



**TUGAS AKHIR - EE184801**

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

Muhamad Farras Fitrianto  
NRP 07111745000016

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

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

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**FINAL PROJECT - EE184801**

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

Muhammad Farras Fitrianto  
NRP 07111745000016

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

*Electrical Engineering Department  
Faculty of Electrical Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019*

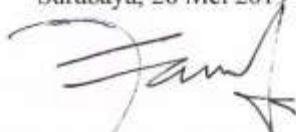
*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Pembuatan Desain Ladder Diagram dengan Metode Cascade pada Plant Tapping and Washing Machine Autoloader**" 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, 28 Mei 2019



Muhammad Farras Fitrianto  
NRP 07111745000016

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

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

**TUGAS AKHIR**

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

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I,



Dr. Ir. Mochammad Rameli  
NIP. 195412271981031002

Dosen Pembimbing II,



Eka Iskandar, S.T., M.T.  
NIP. 198005282008121001



*Halaman ini sengaja dikosongkan*



# PEMBUATAN DESAIN LADDER DIAGRAM DENGAN METODE CASCADE PADA PLANT TAPPING AND WASHING MACHINE AUTOLOADER

Nama : Muhammad Farras Fitrianto  
Pembimbing 1 : Dr. Ir. Mochammad Rameli  
Pembimbing 2 : Eka Iskandar, S.T., M.T.

## ABSTRAK

Untuk menciptakan suatu barang yang memiliki nilai jual yang tinggi perlu dilakukan suatu proses produksi dari barang mentah barang jadi dengan karakteristik dan fungsi yang berbeda, sehingga nilai jualnya meningkat. Salah satu prosesnya dilakukan di industri manufaktur..Dalam tugas akhir ini sistem otomasi akan diimplementasikan ke dalam sebuah plant *tapping and washing machine autoloader*. Dimana *autoloader* adalah sebuah sistem *load* dan *unload* yaitu proses mengeluarkan dan memasukan sebuah material atau benda kerja dari luar mesin ke dalam mesin maupun sebaliknya serta proses distribusi material hasil permesinan dari satu mesin ke mesin lainnya.

Proses permesinan serta sistem *autoloader* pada mesin tersebut dikendalikan menggunakan sebuah kontroler PLC, dengan jenis pemrogramannya adalah *ladder diagram*. Tipe pemrograman ini merupakan tipe pemrograman yang cukup mudah dirancang dan dipahami karena konstruksinya yang ringkas untuk menggambarkan keseluruhan alur sistem. Terdapat beberapa metode untuk membuat sebuah program *ladder diagram*, salah satunya adalah metode *Cascade*. Metode tersebut akan digunakan dan diimplementasikan pada sebuah PLC yang digunakan sebagai kontroler dari plant *tapping and washing machine autoloader*.

**Kata kunci :** *Tapping and Washing Machine*, Ladder, Cascade, PLC

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

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

*Name* : Muhammad Farras Fitrianto  
*Supervisor 1* : Dr. Ir. Mochammad Rameli  
*Supervisor 2* : Eka Iskandar, S.T., M.T.

## ***ABSTRACT***

To create an item that has a high selling value, a production process is needed from raw goods to finished goods with different characteristics and functions, so that the selling value increases. One of the processes is carried out in the manufacturing industry. In this final project the automation system will be implemented in a plant tapping and washing machine autoloader. Where the autoloader is a system of load and unload, which is the process of removing and inserting a material or workpiece from the outside of the machine into the machine or vice versa and the process of distributing machining materials from one machine to another.

The machining process and the autoloader system on the machine are controlled using a PLC controller, with the programming type being a ladder diagram. This type of programming is a type of programming that is quite easily designed and understood because of its concise construction to describe the entire flow of the system. There are several methods for creating a ladder diagram program, one of which is the Cascade method. The method will be used and implemented in a PLC that is used as a controller of the plant tapping and washing machine autoloader.

***Keywords*** : *Tapping and Washing Machine, Ladder, Cascade, PLC*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan segala puji bagi Allah Subhanahuwata'ala atas segala rahmat dan karunia serta taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar dan tepat waktu. Tidak lupa juga semoga sholat serta salam semoga tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu'alaihi Wasallam. Adapun judul tugas akhir yang telah diselesaikan adalah :

**“PEMBUATAN DESAIN LADDER DIAGRAM DENGAN METODE CASCADE PADA PLANT TAPPING AND WASHING MACHINE AUTOLOADER”**

Penulis juga menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan doa dan dukungan serta selalu memberikan semangat juga sekaligus menjadi inspirasi bagi penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Mochammad Rameli dan Bapak Eka Iskandar, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan serta arahnya.
3. Rekan-rekan Teknik Elektro Lintas Jalur Angkatan 2017, khususnya untuk rekan-rekan Teknik Sistem Pengaturan.
4. Seluruh staf pengajar dan administrasi Departemen Teknik Elektro FTE-ITS.
5. Seluruh pihak yang telah membantu proses penyelesaian laporan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Harapan penulis semoga hasil dari tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan sebagai rujukan mengenai materi yang penulis ambil pada tugas akhir ini. Penulis juga telah berusaha semaksimal mungkin untuk menyempurnakan penyelesaian tugas akhir ini namun dengan keterbatasan ilmu penulis sehingga hasil tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna oleh karena itu penulis sangat terbuka untuk menerima kritik dan saran demi kesempurnaan penelitian selanjutnya.

Surabaya, 28 Mei 2019

Muhammad Farras Fitrianto  
NRP 07111745000016

*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 .....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I.....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Perumusan Masalah.....	1
1.3    Tujuan.....	2
1.4    Metodologi .....	2
1.5    Sistematika .....	4
1.6    Relevansi atau Manfaat .....	5
BAB II.....	5
<b>2.1.    <i>Tapping and Washing Machine Autoloader Plant</i></b> .....	<b>5</b>
<b>2.1.1.    Material (<i>Housing Differential Gear</i>)</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1.2.    <i>Autoloader Type 1</i></b> .....	<b>7</b>
<b>2.1.3.    <i>Autoloader Type 2</i></b> .....	<b>8</b>
<b>2.1.4.    <i>A21 Machine</i></b> .....	<b>9</b>
<b>2.1.5.    <i>B23 (Tapping Machine)</i></b> .....	<b>9</b>
<b>2.1.6.    <i>C2 (Washing Machine)</i></b> .....	<b>10</b>
<b>2.1.7.    <i>Komponen Penunjang</i></b> .....	<b>11</b>
<b>2.2.    PLC Omron CP1E-</b> .....	<b>17</b>

2.3.	<b>HMI (<i>Human Machine Interface</i>)</b> .....	18
2.4.	<b>Metode Cascade</b> .....	19
2.4.1.	<b>Aturan Metode Cascade</b> .....	20
2.4.2.	<b>Cara Pembagian Grup</b> .....	20
2.4.3.	<b>Langkah-Langkah Perancangan Dengan Metode Cascade</b> .....	21
BAB III.....		23
3.1	Perumusan Sistem <i>Plant</i> .....	23
3.2	Perancangan <i>Cascade</i> .....	41
3.2.1.	Inisialisasi Output .....	41
3.2.2.	Pembagian Grup .....	43
3.3	Proses <i>Switching Function</i> .....	47
3.4	Pemrograman <i>Ladder Diagram</i> .....	62
3.5	Perancangan HMI .....	87
BAB IV.....		93
4.1.	Implementasi Sistem .....	93
4.2.	Pengujian Sistem .....	97
4.2.1.	Pengujian Alur Sistem .....	97
4.2.2.	Pengujian <i>Cycle Time</i> .....	109
BAB 5 .....		111
5.1	Kesimpulan .....	111
5.2	Saran.....	111
DAFTAR PUSTAKA .....		113
LAMPIRAN A .....		115
LAMPIRAN B.....		137
LAMPIRAN C.....		141
RIWAYAT HIDUP .....		143



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Tapping and Washing Machine Autoloader Plant</i> .....	5
Gambar 2. 2 <i>Housing Differential Gear</i> .....	6
Gambar 2. 3 <i>End Housing</i> .....	7
Gambar 2. 4 <i>Autoloader type 1</i> .....	8
Gambar 2. 5 <i>Autoloader type 2</i> .....	8
Gambar 2. 6 <i>A21 Machine</i> .....	9
Gambar 2. 7 <i>Tapping Machine</i> .....	10
Gambar 2. 8 <i>Washing Machine</i> .....	11
Gambar 2. 9 <i>Reed Switch</i> .....	12
Gambar 2. 10 <i>Limit Switch</i> .....	13
Gambar 2. 11 <i>Motor Induksi</i> .....	14
Gambar 2. 12 <i>Silinder Pneumatik</i> .....	15
Gambar 2. 13 <i>Inverter Mitsubishi</i> .....	15
Gambar 2. 14 <i>Inverter Panel</i> .....	16
Gambar 2. 15 <i>Solenoid 5/2 Bistabil</i> .....	17
Gambar 2. 16 <i>PLC Omron CP1E</i> .....	18
Gambar 2. 17 <i>Human Machine Interface (HMI)</i> .....	19
Gambar 3. 1 <i>Tahapan perancangan sistem</i> .....	23
Gambar 3. 2 <i>Pembagian section pada perancangan sistem</i> .....	32
Gambar 3. 3 <i>Ladder Diagram CR1</i> .....	67
Gambar 3. 4 <i>Ladder Diagram CR2</i> .....	67
Gambar 3. 5 <i>Ladder Diagram CR3</i> .....	68
Gambar 3. 6 <i>Ladder Diagram CR4</i> .....	68
Gambar 3. 7 <i>Ladder Diagram CR5</i> .....	69
Gambar 3. 8 <i>Ladder Diagram CR6</i> .....	69
Gambar 3. 9 <i>Ladder Diagram CR7</i> .....	70
Gambar 3. 10 <i>Ladder Diagram CR8</i> .....	70
Gambar 3. 11 <i>Ladder Diagram CR9</i> .....	71
Gambar 3. 12 <i>Ladder Diagram CR10</i> .....	71
Gambar 3. 13 <i>Ladder Diagram CR11</i> .....	72
Gambar 3. 14 <i>Ladder Diagram CR12</i> .....	72
Gambar 3. 15 <i>Ladder Diagram CR13</i> .....	73
Gambar 3. 16 <i>Ladder Diagram CR14</i> .....	73
Gambar 3. 17 <i>Ladder Diagram CR15</i> .....	74
Gambar 3. 18 <i>Ladder Diagram CR16</i> .....	74

Gambar 3. 19 Ladder Diagram CR17 .....	75
Gambar 3. 20 Ladder Diagram CR18 .....	75
Gambar 3. 21 Ladder Diagram CR19 .....	76
Gambar 3. 22 Ladder Diagram CR20 .....	76
Gambar 3. 23 Ladder Diagram CR21 .....	77
Gambar 3. 24 Ladder Diagram CR22 .....	77
Gambar 3. 25 Ladder Diagram CR23 .....	78
Gambar 3. 26 Ladder Diagram CR24 .....	78
Gambar 3. 27 Ladder Diagram CR25 .....	79
Gambar 3. 28 Ladder Diagram CR26 .....	79
Gambar 3. 29 Ladder Diagram CR27 .....	80
Gambar 3. 30 Ladder Diagram CR28 .....	80
Gambar 3. 31 Ladder Diagram CR29 .....	81
Gambar 3. 32 Ladder Diagram CR30 .....	81
Gambar 3. 33 Ladder Diagram CR31 .....	82
Gambar 3. 34 Ladder Diagram CR32 .....	82
Gambar 3. 35 Ladder Diagram CR33 .....	83
Gambar 3. 36 Ladder Diagram CR34 .....	83
Gambar 3. 37 Ladder Diagram CR35 .....	84
Gambar 3. 38 Ladder Diagram CR36 .....	84
Gambar 3. 39 Ladder Diagram CR37 .....	85
Gambar 3. 40 Ladder Diagram CR38 .....	85
Gambar 3. 41 Ladder Diagram CR39 .....	86
Gambar 3. 42 Ladder Diagram CR40 .....	86
Gambar 3. 43 Ladder Diagram CR41 .....	86
Gambar 3. 44 tampilan halaman depan HMI .....	87
Gambar 3. 45 halaman utama HMI .....	88
Gambar 3. 46 HMI mesin A21 .....	89
Gambar 3. 47 HMI mesin B23 .....	89
Gambar 3. 48 mesin C2 .....	90
Gambar 3. 49 tampilan 3D mesin C2 .....	90

Gambar 4. 1 pengalamatan input output pada PLC.....	93
Gambar 4. 2 Section pada program PLC.....	96
Gambar 4. 3 konfigurasi PLC dengan komputer.....	96
Gambar 4. 4 Pengaturan Initial Condition .....	97
Gambar 4. 5 uji coba step 1.....	98
Gambar 4. 6 uji coba step 1.....	98
Gambar 4. 7 uji coba step 3.....	99
Gambar 4. 8 pengujian step 4.....	100
Gambar 4. 9 Pengujian step 5 .....	101
Gambar 4. 10 Pengujian step 6 .....	102
Gambar 4. 11 Pengujian step 7 8 .....	103
Gambar 4. 12 Pengujian step 9 .....	104
Gambar 4. 13 Pengujian step 10 .....	104
Gambar 4. 14 Pengujian step 11 .....	105
Gambar 4. 15 Pengujian step 12 .....	106

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Data dan sumber data.....	2
Tabel 3. 1Daftar komponen <i>input</i> sistem <i>plant</i> .....	24
Tabel 3. 2Daftar komponen <i>output</i> sistem <i>plant</i> .....	28
Tabel 3. 3Daftar pengelompokan proses menjadi lima <i>section</i> .....	31
Tabel 3. 4Langkah kerja sistem .....	33
Tabel 3. 5 Tabel inisiasi aksi output.....	41
Tabel 3. 6 Pengalamatan komponen <i>input</i> .....	63
Tabel 3. 7 Pengalamatan komponen <i>output</i> .....	64
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Alur Proses Section 1 .....	108
Tabel 4. 2 data pengujian cycle time.....	109

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kebutuhan manusia saat ini semakin lama semakin banyak dan beragam. Produsen pada industri manufaktur sebagai pemasok utama hasil olahan bahan baku menjadi barang setengah jadi atau siap pakai semakin gencar untuk memenuhi permintaan tersebut, dengan kuantitas yang lebih banyak sesuai dengan kebutuhan yang ada. Selain itu, kualitas menjadi hal yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Selain itu, para produsen industri manufaktur juga berperan penting dalam meningkatkan nilai jual suatu barang sebagai pelaku utama melalui proses produksi manufaktur. Produksi secara manual yang mengandalkan tenaga manusia tidak lagi dapat memenuhi seluruh permintaan yang ada. Oleh karena itu, sistem otomasi pada dunia industri saat ini sangatlah dibutuhkan untuk menghasilkan produk dengan kuantitas dan kualitas yang dapat memenuhi seluruh permintaan tersebut serta mencapai nilai jual yang diharapkan.

Sistem otomasi ini membutuhkan perangkat yang memadai, salah satu perangkat tersebut adalah Programmable Logic Controller (PLC). Pada perangkat PLC pemrograman yang digunakan adalah ladder diagram. Pemrograman tersebut harus dimengerti oleh perancang suatu proses. Baik itu alur proses keseluruhan, jumlah input dan output yang dibutuhkan, penggunaan sensor dan aktuator serta komponen lainnya

Selain itu, dalam proses rancang bangun suatu program ladder PLC membutuhkan efisiensi baik itu penyederhanaan ladder, pemnagkasan jumlah kontak serta waktu pengerjaan agar tercapai suatu nilai optimum dan efisiensi tinggi dalam produksi.

Salah satu proses produksi yang ada di industri adalah tapping and washing machine autoloader, dimana autoloader adalah sebuah sistem load dan unload yaitu proses mengeluarkan dan memasukan sebuah material atau benda kerja dari luar mesin ke dalam mesin maupun sebaliknya serta proses distribusi material hasil permesinan dari satu mesin ke mesin lainnya.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Industri manufaktur yang menggunakan perangkat sistem otomasi manufaktur seperti PLC membutuhkan suatu rancang bangun yang efisien agar tercapai suatu nilai optimum dalam produktifitasnya, serta

memudahkan dalam proses maintenance.oleh karena itu, dibutuhkan suatu metode dalam perancangan dan pembuatan program ladder PLC.

Pada tugas akhir ini, hal yang menjadi fokus permasalahan adalah mengenai bagaimana pembuatan konstruksi ladder diagram pada proses otomasi plant tapping and washing machine autoloader.

### **1.3 Tujuan**

Tujuan dari tugas akhir ini adalah mengimplementasikan salah satu metode dalam pemrograman ladder diagram yaitu metode Cascade dalam pembuatan konstruksi ladder diagram untuk plant tapping and washing machine autoloader. Diharapkan metode yang digunakan dapat diimplementasikan pada plant tapping and washing machine autoloader sehingga plant dapat beroperasi sesuai dengan alur proses dan prosedur yang sudah ditentukan sebelumnya.

### **1.4 Metodologi**

Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini antara lain meliputi:

#### **1. Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan yaitu dengan cara mencari, mempelajari, serta memahami referensi – referensi yang terkait dengan topik yang diambil dalam tugas akhir ini yang akan digunakan sebagai bahan penunjang untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Hal – hal yang perlu dipelajari adalah :

- 1) Identifikasi plant Tapping and washing machine autoloader
- 2) Programmable Logic Controller (PLC) dan Ladder Diagram
- 3) Human Machine Interface (HMI)
- 4) Konsep permodelan dengan metode Cascade

#### **2. Data dan Sumber Data**

Data – data yang diperlukan serta yang akan digunakan pada tugas akhir ini diantaranya adalah:

- 1) Alur dan urutan proses dari mesin tapping and washing machine autoloader.
- 2) Alamat input dan output PLC dari mesin tapping and washing machine autoloader.
- 3) Jenis – jenis sensor dan aktuator yang digunakan pada mesin tapping and washing machine autoloader.

**Tabel 1. 1. Data dan sumber data**

No.	Data	Sumber Data
-----	------	-------------



1	Alur dan urutan proses dari mesin <i>tapping and washing machine autoloader</i> .	Survei secara langsung atau tidak langsung
2	Alamat <i>input</i> dan <i>output</i> PLC dari mesin <i>tapping and washing machine autoloader</i> .	<i>Wiring diagram</i> PLC dari industri
3	Jenis – jenis sensor dan aktuator	Survei langsung atau melalui list komponen dari industri

Ketiga data tersebut akan diperoleh dari sumbernya masing – masing. Untuk data mengenai alur dan urutan proses dari mesin *tapping and washing machine autoloader*, akan didapatkan melalui proses survei langsung ke industri yang terkait atau survei secara tidak langsung dengan menghubungi salah satu pihak dari industri terkait. Untuk data alamat input dan output didapatkan dari *wiring diagram* PLC dari industri terkait yang berupa dokumen. Sedangkan jenis – jenis sensor dan aktuator yang digunakan bisa didapatkan dengan cara survei langsung ke industri atau dari data list komponen berupa dokumen.

### 3. Pengolahan Data

Data – data yang sudah didapatkan dari industri terkait maka data tersebut perlu dipelajari dan diolah sehingga dapat digunakan sebagai penunjang untuk penyelesaian tugas akhir ini. Mengenai alur serta urutan proses, dari data yang didapat kemudian dibuatkan sebuah *flowchart* mengenai proses dari mesin tersebut sehingga dapat terlihat secara jelas urutan dari proses tersebut. Kemudian dari data *wiring diagram* PLC yang didapatkan, dilakukan pemetaan input/output apa saja yang digunakan pada mesin tersebut. Sedangkan untuk data jenis – jenis sensor dan aktuator yang digunakan, berfungsi untuk mengetahui bagaimana realisasi sensor dan aktuator pada plant sehingga memudahkan dalam mendesain alur dari proses tersebut.

### 4. Pemodelan Sistem

Setelah dilakukan identifikasi pada plant, dilakukan pemodelan sistem menggunakan metode yang telah dipilih, yaitu metode *cascade*. Sehingga dihasilkan sebuah pemetaan proses dari plant tersebut dan

sudah terinisialisasi serta berurut. Dari pemetaan tersebut lalu dikonversikan menjadi sebuah ladder diagram PLC

#### 5. Perancangan HMI

Setelah alur sistem diketahui dan ladder diagram sudah dibuat, langkah berikutnya yaitu merancang sebuah interface berupa HMI yang nantinya akan digunakan untuk melakukan simulasi.

#### 6. Simulasi trial error dan implementasi

Pasil hasil pemodelan yang dihasilkan yaitu sebuah ladder diagram, dilakukan simulasi yang disertai dengan analisis untuk mengoreksi kesesuaian dengan hasil yang diinginkan melalui HMI yang telah dibuat sebelumnya serta pegamatan secara langsung pada alur proses yang terjadi pada plant untuk dilakukan troubleshooting apabila terjadi ketidaksesuaian

#### 7. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Penulisan dan penyusunan laporan tugas akhir, yang terdiri dari bab: pendahuluan, dasar teori, perancangan sistem, implementasi dan penutup.

### **1.5 Sistematika**

Penulisan Tugas Akhir ini disusun dalam lima bab yang masing-masing membahas permasalahan yang berhubungan dengan Tugas Akhir yang telah dibuat dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I : Pendahuluan

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

BAB II : Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas tinjauan pustaka yang membantu penelitian,

BAB III : Perancangan Sistem

Bab ini membahas perancangan sistem

BAB IV : Implementasi dan Analisis

Bab ini memuat hasil implementasi

BAB V : Penutup

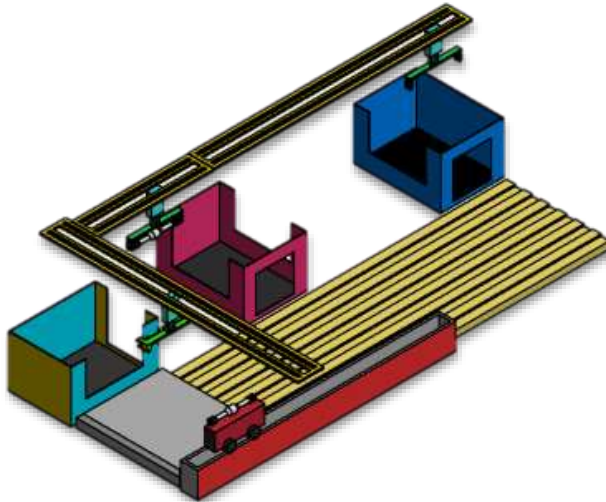
Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan yang telah diperoleh.

### 1.6 Relevansi atau Manfaat

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan menjadi referensi pada implementasi pada proses *Plant Tapping And Washing Machine Autoloader*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. *Tapping and Washing Machine Autoloader Plant*



**Gambar 2. 1** *Tapping and Washing Machine Autoloader Plant*

*Plant tapping and washing machine autoloader* adalah *plant* hasil modifikasi suatu mesin yang diambil dari salah satu industri manufaktur yang bekerja di bidang otomotif. Dalam *plant* ini terdapat dua buah mesin produksi yang digunakan untuk pengerjaan proses manufaktur pada material yang diproduksi oleh industri tersebut. Material yang diproses yaitu adalah *housing* dari *differential gear* dimana komponen tersebut adalah salah satu komponen penyusun dari sebuah kendaraan roda empat/ mobil.

Selain itu didalam *plant* ini juga terdapat sebuah sistem *autoloader* hasil dari modifikasi mesin tersebut. Sistem *autoloader* ini adalah sebuah sistem pendistribusian material dari satu mesin ke mesin lain yang bekerja

secara otomatis dan terprogram menggunakan sebuah perangkat kontroler yaitu *Programmable Logic Controller* (PLC). Kedua mesin produksi tersebut adalah mesin *tapping* (pembuatan ulir) dan mesin *washing* (pembersihan). Selain *autoloader*, sistem pendistribusian material yang dilakukan pada *plant* ini juga menggunakan sebuah konveyor.

Secara umum, proses yang dilakukan pada *plant* ini yaitu pada mesin pertama (*A21 Machine*) akan dilakukan pembersihan benda kerja oleh operator mesin menggunakan sebuah kompresor angin setelah sebelumnya dilakukan proses pengeboran pada material. Kemudian, proses kedua yaitu pada mesin *tapping* (*B23 Machine*) akan dilakukan proses pembuatan ulir pada bagian *end housing* yang terletak di ujung-ujung lengan dari *housing*. Setelah proses *tapping* dilakukan, pada mesin *washing*, dilakukan proses pembersihan benda kerja dari sisa-sisa (bram) dari proses *tapping*. Pada proses terakhir, benda kemudian diantarkan pada bagian *finish procces*. Pembahasan mengenai masing-masing proses dari sistem tersebut akan dijelaskan pada sub bab berikutnya.

### **2.1.1. Material (*Housing Differential Gear*)**

Kendaraan roda empat/mobil memiliki komponen-komponen penyusun yang saling terkait dan terintegrasi satu dengan yang lain sehingga menjadi sebuah sistem yang dapat bekerja sesuai dengan tujuannya. Salah satu komponen yang digunakan pada kendaraan roda empat yaitu *Differential Gear*. Komponen ini berfungsi sebagai pengubah rasio kecepatan putar roda mobil bagian kiri dengan bagian kanan, hal ini bertujuan untuk dapat menjaga kestabilan mobil ketika akan melakukan perubahan arah mobil atau berbelok .



**Gambar 2. 2Housing Differential Gear**

*Differential Gear* juga memiliki beberapa komponen yang tersusun, diantaranya adalah *rear axle*, *gear*, *housing*, dan lain-lain. Dalam sistem *autoloader plant* ini, material yang diproses adalah pada bagian *Housing* dimana *Housing* adalah komponen yang digunakan sebagai *cover*/pelindung dari komponen-komponen yang berada didalamnya (*rear axle* dan *gear*). Proses permesinan yang dilakukan pada

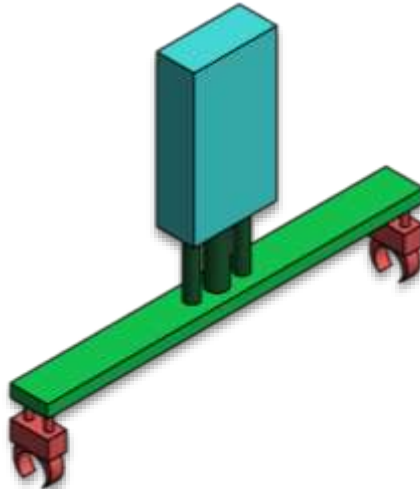
komponen ini adalah *tapping* atau pembuatan ulir pada bagian *end housing* yang berada di ujung lengan dari *housing*.



**Gambar 2. 3 End Housing**

### **2.1.2. Autoloader Type 1**

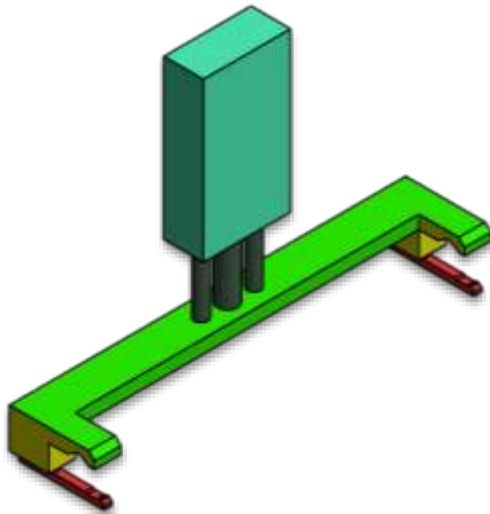
*Autoloader* adalah sebuah sistem otomasi hasil modifikasi mesin yang berfungsi untuk mendistribusikan material atau benda kerja dari satu mesin ke mesin lainnya. Sistem *autoloader* ini dapat dikategorikan sebagai sistem *pick and place* di dalam sebuah sistem otomasi. dalam plant ini *autoloader* digunakan untuk mendistribusikan *housing* mulai dari *start position* kemudian ke mesin *tapping* lalu ke mesin *washing* hingga pada akhirnya ke *finish position*.



**Gambar 2. 4 Autoloader type 1**

Pada *autoloader* tipe satu, jenis silinder yang digunakan adalah silinder *pneumatic* yang memiliki 3 buah *shaft* sehingga memiliki torsi yang lebih besar dibandingkan dengan silinder-silinder dengan 1 buah *shaft*. Sistem pengambilan atau pengangkatan benda kerja pada *autoloader* tipe satu ini dilakukan secara vertical, artinya benda kerja diambil dari atas ke bawah. Cara pengambilan benda kerja seperti ini dipilih karena disesuaikan dengan kondisi pada mesin.

**2.1.3. Autoloader Type 2**

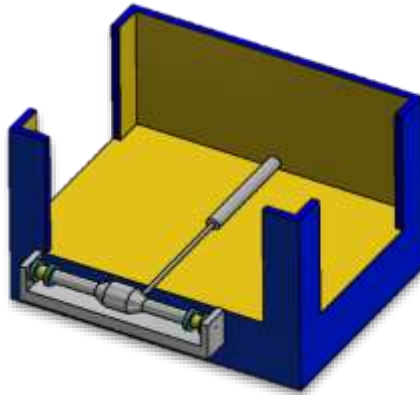


**Gambar 2. 5 Autoloader type 2**

Pada *autoloader* tipe 2, jenis silinder yang digunakan baik untuk mencekam benda kerja maupun naik turunnya *autoloader* menggunakan *pneumatic double acting acting cylinder* yang memiliki 3 buah *shaft*. sistem mekanik dari *autoloader* tipe 2 memiliki sedikit perbedaannya dengan *autoloader* tipe 1, letak perbedaannya adalah dari cara atau proses pengambilan benda kerja yang dilakukukan. Pada tipe ini benda kerja diambil dari samping atau dengan kata lain proses pengambilan benda kerja dilakukan secara horizontal. Cara pengambilan benda kerja seperti

ini dipilih karena disesuaikan dengan kondisi tata letak dari mesin sehingga pengambilan benda kerja lebih mudah dilakukan

#### **2.1.4. A21 Machine**

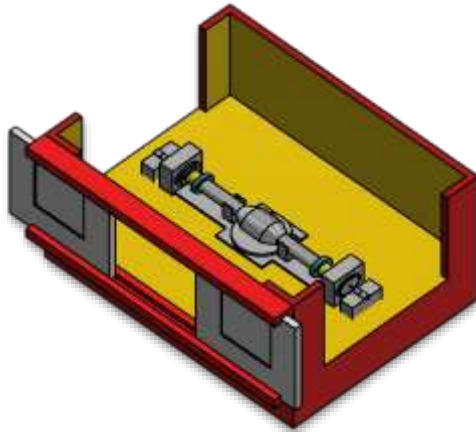


**Gambar 2. 6 A21 Machine**

Mesin A21 adalah mesin yang digunakan sebagai tempat proses pembersihan benda kerja menggunakan *air compressor* yang dilakukan secara manual oleh seorang operator mesin tersebut. proses pembersihan material ini dilakukan untuk membersihkan *bram* atau sisa-sisa sampah setelah sebelumnya dilakukan proses pengeboran pada bagian ujung-ujung material (*end housing*). Setelah material dibersihkan, kemudian operator akan menekan tombol *start* sehingga benda kerja akan masuk kedalam mesin yang nantinya akan di distribusikan oleh *autoloader*.

#### **2.1.5. B23 (Tapping Machine)**

*Tapping Machine* adalah sebuah mesin yang berfungsi untuk melakukan proses pembuatan ulir sebuah material atau benda kerja dimana benda kerja yang diproses pada plant ini adalah sebuah *housing* dari salah satu komponen yang ada pada sebuah mobil yaitu differential gear (Gardan). Proses pembuatan ulir dilakukan pada bagian *end housing* yang terletak di kedua ujung lengan dari benda kerja.



