅₂ X ₅₃ X ₅₄	1011101	
1	<u>1</u>	2	1
2	1	<u>2</u>	0

Merged Flow Table

Row	Input		Output	Relay
	X ₄₁ X ₄₆ X ₄₇ X ₅₁ X ₅₂ X ₅₃ X ₅₄	1011101		
1	<u>1</u>	2	Z ₃₁	Y ₄₁
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

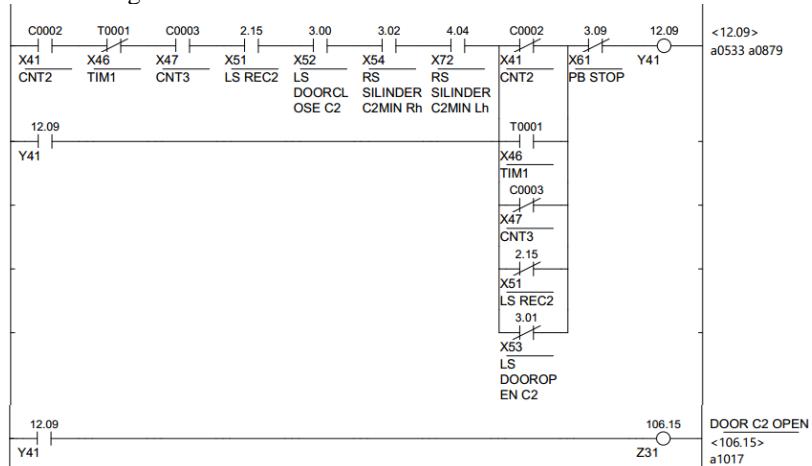


Switching Function

$$Y_{41} = (X_{41} \overline{X_{46}} X_{47} X_{51} X_{52} X_{54} + Y_{41}) \overline{\overline{X_{41} X_{46}}} \overline{X_{47}} \overline{X_{51}} \overline{X_{53}}$$

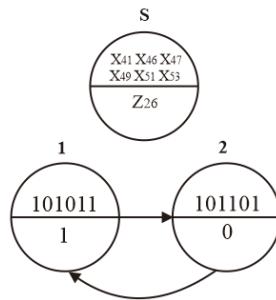
$$Z_{31} = Y_{41}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 30

State Diagram I/O



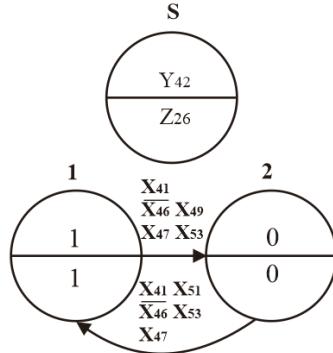
Primitive Flow Table

Row	Input X ₄₁ X ₄₆ X ₄₇ X ₄₉ X ₅₁ X ₅₃		Output Z ₂₆
	101011	101101	
1	1	2	1
2	1	2	0

Merged Flow Table

Row	Input X ₄₁ X ₄₆ X ₄₇ X ₄₉ X ₅₁ X ₅₃		Output Z ₂₆	Relay Y ₄₂
	101011	101101		
1	1	2	1	1
2	1	2	0	0

State Diagram R/O

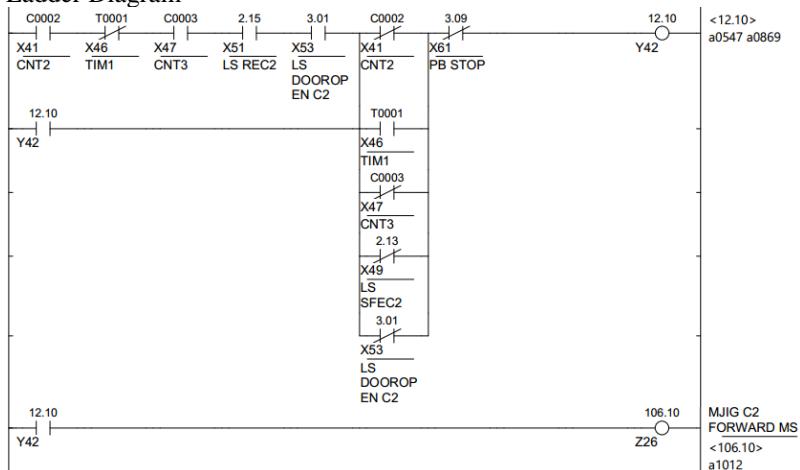


Switching Function

$$Y_{42} = (X_{41}\overline{X_{46}} X_{47} X_{51} X_{53} + Y_{42}) \overline{X_{41}} \overline{X_{46}} \overline{X_{47}} X_{49} \overline{X_{53}}$$

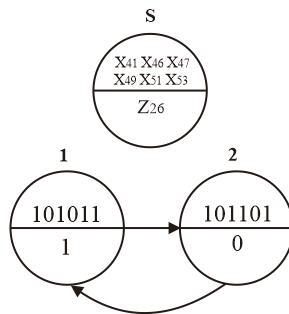
$$Z_{26} = Y_{42}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 31

State Diagram I/O



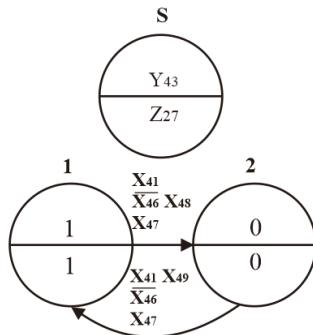
Primitive Flow Table

Row	Input X ₄₁ X ₄₆ X ₄₇ X ₄₈ X ₄₉		Output Z ₂₇
	10101	10110	
1	<u>1</u>	2	1
2	1	<u>2</u>	0

Merged Flow Table

Row	Input X ₄₁ X ₄₆ X ₄₇ X ₄₈ X ₄₉		Output Z ₂₇	Relay Y ₄₃
	10101	10110		
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