**Gambar 2. 7 Tapping Machine**

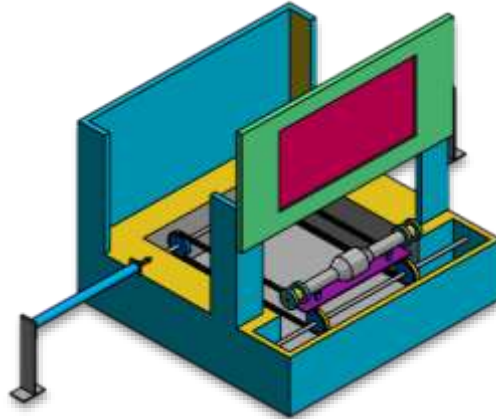
Proses ulir dilakukan pada empat buah titik di kedua ujung lengan dari *housing (end housing)*, dimana sebelumnya telah dilakukan proses permesinan yaitu pengeboran pada keempat titik tersebut. pada mesin ini proses pembuatan ulir dilakukan menggunakan 2 buah spindel yang berada di bagian kiri dan kanan dari material yang masing-masing di gerakan maju dan mundur menggunakan 2 buah silinder *pneumatic*. Proses yang terjadi pada mesin ini yaitu, silinder *pneumatic* akan membawa spindel bergerak maju menuju benda kerja dan secara bersamaan spindel akan berputar secara *clock wise (CW)*. Kemudian setelah silinder mencapai posisi maksimum maka silinder akan mundur dan kembali ke posisi awal bersamaan dengan spindel yang berputar secara *counter clock wise (CCW)*, dan proses pembuatan ulir pun selesai.

#### **2.1.6. C2 (Washing Machine)**

*Washing machine* adalah sebuah mesin yang berfungsi untuk melakukan pembersihan benda kerja dari sisa – sisa proses permesinan yang telah dilakukan sebelumnya pada mesin B23 (*tapping machine*). Pada *plant* ini mesin washing terletak di sebelah mesin tapping, artinya proses washing dilakukan setelah proses *tapping* selesai. Proses *washing* bekerja dengan cara menyemprotkan *coolent* bertekanan ke ruang di bagian dalam serta di bagian luar benda kerja. Untuk bagian dalam mesin di semprot melalui 2 buah silinder yang bekerja keluar masuk benda kerja melalui *end housing* yang membawa *nozzle* yang menyemprotkan air



bertekanan tersebut. sedangkan untuk bagian luar hanya menggunakan *nozzle* dengan posisi yang tetap pada mesin *washing*. Silinder yang bekerja keluar dan masuk ke bagian dalam material berlangsung sebanyak 10 kali agar dipastikan seluruh bagian dalam dari material sudah bersih tanpa adanya *bram* atau sampah sisa proses permesinan.



**Gambar 2. 8 Washing Machine**

Setelah proses tersebut selesai maka proses terakhir mesin ini adalah material akan disemprotkan dengan angin bertekanan selama beberapa detik agar material tersebut menjadi kering.

#### **2.1.7. Komponen Penunjang**

##### **1. Sensor**

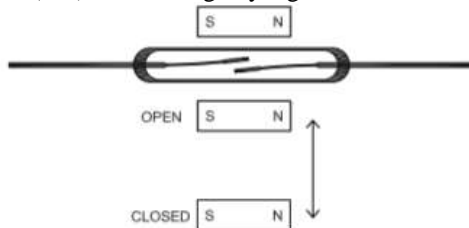
Sensor adalah sebuah komponen yang berfungsi untuk mengamati atau membaca keadaan lingkungan sekitarnya yang biasanya berupa fenomena fisik seperti temperatur, tekanan, perpindahan posisi suatu benda, pergerakan benda, dll. Sistem pembacaan sebuah sensor itu dapat melalui sistem mekanik, elektrik, elektromagnetik, dll. Kemudian sensor tersebut akan menghasilkan sebuah output sebuah informasi dari keadaan lingkungan yang diamatinya tadi kedalam bentuk sebuah besaran tertentu, pada sensor yang proportional sensor akan menghasilkan jenis sinyal keluaran yang sama dengan jenis sinyal yang ditangkap pada saat pembacaan, akan tetapi biasanya bentuk sinyal keluaran dari sebuah sensor perlu disesuaikan dengan bentuk sinyal yang dibutuhkan oleh

sebuah sistem yang akan menerima informasi tersebut, komponen yang digunakan untuk mengubah besaran tersebut adalah transducer.

Transducer adalah komponen yang sering digunakan bersamaan dengan penggunaan sensor karena mengingat kebutuhan sistem yang hanya dapat menerima suatu bentuk sinyal tertentu, contohnya pada sensor dengan pembacaan menggunakan sinyal elektrik analog, dengan berkembangnya ilmu dalam bidang sistem kontrol dari sistem kontrol analog ke sistem kontrol digital, maka sinyal pembacaan sensor perlu di ubah kedalam bentuk sinyal digital menggunakan ADC (Analog to digital converter). Jenis-jenis sensor berdasarkan fungsinya diantaranya adalah, *temperature sensor, pressure sensor, level sensor, magnetic sensor*, dll.

#### a. *Reed Switch*

*Reed switch* adalah sebuah sensor yang bekerja layaknya seperti sebuah kontak/switch yang bekerja dari *open-close* atau sebaliknya. Pada sensor *reed switch* biasanya menggunakan medan magnet sebagai proses aktuasinya dimana sensor dapat bekerja secara *Normaly Open* (NO) atau *Normaly Closed* (NC) sesuai dengan yang dibutuhkan.



**Gambar 2. 9** *Reed Switch*

Pada *NO mode*, ketika magnet didekatkan dengan *reed switch*, maka kontak *reed switch* akan berubah kondisi menjadi *close* artinya pisau dari *reed switch* akan terhubung, dan ketika magnet dijauhkan dari *reed switch*, maka *reed switch* akan berubah kondisi menjadi *open* yang artinya pisau *reed switch* akan terputus. Sedangkan untuk *NC mode*, *reed switch* akan bekerja sebaliknya. Jenis magnet yang biasanya digunakan untuk proses aktuasi pada *reed switch* adalah magnet permanen. Sensor *reed switch*

#### b. *Limit Switch*

*Limit Switch* adalah salah satu sensor elektrik yang bekerja layaknya seperti kontak atau *switch*, pengaktifan kontak dari *limit switch* dilakukan secara mekanis yaitu dengan penekanan pada permukaan tuas dari *limit switch* tersebut. *Limit switch* secara umum dapat bekerja secara *Normaly Open* (NO) dan juga *Normaly Close* (NC). Dalam mode NO, ketika tuas dari *limit switch* ditekan, maka akan terjadi perubahan kondisi pada *switch* yang berada di dalamnya dari NO menjadi NC, begitupun sebaliknya untuk mode NC.



**Gambar 2. 10** *Limit Switch*

Sensor *limit switch* sangat umum digunakan karena kemudahan dalam penggunaannya dan juga kemudahan dalam melakukan *setting* posisi untuk menyesuaikan dengan kondisi kerjanya.

## **2. Aktuator**

Actuator adalah sebuah komponen penggerak yang berfungsi untuk mengubah suatu sinyal perintah yang diterima dalam suatu bentuk energi (biasanya berbentuk sinyal elektrik) menjadi sebuah gerakan fisik yang kemudian akan diteruskan ke sebuah *plant* dari suatu sistem melalui komponen – komponen transmisi seperti *couple*, *rack and pinion*, *gear*, *pulley and belt*, dll.

Secara umum terdapat beberapa jenis aktuator diantaranya yaitu *electric actuator*, *electromechanical actuator*, *electromagnetic*, dan *pneumatic and hydrolic actuator*. Berikut adalah beberapa contoh aktuator:

- *Electric Actuator* : MOSFET, transistor, dioda.
- *Electromechanical Actuator* : DC Motor, *stepper motor*, AC Motor, Solenoid, relay.
- *Hydraulic and Pneumatic Actuator* : *Rotary motor*, linier piston/silinder.

### **a. Motor Induksi 3 Fasa**

Motor Induksi 3 fasa adalah salah satu jenis motor induksi yang bekerja dengan tegangan *Alternating Current* (AC) 3 fasa. Motor induksi 3 fasa bekerja berdasarkan tegangan yang terinduksi dari kumparan stator ke kumparan rotor. Karena sumber yang digunakan adalah AC dan dialirkan didalam kumparan stator maka kumparan stator akan menghasilkan medan putar, kemudian medan putar stator akan memotong konduktor yang terdapat pada rotor sehingga akan timbul tegangan induksi pada rotor. Karena kumparan rotor adalah suatu rangkaian yang tertutup, maka akan muncul arus dan adanya arus dalam sebuah medan magnet akan menghasilkan gaya yang akan menggerakkan rotor sehingga berputar.

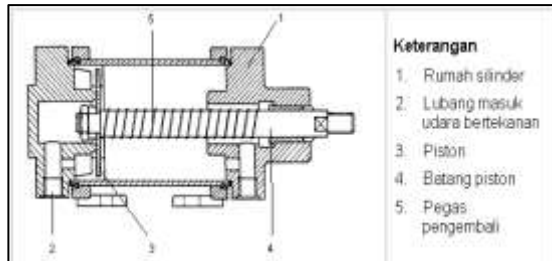


**Gambar 2. 11 Motor Induksi**

Motor induksi 3 fasa sangat banyak digunakan di industri-industri yang bekerja di berbagai bidang baik itu manufaktur, makanan, tekstil, dan lain-lain, karena kemampuannya yang besar, tidak terjadi kontak antara stator dan rotor sehingga biaya perawatannya juga lebih murah. Akan tetapi terdapat kelemahan dalam penggunaan motor induksi, yaitu dalam hal pengaturan kecepatannya yang sulit dilakukan.

#### **b. Silinder Pneumatik**

Silinder pneumatik adalah salah satu jenis aktuator yang bekerja dengan *supply* angin bertekanan yang digunakan untuk menggerakkan batang dari silinder baik maju maupun mundur. Terdapat beberapa bagian utama pada sebuah silinder pneumatic, diantaranya adalah *piston rod*, *piston*, *inlet*, *outlet*, dan rumah silinder.



**Gambar 2. 12 Silinder Pneumatik**

Untuk menggerakkan piston dari silinder pneumatik yaitu dengan cara memberikan *supply* angin bertekanan kebagian saluran inlet dari silinder, kemudian angin bertekanan tersebut akan menekan ke bagian permukaan piston sehingga piston akan bergerak maju ataupun mundur sesuai kemana suplai angin bertekanan diberikan. Biasanya penggunaan silinder pneumatik ini diikutkan dengan penggunaan valve atau solenoid.

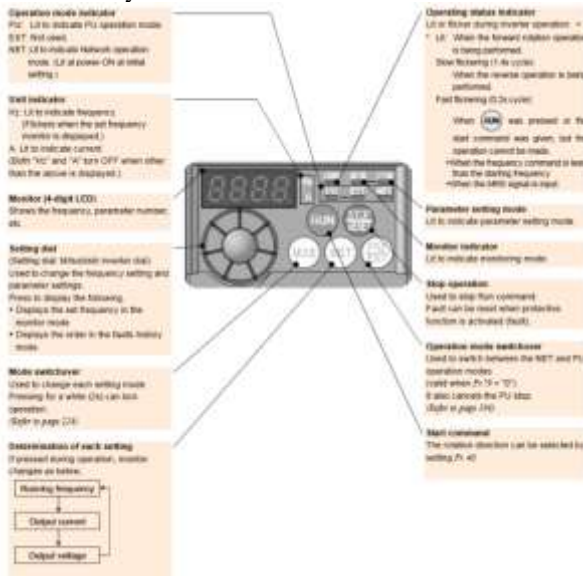
**c. Inverter FR-E700 Mitsubishi**



**Gambar 2. 13 Inverter Mitsubishi**

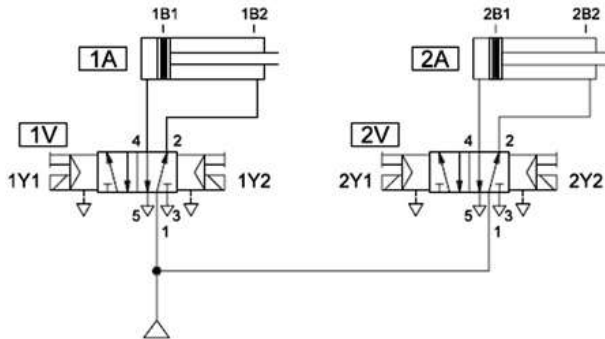
Inverter FR-E700 Mitsubishi adalah salah satu jenis inverter keluaran dari Mitsubishi yang digunakan untuk mengendalikan motor induksi 3 fasa. Inverter ini dapat dipasang menggunakan tegangan AC 1 fasa 220 volt atau AC 3 fasa 380 volt. Diantara parameter yang dapat dikendalikan oleh inverter ini yaitu kecepatan motor (*high speed, middle speed, and low speed*), arah putaran motor, percepatan motor, perlambatan motor, *torque boost* dll. Pengaturan parameter-parameter tersebut dapat dilakukan dengan 2 cara yang pertama dengan melakukan

setting langsung pada inverter, yang kedua dengan menggunakan perintah dari luar, seperti dari PLC atau computer. Untuk pengaturan langsung pada inverter dapat melalui tampilan dan tombol pada inverter seperti pada gambar 2.14, dan list parameter-parameter apa saja yang bias diatur secara lengkap akan dilampirkan pada bagian lampiran. Dengan adanya inverter ini akan lebih memudahkan pengguna dalam melakukan pengaturan parameter-parameter dari sebuah motor induksi 3 fasa dan sangat cocok digunakan di industry.



Gambar 2. 14 Inverter Panel

#### d. Solenoid 5/2-way Bistabil



Gambar 2. 15 Solenoid 5/2 Bistabil

Solenoid 5/2 adalah sebuah valve yang digunakan untuk mengontrol pergerakan dari sebuah silinder pneumatik *double acting cylinder*. Solenoid 5/2 memiliki 5 buah *ports* dan 2 buah *valve position*. 5 buah port tersebut digunakan sebagai saluran masuk dan keluarnya angin bertekanan, sedangkan kedua buah *valve* digunakan untuk menentukan arah pergerakan silinder baik maju ataupun mundur. Perbedaan solenoid 5/2 dengan katup 5/2 biasa terletak pada proses pergeseran katupnya. Pada solenoid 5/2, pergeseran katup dilakukan dengan menggunakan sinyal elektrik sedangkan pada *valve* 5/2 biasa pergeseran katup dilakukan dengan menggunakan angin bertekanan.

## 2.2. PLC Omron CP1E-

PLC Omron CP1E adalah salah satu jenis perangkat keras (*Programmable Logic Controller*) PLC yang dikeluarkan oleh Omron *Industrial Automation*. Perangkat PLC adalah salah satu perangkat kontroler yang biasa digunakan di dunia industri karena keandalan dan ketahanannya terhadap kondisi disekitar lingkungan industri. Kondisi di lingkungan industri biasanya identik dengan banyaknya kebisingan, suhu yang panas, serta lingkungan yang kurang bersih, sehingga kontroler jenis PLC lebih sering digunakan dibandingkan dengan jenis kontroler lain seperti mikrokontroler dll.



**Gambar 2. 16 PLC Omron CP1E**

PLC tipe ini memiliki fitur yang banyak dari segi kemudahan dalam penggunaan *software* (*CX-Programmer*) maupun kemampuannya untuk mengontrol berbagai macam perangkat seperti motor servo, motor DC, control PID dll. PLC CP1E menggunakan high-speed USB untuk *peripheral port* dan menggunakan kabel USB sebagai konektor untuk mentransfer program dari PC ke perangkat PLC tanpa perlu menggunakan konversi kabel atau special kabel sehingga koneksi lebih mudah dan lebih minim biaya.

Selain itu PLC tipe ini juga dapat dihubungkan dengan perangkat *Human Machine Interface* (HMI) tipe Omron maupun selainnya. Komunikasi yang digunakan dalam penggunaan HMI dengan PLC yaitu menggunakan komunikasi serial RS232, yang terdapat pada perangkat PLC dan kemudian dihubungkan langsung dengan HMI.

### **2.3. HMI (*Human Machine Interface*)**

*Human Machine Interface* (HMI) adalah salah satu perangkat antarmuka yang digunakan untuk mengamati atau mengontrol suatu sistem baik secara *real time* maupun tidak. HMI digunakan untuk agar memudahkan interaksi antara manusia sebagai operator dengan mesin yang akan diamati atau dikontrol, sehingga proses dari suatu sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.





**Gambar 2. 17 Human Machine Interface (HMI)**

HMI biasa digunakan di dunia industri untuk mengamati proses mesin yang sedang berjalan dan juga mengamati pencapaian target dari proses mesin tersebut. HMI mencakup perangkat keras dan perangkat lunak, perangkat keras digunakan sebagai komunikasi langsung antara manusia dengan mesin sedangkan perangkat lunak digunakan untuk melakukan membuat program yang kemudian program tersebut akan ditransfer pada perangkat keras HMI.

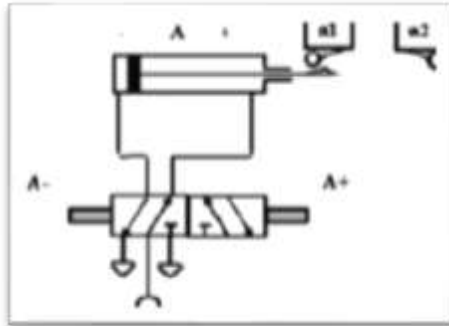
#### **2.4. Metode Cascade**

Istilah *cascade* banyak digunakan dalam menyelesaikan atau mengurutkan suatu permasalahan yang saling bertumpuk atau konflik. *Cascade* atau *cascading* adalah proses mengurutkan runtutan permasalahan yang ada berdasarkan waktu. Metode ini banyak sekali digunakan termasuk pada proses pembuatan program ladder PLC. Metode ini biasa digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan yang tidak bisa dilakukan secara intuitif. Dalam permodelan suatu *plant* digunakan istilah – istilah untuk mendefinisikan setiap proses yang muncul secara berurutan seperti A+ A- B+ B- dan sebagainya. Selanjutnya, tiap – tiap proses yang telah terdefinisi tersebut diurutkan dalam sebuah *time chart* dan menganalisa kemungkinan konflik yang akan muncul disebabkan oleh dua atau lebih proses yang saling bertemu di waktu yang sama.

### 2.4.1. Aturan Metode Cascade

1. Grup baru akan dibuat dan aktif bila perlu untuk merubah sekuent sinyal output(dari ON ke OFF atau sebaliknya, ekstend ke retract atau sebaliknya) pada aktuator yang sama.
2. Sinyal output akan aktif selama relay grup aktif.
3. Dalam satu grup tidak diperbolehkan sinyal Output berubah(dari ON ke OFF atau sebaliknya, ekstend ke retract atau sebaliknya) pada aktuator yang sama.

### 2.4.2. Cara Pembagian Grup



1. Dalam metode ini, urutan (A, B, C, D) dibagi menjadi grup- grup berdasarkan aturan.
2. Aturan : grup baru akan dibuat dan aktif bila perlu untuk merubah sinyal output urutan (A+ ke A- atau sebaliknya/B+ ke B- atau sebaliknya/C+ ke C- atau sebaliknya/D+ ke D- atau sebaliknya)
3. Dengan kata lain output akan aktif selama grupnya aktif
4. Misal : START, A+, B+, C+, C-, A-, D+, A+, D-, B-, A-
5. Asumsikan setiap silinder X digerakan oleh DCV pneumatik 5/2 dengan dua solenoid masing-masing berlabel X+ dan X-. Selenoid X+ harus aktif ketika silinder X bergerak maju. Jika dibalik maka sinyal control berlawanan dengan gerakan.
6. Memakai aturan sebelumnya maka didapatkan 4 grup.

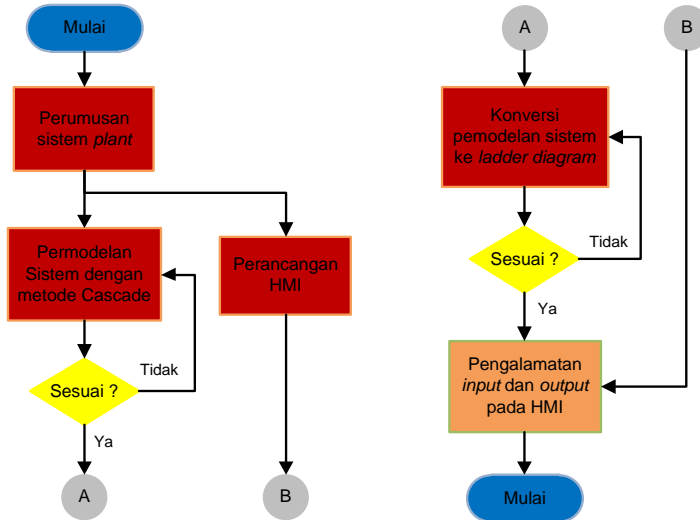
### **2.4.3. Langkah-Langkah Perancangan Dengan Metode Cascade**

1. Deskripsi dari sistem
2. Membagi urutan operasi dari sistem berdasarkan grup
3. Tentukan urutan operasi dari sistem
4. Penugasan input dan output dari sistem
5. Membuat switching function
6. Membuat ladder diagram
7. Simulasi ladder diagram, bila ada bug balik ke langkah 2, bila tidak lanjut langkah berikutnya
8. Implementasi ke sistem

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB III PERANCANGAN SISTEM

Perancangan desain *ladder diagram* pada *tapping and washing machine autoloader plant* menggunakan metode *Cascade*. Pada tahap pemodelan sistem dan perancangan desain *ladder diagram* perlu diketahui alur proses pada sistem *plant*, baik syarat yang dibutuhkan maupun keluaran yang dihasilkan. Terdapat tahapan yang dilakukan untuk merancang desain *ladder diagram* yang digambarkan pada gambar 3.1.



**Gambar 3. 1** Tahapan perancangan sistem

### 3.1 Perumusan Sistem Plant

*Tapping and washing machine autoloader plant* merupakan *plant* yang memiliki dua buah permesinan dengan sistem *autoloader*, dimana *autoloader* berfungsi untuk memindahkan benda kerja (gardan) dari mesin ke mesin maupun ke titik akhir sistem. Dalam tahap perancangan sistem *plant*, perlu dipahami alur proses otomasi *plant* dari awal hingga akhir. Setiap proses tentunya memiliki syarat yang harus terpenuhi untuk dapat menghasilkan proses sesuai dengan yang diinginkan. Oleh karena

itu perlu diketahui komponen *input* dan *output* yang digunakan pada *plant*.

**Tabel 3. 1**Daftar komponen *input* sistem *plant*

No.	Nama	Tipe	Keterangan
1	Tombol <i>Start</i>	<i>Push Button</i>	Memulai proses <i>plant</i>
2	Tombol <i>Stop</i>	<i>Push Button</i>	Menghentikan proses <i>plant</i>
3	<i>Ejector A21 Ret</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi <i>ejector A21</i> berada di posisi minimum
4	<i>Ejector A21 Adv</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi <i>ejector A21</i> berada di posisi maksimum
5	<i>Gantry 1 Up</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi <i>autoloader 1</i> berada di posisi atas
6	<i>Gantry 1 Down</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi <i>autoloader 1</i> berada di posisi bawah
7	<i>Gantry 1 Unclamp Rh</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi tangan kanan <i>autoloader 1</i> tidak mencekam
8	<i>Gantry 1 Clamp Rh</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi tangan kanan <i>autoloader 1</i> sedang mencekam
9	<i>Gantry 1 Unclamp Lh</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi tangan kiri <i>autoloader 1</i> tidak mencekam
10	<i>Gantry 1 Clamp Lh</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi tangan kiri <i>autoloader 1</i> sedang mencekam
11	<i>Loading Pos A21 Rear</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader 1</i> berada di <i>loading post A21</i>
12	<i>Slow Down A21 Rear</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader 1</i> berada di <i>slow down A21</i>
13	<i>Slow Waiting A21 Rear</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader 1</i> berada di <i>slow waiting post</i>
14	<i>Waiting A21 – B23</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader 1</i> berada di <i>waiting post</i>
15	<i>Slow Down B23 Front</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader 1</i> berada di <i>slow down B23</i>
16	<i>Loading Post B23 Front</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader 1</i> berada di <i>loading post B23</i>

No.	Nama	Tipe	Kegunaan
17	Sensor BK B23	<i>Limit Switch</i>	Indikasi adanya benda kerja di mesin B23
18	<i>B23 Door Opened</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi pintu B23 terbuka
19	<i>B23 Door Closed</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi pintu B23 tertutup
20	<i>B23 Unclamp Rh</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi tangan kanan mesin B23 sedang tidak mencekam
21	<i>B23 Clamp Rh</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi tangan kanan mesin B23 sedang mencekam
22	<i>B23 Unclamp Lh</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi tangan kiri mesin B23 sedang tidak mencekam
23	<i>B23 Clamp Lh</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi tangan kiri mesin B23 sedang mencekam
24	<i>B23 Cylinder Rh Ret</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi silinder kanan B23 berada di posisi minimum
25	<i>B23 Cylinder Rh Adv</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi silinder kanan B23 berada di posisi maksimum
26	<i>B23 Cylinder Lh Ret</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi silinder kiri B23 berada di posisi minimum
27	<i>B23 Cylinder Lh Adv</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi silinder kiri B23 berada di posisi maksimum
28	<i>Gantry 2 Up</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi <i>autoloader</i> 2 berada di posisi atas
29	<i>Gantry 2 Down</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi <i>autoloader</i> 2 berada di posisi bawah
30	<i>Gantry 2 Unclamp Rh</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi tangan kanan <i>autoloader</i> 2 tidak mencekam
31	<i>Gantry 2 Clamp Rh</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi tangan kanan <i>autoloader</i> 2 sedang mencekam
32	<i>Gantry 2 Unclamp Lh</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi tangan kiri <i>autoloader</i> 2 tidak mencekam
33	<i>Gantry 2 Clamp Lh</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi tangan kiri <i>autoloader</i> 2 sedang mencekam

No.	Nama	Tipe	Kegunaan
34	<i>Loading Post B23 Rear</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader</i> 2 berada di <i>loading post</i> B23
35	<i>Slow Down B23 Rear</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader</i> 2 berada di <i>slow down</i> B23
36	<i>Slow Waiting B23 Rear</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader</i> 2 berada di <i>slow waiting post</i> B23
37	<i>Waiting B23 – C2</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader</i> 2 berada di <i>home post / waiting post</i>
38	<i>Slow Waiting C2 Front</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader</i> 2 berada di <i>slow waiting post</i> C2
39	<i>Slow Down C2 Front</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader</i> 2 berada di <i>slow down</i> C2
40	<i>Loading Post C2 Front</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader</i> 2 berada di <i>loading post</i> C2
41	<i>C2 Loading Pos</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>v-block</i> C2 berada di <i>loading post</i>
42	<i>C2 Slow Down Loading Pos</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>v-block</i> C2 berada di <i>slow down loading post</i>
43	<i>C2 Slow Down Execution Pos</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>v-block</i> C2 berada di <i>slow down execution post</i>
44	<i>C2 Execution Pos</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>v-block</i> C2 berada di <i>execution post</i>
45	<i>C2 Door Opened</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi pintu C2 terbuka
46	<i>C2 Door Closed</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi pintu C2 tertutup
47	<i>C2 Cylinder Rh Ret</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi silinder kanan C2 berada di posisi minimum
48	<i>C2 Cylinder Rh Adv</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi silinder kanan C2 berada di posisi maksimum
49	<i>C2 Cylinder Lh Ret</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi silinder kiri C2 berada di posisi minimum
50	<i>C2 Cylinder Lh Adv</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi silinder kiri C2 berada di posisi maksimum



<b>No.</b>	<b>Nama</b>	<b>Tipe</b>	<b>Kegunaan</b>
51	<i>Gantry 3 Up</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi <i>autoloader 3</i> berada di posisi atas
52	<i>Gantry 3 Down</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi <i>autoloader 3</i> berada di posisi bawah
53	<i>Gantry 3 Unclamp Rh</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi tangan kanan <i>autoloader 3</i> tidak mencekam
54	<i>Gantry 3 Clamp Rh</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi tangan kanan <i>autoloader 3</i> sedang mencekam
55	<i>Gantry 3 Unclamp Lh</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi tangan kiri <i>autoloader 3</i> tidak mencekam
56	<i>Gantry 3 Clamp Lh</i>	<i>Reed Switch</i>	Indikasi tangan kiri <i>autoloader 3</i> sedang mencekam
57	<i>Loading Pos C2 Rear</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader 3</i> berada di <i>loading post C2</i>
58	<i>Slow Down C2 Rear</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader 3</i> berada di <i>slow down C2</i>
59	<i>Waiting C2 – Conveyor</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader 3</i> berada di <i>home post / waiting post</i>
60	<i>Slow Waiting C2 Rear</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader 3</i> berada di <i>slow waiting post</i>
61	<i>Slow Load to Conveyor</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader 3</i> berada di <i>slow load conveyor</i>
62	<i>Load to Conveyor</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader 3</i> berada di <i>loading post conveyor</i>
63	<i>Safe Position Gantry 3</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>autoloader 3</i> berada di <i>safe position</i>
64	<i>Conveyor Loading Pos</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>conveyor</i> berada di <i>loading post</i>
65	<i>Conveyor Slow Down Load</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>conveyor</i> berada di <i>slow down loading post</i>
66	<i>Conveyor Slow Down End</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>conveyor</i> berada di <i>slow down end post</i>
67	<i>Conveyor End Pos</i>	<i>Limit Switch</i>	Indikasi <i>conveyor</i> berada di <i>end post</i>

No.	Nama	Tipe	Kegunaan
68	<i>PB Conveyor Back</i>	<i>Push Button</i>	Mengjalankan <i>conveyor</i> untuk kembali ke <i>loading post</i>

**Tabel 3. 2**Daftar komponen *output* sistem *plant*

No.	Nama	Tipe	Keterangan
1	<i>Ejector A21 Ret</i>	<i>Solenoid</i>	Menggerakkan <i>ejector</i> A21 mundur ke posisi minimum
2	<i>Ejector A21 Adv</i>	<i>Solenoid</i>	Menggerakkan <i>ejector</i> A21 maju ke posisi maksimum
3	<i>Gantry 1 Clamp</i>	<i>Solenoid</i>	<i>Autoloader</i> 1 mencekam benda kerja
4	<i>Gantry 1 Unclamp</i>	<i>Solenoid</i>	<i>Autoloader</i> 1 melepas pencekaman benda kerja
5	<i>Gantry 1 Up</i>	<i>Solenoid</i>	Menggerakkan <i>autoloader</i> 1 ke posisi atas
6	<i>Gantry 1 Down</i>	<i>Solenoid</i>	Menggerakkan <i>autoloader</i> 1 ke posisi bawah
7	<i>Gantry 1 Forward with Medium Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarkan motor induksi <i>autoloader</i> 1 searah jarum jam dengan kecepatan menengah
8	<i>Gantry 1 Forward with Low Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarkan motor induksi <i>autoloader</i> 1 searah jarum jam dengan kecepatan rendah
9	<i>Gantry 1 Reverse with Medium Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarkan motor induksi <i>autoloader</i> 1 berlawanan jarum jam dengan kecepatan menengah
10	<i>Gantry 1 Reverse with Low Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarkan motor induksi <i>autoloader</i> 1 berlawanan jarum jam dengan kecepatan rendah
11	<i>Close B23 Door</i>	<i>Solenoid</i>	Menutup pintu mesin B23
12	<i>Open B23 Door</i>	<i>Solenoid</i>	Membuka pintu mesin B23