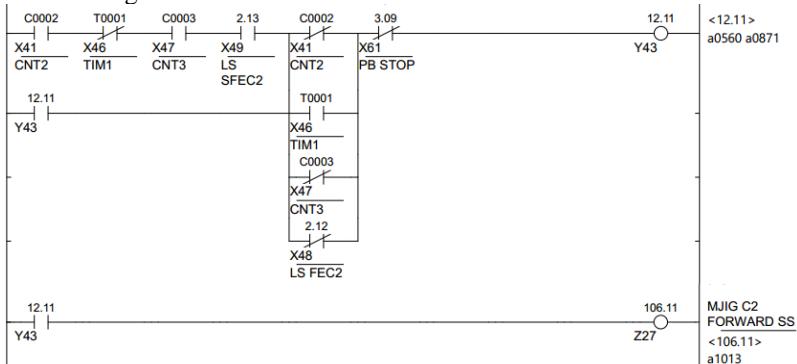


Switching Function

$$Y_{43} = (X_{41}\overline{X_{46}} X_{47} X_{49} + Y_{43}) \overline{X_{41}\overline{X_{46}}} \overline{X_{47} X_{48}}$$

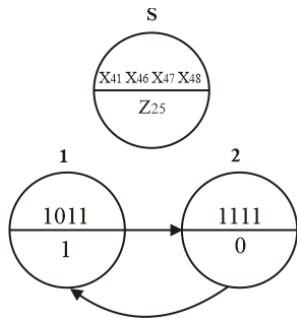
$$Z_{27} = Y_{43}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 32

State Diagram I/O



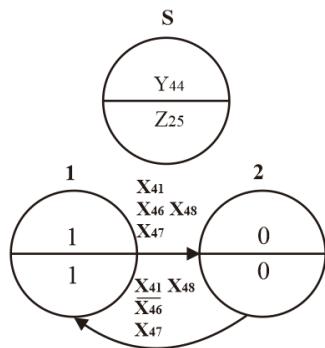
Primitive Flow Table

Row	Input $X_{41} X_{46} X_{47} X_{48}$				Output
	1011	1111	Z_{25}		
1	<u>1</u>		2		1
2	1		<u>2</u>		0

Merged Flow Table

Row	Input $X_{41} X_{46} X_{47} X_{48}$		Output	Relay
	1011	1111	Z_{25}	Y_{44}
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

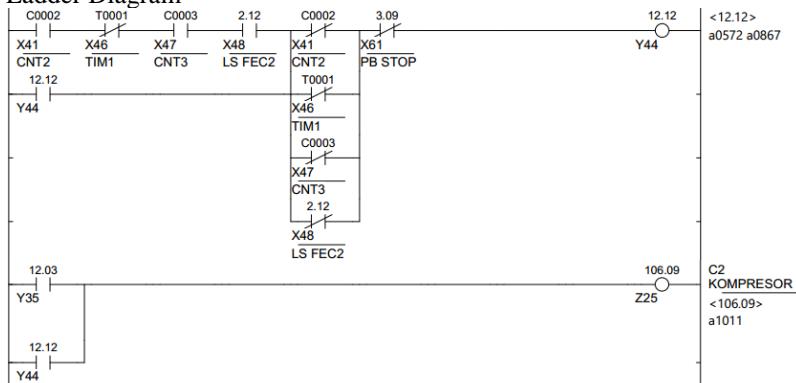


Switching Function

$$Y_{44} = (X_{41}\overline{X_{46}} X_{47} X_{48} + Y_{44}) \overline{X_{41}X_{46}X_{47}X_{48}}$$

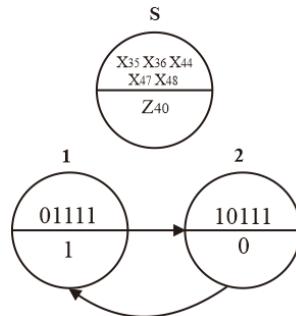
$$Z_{25} = Y_{44}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 33

State Diagram I/O



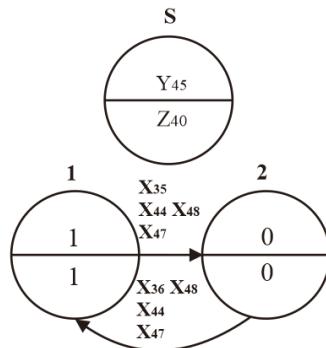
Primitive Flow Table

Row	Input X ₃₅ X ₃₆ X ₄₄ X ₄₇ X ₄₈		Output Z ₄₀
	01111	10111	
1	<u>1</u>	2	1
2	1	<u>2</u>	0

Merged Flow Table

Row	Input X ₃₅ X ₃₆ X ₄₄ X ₄₇ X ₄₈		Output Z ₄₀	Relay Y ₄₅
	01111	10111		
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

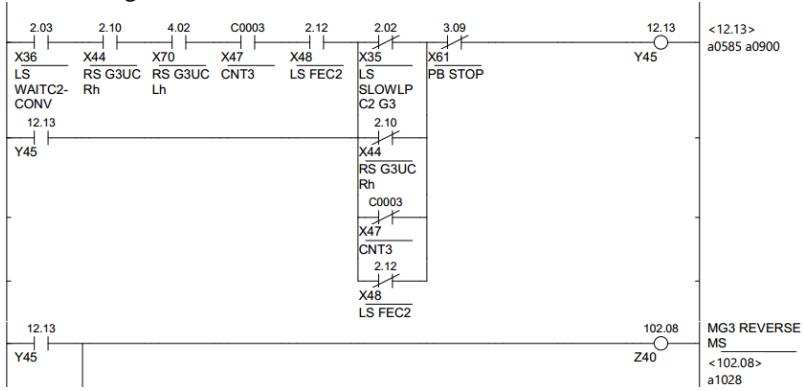


Switching Function

$$Y_{45} = (X_{36} X_{44} X_{47} X_{48} + Y_{45}) \overline{X_{35} X_{44} X_{47} X_{48}}$$

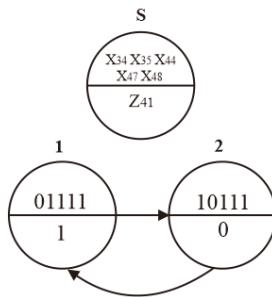
$$Z_{40} = Y_{45}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 34

State Diagram I/O



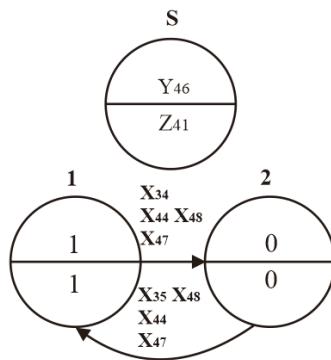
Primitive Flow Table

Row	Input X ₃₄ X ₃₅ X ₄₄ X ₄₇ X ₄₈		Output
	01111	10111	
1	<u>1</u>	2	1
2	1	<u>2</u>	0

Merged Flow Table

Row	Input X ₃₄ X ₃₅ X ₄₄ X ₄₇ X ₄₈		Output	Relay
	01111	10111		
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

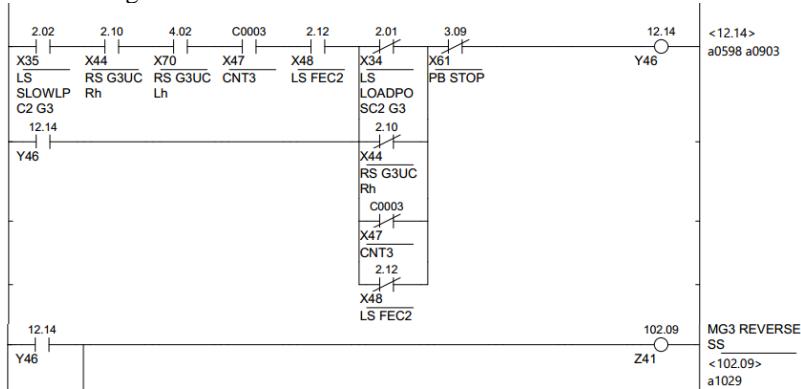


Switching Function

$$Y_{46} = (X_{35} X_{44} X_{47} X_{48} + Y_{46}) \overline{X_{34} X_{44} X_{47} X_{48}}$$

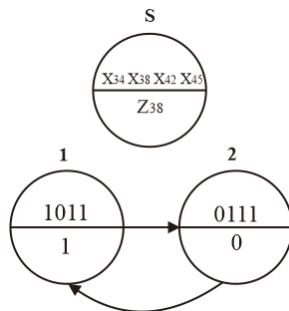
$$Z_{41} = Y_{46}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 35

State Diagram I/O



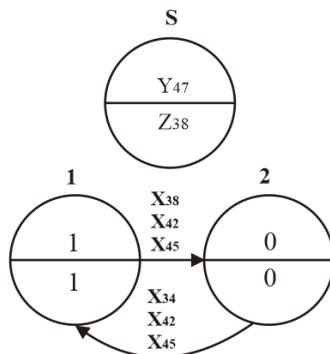
Primitive Flow Table

Row	Input X ₃₄ X ₃₈ X ₄₂ X ₄₅				Output
	1011		0111		
1	<u>1</u>		2		1
2	1		<u>2</u>		0

Merged Flow Table

Row	Input X ₃₄ X ₃₈ X ₄₂ X ₄₅			Output	Relay
	1011		0111		
1	<u>1</u>		2	1	1
2	1		<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

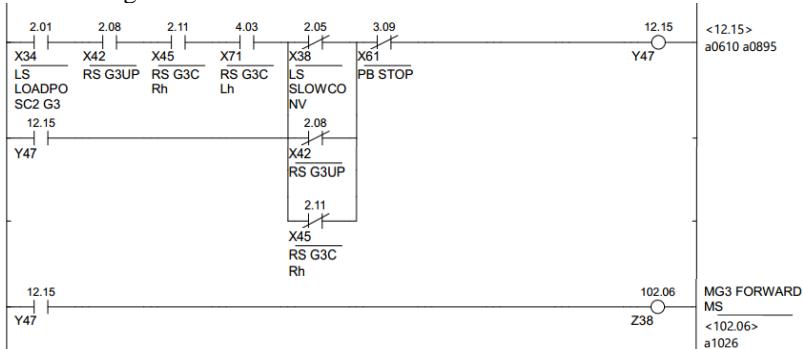


Switching Function

$$Y_{47} = (X_{34} X_{42} X_{45} + Y_{47}) \overline{X_{38} X_{42} X_{45}}$$

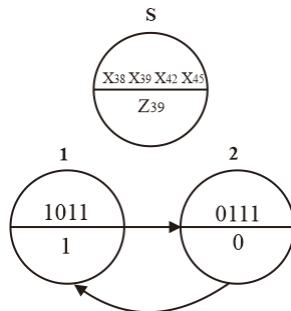
$$Z_{38} = Y_{47}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 36

State Diagram I/O



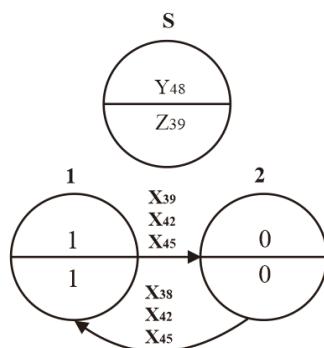
Primitive Flow Table

Row	Input $X_{38} X_{39} X_{42} X_{45}$				Output
	1011		0111		
1	<u>1</u>		2		Z_{39}
2	1		<u>2</u>		0

Merged Flow Table

Row	Input $X_{38} X_{39} X_{42} X_{45}$		Output	Relay
	1011	0111		
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

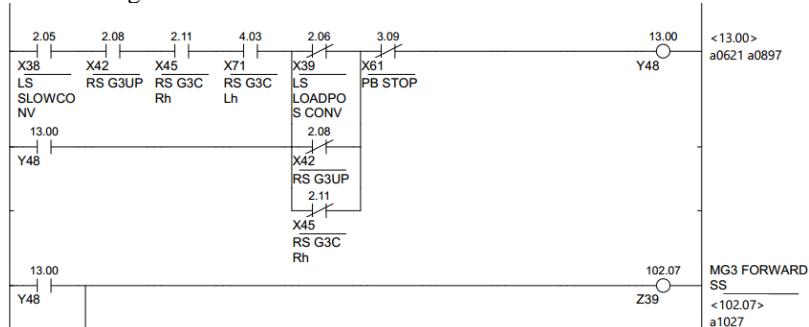


Switching Function

$$Y_{48} = (X_{38} X_{42} X_{45} + Y_{48}) \overline{X_{39}} \overline{X_{42}} \overline{X_{45}}$$

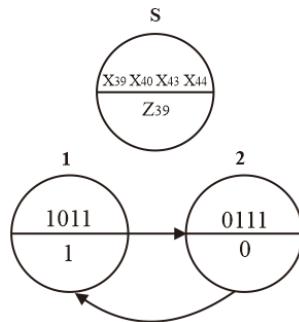
$$Z_{39} = Y_{48}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 37