No.	Nama	Tipe	Kegunaan
13	B23 <i>Clamp</i>	<i>Solenoid</i>	Mesin B23 mencekam benda kerja
14	B23 <i>Unclamp</i>	<i>Solenoid</i>	Mesin B23 melepas pengekaman benda kerja
15	B23 <i>Cylinder Forward</i>	<i>Solenoid</i>	Menggerakkan silinder <i>tapping</i> maju ke posisi maksimum
16	B23 <i>Cylinder Reverse</i>	<i>Solenoid</i>	Menggerakkan silinder <i>tapping</i> mundur ke posisi minimum
17	CW B23 <i>Spindle</i>	<i>Motor</i>	Memutarakan <i>spindle tapping</i> searah jarum jam
18	CCW B23 <i>Spindle</i>	<i>Motor</i>	Memutarakan <i>spindle tapping</i> berlawanan arah jarum jam
19	<i>Gantry 2 Clamp</i>	<i>Solenoid</i>	<i>Autoloader 2</i> mencekam benda kerja
20	<i>Gantry 2 Unclamp</i>	<i>Solenoid</i>	<i>Autoloader 2</i> melepas pengekaman benda kerja
21	<i>Gantry 2 Up</i>	<i>Solenoid</i>	Menggerakkan <i>autoloader 2</i> ke posisi atas
22	<i>Gantry 2 Down</i>	<i>Solenoid</i>	Menggerakkan <i>autoloader 2</i> ke posisi bawah
23	<i>Gantry 2 Forward with Medium Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarakan motor induksi <i>autoloader 2</i> searah jarum jam dengan kecepatan menengah
24	<i>Gantry 2 Forward with Low Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarakan motor induksi <i>autoloader 2</i> searah jarum jam dengan kecepatan rendah
25	<i>Gantry 2 Reverse with Medium Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarakan motor induksi <i>autoloader 2</i> berlawanan jarum jam dengan kecepatan menengah
26	<i>Gantry 2 Reverse with Low Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarakan motor induksi <i>autoloader 2</i> berlawanan jarum jam dengan kecepatan rendah
27	C2 <i>Air High Pressure</i>	Kompresor	Mengaktifkan kompresor bertekanan tinggi

No.	Nama	Tipe	Kegunaan
28	<i>Close C2 Door</i>	<i>Solenoid</i>	Menutup pintu mesin C2
29	<i>Open C2 Door</i>	<i>Solenoid</i>	Membuka pintu mesin C2
30	<i>C2 Reverse with Medium Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarkan motor induksi <i>v-block</i> mesin C2 berlawanan jarum jam dengan kecepatan menengah
31	<i>C2 Reverse with Low Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarkan motor induksi <i>v-block</i> mesin C2 berlawanan jarum jam dengan kecepatan rendah
32	<i>C2 Forward with Medium Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarkan motor induksi <i>v-block</i> mesin C2 searah jarum jam dengan kecepatan menengah
33	<i>C2 Forward with Low Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarkan motor induksi <i>v-block</i> mesin C2 searah jarum jam dengan kecepatan rendah
34	<i>C2 Coolant High Pressure</i>	Motor Pompa	Mengalirkan <i>coolant</i> bertekanan tinggi pada mesin C2
35	<i>C2 Cylinder Forward</i>	<i>Solenoid</i>	Menggerakkan silinder <i>washing</i> maju ke posisi maksimum
36	<i>C2 Cylinder Reverse</i>	<i>Solenoid</i>	Menggerakkan silinder <i>washing</i> mundur ke posisi minimum
37	<i>Gantry 3 Clamp</i>	<i>Solenoid</i>	<i>Autoloader</i> 3 mencekam benda kerja
38	<i>Gantry 3 Unclamp</i>	<i>Solenoid</i>	<i>Autoloader</i> 3 melepas pencekaman benda kerja
39	<i>Gantry 3 Up</i>	<i>Solenoid</i>	Menggerakkan <i>autoloader</i> 3 ke posisi atas
40	<i>Gantry 3 Down</i>	<i>Solenoid</i>	Menggerakkan <i>autoloader</i> 3 ke posisi bawah
41	<i>Gantry 3 Forward with Medium Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarkan motor induksi <i>autoloader</i> 3 searah jarum jam dengan kecepatan menengah
42	<i>Gantry 3 Forward with Low Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarkan motor induksi <i>autoloader</i> 3 searah jarum jam dengan kecepatan rendah

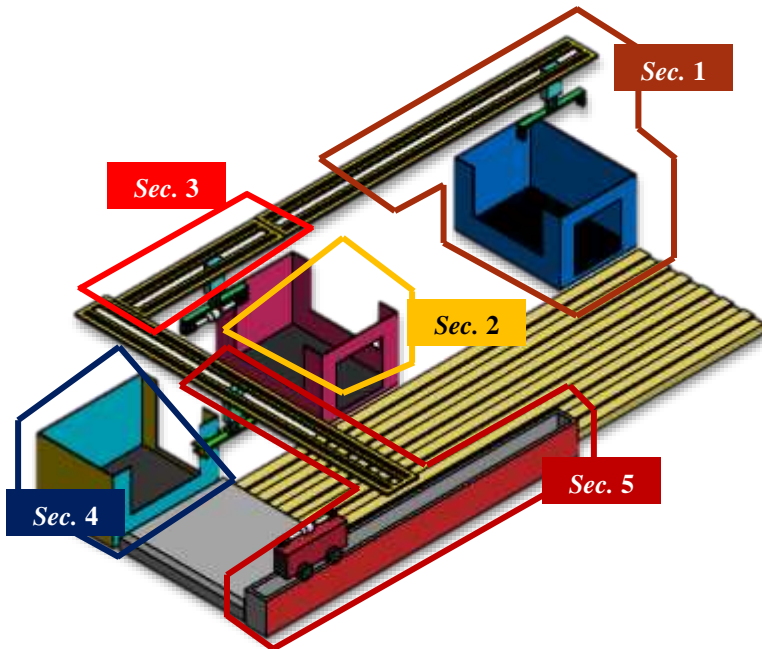
No.	Nama	Tipe	Kegunaan
43	<i>Gantry 3 Reverse with Medium Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarkan motor induksi <i>autoloader 3</i> berlawanan jarum jam dengan kecepatan menengah
44	<i>Gantry 3 Reverse with Low Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarkan motor induksi <i>autoloader 3</i> berlawanan jarum jam dengan kecepatan rendah
45	<i>Conveyor Forward with Medium Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarkan motor induksi <i>conveyor</i> searah jarum jam dengan kecepatan menengah
46	<i>Conveyor Forward with Low Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarkan motor induksi <i>conveyor</i> searah jarum jam dengan kecepatan rendah
47	<i>Conveyor Reverse with Medium Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarkan motor induksi <i>conveyor</i> berlawanan jarum jam dengan kecepatan menengah
48	<i>Conveyor Reverse with Low Speed</i>	<i>Inverter</i>	Memutarkan motor induksi <i>conveyor</i> berlawanan jarum jam dengan kecepatan rendah

Proses sistem pada *plant* mudah dipahami setelah komponen *input* dan *output* telah diketahui. Proses yang terjadi pada *plant* ini begitu banyak. Untuk memudahkan tahap perancangan sistem, proses yang terjadi pada *plant* dikelompokkan menjadi beberapa bagian proses. Bagian-bagian ini dapat disebut sebagai *section*.

**Tabel 3. 3**Daftar pengelompokan proses menjadi lima *section*

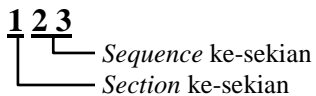
No.	Section	Sub Sistem / Mesin
1	<i>Section 1</i>	Mesin A21
		<i>Autoloader 1</i>
2	<i>Section 2</i>	Mesin B23 ( <i>Tapping</i> )
3	<i>Section 3</i>	<i>Autoloader 2</i>
4	<i>Section 4</i>	Mesin C2 ( <i>Washing</i> )

No.	Section	Sub Sistem / Mesin
5	Section 5	Autoloader 3
		Conveyor



**Gambar 3. 2** Pembagian *section* pada perancangan sistem

Langkah kerja sistem dijelaskan pada tabel 3.4 yang merupakan langkah kerja keseluruhan proses sistem. Selain itu, pada tabel 3.4 terdapat kolom *sequence* yang merupakan urutan proses sistem dan memiliki kode dengan keterangan sebagai berikut.



**Tabel 3. 4**Langkah kerja sistem

No.	Sequence	Proses	Output	Syarat
1	101	<i>Ejector A21 mundur ke posisi minimum</i>	<i>Solenoid ejector A21 ret aktif</i>	Tombol <i>Start</i> aktif
2	102	<i>Autoloader 1 turun</i>	<i>Solenoid gantry 1 down aktif</i>	RS <i>ejector A21 ret</i> aktif
3	103	<i>Autoloader 1 mencekam benda kerja</i>	<i>Solenoid gantry 1 clamp aktif</i>	RS <i>gantry 1 down</i> aktif
4	104	<i>Autoloader 1 naik</i>	<i>Solenoid gantry 1 up aktif</i>	RS <i>gantry 1 clamp Rh</i> aktif
				RS <i>gantry 1 clamp Lh</i> aktif
5	<i>Ejback</i>	<i>Ejector A21 maju ke posisi maksimum</i>	<i>Solenoid ejector A21 adv aktif</i>	RS <i>gantry 1 up</i> aktif
	105 atau 105a1	<i>Autoloader 1 maju dengan kecepatan menengah</i>	<i>Inverter gantry 1 forward with medium speed aktif</i>	
6	105a2	<i>Autoloader 1 maju dengan kecepatan rendah</i>	<i>Inverter gantry 1 forward with low speed aktif</i>	LS sensor BK B23 aktif
				LS <i>slow waiting A21 rear</i> aktif
7	105w	<i>Autoloader 1 berhenti di waiting post</i>	-	LS <i>waiting A21 – B23</i> aktif
				LS sensor BK B23 aktif
8	105wa	<i>Autoloader 1 maju dari waiting post, dengan kecepatan menengah</i>	<i>Inverter gantry 1 forward with medium speed aktif</i>	LS <i>loading post B23 rear</i> tidak aktif
				LS sensor BK B23 tidak aktif

No.	Sequence	Proses	Output	Syarat
9	106	Autoloader 1 maju dengan kecepatan rendah	Inverter gantry 1 forward with low speed aktif	LS slow down B23 front aktif
10	107	Autoloader 1 turun	Solenoid gantry 1 down aktif	LS loading post B23 front aktif
11	108	Autoloader 1 melepas pencekaman benda kerja	Solenoid gantry 1 unclamp aktif	RS gantry 1 down aktif
12	109	Autoloader 1 naik	Solenoid gantry 1 up aktif	RS gantry 1 unclamp Rh aktif
				RS gantry 1 unclamp Lh aktif
13	110	Autoloader 1 mundur dengan kecepatan menengah	Inverter gantry 1 reverse with medium speed aktif	RS gantry 1 up aktif
	201	Pintu mesin B23 menutup	Solenoid close B23 door aktif	
14	111	Autoloader 1 mundur sampai ke loading post A21 dengan kecepatan rendah	Inverter gantry 1 reverse with low speed aktif	LS slow down A21 rear aktif
15	202	Dudukan BK mesin B23 mencekam benda kerja	Solenoid B23 clamp aktif	RS B23 door closed
16	203	Silinder kanan proses tapping maju	Solenoid B23 cylinder forward aktif	RS B23 clamp Rh aktif
		Silinder kiri proses tapping maju		RS B23 clamp Lh aktif



No.	Sequence	Proses	Output	Syarat
16	203	Motor <i>spindle</i> silinder kanan proses <i>tapping</i> berputar <i>clock wised</i>	Motor <i>spindle</i> B23 CW aktif	RS B23 <i>clamp</i> Rh aktif
		Motor <i>spindle</i> silinder kiri proses <i>tapping</i> berputar <i>clock wised</i>		RS B23 <i>clamp</i> Lh aktif
17	204	Silinder kanan proses <i>tapping</i> mundur	Solenoid B23 <i>cylinder forward</i> aktif	RS B23 <i>cylinder</i> Rh <i>adv</i> aktif
		Silinder kiri proses <i>tapping</i> mundur		
		Motor <i>spindle</i> silinder kanan proses <i>tapping</i> berputar <i>counter clock wised</i>	Motor <i>spindle</i> B23 CCW aktif	RS B23 <i>cylinder</i> Lh <i>adv</i> aktif
		Motor <i>spindle</i> silinder kiri proses <i>tapping</i> berputar <i>counter clock wised</i>		
18	205	Dudukan BK mesin B23 melepas pencekaman benda kerja	Solenoid B23 <i>unclamp</i> aktif	RS B23 <i>cylinder</i> Rh <i>ret</i> aktif
				RS B23 <i>cylinder</i> Lh <i>ret</i> aktif
19	206	Pintu mesin B23 terbuka	Solenoid <i>open</i> B23 <i>door</i> aktif	RS B23 <i>unclamp</i> Rh aktif
				RS B23 <i>unclamp</i> Lh aktif

No.	Sequence	Proses	Output	Syarat
20	301	<i>Autoloader 2</i> mundur dengan kecepatan menengah	<i>Inverter gantry 2 reverse with medium speed</i> aktif	RS B23 door opened aktif
21	302	<i>Autoloader 2</i> mundur dengan kecepatan rendah	<i>Inverter gantry 2 reverse with low speed</i> aktif	LS slow down B23 rear aktif
22	303	<i>Autoloader 2</i> turun	<i>Solenoid gantry 2 down</i> aktif	LS loading post B23 rear aktif
23	304	<i>Autoloader 2</i> mencekam benda kerja	<i>Solenoid gantry 2 clamp</i> aktif	RS gantry 2 down aktif
24	305	<i>Autoloader 2</i> naik	<i>Solenoid gantry 2 up</i> aktif	RS gantry 2 clamp Rh aktif
				RS gantry 2 clamp Lh aktif
25	306 atau 306a1	<i>Autoloader 2</i> maju dengan kecepatan menengah	<i>Inverter gantry 2 forward with medium speed</i> aktif	RS gantry 2 up aktif
26	306a2	<i>Autoloader 2</i> maju dengan kecepatan rendah	<i>Inverter gantry 2 forward with low speed</i> aktif	Mesin C2 sedang berproses
				LS slow waiting B23 rear aktif
27	306w	<i>Autoloader 2</i> berhenti di <i>waiting post</i>	-	Mesin C2 sedang berproses
				LS waiting B23 – C2 aktif

No.	Sequence	Proses	Output	Syarat
28	306wa	Autoloader 2 maju dari <i>waiting post</i> , dengan kecepatan menengah	Inverter gantry 2 forward with <i>medium speed</i> aktif	Mesin C2 sedang tidak berproses
				LS loading post C2 rear tidak aktif
29	307	Autoloader 2 maju dengan kecepatan rendah	Inverter gantry 2 forward with <i>low speed</i> aktif	LS slow down C2 front aktif
30	308	Autoloader 2 turun	Solenoid gantry 2 down aktif	LS loading post C2 front aktif
31	309	Autoloader 2 melepas pengekaman benda kerja	Solenoid gantry 2 unclamp aktif	RS gantry 2 down aktif
32	310	Autoloader 2 naik	Solenoid gantry 2 up aktif	RS gantry 2 unclamp Rh aktif
				RS gantry 2 unclamp Lh aktif
33	311	Autoloader 2 mundur dengan kecepatan menengah	Inverter gantry 2 reverse with <i>medium speed</i> aktif	RS gantry 2 up aktif
	Intial 4	Kompresor mesin C2 aktif selama 5 detik	C2 air high pressure aktif	
34	312	Autoloader 2 mundur sampai ke <i>waiting / home post</i> dengan kecepatan rendah	Inverter gantry 2 reverse with <i>low speed</i> aktif	LS slow waiting C2 front aktif

No.	Sequence	Proses	Output	Syarat
35	401	<i>V-block</i> mundur dengan kecepatan menengah	<i>Inverter C2 reverse with medium speed</i> aktif	Setelah kompresor aktif ( <b>Timer ke-1</b> )
36	402	<i>V-block</i> mundur dengan kecepatan rendah	<i>Inverter C2 reverse with low speed</i> aktif	LS C2 <i>slow down execution post</i> aktif
37	403	Pintu mesin C2 menutup	<i>Close C2 door</i> aktif	LS C2 <i>execution post</i> aktif
38	404_fwd	Silinder kanan proses <i>washing</i> maju	<i>C2 cylinder forward</i> aktif	RS C2 <i>door closed</i> aktif
		Silinder kiri proses <i>washer</i> maju		
		<i>Coolant high pressure</i> aktif	<i>C2 coolant high pressure</i> aktif	
39	404_rvs	Silinder kanan proses <i>washing</i> mundur	<i>C2 cylinder forward</i> aktif	RS B23 <i>cylinder Rh adv</i> aktif
		Silinder kiri proses <i>washer</i> mundur		RS B23 <i>cylinder Lh adv</i> aktif
40		<b>Proses <i>washing</i> (nomor 41 &amp; 42) berulang 2 kali proses <i>washing</i></b>		
41	405	<i>Coolant high pressure</i> tidak aktif	<i>C2 coolant high pressure</i> tidak aktif	RS B23 <i>cylinder Rh ret</i> aktif

		Pintu mesin C2 terbuka	Open C2 door aktif	RS B23 cylinder Lh ret aktif
No.	Sequence	Proses	Output	Syarat
42	406	V-block maju dengan kecepatan menengah	Inverter C2 forward with medium speed aktif	RS C2 door opened aktif
43	407	V-block maju dengan kecepatan rendah	Inverter C2 forward with low speed aktif	LS C2 slow down loading post aktif
44	408	Kompresor mesin C2 aktif selama 5 detik	C2 air high pressure aktif	LS C2 loading post aktif
45	501	Autoloader 3 turun	Solenoid gantry 3 down aktif	Setelah kompresor aktif ( <b>Timer ke-2</b> )
		Autoloader 3 mundur dengan kecepatan menengah	Inverter gantry 3 reverse with medium speed aktif	
46	502b	Autoloader 3 mundur dengan kecepatan rendah	Inverter gantry 3 reverse with low speed aktif	LS slow down C2 rear aktif
47	503	Autoloader 3 mencekam benda kerja	Solenoid gantry 3 clamp aktif	RS gantry 3 down aktif
				LS loading post C2 rear aktif
48	504	Autoloader 3 naik	Solenoid gantry 3 up aktif	RS gantry 3 clamp Rh aktif
				RS gantry 3 clamp Lh aktif
49	505	Autoloader 3 maju dengan kecepatan menengah	Inverter gantry 3 forward with	RS gantry 3 up aktif

			<i>medium speed</i> aktif	
--	--	--	------------------------------	--

<b>No.</b>	<b>Sequence</b>	<b>Proses</b>	<b>Output</b>	<b>Syarat</b>
50	506	<i>Autoloader 3</i> maju dengan kecepatan rendah	<i>Inverter gantry 3 forward with low speed</i> aktif	LS <i>slow load to conveyor</i> aktif
51	507	<i>Autoloader 3</i> turun	<i>Solenoid gantry 3 down</i> aktif	LS <i>load to conveyor</i> aktif
52	508	<i>Autoloader 3</i> melepas pengekaman benda kerja	<i>Solenoid gantry 3 unclamp</i> aktif	RS <i>gantry 3 down</i> aktif
53	509	<i>Autoloader 3</i> maju dengan kecepatan rendah ke <i>safe position</i>	<i>Inverter gantry 3 forward with low speed</i> aktif	RS <i>gantry 3 unclamp Rh</i> aktif
				RS <i>gantry 3 unclamp Lh</i> aktif
54	510	<i>Autoloader 3</i> naik	<i>Solenoid gantry 3 up</i> aktif	LS <i>safe position gantry 3</i> aktif
		<i>V-block conveyor</i> maju dengan kecepatan menengah	<i>Inverter conveyor forward with medium speed</i> aktif	
55	511b	<i>V-block conveyor</i> maju dengan kecepatan rendah	<i>Inverter conveyor forward with low speed</i> aktif	LS <i>conveyor slow down end</i> aktif
56	512a	<i>Autoloader 3</i> mundur dengan kecepatan menengah	<i>Inverter gantry 3 reverse with medium speed</i> aktif	RS <i>gantry 3 up</i> aktif
				LS <i>conveyor slow down end</i> aktif

57	513a	<i>Autoloader 3 mundur sampai ke waiting / home post dengan kecepatan rendah</i>	<i>Inverter gantry 3 reverse with low speed aktif</i>	<i>LS slow waiting C2 rear aktif</i>
No.	Sequence	Proses	Output	Syarat
58	513b	<i>V-block conveyor mundur dengan kecepatan menengah</i>	<i>Inverter conveyor reverse with medium speed aktif</i>	Tombol conveyor back aktif
59	514b	<i>V-block conveyor mundur sampai ke load post conveyor dengan kecepatan rendah</i>	<i>Inverter conveyor reverse with low speed aktif</i>	<i>LS conveyor slow down load aktif</i>

### 3.2 Perancangan Cascade

Terdapat beberapa langkah dalam merancang sistem dengan metode cascade. Langkah langkah tersebut yang pertama adalah penyusunan sekuen, lalu setelah sekuen telah berurutan sesuai langkah kerja sistem maka dilanjutkan dengan pembagian grup berdasarkan sekuen, dan jika seluruh sekuen telah terbagi dengan grupnya masing masing maka langkah terakhir pada perancangan sistem dengan metode cascade ini adalah perancangan switching function

#### 3.2.1. Inisialisasi Output

Untuk memudahkan penyusunan sekuen dan pembagian grup berdasarkan sekuen pada perancangan sistem dengan metode cascade maka aksi dari output sistem diinisialisasi.

**Tabel 3. 5** Tabel inisiasi aksi output

No	Aksi Output	Kode	5	G1 up	A2+
1	Ejector a21 maju	A+	6	G1 down	A2-
2	Ejector a21 mundur	A-	7	G1 maju HS ON	A3+
3	G1 clamp	A1+	8	G1 maju HS OFF	A3-
4	G1 unclamp	A1-	9	G1 maju LS ON	A4+

10	G1 maju LS OFF	A4-	40	C2 motor maju HS OFF	CMH-
11	G1 mundur HS	A5+	41	C2 motor maju LS ON	CML+
12	G1 mundur HS	A5-	42	C2 motor maju LS OFF	CML-
13	G1 mundur LS	A6+	43	C2 motor mundur HS ON	CDH+
14	G1 mundur LS	A6-	44	C2 motor mundur HS OFF	CDH-
15	B23 door open	B+	45	C2 motor mundur LS ON	CDL+
16	B23 door close	B-	46	C2 motor mundur LS OFF	CDL-
17	B23 clamp	BCL+	47	C2 cylinder maju	CCY+
18	B23 unclamp	BCL-	48	C2 cylinder mundur	CCY-
19	B23 cylinder maju	BCY+	49	C2 air pressure ON	CAP+
20	B23 cylinder mundur	BCY-	50	C2 air pressure OFF	CAP-
21	CW B23 motor ON	BM1+	51	C2 coolant ON	CCL+
22	CW B23 motor OFF	BM1-	52	C2 coolant OFF	CCL-
23	CCW B23 motor ON	BM2+	53	G3 clamp	C1+
24	CCW B23 motor OFF	BM2-	54	G3 unclamp	C1-
25	G2 clamp	B1+	55	G3 up	C2+
26	G2 unclamp	B1-	56	G3 down	C2-
27	G2 Up	B2+	57	G3 maju HS ON	C3+
28	G2 down	B2-	58	G3 maju HS OFF	C3-
29	G2 maju HS	B3+	59	G3 maju LS ON	C4+
30	G2 maju HS	B3-	60	G3 maju LS OFF	C4-
31	G2 maju LS	B4+	61	G3 mundur HS ON	C5+
32	G2 maju LS	B4-	62	G3 mundur HS OFF	C5-
33	G2 mundur HS ON	B5+	63	G3 mundur LS ON	C6+
34	G2 mundur HS OFF	B5-	64	G3 mundur LS OFF	C6-
35	G2 mundur LS ON	B6+	65	Conveyor maju HS ON	D1+
36	G2 mundur LS OFF	B6-	66	Conv maju HS OFF	D1-
37	C2 door open	C+	67	Conveyor maju LS ON	D2+
38	C2 door close	C-			
39	C2 motor maju HS ON	CMH+			

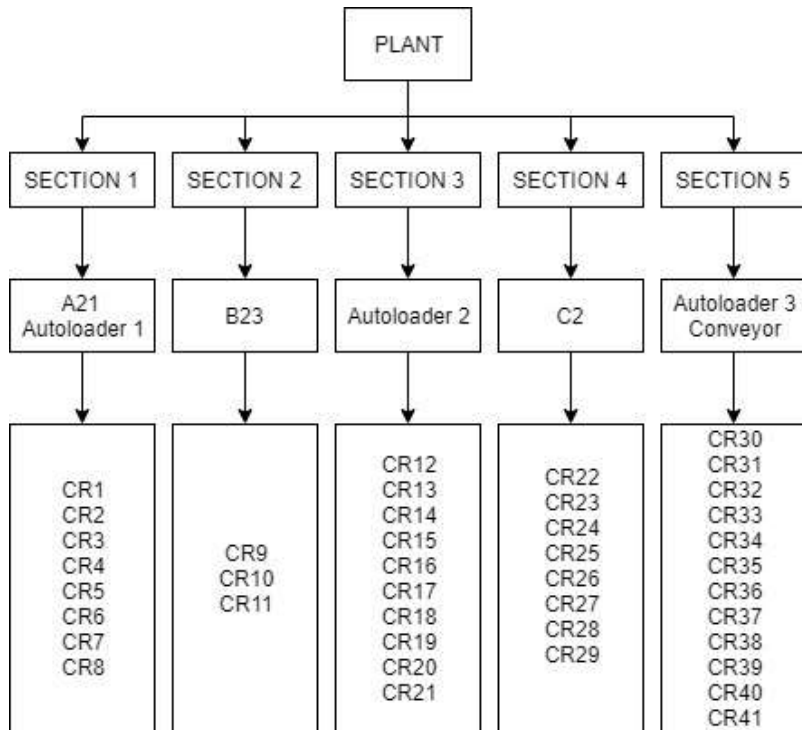


68	Conv maju LS OFF	D2-
69	Conv mundur HS ON	D3+
70	Conv mundur HS OFF	D3-

71	Conv mundur LS ON	D4+
72	Conv mundur LS OFF	D4-

### 3.2.2. Pembagian Grup

Sebelum membagi grup, tahapan yang harus dilakukan adalah menyusun sekuen berdasarkan aksi dari output sistemnya. seperti yang sudah diketahui, proses pada plant ini dibagi menjadi 5 bagian atau *section* dimana pada masing-masingnya memiliki beberapa group sesuai dengan langkah proses kerjanya berdasarkan tabel 3.4



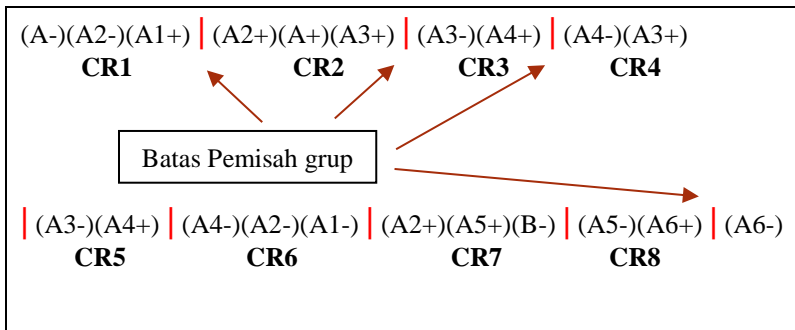
**Gambar 3. 3** Diagram pembagian grup

➤ Section 1

Dimulai dari tahap awal proses pada mesin A21 hingga menuju ke peletakan benda kerja pada mesin B23 oleh autoloader 1, yang dilanjutkan dengan kembalinya ke posisi semula untuk autoloader 1. Berikut adalah urutan prosesnya sesuai tabel 3.4

(A-)(A2-)(A1+)(A2+)(A+)(A3+)(A3-)(A4+)(A4-)(A3+)(A3-)(A4+)  
 (A4-)(A2-)(A1-)(A2+)(A5+)(B-)(A5-)(A6+)(A6-)

Seperti yang dijelaskan pada bab 2 mengenai aturan dalam pembagian grup yaitu dalam satu grup tidak boleh terdapat satu output yang nyala dan mati. Dan nantinya masing-masing grup tersebut akan dikendalikan oleh sebuah relay untuk aktivasinya. dibawah ini ditunjukkan batas pemisah grup satu dan grup lainnya dalam urutan sekuen aksi dari output sistem.



Dapat dilihat pada grup 1 dan 2 terdapat huruf A dan A2 dengan tanda yang berbeda, maka harus dipisah, begitu juga seterusnya.

Jika dituliskan masing masing grup dari urutan sekuen aksi dari output sistem adalah sebagai berikut:

Grup 1: (A-)(A2-)(A1+)

Grup 2: (A2+)(A+)(A3+)

- Grup 3: (A3-)(A4+)
- Grup 4: (A4-)(A3+)
- Grup 5: (A3-)(A4+)
- Grup 6: (A4-)(A2-)(A1-)
- Grup 7: (A2+)(A5+)(B-)
- Grup 8: (A5-)(A6+)

➤ Section 2

Pada section 2 ini berisi tentang keseluruhan proses yang terjadi di mesin B23. Dimulai dari diletakkannya benda kerja oleh autoloader 1 hingga proses permesinan yang terjadi di mesin B23 selesai. Berikut adalah urutan prosesnya serta pembagian grup nya.

<b>(BCL+)(BCY+)(BM1+)</b>	<b>(BCY-)(BM1-)(BM2+)</b>	<b>(BM2-)(BCL-)(B+)</b>
<b>CR9</b>	<b>CR10</b>	<b>CR11</b>

Jika dituliskan masing masing grup dari urutan sekuen aksi dari output sistem adalah sebagai berikut:

- Grup 9 : (BCL+)(BCY+)(BM1+)
- Grup 10: (BCY-)(BM1-)(BM2+)
- Grup 11: (BM2-)(BCL-)(B+)

➤ Section 3

Pada section 3 merupakan lajutan dari proses sebelumnya yaitu setelah proses permesinan di mesin B23 berakhir maka benda kerja akan dibawa oleh autoloader 2 dari mesin B23 menuju ke mesin C2 untuk dilakukan proses permesinan disana. Berikut adalah urutan prosesnya serta pembagian grupnya.

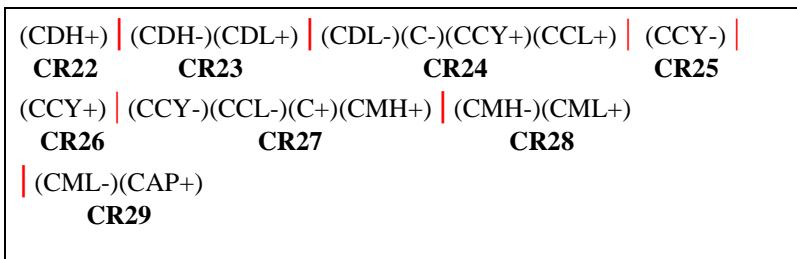
<b>(B5+)</b>	<b>(B5-)(B6+)</b>	<b>(B6-)(B2-)(B1+)</b>	<b>(B2+)(B3+)</b>	<b>(B3-)(B4+)</b>	
<b>CR12</b>	<b>CR13</b>	<b>CR14</b>	<b>CR15</b>	<b>CR16</b>	
<b>(B4-)(B3+)</b>	<b>(B3-)(B4+)</b>	<b>(B4-)(B2-)(B1-)</b>	<b>(B2+)(B5+)(CAP+)</b>		
<b>CR17</b>	<b>CR18</b>	<b>CR19</b>	<b>CR20</b>		
<b>(B5-)(B6+)</b>	<b>(B6-)</b>				
<b>CR21</b>					

Jika dituliskan masing masing grup dari urutan sekuen aksi dari output sistem adalah sebagai berikut:

- Grup 12: (B5+)
- Grup 13: (B5-)(B6+)
- Grup 14: (B6-)(B2-)(B1+)
- Grup 15: (B2+)(B3+)
- Grup 16: (B3-)(B4+)
- Grup 17: (B4-)(B3+)
- Grup 18: (B3-)(B4+)
- Grup 19: (B4-)(B2-)(B1-)
- Grup 20: (B2+)(B5+)(CAP+)
- Grup 21: (B5-)(B6+)

➤ Section 4

Section 4 merupakan keseluruhan proses permesinan yang terjadi di mesin C2. Dimulai dari diletakkannya benda kerja pada mesin C2 oleh autoloader 2 dari mesin B23 dilanjutkan dengan keseluruhan proses permesinan hingga selesai pada mesin C2. Berikut ini adalah urutan prosesnya serta pembagian groupnya.



Jika dituliskan masing masing grup dari urutan sekuen aksi dari output sistem adalah sebagai berikut:

- Grup 22: (CDH+)
- Grup 23: (CDH-)(CDL+)
- Grup 24: (CDL-)(C-)(CCY+)(CCL+)
- Grup 25: (CCY-)
- Grup 26: (CCY+)
- Grup 27: (CCY-)(CCL-)(C+)(CMH+)
- Grup 28: (CMH-)(CML+)

Grup 29: (CML-)(CAP+)

➤ Section 5

Section terakhir ini dimulai dari benda kerja yang telah selesai dilakukan proses permesinan pada mesin C2, akan dibawa oleh autoloader 3 menuju konveyor. Lalu benda kerja tersebut akan dibawa konveyor menuju pos terakhir yang nantinya benda kerja akan dibawa oleh operator dan proses selesai. Berikut urutan proses sertapembagian groupnya.

(C2-)(C5+)	(C5-)(C6+)	(C6-)(C1+)(C2+)(C3+)	(C3-)(C4+)	
<b>CR30</b>	<b>CR31</b>	<b>CR32</b>	<b>CR33</b>	
(C4-)(C2-)(C1-)	(C4+)	(C4-)(C2+)(D1+)	(D1-)(D2+)	(D2-)(C5+)
	<b>CR34</b>	<b>CR35</b>	<b>CR36</b>	<b>CR37</b> <b>CR38</b>
(C5-)(C6+)	(C6-)(D3+)	(D3-)(D4+)	(D4-)	
<b>CR39</b>	<b>CR40</b>	<b>CR41</b>		

Jika dituliskan masing masing grup dari urutan sekuen aksi dari output sistem adalah sebagai berikut:

Grup 30: (C2-)(C5+)

Grup 31: (C5-)(C6+)

Grup 32: (C6-)(C1+)(C2+)(C3+)

Grup 33: (C3-)(C4+)

Grup 34: (C4-)(C2-)(C1-)

Grup 35: (C4+)

Grup 36: (C4-)(C2+)(D1+)

Grup 37: (D1-)(D2+)

Grup 38: (D2-)(C5+)

Grup 39: (C5-)(C6+)

Grup 40: (C6-)(D3+)

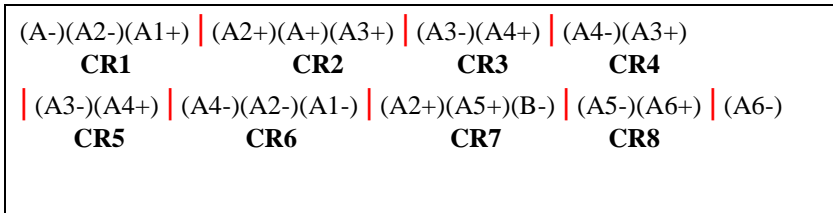
Grup 41: (D3-)(D4+)

Grup 42: (D4-)

### 3.3 Proses Switching Function

Switching function digunakan untuk menterjemahkan kerja sistem menjadi bentuk tersendiri agar lebih ringkas, mudah dibaca dan tujuan akhirnya adalah memudahkan dalam konversi ke dalam diagram ladder. Disini akan dijelaskan perancangan switching function berdasarkan masing masing grup yang telah dibuat pada masing-masing section.

➤ Section 1



<b><math>CR1 = (START + CR1) * \overline{CR2} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: A- ( Ejector a21 mundur )
FORMULA	: $A- = CR1$
SYARAT	: RS EJECTOR ret A21 ON
OUTPUT	: A2- ( G1 turun )
FORMULA	: $A2- = CR1 * RS Ejector A21 ret$
SYARAT	: RS G1 down ON
OUTPUT	: A1+ ( G1 clamp benda kerja )
FORMULA	: $A1+ = CR1 * RS G1 down$

<b><math>CR2 = ([CR1 * RS G1 clamp ON] + CR2) * \overline{CR3} * \overline{CR5} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: A2+ ( G1 up )
FORMULA	: $A2+ = CR2$
SYARAT	: RS G1 up aktif
OUTPUT	: A+ ( Ejector A21 maju )
FORMULA	: $A+ = CR2 * RS G1 up$

SYARAT	: RS G1 up aktif
OUTPUT	: A3+ ( G1 maju medium speed ON )
FORMULA	: $A3+ = CR2 * RS\ G1\ up$

$$CR3 = \frac{([CR2 * LS\ BK\ B23\ ON * LS\ slow\ wait\ A21B23\ ON] + CR3) * CR4 * STOP}{(INITIAL)}$$

SYARAT	:
OUTPUT	: A3- ( G1 maju medium speed STOP )
FORMULA	: $A3- = CR3$

SYARAT	:
OUTPUT	: A4+ ( G1 maju slow speed ON )
FORMULA	: $A4+ = CR3$

$$CR4 = \frac{([CR3 * LS\ wait\ A21B23\ ON * LS\ BK\ B23\ ON] + CR4) * CR5 * STOP}{(INITIAL)}$$

SYARAT	:
OUTPUT	: A4- ( G1 maju slow speed STOP )
FORMULA	: $A4- = CR4$

SYARAT	: LS loadpost B23 OFF & LS BK B23 OFF
OUTPUT	: A3+ ( G1 maju medium speed ON )
FORMULA	: $A3+ = CR4 * LS\ loadpost\ B23\ ON * LS\ BK\ B23\ ON$

$$CR5 = \frac{([CR2 * CR3 * LS\ slowdown\ A21B23\ ON] + CR5 * CR6 * STOP)}{(INITIAL)}$$

SYARAT	:
OUTPUT	: A3- ( G1 maju medium speed STOP )
FORMULA	: $A3- = CR5$

SYARAT	:
OUTPUT	: A4+ ( G1 maju slow speed ON )
FORMULA	: $A4+ = CR5$

$$CR6 = \frac{([CR5 * LS\ load\ post\ B23\ front\ ON] + CR6) * CR7 * STOP}{(INITIAL)}$$

SYARAT	:
--------	---

OUTPUT	: A4- ( G1 maju slow speed OFF )
FORMULA	: $A4- = CR6$
SYARAT	:
OUTPUT	: A2- ( G1 down )
FORMULA	: $A2- = CR6$
SYARAT	: RS G1 down ON
OUTPUT	: A1- ( G1 unclamp )
FORMULA	: $A1- = CR6 * RS\ G1\ down\ ON$

<b><math>CR7 = ([CR6 * RS\ G1\ unclamp\ ON] + CR7) * \overline{CR8} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: A2+ ( G1 up )
FORMULA	: $A2+ = CR7$
SYARAT	: RS G1 up ON
OUTPUT	: A5+ ( G1 mundur medium speed ON )
FORMULA	: $A5+ = CR7 * RS\ G1\ up\ ON$
SYARAT	: RS G1 up ON
OUTPUT	: B- ( B23 door close )
FORMULA	: $B- = CR7 * RS\ G1\ up\ ON$

<b><math>CR8 = ([CR7 * LS\ slowdown\ B23A21\ ON] + CR8) * \overline{LOADPOSTA21} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: A5- ( G1 mundur medium speed STOP )
FORMULA	: $A5- = CR8$
SYARAT	:
OUTPUT	: A6+ ( G1 mundur slow speed ON )
FORMULA	: $A6+ = CR8$



➤ Section 2

$(BCL+)(BCY+)(BM1+)$	$(BCY-)(BM1-)(BM2+)$	$(BM2-)(BCL-)(B+)$
<b>CR9</b>	<b>CR10</b>	<b>CR11</b>

<b><math>CR9 = ([CR7 * RS\ B23\ doorclosed\ ON] + CR9) * \overline{CR10} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: BCL+ ( B23 clamp )
FORMULA	: $BCL+ = CR9$
SYARAT	: RS B23 clamp ON
OUTPUT	: BCY+ ( B23 cylinder maju )
FORMULA	: $BCY+ = CR9 * RS\ B23\ clamp\ ON$
SYARAT	: RS B23 clamp ON
OUTPUT	: BM1+ ( B23 CW motor spindle ON )
FORMULA	: $BM1+ = CR9 * RS\ B23\ clamp\ ON$

<b><math>CR10 = ([CR9 * RS\ B23\ cylinder\ FWD\ ON] + CR10) * \overline{CR11} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: BCY- ( B23 cylinder mundur )
FORMULA	: $BCY- = CR10$
SYARAT	:
OUTPUT	: BM1- ( B23 CW motor spindle OFF)
FORMULA	: $BM1- = CR10$
SYARAT	:
OUTPUT	: BM2+ ( B23 CCW motor spindle ON)

FORMULA :  $BM2+ = CR10$

**$CR11 = ([CR10 * RS B23 cylinder ret ON] + CR11) * CR12 * \overline{STOP}$**

SYARAT :  
 OUTPUT : BM2- ( B23 CCW motor spindle OFF)  
 FORMULA :  $BM2- = CR11$

SYARAT :  
 OUTPUT : BCL- ( B23 unclamp )  
 FORMULA :  $BCL- = CR11$

SYARAT : RS B23 unclamp ON  
 OUTPUT : B+ ( B23 door open )  
 FORMULA :  $B+ = CR11 * RS B23 unclamp ON$

➤ Section 3

(B5+) | (B5-)(B6+) | (B6-)(B2-)(B1+) | (B2+)(B3+) | (B3-)(B4+) |  
**CR12      CR13              CR14              CR15              CR16**  
 (B4-)(B3+) | (B3-)(B4+) | (B4-)(B2-)(B1-) | (B2+)(B5+)(CAP+) |  
**CR17              CR18              CR19              CR20**  
 (B5-)(B6+) | (B6-)  
**CR21**

**$CR12 = ([CR11 * RS B23 door open ON] + CR12) * CR13 * \overline{STOP}$**

SYARAT :  
 OUTPUT : B5+ ( G2 mundur medium speed ON)  
 FORMULA :  $B5+ = CR12$

<b><math>CR13 = ([CR12 * LS\ slowdown\ C2B23\ ON] + CR13) * CR14 * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: B5- ( G2 mundur medium speed OFF)
FORMULA	: $B5- = CR13$
SYARAT	:
OUTPUT	: B6+ ( G2 mundur slow speed ON)
FORMULA	: $B6+ = CR13$
<b><math>CR14 = ([CR13 * LS\ loadpost\ B23\ ON] + CR14) * CR15 * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: B6- ( G2 mundur slow speed OFF )
FORMULA	: $B6- = CR14$
SYARAT	:
OUTPUT	: B2- ( G2 down )
FORMULA	: $B2- = CR14$
SYARAT	: RS G2 down ON
OUTPUT	: B1+ ( G2 clamp )
FORMULA	: $B1+ = CR14 * RS\ G2\ down\ ON$
<b><math>CR15 = ([CR14 * RS\ G2\ clamp\ ON] + CR15) * \overline{CR16} * \overline{CR18} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: B2+ ( G2 up )
FORMULA	: $B2+ = CR15$
SYARAT	: RS G2 up ON
OUTPUT	: B3+ ( G2 maju medium speed ON)
FORMULA	: $B3+ = CR15 * RS\ G2\ up\ ON$

<b><math>CR16 = ([CR15 * LS\ slowwait\ B23C2\ ON] + CR16) * CR17 * \overline{STOP}</math> INITIAL</b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: B3- ( G2 maju medium speed OFF)
FORMULA	: $B3- = CR16$
SYARAT	:
OUTPUT	: B4+ ( G2 maju slow speed ON)
FORMULA	: $B4+ = CR16$

<b><math>CR17 = ([CR16 * LS\ wait\ B23C2\ ON] + CR17) * CR18 * \overline{STOP}</math> INITIAL</b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: B4- ( G2 maju slow speed OFF)
FORMULA	: $B4- = CR17$
SYARAT	: LS loadpost C2 rear OFF
OUTPUT	: B3+ ( G2 maju medium speed ON)
FORMULA	: $B3+ = CR17 * LS\ loadpost\ C2\ OFF$

<b><math>CR18 = ([CR15 * LS\ B23C2\ slowdown\ ON] + CR18) * CR19 * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: B3- ( G2 maju medium speed OFF )
FORMULA	: $B3- = CR18$
SYARAT	:
OUTPUT	: B4+ ( G2 maju slow speed ON )
FORMULA	: $B4+ = CR18$

<b><math>CR19 = ([CR18 * RS \textit{loadpost C2 ON}] + CR19) * \overline{CR20} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: B4- ( G2 maju slow speed OFF )
FORMULA	: $B4- = CR19$
SYARAT	:
OUTPUT	: B2- ( G2 down)
FORMULA	: $B2- = CR19$
SYARAT	: RS G2 down ON
OUTPUT	: B1- ( G2 unclamp )
FORMULA	: $B1- = CR19 * RS \textit{G2 down ON}$

<b><math>CR20 = ([CR19 * RS \textit{G2 unclamp ON}] + CR20) * \overline{CR22} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: B2+ ( G2 up )
FORMULA	: $B2+ = CR20$
SYARAT	: RS G2 up ON
OUTPUT	: B5+ ( G2 mundur medium speed ON )
FORMULA	: $B5+ = CR20 * RS \textit{G2 up}$
SYARAT	: RS G2 up ON
OUTPUT	: CAP+ ( Air pressure ON ) 5 SECOND T1
FORMULA	: $CAP+ = ( CR20 * RS \textit{G2 up} )$

<b><math>CR21 = ([CR20 * \overline{LS \textit{slowwait C2B23 ON}}] + CR21) * \overline{LSWAITG2} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: B5- ( G2 mundur medium speed OFF )
FORMULA	: $B5- = CR21$
SYARAT	:
OUTPUT	: B6+ ( G2 mundur slow speed ON )
FORMULA	: $B6+ = CR21$

➤ Section 4

(CDH+)		(CDH-)(CDL+)		(CDL-)(C-)(CCY+)(CCL+)		(CCY-)	
<b>CR22</b>		<b>CR23</b>		<b>CR24</b>		<b>CR25</b>	
(CCY+)		(CCY-)(CCL-)(C+)(CMH+)		(CMH-)(CML+)			
<b>CR26</b>		<b>CR27</b>		<b>CR28</b>			
	(CML-)(CAP+)						
	<b>CR29</b>						

<b>CR22 = ([ CR20 * T1 ] + CR22) * CR23 * STOP</b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: CDH+ ( C2 motor mundur medium speed ON )
FORMULA	: CDH+ = CR22

<b>CR23 = ([ CR22 * LS slow BKIN C2 ON ] + CR23) * CR24 * STOP</b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: CDH- ( C2 motor mundur medium speed OFF )
FORMULA	: CDH- = CR23

SYARAT	:
OUTPUT	: CDL+ ( C2 motor mundur slow speed ON)
FORMULA	: CDL+ = CR23

<b><math>CR24 = ([CR23 * LS C2 BKIN ON] + CR24) * \overline{CR25} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: CDL- ( C2 motor mundur slow speed OFF)
FORMULA	: $CDL- = CR24$
SYARAT	:
OUTPUT	: C- ( C2 door close )
FORMULA	: $C- = CR24$
SYARAT	: RS C2 door close ON
OUTPUT	: CCY+ ( C2 cylinder maju )
FORMULA	: $CCY+ = CR24 * RS C2 doorclose ON$
SYARAT	: RS C2 door close ON
OUTPUT	: CCL+ ( C2 coolant ON )
FORMULA	: $CCL+ = ([R24 * RS C2 doorclose ON] + (CCL +)) * \overline{CCL-}$
<b><math>CR25 = ([CR24 * RS B23 cylinder fwd ON] + CR25) * \overline{CR26} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: CCY- ( C2 cylinder mundur )
FORMULA	: $CCY- = CR25$
<b><math>CR26 = ([CR25 * RS B23 cylinder ret ON] + CR26) * \overline{CR27} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: CCY+ ( C2 cylinder maju )
FORMULA	: $CCY+ = CR26$

<b><math>CR27 = ([CR26 * RS\ B23\ cylinder\ adv\ ON] + CR27) * \overline{CR28} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: CCY- ( C2 cylinder mundur )
FORMULA	: $CCY- = CR27$
SYARAT	: RS B23 cylinder ret ON
OUTPUT	: CCL- ( C2 coolant OFF )
FORMULA	: $CCL- = CR27 * RS\ B23\ cylinder\ RET\ ON$
SYARAT	: RS B23 cylinder ret ON
OUTPUT	: C+ ( C2 door open )
FORMULA	: $C+ = CR27 * RS\ B23\ cylinder\ ret\ ON$
SYARAT	: RS C2 door open ON
OUTPUT	: CMH+ ( C2 motor maju medium speed ON)
FORMULA	: $CMH+ = CR27 * RS\ C2\ dooropen\ ON$
<b><math>CR28 = ([CR27 * LS\ slow\ BKOUT\ C2\ ON] + CR28) * \overline{CR29} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT 1	:
OUTPUT	: CMH- ( C2 motor maju medium speed OFF)
FORMULA	: $CMH- = CR28$
SYARAT 2	:
OUTPUT	: CML+ ( C2 motor maju slow speed ON)
FORMULA	: $CML+ = CR28$
<b><math>CR29 = ([CR28 * LS\ C2\ loadpost\ ON] + CR29) * \overline{CR30} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT 1	:
OUTPUT	: CML- ( C2 motor maju slow speed OFF)
FORMULA	: $CML- = CR29$
SYARAT 2	:
OUTPUT	: CAP+ ( C2 air pressure ON ) 5 SECOND T2
FORMULA	: $CAP+ = CR29$



➤ Section 5

(C2-)(C5+)   (C5-)(C6+)   (C6-)(C1+)(C2+)(C3+)   (C3-)(C4+)
<b>CR30</b> <b>CR31</b> <b>CR32</b> <b>CR33</b>
(C4-)(C2-)(C1-)   (C4+)   (C4-)(C2+)(D1+)   (D1-)(D2+)   (D2-)(C5+)
<b>CR34</b> <b>CR35</b> <b>CR36</b> <b>CR37</b> <b>CR38</b>
(C5-)(C6+)   (C6-)(D3+)   (D3-)(D4+)   (D4-)
<b>CR39</b> <b>CR40</b> <b>CR41</b>

<b>CR30 = ([ CR29 * T2 ] + CR30) * <math>\overline{CR31}</math> * <math>\overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: C2- ( G3 down)
FORMULA	: C2- = CR30
SYARAT :	
OUTPUT	: C5+ ( G3 mundur medium speed ON )
FORMULA	: C5+ = CR30

<b>CR31 = ([ CR30 * LS slow CONV2 ON ] + CR31) * <math>\overline{CR32}</math> * <math>\overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: C5- ( G3 mundur medium speed OFF)
FORMULA	: C5- = CR31
SYARAT :	
OUTPUT	: C6+ ( G3 mundur slow speed ON)
FORMULA	: C6+ = CR31

<b>CR32 = ([ CR31 * RS G3 down ON * LS loadpost C2 ON ] + CR32) * <math>\overline{CR33}</math> * <math>\overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: C6- ( G3 mundur slowspeed OFF )
FORMULA	: C6- = CR32

SYARAT	:
OUTPUT	: C1+ ( G3 clamp )
FORMULA	: $C1+ = CR32$
SYARAT	: RS G3 clamp ON
OUTPUT	: C2+ ( G3 up )
FORMULA	: $C2+ = CR32 * RS\ G3\ clamp\ ON$
SYARAT	: RS G3 up ON
OUTPUT	: C3+ ( G3 maju medium speed ON)
FORMULA	: $C3+ = CR32 * RS\ G3\ up\ ON$
<b><math>CR33 = ([CR32 * LS\ slowC2CONV\ ON] + CR33) * CR34 * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: C3- ( G3 maju medium speed OFF)
FORMULA	: $C3- = CR33$
SYARAT	:
OUTPUT	: C4+ ( G3 maju slow speed ON)
FORMULA	: $C4+ = CR33$
<b><math>CR34 = ([CR33 * LS\ loadconveyor\ ON] + CR34) * \overline{CR35} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: C4- ( G3 maju slow speed OFF)
FORMULA	: $C4- = CR34$
SYARAT	:
OUTPUT	: C2- ( G3 down )
FORMULA	: $C2- = CR34$
SYARAT	: RS G3 down ON
OUTPUT	: C1- ( G3 unclamp )

FORMULA	: $C1- = CR34 * RS\ G3\ down\ ON$
---------	-----------------------------------

<b><math>CR35 = ([CR34 * RS\ G3\ unclamp\ ON] + CR34) * \overline{CR36} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: C4+ ( G3 maju slow speed ON)
FORMULA	: $C4+ = CR35$

<b><math>CR36 = ([CR35 * LS\ safepost\ G3\ ON] + CR36) * \overline{CR37} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: C4- ( G3 maju slow speed OFF)
FORMULA	: $C4- = CR36$
SYARAT	:
OUTPUT	: C2+ ( G3 up )
FORMULA	: $C2+ = CR36$
SYARAT	:
OUTPUT	: D1+ ( Conveyor maju medium speed ON )
FORMULA	: $D1+ = CR36$

<b><math>CR37 = ([CR36 * LS\ slowCONVEND\ ON] + CR37) * \overline{CR40} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:
OUTPUT	: D1- ( Conveyor maju medium speed OFF)
FORMULA	: $D1- = CR37$
SYARAT	:
OUTPUT	: D2+ ( Conveyor maju slow speed ON)
FORMULA	: $D2+ = CR37$
<b><math>CR38 = ([CR36 * RS\ G3\ up\ ON] + CR38) * \overline{CR39} * \overline{STOP}</math></b>	
SYARAT	:

OUTPUT	: C5+ ( G3 mundur medium speed ON )
FORMULA	: C5+ = CR38

$$CR39 = ([ CR38 * LS slowwait CONV2 ON ] + CR39) * \overline{LSWAIT G3} * \overline{STOP}$$

SYARAT	:
OUTPUT	: C5- ( G3 mundur medium speed OFF)
FORMULA	: C5- = CR39

SYARAT	:
OUTPUT	: C6+ ( G3 mundur slow speed ON)
FORMULA	: C6+ = CR39

$$CR40 = ([ CR37 * PB convBACK ] + CR40) * \overline{CR41} * \overline{STOP}$$

SYARAT	:
OUTPUT	: D3+ ( Conveyor mundur medium speed ON)
FORMULA	: D3+ = CR40

$$CR41 = ([ CR40 * LS SLOW ENDCONV ON ] + CR41) * \overline{LOADPOST CONV} * \overline{STOP}$$

SYARAT	:
OUTPUT	: D3- ( Conveyor mundur medium speed OFF)
FORMULA	: CR41

SYARAT	:
OUTPUT	: D4+ ( Conveyor mundur slow speed ON)
FORMULA	: D4+ = CR41

### 3.4 Pemrograman *Ladder Diagram*

Sebelum melakukan pengerjaan diagram ladder maka sebelumnya komponen input dan komponen output ditentukan terlebih dahulu alamat yang sesuai dengan jenis dan tipe PLC yang akan digunakan dan diberi tag untuk memudahkan dalam membacanya.

### 3.4.1. Pengalamatan Komponen PLC

Pengalamatan komponen ditentukan jenisnya antara input, output serta alamat virtual PLC yang digunakan pada program PLC.

**Tabel 3. 6** Pengalamatan komponen *input*

No.	Simbol	Alamat
1	PB_START	5.00
2	PB_STOP	4.02
3	RS_EJT_A21_FRONT	5.01
4	RS_EJT_A21_BACK	5.02
5	RS_G1_UP	5.04
6	RS_G1_UNCLAMP_R	6.04
7	RS_G1_UNCLAMP_L	6.05
8	RS_G1_DOWN	5.03
9	RS_G1_CLAMP_R	5.05
10	RS_G1_CLAMP_L	5.06
11	RS_G2_UP	6.10
12	RS_G2_UNCLAMP_R	6.14
13	RS_G2_UNCLAMP_L	6.15
14	RS_G2_DOWN	6.11
15	RS_G2_CLAMP_R	6.12
16	RS_G2_CLAMP_L	6.13
17	RS_G3_UP	3.00
18	RS_G3_UNCLAMP_R	3.04
19	RS_G3_UNCLAMP_L	3.05
20	RS_G3_DOWN	3.01
21	RS_G3_CLAMP_R	3.02
22	RS_G3_UNCLAMP_L	3.03
23	SBK_B23	6.07
24	RS_UNCLAMP_B23_R	7.01
25	RS_UNCLAMP_B23_L	7.00
26	RS_DOOR_B23_OPENED	5.12
27	RS_DOOR_B23_CLOSED	5.13
28	RS_DOOR_OPENED_C2	2.14
29	RS_DOOR_CLOSED_C2	2.13
30	RS_CYL_B23_FRONT_R	6.02
31	RS_CYL_B23_FRONT_L	6.08
32	RS_CYL_B23_BACK_R	6.03
33	RS_CYL_B23_BACK_L	6.09
34	RS_CLAMP_B23_R	6.00
35	RS_CLAMP_B23_L	6.01
36	PB_FINISH_COV	4.00
37	LS_WAIT_CONV_C2	3.07
38	LS_WAIT_B23_C2	2.01
39	LS_WAIT_A21_B23	5.09
40	LS_UNLOAD_CONV	3.10

41	LS_SLOW_WAIT_C ONV_C2	3.08
42	LS_SLOW_WAIT_C2 _B23	2.02
43	LS_SLOW_WAIT_B2 3_C2	2.00
44	LS_SLOW_WAIT_A2 1_B23	5.08
45	LS_SLOW_END_CO NV	3.13
46	LS_SLOW_CONV_E ND	3.14
47	LS_SLOW_CONV_C 2	3.06
48	LS_SLOW_C2_CON V	3.09
49	LS_SLOW_C2_B23	2.15
50	LS_SLOW_BK_OUT_ C2	2.08
51	LS_SLOW_BK_IN_C 2	2.07
52	LS_SLOW_B23_C2	2.03
53	LS_SLOW_B23_A21	6.06

54	LS_SLOW_A21_B23	5.10
55	LS_LOAD_GATE	3.15
56	LS_LOAD_CONV_C2	4.01
57	LS_LOAD_CONV	3.12
58	LS_LOAD_C2	2.04
59	LS_LOAD_B23	5.11
60	LS_LOAD_A21	5.07
61	LS_G3_SAFEPOS T	3.11
62	LS_CYL_C2_FRONT _R	2.10
63	LS_CYL_C2_FRONT _L	2.09
64	LS_CYL_C2_BACK_ R	2.12
65	LS_CYL_C2_BACK_ L	2.11
66	LS_BK_OUT_C2	2.05
67	LS_BK_IN_C2	2.06

**Tabel 3. 7** Pengalamatan komponen *output*

No.	Nama	Simbol	Alamat
1	<i>Ejector A21 Ret</i>	EJT_A21_RET	100.00
2	<i>Ejector A21 Adv</i>	EJT_A21_ADV	100.01
3	<i>Gantry 1 Up</i>	CYL_G1_UP	101.00
4	<i>Gantry 1 Down</i>	CYL_G1_DOWN	101.01
5	<i>Gantry 1 Clamp</i>	CYL_G1_CLAMP	101.02
6	<i>Gantry 1 Unclamp</i>	CYL_G1_UNCLAMP	101.03
7	<i>Gantry 1 Forward with Medium Speed</i>	G1_FWD_HS	101.04
8	<i>Gantry 1 Forward with Low Speed</i>	G1_FWD_LS	101.05

9	<i>Gantry 1 Reverse with Medium Speed</i>	G1_RVS_HS	101.06
10	<i>Gantry 1 Reverse with Low Speed</i>	G1_RVS_LS	101.07
11	<i>Close B23 Door</i>	CYL_DOOR_B23_CLOSE	102.00
12	<i>Open B23 Door</i>	CYL_DOOR_B23_OPEN	102.01
13	<i>B23 Clamp</i>	CYL_B23_CLAMP	102.02
14	<i>B23 Unclamp</i>	CYL_B23_UNCLAMP	102.03
15	<i>B23 Cylinder Forward</i>	CYL_B23_ADV	102.04
16	<i>B23 Cylinder Reverse</i>	CYL_B23_RET	102.05
17	<i>CW B23 Spindle</i>	SPINDLE_B23_CW	102.06
18	<i>CCW B23 Spindle</i>	SPINDLE_B23_CCW	102.07
19	<i>Gantry 2 Up</i>	CYL_G2_UP	103.00
20	<i>Gantry 2 Down</i>	CYL_G2_DOWN	103.01
21	<i>Gantry 2 Clamp</i>	CYL_G2_CLAMP	103.02
22	<i>Gantry 2 Unclamp</i>	CYL_G2_UNCLAMP	103.03
23	<i>Gantry 2 Reverse with Medium Speed</i>	G2_RVS_HS	103.04
24	<i>Gantry 2 Reverse with Low Speed</i>	G2_RVS_LS	103.05
25	<i>Gantry 2 Forward with Medium Speed</i>	G2_FWD_HS	103.06
26	<i>Gantry 2 Forward with Low Speed</i>	G2_FWD_LS	103.07
27	<i>Close C2 Door</i>	CYL_DOOR_C2_CLOSE	104.00
28	<i>Open C2 Door</i>	CYL_DOOR_C2_OPEN	104.01
29	<i>C2 Cylinder Forward</i>	CYL_C2_ADV	104.04
30	<i>C2 Cylinder Reverse</i>	CYL_C2_RET	104.05
31	<i>C2 High Pressure Air</i>	CMPRS_C2	104.06
32	<i>C2 Coolant High Pressure</i>	COLLENT_C2	104.07
33	<i>C2 Reverse with Medium Speed</i>	EJT_C2_RVS_HS	104.08
34	<i>C2 Reverse with Low Speed</i>	EJT_C2_RVS_LS	104.09
35	<i>C2 Forward with Medium Speed</i>	EJT_C2_FWD_HS	104.10
36	<i>C2 Forward with Medium Speed</i>	EJT_C2_FWD_LS	

37	<i>Gantry 3 Up</i>	CYL_G3_UP	105.00
38	<i>Gantry 3 Down</i>	CYL_G3_DOWN	105.01
39	<i>Gantry 3 Clamp</i>	CYL_G3_CLAMP	105.02
40	<i>Gantry 3 Unclamp</i>	CYL_G3_UNCLAMP	105.03
41	<i>Gantry 3 Forward with Medium Speed</i>	G3_FWD_HS	105.04
42	<i>Gantry 3 Forward with Low Speed</i>	G3_FWD_LS	105.05
43	<i>Gantry 3 Reverse with Medium Speed</i>	G3_RVS_HS	105.06
44	<i>Gantry 3 Reverse with Low Speed</i>	G3_RVS_LS	105.07
45	<i>Conveyor Forward with Medium Speed</i>	CONV_FWD_HS	106.00
46	<i>Conveyor Forward with Low Speed</i>	CONV_FWD_LS	106.01
47	<i>Conveyor Reverse with Medium Speed</i>	CONV_RVS_HS	106.02
48	<i>Conveyor Reverse with Low Speed</i>	CONV_RVS_LS	106.03
55	RED_LAMP	RED_LAMP	107.02
56	YELLOW_LAMP	YELLOW_LAMP	107.01
57	GREEN_LAMP	GREEN_LAMP	107.00

### 3.4.2. Konversi Switching Function ke Diagram Ladder

Setelah selesai melakukan pengalamatan maka tahap selanjutnya merupakan konversi switcing function yang telah dibuat menjadi diagram ladder.

Program utama diagram ladder berisikan konversi switching function ke diagram ladder digunakan alamat memori pin input dan alamat pin output yang sudah ditentukan sebelumnya. Disini merupakan tempat untuk merubah alamat kontak dan koil jika harus melakukan penggantian alamat pada pin input dan pin output.

Berikut ditampilkan diagram ladder pengalamatan input dan output sistem ke alamat memori.