State Diagram I/O



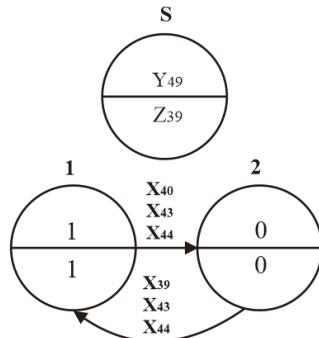
Primitive Flow Table

Row	Input X ₃₉ X ₄₀ X ₄₃ X ₄₄				Output
	1011	0111	Z ₃₉		
1	1		2		1
2	1		2		0

Merged Flow Table

Row	Input X ₃₉ X ₄₀ X ₄₃ X ₄₄		Output	Relay
	1011	0111		
1	1	2	1	1
2	1	2	0	0

State Diagram R/O

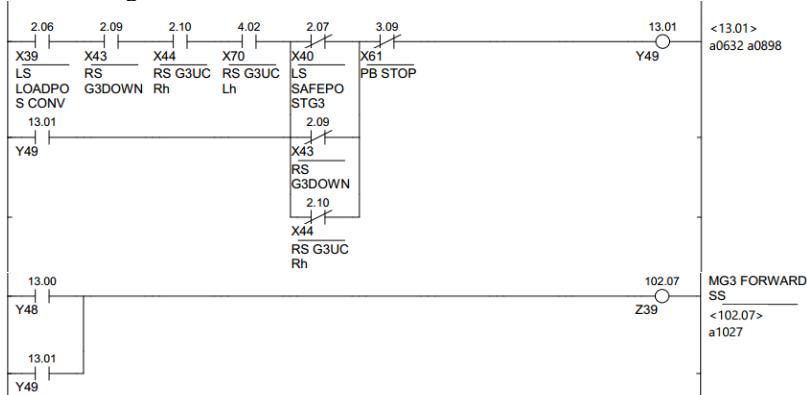


Switching Function

$$Y_{49} = (X_{39} X_{43} X_{44} + Y_{49}) \overline{X_{40}} \overline{X_{43}} \overline{X_{44}}$$

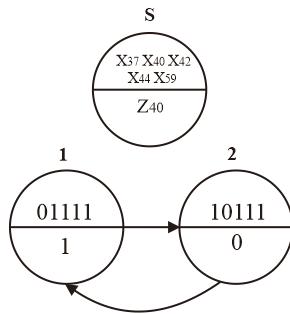
$$Z_{39} = Y_{49}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 38

State Diagram I/O



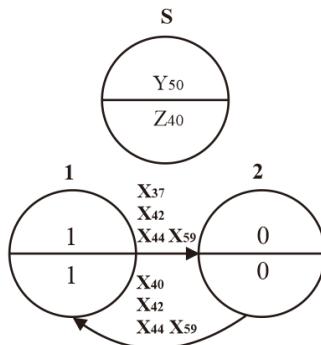
Primitive Flow Table

Row	Input $X_{37} X_{40} X_{42} X_{44} X_{59}$		Output	
	01111	10111	Z_{40}	Y_{50}
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

Merged Flow Table

Row	Input $X_{37} X_{40} X_{42} X_{44} X_{59}$		Output		Relay
	01111	10111	Z_{40}	Y_{50}	
1	<u>1</u>	2	1	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0	0

State Diagram R/O

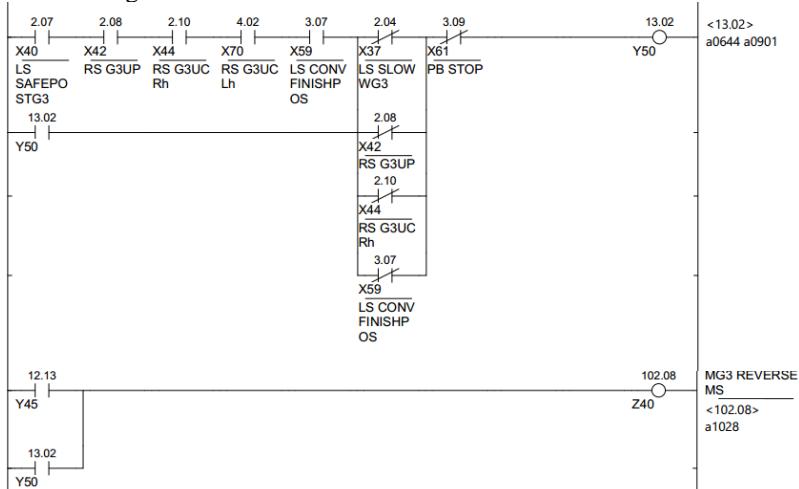


Switching Function

$$Y_{50} = (X_{40} X_{42} X_{44} X_{59} + Y_{50}) \bar{X}_{37} \bar{X}_{42} \bar{X}_{44} \bar{X}_{59}$$

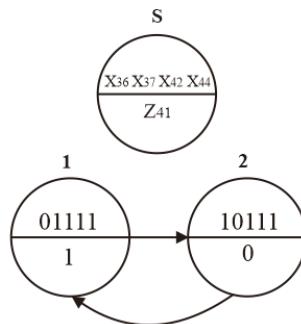
$$Z_{40} = Y_{50}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 39

State Diagram I/O



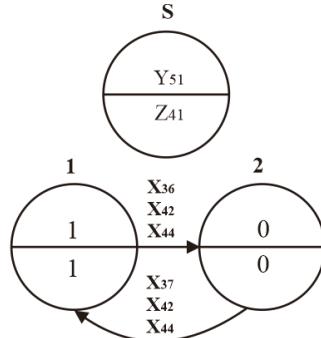
Primitive Flow Table

Row	Input $X_{36} X_{37} X_{42} X_{44}$				Output Z_{41}	
	01111		10111			
	<u>1</u>	2	1	0		
1						
2	1		<u>2</u>			

Merged Flow Table

Row	Input $X_{36} X_{37} X_{42} X_{44}$				Output Z_{41}	Relay Y_{51}		
	01111		10111					
	<u>1</u>	2	1	0				
1						1		
2	1		<u>2</u>			0		

State Diagram R/O

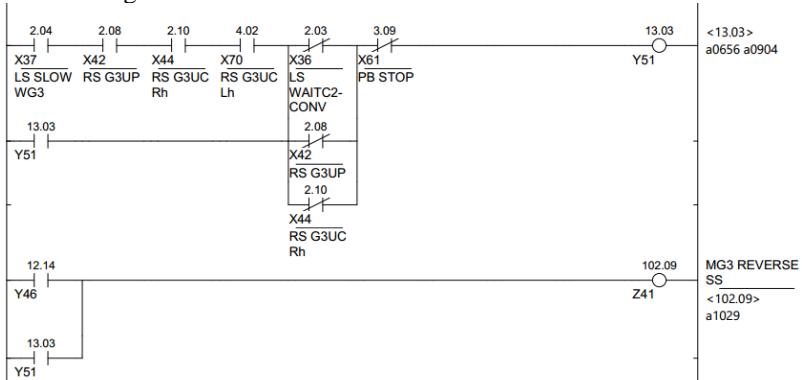


Switching Function

$$Y_{51} = (X_{37} X_{42} X_{44} + Y_{51}) \overline{X_{36}} \overline{X_{42}} \overline{X_{44}}$$

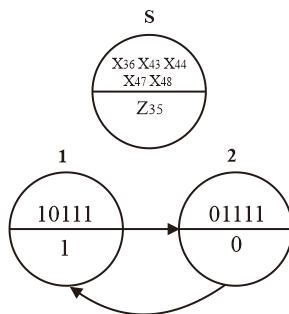
$$Z_{41} = Y_{51}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 40

State Diagram I/O



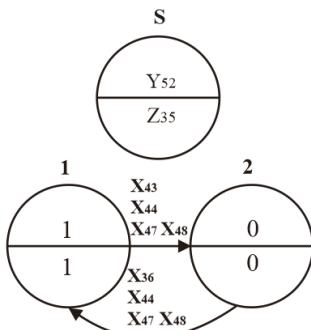
Primitive Flow Table

Row	Input X ₃₆ X ₄₃ X ₄₄ X ₄₇ X ₄₈					Output
	10111		01111			
1	<u>1</u>		2			1
2	1		<u>2</u>			0

Merged Flow Table

Row	Input X ₃₆ X ₄₃ X ₄₄ X ₄₇ X ₄₈			Output	Relay
	10111		01111		
1	<u>1</u>		2	1	1
2	1		<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

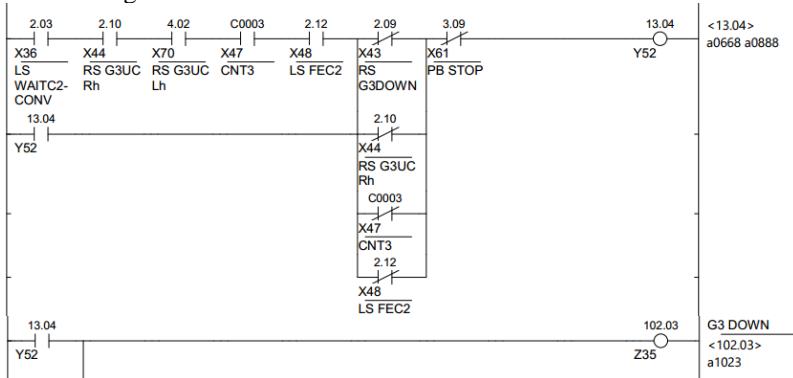


Switching Function

$$Y_{52} = (X_{36} X_{44} X_{47} X_{48} + Y_{52}) \overline{X_{43} X_{44} X_{47} X_{48}}$$

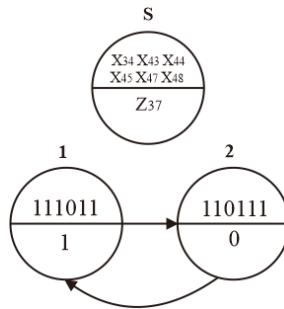
$$Z_{35} = Y_{52}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 41

State Diagram I/O



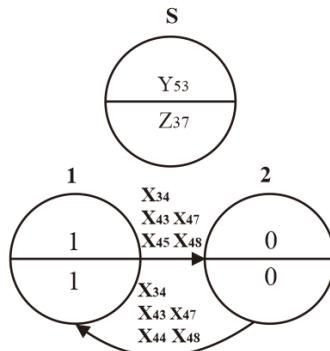
Primitive Flow Table

Row	Input X ₃₄ X ₄₃ X ₄₄ X ₄₅ X ₄₇ X ₄₈						Output
	111011			110111			
1	<u>1</u>			2			1
2	1			<u>2</u>			0

Merged Flow Table

Row	Input X ₃₄ X ₄₃ X ₄₄ X ₄₅ X ₄₇ X ₄₈						Output	Relay
	111011			110111				
1	<u>1</u>			2			1	1
2	1			<u>2</u>			0	0

State Diagram R/O

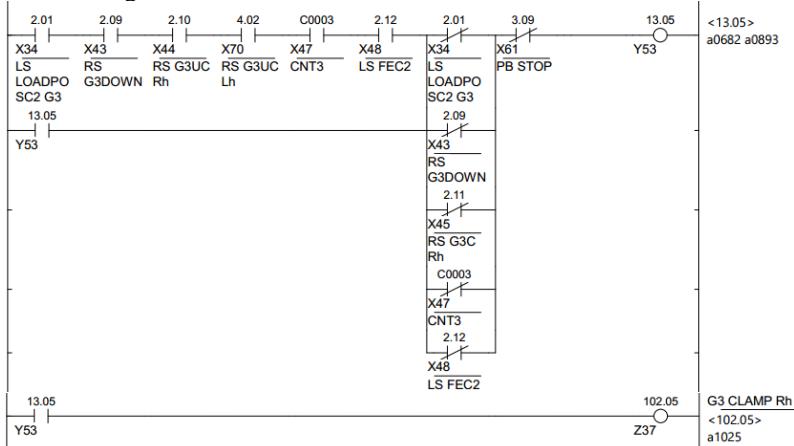


Switching Function

$$Y_{53} = (X_{34} X_{43} X_{44} X_{47} X_{48} + Y_{53}) \overline{X_{34} X_{43} X_{45} X_{47} X_{48}}$$

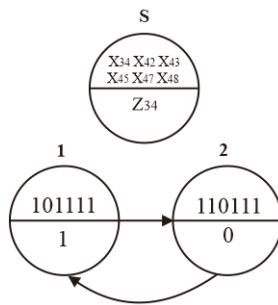
$$Z_{37} = Y_{53}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 42