<b><math>CR1 = (START + CR1) * \overline{CR2}</math></b>	
OUTPUT 1	: $A- = CR1$
OUTPUT 2	: $A2- = CR1 * RS Ejector A21 ret$



**OUTPUT 3 : A1+ = CR1 \* RS G1 down**

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



**Gambar 3. 4 Ladder Diagram CR1**

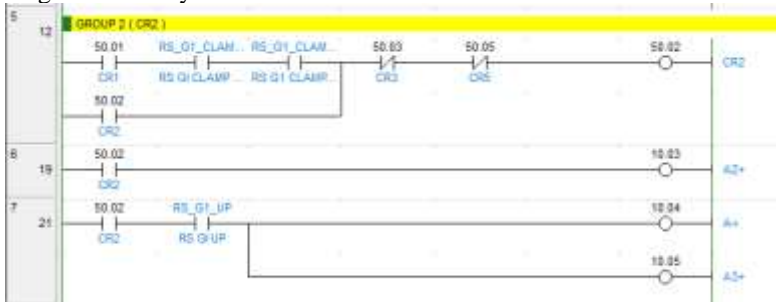
$$CR2 = ([CR1 * RS G1 clamp ON] + CR2) * \overline{CR3} * \overline{CR5}$$

OUTPUT 1 : A2+ = CR2

OUTPUT 2 : A+ = CR2 \* RS G1 up

OUTPUT 3 : A3+ = CR2 \* RS G1 up

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



**Gambar 3. 5 Ladder Diagram CR2**

$$CR3 = ([CR2 * LS BK B23 ON * LS slow wait A21B23 ON] + CR3) * \overline{CR4}$$

OUTPUT 1 : A3- = CR3

OUTPUT 2 : A4+ = CR3

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



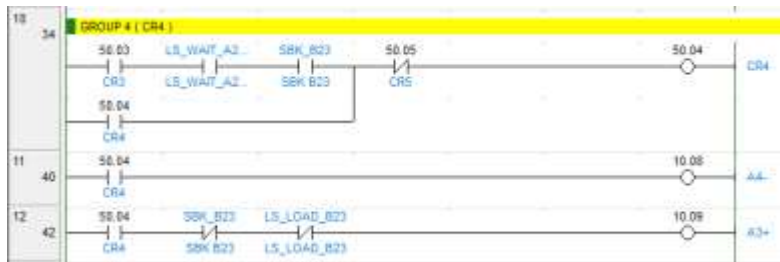
Gambar 3. 6 Ladder Diagram CR3

$$CR4 = ([CR3 * LS wait A21B23 ON * LS BK B23 ON] + CR4) * \overline{CR5}$$

OUTPUT 1 : A4- = CR4

OUTPUT 2 : A3+ = CR4 \* LS loadpost B23 ON \* LS BK B23 ON

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



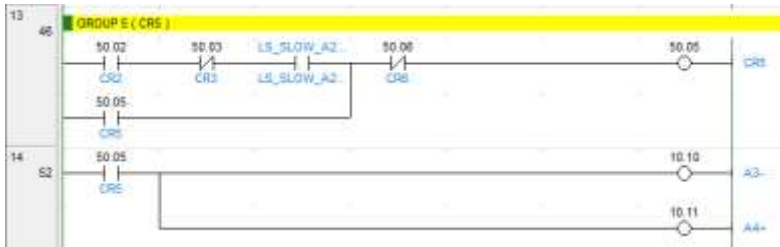
Gambar 3. 7 Ladder Diagram CR4

$$CR5 = ([CR2 * \overline{CR3} * LS slowdown A21B23 ON] + CR5) * \overline{CR6}$$

OUTPUT 1 : A3- = CR5

OUTPUT 2 : A4+ = CR5

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 8 Ladder Diagram CR5

$$CR6 = ([CR5 * LS \text{ load post } B23 \text{ front } ON] + CR6) * \overline{CR7}$$

OUTPUT 1 : A4- = CR6

OUTPUT 2 : A2- = CR6

OUTPUT 3 : A1- = CR6 \* RS G1 down ON

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 9 Ladder Diagram CR6

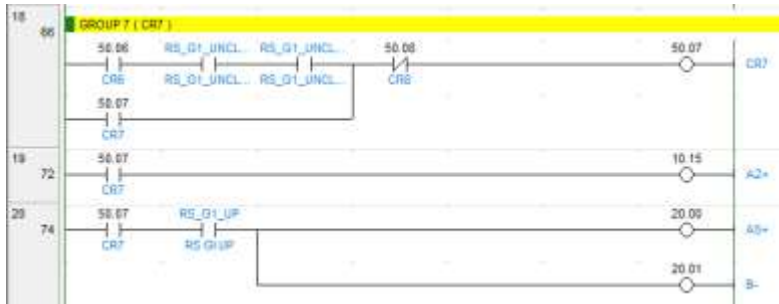
$$CR7 = ([CR6 * RS \text{ G1 unclamp } ON] + CR7) * \overline{CR8}$$

OUTPUT 1 : A2+ = CR7

OUTPUT 2 : A5+ = CR7 \* RS G1 up ON

OUTPUT 3 : B- = CR7 \* RS G1 up ON

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 10 Ladder Diagram CR7

$$CR8 = ([CR7 * LS slowdown B23A21 ON] + CR8) * LOADPOSTA21$$

OUTPUT 1 : A5- = CR8

OUTPUT 2 : A6+ = CR8

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 11 Ladder Diagram CR8

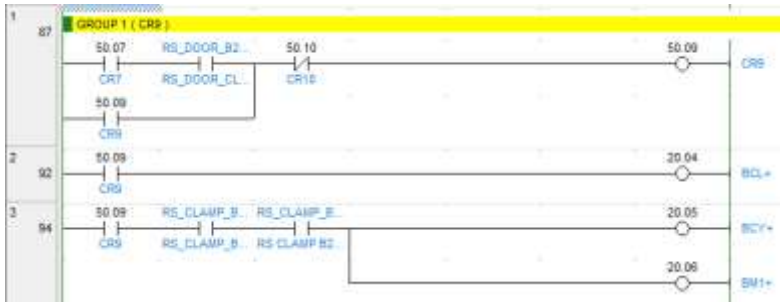
$$CR9 = ([CR7 * RS B23 doorclosed ON] + CR9) * \overline{CR10}$$

OUTPUT 1 : BCL+ = CR9

OUTPUT 2 : BCY+ = CR9 \* RS B23 clamp ON

OUTPUT 3 : BM1+ = CR9 \* RS B23 clamp ON

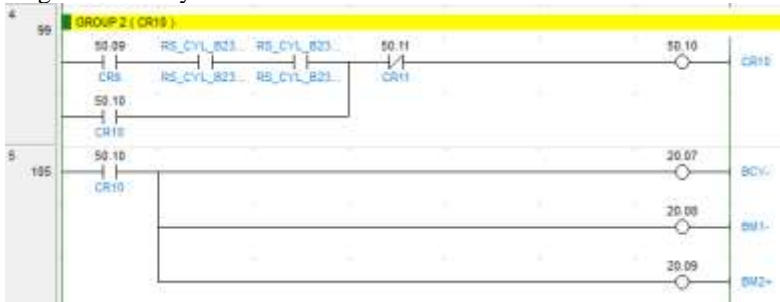
Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 12 Ladder Diagram CR9

<b><math>CR10 = ([CR9 * RS\ B23\ cylinder\ FWD\ ON] + CR10) * \overline{CR11}</math></b>	
OUTPUT 1	: BCY- = CR10
OUTPUT 2	: BM1- = CR10
OUTPUT 3	: BM2+ = CR10

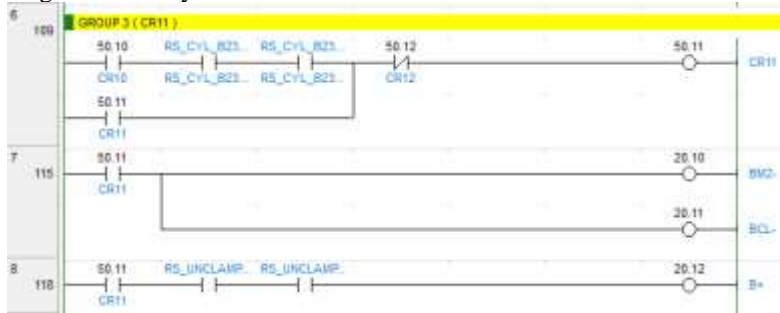
Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 13 Ladder Diagram CR10

<b><math>CR11 = ([CR10 * RS\ B23\ cylinder\ ret\ ON] + CR11) * \overline{CR12}</math></b>	
OUTPUT 1	: BM2- = CR11
OUTPUT 2	: BCL- = CR11
OUTPUT 3	: B+ = CR11 * RS B23 unclamp ON

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 14 Ladder Diagram CR11

$$CR12 = ([CR11 * RS B23 door open ON] + CR12) * \overline{CR13}$$

OUTPUT 1 : B5+ = CR12

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



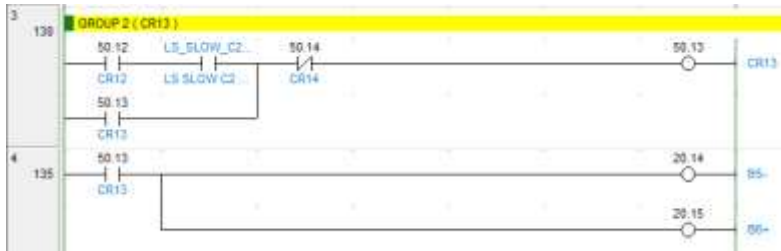
Gambar 3. 15 Ladder Diagram CR12

$$CR13 = ([CR12 * LS slowdown C2B23 ON] + CR13) * \overline{CR14}$$

OUTPUT 1 : B5- = CR13

OUTPUT 2 : B6+ = CR13

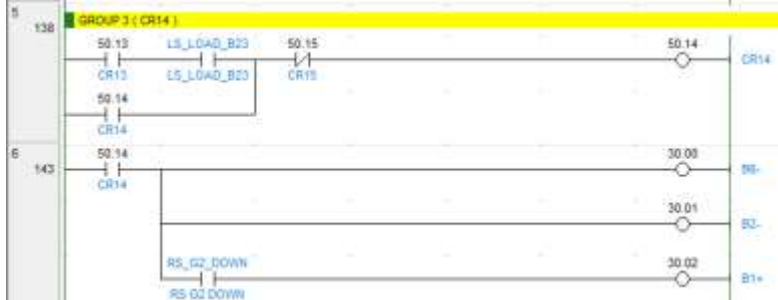
Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 16 Ladder Diagram CR13

<b><math>CR14 = ([CR13 * LS\ loadpost\ B23\ ON] + CR14) * \overline{CR15}</math></b>	
OUTPUT 1	: B6- = CR14
OUTPUT 2	: B2- = CR14
OUTPUT 3	: B1+ = CR14 * RS G2 down ON

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 17 Ladder Diagram CR14

<b><math>CR15 = ([CR14 * RS\ G2\ clamp\ ON] + CR15) * \overline{CR16} * \overline{CR18}</math></b>	
OUTPUT 1	: B2+ = CR15
OUTPUT 2	: B3+ = CR15 * RS G2 up ON

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



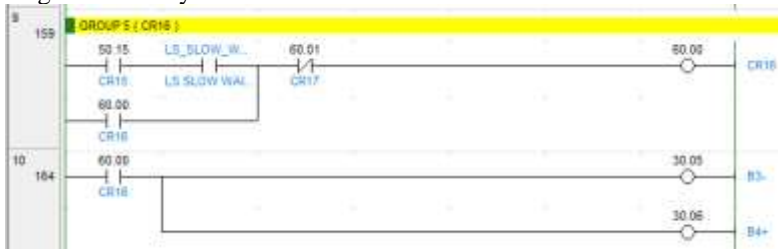
Gambar 3. 18 Ladder Diagram CR15

$$CR16 = ([CR15 * LS \text{ slowwait } B23C2 \text{ ON}] + CR16) * \overline{CR17}$$

OUTPUT 1 : B3- = CR16

OUTPUT 2 : B4+ = CR16

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 19 Ladder Diagram CR16

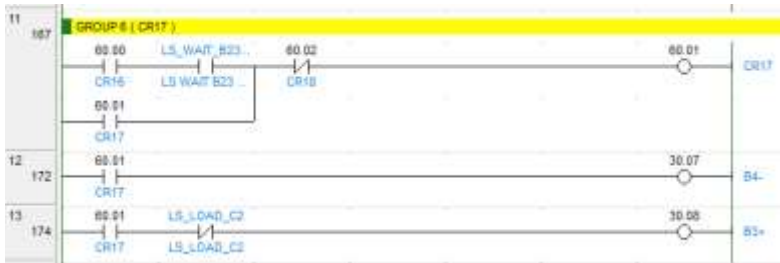
$$CR17 = ([CR16 * LS \text{ wait } B23C2 \text{ ON}] + CR17) * \overline{CR18}$$

OUTPUT 1 : B4- = CR17

OUTPUT 2 : B3+ = CR17 \* LS loadpost C2 OFF

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah





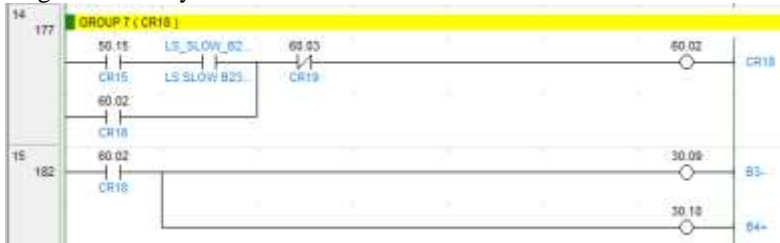
Gambar 3. 20 Ladder Diagram CR17

$$CR18 = ([CR15 * LS B23C2 slowdown ON] + CR18) * \overline{CR19}$$

OUTPUT 1 : B3- = CR18

OUTPUT 2 : B4+ = CR18

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 21 Ladder Diagram CR18

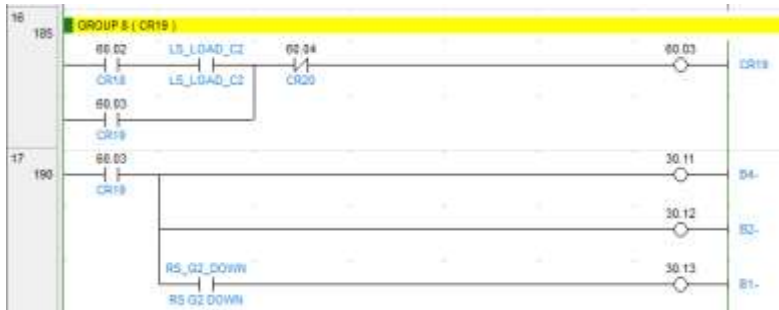
$$CR19 = ([CR18 * RS loadpost C2 ON] + CR19) * \overline{CR20}$$

OUTPUT 1 : B4- = CR19

OUTPUT 2 : B2- = CR19

OUTPUT 3 : B1- = CR19 \* RS G2 down ON

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 22 Ladder Diagram CR19

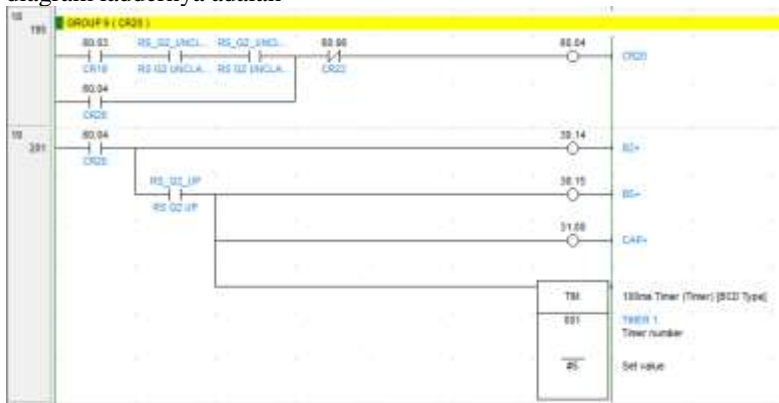
$$CR20 = ([CR19 * RS G2 unclamp ON] + CR20) * \overline{CR22}$$

OUTPUT 1 : B2+ = CR20

OUTPUT 2 : B5+ = CR20 \* RS G2 up

OUTPUT 3 : CAP+ = (CR20 \* RS G2 up)

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 23 Ladder Diagram CR20

$$CR21 = ([CR20 * LS slowwait C2B23 ON] + CR21) * \overline{LSWAITG2}$$

OUTPUT 1 : B5- = CR21

OUTPUT 2 : B6+ = CR21

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah

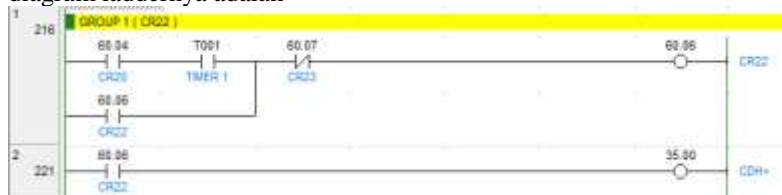


Gambar 3. 24 Ladder Diagram CR21

$$CR22 = ([ CR20 * T1 ] + CR22) * \overline{CR23}$$

OUTPUT 1 : CDH+ = CR22

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



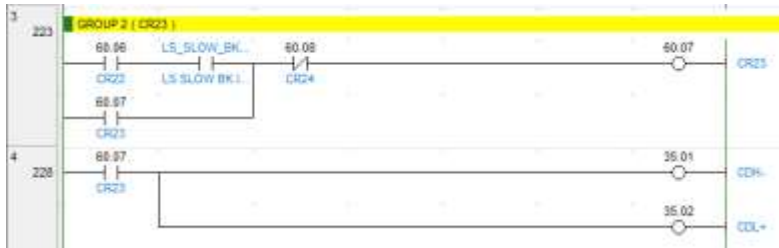
Gambar 3. 25 Ladder Diagram CR22

$$CR23 = ([ CR22 * LS slow BKIN C2 ON ] + CR23) * \overline{CR24}$$

OUTPUT 1 : CDH- = CR23

OUTPUT 2 : CDL+ = CR23

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 26 Ladder Diagram CR23

$$CR24 = ([ CR23 * LS C2 BKIN ON ] + CR24) * \overline{CR25}$$

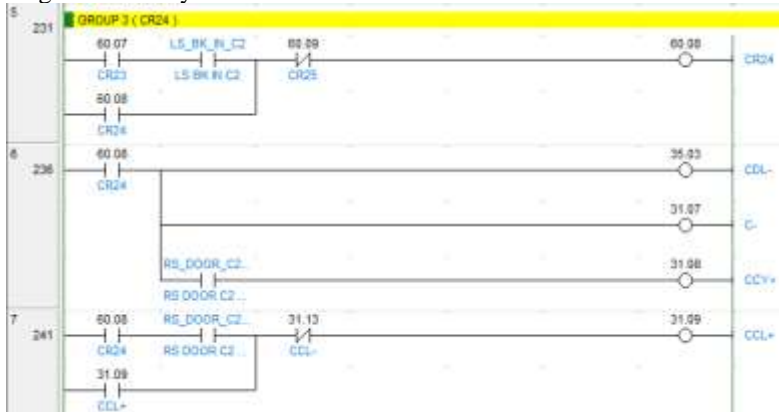
OUTPUT 1 :  $CDL- = CR24$

OUTPUT 2 :  $C- = CR24$

OUTPUT 3 :  $CCY+ = CR24 * RS C2 doorclose ON$

OUTPUT 4 :  $CCL+ = ([ R24 * RS C2 doorclose ON ] + (CCL+)) * \overline{CCL-}$

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 27 Ladder Diagram CR24

$$CR25 = ([CR24 * RS\ B23\ cylinder\ fwd\ ON] + CR25) * \overline{CR26}$$

OUTPUT 1 : CCY- = CR25

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah

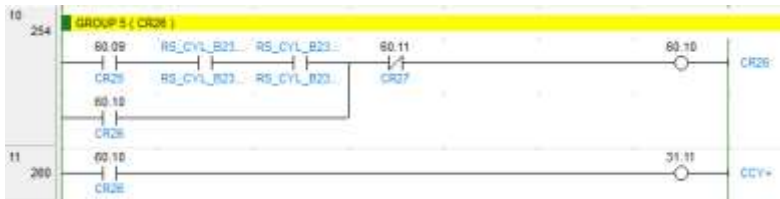


Gambar 3. 28 Ladder Diagram CR25

$$CR26 = ([CR25 * RS\ B23\ cylinder\ ret\ ON] + CR26) * \overline{CR27}$$

OUTPUT 1 : CCY+ = CR26

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 29 Ladder Diagram CR26

$$CR27 = ([CR26 * RS\ B23\ cylinder\ adv\ ON] + CR27) * \overline{CR28}$$

OUTPUT 1 : CCY- = CR27

OUTPUT 2 : CCL- = CR27 \* RS B23 cylinder RET ON

OUTPUT 3 : C+ = CR27 \* RS B23 cylinder ret ON

OUTPUT 4 : CMH+ = CR27 \* RS C2 dooropen ON

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



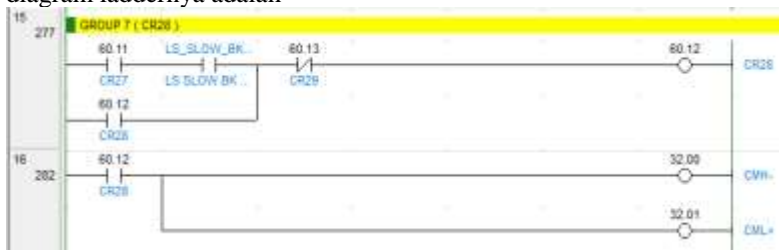
Gambar 3. 30 Ladder Diagram CR27

$$CR28 = ([ CR27 * LS\ slow\ BKOUT\ C2\ ON ] + CR28) * \overline{CR29}$$

OUTPUT 1 : CMH- = CR28

OUTPUT 2 : CML+ = CR28

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



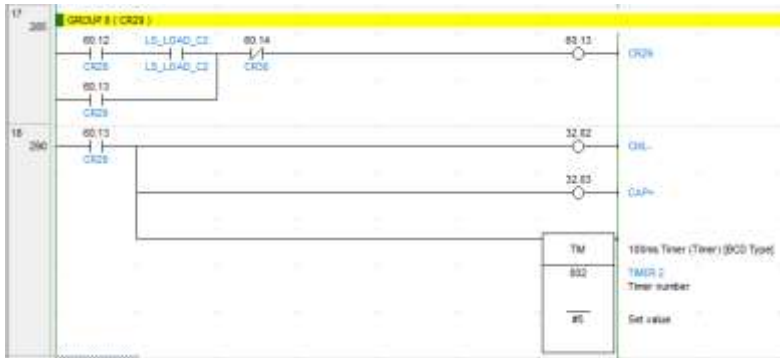
Gambar 3. 31 Ladder Diagram CR28

$$CR29 = ([ CR28 * LS\ C2\ loadpost\ ON ] + CR29) * \overline{CR30}$$

OUTPUT 1 : CML- = CR29

OUTPUT 2 : CAP+ = CR29

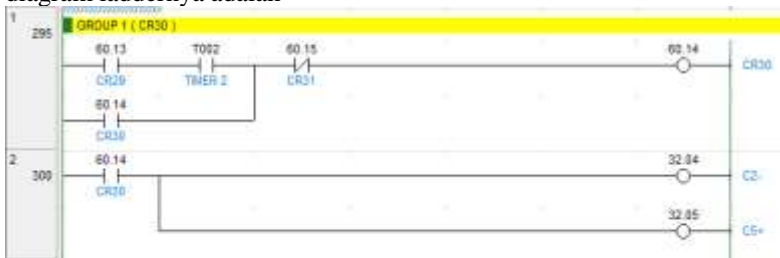
Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 32 Ladder Diagram CR29

$CR30 = ([ CR29 * T2 ] + CR30) * \overline{CR31}$	
OUTPUT 1	: C2- = CR30
OUTPUT 2	: C5+ = CR30

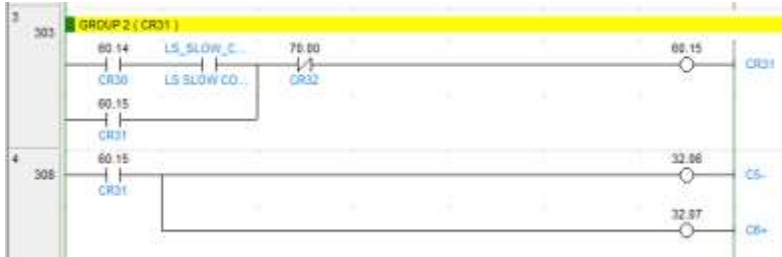
Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 33 Ladder Diagram CR30

$CR31 = ([ CR30 * LS\ slow\ CONV2\ ON ] + CR31) * \overline{CR32}$	
OUTPUT 1	: C5- = CR31
OUTPUT 2	: C6+ = CR31

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 34 Ladder Diagram CR31

$$CR32 = ([ CR31 * RS G3 down ON * LS loadpost C2 ON ] + CR32) * \overline{CR33}$$

OUTPUT 1 : C6- = CR32

OUTPUT 2 : C1+ = CR32

OUTPUT 3 : C2+ = CR32 \* RS G3 clamp ON

OUTPUT 4 : C3+ = CR32 \* RS G3 up ON

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 35 Ladder Diagram CR32

$$CR33 = ([ CR32 * LS slowC2CONV ON ] + CR33) * \overline{CR34}$$

OUTPUT 1 : C3- = CR33

OUTPUT 2 : C4+ = CR33



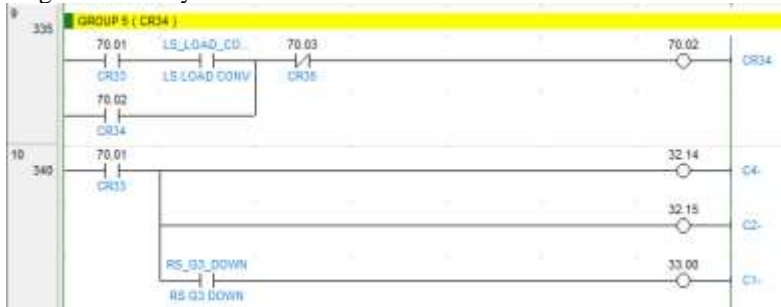
Berdasarkan persamaan dari switching function tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 36 Ladder Diagram CR33

<b><math>CR34 = ([ CR33 * LS loadconveyor ON] + CR34) * \overline{CR35}</math></b>	
OUTPUT 1	: C4- = CR34
OUTPUT 2	: C2- = CR34
OUTPUT 3	: C1- = CR34 * RS G3 down ON

Berdasarkan persamaan dari switching function tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 37 Ladder Diagram CR34

<b><math>CR35 = ([ CR34 * RS G3 unclamp ON] + CR34) * \overline{CR36}</math></b>	
OUTPUT 1	: C4+ = CR35

Berdasarkan persamaan dari switching function tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah

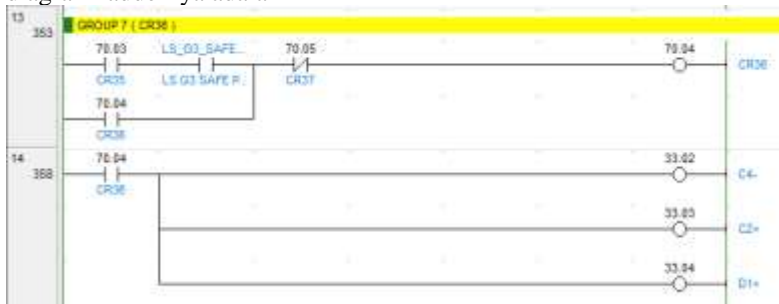


Gambar 3. 38 Ladder Diagram CR35

$$CR36 = ([ CR35 * LS safepost G3 ON] + CR36) * \overline{CR37}$$

- |          |              |
|----------|--------------|
| OUTPUT 1 | : C4- = CR36 |
| OUTPUT 2 | : C2+ = CR36 |
| OUTPUT 3 | : D1+ = CR36 |

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah

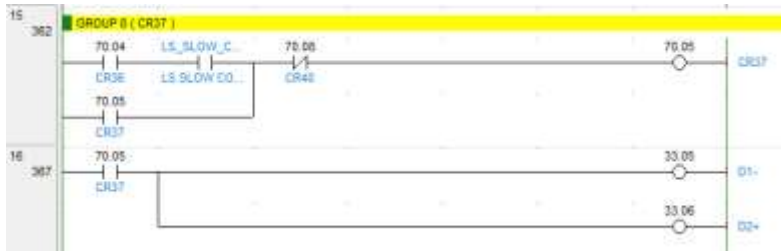


Gambar 3. 39 Ladder Diagram CR36

$$CR37 = ([ CR36 * LS slowCONVEND ON] + CR37) * \overline{CR40}$$

- |          |              |
|----------|--------------|
| OUTPUT 1 | : D1- = CR37 |
| OUTPUT 2 | : D2+ = CR37 |

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 40 Ladder Diagram CR37

<b><math>CR38 = ([ CR36 * RS G3 up ON ] + CR38) * \overline{CR39}</math></b>
OUTPUT 1        : C5+ = CR38

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 41 Ladder Diagram CR38

<b><math>CR39 = ([ CR38 * LS slowwait CONV2 ON ] + CR39) * LSWAIT G3</math></b>
OUTPUT 1        : C5- = CR39
OUTPUT 2        : C6+ = CR39

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 42 Ladder Diagram CR39

$$CR40 = ([ CR37 * PB convBACK] + CR40) * \overline{CR41}$$

OUTPUT 1 : D3+ = CR40

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 43 Ladder Diagram CR40

$$CR41 = ([ CR40 * LS SLOW ENDCONV ON] + CR41) * LOADPOST CONV$$

OUTPUT 1 : CR41

OUTPUT 2 : D4+ = CR41

Berdasarkan persamaan dari switching funtion tersebut maka tampilan dari diagram laddernya adalah



Gambar 3. 44 Ladder Diagram CR41

### 3.5 Perancangan HMI

Setelah *ladder diagram* dirancang dan dibuat, berikutnya adalah melakukan perancangan HMI, terdapat 2 proses yang perlu dilakukan ketika membuat HMI yaitu adalah perancangan tampilan HMI dan melakukan pengalamatan sehingga HMI tersebut dapat terintegrasi dan saling berkomunikasi dengan perangkat PLC. Pada tugas akhir ini *hardware* HMI yang digunakan adalah sebuah *Personal Computer* (PC) dan *software* yang digunakan adalah *CX-Designer* karena perangkat PLC yang digunakan adalah PLC Omron sehingga koneksi antara PLC dan HMI lebih mudah dilakukan.

#### 3.5.1. Tampilan HMI

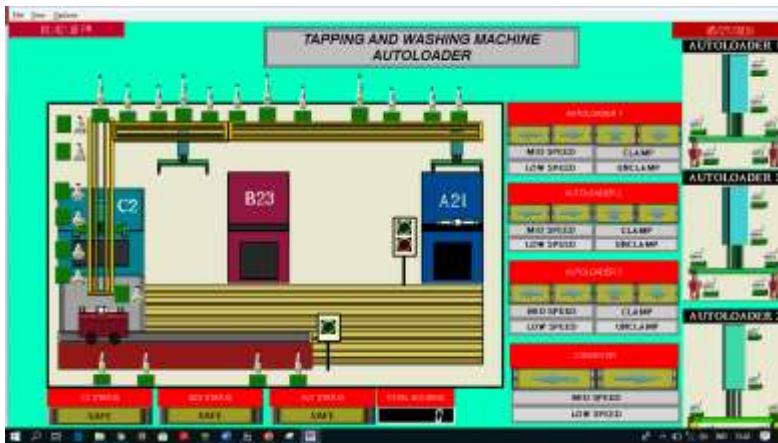
Dari sistem yang sudah dirumuskan mengenai *plant tapping and washing machine autoloader* ini, maka dibuatlah sebuah tampilan HMI yang dapat menggambarkan seluruh proses serta sensor-sensor dan indikator sehingga alur proses yang terjadi pada sistem dapat dipahami lebih mudah melalui tampilan HMI ini.

Diakarenakan banyaknya alur proses serta banyaknya sensor dan indikator yang digunakan, maka HMI dibuat dan dibagi menjadi 6 *screen*/layar, dan 5 *menu* yang tersedia. *Menu-menu* yang tersedia adalah *Main Menu*, *A21 Machine*, *B23 Machine*, dan *C2 machine*. Pada masing-masing *menu* terdapat tampilan yang secara tidak langsung dapat merincikan bagaimana alur proses yang terjadi.



Gambar 3. 45 tampilan halaman depan HMI

*Main menu* ini adalah tampilan awal yang akan ditampilkan. Pada tampilan ini terdapat judul dari *plant* dan juga data diri dari perancang HMI serta pilihan-pilihan *menu* yang digunakan untuk berpindah dari satu menu ke menu lainnya. Tampilan awal ini adalah tampilan pengantar menuju ke tampilan-tampilan lainnya. Terdapat juga tampilan tanggal serta jam untuk memudahkan seorang *operator* melihat waktu ketika sedang mengoperasikan HMI.