State Diagram I/O



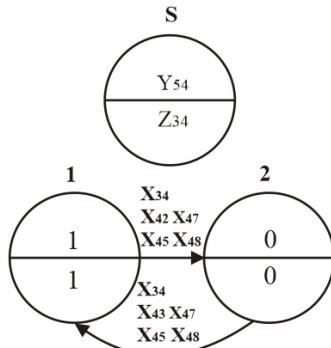
Primitive Flow Table

Row	Input $X_{34} X_{42} X_{43} X_{45} X_{47} X_{48}$		Output
	101111	110111	
1	<u>1</u>	2	1
2	1	<u>2</u>	0

Merged Flow Table

Row	Input $X_{34} X_{42} X_{43} X_{45} X_{47} X_{48}$		Output	Relay
	101111	110111		
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

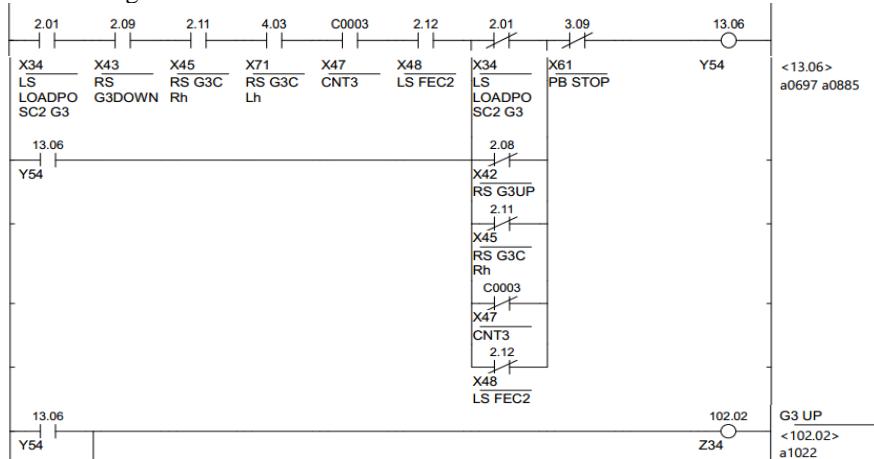


Switching Function

$$Y_{54} = (X_{34} X_{43} X_{45} X_{47} X_{48} + Y_{54}) \overline{X_{34} X_{42} X_{45} X_{47} X_{48}}$$

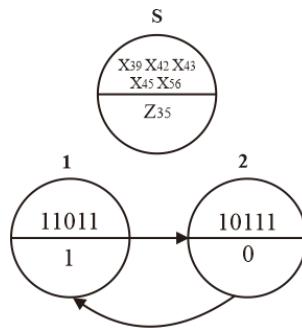
$$Z_{34} = Y_{54}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 43

State Diagram I/O



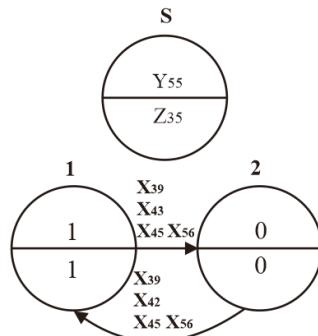
Primitive Flow Table

Row	Input X ₃₉ X ₄₂ X ₄₃ X ₄₅ X ₅₆		Output Z ₃₅
	11011	10111	
1	<u>1</u>	2	1
2	1	<u>2</u>	0

Merged Flow Table

Row	Input X ₃₉ X ₄₂ X ₄₃ X ₄₅ X ₅₆		Output Z ₃₅	Relay Y ₅₅
	11011	10111		
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

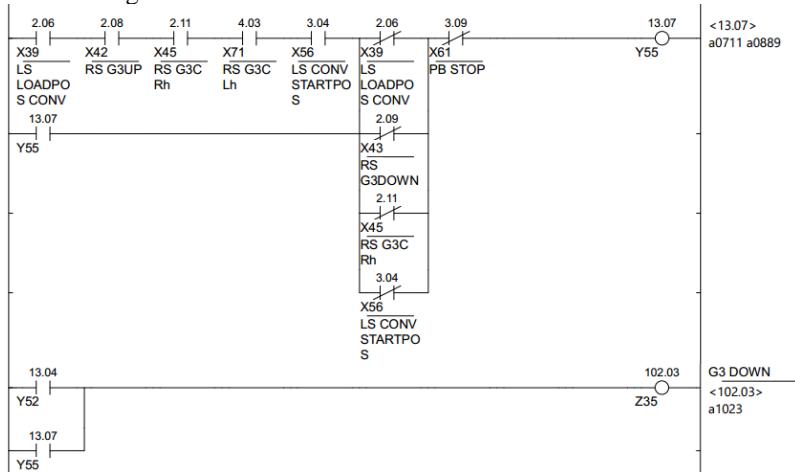


Switching Function

$$Y_{55} = (X_{39} X_{42} X_{45} X_{56} + Y_{55}) \bar{X}_{39} \bar{X}_{43} \bar{X}_{45} \bar{X}_{56}$$

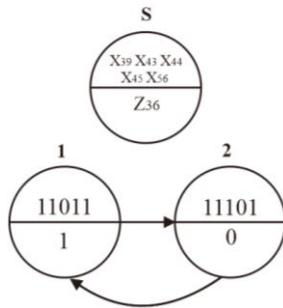
$$Z_{35} = Y_{55}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 44

State Diagram I/O



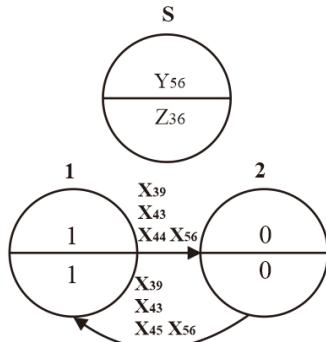
Primitive Flow Table

Row	Input X ₃₉ X ₄₃ X ₄₄ X ₄₅ X ₅₆		Output	
	11011	11101	Z ₃₆	
1	1	2	1	
2	1	2	0	

Merged Flow Table

Row	Input X ₃₉ X ₄₃ X ₄₄ X ₄₅ X ₅₆		Output		Relay
	11011	11101	Z ₃₆	Y ₅₆	
1	1	2	1	1	
2	1	2	0	0	