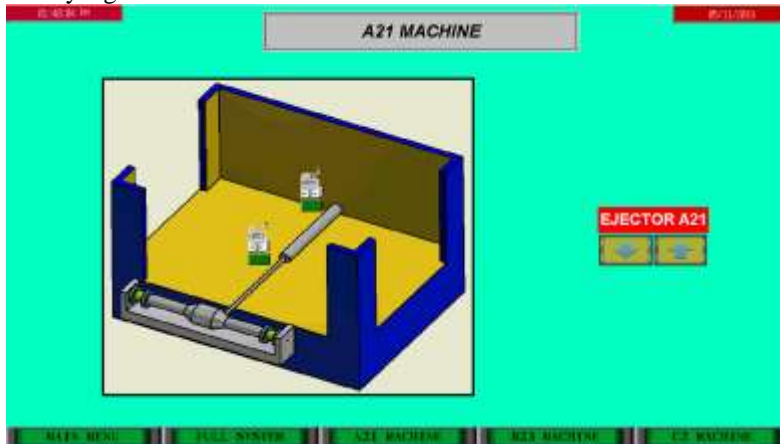


Gambar 3. 46 halaman utama HMI

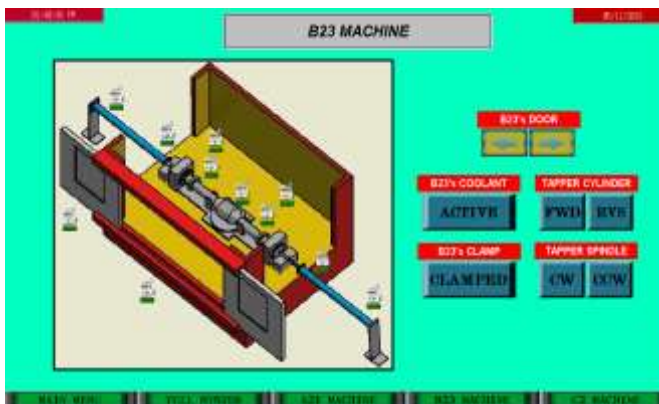
Pada bagian *full system menu*, disini ditampilkan secara umum gambaran dari alur proses *tapping and washing machine autoloader plant* ini, mulai dari proses pergerakan tiap-tiap *autoloader* dan juga pergerakan dari konveyor. Pada *menu* ini juga terdapat *input-input* yang terdapat pada sistem diantaranya seperti *limit switch*, *reed switch* dan *push button*, yang dapat dioperasikan dan langsung terintegrasi dengan PLC. Proses yang terjadi diindikasikan dengan indikator lampu. Tiap-tiap mesin secara umum juga terdapat pada tampilan *menu* ini, yang nantinya akan terdapat pula pada *menu-menu* lainnya secara rinci.

*Menu* berikutnya adalah A21, B23, dan C2 *machine*. Tampilan dari ketiga *menu* ini memiliki konsep yang sama yaitu tiap-tiap *menu* memiliki tampilan atau gambar 3 dimensi dari mesin tersebut, tujuannya adalah agar pengguna

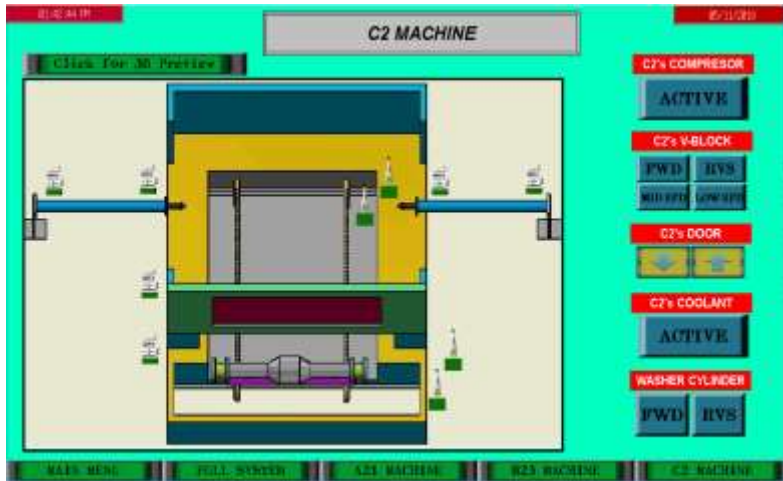
dapat mengetahui gambaran mengenai proses yang dilakukan oleh mesin tersebut. Berikut adalah gambar tampilan dari menu A21, B23 , dan C2 machine yang telah dibuat.



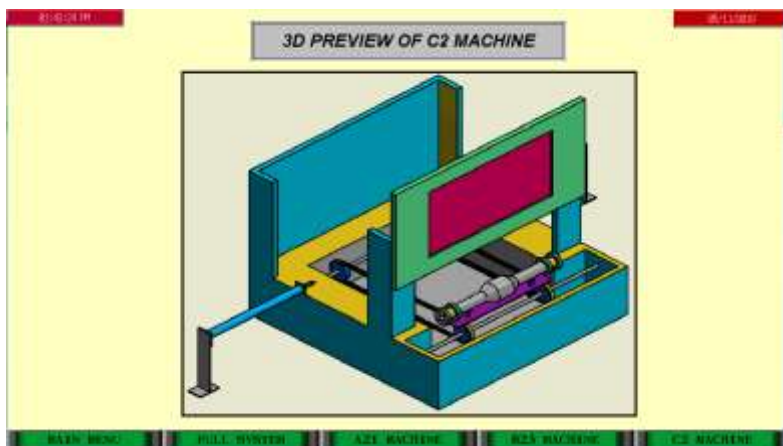
Gambar 3. 47 HMI mesin A21



Gambar 3. 48 HMI mesin B23



Gambar 3. 49 mesin C2



Gambar 3. 50 tampilan 3D mesin C2



Pada tiap-tiap *menu* juga terdapat sensor-sensor yang diletakan pada posisinya masing-masing yang digunakan untuk melakukan simulasi alur proses dari mesin. Selain itu juga terdapat indikator dari *output-output* yang terdapat pada mesin tersebut, inditkator ini digunakan agar pengguna mengetahui saat ini proses apa yang sedang berlangsung pada mesin tersebut.

### **3.5.2. Alamat Pada HMI**

Setelah tampilan selesai dibuat, maka selanjutnya adalah melakukan pengalamatan pada tiap-tiap komponen yang digunakan pada HMI. Pengalamatan ini disesuaikan dengan pengalamatan yang digunakan pada program PLC yang dibuat sehingga nantinya program PLC dapat terhubung dan saling berkomunikasi dengan HMI. Diantara komponen dari HMI yang perlu dilakukan pengalamatannya adalah yang pertama sensor yang digunakan pada HMI. Pada perancangan ini sensor yang digunkan diantaranya adalah *limit switch* dan *push button*. Kemudian yang kedua adalah indikator-indikator lampu yang digunakan untuk mengamati aktif atau tidaknya *output* pada mesin tersebut.

Setelah tiap-tiap komponen yang digunakan pada HMI disesuaikan alamatnya, maka HMI telah siap untuk dilakukan pengujian dengan cara melakukan simulasi langsung dan terhubung dengan program PLC.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB IV IMPLEMENTASI DAN ANALISIS

Pada bab sebelumnya telah dilakukan perancangan program ladder diagram keseluruhan sistem menggunakan metode *cascade*. Selanjutnya pada bab ini akan diuji kesesuaiannya dengan alur proses serta input output yang telah ditetapkan. Pengujian ini menggabungkan antara PLC melalui aplikasi *CX-programmer* dengan HMI yang menggunakan aplikasi *CX-Designer*.

### 4.1. Implementasi Sistem

Bentuk implementasi ini adalah menerapkan alamat input output yang telah ditetapkan sebelumnya pada alamat PLC. Serta mengupload alamat tersebut ke dalam PLC dan mengintegrasikannya dengan perangkat HMI.

Namun pada prakteknya tidak semua alamat yang telah didefinisikan pada bahasan sebelumnya akan digunakan pada PLC karena jumlahnya sangat banyak. Oleh karena itu digunakan alamat memory virtual yang terdapat pada PLC tersebut. Sehingga output utama tidak akan memakan banyak relay serta dari faktor keamanan akan lebih aman karena antara input dengan output tidak berhubungan secara langsung. Berikut adalah alamat input output serta memory yang telah dimasukkan ke dalam PLC

* LS_SLOW_WAIT_B23_C2	BOOL	2.00	Work	LS SLOW WAIT B23 C2
* LS_WAIT_B23_C2	BOOL	2.01	Work	LS WAIT B23 C2
* LS_SLOW_WAIT_C2_B23	BOOL	2.02	Work	LS SLOW WAIT C2 B23
* LS_SLOW_B23_C2	BOOL	2.03	Work	LS SLOW B23 C2
* LS_LOAD_C2	BOOL	2.04	Work	LS_LOAD_C2
* LS_BK_OUT_C2	BOOL	2.05	Work	LS BK OUT C2
* LS_BK_IN_C2	BOOL	2.06	Work	LS BK IN C2
* LS_SLOW_BK_IN_C2	BOOL	2.07	Work	LS SLOW BK IN C2
* LS_SLOW_BK_OUT_C2	BOOL	2.08	Work	LS SLOW BK OUT C2
* LS_CYL_C2_FRONT_L	BOOL	2.09	Work	LS CYL C2 FRONT L
* LS_CYL_C2_FRONT_R	BOOL	2.10	Work	LS SIL C2 FRONT R
* LS_CYL_C2_BACK_L	BOOL	2.11	Work	LS SIL C2 BACK L
* LS_CYL_C2_BACK_R	BOOL	2.12	Work	LS SIL C2 BACK R
* RS_DOOR_C2_CLOSED	BOOL	2.13	Work	RS DOOR C2 CLOSED
* RS_DOOR_C2_OPENED	BOOL	2.14	Work	RS DOOR C2 OPENED
* LS_SLOW_C2_B23	BOOL	2.15	Work	LS SLOW C2 B23

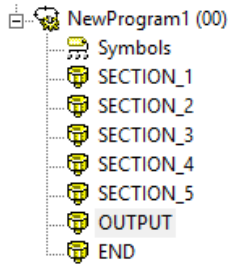
**Gambar 4. 1** pengalaman input output pada PLC

- RS_G1_UP	BOOL	3.00	Work	RS G3 UP
- RS_G1_DOWN	BOOL	3.01	Work	RS G3 DOWN
- RS_G1_CLAMP_R	BOOL	3.02	Work	RS G3 CLAMP R
- RS_G1_CLAMP_L	BOOL	3.03	Work	RS G3 CLAMP L
- RS_G1_UNCLAMP_R	BOOL	3.04	Work	RS G3 UNCLAMP R
- RS_G1_UNCLAMP_L	BOOL	3.05	Work	RS G3 UNCLAMP L
- LS_SLOW_CONV_C2	BOOL	3.06	Work	LS SLOW CONV C2
- LS_WAIT_CONV_C2	BOOL	3.07	Work	LS WAIT CONV C2
- LS_SLOW_WAIT_CONV_C2	BOOL	3.08	Work	LS SLOW WAIT CONV C2
- LS_SLOW_C2_CONV	BOOL	3.09	Work	LS SLOW C2 CONV
- LS_UNLOAD_CONV	BOOL	3.10	Work	LS UNLOAD CONV
- LS_G3_SAFE_POS	BOOL	3.11	Work	LS G3 SAFE POS
- LS_LOAD_CONV	BOOL	3.12	Work	LS LOAD CONV
- LS_SLOW_END_CONV	BOOL	3.13	Work	LS SLOW END CONV
- LS_SLOW_CONV_END	BOOL	3.14	Work	LS SLOW CONV END
- LS_LOAD_GATE	BOOL	3.15	Work	LS_LOAD_END
- PB_FINISH_CONV	BOOL	4.00	Work	PB FINISH CONV
- LS_LOAD_CONV_C2	BOOL	4.01	Work	LS_LOAD_CONV
- PB_STOP	BOOL	4.02	Work	PB STOP
- PB_START	BOOL	5.00	Work	PB START
- RS_EIT_A21_BACK	BOOL	5.01	Work	RS ejector A21 back
- RS_EIT_A21_FRONT	BOOL	5.02	Work	RS EJECTOR A21 FRONT
- RS_G1_DOWN	BOOL	5.03	Work	RS G1 DOWN
- RS_G1_UP	BOOL	5.04	Work	RS G1 UP
- RS_G1_CLAMP_R	BOOL	5.05	Work	RS G1 CLAMP RIGHT
- RS_G1_CLAMP_L	BOOL	5.06	Work	RS G1 CLAMP LEFT
- LS_LOAD_A21	BOOL	5.07	Work	LS LOADING A21
- LS_SLOW_WAIT_A21_B23	BOOL	5.08	Work	LS SLOW WAITING A21 B23
- LS_WAIT_A21_B23	BOOL	5.09	Work	LS_WAIT_A21_B23
- LS_SLOW_A21_B23	BOOL	5.10	Work	LS_SLOW_A21_B23
- LS_LOAD_B23	BOOL	5.11	Work	LS_LOAD_B23
- RS_DOOR_B23_OPENED	BOOL	5.12	Work	RS_DOOR_OPENED
- RS_DOOR_B23_CLOSED	BOOL	5.13	Work	RS_DOOR_CLOSED
- RS_CLAMP_B23_R	BOOL	6.00	Work	RS_CLAMP_B23 RIGHT
- RS_CLAMP_B23_L	BOOL	6.01	Work	RS_CLAMP_B23 L
- RS_CVL_B23_FRONT_R	BOOL	6.02	Work	RS_CVL_B23_FRONT_R
- RS_CVL_B23_BACK_R	BOOL	6.03	Work	RS_CVL_B23_BACK_R
- RS_G1_UNCLAMP_R	BOOL	6.04	Work	RS_G1_UNCLAMP_R
- RS_G1_UNCLAMP_L	BOOL	6.05	Work	RS_G1_UNCLAMP_L
- LS_SLOW_B23_A21	BOOL	6.06	Work	LS_SLOW_B23_A21
- SBK_B23	BOOL	6.07	Work	SBK B23
- RS_CVL_B23_FRONT_L	BOOL	6.08	Work	RS_CVL_B23_FRONT_L
- RS_CVL_B23_BACK_L	BOOL	6.09	Work	RS_CVL_B23_BACK_L
- RS_G2_UP	BOOL	6.10	Work	RS G2 UP
- RS_G2_DOWN	BOOL	6.11	Work	RS G2 DOWN
- RS_G2_CLAMP_R	BOOL	6.12	Work	RS G2 CLAMP R
- RS_G2_CLAMP_L	BOOL	6.13	Work	RS G2 CLAMP L
- RS_G2_UNCLAMP_R	BOOL	6.14	Work	RS G2 UNCLAMP R
- RS_G2_UNCLAMP_L	BOOL	6.15	Work	RS G2 UNCLAMP L
- RS_UNCLAMP_B23_L	BOOL	7.00	Work	
- RS_UNCLAMP_B23_R	BOOL	7.01	Work	

- EJT_A21_RET	BOOL	100.00	Out	A-
- EJT_A21_ADV	BOOL	100.01	Out	A+
- CYL_G1_UP	BOOL	101.00	Out	A2+
- CYL_G1_DOWN	BOOL	101.01	Out	A2-
- CYL_G1_CLAMP	BOOL	101.02	Out	A1+
- CYL_G1_UNCLAMP	BOOL	101.03	Out	A1-
- G1_FWD_HS	BOOL	101.04	Work	A3+
- G1_FWD_LS	BOOL	101.05	Work	A4+
- G1_RVS_HS	BOOL	101.06	Work	A5+
- G1_RVS_LS	BOOL	101.07	Work	A6+
- CYL_DOOR_B23_OPEN	BOOL	102.00	Work	B+
- CYL_DOOR_B23_CLOSE	BOOL	102.01	Work	B-
- CYL_B23_CLAMP	BOOL	102.02	Work	BCL+
- CYL_B23_UNCLAMP	BOOL	102.03	Work	BCL-
- CYL_B23_ADV	BOOL	102.04	Work	BCY+
- CYL_B23_RET	BOOL	102.05	Work	BCY-
- SPINDEL_B23_CW	BOOL	102.06	Work	BM1+
- SPINDEL_B23_CCW	BOOL	102.07	Work	BM2+
- CYL_G2_UP	BOOL	103.00	Work	B2+
- CYL_G2_DOWN	BOOL	103.01	Work	B2-
- CYL_G2_CLAMP	BOOL	103.02	Work	B1+
- CYL_G2_UNCLAMP	BOOL	103.03	Work	B1-
- G2_RVS_HS	BOOL	103.04	Work	B5+
- G2_RVS_LS	BOOL	103.05	Work	B6+
- G2_FWD_HS	BOOL	103.06	Work	B3+
- G2_FWD_LS	BOOL	103.07	Work	B4+

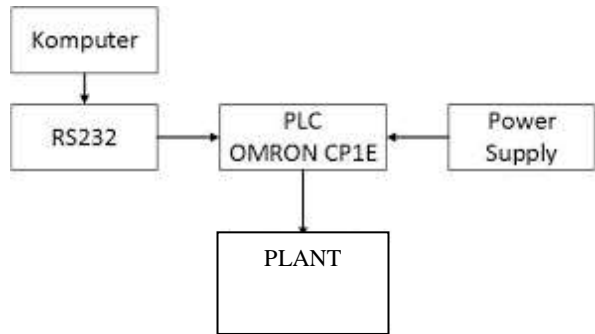
- CYL_DOOR_C2_OPEN	BOOL	104.00	Work	C-
- CYL_DOOR_C2_CLOSE	BOOL	104.01	Work	C+
- CYL_C2_ADV_L	BOOL	104.02	Work	CCY+ LEFT
- CYL_C2_RET_L	BOOL	104.03	Work	CCT- LEFT
- CYL_C2_ADV_R	BOOL	104.04	Work	CCY+ RIGHT
- CYL_C2_RET_R	BOOL	104.05	Work	CCY- RIGHT
- CMPSR_C2	BOOL	104.06	Work	CAP+
- COLLENT_C2	BOOL	104.07	Work	CCL+
- EJT_C2_RVS_HS	BOOL	104.08	Work	CDH+
- EJT_C2_RVS_LS	BOOL	104.09	Work	CDL+
- EJT_C2_FWD_HS	BOOL	104.10	Work	CMH+
- EJT_C2_FWD_LS	BOOL	104.11	Work	CML+
- CYL_G3_UP	BOOL	105.00	Work	C2+
- CYL_G3_DOWN	BOOL	105.01	Work	C2-
- CYL_G3_CLAMP	BOOL	105.02	Work	C1+
- CYL_G3_UNCLAMP	BOOL	105.03	Work	C1-
- G3_FWD_HS	BOOL	105.04	Work	C3+
- G3_FWD_LS	BOOL	105.05	Work	C4+
- G3_RVS_HS	BOOL	105.06	Work	C5+
- G3_RVS_LS	BOOL	105.07	Work	C6+
- CONV_FWD_HS	BOOL	106.00	Work	D1+
- CONV_FWD_LS	BOOL	106.01	Work	D2+
- CONV_RVS_HS	BOOL	106.02	Work	D3+
- CONV_RVS_LS	BOOL	106.03	Work	D4+
- GREEN_LAMP	BOOL	107.00	Work	GREEN LAMP
- YELLOW_LAMP	BOOL	107.01	Work	YELLOW LAMP
- RED_LAMP	BOOL	107.02	Work	RED LAMP

Selanjutnya adalah program ladder diagram yang telah dikelompokkan berdasarkan *section* masing masing dimana terdapat 5 *section* berbeda yang terdiri dari beberapa grup di dalamnya. Serta sebuah *section* khusus untuk switching output PLC



**Gambar 4. 2 Section pada program PLC**

Setelah itu berikutnya adalah melakukan proses *upload* program pada perangkat PLC menggunakan koneksi yang disediakan oleh perangkat PLC CP1E yaitu menggunakan kabel USB. *Port* yang tersedia pada perangkat PLC CP1E ada 2 buah. Yang pertama adalah *port* USB dan yang kedua adalah *port* RS-232 dengan komunikasi serial. *Port* USB digunakan untuk mentransfer program baik dari PC ke PLC maupun sebaliknya, sedangkan *port* serial RS-232 digunakan sebagai jalur komunikasi dari HMI ke PLC maupun sebaliknya. Konfigurasi pengkabelan PLC dengan HMI adalah sebagai berikut:



**Gambar 4. 3 konfigurasi PLC dengan komputer**

## 4.2. Pengujian Sistem

Pengujian yang akan dilakukan pada sistem ini adalah pengujian mengenai urutan alur proses, kemudian berikutnya adalah pengujian mengenai lamanya waktu proses. Pengujian alur proses bertujuan untuk memastikan apakah rancangan program *ladder diagram* yang kita buat sudah berjalan sesuai urutannya atau tidak. Sedangkan pengujian mengenai lamanya waktu proses dilakukan untuk mengamati dan menyimpulkan rata-rata *cycle time* atau waktu yang diperlukan untuk memproses 1 buah *housing*.

Pengujian akan dilakukan pada *section* yang pembahasannya sudah dijelaskan pada bab sebelumnya yaitu *section 1*. Proses pengujian sistem dilakukan dengan cara melakukan simulasi dengan menggunakan perangkat HMI sekaligus dengan menggunakan CX-Programmer, untuk pengujian alur proses, parameter yang diamati yaitu status/indikator *input* dan *output* yang terdapat pada perangkat PLC untuk melakukan pengecekan apakah proses yang berjalan pada program sudah sesuai dengan status indikator pada HMI serta indikator langsung dari perangkat HMI. Sedangkan proses pengujian lamanya waktu proses dilakukan dengan cara melakukan simulasi alur proses dari awal hingga akhir sebanyak 10 kali kemudian dicatat waktunya dan dicari nilai rata-rata dari hasil pengujian tersebut

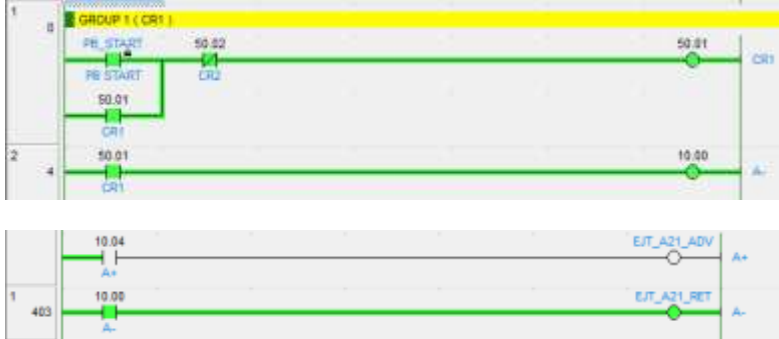
### 4.2.1. Pengujian Alur Sistem

Sebelum pengujian alur proses pada HMI dilakukan, hal pertama yang perlu dilakukan adalah mengatur terlebih dahulu seluruh sensor yang digunakan pada HMI telah berada pada posisi *initial condition* atau kondisi awal. Pengaturan kondisi sensor dilakukan dengan cara mengatur langsung pada HMI ketika simulasi sudah dijalankan

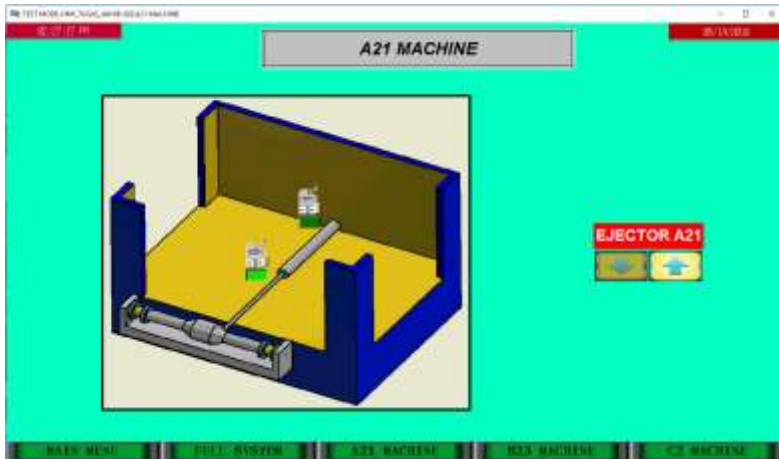


Gambar 4. 4 Pengaturan Initial Condition

Setelah seluruh sensor sudah dalam kondisi awal, maka sistem dimulai dengan menekan *push button start*, maka akan mengaktifkan relay 1 (CR1) sekaligus mengaktifkan output (A-) dan akan mengaktifkan indikator *output/action* yaitu *ejector A21* akan mundur atau masuk kedalam mesin.



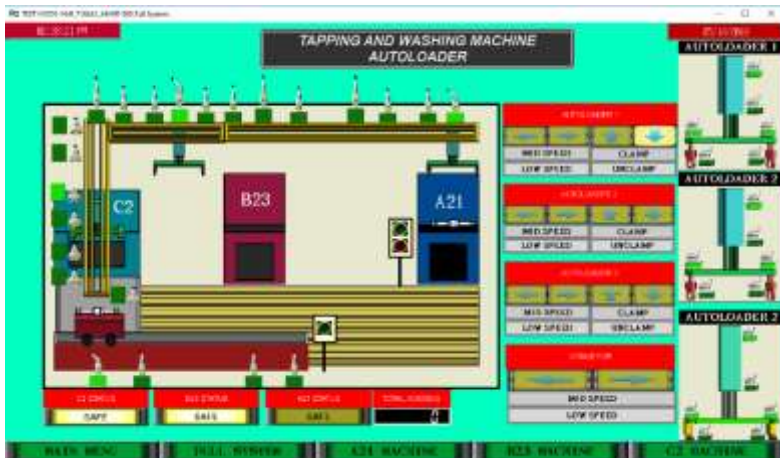
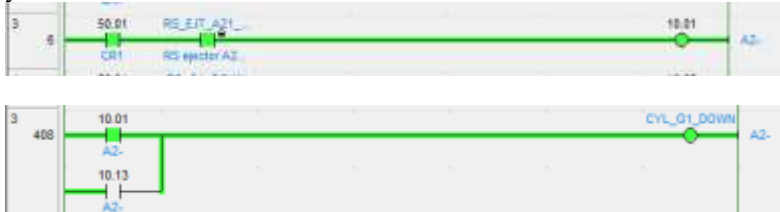
Gambar 4. 5 uji coba step 1



Gambar 4. 6 uji coba step 1

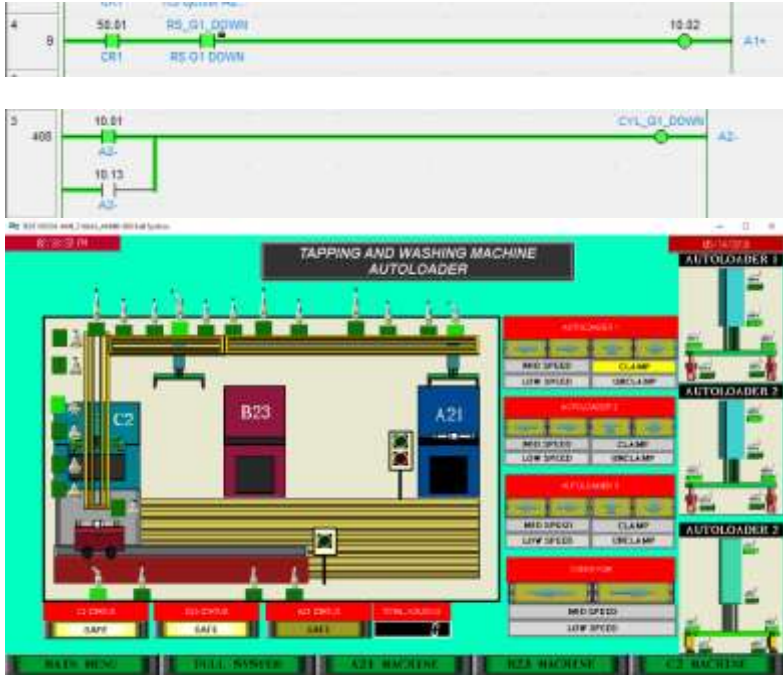


Kemudian setelah *ejector* A21 mundur dan menyentuh sensor *minimum* silinder *ejector* A21, maka akan mengaktifkan sensor RS\_EJT\_BACK dan akan mengaktifkan indikator *output/action* pada step 3 yaitu *autoloader* 1 turun.



Gambar 4. 7 uji coba step 3

Setelah *autoloader* 1 turun dan menyentuh sensor RS *down*, maka akan mengaktifkan sensor G1\_DOWN sekaligus mengaktifkan step 4 dan akan mengaktifkan indikator *output/action* pada step 4 yaitu *autoloader* 1 *clamping*.



Gambar 4. 8 pengujian step 4

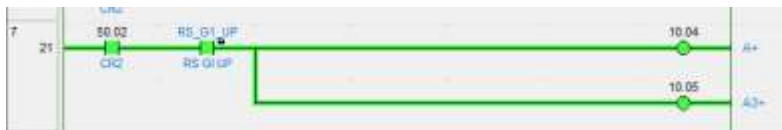
Berikutnya setelah *autoloader* 1 melakukan *clamping* dan sensor RS *clamped* tersentuh, maka akan mengaktifkan relay 2 (CR2) sekaligus mengaktifkan step 5 dan akan mengaktifkan indikator *output/action* pada step 5 yaitu *autoloader* 1 naik. Serta memutus CR1

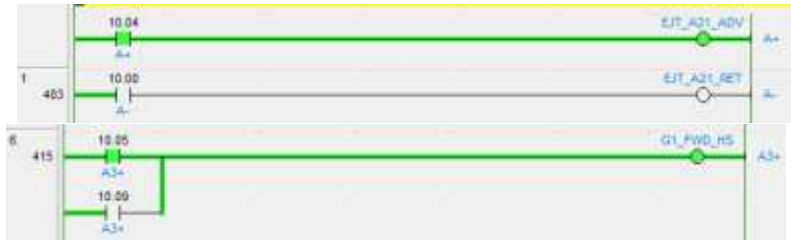




Gambar 4. 9 Pengujian step 5

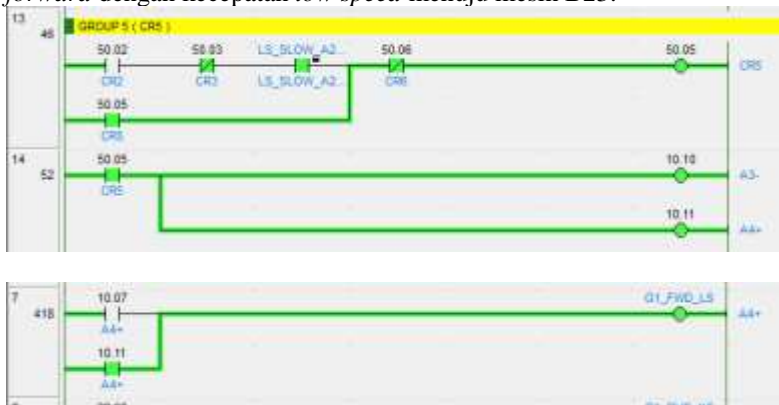
Kemudian setelah *autoloader* 1 naik dan sensor *RS up* tersentuh, maka akan mengaktifkan step 6 dan akan mengaktifkan indikator *output/action* pada step 6 yaitu *autoloader* 1 akan menuju ke mesin B23 dengan kecepatan *middle speed* bersamaan dengan *ejector* A21 maju. Beberapa saat kemudian akan menyentuh sensor *slow waiting* A21-B23, pada saat itu sistem akan membaca kondisi dari mesin B23 apakah dalam keadaan *safe* atau tidak. Jika kondisi mesin B23 dalam keadaan *safe* maka relay 3 dan 4 ( CR3, CR4 ) tidak akan aktif dan *autoloader* 1 untuk tetap bergerak menuju mesin B23 dengan kecepatan *middle speed*.