State Diagram R/O

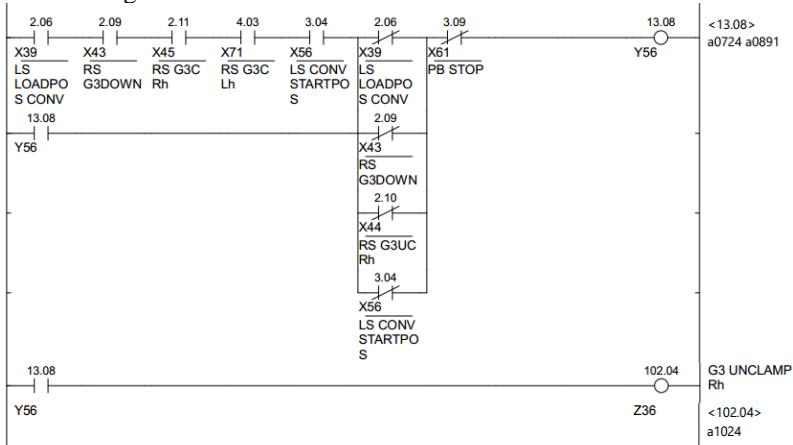


Switching Function

$$Y_{56} = (X_{39} X_{43} X_{45} X_{56} + Y_{56}) \overline{X_{39} X_{43} X_{44} X_{56}}$$

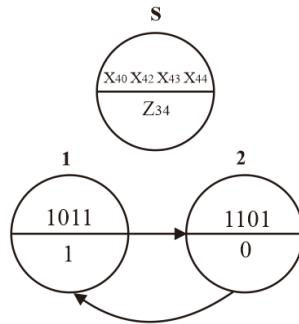
$$Z_{36} = Y_{56}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 45

State Diagram I/O



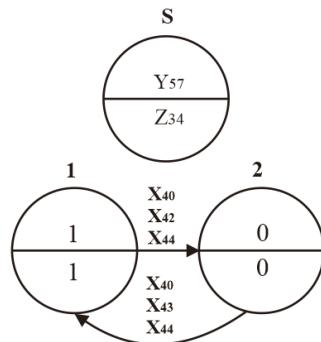
Primitive Flow Table

Row	Input $X_{40} X_{42} X_{43} X_{44}$		Output Z_{34}
	1011	1101	
1	<u>1</u>	2	1
2	1	<u>2</u>	0

Merged Flow Table

Row	Input $X_{40} X_{42} X_{43} X_{44}$		Output Z_{34}	Relay Y_{57}
	1011	1101		
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

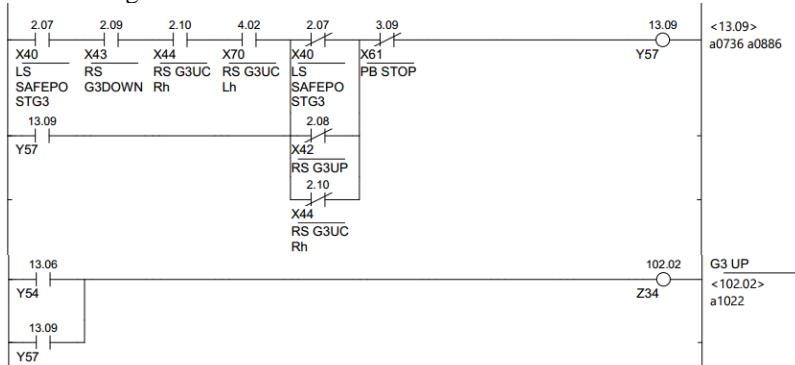


Switching Function

$$Y_{57} = (X_{40} X_{43} X_{44} + Y_{57}) \overline{X_{40}} \overline{X_{42}} \overline{X_{44}}$$

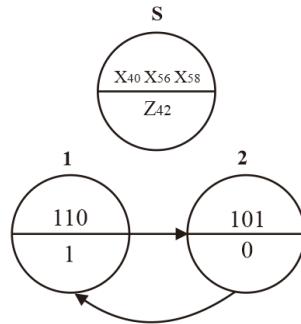
$$Z_{34} = Y_{57}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 46

State Diagram I/O



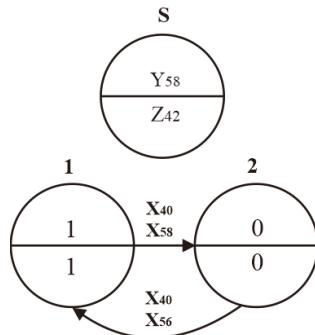
Primitive Flow Table

Row	Input X ₄₀ X ₅₆ X ₅₈			Output
	110	101	Z ₄₂	
1	<u>1</u>	2	1	
2	1	<u>2</u>	0	

Merged Flow Table

Row	Input X ₄₀ X ₅₆ X ₅₈		Output	Relay
	110	101		
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

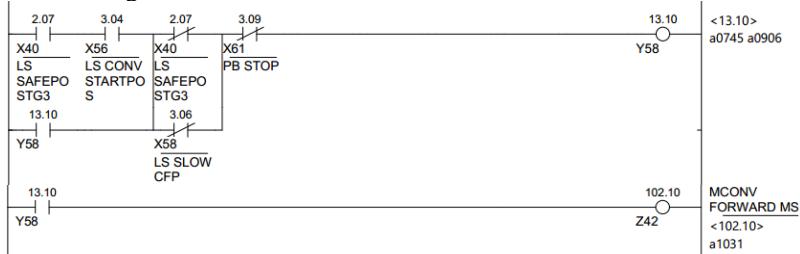


Switching Function

$$Y_{58} = (X_{40} X_{56} + Y_{58}) \overline{X_{40}} \overline{X_{58}}$$

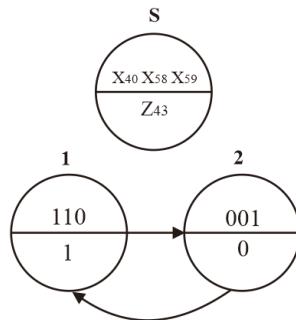
$$Z_{42} = Y_{58}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 47

State Diagram I/O



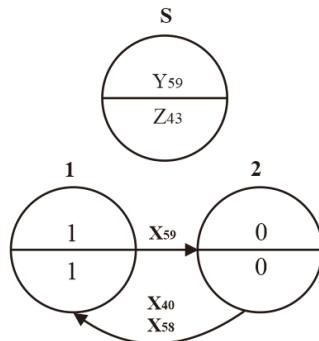
Primitive Flow Table

Row	Input X ₄₀ X ₅₈ X ₅₉			Output Z ₄₃
	110	001		
1	1	2		1
2	1	2		0

Merged Flow Table

Row	Input X ₄₀ X ₅₈ X ₅₉		Output Z ₄₃	Relay Y ₅₉
	110	001		
1	1	2	1	1
2	1	2	0	0

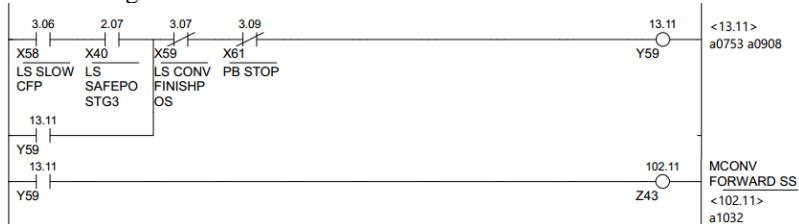
State Diagram R/O



Switching Function

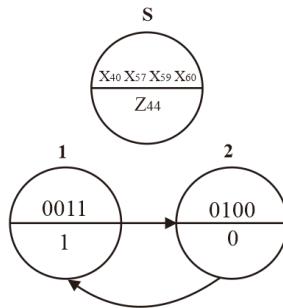
$$Y_{59} = (X_{40} X_{58} + Y_{59}) \bar{X}_{58}$$
$$Z_{43} = Y_{59}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 48

State Diagram I/O



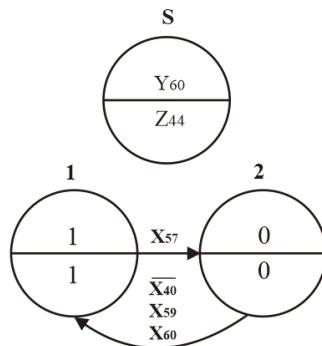
Primitive Flow Table

Row	Input $X_{40} X_{57} X_{59} X_{60}$		Output Z_{44}
	0011	0100	
1	1	2	1
2	1	2	0

Merged Flow Table

Row	Input $X_{40} X_{57} X_{59} X_{60}$		Output Z_{44}	Relay Y_{60}
	0011	0100		
1	1	2	1	1
2	1	2	0	0

State Diagram R/O

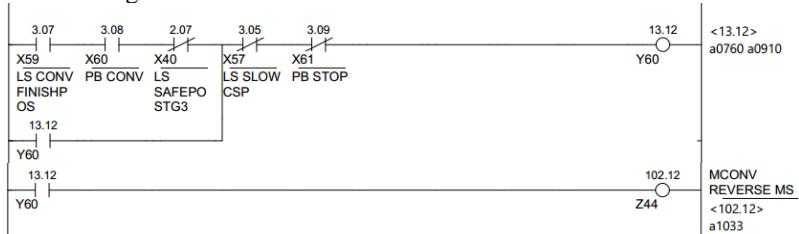


Switching Function

$$Y_{60} = (\overline{X}_{40}) X_{59} X_{60} + Y_{60} \overline{X}_{57}$$

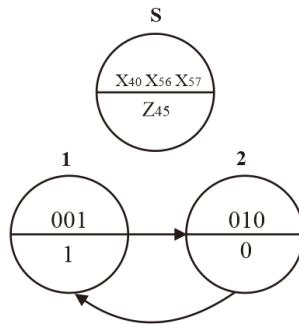
$$Z_{44} = Y_{60}$$

Ladder Diagram



Sub Proses 49

State Diagram I/O



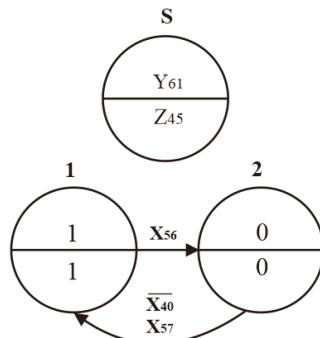
Primitive Flow Table

Row	Input X ₄₀ X ₅₆ X ₅₇			Output Z ₄₅
	001	010		
1	<u>1</u>	2		1
2	1	<u>2</u>		0

Merged Flow Table

Row	Input X ₄₀ X ₅₆ X ₅₇		Output Z ₄₅	Relay Y ₆₁
	001	010		
1	<u>1</u>	2	1	1
2	1	<u>2</u>	0	0

State Diagram R/O

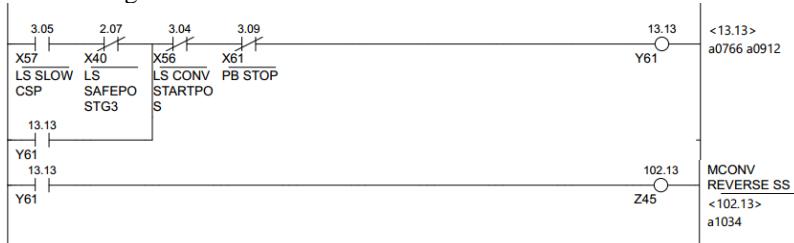


Switching Function

$$Y_{61} = (\overline{X}_{40}) X_{57} + Y_{61} \quad \overline{X}_{56}$$

$$Z_{45} = Y_{61}$$

Ladder Diagram



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

RIWAYAT HIDUP



Indy Mutiara Rasaydeci, lahir di Jakarta pada tanggal 9 Oktober 1996. Anak kedua dari pasangan ayahanda Makhsyi Baasalem dan ibunda Fernawati Abidin. Merupakan seorang adik dari Ahmad Reza Jafarian. Setelah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Padurenan 6 Bekasi pada tahun 2002 – 2008, SMP Negeri 26 Bekasi pada tahun 2008 – 2011, SMA Negeri 5 Tambun Selatan pada tahun 2011 – 2014, dan pendidikan Diploma 3 jurusan Elektronika dan Instrumentasi di Universitas Gadjah Mada pada tahun 2014 – 2017, penulis melanjutkan studi Lintas Jalur Sarjana Teknik di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengambil Jurusan Teknik Elektro, bidang studi Teknik Sistem Pengaturan.