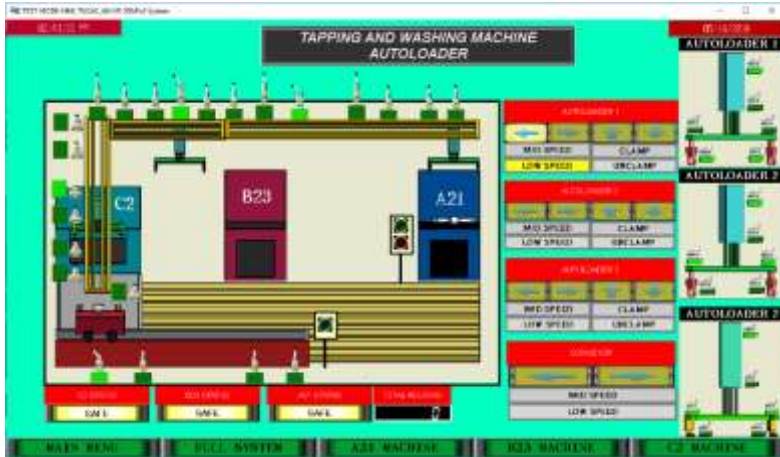




**Gambar 4. 10 Pengujian step 6**

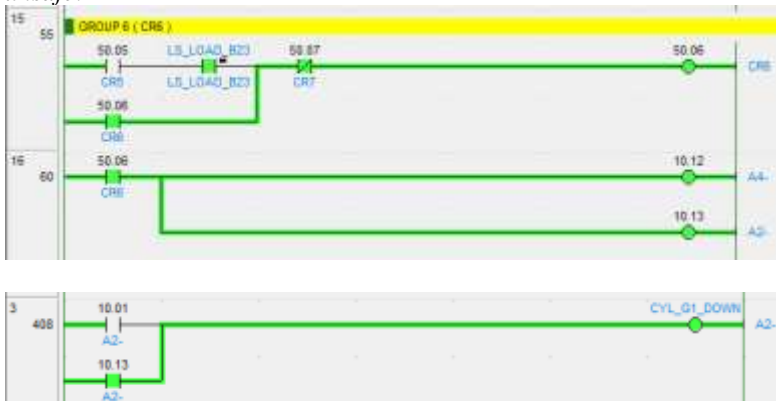
Selanjutnya *autoloader* 1 akan terus bergerak *forward* menuju mesin B23 dengan kecepatan *middle speed* hingga menyentuh sensor *slow* B23-A21 maka akan mengaktifkan relay 5 (CR5) kemudian mengaktifkan *step* 8 sehingga *action* terdapat pada step 8 akan aktif yaitu *autoloader* 1 bergerak *forward* dengan kecepatan *low speed* menuju mesin B23.

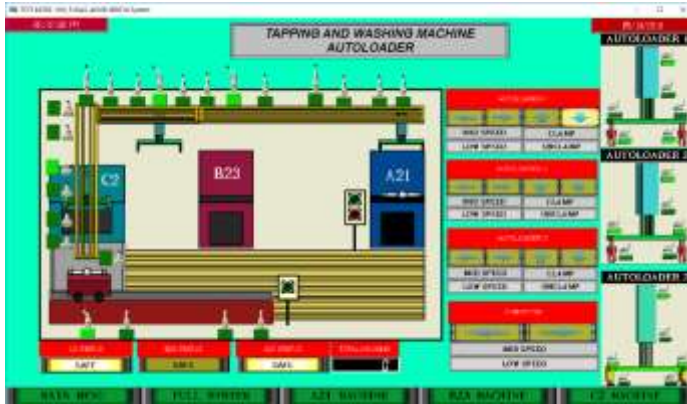




Gambar 4. 11 Pengujian step 7 8

Kemudian berikutnya *autoloader* 1 akan menyentuh sensor *loading position* mesin B23, lalu akan aktif relay 6 (CR6) dan mengaktifkan *step* 9. *Action* pada *step* 9 akan aktif seiring dengan aktifnya *step* 9 yaitu *autoloader* 1 akan turun (A2-) untuk meletakkan *housing* pada mesin B23. Pada kondisi ini, dapat diamati bahwa ketika ada *autoloader* yang sedang beroperasi pada mesin di area mesin B23 maka sistem akan mengindikasikan bahwa mesin B23 *unsafe*.





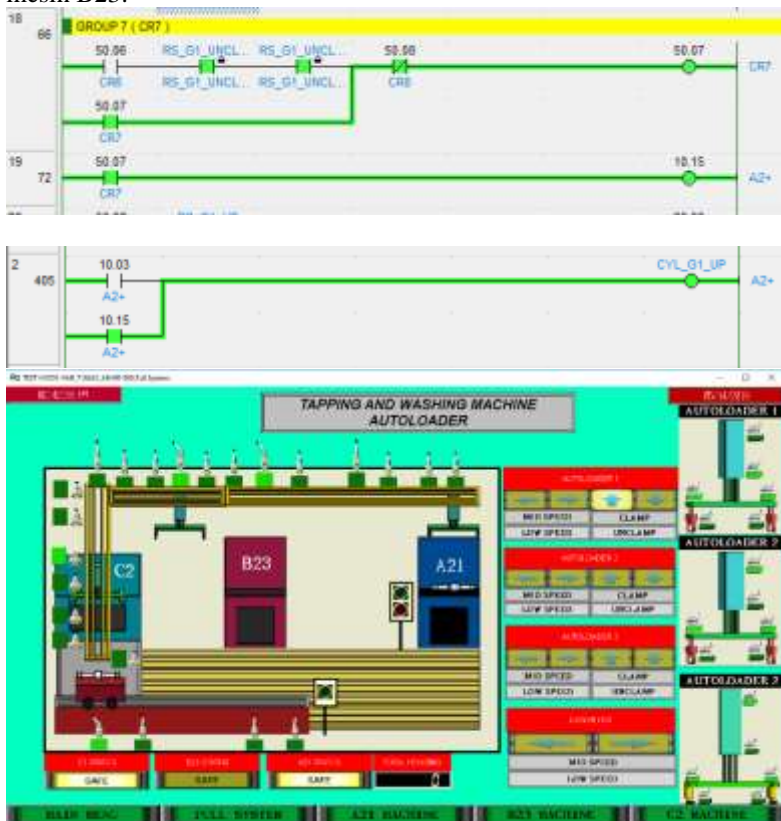
Gambar 4. 12 Pengujian step 9

Setelah *autoloader 1* turun kemudian menyentuh sensor RS *down* artinya *housing* sudah berada didalam mesin B23, maka akan mengaktifkan *step 10* yang memerintahkan *autoloader 1* (A1-) untuk melepas *housing* atau *unclamping*.



Gambar 4. 13 Pengujian step 10

Setelah *housing* diletakan di mesin B23 dan sensor RS *unclamped* tersentuh, maka akan mengaktifkan relay 7 (CR7) dan kemudian mengaktifkan *step* 11 yang memerintahkan *autoloader* 1 kembali naik ke atas (A2+). Setelah *housing* diletakan di mesin B23 maka sensor benda kerja yang terdapat di mesin B23 akan aktif, sinyal ini digunakan pula sebagai indikator kondisi *safe* mesin B23.

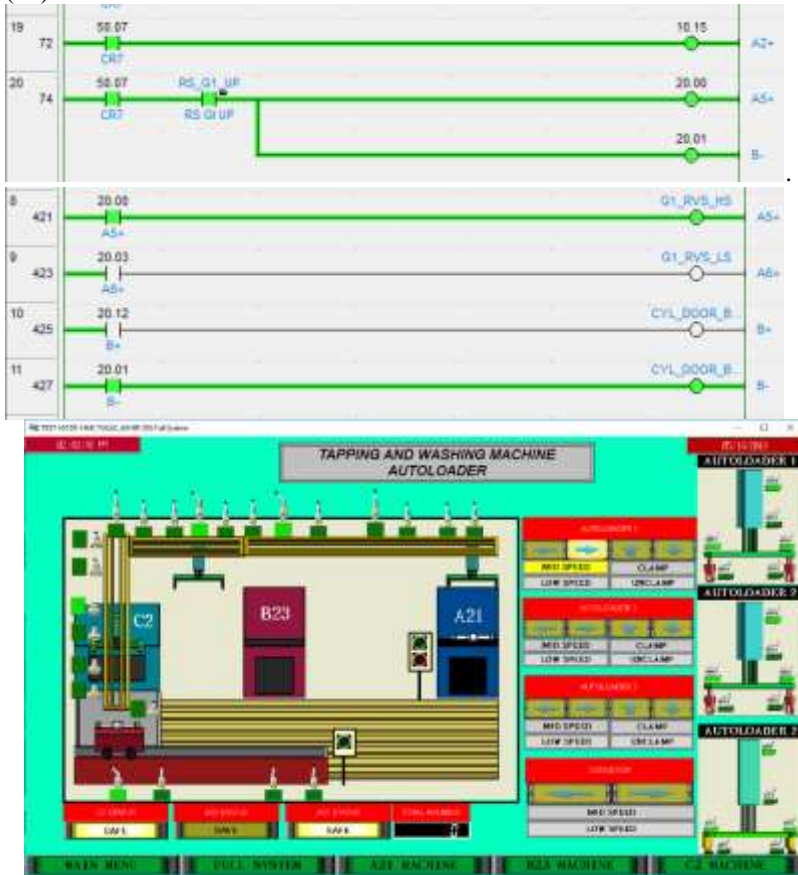


Gambar 4. 14 Pengujian step 11

Langkah berikutnya adalah *autoloader* 1 akan menyentuh sensor RS *up* kemudian akan mengaktifkan *step* 12 yang memerintahkan *autoloader* 1 untuk bergerak *reverse* kembali menuju mesin A21 dengan kecepatan *middle speed* (A5+). Bersamaan dengan itu juga akan aktif *step* 13 yaitu proses



permesinan mesin B23 dimulai dan diawali dengan pintu mesin B23 tertutup (B-)



Gambar 4. 15 Pengujian step 12

Berikutnya proses terbagi menjadi 2 yang bekerja secara paralel, yaitu proses kembalinya *autoloader* 1 ke mesin A21 dan proses permesinan yang terjadi pada mesin B23. Setelah *autoloader* 1 kembali menuju mesin A21 dengan kecepatan *middle speed* (A5+), *autoloader* 1 akan menyentuh sensor *slow* B23-A21 yang mengakibatkan aktifnya transisi relay 8 (CR8) dan mengaktifkan *step* 13 yang memerintahkan *autoloader* 1 bergerak secara



reverse dengan kecepatan *low speed* (A6+). Setelah *autoloader* 1 akan menyentuh sensor *loading position* mesin A21 kembali mengaktifkan *step* 1 artinya *housing* sudah siap kembali didistribusikan.



**Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Alur Proses Section 1**

No	Proses	Syarat	Hasil
1	<i>Ejector</i> A21 mundur ke posisi minimum	Tombol <i>Start</i> aktif	✓
2	<i>Autoloader</i> 1 turun	RS <i>ejector</i> A21 <i>ret</i> aktif	✓
3	<i>Autoloader</i> 1 mencekam benda kerja	RS <i>gantry</i> 1 <i>down</i> aktif	✓
4	<i>Autoloader</i> 1 naik	RS <i>gantry</i> 1 <i>clamp</i> Rh & Lh aktif	✓
5	<i>Ejector</i> A21 maju ke posisi maksimum	RS <i>gantry</i> 1 <i>up</i> aktif	✓
	<i>Autoloader</i> 1 maju dengan kecepatan menengah		
8	<i>Autoloader</i> 1 maju dengan kecepatan rendah	LS <i>slow down</i> B23 <i>front</i> aktif	✓
9	<i>Autoloader</i> 1 turun	LS <i>loading post</i> B23 <i>front</i> aktif	✓
10	<i>Autoloader</i> 1 melepas pencekaman benda kerja	RS <i>gantry</i> 1 <i>down</i> aktif	✓
11	<i>Autoloader</i> 1 naik	RS <i>gantry</i> 1 <i>unclamp</i> Rh & Lh aktif	✓
12	<i>Autoloader</i> 1 mundur dengan kecepatan menengah	RS <i>gantry</i> 1 <i>up</i> aktif	✓
	Pintu mesin B23 menutup		
13	<i>Autoloader</i> 1 mundur sampai ke <i>loading post</i> A21 dengan kecepatan rendah	LS <i>slow down</i> A21 <i>rear</i> aktif	✓

Dari hasil pengujian alur proses pada tabel 4.1, maka dapat disimpulkan bahwa program *ladder diagram* alur proses yang berjalan pada *section 1* hasil perancangan dengan menggunakan metode *Cascade* sudah sesuai dengan diinginkan.

#### 4.2.2. Pengujian Cycle Time

Pengujian ini akan dilakukan dengan cara menghitung jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 1 sequence penuh proses mesin dari awal hingga akhir. Pengujian akan dilakukan sebanyak 10 kali dan akan di hitung waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 1 siklus penuh.

**Tabel 4. 2 data pengujian cycle time**

Uji ke-	Section					Hasil
	1	2	3	4	5	
1	OK	OK	OK	OK	OK	3 min 40 s
2	OK	OK	OK	OK	OK	3 min 38 s
3	OK	OK	OK	OK	OK	3 min 44 s
4	OK	OK	OK	OK	OK	3 min 58 s
5	OK	OK	OK	OK	OK	4 min 2 s
6	OK	OK	OK	OK	OK	3 min 46 s
7	OK	OK	OK	OK	OK	3 min 38 s
8	OK	OK	OK	OK	OK	3 min 52 s
9	OK	OK	OK	OK	OK	3 min 55 s
10	OK	OK	OK	OK	OK	3 min 37 s
Rata Rata Waktu						3 min 47 s

Pengujian ini dilakukan guna untuk mengetahui efisiensi dari waktu yang dibutuhkan mesin untuk menyelesaikan satu proses penuh. Dikarenakan pada kasus ini mesin yang digunakan merupakan mesin industri yang membutuhkan kecepatan dalam memproduksi. Sehingga waktu rata-rata mesin untuk melakukan satu siklus penuh menjadi acuan untuk menentukan target produksi dalam jangka waktu tertentu sesuai keinginan pelaku produksi.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Proses konstruksi *Ladder Diagram* dengan menggunakan metode Cascade dapat dilakukan dan telah berhasil dilakukan simulasi sehingga urutan logika sesuai dengan urutan proses yang diinginkan dan menghasilkan beberapa poin sebagai berikut.

- a) Proses konstruksi *Ladder Diagram* dengan menggunakan metode Cascade dapat dilakukan sesuai dengan urutan logika yang diinginkan.
- b) sistem ini terdiri dari 59 aksi atau *sequence* yang didukung oleh 68 buah *input*, dan 48 *output*.
- c) Metode Cascade dapat digunakan untuk proses *tapping and washing* benda kerja pada plant ini.
- d) Besar program Cx-Programmer yang dihasilkan memiliki ukuran 10 KB.
- e) Besar program Cx-Designer yang dihasilkan memiliki ukuran 4 MB.
- f) *Ladder Diagram* seluruh sistem konversi energi pada pembangkit listrik tenaga uap terdiri dari 142 rung. 93 rung untuk input dan proses di 5 section berbeda, dan 49 rung untuk *output* (aktuator).
- g) Untuk mendukung proses, digunakan *timer* 2 buah *timer*, 189 buah flag atau *memory*, dan 53 kontak dan *relay*.

Diperlukan PLC tipe modular dengan fasilitas *input* dan *output* yang memadai untuk melakukan implementasi pada plant ini

#### **5.2 Saran**

Terdapat berbagai macam metode dalam menyelesaikan permasalahan pada pengerjaan *Ladder Diagram*. Terdapat kekurangan dan kelebihan dari masing-masing metode. Sebaiknya pada sistem konversi energi pada pembangkit listrik dibandingkan pula pengerjaannya dengan metode lain sehingga dapat mengetahui metode yang paling sesuai untuk digunakan pada pengerjaan sistem ini.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

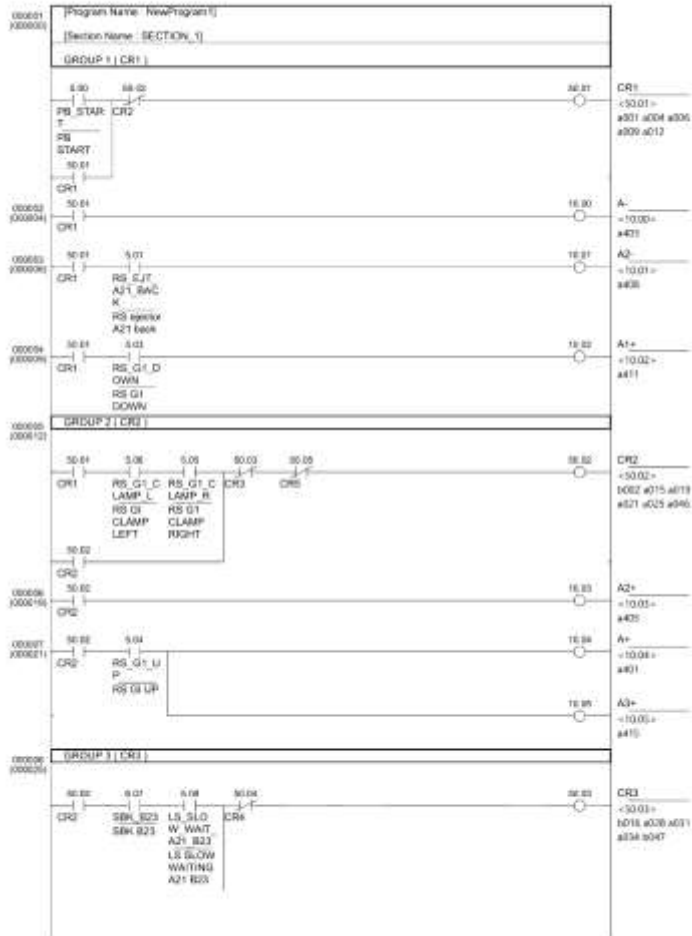
- [1] Bolton, W. 2009. *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol*, Jakarta. Erlangga.
- [2] Iskandar, Eka, Mochammad Rameli, dan Rafly Adiyat. 2017. *Ladder Diagram based on Cascade for Selection and Assembling Part on Dual Conveyor*. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] Menesis, Stamatios and George Nikolakopoulos. 2018. *Introduction to Industrial Automation*. Boca Raton. Taylor & Francis Group.
- [4] Pessen, David W. 1989. *Industrial automation: circuit design and components*. New York. John Wiley & Sons.
- [5] Veatch, Black. 1996. *Power Plant Engineering*. New York. Springer.

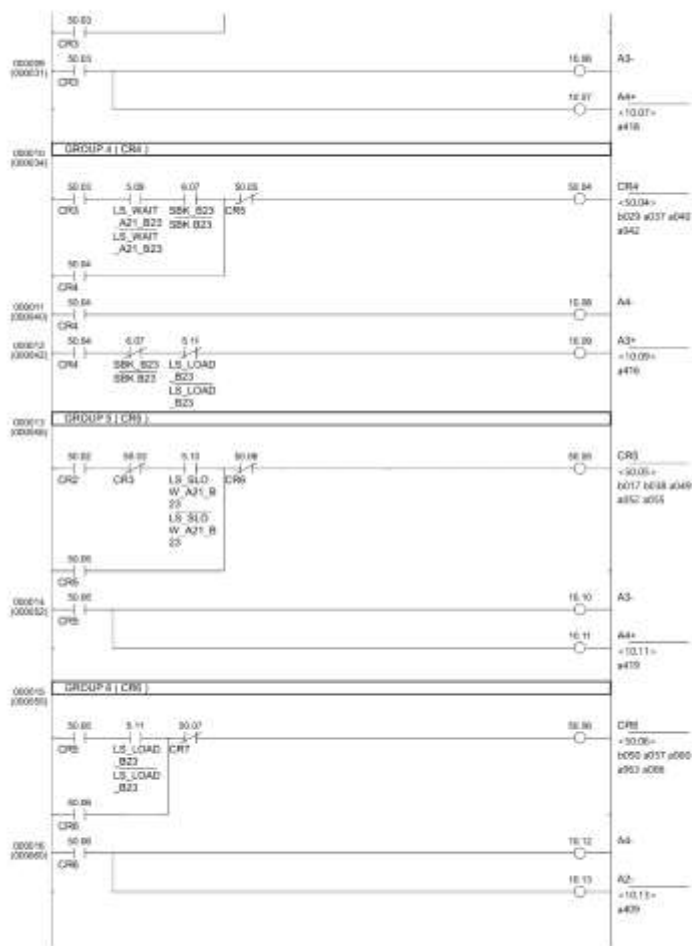
*Halaman ini sengaja dikosongkan*

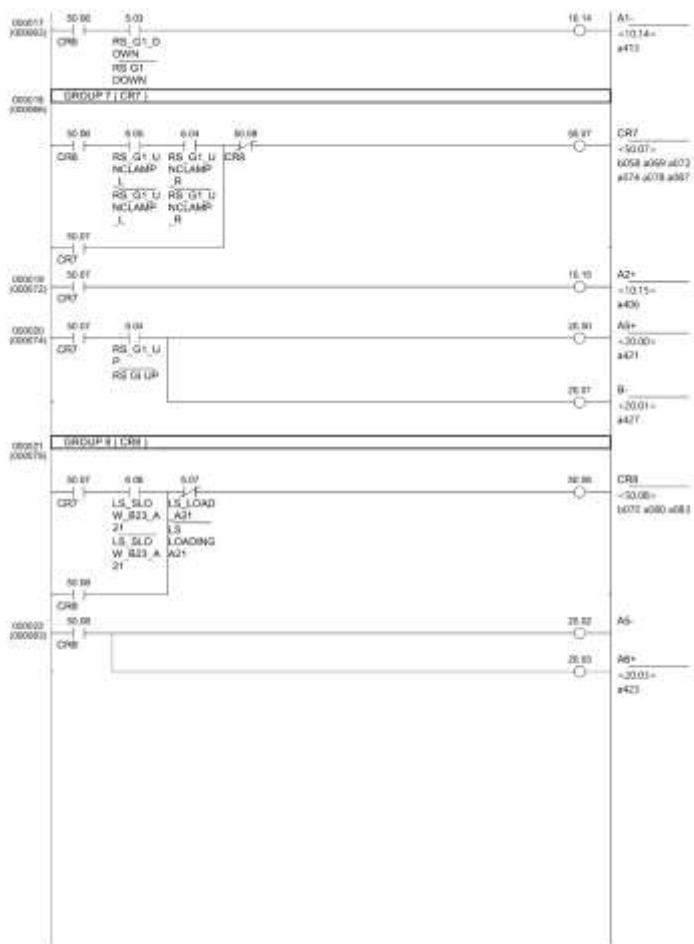


# LAMPIRAN A

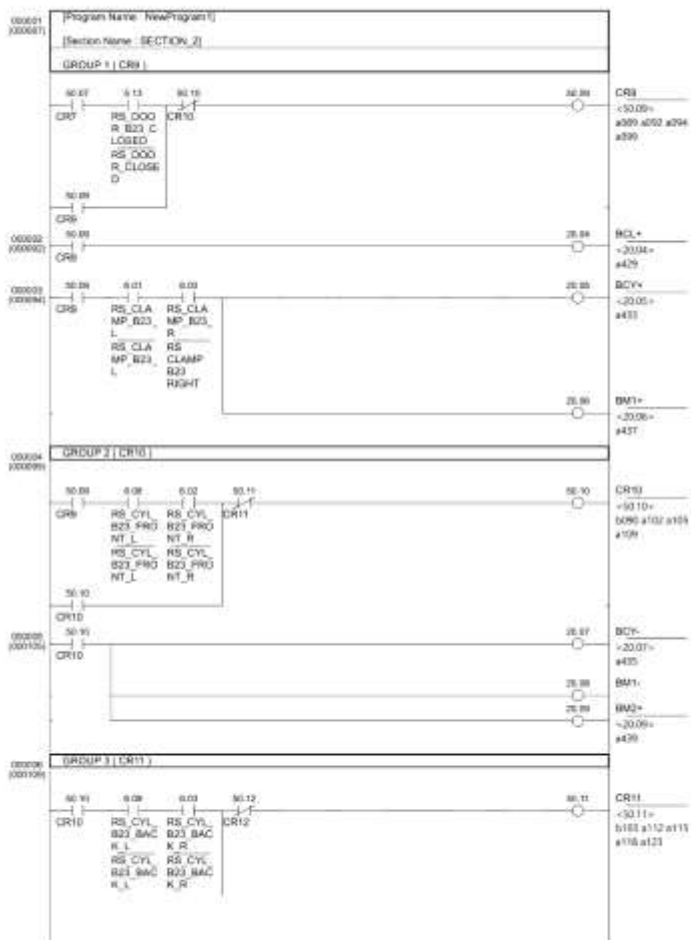
- SECTION 1

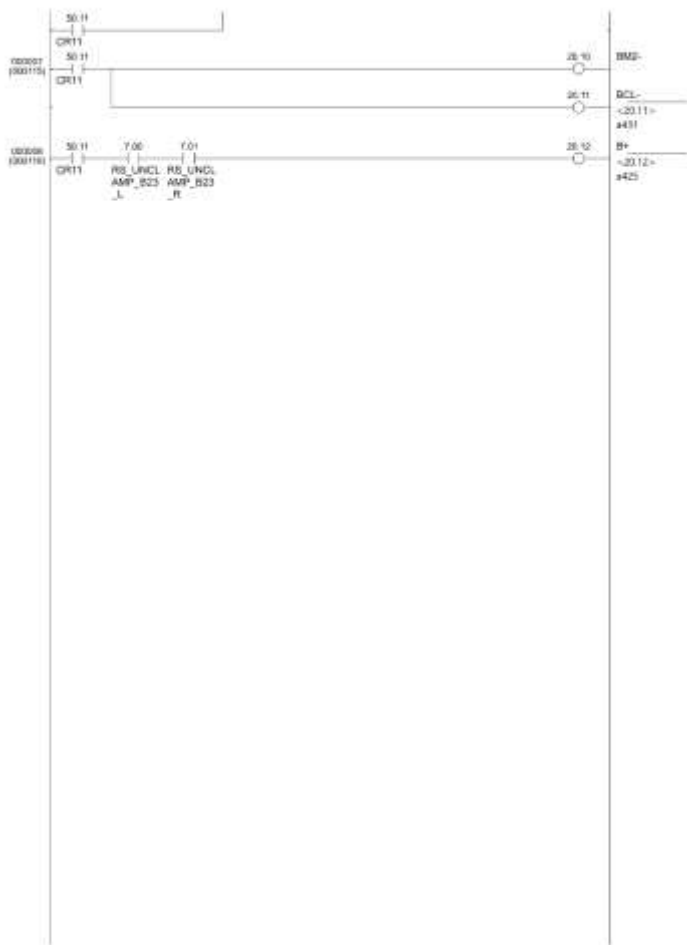




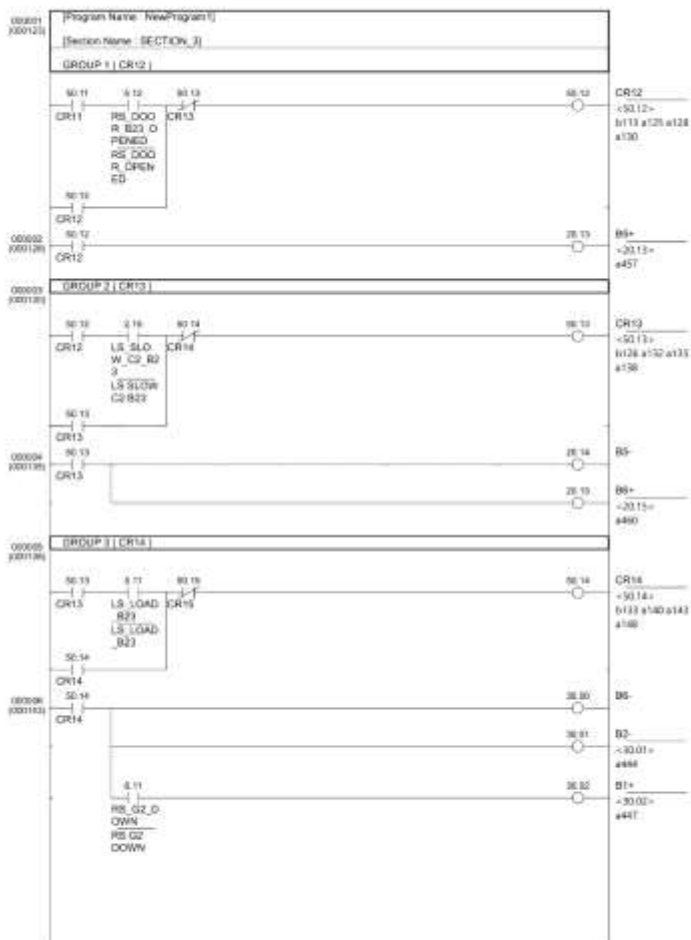


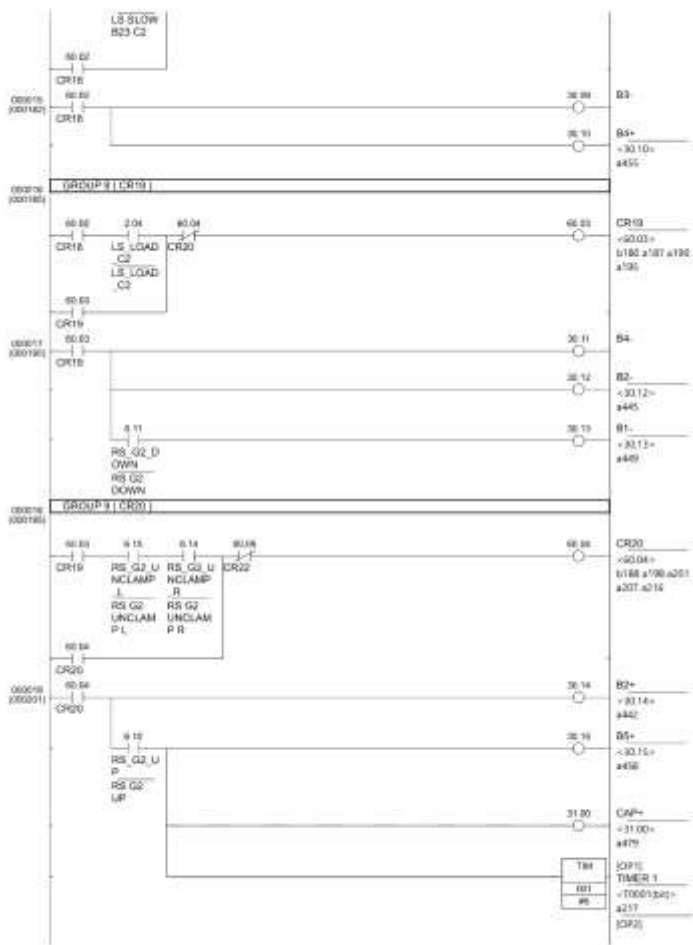
- SECTION 2

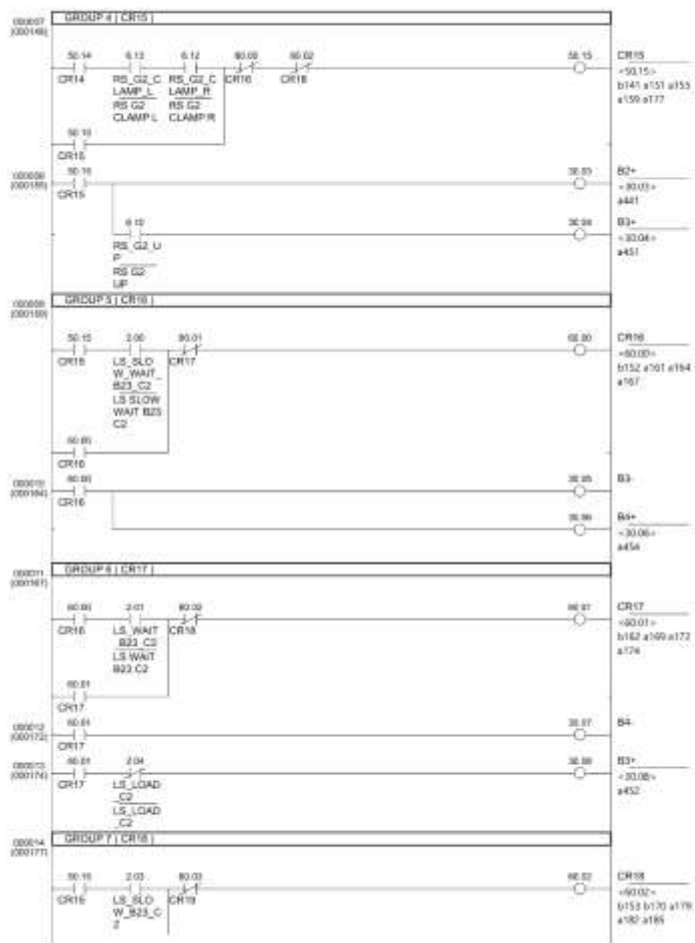




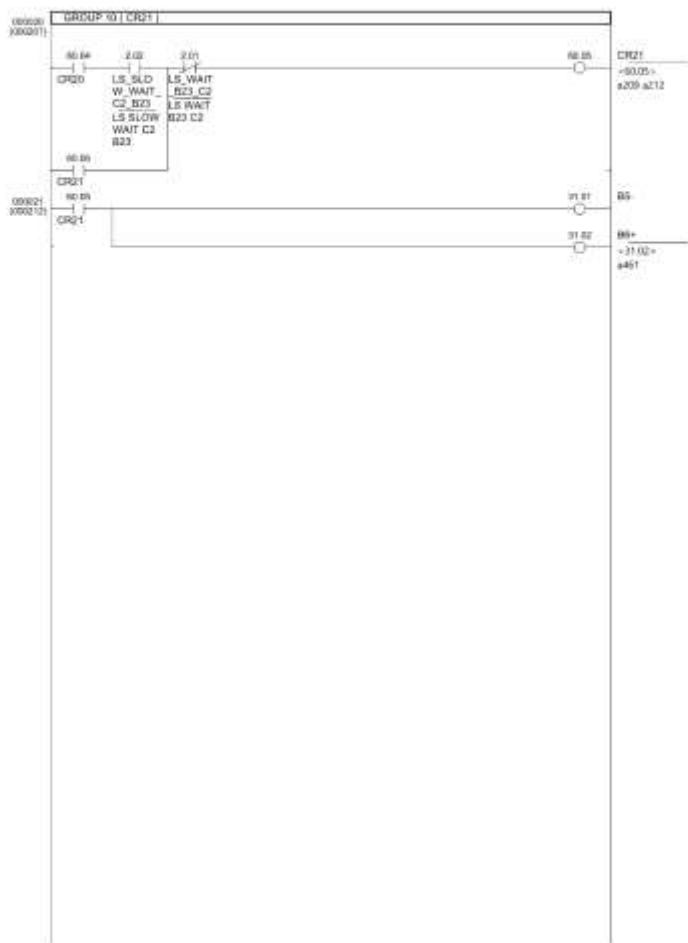
- SECTION 3



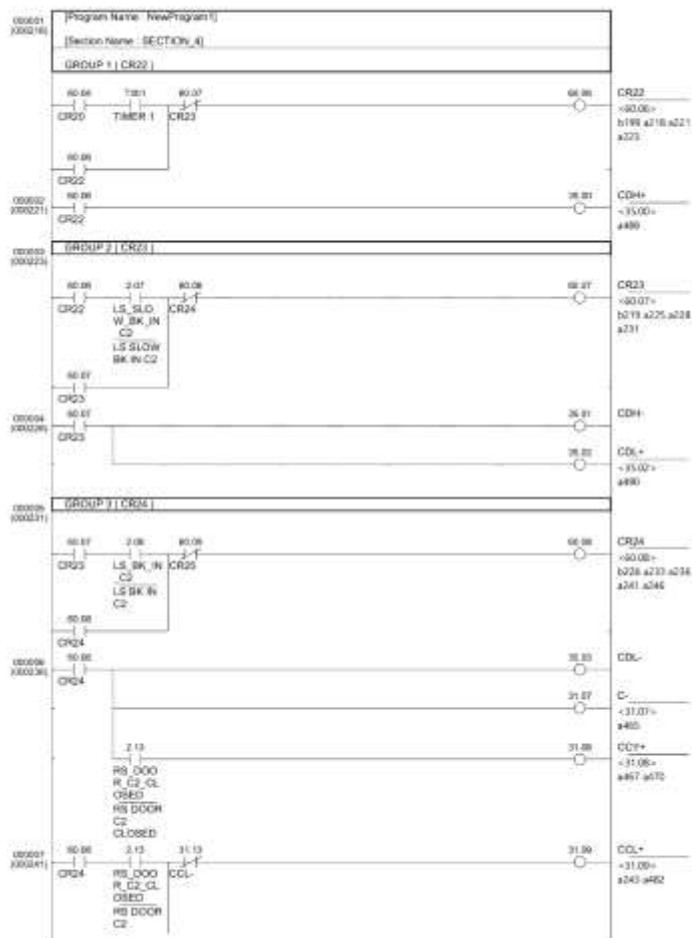


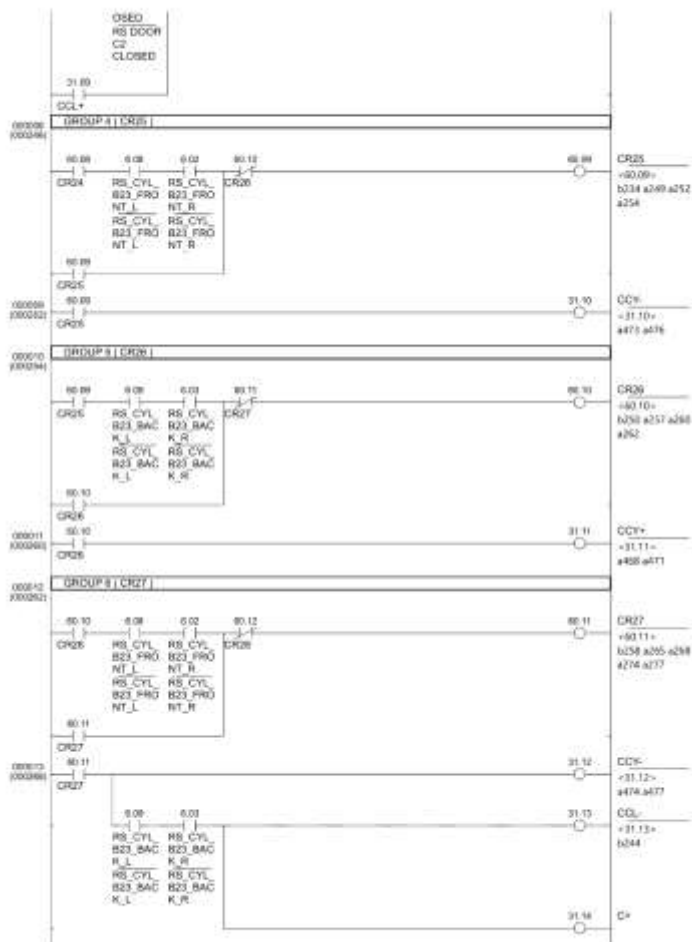


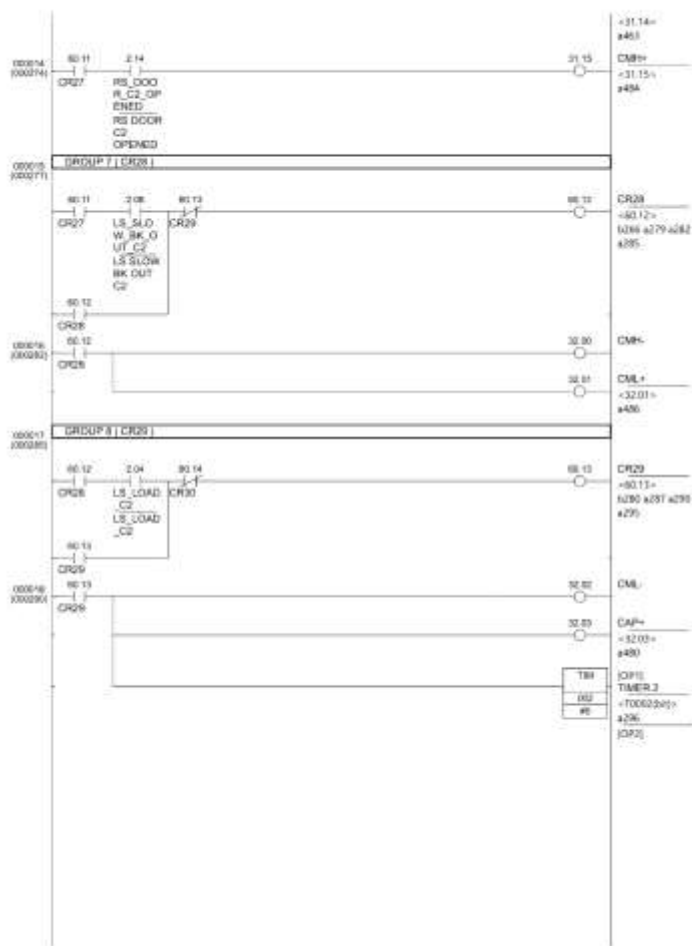




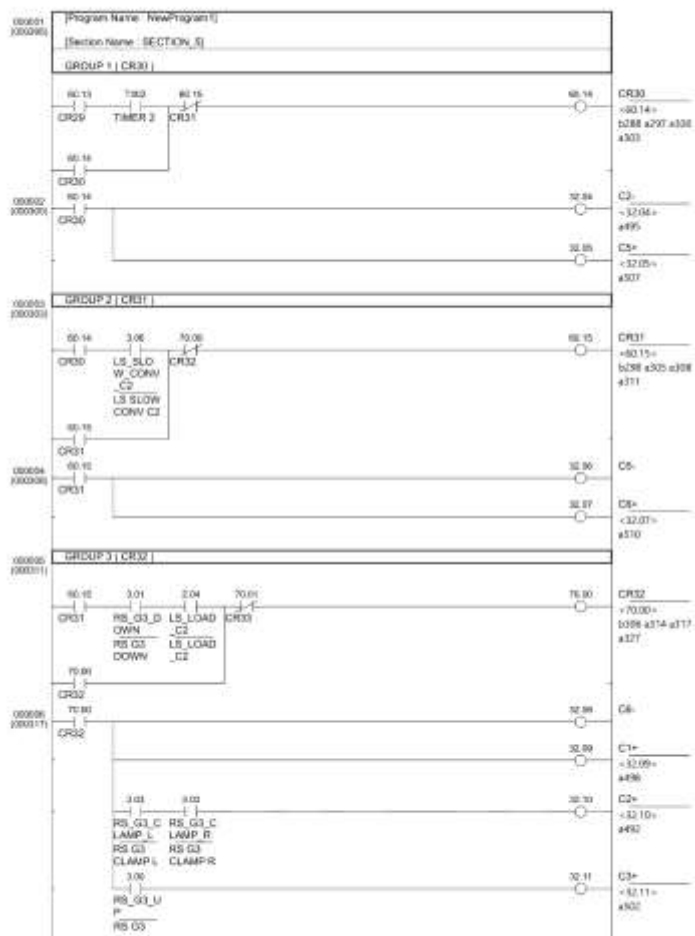
- SECTION 4

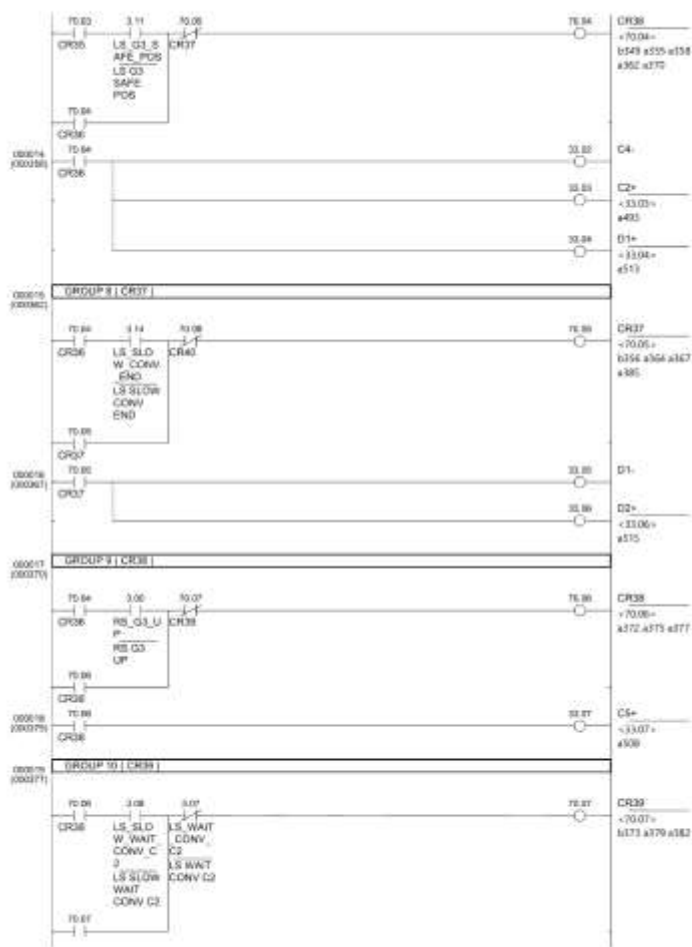


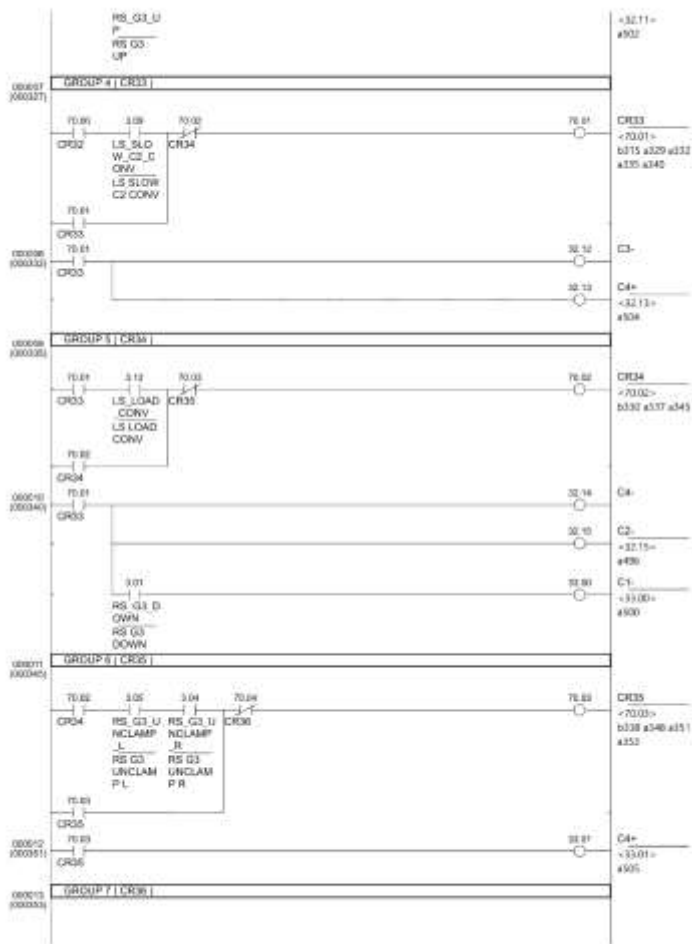


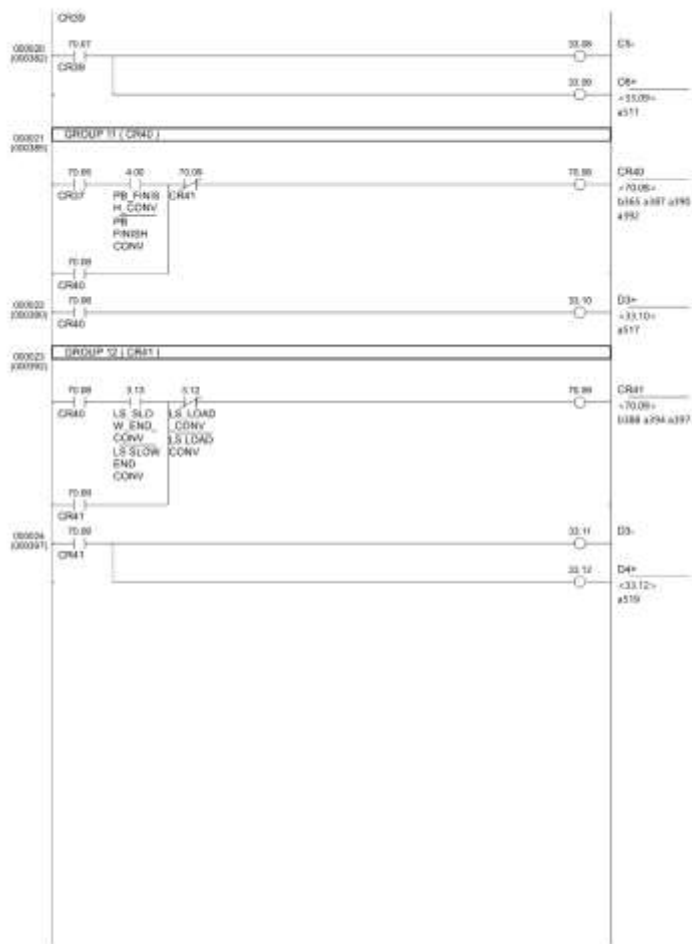


- SECTION 5



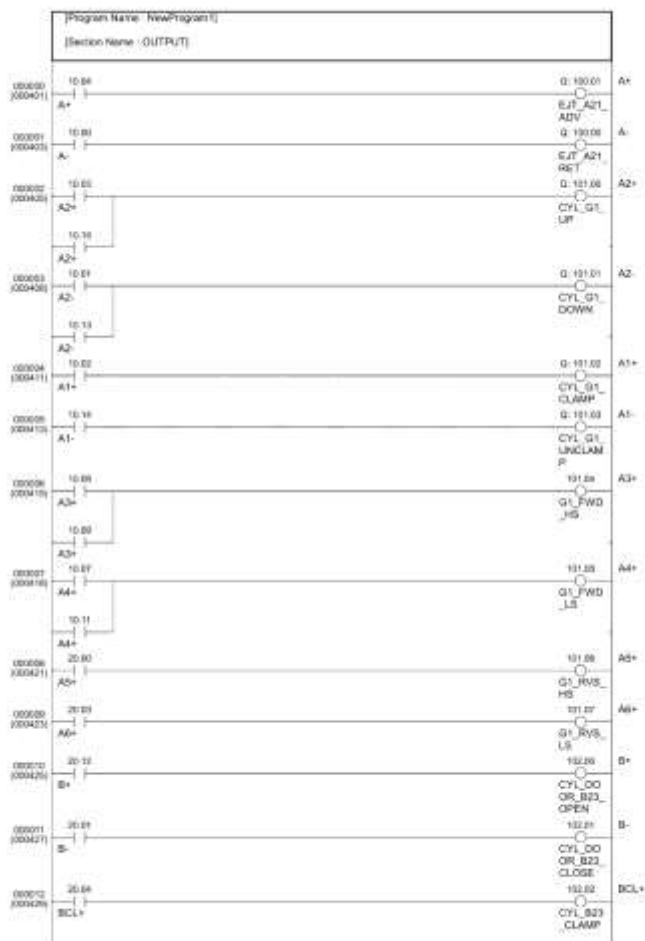




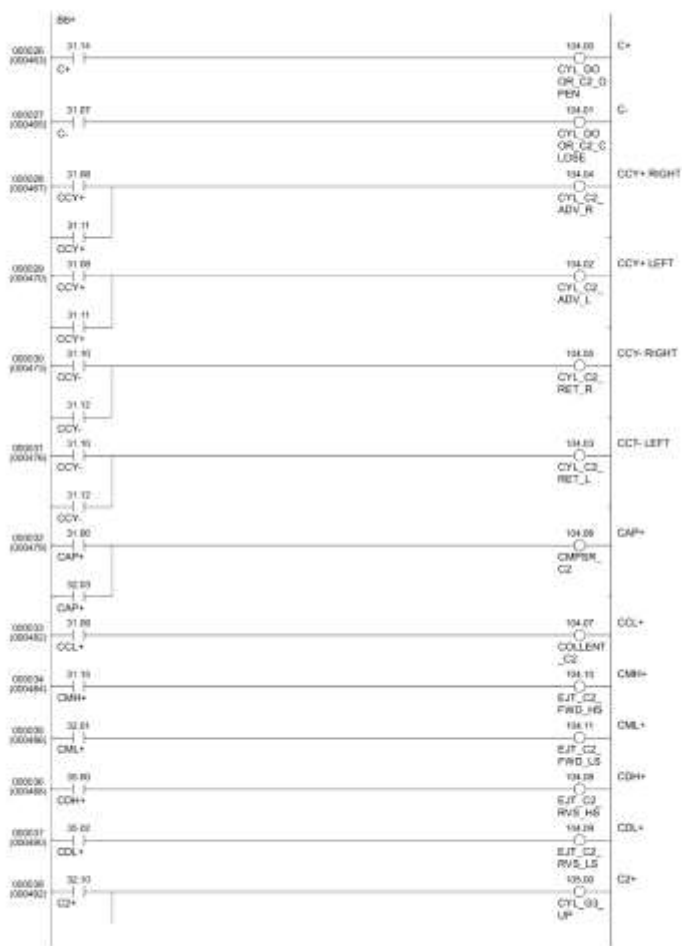


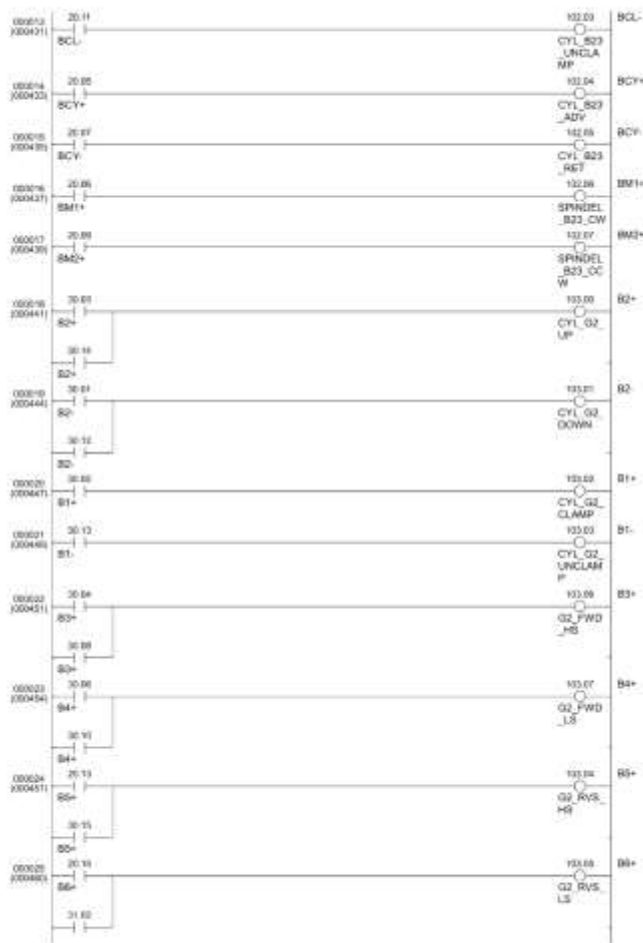


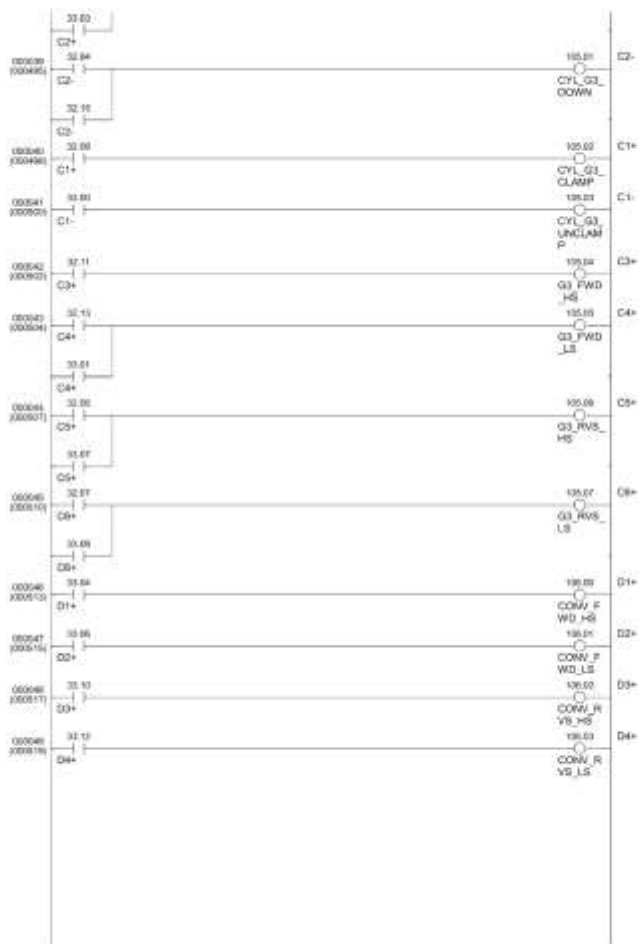
- OUTPUT





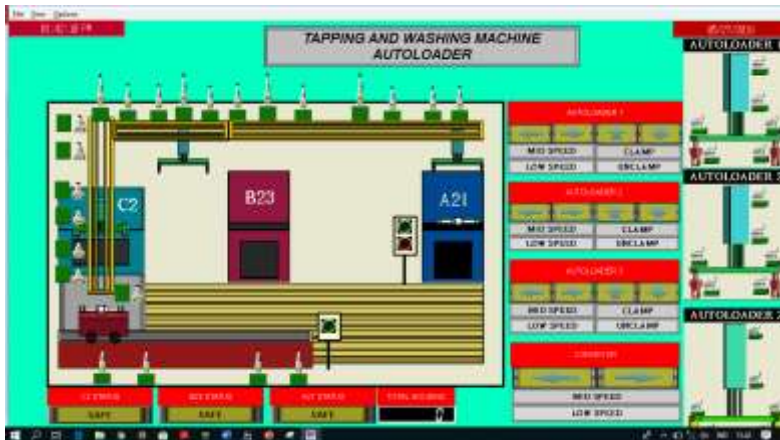


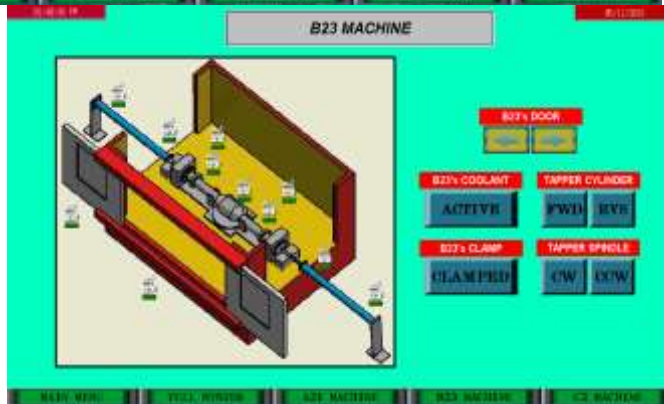
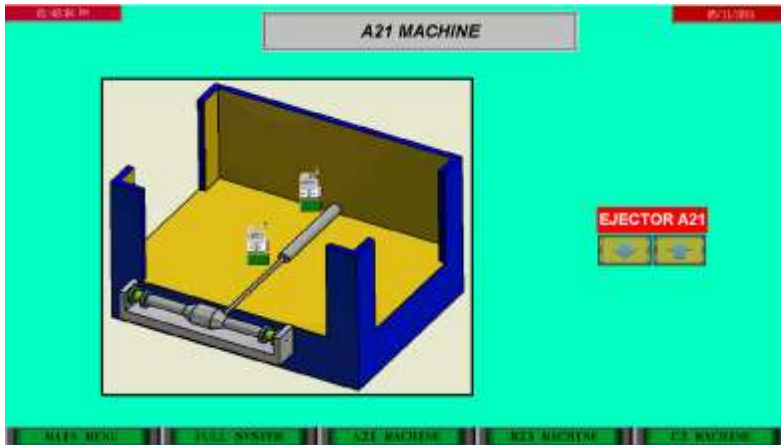




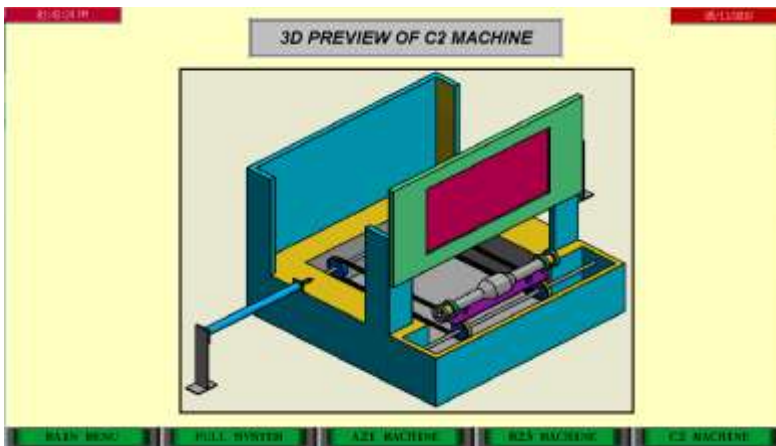
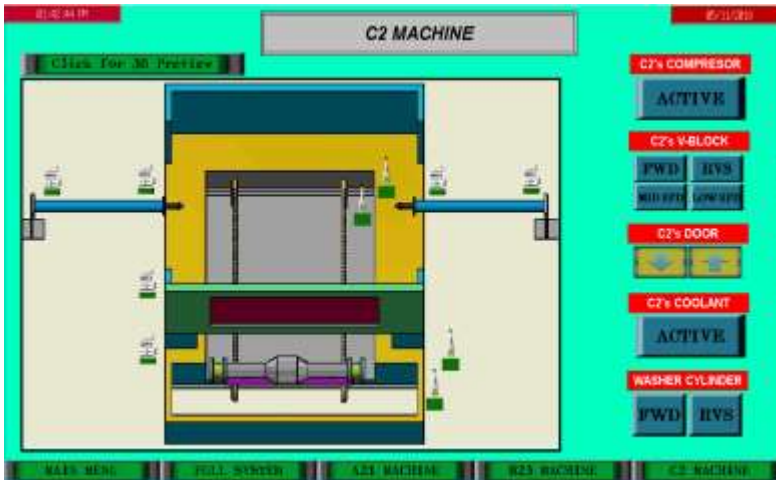
*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LAMPIRAN B









*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LAMPIRAN C



Nama : Muhammad Farras Fitrianto  
TTL : Bantul 10 Februanri 1997  
Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam  
Alamat : Jl.Laut Halmahera IV P/20 Depok  
Telp : 081281054077  
Email : Mohammedfarras123@gmail.com

### RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2002-2008 : SDIT Al Qalam Depok
2. 2008-2011 : MTS PPMI Assalaam Sukoharjo
3. 2011-2014 : SMA PPMI Assalaam Sukoharjo
4. 2014-2017 : Teknik Mekatronika, POLMAN Bandung
5. 2017-2019 : Departemen Teknik Elektro, Bidang Studi Studi Teknik Sistem Pengaturan, Fakultas Teknologi Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember

### PENGALAMAN KERJA

1. Kerja Praktek di PT. Petrokimia Gresik

### PENGALAMAN ORGANISASI

1. Staff Divisi Kreativitas 2015/2016  
HIMAMO POLMAN Bandung

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **RIWAYAT HIDUP**

Muhammad Farras Fitrianto, lahir di Bantul pada tanggal 10 Februari 1997. Putra kedua dari pasangan Ayahanda Agus Siswanto dan Ibunda Rita Triwahyuni Setelah menempuh pendidikan formal di SDIT Al Qalam Depok, MTS PPMI Assalaam Sukoharjo, dan SMA PPMI Assalaam Sukoharjo, penulis melanjutkan studi Diploma 3 Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekanika di Politeknik Manufaktur Negeri Bandung dan lulus pada tahun 2017. Kemudian melanjutkan kuliah Lintas Jalur Sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengambil Jurusan Teknik Elektro, Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan.