



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - EE 184801
DESAIN *LADDER DIAGRAM* PADA *TAPPING AND WASHING MACHINE AUTOLOADER PLANT* DENGAN METODE GRAFCET

Erick Suryadi
NRP 0711174500039

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 - EE 184801
LADDER DIAGRAM DESIGN FOR TAPPING AND
WASHING MACHINE AUTOLOADER PLANT WITH
GRAF CET METHOD***

Erick Suryadi
NRP 07111745000039

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 "**Desain Ladder Diagram pada Tapping and Washing Machine Autoloader Plant dengan Metode GRAFCET**" adalah merupakan hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juni 2019



Erick Suryadi
NRP. 07111745000039

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

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

TUGAS AKHIR

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

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Mochammad Rameli
NIP.19541227 1981031002

Dosen Pembimbing II



Eka Iskandar, S.T., M.T.
NIP.19800528 2008121001



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

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

Nama : Erick Suryadi
Pembimbing 1 : Dr. Ir. Mochammad Rameli
Pembimbing 2 : Eka Iskandar, S.T., M.T.

ABSTRAK

Tapping and washing machine autoloader plant adalah salah satu proses permesinan yang ada di salah satu industri yang berjalan secara otomatis menggunakan sebuah sistem otomasi. Proses yang dilakukan pada *plant* ini yaitu adalah melakukan pembuatan ulir serta proses pembersihan benda kerja setelah dilakukan proses pembuatan ulir. Benda kerja yang diproses adalah *housing* dari sebuah *differential gear* kendaraan roda empat. Sistem otomasi pada *plant* ini dikendalikan oleh sebuah perangkat kontroler yaitu *Programmable Logic Controller* (PLC) secara terprogram menggunakan pemrograman *ladder diagram*. Dengan banyaknya alur proses yang terjadi, maka perlu digunakan sebuah metode untuk merancang sebuah *ladder diagram*. Metode yang digunakan pada tugas akhir ini adalah metode GRAFCET. Dengan menggunakan metode ini, *ladder diagram* yang dihasilkan sebanyak 203 *rung* yang terbagi menjadi 3 bagian : *transition* (67 *rung*), *step* (65 *rung*), *action* (71 *rung*) dan hasil *ladder diagram* teratur serta tersusun sesuai dengan deskripsi atau diagram alur proses sehingga dapat memudahkan operator untuk melakukan *troubleshooting* atau merubah urutan alur proses ketika sistem sudah berjalan.

Kata Kunci : *Tapping and washing machine autoloader plant*, metode GRAFCET, sistem otomasi, PLC.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

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

Name : Erick Suryadi
Supervisor 1 : Dr. Ir. Mochammad Rameli
Supervisor 2 : Eka Iskandar, S.T., M.T.

ABSTRACT

Tapping and washing machine Autoloader plant is one of the machining processes in industry that runs automatically by an automation system. The process that is happened at this plant is making screws and cleaning process after the screwing process is finished. The processed workpiece is the housing of a differential gear four-wheeled vehicle. The automation system in this plant is controlled by a controller device, namely Programmable Logic Controller (PLC) that is programmed using ladder diagram programming. With the many process sequence that occur, it is necessary to use a method to design a ladder diagram. The method used in this final project is the GRAFCET method. Using this method, the resulting ladder diagram is 203 rungs divided into 3 parts: transition (67 rungs), step (65 rungs), action (71 rungs) and the results of the ladder diagram are organized and arranged according to the description or the process flows diagram so that can make it easier for operators to troubleshoot or change the process flows of the system when the system is running.

Keywords : *Tapping and washing machine autoloader plant, GRAFCET method, otomation system, 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 :

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

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, Juni 2019

Erick Suryadi
NRP. 07111745000039

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	2
1.3. Tujuan dan Manfaat	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metodologi	3
1.6. Sistematika Laporan	5
1.7. Relevansi Tugas Akhir	6
BAB II TEORI PENUNJANG	7
2.1. <i>Tapping and Washing Machine Autoloader Plant</i>	7
2.1.1. Material (<i>Housing Differential Gear</i>)	8
2.1.2. <i>Autoloader Type 1</i>	9
2.1.3. <i>Autoloader Type 2</i>	10
2.1.4. <i>A21 Machine</i>	11
2.1.5. <i>B23 (Tapping Machine)</i>	11
2.1.6. <i>C2 (Washing Machine)</i>	12
2.1.7. <i>Komponen Penunjang</i>	13
2.2. PLC Omron CP1E-	19
2.3. HMI (<i>Human Machine Interface</i>)	20
2.4. Metode Grafcet	21
2.4.1. Elemen-elemen GRAFCET	23
2.4.2. Pembuatan GRAFCET	25
BAB III PERANCANGAN SISTEM	29
3.1. Perumusan Sistem	30
3.1.1. Perumusan Input dan Output	30
3.1.2. Pembagian Section	41
3.2. Pemodelan Sistem dengan GRAFCET	48

3.3. Pengkonversian Model GRAFCET Menjadi <i>Switching Function</i>	56
3.3.1. <i>Transition Switching Function</i>	56
3.3.2. <i>Step Switching Function</i>	57
3.3.3. <i>Action Switching Function</i>	58
3.4. Pengkonversian <i>Switching Function</i> Menjadi <i>Ladder Diagram</i>	59
3.4.1. <i>Transition Rungs</i>	59
3.4.2. <i>Step Rungs</i>	62
3.4.3. <i>Action Rung</i>	65
3.5. Perancangan <i>Human Machine Interface (HMI)</i>	66
3.5.1. <i>Tampilan Human Machine Interface (HMI)</i>	67
BAB IV PENGUJIAN	73
4.1. Implementasi Sistem	73
4.2. Pengujian Sistem	76
4.2.1. Pengujian Alur Proses	77
4.2.2. Pengujian <i>Cycle Time</i>	94
4.3. Analisa	95
BAB V PENUTUP	99
5.1. Kesimpulan	99
5.2. Saran	99
DAFTAR PUSTAKA	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Tapping and Washing Machine Autoloader Plant</i>	7
Gambar 2.2	<i>Housing Differentiation Gear</i>	8
Gambar 2.3	<i>End Housing</i>	9
Gambar 2.4	<i>Autoloader type 1</i>	9
Gambar 2.5	<i>Autoloader type 2</i>	10
Gambar 2.6	<i>A21 Machine</i>	11
Gambar 2.7	<i>Tapping Machine</i>	12
Gambar 2.8	<i>Washing Machine</i>	13
Gambar 2.9	<i>Reed Switch</i> [1]	14
Gambar 2.10	<i>Limit Switch</i>	15
Gambar 2.11	<i>Motor Induksi</i>	16
Gambar 2.12	<i>Silinder Pneumatik</i>	17
Gambar 2.13	<i>Inverter Mitsubishi</i> [2]	17
Gambar 2.14	<i>Inverter Panel</i> [2]	18
Gambar 2.15	<i>Solenoid 5/2 Bistabil</i>	19
Gambar 2.16	<i>PLC Omron CP1E</i> [3]	20
Gambar 2.17	<i>Human Machine Interface (HMI)</i>	21
Gambar 2.18	<i>SFC pada CX-Programmer</i>	22
Gambar 2.19	<i>Struktur Grafcet</i> [4]	23
Gambar 2.20	<i>OR Divergence</i> [5]	23
Gambar 2.21	<i>OR Convergence</i> [5]	24
Gambar 2.22	<i>Contoh Model GRAFCET</i> [5]	26
Gambar 2.23	<i>Ladder Diagram Bagian Transisi</i> [5]	27
Gambar 2.24	<i>Ladder Diagram Bagian Step</i> [5]	27
Gambar 2.25	<i>Ladder Diagram Bagian Actions</i> [5]	28
Gambar 2.26	<i>Ladder Diagram Bagian Initialization</i> [5]	28
Gambar 3.1	<i>Flowchart Perancangan Sistem (a)</i>	29
Gambar 3.2	<i>Flowchart Perancangan Sistem (b)</i>	30
Gambar 3.3	<i>Pembagian Section Plant</i>	41
Gambar 3.4	<i>GRAFCET Section 1 (Potongan 1)</i>	49
Gambar 3.5	<i>GRAFCET Section 1 (Potongan 2)</i>	50
Gambar 3.6	<i>GRAFCET Section 1 (Potongan 3)</i>	52
Gambar 3.7	<i>GRAFCET Section 1 (Potongan 4)</i>	53
Gambar 3.8	<i>GRAFCET Section 1 (Potongan 2)</i>	54
Gambar 3.9	<i>Model GRAFCET Section 1 Secara Keseluruhan</i>	55
Gambar 3.10	<i>Konversi Ladder Diagram Section 1 Part 1 (Transition)</i>	60

Gambar 3.11	Konversi Ladder Diagram Section 1 Part 2 (Transition)	61
Gambar 3.12	Konversi Ladder Diagram Section 1 Part 3 (Transitions)	62
Gambar 3.13	Konversi Ladder Diagram Section 1 Part 1 (Steps)	62
Gambar 3.14	Konversi Ladder Diagram Section 1 Part 2 (Steps)	63
Gambar 3.15	Konversi Ladder Diagram Section 1 Part 3 (Steps)	64
Gambar 3.16	Konversi Ladder Diagram Section 1 Part 1 (Action)	65
Gambar 3.17	Konversi Ladder Diagram Section 1 Part 2 (Action)	66
Gambar 3.18	Tampilan HMI (<i>Main Menu</i>)	67
Gambar 3.19	Tampilan HMI (<i>Full System</i>)	68
Gambar 3.20	Tampilan HMI (<i>A21 Machine</i>)	69
Gambar 3.21	Tampilan HMI (<i>B23 Machine</i>)	69
Gambar 3.22	Tampilan HMI (<i>C2 Machine</i>)	70
Gambar 3.23	Tampilan HMI (3D Preview of C2 Machine)	70
Gambar 4.1	Hasil Pengalamatan <i>Input</i>	74
Gambar 4.2	Hasil Pengalamatan <i>Output</i>	74
Gambar 4.3	Hasil Implementasi <i>Ladder Diagram</i>	75
Gambar 4.4	Konfigurasi Pengkabelan PLC dan HMI	76
Gambar 4.5	Pengaturan <i>Initial Condition</i>	77
Gambar 4.6	Pengujian <i>Step 2</i>	78
Gambar 4.7	Pengujian <i>Step 3</i>	79
Gambar 4.8	Pengujian <i>Step 4</i>	80
Gambar 4.9	Pengujian <i>Step 5</i>	81
Gambar 4.10	Pengujian <i>Step 6 dan Step 7</i>	82
Gambar 4.11	Pengujian <i>Step 6 A21</i>	82
Gambar 4.12	Pengujian <i>Step 8</i>	83
Gambar 4.13	Pengujian <i>Step 9</i>	84
Gambar 4.14	Pengujian <i>Step 10</i>	85
Gambar 4.15	Pengujian <i>Step 11</i>	86
Gambar 4.16	Pengujian <i>Step 12</i>	87
Gambar 4.17	Pengujian <i>Step 14</i>	87
Gambar 4.18	Pengujian <i>Step 13</i>	88
Gambar 4.19	Pengujian <i>Step 15</i>	89
Gambar 4.20	Pengujian <i>Step 16</i>	90
Gambar 4.21	Pengujian <i>Step 17</i>	91
Gambar 4.22	Pengujian <i>Step 18</i>	92
Gambar 4.23	Perbandingan Hasil <i>Ladder Diagram (Steps)</i>	95
Gambar 4.24	Perbandingan Hasil <i>Ladder Diagram (Transitions)</i>	96
Gambar 4.25	Alur Proses Awal	97

Gambar 4.26 Hasil Penambahan Alur Proses	97
Gambar 4.27 <i>Ladder Diagram</i> hasil penambahan proses.....	98

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bagian-bagian struktur Grafacet	24
Tabel 3. 1 Perumusan Input A21-B23 (<i>Tapping Machine</i>)	31
Tabel 3.2 Perumusan Output A21-B23 (<i>Tapping Machine</i>).....	34
Tabel 3.3 Perumusan Input B23 (<i>Tapping Machine</i>)-C2 (<i>Wasing Machine</i>)	36
Tabel 3.4 Perumusan Output B23 (<i>Tapping Machine</i>)-C2 (<i>Wasing</i>	37
Tabel 3.5 Perumusan Input C2 (<i>Wasing Machine</i>)-Konveyor	39
Tabel 3.6 Perumusan Output C2 (<i>Wasing Machine</i>)-Konveyor	40
Tabel 3.7 <i>Sequence of Section 1</i>	42
Tabel 3.8 <i>Sequences of Section 2</i>	44
Tabel 3.9 <i>Sequences of Section 3</i>	46
Tabel 3.10 <i>Sequence of section 1</i> (potongan ke-1)	48
Tabel 3. 11 <i>Sequence of section 1</i> (potongan ke-2)	50
Tabel 3.12 <i>Sequence of section 1</i> (potongan ke-3)	51
Tabel 3.13 <i>Sequence of section 1</i> (potongan ke-4)	52
Tabel 3.14 <i>Sequence of section 1</i> (potongan ke-5)	53
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Alur Proses Section 1	92
Tabel 4.2 Tabel Hasil Pengujian <i>Cycle Time</i>	94

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang tugas akhir, permasalahan, tujuan tugas akhir, manfaat, metode penelitian, batasan masalah, serta relevansi dari tugas akhir ini.

1.1. Latar Belakang

Di dunia industri saat ini, khususnya industri manufaktur banyak sekali jenis – jenis proses produksi yang dilakukan. Proses-proses produksi yang terdapat di industri manufaktur diantaranya adalah permesinan, pemindahan barang, penyortiran, dan proses *assembly*. Proses-proses produksi yang biasanya dilakukan secara manual tidak mampu memenuhi seluruh target produksi yang diinginkan, oleh karena itu perlu adanya pengaplikasian sistem otomasi pada sebagian ataupun seluruh proses produksi yang terdapat di industri manufaktur. Untuk merealisasikan suatu sistem otomasi, maka perlu adanya sebuah perangkat kontroler salah satu pilihannya adalah perangkat PLC (*Programmable Logic Controller*).

Salah satu jenis pemrograman yang terdapat pada PLC adalah menggunakan *ladder diagram*. Untuk membuat sebuah konstruksi *ladder diagram* dari sebuah *plant* yang akan dibuat sistem otomasinya, seorang *programmer* harus mengetahui terlebih dahulu bagaimana urutan proses yang berjalan dari *plant* tersebut, kemudian jenis sensor dan aktuator, serta *input* dan *output* yang digunakan sehingga hasil program yang telah dibuat dapat berfungsi sesuai dengan yang diinginkan. Pada beberapa *plant* yang memiliki proses yang sangat panjang dan jumlah *input* dan *output* yang cukup banyak, maka *ladder diagram* yang dibuat juga akan menghasilkan jumlah *rung* yang banyak sehingga *programmer* akan mengalami kesulitan untuk memahami, menganalisis, dan juga melakukan *troubleshooting*.

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.

Pada jurnal yang ditulis oleh Nugraha, Raka A. (2018) yang berjudul : “Konstruksi Diagram *Ladder* dengan Metode *Huffman* untuk *Factory Automatic Trainer*”, metode GRAFCET digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada *plant Factory Automatic Trainer* dan didapatkan hasil *ladder diagram* yang dapat mengoperasikan *plant* tersebut. Pada tugas akhir ini metode GRAFCET akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada *plant tapping and washing machine autoloader*.

1.2. Permasalahan

Alur proses yang dimiliki oleh *plant tapping and wahing machine autoloader* cukup panjang sehingga hasil program *ladder diagram* yang dihasilkan juga memiliki jumlah *rung* yang banyak, maka diperlukannya struktur program yang teratur dan efisien serta dapat menggambarkan alur proses dilewati oleh sistem.

Pada tugas akhir ini, hal yang menjadi fokus permasalahan adalah mengenai bagaimana mendesain *ladder diagram* pada proses otomasi *plant tapping and washing machine autoloader* menggunakan metode GRAFCET.

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari tugas akhir ini adalah mendapatkan hasil *ladder diagram* dengan menggunakan metode GRAFCET dan mengimplementasikan *ladder diagram* tersebut pada perangkat PLC.

Diharapkan hasil *ladder diagram* dapat diimplementasikan pada *plant tapping and washing machine autoloader* sehingga *plant* dapat beroperasi sesuai dengan alur proses yang sudah ditentukan sebelumnya.

1.4. Batasan Masalah

1. Metode yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu adalah metode GRAFCET.
2. Perancangan konstruksi *ladder diagram* dilakukan pada *tapping and washing macine autoloader*.
3. Proses perancangan dan pengujian konstruksi *ladder diagram* dilakukan secara simulasi.

1.5. 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) *Tapping and washing machine autoloader*
- 2) *Programmable Logic Controller (PLC)*
- 3) *Human Machine Interface (HMI)*
- 4) Metode *Graficet*

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. 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 didapat 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, data tersebut diolah dengan cara mempelajari *wiring diagram* kemudian merincikan dan membuat dokumentasi *input/output* apa saja yang digunakan pada mesin tersebut. Sedangkan untuk data jenis-jenis sensor dan aktuator yang digunakan, dipelajari dan diolah untuk mengetahui bagaimana realisasi sensor dan aktuator dilapangan sehingga memudahkan dalam mendesain alur dari proses tersebut.

4. Pemodelan Sistem

Alur proses dari sistem akan dimodelkan terlebih dahulu menggunakan metode yang sudah dipilih yaitu *Grafcet* sehingga menghasilkan sebuah grafik *sequence* seperti *flowchart* kemudian dari grafik *sequence* tersebut dikonversi menjadi sebuah *ladder diagram*.

5. Merancang dan membuat *Human Machine Interace* (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 dan Implementasi

Langkah berikutnya adalah proses simulasi dan implementasi. Pada proses ini *ladder diagram* yang sudah dibuat kemudian dilakukan implementasi pada PLC dengan cara mengupload program *ladder diagram* pada perangkat PLC yang sudah terhubung dengan HMI.

Lalu sistem disimulasikan dengan cara menjalankan program pada PLC dan alur proses diamati pada interface berupa HMI yang sudah dibuat sebelumnya.

7. Validasi dan Evaluasi

Setelah dilakukan simulasi dan implementasi langkah berikutnya adalah melakukan validasi mengenai alur proses dari *plant* apakah sudah sesuai dengan alur proses yang semestinya, apabila terdapat kesalahan maka dilakukan evaluasi untuk mencari permasalahan dan solusinya.

8. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

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

1.6. Sistematika Laporan

Isi dari laporan Tugas Akhir ini terbagi menjadi lima bab yang tersusun secara sistematis dan saling berkaitan satu dengan yang lain. Penjelasan singkat mengenai isi tiap-tiap bab akan dijelaskan sebagai berikut :

Bab 1 Pendahuluan

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

Bab 2 Dasar Teori

Pada bab ini dijelaskan mengenai tinjauan pustaka apa saja yang dapat mendukung proses penelitian, diantaranya adalah mengenai komponen-komponen yang terdapat pada *tapping and washing machine autoloader plant*, PLC, HMI, serta metode GRAFCET

Bab 3 Perancangan Sistem

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan pembuatan konstruksi *ladder diagram* pada *tapping and washing machine autoloader plant* mulai dari penguraian alur proses sistem hingga menjadi sebuah *ladder diagram*, serta pembuatan *Human Machine Interface (HMI)*.

Bab 4 Pengujian

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai bagaimana proses pengimplementasian *ladder diagram* pada PLC serta proses dan

hasil pengujian dari rancangan konstruksi *ladder diagram* yang sudah didapatkan dari bab sebelumnya, kemudian dilakukan analisa berdasarkan hasil pengujian tersebut.

Bab 5 Penutup

Bab ini berisi mengenai kesimpulan dari keseluruhan hasil penelitian serta saran dan masukan sebagai sebuah *feedback* baik bagi penulis maupun bagi para pembaca sebagai bahan pertimbangan pada penelitian berikutnya

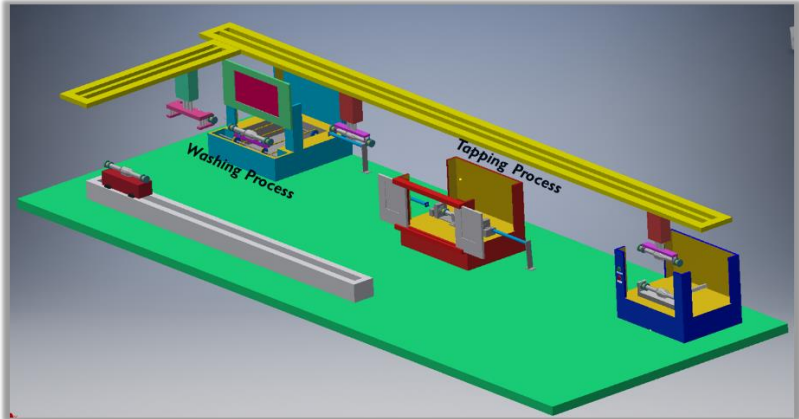
1.7. Relevansi Tugas Akhir

Hasil dari perancangan tugas akhir ini diharapkan bermanfaat untuk penelitian-penelitian ataupun pengembangan berikutnya mengenai proses perancangan konstruksi *ladder diagram* dengan menggunakan metode GRAFCET, serta menjadi salah satu rujukan bagi industri-industri yang menerapkan sistem otomasi menggunakan PLC dengan bahasa pemrograman *ladder diagram*.

BAB II

TEORI PENUNJANG

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 2.2 *Housing Differential Gear*

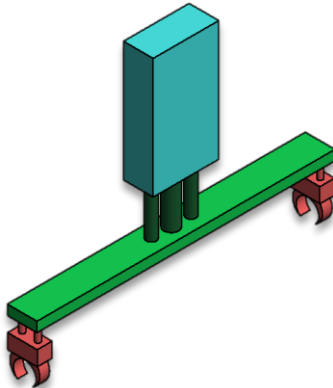
Differential Gear juga memiliki beberapa komponen yang tersusun, diantaranya adalah *rear axle*, *gear*, *housing*, dan lain-lain. Dalam sistem *autoloader plant* ini, material yang diproses adalah pada bagian *Housing* dimana *Housing* adalah komponen yang digunakan sebagai *cover*/pelindung dari komponen-komponen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

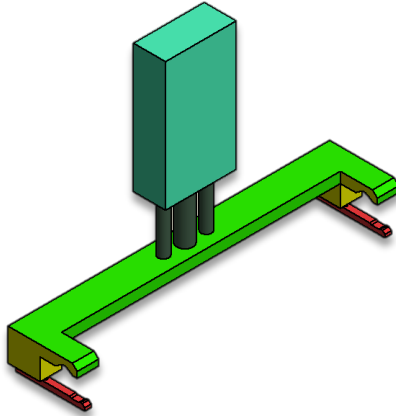
Autoloader adalah sebuah sistem otomasi hasil modifikasi mesin yang berfungsi untuk mendistribusikan material atau benda kerja dari satu mesin ke mesin lainnya. Sistem *autoloader* ini dapat dikategorikan sebagai sistem *pick and place* di dalam sebuah sistem otomasi. dalam plant ini *autoloader* digunakan 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.

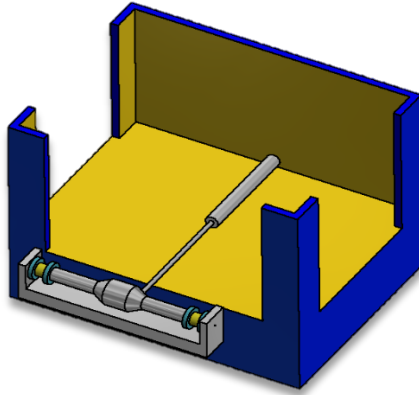
2.1.3. *Autoloader Type 2*



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 perbedaan 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 deisesuaikan dengan kondisi tata letak dari mesin sehingga pengambilan benda kerja lebih mudah dilakukan

2.1.4. A21 Machine

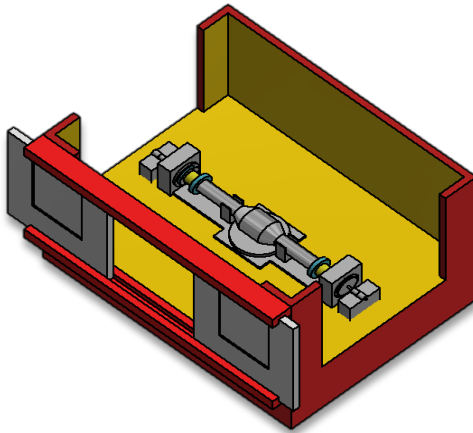


Gambar 2.6 A21 Machine

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.



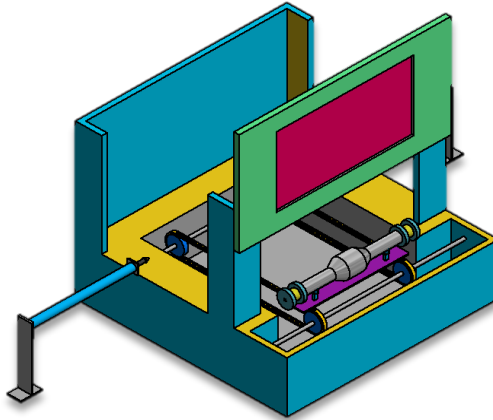
Gambar 2.7 *Tapping Machine*

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

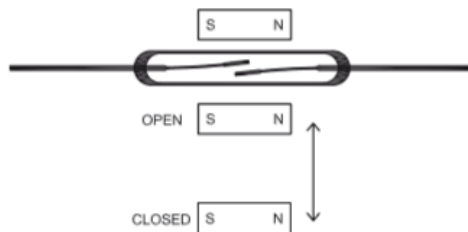
Sensor adalah sebuah komponen yang berfungsi untuk mengamati atau membaca keadaan lingkungan sekitarnya yang biasanya berupa fenomena fisik seperti temperatur, tekanan, perpindahan posisi suatu benda, pergerakan benda, dll. Sistem pembacaan sebuah sensor itu dapat melalui sistem mekanik, elektrik, elektromagnetik, 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 karna 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*[1]

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 perbuahan 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.

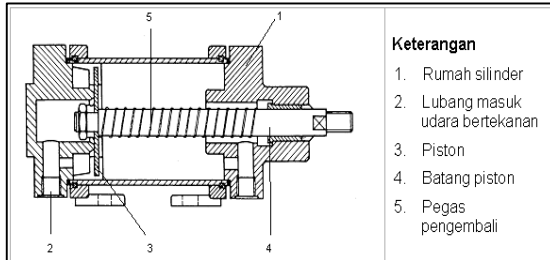


Gambar 2.11 Motor Induksi

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

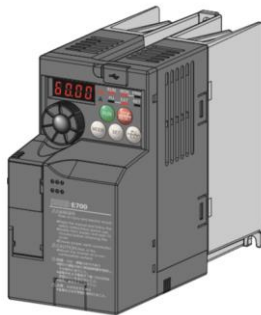
Silinder pneumatik adalah salah satu jenis aktuator yang bekerja dengan *supply* angin bertekanan yang digunakan untuk menggerakkan batang dari silinder baik maju maupun mundur. Terdapat beberapa bagian utama pada sebuah silinder pneumatic, diantaranya adalah *piston rod*, *piston*, *inlet*, *outlet*,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



Gambar 2.12 Silinder Pneumatik

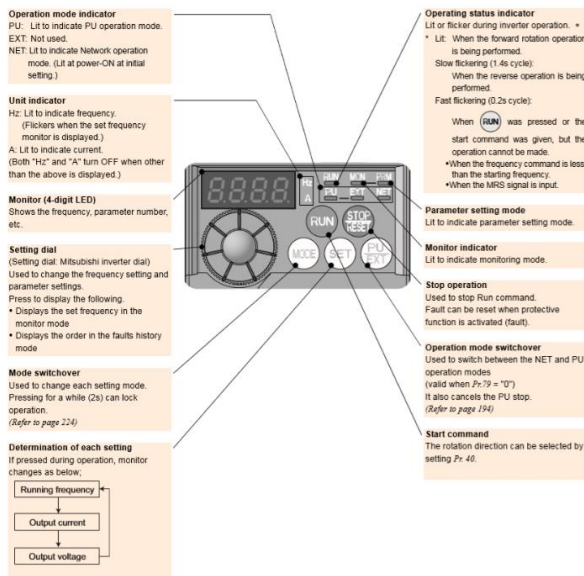
Untuk menggerakkan piston dari silinder pneumatik yaitu dengan cara memberikan *supply* angin bertekanan kebagian saluran inlet dari silinder, kemudian angin bertekanan tersebut akan menekan ke bagian permukaan piston sehingga piston akan bergerak maju ataupun mundur sesuai kemana suplai angin bertekanan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

c. Inverter FR-E700 Mitsubishi



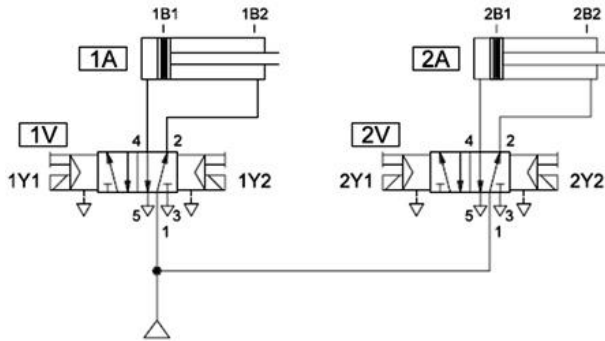
Gambar 2.13 Inverter Mitsubishi[2]

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[2]

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[3]

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.



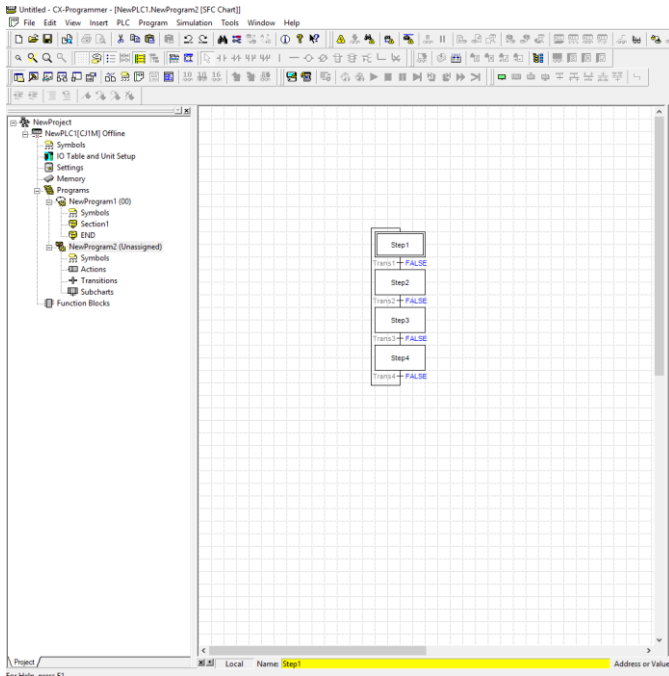
Gambar 2.17 *Human Machine Interface (HMI)*

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 Grafcet

GRAPhe Fonctionnel de Commande Etape/Transition (GRAF CET) adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk memodelkan suatu alur proses dari sebuah siste menjadi sebuah grafis standar yang dapat menggambarkan urutan proses dari sistem tersebut. GRAFCET banyak digunakan di dunia industri otomasi sebagai sebuah solusi dalam menguraikan dan memecahkan permasalahan-permasalahan otomasi yang ada di industri. Dengan model yang mudah dipahami serta perintah-perintah yang mudah digunakan sehingga penggunaan GRAFCET dapat menjadi mudah untuk dipelajari dan digunakan.[4]

Dalam penggunaannya metode GRAFCET dibagi menjadi 2. Yang pertama, GRAFCET dapat digunakan langsung pada perangkat PLC. Pada beberapa jenis/merek PLC terdapat pilihan bahasa pemrograman yang akan digunakan, diantaranya adalah *ladder diagram*, *list instruction*, *SFC* dll. Untuk menggunakan bahasa pemrograman GRAFCET, dapat dipilih opsi *Sequential Function Chart (SFC)* karena SFC adalah nama lain dari GRAFCET. Berikut adalah salah satu jenis PLC yang menyediakan fitur bahasa pemrograman GRAFCET/SFC:



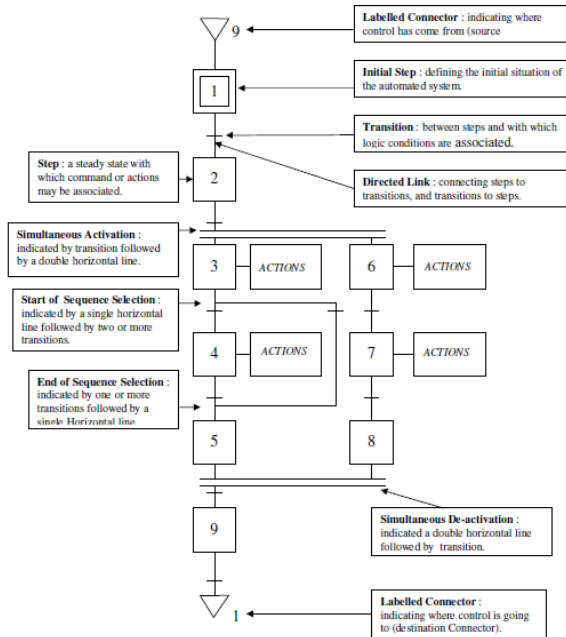
Gambar 2.18 SFC pada *CX-Programmer*

Gambar 2.18 adalah salah satu jenis PLC yaitu Omron yang menyediakan bahasa pemrograman GRAFCET pada perangkat lunaknya *CX-Programmer*. Yang kedua adalah menggunakan metode GRAFCET untuk melakukan pemodelan dari alur sistem kemudian dilakukan pengkonversian sehingga menjadi model *ladder diagram* dan dapat digunakan diseluruh jenis PLC. Untuk penggunaan metode kedua ini lebih universal karena dapat digunakan pada seluruh jenis PLC yang memiliki bahasa pemrograman *ladder diagram*.

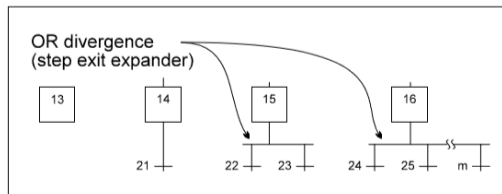
2.4.1. Elemen-elemen GRAFCET

Secara umum, struktur GRAFCET terdiri dari 4 buah elemen, yaitu:

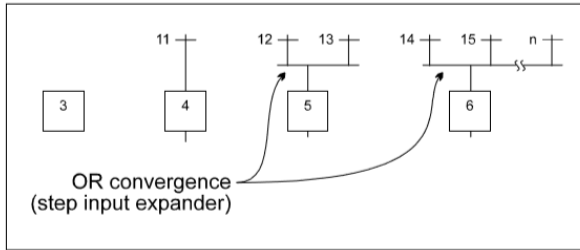
- Steps*, ditunjukkan oleh kotak yang berisi angka
- Links*, ditunjukkan oleh garis horizontal atau vertical
- Transition*, ditunjukkan oleh garis vertical pendek yang diberi nomor
- Statements*, instruksi teks yang menjelaskan aksi atau kondisi.



Gambar 2.19 Struktur *Grafcet*[4]



Gambar 2.20 *OR Divergence*[5]



Gambar 2.21 *OR Convergence*[5]

Selain dari keempat elemen tersebut, juga terdapat elemen-elemen lainnya yang penggunaannya disesuaikan dengan kondisi alur sistem. Struktur dari *Grafcet* terbagi menjadi beberapa bagian dimana tiap-tiap bagiannya memiliki arti dan fungsinya masing-masing. Diantara bagian-bagian dari struktur *Grafcet* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Bagian-bagian struktur *Grafcet*

No.	Nama	Keterangan
1	<i>Initial Step</i>	Menginisialisasi kondisi awal sistem.
2	<i>Transition</i>	Syarat/triger yang harus dipenuhi untuk mengaktifkan sebuah step.
3	<i>Directed Link/Links</i>	Garis yang menghubungkan step menuju transisi dan transisi menuju step.
4	<i>Steps</i>	Urutan langkah dengan nomor yang tersusun.
5	<i>Simultaneous Activation/AND Divergence</i>	Indikator untuk memulai pengaktifan step secara paralel.
6	<i>Simultaneous De-activation/AND Convergence</i>	Indikator untuk mengakhiri pengaktifan step secara paralel.

7	<i>OR Divergence</i>	Indikator untuk memulai pengaktifan step dengan 2 kondisi transisi yang berbeda.
8	<i>OR Convergence</i>	Indikator untuk mengakhiri percabangan <i>OR Divergence</i> .
9	<i>Action</i>	Aksi, tindakan, atau kondisi yang terjadi pada suatu step.

2.4.2. Pembuatan GRAFCET

Untuk merancang sebuah *ladder diagram* dengan memanfaatkan metode GRAFCET, terdapat beberapa langkah atau prosedur yang perlu dilakukan, yaitu :

- a. Mendeskripsikan alur proses dari sebuah sistem yang akan di otomasikan.
- b. Menguraikan dan mengurutkan tiap-tiap alur proses dari sistem tersebut
- c. Menguraikan kondisi-kondisi khusus yang mungkin terjadi pada sistem tersebut
- d. Menguraikan I/O yang digunakan pada sistem tersebut
- e. Memodelkan ke dalam bentuk GRAFCET berdasarkan uraian alur proses yang sudah dibuat selanjutnya
- f. Mengkonversi model GRAFCET menjadi *switching function*
- g. Mengkonversi *switching function* menjadi *ladder diagram*.

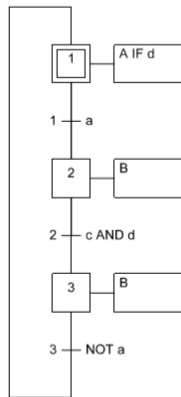
2.4.2.1. Pemodelan GRAFCET

Dari gambar 2.22 dapat dilihat salah satu contoh model GRAFCET yang akan dikonversi menjadi sebuah *ladder diagram*. Secara umum terdapat empat elemen yang masing-masing perlu dikonversi ke *ladder diagram* :

- a. *Transition rungs*
- b. *Step rungs*
- c. *Action rungs*
- d. *Initialization rungs*

Pengkonversian ke-empat elemen tersebut perlu dilakukan agar metode GRAFCET dapat bekerja sesuai dengan semestinya pada sistem apapun.

Translation_Example_Graph



Gambar 2.22 Contoh Model GRAFCET[5]

2.4.2.2. Konversi Menjadi Switching Function dan Ladder Diagram

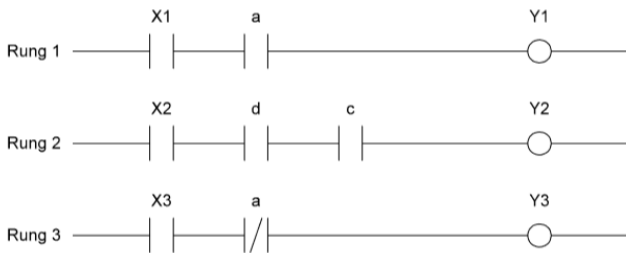
a. *Transition rung*

Terdapat 3 buah transisi yang perlu dikonversi menjadi *switching function*:

1. $Y1 = X1. a$
2. $Y2 = X2. c. d$
3. $Y3 = X3. \bar{a}$

Dari konversi diatas dapat dilihat bahwa Y mewakilkan transisi dan X mewakilkan step. Untuk mengaktifkan Y1 maka syarat yang diperlukan adalah step sebelumnya dan transisi itu sendiri, begitupun dengan Y2 dan Y3.

Setelah *switching function* didapat berikutnya melakukan konversi menjadi *ladder diagram*.



Gambar 2.23 Ladder Diagram Bagian Transisi[5]

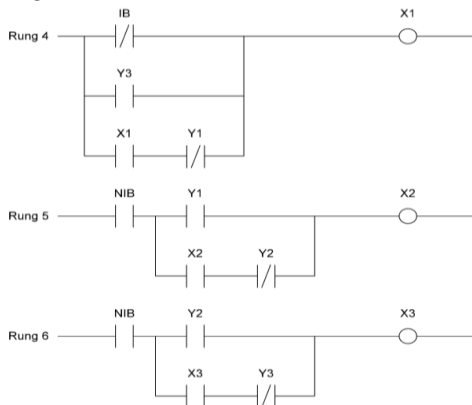
b. Step Rungs

Terdapat 3 buah transisi yang perlu dikonversi menjadi *switching function*:

1. $X1 = \overline{IB} + Y3 + (X1.\overline{Y1})$
2. $X2 = \overline{NIB} + Y1 + (X2.\overline{Y2})$
3. $X3 = \overline{NIB} + Y2 + (X3.\overline{Y3})$

Dari konversi diatas dapat dilihat bahwa yang mengaktifkan step 1 (X1) adalah NIB yaitu 1st cycle bit dari PLC dan Transisi 3 (Y3). Selain itu pada bagian step ini dilakukan *self holding* untuk memori X1 sehingga perlu ditambahkan kontak X1 *normaly open* (NO) dan yang menonaktifkan memori X1 adalah transisi berikutnya yaitu Y1. Begitu pula untuk step 2 dan step 3.

Setelah *switching function* didapat berikutnya melakukan konversi menjadi *ladder diagram*.



Gambar 2.24 Ladder Diagram Bagian Step[5]

c. Action Rungs

Dari model GRAFCET pada gambar 2.22 dapat dilihat bahwa terdapat 2 buah output yaitu A dan B, masing-masing diaktifkan oleh step sehingga *switching function*-nya menjadi:

1. $A = X1.d$
2. $B = X2.X3$

Setelah *switching function* didapat berikutnya melakukan konversi menjadi *ladder diagram*.



Gambar 2.25 Ladder Diagram Bagian Actions[5]

d. Initialization rungs

Untuk inisialisasi biasanya menggunakan *1st cycle bit* pada PLC. Sehingga bentuk *ladder diagram*-nya adalah :



Gambar 2.26 Ladder Diagram Bagian Initialization[5]

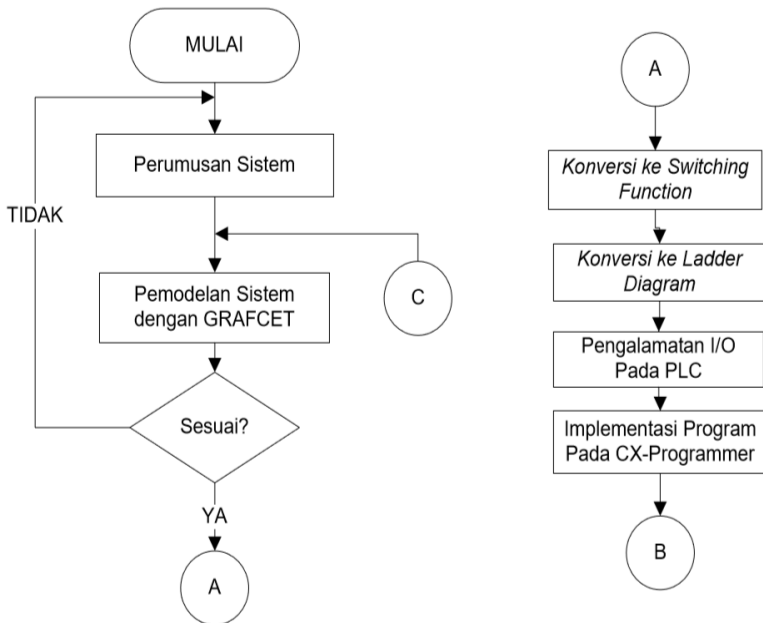
Selanjutnya program berbentuk *diagram ladder* di *upload* ke suatu perangkat PLC sehingga *sequence* pada PLC dapat berjalan sesuai dengan alur proses yang telah ditentukan sebelumnya.

BAB III

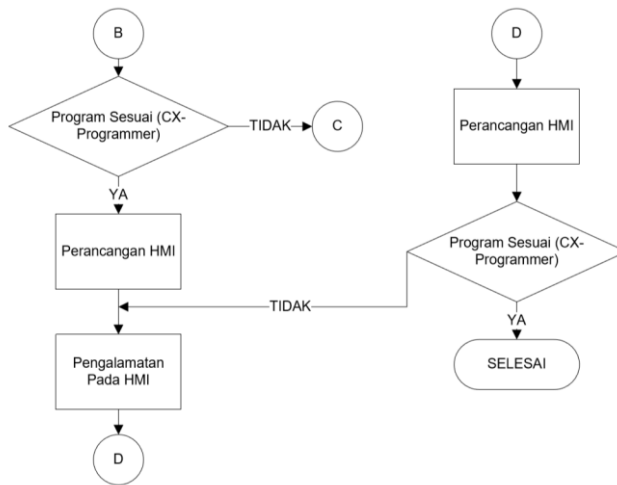
PERANCANGAN SISTEM

Pada BAB ini akan dibahas mengenai bagaimana perancangan pemodelan GRAFCET pada sistem *Tapping and Washing Machine Autoloader* hingga menjadi sebuah *ladder diagram* sehingga dapat diimplementasikan pada PLC.

Proses perancangan sistem ini akan berjalan sesuai dengan alur *flow chart* berikut ini :



Gambar 3.1 Flowchart Perancangan Sistem (a)



Gambar 3.2 Flowchart Perancangan Sistem (b)

3.1. Perumusan Sistem

Pada perancangan kali ini permasalahan yang akan dibahas adalah mengenai *Tapping and washing machine autoloader plant*. Sistem ini adalah sistem yang terdiri atas 3 buah mesin, yang digunakan untuk memproses sebuah material yaitu berupa *housing* dari *differential gear* yang terdapat pada kendaraan roda empat yang telah dipecahkan pada bab sebelumnya. Mesin-mesin tersebut adalah A21, B23 (*Tapping Machine*), C2 (*Washing Machine*), dan 3 buah *autoloader*. Masing masing mesin serta *autoloader* memiliki alur prosesnya masing-masing.

3.1.1. Perumusan Input dan Output

Setelah diketahui secara umum mengenai fungsi serta alur sistem otomatisasi yang akan kita buat, maka setelah itu langkah yang perlu dilakukan adalah mengetahui input dan output yang digunakan serta fungsi dari input dan output tersebut.

Tabel 3. 1 Perumusan Input A21-B23 (*Tapping Machine*)

No.	Tipe	Nama	Fungsi
1	Push Button	Cycle Start Gantry 1	Untuk memulai sistem
2	Push Button	Stop	Untuk menghentikan sistem secara keseluruhan
3	Reed Switch	Ejector A21 Ret	Mendeteksi ejector A21 di posisi minimum
4	Reed Switch	Ejector A21 Adv	Mendeteksi ejector A21 di posisi maksimum
5	Limit Switch	Loading Pos A21 Rear	Mendeteksi Autoloader 1 berada di atas mesin A21
6	Limit Switch	Slow Down A21 Rear	Mengubah kecepatan autoloader 1 menjadi lambat
7	Limit Switch	Slow Waiting A21 Rear	Mengubah kecepatan autoloader 1 menjadi lambat
8	Limit Switch	Waiting A21 - B23	Menghentikan autoloader 1 jika jalur tidak aman

9	Limit Switch	Slow Waiting B23 Front	Mengubah kecepatan autoloader 1 menjadi lambat
10	Limit Switch	Slow Down B23 Front	Mengubah kecepatan autoloader 1 menjadi lambat
11	Limit Switch	Loading Pos B23	Mendeteksi Autoloader 1 atau 2 berada di atas mesin B23
12	Reed Switch	Gantry 1 Clamp Rh	Mendeteksi Autoloader 1 Clamped Right
13	Reed Switch	Gantry 1 Clamp Lh	Mendeteksi Autoloader 1 Clamped Left
14	Reed Switch	Gantry 1 Unclamp Rh	Mendeteksi Autoloader 1 Unclamped Right
15	Reed Switch	Gantry 1 Unclamp Lh	Mendeteksi Autoloader 1 Unclamped Left
16	Reed Switch	Gantry 1 Down	Mendeteksi Autoloader 1 berada di posisi bawah
17	Reed Switch	Gantry 1 Up	Mendeteksi Autoloader 1 berada di posisi atas

18	Limit Switch	SBK B23	Sensor benda kerja mesin B23
19	Reed Switch	Tap Silinder B23 Min Left	Mendeteksi silinder kiri <i>tapping</i> B23 berada di posisi minimum
20	Reed Switch	Tap Silinder B23 Max Left	Mendeteksi silinder kiri <i>tapping</i> B23 berada di posisi maksimum
21	Reed Switch	Tap Silinder B23 Min Right	Mendeteksi silinder kanan <i>tapping</i> B23 berada di posisi minimum
21	Reed Switch	Tap Silinder B23 Max Right	Mendeteksi silinder kanan <i>tapping</i> B23 berada di posisi maksimum
22	Reed Switch	Door Closed	Mendeteksi pintu mesin B23 telah tertutup
23	Reed Switch	Door Opened	Mendeteksi pintu mesin B23 telah terbuka

Tabel 3.2 Perumusan Output A21-B23 (*Tapping Machine*)

No.	Tipe	Nama	Fungsi
1	Solenoid	Silinder A21 Return	Menggerakkan silinder masuk kedalam mesin A21
2	Solenoid	Silinder A21 Advance	Menggerakkan silinder masuk keluar mesin A21
3	Motor	Autoloder 1 Forward High Speed	Menggerakkan autoloder 1 forward dengan kecepatan tinggi
4	Motor	Autoloder 1 Forward Low Speed	Menggerakkan autoloder 1 forward dengan kecepatan rendah
5	Motor	Autoloder 1 Reverse High Speed	Menggerakkan autoloder 1 reverse dengan kecepatan tinggi
6	Motor	Autoloder 1 Reverse Low Speed	Menggerakkan autoloder 1 reverse dengan kecepatan rendah
7	Solenoid	Autoloder 1 <i>Clamping</i>	Autoloder 1 mencekam benda kerja
8	Solenoid	Autoloder 1 <i>Unclamping</i>	Autoloder 1 melepas cekaman benda kerja
9	Solenoid	Autoloder 1 <i>Up</i>	Menggerakkan autoloder 1 ke atas
10	Solenoid	Autoloder 1 <i>Down</i>	Menggerakkan autoloder 1 ke bawah
11	Solenoid	Silinder <i>Tapping</i> B23 Left Advance	Menggerakkan silinder <i>tapping</i> mesin B23 kiri <i>advance</i>

12	Solenoid	Silinder <i>Tapping</i> B23 Left <i>Return</i>	Menggerakkan silinder <i>tapping</i> mesin B23 kiri <i>return</i>
13	Solenoid	Silinder <i>Tapping</i> B23 Right <i>Advance</i>	Menggerakkan silinder <i>tapping</i> mesin B23 kanan <i>advance</i>
14	Solenoid	Silinder <i>Tapping</i> B23 Right <i>Return</i>	Menggerakkan silinder <i>tapping</i> mesin B23 kanan <i>return</i>
15	Solenoid	B23 <i>Clamping</i>	Mencekam benda kerja pada mesin B23
16	Solenoid	B23 <i>Unclamping</i>	Melepas cekaman benda kerja pada mesin B23
17	Motor	B23 <i>Tapping</i> <i>Spindel Left CW</i>	Mengaktifkan <i>spindel</i> kiri CW pada mesin B23 untuk proses <i>tapping</i>
18	Motor	B23 <i>Tapping</i> <i>Spindel Left CCW</i>	Mengaktifkan <i>spindel</i> kiri CCW pada mesin B23 untuk proses <i>tapping</i>
19	Motor	B23 <i>Tapping</i> <i>Spindel Right CW</i>	Mengaktifkan <i>spindel</i> kanan CW pada mesin B23 untuk proses <i>tapping</i>
20	Motor	B23 <i>Tapping</i> <i>Spindel Right CCW</i>	Mengaktifkan <i>spindel</i> kanan CCW pada mesin B23 untuk proses <i>tapping</i>
21	Solenoid	Pintu Mesin B23 <i>Opening</i>	Membuka pintu mesin B23
22	Solenoid	Pintu Mesin B23 <i>Closing</i>	Menutup pintu mesin B23

Tabel 3.3 Perumusan Input B23 (*Tapping Machine*)-C2 (*Wasing Machine*)

No	Type	Nama	Fungsi
1	Limit Switch	LS Slow Down B23 Rear	Mengubah kecepatan autoloader 2 menjadi lambat
2	Limit Switch	LS Slow Waiting B23 Rear	Mengubah kecepatan autoloader 2 menjadi lambat
3	Limit Switch	LS Waiting B23 - C2	Menghentikan autoloader 2 jika jalur tidak aman
4	Limit Switch	LS Slow Waiting C2 Front	Mengubah kecepatan autoloader 2 menjadi lambat
5	Limit Switch	LS Slow Down C2 Front	Mengubah kecepatan autoloader 2 menjadi lambat
6	Limit Switch	LS Loading Pos C2 Front	Mendeteksi autoloader 2 berada di atas mesin C2
7	Reed Switch	RS Gantry 2 Clamp Right Hand	Mendeteksi autoloader 2 kanan clamped
8	Reed Switch	RS Gantry 2 Clamp Left Hand	Mendeteksi autoloader 2 kiri clamped
9	Reed Switch	RS Gantry 2 Unclamp Right Hand	Mendeteksi autoloader 2 kanan unclamped
10	Reed Switch	RS Gantry 2 Unclamp Left Hand	Mendeteksi autoloader 2 kiri unclamped
11	Reed Switch	RS Gantry 2 Down	Mendeteksi autoloader 2 berada di posisi bawah
12	Reed Switch	RS Gantry 2 Up	Mendeteksi autoloader 2 berada di posisi atas
13	Reed Switch	RS Silinder C2 Min Left	Mendeteksi silinder washing kiri mesin C2 berada di posisi minimum
14	Reed Switch	RS Silinder C2 Max Left	Mendeteksi silinder washing kiri mesin C2

			berada di posisi maksimum
15	Reed Switch	RS Silinder C2 Min Right	Mendeteksi silinder washing kanan mesin C2 berada di posisi minimum
16	Reed Switch	RS Silinder C2 Max Right	Mendeteksi silinder washing kanan mesin C2 berada di posisi maksimum
17	Limit Switch	LS V-Blok Out	Mendeteksi V-Blok berada di posisi terluar mesin C2
18	Limit Switch	LS V-Blok Slow Out	Mengubah kecepatan V-Blok menjadi lambat
19	Limit Switch	LS V-Blok In	Mendeteksi V-Blok berada di posisi terdalam mesin
20	Limit Switch	LS V-Blok Slow In	Mengubah kecepatan V-Blok menjadi lambat
21	Reed Switch	Door Closed	Mendeteksi pintu mesin C2 telah tertutup
22	Reed Switch	Door Opened	Mendeteksi pintu mesin C2 telah terbuka

Tabel 3.4 Perumusan Output B23 (*Tapping Machine*)-C2 (*Wasing Machine*)

No.	Type	Nama	Fungsi
1	Motor	Autoloader 2 Forward High Speed	Menggerakkan autoloder 2 forward dengan kecepatan tinggi
2	Motor	Autoloader 2 Forward Low Speed	Menggerakkan autoloader 2 forward dengan kecepatan rendah

3	Motor	Autoloader 2 Reverse High Speed	Menggerakkan autoloader 2 reverse dengan kecepatan tinggi
4	Motor	Autoloader 2 Reverse Low Speed	Menggerakkan autoloader 2 reverse dengan kecepatan rendah
5	Solenoid	Autoloader 2 Clamping	Autoloder 2 mencekam benda kerja
6	Solenoid	Autoloder 2 Unclamping	Autoloder 2 melepas cekaman benda kerja
7	Solenoid	Autoloader 2 Up	Menggerakkan autoloader 2 ke atas
8	Solenoid	Autoloader 2 Down	Menggerakkan autoloader 2 ke bawah
9	Solenoid	Silinder Washing Advance Left	Menggerakkan siliner washing bagian kiri advance
10	Solenoid	Silinder Washing Return Left	Menggerakkan siliner washing bagian kiri return
11	Solenoid	Silinder Washing Advance Right	Menggerakkan siliner washing bagian kanan advance
12	Solenoid	Silinder Washing Return Right	Menggerakkan siliner washing bagian kanan return
13	Motor	V-Blok Forward High Speed	Menggerakkan V-Blok forward dengan kecepatan tinggi
14	Motor	V-Blok Forward Low Speed	Menggerakkan V-Blok forward dengan kecepatan rendah
15	Motor	V-Blok Reverse High Speed	Menggerakkan V-Blok reverse dengan kecepatan tinggi
16	Motor	V-Blok Reverse Low Speed	Menggerakkan V-Blok reverse dengan kecepatan rendah

17	Solenoid	Pintu Mesin C2 <i>Opening</i>	Membuka pintu mesin C2
18	Solenoid	Pintu Mesin C2 <i>Closing</i>	Menutup pintu mesin C2

Tabel 3.5 Perumusan Input C2 (*Wasing Machine*)-Konveyor

No	Tipe	Nama	Fungsi
1	Limit Switch	Loading Pos C2 Rear	Mendeteksi autoloader 3 berada di atas mesin C2
2	Limit Switch	Slow Down C2 Rear	Mengubah kecepatan autoloader 3 menjadi lambat
3	Limit Switch	Slow Waiting C2 Rear	Mengubah kecepatan autoloader 3 menjadi lambat
4	Limit Switch	Waiting C2 - Conveyor	Menghentikan autoloader 3 jika jalur tidak aman
5	Limit Switch	Slow Unload To Conveyor	Mengubah kecepatan autoloader 3 menjadi lambat
6	Limit Switch	Unload To Conveyor	Mendeteksi autoloader 3 berada di atas konveyor
7	Limit Switch	Safe Position Gantry 3	Mendeteksi autoloader 3 berada pada posisi aman
8	Reed Switch	Gantry 3 Clamp Rh	Mendeteksi autoloader 1 clamped kanan
9	Reed Switch	Gantry 3 Clamp Lh	Mendeteksi autoloader 1 clamped kiri
10	Reed Switch	Gantry 3 Unclamp Rh	Mendeteksi autoloader 1 unclamped kanan
11	Reed Switch	Gantry 3 Unclamp Lh	Mendeteksi autoloader 1 unclamped kiri
12	Reed Switch	Gantry 3 Down	Mendeteksi autoloader 3 berada di posisi bawah
13	Reed Switch	Gantry 3 Up	Mendeteksi autoloader 3 berada di posisi atas

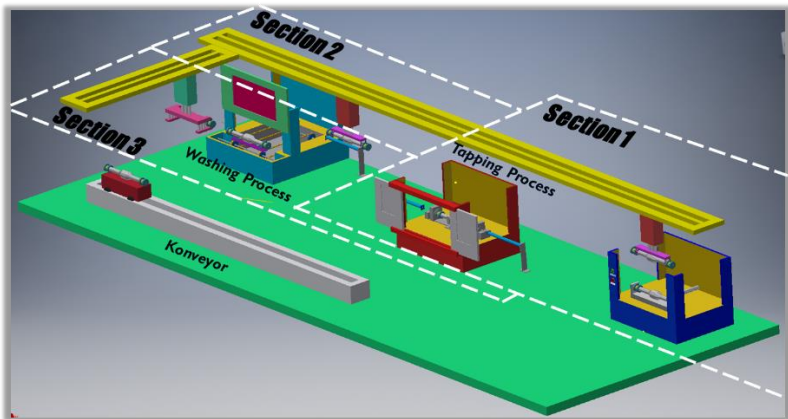
14	Limit Switch	LS Stop Unload Gantry 3	Mendeteksi konveyor berada di posisi siap unload
15	Limit Switch	LS Slow Down Unload Gantry 3	Mengubah kecepatan Konveyor menjadi lambat
16	Limit Switch	LS Slow Down Stop Q Gate	Mengubah kecepatan Konveyor menjadi lambat
17	Limit Switch	LS Stop Q Gate	Mendeteksi konveyor berada di Q-Gate (<i>Finish Point</i>)

Tabel 3.6 Perumusan Output C2 (*Wasing Machine*)-Konveyor

No.	Type	Nama	Fungsi
1	Motor	Autoloader 3 Forward High Speed	Menggerakkan autoloder 3 forward dengan kecepatan tinggi
2	Motor	Autoloader 3 Forward Low Speed	Menggerakkan autoloader 3 forward dengan kecepatan rendah
3	Motor	Autoloader 3 Reverse High Speed	Menggerakkan autoloader 3 reverse dengan kecepatan tinggi
4	Motor	Autoloader 3 Reverse Low Speed	Menggerakkan autoloader 3 reverse dengan kecepatan rendah
5	Solenoid	Autoloader 3 <i>Clamping</i>	Autoloder 3 mencekam benda kerja
6	Solenoid	Autoloder 3 <i>Unclamping</i>	Autoloder 3 melepas cekaman benda kerja
7	Solenoid	Autoloader 3 <i>Up</i>	Menggerakkan autoloader 3 ke atas
8	Solenoid	Autoloader 3 <i>Down</i>	Menggerakkan autoloader 3 ke bawah

9	Motor	<i>Conveyor Forward High Speed</i>	Menggerakkan konveyor <i>forward</i> dengan kecepatan tinggi
10	Motor	<i>Conveyor Forward Low Speed</i>	Menggerakkan konveyor <i>forward</i> dengan kecepatan rendah
11	Motor	<i>Conveyor Reverse High Speed</i>	Menggerakkan konveyor <i>reverse</i> dengan kecepatan tinggi
12	Motor	<i>Conveyor Reverse Low Speed</i>	Menggerakkan konveyor <i>reverse</i> dengan kecepatan rendah

3.1.2. Pembagian Section



Gambar 3.3 Pembagian *Section Plant*

Pada *tapping and washing machine autoloder plant* ini, alur proses yang dilakukan cukup banyak dan kompleks sehingga jumlah *sequence* serta input dan output yang digunakan pula menjadi banyak, maka untuk mempermudah proses pemodelan sistem hingga menjadi sebuah *ladder diagram*, sistem akan dibagi menjadi 3 *section*, yang nantinya ketika perancangan ketiga *section* tersebut akan tetap saling terkait dan

terintegrasi satu sama yang lain sehingga akan tetap membentuk suatu sistem yang utuh. Ketiga *section* tersebut adalah:

- a. A21-B23 (*Tapping Machine*) *Section*
- b. B23 (*Tapping Machine*)-C2 (*Washing Machine*) *Section*
- c. C2-*Conveyor Section*

Penjelasan secara rinci mengenai ketiga *section* tersebut akan dibahas lebih lanjut pada sub-bab berikutnya.

3.1.2.1. A21-B23 (*Tapping Machine*) *Section*

Section pertama meliputi proses mesin A21, proses pendistribusian *housing* menuju mesin B23 dengan menggunakan *autoloder* 1, dan juga proses permesinan yang dilakukan pada mesin B23. Alur proses yang terjadi pada *section* 1 ini ditunjukkan pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 *Sequence of Section 1*

No.	Langkah	Proses	Input Trigger
1.	1	<i>Ejector</i> A21 <i>Return</i> (Memabawa <i>housing</i> ke dalam mesin A21)	PB Start
2.	2	<i>Autoloder</i> 1 <i>Down</i>	RS <i>Ejector</i> A21 <i>Minimum</i>
3.	3	<i>Autoloder</i> 1 <i>Clamping</i> RH dan LH	RS <i>Ejector</i> <i>Autoloder</i> 1 <i>Down</i>
4.	4	<i>Autoloder</i> 1 <i>Up</i>	RS <i>Autoloder</i> 1 <i>Clamped</i> RH dan LH
5.	5	<i>Autoloder</i> 1 <i>Forward</i> <i>High Speed</i> AND <i>Ejector</i> A21 <i>Advance</i>	RS <i>Autoloder</i> 1 <i>Up</i>
6.	6	<i>Autoloder</i> 1 <i>Forward</i> <i>High Speed</i>	LS <i>Slow</i> <i>Waiting</i> A21-B23 AND Mesin B23 <i>Safe</i>
7.	6A	<i>Autoloder</i> 1 <i>Forward</i> <i>Low Speed</i>	LS <i>Slow</i> <i>Waiting</i> A21-B23 AND Mesin B23 <i>Unsafe</i>

8.	6B	<i>Autoloader 1 Forward High Speed IF Mesin B23 Safe</i>	LS Waiting Mesin A21-B23
9.	7	<i>Autoloader 1 Forward Low Speed</i>	LS Slow Down A21-B23
10.	8	<i>Autoloder 1 Down</i>	LS Loading Pos B23
11.	9	<i>Autoloader 1 Unlamping RH dan LH</i>	RS Autoloader 1 Down
12.	10	<i>Autoloader 1 Up</i>	RS Autoloader 1 Unlamped RH dan LH
13.	11	<i>Autoloader 1 Reverse High Speed (Paralel dengan langkah 13)</i>	RS Autoloader 1 Up
14.	12	<i>Autoloader 1 Reverse Low Speed</i>	LS Slow Down B23-A21
15.	<i>Back to Step 1</i>	-	LS Loading Pos A21
16.	13	<i>Pintu Mesin B23 Closing</i>	RS Autoloader 1 Up
17.	14	<i>Mesin B23 Clamping RH dan LH</i>	RS Door Closed
18.	15	<i>Spindel B23 CW RH dan LH AND Silinder B23 RH dan LH Advance</i>	RS B23 Clamped RH dan LH
19.	16	<i>Spindel B23 CCW RH dan LH AND Silinder B23 RH dan LH Return</i>	RS Silinder B23 Maksimum RH dan LH
20.	17	<i>Mesin B23 Unclamping AND Pintu Mesin B23 Opening</i>	RS Silinder B23 Minimum RH dan LH
21.	<i>Back to Step 1</i>	-	RS Pintu B23 Opened

Pada tabel 3.7 telah diuraikan secara lengkap mengenai alur proses yang terjadi pada *section 1*. Pada *section* ini terdapat 21 proses yang terjadi dengan sinyal *trigger* yang mengaktifkan proses-proses tersebut.

3.1.2.2. B23 (Tapping Machine)-C2 (Washing Machine) Section

Section kedua meliputi proses pendistribusian *housing* dari mesin B23 menuju mesin C2 dengan menggunakan *autoloder 2*, dan juga proses permesinan yang dilakukan pada mesin C2. Alur proses yang terjadi pada *section 2* ini ditunjukkan pada tabel 3.8.

Tabel 3.8 *Sequences of Section 2*

No.	Langkah	Proses	Input Trigger
1.	2.1	<i>Autoloder 2 Reverse High Speed</i>	<i>Finish Process Signal Mesin B23</i>
2.	2.2	<i>Autoloder 2 Reverse Low Speed</i>	<i>LS Slow Down C2-B23</i>
3.	2.3	<i>Autoloder 2 Down</i>	<i>LS Loading Pos B23</i>
4.	2.4	<i>Autoloder 2 Clamping RH dan LH</i>	<i>RS Autoloder 2 Down</i>
5.	2.5	<i>Autoloder 2 Up</i>	<i>RS Autoloder 2 Clamped RH dan LH</i>
6.	2.6	<i>Autoloder 2 Forward High Speed</i>	<i>RS Autoloder 2 Up</i>
7.	2.7	<i>Autoloder 2 Forward High Speed</i>	<i>LS Slow Waiting B23-C2 AND C2 Safe</i>
8.	2.7A	<i>Autoloder 2 Forward Low Speed</i>	<i>LS Slow Waiting B23-C2 AND Mesin C2 Unsafe</i>
9.	2.7B	<i>Autoloder 2 Forward High Speed IF Mesin C2 Safe</i>	<i>LS Waiting Mesin B23-C2</i>
10.	2.8	<i>Autoloder 2 Forward Low Speed</i>	<i>LS Slow Down B23-C2</i>
11.	2.9	<i>Autoloder 2 Down</i>	<i>LS Loading Pos C2 Front</i>
12.	2.10	<i>Autoloder 2 Unlamping RH dan LH</i>	<i>RS Autoloder 2 Down</i>

13.	2.11	<i>Autoloader 2 Up</i>	RS Autoloader 2 Unlamped RH dan LH
14.	2.12	<i>Autoloader 2 Reverse High Speed (Paralel with Step 2.13)</i>	RS Autoloader 2 Up
15.	2.12A	<i>Autoloder 2 Reverse Low Speed</i>	LS Slow Waiting C2-B23
16.	Back to Step 2.1	-	LS Waiting Pos C2-B23
17.	2.13	<i>Compressor Mesin C2</i>	RS Autoloader 2 Up
18.	2.14	<i>V-Blok C2 Reverse High Speed</i>	Timer 3 s
19.	2.15	<i>V-Blok C2 Reverse Low Speed</i>	LS V-Blok Slow In
20.	2.16	<i>Pintu Mesin C2 Closing</i>	LS V-Blok In
21.	2.17	<i>Silinder Washing Advanced RH dan LH AND Coolent ON</i>	RS Pintu Mesin C2 Closed OR Counter Not Set
22.	2.18	<i>Silinder Washing Return RH dan LH AND Coolent ON</i>	RS Silinder Washing Maksimum RH dan LH
23.	2.19	<i>Pintu Mesin C2 Opening AND Coolent Off</i>	RS Silinder Washing Minimum RH dan LH AND Counter Set
24.	2.20	<i>V-Blok C2 Forward High Speed</i>	RS Pintu Mesin C2 Opened
25.	2.21	<i>V-Blok C2 Forward High Speed</i>	LS V-Blok Slow Out
26.	2.22	<i>Compressor On</i>	LS V-Blok Out
27.	Back to Step 2.1	-	Timer 3 s

Pada *section 2* terdapat beberapa kondisi yang perlu diperhatikan selama berjalannya proses pendistribusian *housing* dari mesin B23 ke mesin C2, yaitu adalah kondisi mesin B23 *safe* dan kondisi mesin C2 *safe*. Kondisi *safe* ini perlu untuk diuraikan karena sistem pendistribusian mesin dilakukan dalam 1 jalur sehingga dimungkinkan terjadinya tabrakan antara *autoloader*. Sinyal *safe* yaitu menandakan bahwa kondisi disekitar area mesin aman atau sudah siap untuk dilalui oleh *autoloader*.

Sinyal *safe* mesin C2 didefinisikan bahwa tidak ada *autoloader* yang sedang beroperasi atau masuk ke area mesin C2, selain itu juga apabila sinyal-sinyal proses dari mesin C2 tidak aktif artinya mesin C2 dalam keadaan *safe*. Kemudian sinyal *safe* mesin B23 didefinisikan bahwa tidak ada *autoloader* yang sedang beroperasi atau masuk ke area mesin B23, selain itu juga tidak ada benda kerja yang sedang berada di mesin B23. Jika kondisi *safe* tersebut telah didefinisikan maka harapannya proses akan berjalan dengan lancar tanpa adanya bentrok antar *autoloader*.

3.1.2.3. C2 (Washing Machine) – Conveyor Section

Section ketiga meliputi proses proses pendistribusian *housing* dari mesin C2 menuju konveyor dengan menggunakan *autoloder 3*, kemudian juga proses pendistribusian *housing* menggunakan konveyor menuju *Q-Gate (Finish Point)*. Alur proses yang terjadi pada *section 2* ini ditunjukkan pada tabel 3.9.

Tabel 3.9 *Sequences of Section 3*

No.	Step	Proses	Input Trigger
1.	3.1	<i>Autoloader 3 Down AND Autoloader 3 Reverse High Speed IF C2 Safe</i>	LS V-Blok Out
2.	3.2	<i>Autoloder 3 Reverse Low Speed</i>	LS Slow Down Conveyor-C2
3.	3.3	<i>Autoloader 3 Clamping RH dan LH</i>	LS Loading Pos C2 AND RS Autoloader 3 Down
4.	3.4	<i>Autoloader 3 Up</i>	RS Autoloader 3 Clamped RH dan LH

5.	3.5	<i>Autoloader 3 Forward High Speed</i>	RS Autoloader 3 Up
6.	3.6	<i>Autoloader 3 Forward Low Speed</i>	LS Slow Down C2-Conveyor
7.	3.7	<i>Autoloader 3 Down IF LS Load Conveyor</i>	LS Unload Conveyor
8.	3.8	<i>Autoloader 3 Unlamping RH dan LH</i>	Autoloader 3 Down
9.	3.9	<i>Autoloder 3 Forward Low Speed</i>	RS Autoloader 3 Unclamped RH dan LH
10.	3.10	<i>Autoloader 3 Up (Paralel with Step 3.11)</i>	RS Safe Position Autoloader 3
11.	3.10A	<i>Autoloader 3 Reverse High</i>	RS Autoloader 3 Up
12.	3.10B	<i>Autoloder 3 Reverse Low Speed</i>	LS Slow Waiting Conveyor-C2
13.	Back to Step 3.1	-	LS Waiting Conveyor-C2
14.	3.11	<i>Conveyor Forward High Speed</i>	RS Safe Position Autoloader 3
15.	3.12	<i>Conveyor Forward Low Speed IF NOT LS Q-Gate</i>	LS Slow Conveyor-Q-Gate
16.	3.13	<i>Conveyor Reverse High Speed</i>	PB Finish
17.	3.14	<i>Conveyor Reverse Low Speed IF NOT LS Load Conveyor</i>	LS Slow Q-Gate-Conveyor
18.	Back to Step 3.1	-	LS Load Conveyor

Pada *section 3* di bagian akhir yaitu pada *Q-Gate* terdapat satu buah *push button finish* yang digunakan untuk mengembalikan *conveyor* ke posisi semula setelah mengantarkan *housing* ke *Q-Gate*, pada bagian akhir ini terdapat sebuah *counter* yang di *trigger* oleh sinyal *push button finish* dan digunakan untuk menghitung banyaknya *housing* yang sudah selesai di proses.

3.2. Pemodelan Sistem dengan GRAFCET

Pada sub-bab sebelumnya telah diuraikan dan dijelaskan mengenai alur proses dari sistem secara keseluruhan dan kemudian pembagiannya menjadi beberapa *section*. Pada sub-bab ini akan dirumuskan dan dijelaskan mengenai proses pemodelan dari alur sistem yang sudah ditentukan sebelumnya menggunakan metode GRAFCET sehingga menghasilkan gambaran alur proses dalam model GRAFCET pada *section* 1.

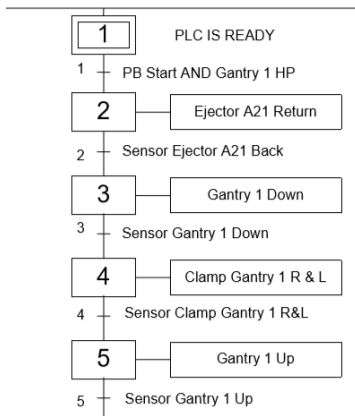
Seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, dalam metode GRAFCET terdapat beberapa komponen dari struktur GRAFCET yang memiliki fungsi dan tujuannya masing-masing. Pada proses pemodelan ini, komponen-komponen tersebut akan digunakan untuk merepresentasikan seluruh alur proses dari sistem.

Tabel 3.10 *Sequence of section 1* (potongan ke-1)

No.	Step	Proses	Input Trigger
1.	1	<i>Ejector A21 Return</i> (Memabawa <i>housing</i> ke dalam mesin A21)	PB Start
2.	2	<i>Autoloder 1 Down</i>	RS <i>Ejector A21 Minimum</i>
3.	3	<i>Autoloader 1 Clamping</i> RH dan LH	RS <i>Ejector Autoloader 1 Down</i>
4.	4	<i>Autoloader 1 Up</i>	RS <i>Autoloader 1 Clamped</i> RH dan LH

Dari proses pemodelan pada gambar 3.2, langkah pertama untuk membangun sebuah konstruksi dari model GRAFCET yaitu menentukan *initial condition* dari sistem, kemudian *initial condition* tersebut diubah menjadi komponen *initial step* dan diberi penomoran mulai dari angka 1. Pada sistem ini *intial condition* yang harus dipenuhi adalah bahwa PLC dalam keadaan “*Ready*” atau telah siap untuk dioperasikan.

Dari potongan alur proses diatas, kemudian dilakukan pemodelan dan hasilnya adalah sebagai berikut :



Gambar 3.4 GRAFCET Section 1 (Potongan 1)

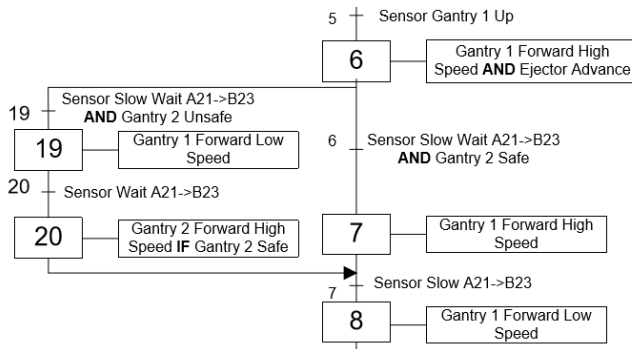
Kemudian dari tabel 3.10, proses pertama yang terjadi adalah *ejector A21 return* atau *housing* dibawa kedalam mesin. Selain itu juga perlu dilihat *input trigger*/pemicu dari kejadian tersebut, dalam sistem ini pemicunya adalah penekanan pada *push button start* dan tambahan syarat yaitu *housing* dalam dalam posisi siap untuk diproses. Maka kejadian tersebut dikonversi menjadi sebuah komponen step yang ditandai dengan bentuk persegi dengan nomor 2 dan pemicunya dikonversi menjadi sebuah komponen transisi yang di tandai dengan garis horizontal yang diberi angka 1, kemudian *output* atau tindakan yang dilakukan pada proses tersebut dikonversi menjadi komponen *action*.

Untuk proses pengkonversian berikutnya hingga proses ke 4 pada tabel 3.10 dilakukan dengan cara yang sama, yaitu dengan mengkonversi proses menjadi komponen step dan *input trigger* menjadi komponen transisi yang memicu pengaktifan step.

Tabel 3. 11 *Sequence of section 1 (potongan ke-2)*

No.	Langkah	Proses	Input Trigger
5.	5	<i>Autoloader 1 Forward High Speed AND Ejector A21 Advance</i>	RS Autoloader 1 Up
6.	6	<i>Autoloader 1 Forward High Speed</i>	LS Slow Waiting A21-B23 AND Mesin B23 Safe
7.	6A	<i>Autoloader 1 Forward Low Speed</i>	LS Slow Waiting A21-B23 AND Mesin B23 Unsafe
8.	6B	<i>Autoloader 1 Forward High Speed IF Mesin B23 Safe</i>	LS Waiting Mesin A21-B23
9.	7	<i>Autoloader 1 Forward Low Speed</i>	LS Slow Down A21-B23

Berikutnya adalah pengkonversian proses ke 5 menjadi sebuah komponen step (step 6) dan *input trigger* pada proses 5 dikonversi menjadi sebuah komponen transisi (transisi 5), setelah itu dituliskan pula *action* yang dilakukan pada proses tersebut.



Gambar 3.5 GRAFCET Section 1 (Potongan 2)

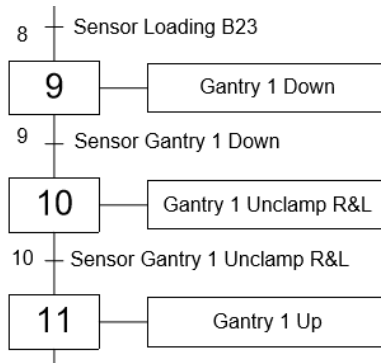
Kemudian untuk proses ke 6 dan 6A adalah proses seleksi, artinya sistem akan masuk ke salah satu proses sesuai dengan syarat *input trigger* mana yang terpenuhi. Jika terdapat proses seperti ini maka cara mengkonversikannya yaitu dengan menambahkan sebuah komponen OR *Divergence* seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya. Kemudian setelah itu proses 6 dan 6A diubah menjadi komponen step (step 7 dan step 19) dengan syarat *input trigger*-nya (transisi 6 dan 19) masing-masing. Selanjutnya untuk proses 6B adalah lanjutan alur proses dari proses 6A yang dikonversi juga menjadi sebuah komponen step (step 20) dengan *input trigger*-nya menjadi komponen transisi (transisi 20).

Langkah berikutnya adalah proses ke-7. Proses ini adalah lanjutan proses dari proses 6 dan proses 6B. Proses 7 dikonversi menjadi sebuah komponen step (step 8) dan *input trigger* yang memicu pengaktifan proses 7 diubah menjadi sebuah komponen transisi (transisi 7) serta *action/output* yang dilakukan pada proses tersebut juga dikonversi menjadi komponen *action*.

Tabel 3.12 *Sequence of section 1* (potongan ke-3)

No.	Langkah	Proses	Input Trigger
10.	8	<i>Autoloder 1 Down</i>	LS Loading Pos B23
11.	9	<i>Autoloader 1 Unlamping RH dan LH</i>	RS Autoloader 1 Down
12.	10	<i>Autoloader 1 Up</i>	RS Autoloader 1 Unlamped RH dan LH

Langkah berikutnya adalah langkah ke-8 hingga langkah ke 10 dikonversi menjadi komponen step (step 9, 10, dan 11) dan *input trigger* pemicu aktifnya tiap-tiap proses dikonversi menjadi komponen transisi (transisi 8, 9, dan 10), kemudian *action* dari tiap-tiap proses dikonversi menjadi komponen *action*.

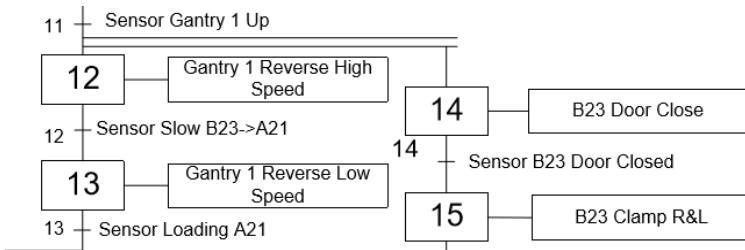


Gambar 3.6 GRAFCET Section 1 (Potongan 3)

Tabel 3.13 Sequence of section 1 (potongan ke-4)

No.	Langkah	Proses	Input Trigger
13.	11	<i>Autoloader 1 Reverse High Speed (Paralel dengan langkah 13)</i>	RS Autoloader 1 Up
14.	12	<i>Autoloader 1 Reverse Low Speed</i>	LS Slow Down B23-A21
15.	<i>Back to Step 1</i>	-	LS Loading Pos A21
16.	13	<i>Pintu Mesin B23 Closing (Paralel dengan langkah 11)</i>	RS Autoloader 1 Up
17.	14	<i>Mesin B23 Clamping RH dan LH</i>	RS Door Closed

Berikutnya yaitu adalah langkah ke-11, terdapat proses yang harus berjalan secara paralel dengan proses lainnya yaitu adalah langkah 11 dengan langkah 13. Dalam metode GRAFCET, jika ada proses yang berjalan secara paralel maka perlu ditambahkan komponen AND Divergence seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya.



Gambar 3. 7 GRAFCET Section 1 (Potongan 4)

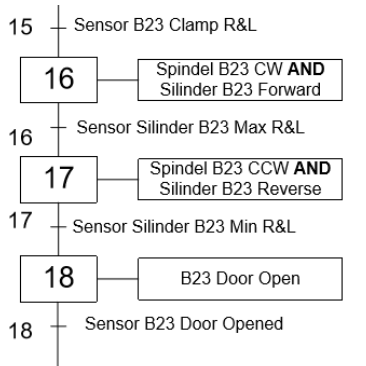
Pengaktifan proses paralel dipicu oleh satu buah *input trigger*, yaitu RS *autoloader 1 up* yang kemudian dikonversi menjadi komponen transisi (transisi 11) dan mengaktifkan 2 buah proses yaitu proses pada langkah 11 dan 13 yang kemudian dikonversi menjadi komponen step (step 12 dan step 14). Selanjutnya tiap-tiap proses setelah adanya percabangan melanjutkan *sequence*-nya masing-masing. Lanjutan dari langkah 11 adalah langkah 12 lalu kembali ke step 1. Proses pada langkah tersebut dikonversi menjadi komponen step (step 13) dan *input trigger*-nya dikonversi menjadi komponen transisi (transisi 12 dan transisi 13).

Kemudian proses yang terjadi pada langkah 13 dilanjutkan ke proses yang ada pada langkah 14, kemudian proses dan *input trigger* dari langkah tersebut dikonversi menjadi komponen step (step 15) dan komponen transisi (transisi 14).

Tabel 3.14 *Sequence of section 1* (potongan ke-5)

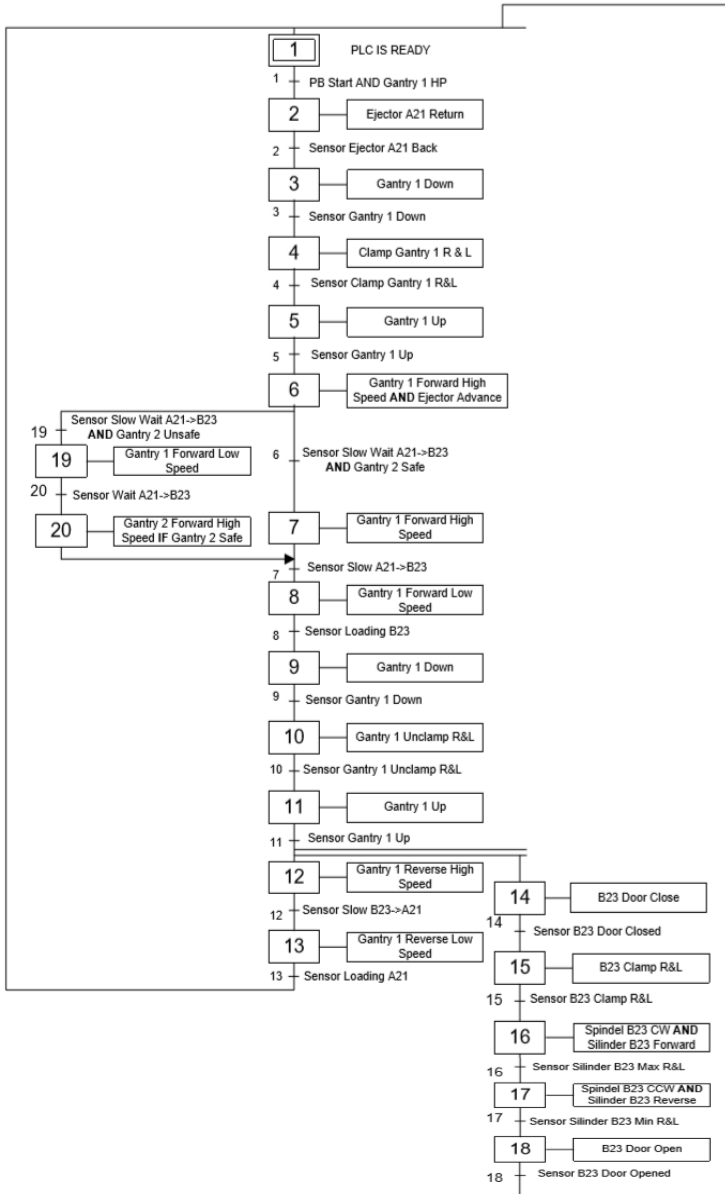
No.	Langkah	Proses	Input Trigger
18.	15	<i>Spindel B23 CW RH dan LH AND Silinder B23 RH dan LH Advance</i>	RS B23 Clamped RH dan LH
19.	16	<i>Spindel B23 CCW RH dan LH AND Silinder B23 RH dan LH Return</i>	RS Silinder B23 Maksimum RH dan LH
20.	17	<i>Mesin B23 Unclamping AND Pintu Mesin B23 Opening</i>	RS Silinder B23 Minimum RH dan LH
21.	<i>Back to Step 1</i>	-	RS Pintu B23 Opened

Berikutnya adalah pengkonversian proses yang terjadi pada langkah 15 hingga akhir proses dari *section 1*. Proses pengkonversian pada langkah ini sama seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, yaitu mengubah seluruh proses menjadi komponen step (step 16, 17, dan 18) dan *input trigger* menjadi komponen transisi (transisi 15, 16, dan 17) secara berurutan.



Gambar 3.8 GRAFCET Section 1 (Potongan 2)

Pada bagian akhir dari *section 1* proses dikembalikan kembali ke step 1 dan *input trigger* yang memicu aktifnya step 1 adalah sensor pintu mesin B23 *opened* yang dikonversi menjadi komponen transisi (komponen 18).



Gambar 3.9 Model GRAFCET Section 1 Secara Keseluruhan

3.3. Pengkonversian Model GRAFCET Menjadi *Switching Function*.

Pada sub-bab sebelumnya telah dilakukan proses pemodelan dari uraian alur proses sistem menjadi bentuk GRAFCET, maka langkah berikutnya yang perlu dilakukan adalah pengkonversian model tersebut menjadi bentuk *switching function*.

Seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, komponen-komponen dari struktur GRAFCET yang perlu dikonversi menjadi *ladder diagram* dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

- a. *Transition Rungs*
- b. *Step Rungs*
- c. *Action Rungs*

Sehingga *switching function* yang perlu dibuat juga harus terdiri dari ketiga poin tersebut, yaitu *transition switching function*, *step switching function*, dan *action switching function*.

3.3.1. *Transition Switching Function*

Untuk mengkonversi model GRAFCET menjadi sebuah *switching function*, maka komponen yang perlu diperhatikan pada struktur GRAFCET adalah hanya pada bagian transisinya saja.

Pada gambar 3.7 dapat dilihat bahwa dalam *section 1* terdapat 20 buah transisi yang perlu dikonversikan menjadi *switching function* sehingga hasilnya adalah :

1. $Y1 = X1.PB Start.G1 HP$
2. $Y2 = X2.RS Ejector Minimum$
3. $Y3 = X3.RS G1 Down$
4. $Y4 = X4.RS Clamp G1 LH.RS Clamp G1 RH$
5. $Y5 = X5.RS G1 Up$
6. $Y6 = X6.LS Slow Wait A21 - B23.G2 Safe$
7. $Y7 = (X7 + X20).LS Slow A21 - B23$
8. $Y8 = X8.LS Loading B23$
9. $Y9 = X9.RS G1 Down$
10. $Y10 = X10.RS Clamp G1 Clamp LH.RS Unclamp G1 Unclamp RH$

11. $Y11 = X11.RS\ G1\ Up$
12. $Y12 = X12.LS\ Slow\ B23 - A21$
13. $Y13 = X13.LS\ Loading\ A21$
14. $Y14 = X14.RS\ B23\ Door\ Closed$
15. $Y15 = X15.RS\ Clamp\ B23\ Clamp\ LH.RS\ Clamp\ B23\ Clamp\ RH$
16. $Y16 = X16.RS\ Silinder\ B23\ Max\ RH.Silinder\ B23\ Max\ LH$
17. $Y17 = X17.RS\ Silinder\ B23\ Min\ RH.Silinder\ B23\ Min\ LH$
18. $Y18 = X18.RS\ B23\ Door\ Opened$
19. $Y19 = X6.LS\ Slow\ Wait\ A21 - B23.G2\ Unsafe$
20. $Y20 = X19.LS\ Wait\ A21 - B23$

Dari hasil *switching function* diatas dapat dilihat untuk mengaktifkan transisi 1 (Y1), syarat-syarat yang perlu dipenuhi adalah step sebelumnya yaitu step 1 di 'AND' kan dengan syarat pada transisi itu sendiri yaitu PB *Start* dan *autoloader* 1 (G1) dalam kondisi *home position* (HP). Begitupun dengan transisi lainnya, proses konversi dilakukan dengan cara yang sama. Khusus untuk transisi 7, terdapat 2 syarat yang dapat mengaktifkan Y7 yaitu step 7 dan step 20.

3.3.2. Step Switching Function

Berikutnya adalah proses konversi bagian step menjadi *switching function*. Terdapat 19 step yang perlu dikonversi pada *section* 1. Setelah dilakukan konversi, hasilnya adalah sebagai berikut:

1. $X1 = (M13 + M18 + 1^{st}bit\ cycle) + (X1.\overline{M1})$
2. $X2 = M1 + (X2.\overline{M2})$
3. $X3 = M2 + (X3.\overline{M3})$
4. $X4 = M3 + (X4.\overline{M4})$
5. $X5 = M4 + (X5.\overline{M5})$
6. $X6 = M5 + (X6.\overline{M6}.\overline{M19})$
7. $X7 = M6 + (X7.\overline{M7})$
8. $X8 = M7 + (X8.\overline{M8})$
9. $X9 = M8 + (X9.\overline{M9})$

10. $X10 = M9 + (X10.\overline{M10})$
11. $X11 = M10 + (X11.\overline{M11})$
12. $X12 = M11 + (X12.\overline{M12})$
13. $X13 = M12 + (X13.\overline{M13})$
14. $X14 = M11 + (X14.\overline{M14})$
15. $X15 = M14 + (X15.\overline{M15})$
16. $X16 = M15 + (X16.\overline{M16})$
17. $X17 = M16 + (X17.\overline{M17})$
18. $X18 = M17 + (X18.\overline{M18})$
19. $X19 = M19 + (X19.\overline{M20})$
20. $X20 = M20 + (X20.\overline{M7})$

Dari hasil konversi diatas bahwa dapat dilihat untuk mengaktifkan sebuah step, maka syarat yang diperlukan yaitu adalah transisi sebelumnya. Selain itu, dalam pengaktifannya, step perlu di *self-holding* oleh stepnya sendiri dan di nonaktifkan oleh transisi setelahnya agar step tetap aktif walaupun *input trigger* hanya dipicu sesaat dan mati ketika step berikutnya aktif.

3.3.3. Action Switching Function

Bagian terakhir yang perlu dikonversi menjadi *switching function* adalah bagian *action/output*. Pada *section 1* terdapat 19 *action/output* yang perlu diaktifkan ketika step sedang aktif dengan kata lain pengaktifan *output* dipicu oleh aktifnya step. Hasil dari proses konversi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. *Ejector A21 Return* = Step 1
2. *Ejector A21 Advance* = Step 6
3. *G1 Down* = Step 3 + Step 9
4. *G1 1 Up* = Step 5 + Step 11
5. *Clamp G1 RH dan LH* = Step 4
6. *Unclamp G1 RH dan LH* = Step 10
7. *G1 Forward High Speed* = Step 6 + Step 7 + (Step 20. G2 Safe)
8. *G1 Forward Low Speed* = Step 8 + Step 19
9. *G1 Reverse High Speed* = Step 12
10. *G1 Reverse Low Speed* = Step 13
11. *Silinder B23 Clamp* = Step 15

- 12. *Silinder B23 Unclamp* = Step 18
- 13. *Spindel B23 CW* = Step 16
- 14. *Spindel B23 CCW* = Step 17
- 15. *Silinder B23 Advance* = Step 16
- 16. *Silinder B23 Return* = Step 17
- 17. *Pintu B23 Close* = Step 14
- 18. *Pintu B23 Open* = Step 18

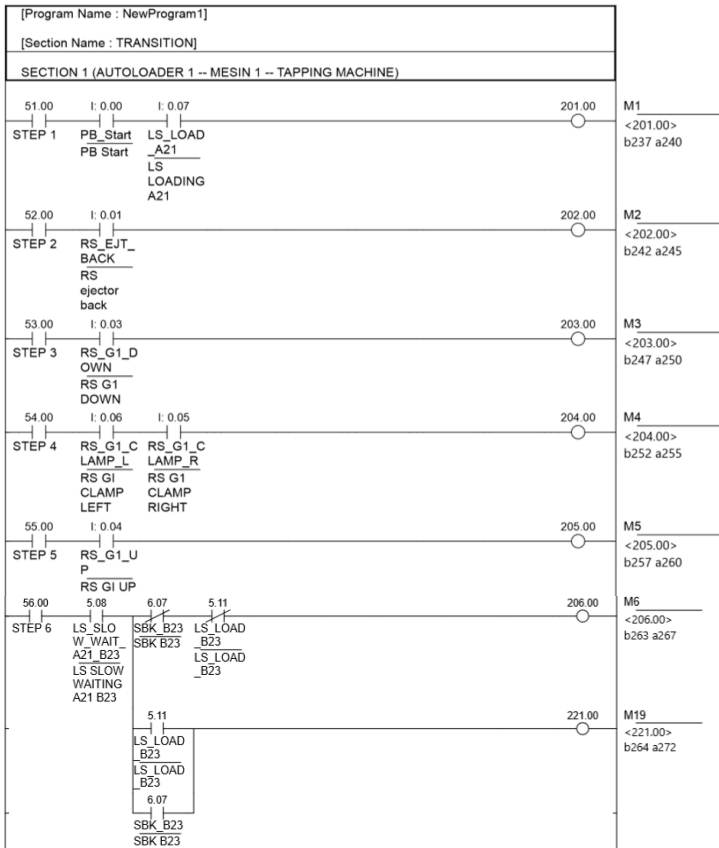
Dari hasil konversi diatas, bisa diamati bahwa *output* bisa diaktifkan oleh lebih dari satu buah step dan juga sebaliknya satu step dapat pula mengaktifkan lebih dari satu *output* tergantung dari bagaimana proses dari sistem yang sedang dibuat. Konversi diatas disesuaikan atau mengacu kepada hasil pemodelan GRAFCET yang telah dibuat sebelumnya.

3.4. Pengkonversian *Switching Function* Menjadi *Ladder Diagram*

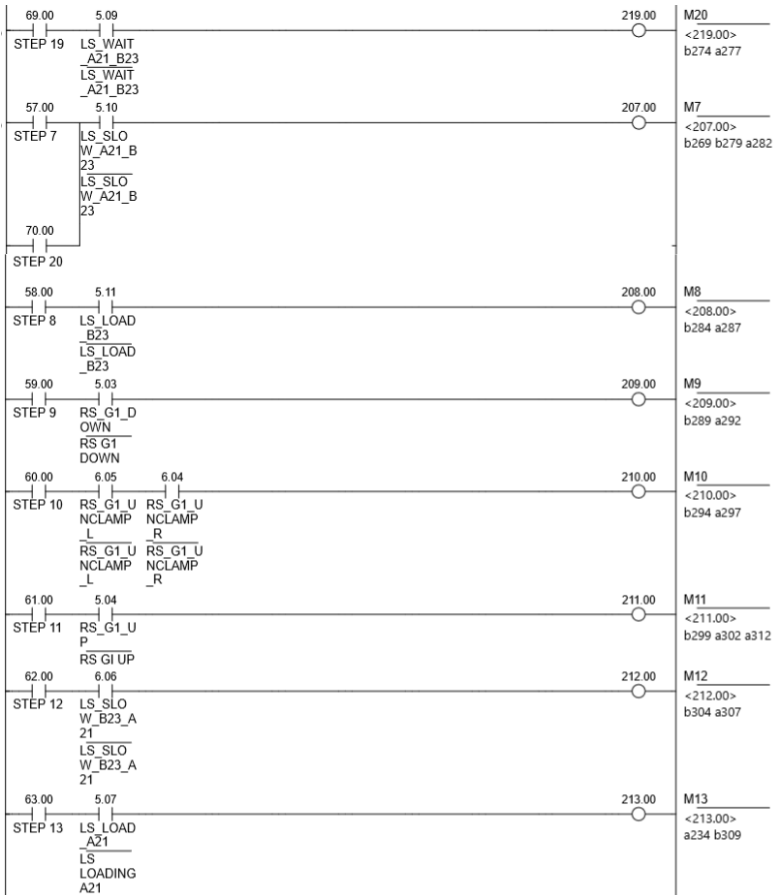
Setelah sebelumnya telah dilakukan pengkonversian ketiga bagian yaitu *transitions, steps*, dan *action/output* dari model GRAFCET menjadi bentuk *switching function* proses selanjutnya yang dilakukan adalah mengkonversi model *switching function* tersebut menjadi sebuah konstruksi *ladder diagram*.

3.4.1. *Transition Rungs*

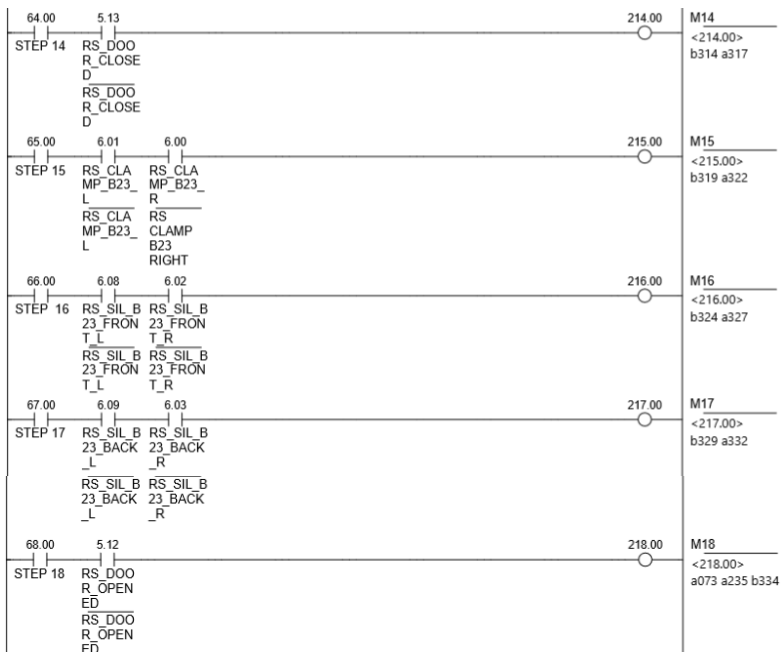
Gambar 3.8 adalah hasil konversi dari bentuk *switching function* menjadi bentuk *ladder diagram* mulai dari transisi 1 (M1) hingga transisi 20 (20). Pada transisi 6 dan transisi 19 dapat diamati dari *switching function* bahwa terdapat syarat G2 *safe* dan G2 *unssafe*. Didalam sistem ini G2 *safe* diindikasikan bahwa ketika pada mesin B23 tidak terdapat *housing*, artinya Sensor Benda Kerja (SBK) dalam keadaan tidak aktif, Selain itu juga G2 tidak sedang berada di atas mesin B23 artinya sensor LS *load* B23 dalam keadaan tidak aktif. Kemudian seperti yang sudah dijelaskan pada sub-bab sebelumnya, bahwa transisi 7 diaktifkan oleh 2 buah step yaitu step 7 dan step 20, sehingga bentuk *ladder diagram*-nya adalah sebagai berikut:



Gambar 3.10 Konversi Ladder Diagram Section 1 Part 1 (Transition)



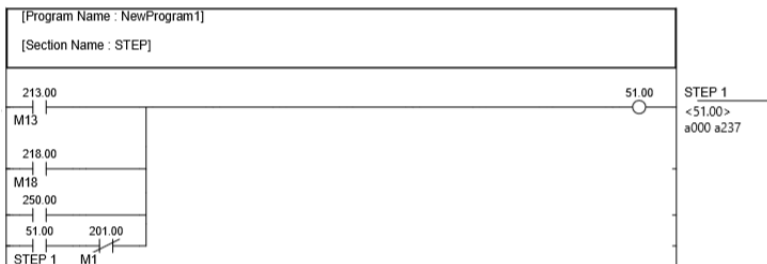
Gambar 3.11 Konversi Ladder Diagram Section 1 Part 2 (Transition)



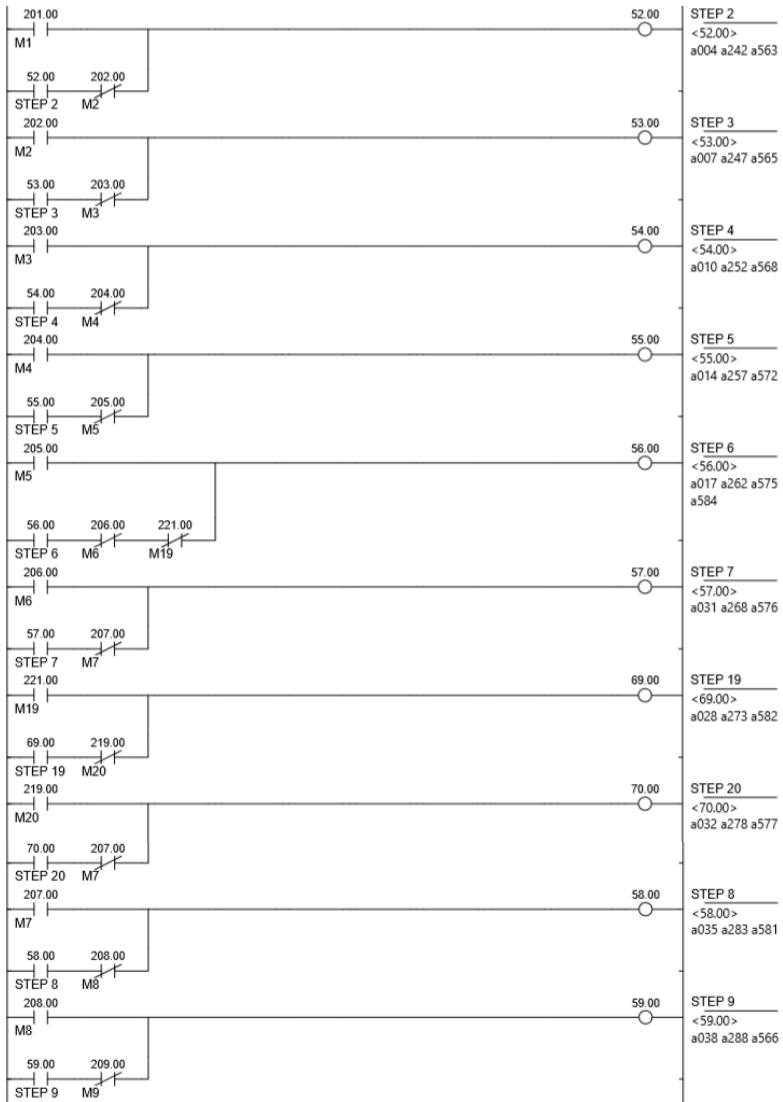
Gambar 3.12 Konversi Ladder Diagram Section 1 Part 3 (Transitions)

3.4.2. Step Rungs

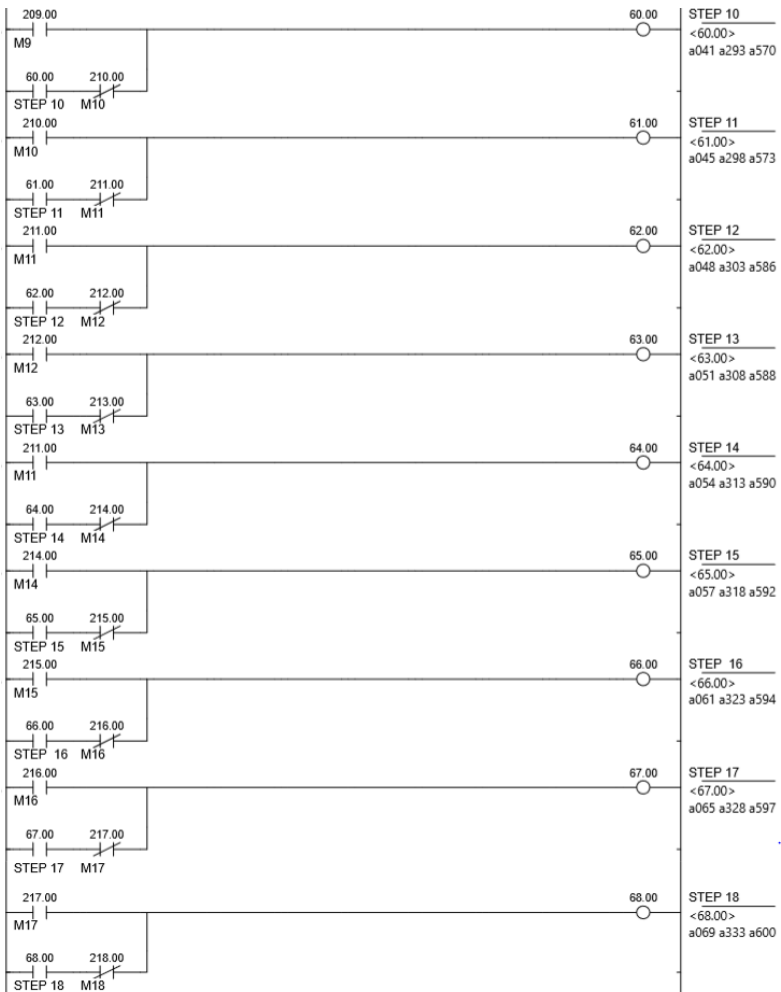
Berikutnya adalah pengkonversian pada bagian *step*. Dari *switching function* yang didapat kemudian dikonversi menjadi *ladder diagram*, dan hasilnya adalah sebagai berikut:



Gambar 3.13 Konversi Ladder Diagram Section 1 Part 1 (Steps)



Gambar 3. 14 Konversi Ladder Diagram Section 1 Part 2 (Steps)

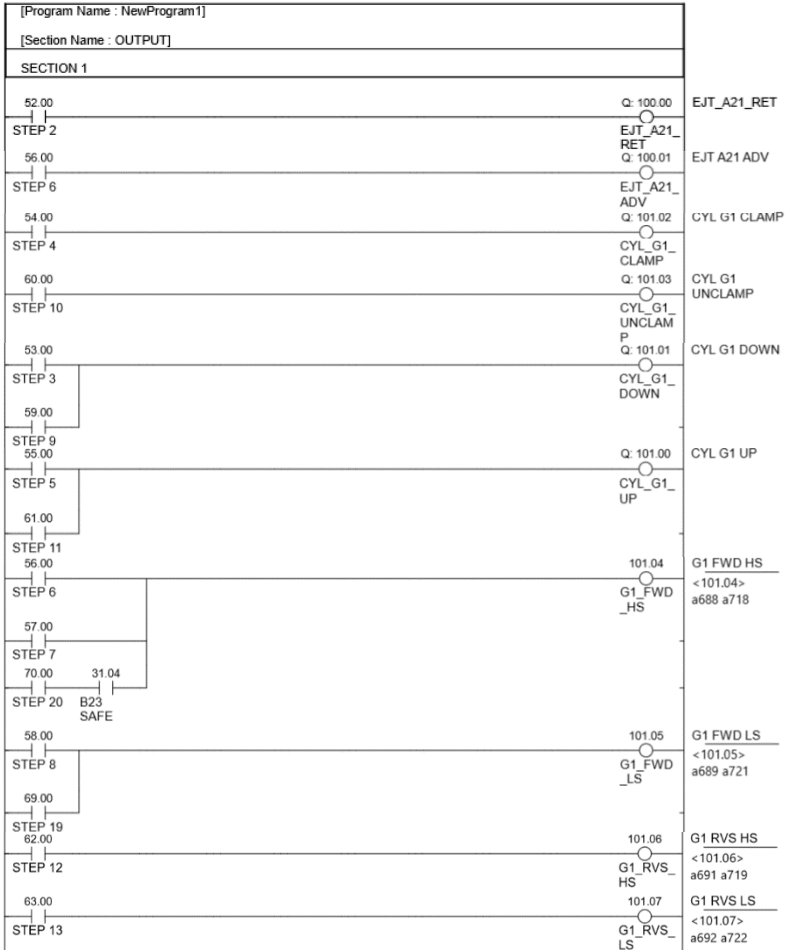


Gambar 3.15 Konversi Ladder Diagram Section 1 Part 3 (Steps)

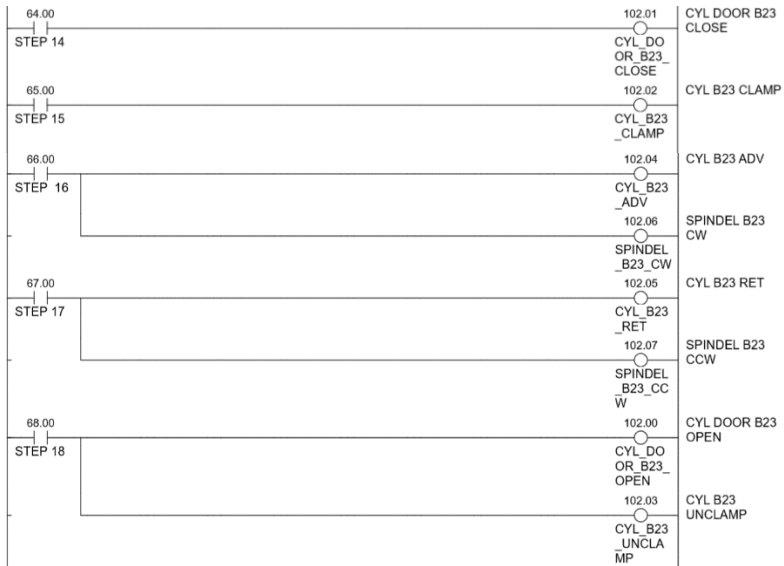
Seperti yang sudah dijelaskan pada sub-bab sebelumnya bahwasanya pengaktifan *step* perlu disertai dengan sistem *self-holding* serta pemutusannya sehingga didapatkan bentuk *ladder diagram* dari seluruh step pada *section* 1 seperti gambar 3.11, 3.12, dan 3.13.

3.4.3. Action Rung

Berikutnya adalah pengkonversian pada bagian *action*. Dari *switching function* yang didapat kemudian dikonversi menjadi *ladder diagram*, dan hasilnya adalah sebagai berikut:



Gambar 3.16 Konversi Ladder Diagram Section 1 Part 1 (Action)



Gambar 3.17 Konversi Ladder Diagram Section 1 Part 2 (Action)

Proses pengkonversian pada bagian *action* dilakukan dengan cara yang sama dengan proses konversi pada bagian *transitions* dan *steps*, hanya saja ada hal yang perlu diperhatikan dalam penyusunan *ladder diagram* ini yaitu adalah dalam sebuah *ladder diagram* tidak boleh terdapat dua buah *output* yang sama sehingga jika ada *output* yang diaktifkan oleh lebih dari 1 step, maka caranya adalah dengan melakukan penyusunan secara paralel dari step tersebut.

Setelah seluruh bagian yaitu *transition*, *step*, dan *action* telah dikonversi menjadi *ladder diagram* maka proses dari pembentukan *ladder diagram* dengan menggunakan metode GRAFCET telah selesai dilakukan.

3.5. Perancangan *Human Machine Interface* (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 *Human Machine Interface* (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.

3.5.1.1. Main Menu

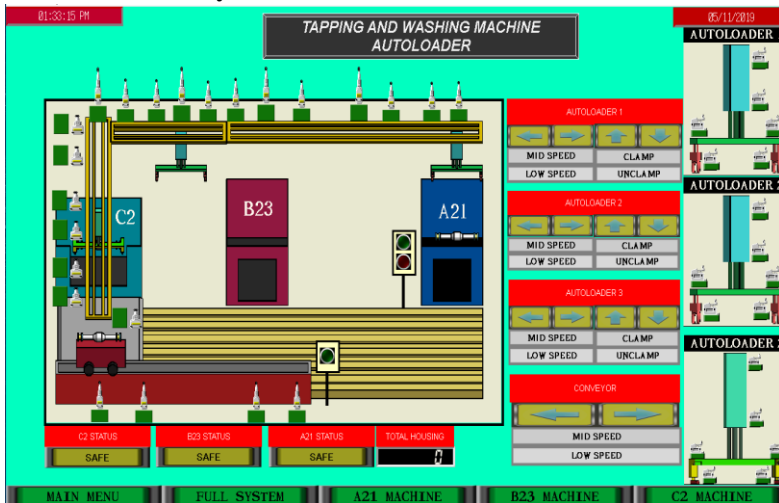


Gambar 3.18 Tampilan HMI (*Main Menu*)

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.

3.5.1.2. Full System



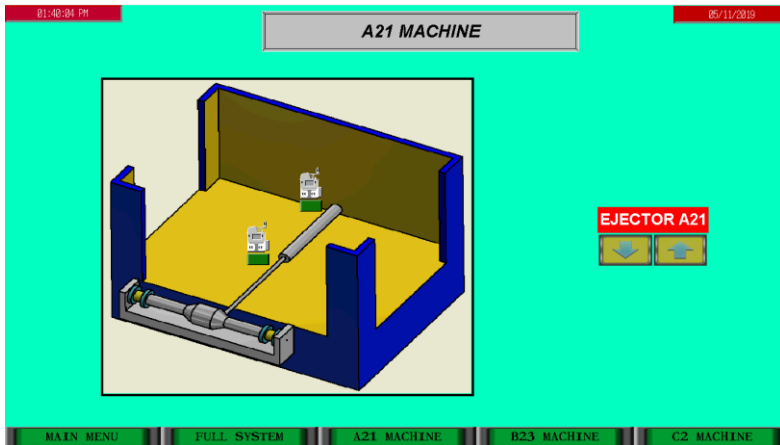
Gambar 3.19 Tampilan HMI (*Full System*)

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.

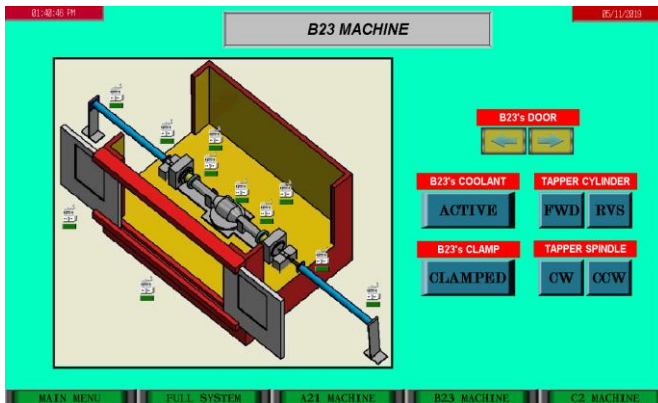
3.5.1.3. A21, B23, dan C2 Machine

Menu berikutnya adalah A21, B23, dan C2 *machine*. Tampilan dari ketiga menu ini memiliki konsep yang sama yaitu tiap-tiap menu memiliki

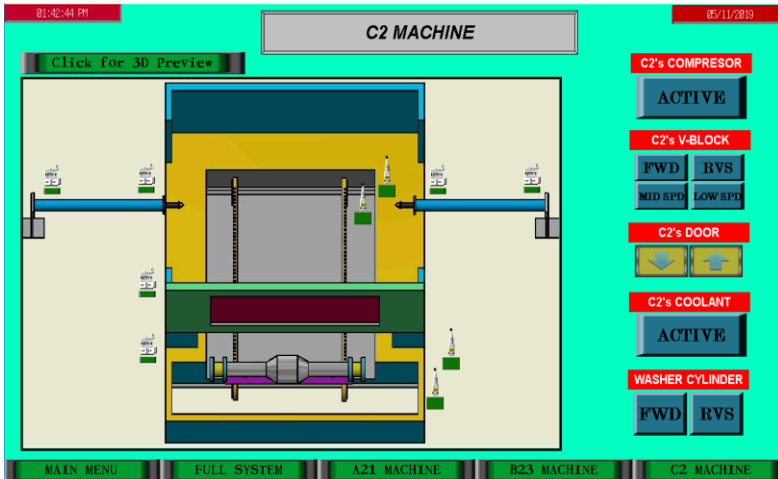
tampilan atau gambar 3 dimensi dari mesin tersebut, tujuannya adalah agar pengguna dapat mengetahui gambaran mengenai proses yang dilakukan oleh mesin tersebut. Berikut adalah gambar tampilan dari menu A21, B23, dan C2 machine yang telah dibuat.



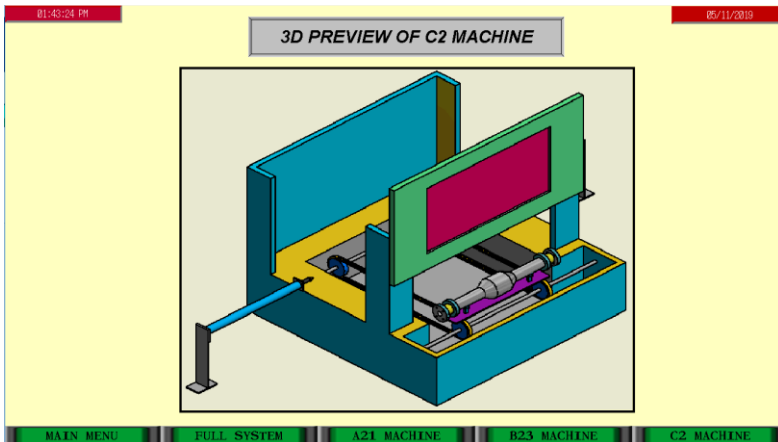
Gambar 3.20 Tampilan HMI (A21 Machine)



Gambar 3.21 Tampilan HMI (B23 Machine)



Gambar 3.22 Tampilan HMI (C2 Machine)



Gambar 3.23 Tampilan HMI (3D Preview of C2 Machine)

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.

3.5.1.4. Pengalamatan Human Machine Interface (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 digunakan 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

PENGUJIAN

Setelah seluruh sistem selesai dirancang pada bab sebelumnya, kemudian pada bab ini akan dibahas mengenai proses implementasi sistem serta pengujian sistem melalui HMI dan *software CX-Programmer*. Seluruh alur proses sistem akan dilakukan pengujian apakah alur proses sudah berjalan sesuai dengan apa yang telah dirancang sebelumnya. Kemudian dilakukan evaluasi dan analisa terkait dengan hasil pengujian sehingga sistem bisa berjalan dengan semestinya.

4.1. Implementasi Sistem

Implementasi sistem ini meliputi pengalamatan dan pembuatan program *ladder diagram* pada *software CX-Programmer* berdasarkan hasil perancangan *ladder diagram* yang telah didapatkan pada bab sebelumnya. Setelah itu juga dilakukan proses *upload* program *ladder diagram* tersebut langsung pada perangkat PLC serta mengintegrasikan perangkat PLC tersebut dengan perangkat HMI.

Pada proses pengalamatan pada PLC perlu diketahui terlebih dahulu *input* dan *output* yang tersedia pada perangkat PLC tersebut, kemudian disesuaikan dengan *input* dan *output* yang digunakan pada sistem yang kita buat. Pada sistem *tapping and washing machine autoloader*, jumlah alamat *input* dan *output* sangat banyak, sedangkan perangkat PLC yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu adalah PLC Omron CP1E yang memiliki *input* dan *output* yang sedikit, oleh karena itu dikarenakan sistem yang dirancang ini tidak langsung diimplementasikan pada mesin sesungguhnya, maka diambil alternatif yaitu dengan mengganti alamat *input* dan *output* menggunakan alamat memori yang tersedia pada perangkat PLC CP1E. hasil pengalamatan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

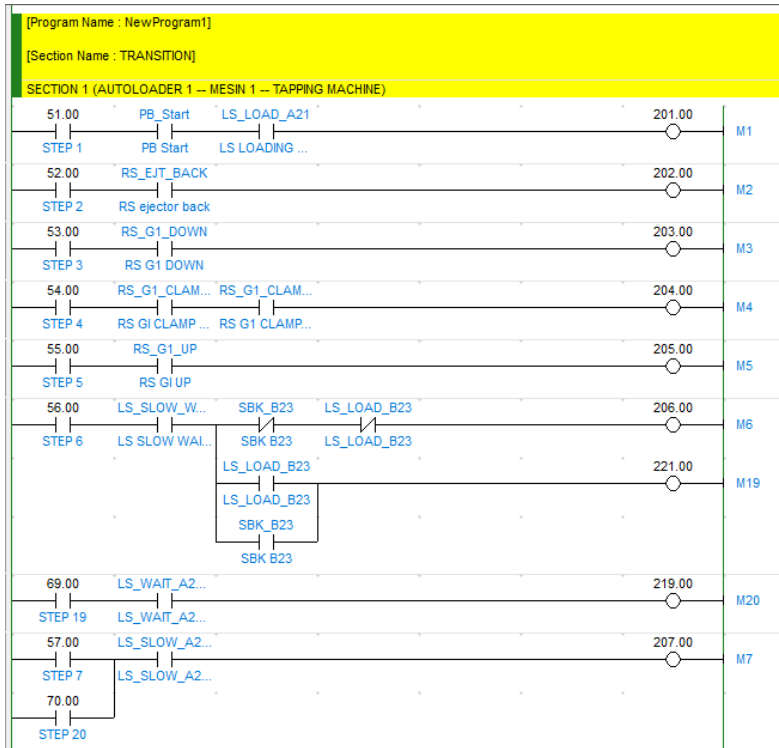
Name	Data Type	Address / Value	Rack Locati...	Usage	Comment
* LS_SLOW_WAIT_B23_C2	BOOL	2.00		Work	LS SLOW WAIT B23 C2
* LS_WAIT_B23_C2	BOOL	2.01		Work	LS WAIT B23 C2
* LS_SLOW_WAIT_C2_B23	BOOL	2.02		Work	LS SLOW WAIT C2 B23
* LS_SLOW_B23_C2	BOOL	2.03		Work	LS SLOW B23 C2
* LS_LOAD_C2	BOOL	2.04		Work	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_SIL_C2_FRONT_L	BOOL	2.09		Work	LS SIL C2 FRONT L
* LS_SIL_C2_FRONT_R	BOOL	2.10		Work	LS SIL C2 FRONT R
* LS_SIL_C2_BACK_L	BOOL	2.11		Work	LS SIL C2 BACK L
* LS_SIL_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
* RS_G3_UP	BOOL	3.00		Work	RS G3 UP
* RS_G3_DOWN	BOOL	3.01		Work	RS G3 DOWN
* RS_G3_CLAMP_R	BOOL	3.02		Work	RS G3 CLAMP R
* RS_G3_CLAMP_L	BOOL	3.03		Work	RS G3 CLAMP L
* RS_G3_UNCLAMP_R	BOOL	3.04		Work	RS G3 UNCLAMP R
* RS_G3_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

Gambar 4.1 Hasil Pengamatan *Input*

Name	Data Type	Address / Value	Rack Locati...	Usage	Comment
* EJT_A21_ADV	BOOL	100.01		Out	EJT A21 ADV
* CYL_G1_UP	BOOL	101.00		Out	CYL G1 UP
* CYL_G1_DOWN	BOOL	101.01		Out	CYL G1 DOWN
* CYL_G1_CLAMP	BOOL	101.02		Out	CYL G1 CLAMP
* CYL_G1_UNCLAMP	BOOL	101.03		Out	CYL G1 UNCLAMP
* G1_FWD_HS	BOOL	101.04		Work	G1 FWD HS
* G1_FWD_LS	BOOL	101.05		Work	G1 FWD LS
* G1_RVS_HS	BOOL	101.06		Work	G1 RVS HS
* G1_RVS_LS	BOOL	101.07		Work	G1 RVS LS
* CYL_DOOR_B23_OPEN	BOOL	102.00		Work	CYL DOOR B23 OPEN
* CYL_DOOR_B23_CLOSE	BOOL	102.01		Work	CYL DOOR B23 CLOSE
* CYL_B23_CLAMP	BOOL	102.02		Work	CYL B23 CLAMP
* CYL_B23_UNCLAMP	BOOL	102.03		Work	CYL B23 UNCLAMP
* CYL_B23_ADV	BOOL	102.04		Work	CYL B23 ADV
* CYL_B23_RET	BOOL	102.05		Work	CYL B23 RET
* SPINDEL_B23_CW	BOOL	102.06		Work	SPINDEL B23 CW
* SPINDEL_B23_CCW	BOOL	102.07		Work	SPINDEL B23 CCW
* CYL_G2_UP	BOOL	103.00		Work	CYL G2 UP
* CYL_G2_DOWN	BOOL	103.01		Work	CYL G2 DOWN
* CYL_G2_CLAMP	BOOL	103.02		Work	CYL G2 CLAMP
* CYL_G2_UNCLAMP	BOOL	103.03		Work	CYL G2 UNCLAMP
* G2_RVS_HS	BOOL	103.04		Work	G2 RVS HS
* G2_RVS_LS	BOOL	103.05		Work	G2 RVS LS
* G2_FWD_HS	BOOL	103.06		Work	G2 FWD HS
* G2_FWD_LS	BOOL	103.07		Work	G1 FWD LS
* CYL_DOOR_C2_OPEN	BOOL	104.00		Work	CYL DOOR C2 OPEN
* CYL_DOOR_C2_CLOSE	BOOL	104.01		Work	CYL DOOR C2 CLOSE
* CYL_C2_ADV_L	BOOL	104.02		Work	CYL C2 ADV L
* CYL_C2_RET_L	BOOL	104.03		Work	CYL C2 RET L
* CYL_C2_ADV_R	BOOL	104.04		Work	CYL C2 ADV R
* CYL_C2_RET_R	BOOL	104.05		Work	CYL C2 RET R
* CMPSR_C2	BOOL	104.06		Work	CMPSR C2
* COLLENT_C2	BOOL	104.07		Work	COOLENT C2

Gambar 4.2 Hasil Pengamatan *Output*

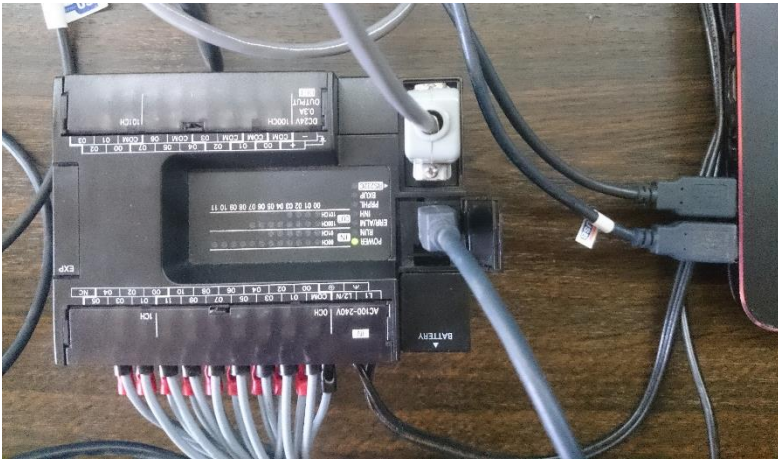
Setelah seluruh *input* dan *output* dilakukan pengamatan, berikutnya adalah mengimplementasikan program *ladder diagram* yang sudah didapatkan sebelumnya mulai dari *transition rungs*, *steps rungs* dan *action rung* pada CX-Programmer. Hasilnya adalah sebagai berikut:



Gambar 4.3 Hasil Implementasi *Ladder Diagram*

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 4.4 Konfigurasi Pengkabelan PLC dan HMI

4.2. Pengujian Sistem

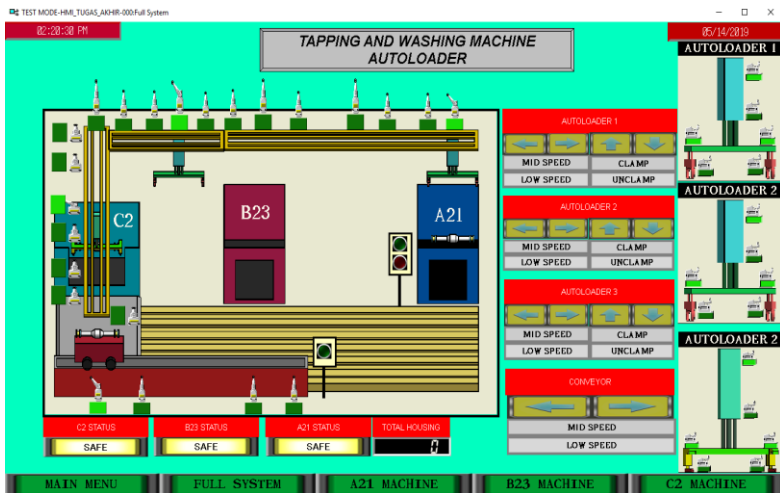
Pengujian yang akan dilakukan pada sistem ini adalah pengujian mengenai urutan alur proses, kemudian berikutnya adalah pengujian mengenai lamanya waktu proses. Pengujian alur proses bertujuan untuk memastikan apakah rancangan program *ladder diagram* yang kita buat sudah berjalan sesuai urutannya atau 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.

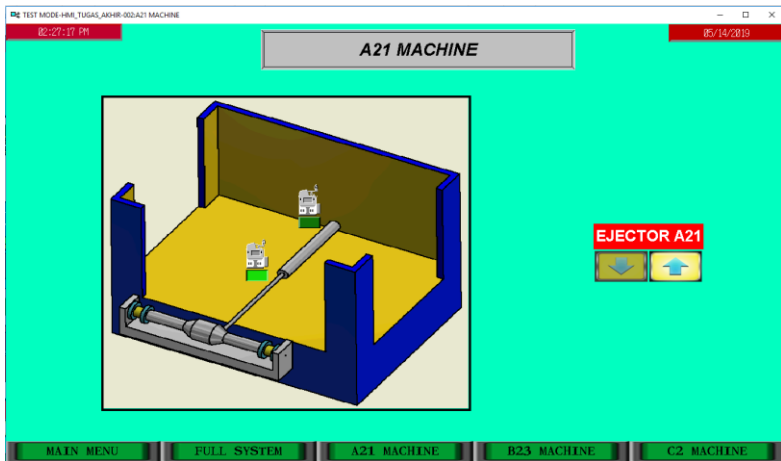
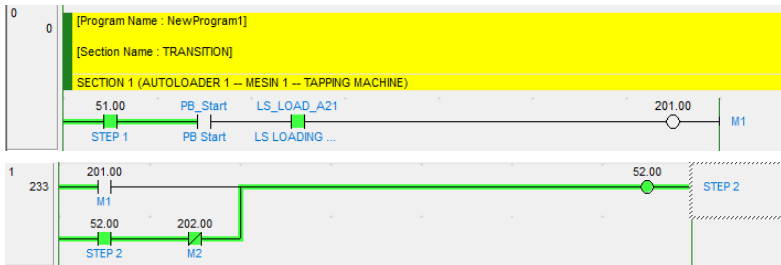
4.2.1. Pengujian Alur Proses

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



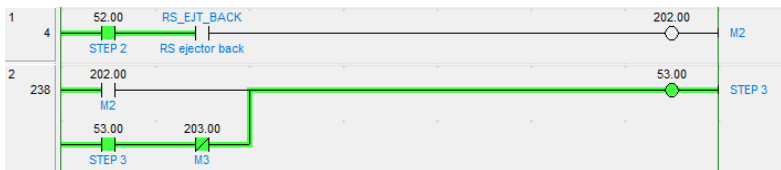
Gambar 4.5 Pengaturan *Initial Condition*

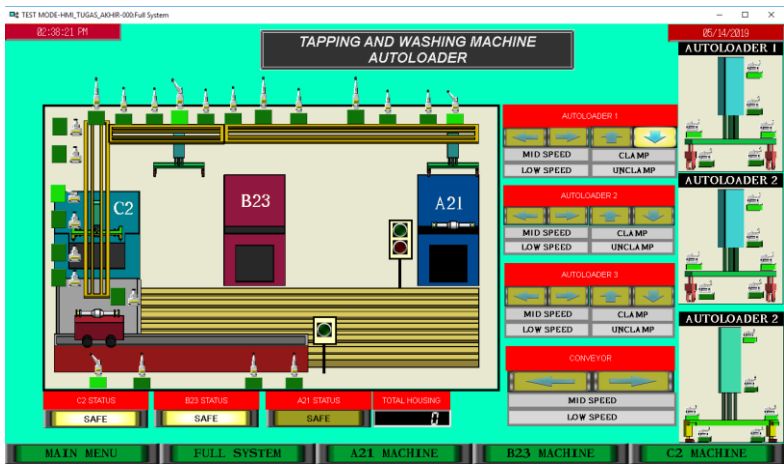
Setelah seluruh sensor sudah dalam kondisi awal, maka sistem dimulai dengan menekan *push button start*, maka akan mengaktifkan transisi 1 (M1) sekaligus mengaktifkan step 2 dan akan mengaktifkan indikator *output/action* pada step 2 yaitu *ejector A21* akan mundur atau masuk kedalam mesin.



Gambar 4.6 Pengujian *Step 2*

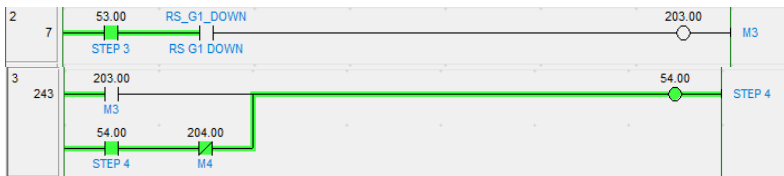
Kemudian setelah *ejector* A21 mundur dan menyentuh sensor *minimum* silinder *ejector* A21, maka akan mengaktifkan transisi 2 (M2) sekaligus mengaktifkan step 3 dan akan mengaktifkan indikator *output/action* pada step 3 yaitu *autoloader* 1 turun.

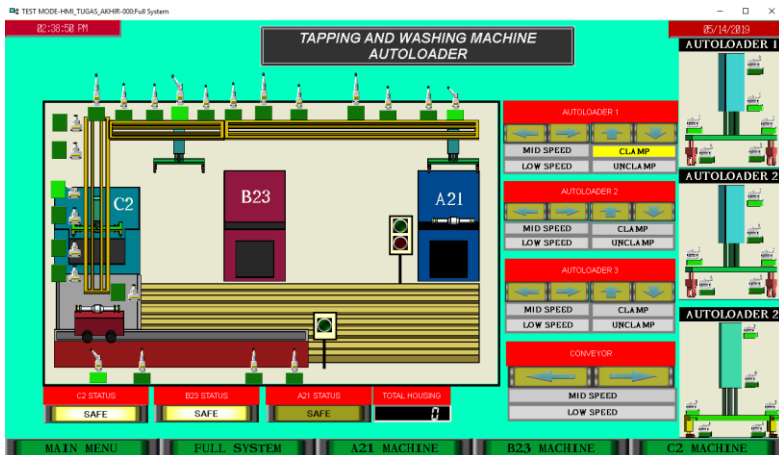




Gambar 4. 7 Pengujian Step 3

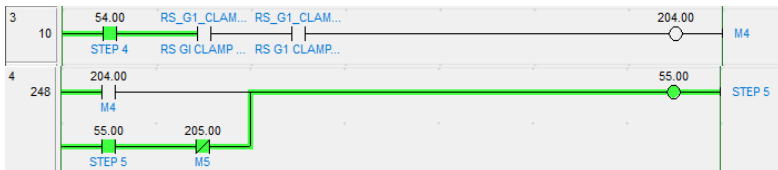
Setelah *autoloader 1* turun dan menyentuh sensor RS *down*, maka akan mengaktifkan transisi 3 (M3) sekaligus mengaktifkan step 4 dan akan mengaktifkan indikator *output/action* pada step 4 yaitu *autoloader 1 clamping*.

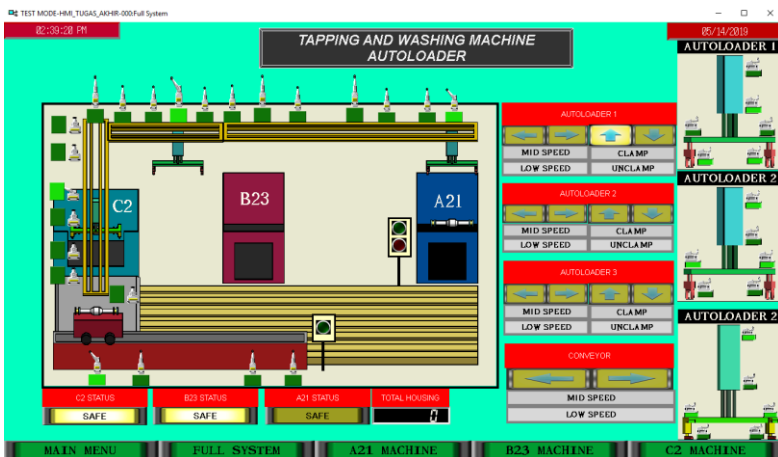




Gambar 4.8 Pengujian Step 4

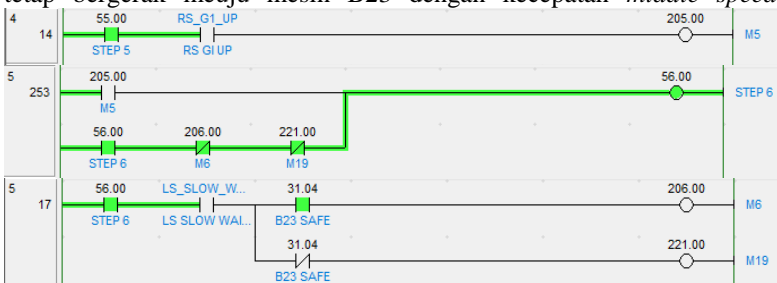
Berikutnya setelah *autoloader* 1 melakukan *clamping* dan sensor RS *clamped* tersentuh, maka akan mengaktifkan transisi 4 (M4) sekaligus mengaktifkan step 5 dan akan mengaktifkan indikator *output/action* pada step 5 yaitu *autoloader* 1 naik.

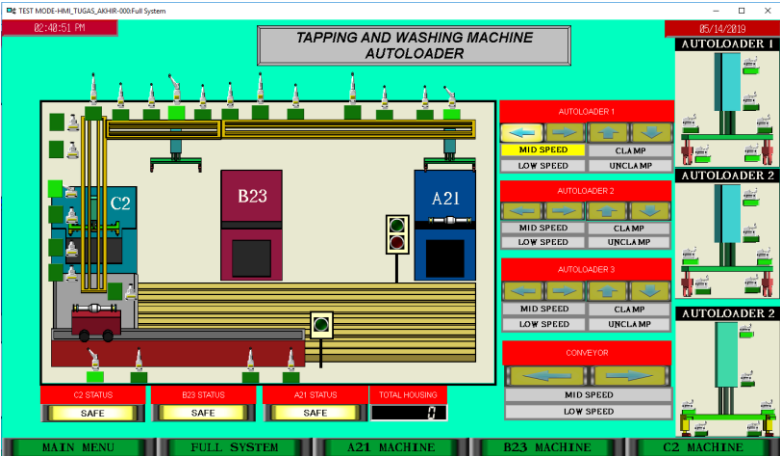
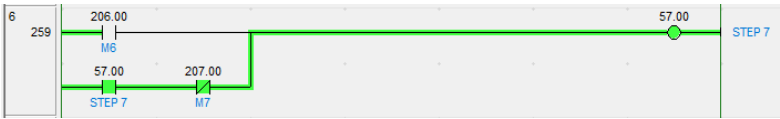




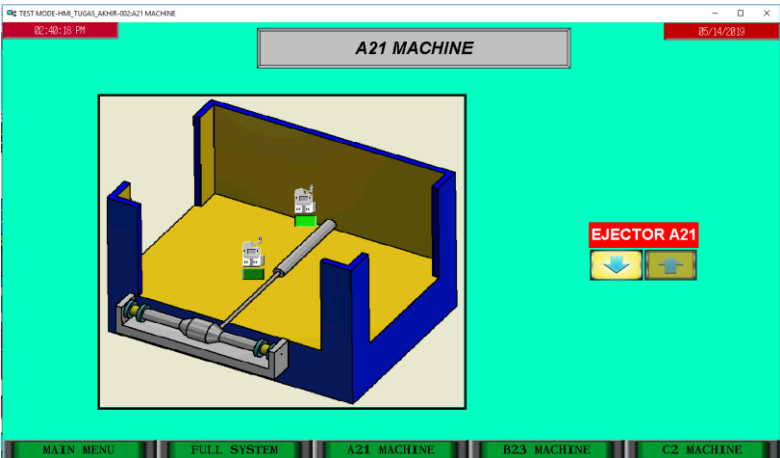
Gambar 4.9 Pungujian Step 5

Kemudian setelah *autoloader* 1 naik dan sensor *RS up* tersentuh, maka akan mengaktifkan transisi 5 (M5) sekaligus 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 memory transisi 6 (M6) akan aktif dan step 7 akan aktif dan memerintahkan *autoloader* 1 untuk tetap bergerak menuju mesin B23 dengan kecepatan *middle speed*.



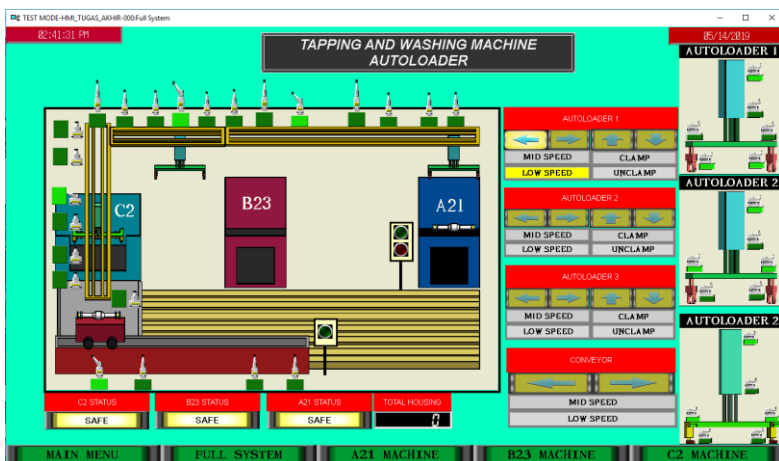
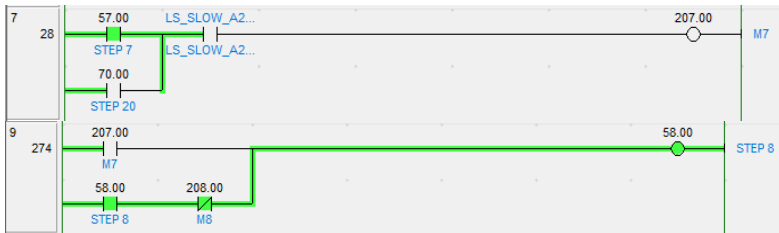


Gambar 4.10 Pengujian Step 6 dan Step 7



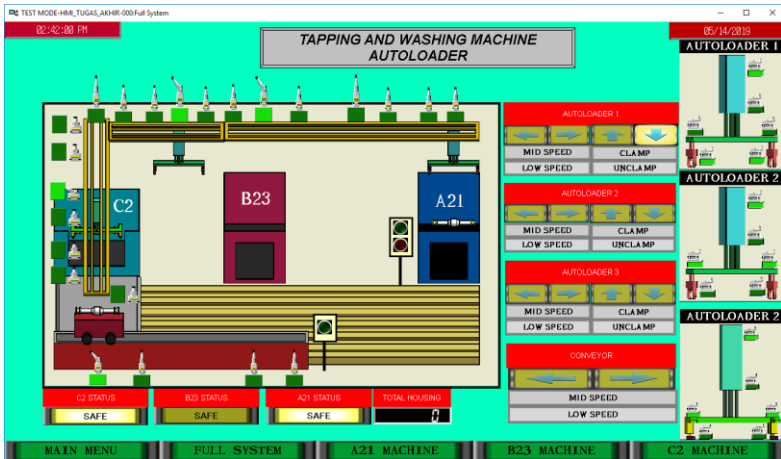
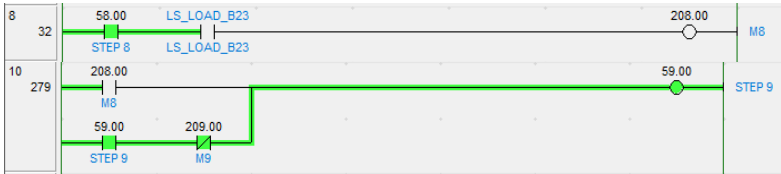
Gambar 4.11 Pengujian Step 6 A21

Selanjutnya *autoloader* 1 akan terus bergerak *forward* menuju mesin B23 dengan kecepatan *middle speed* hingga menyentuh sensor *slow* B23-A21 maka akan mengaktifkan transisi 7 (M7) kemudian mengaktifkan *step* 8 sehingga *action* terdapat pada step 8 akan aktif yaitu *autoloader* 1 bergerak *forward* dengan kecepatan *low speed* menuju mesin B23.



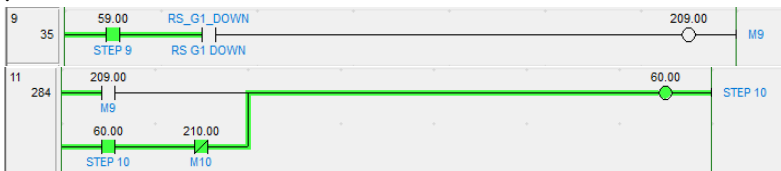
Gambar 4.12 Pengujian Step 8

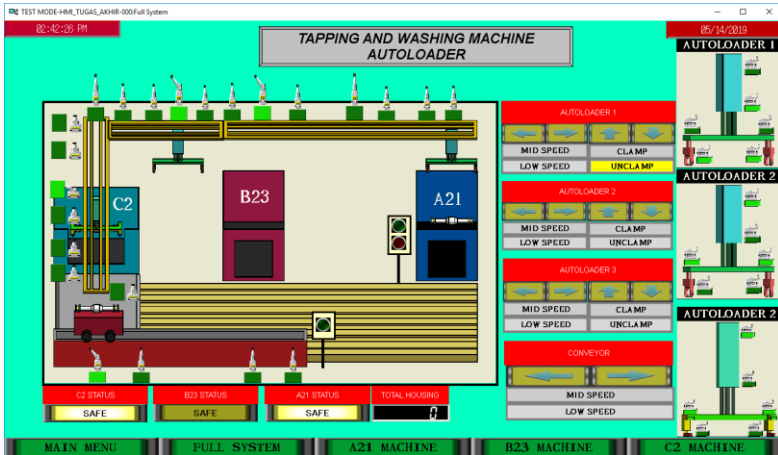
Kemudian berikutnya *autoloader* 1 akan menyentuh sensor *loading position* mesin B23, lalu akan aktif transisi 8 (M8) dan mengaktifkan *steo* 9. *Action* pada *step* 9 akan aktif seiring dengan aktifnya *step* 9 yaitu *autoloader* 1 akan turun untuk meletakkan *housing* pada mesin B23. Pada kondisi 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 4.13 Pengujian Step 9

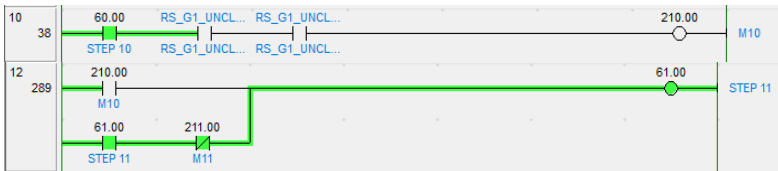
Setelah *autoloader* 1 turun kemudian menyentuh sensor RS *down* artinya *housing* sudah berada didalam mesin B23, maka akan aktif transisi 9 (M9) dan mengaktifkan *step* 10 yang memerintahkan *autoloader* 1 untuk melepas *housing* atau *unclamping*.

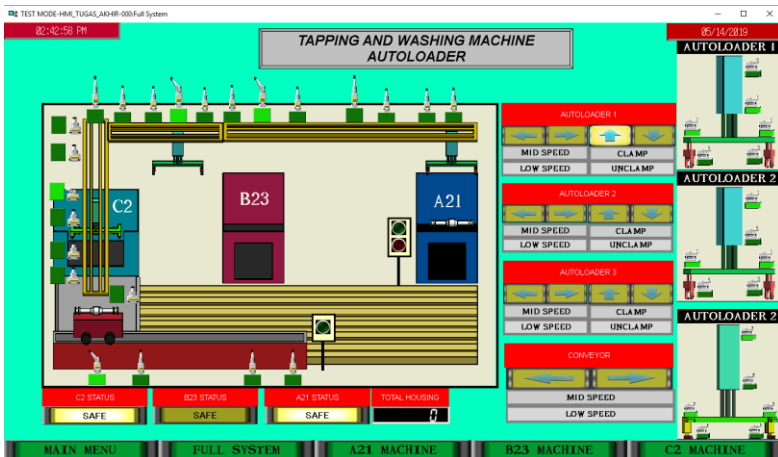




Gambar 4.14 Pengujian Step 10

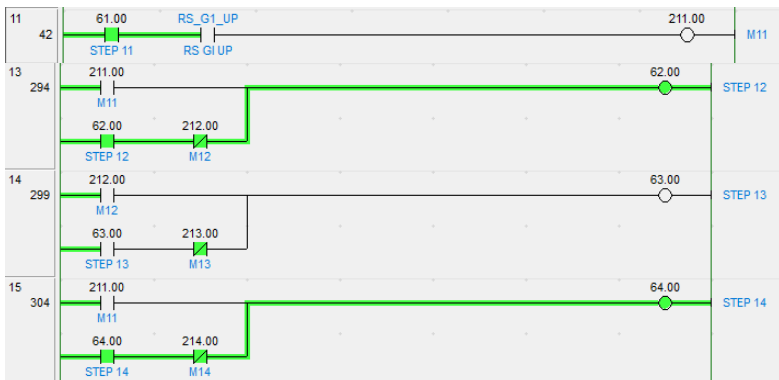
Setelah *housing* diletakan di mesin B23 dan sensor RS *unclamped* tersentuh, maka akan mengaktifkan transisi 10 (M10) dan kemudian mengktifkan *step* 11 yang memerintahkan *autoloader* 1 kembali naik ke atas. Setelah *housing* diletakan di mesin B23 maka sensor benda kerja yang terdapat di mesin B23 akan aktif, sinyal ini digunakan pula sebagai indikator kondisi *safe* mesin B23.

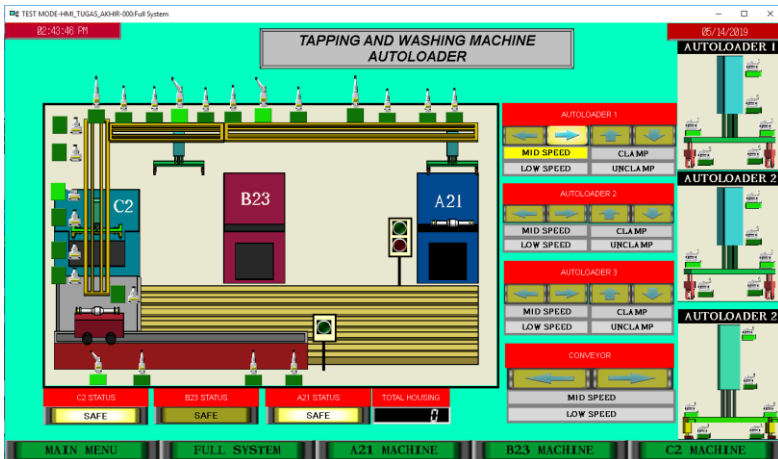




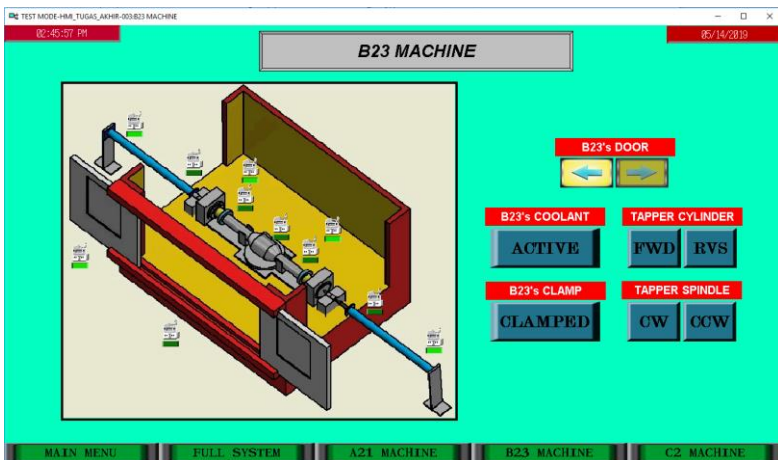
Gambar 4.15 Pengujian Step 11

Langkah berikutnya adalah *autoloader 1* akan menyentuh sensor RS *up* kemudian akan mengaktifkan transisi 11 (M11) lalu mengaktifkan *step 12* yang memerintahkan *autoloader 1* untuk bergerak *reverse* kembali menuju mesin A21 dengan kecepatan *middle speed*. Bersamaan dengan itu juga akan aktif *step 13* yaitu proses permesinan mesin B23 dimulai dan diawali dengan pintu mesin B23 tertutup.





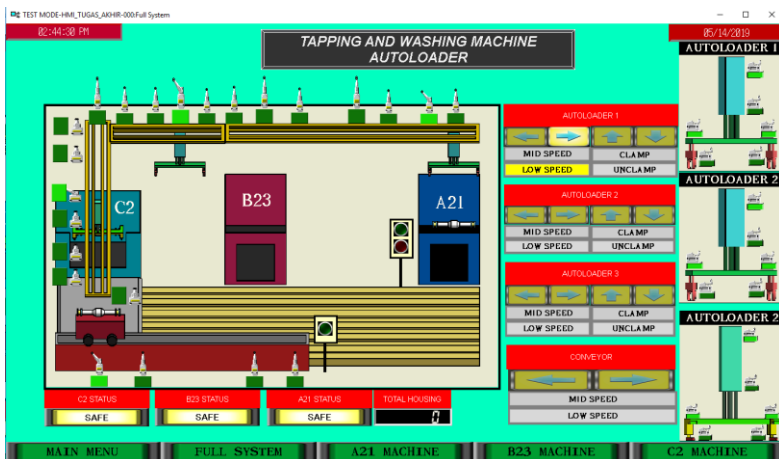
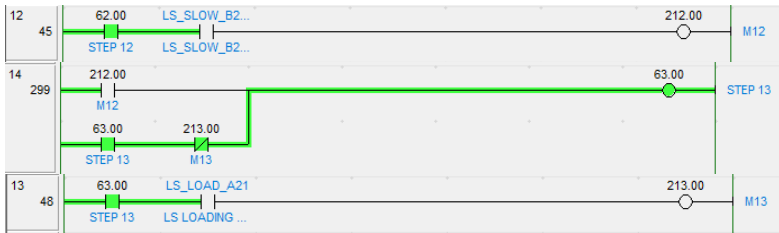
Gambar 4.16 Pengujian Step 12



Gambar 4.17 Pengujian Step 14

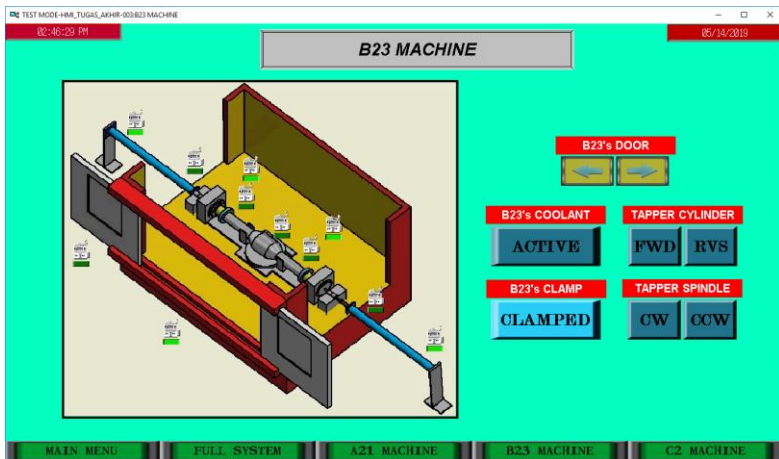
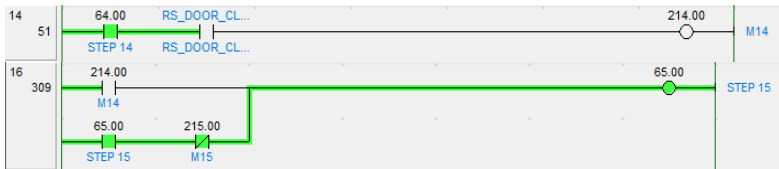
Berikutnya proses terbagi menjadi 2 yang bekerja secara paralel, yaitu proses kembalinya *autoloader 1* ke mesin A21 dan proses permesinan yang terjadi pada mesin B23. Setelah *autoloader 1* kembali menuju mesin A21 dengan kecepatan *middle speed*, *autoloader 1* akan

menyentuh sensor *slow* B23-A21 yang mengakibatkan aktifnya transisi transisi 12 (M12) dan mengaktifkan *step* 13 yang memerintahkan *autoloader* 1 bergerak secara *reverse* dengan kecepatan *low speed*. Setelah *autoloader* 1 akan menyentuh sensor *loading position* mesin A21 akan kembali mengaktifkan transisi 13 (M13) dan kembali mengaktifkan *step* 1 artinya *housing* sudah siap kembali didistribusikan.



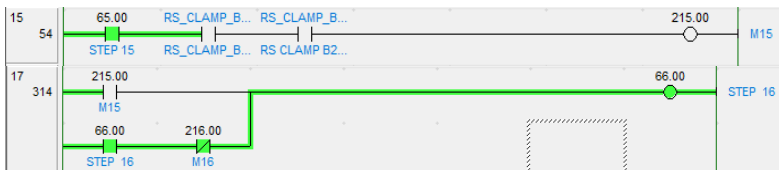
Gambar 4. 18 Pengujian *Step* 13

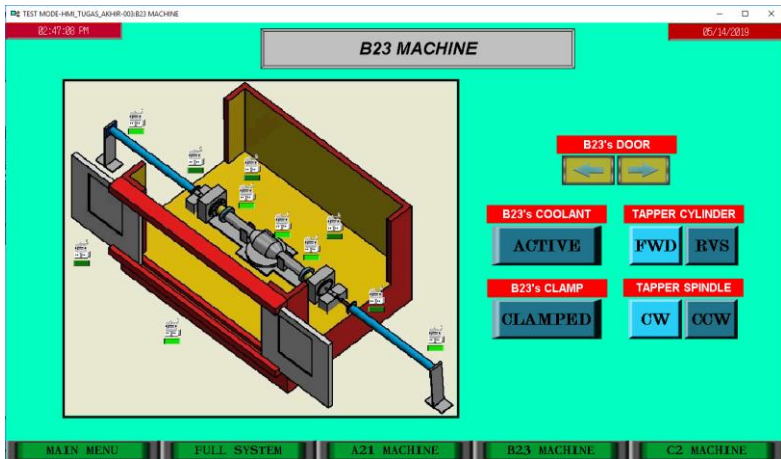
Pada proses lain yaitu proses permesinan di mesin B23 setelah pintu mesin B23 tertutup dan menyentuh RS *door closed*, maka transisi 14 (M14) akan aktif dan kemudian mengaktifkan *step* 15 yang memberikan perintah pada mesin B23 untuk melakukan proses *clamping* pada *housing*.



Gambar 4.19 Pengujian Step 15

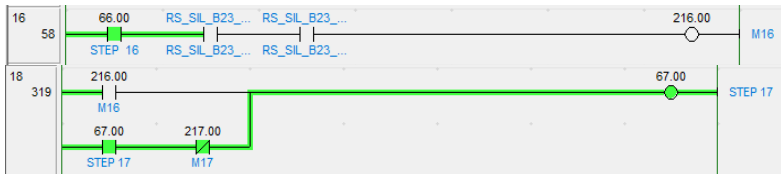
Setelah mesin B23 melakukan proses *clamping*, maka sensor RS *clamped* mesin B23 akan tersentuh yang memicu pengaktifan transisi 15 (M15) dan kemudian akan mengaktifkan *step* 16 yang memerintahkan silinder *tapping* pada mesin B23 bergerak maju bersamaan dengan aktifnya spindel secara *Clock Wise* (CW) untuk melakukan proses *tapping* pada *housing*.

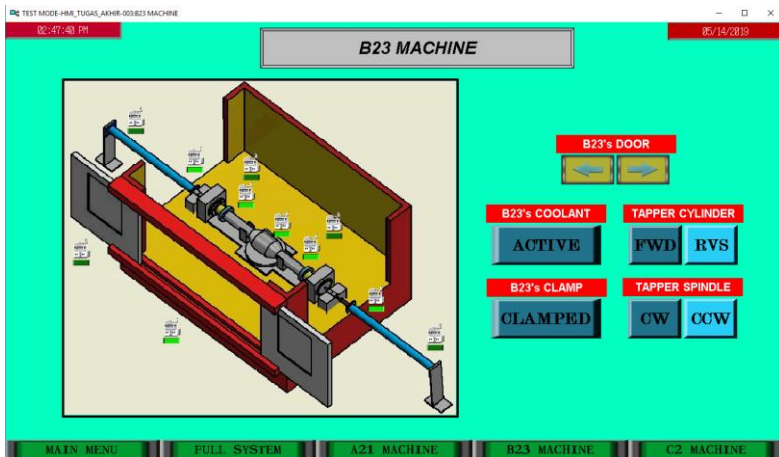




Gambar 4.20 Pengujian *Step 16*

Kemudian selanjutnya setelah mesin melakukan proses *tapping*, maka silinder *tapping* akan menyentuh RS maksimum yang kemudian akan mengaktifkan transisi 16 (M16) lalu mengaktifkan pula *step 17*. Perintah yang diberikan ketika *step 17* aktif adalah silinder *tapping* kembali mundur bersamaan dengan pengaktifan spindel secara *Counter Clock Wise (CCW)*.

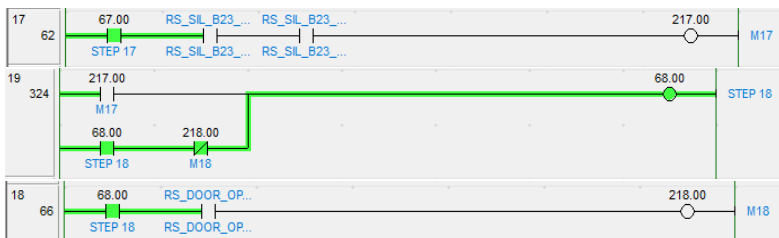


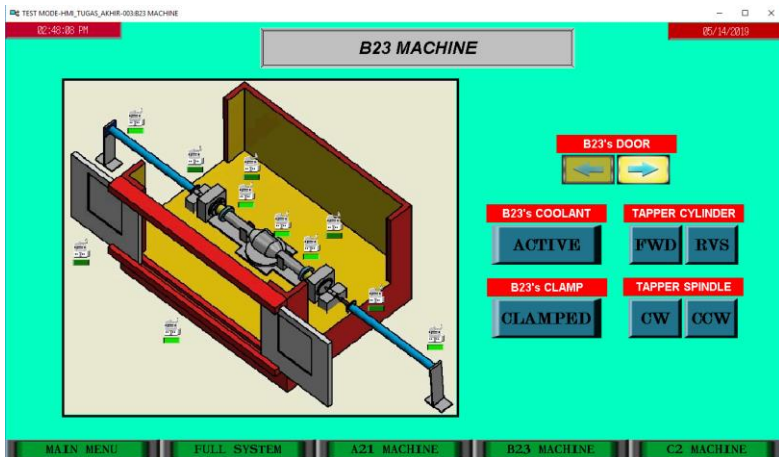


Gambar 4. 21 Pengujian *Step 17*

Setelah proses *tapping* selesai dilakukan yang ditandai dengan silinder *tapping* sudah mencapai posisi minimum artinya sensor minimum silinder *tapping* sudah tersentuh, maka akan memicu aktifnya transisi 17 (M17) yang kemudian mengaktifkan *step 18* untuk menjalankan proses yang terjadi pada *step 18* yaitu mesin B23 melakukan proses *unclamping* dan pintu mesin B23 terbuka.

Kemudian setelah mesin B23 terbuka dan sensor *RS door opened* sudah tersentuh, maka akan mengaktifkan transisi 18 (M18) yang menandakan proses pada mesin B23 sudah selesai dan juga sekaligus mengaktifkan kembali *step 1* dan memberikan *finish signal* pada *autoloader 2* yang menandakan bahwa *housing* siap untuk didistribusikan ke mesin/proses berikutnya.





Gambar 4.22 Pengujian *Step 18*

Dari hasil pengujian alur proses *section 1* yang telah dilakukan diatas, dapat diperoleh data pengujian sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Alur Proses Section 1

Step	Proses	Input Trigger	Hasil
1	-	Transisi 18 dan Transisi 13	✓
2	<i>Ejector A21 Return</i> (Memabawa <i>housing</i> ke dalam mesin A21)	PB Start	✓
3	<i>Autoloder 1 Down</i>	RS <i>Ejector A21 Minimum</i>	✓
4	<i>Autoloder 1 Clamping</i> RH dan LH	RS <i>Ejector Autoloder 1 Down</i>	✓
5	<i>Autoloder 1 Up</i>	RS <i>Autoloder 1 Clamped</i> RH dan LH	✓
6	<i>Autoloder 1 Forward High Speed AND Ejector A21 Advance</i>	RS <i>Autoloder 1 Up</i>	✓

8	<i>Autoloader 1 Forward Low Speed</i>	LS Slow Down A21-B23	✓
9	<i>Autoloder 1 Down</i>	LS Loading Pos B23	✓
10	<i>Autoloader 1 Unlamping RH dan LH</i>	RS Autoloader 1 Down	✓
11	<i>Autoloader 1 Up</i>	RS Autoloader 1 Unlamped RH dan LH	✓
12	<i>Autoloader 1 Reverse High Speed (Paralel dengan langkah 13)</i>	RS Autoloader 1 Up	✓
13	<i>Autoloader 1 Reverse Low Speed</i>	LS Slow Down B23-A21	✓
1	-	LS Loading Pos A21	✓
14	<i>Pintu Mesin B23 Closing</i>	RS Autoloader 1 Up	✓
15	<i>Mesin B23 Clamping RH dan LH</i>	RS Door Closed	✓
16	<i>Spindel B23 CW RH dan LH AND Silinder B23 RH dan LH Advance</i>	RS B23 Clamped RH dan LH	✓
17	<i>Spindel B23 CCW RH dan LH AND Silinder B23 RH dan LH Return</i>	RS Silinder B23 Maksimum RH dan LH	✓
18	<i>Mesin B23 Unclamping AND Pintu Mesin B23 Opening</i>	RS Silinder B23 Minimum RH dan LH	✓
1	-	RS Pintu B23 Opened	✓

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 GRAFCET sudah sesuai dengan diinginkan.

4.2.2. Pengujian *Cycle Time*

Setelah seluruh alur proses sudah diuji dan sudah berjalan sesuai dengan semestinya, pengujian yang perlu dilakukan juga adalah pengujian mengenai lamanya waktu proses *housing* atau *cycle time*. Pengujian *cycle time* dilakukan dengan cara menjalankan seluruh proses dari sistem mulai dari *section 1* hingga *section 3* secara simulasi dengan menggunakan HMI, kemudian diamati berapa waktu yang dibutuhkan untuk memproses 1 buah *housing* dari awal hingga akhir.

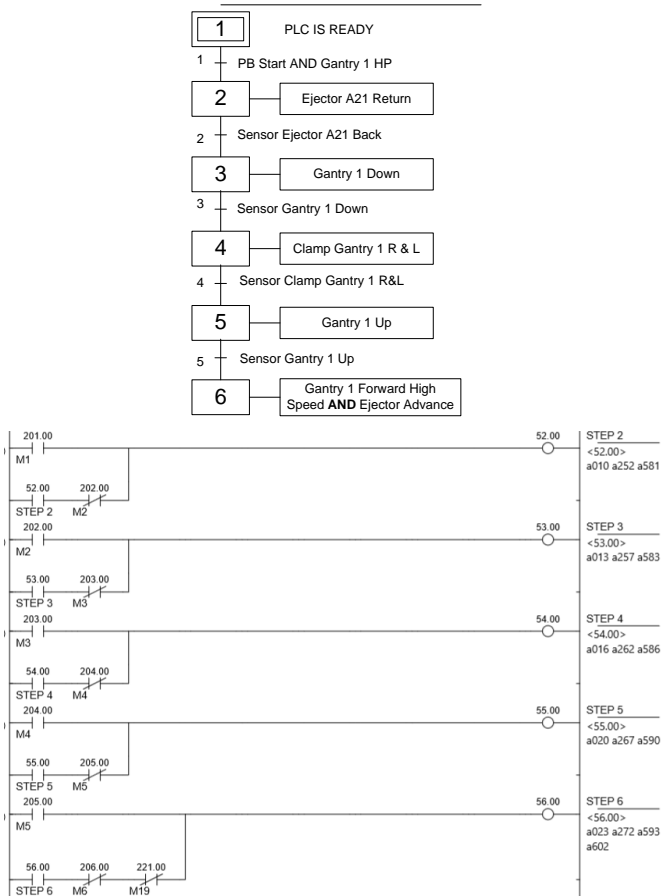
Tabel 4.2 Tabel Hasil Pengujian *Cycle Time*

Pengujian Ke -	Pengujian			Hasil
	Section 1	Section 2	Section 3	
1	OK	OK	OK	3 min 50 s
2	OK	OK	OK	3 min 38 s
3	OK	OK	OK	3 min 54 s
4	OK	OK	OK	4 min 10 s
5	OK	OK	OK	4 min 2 s
6	OK	OK	OK	3 min 44 s
7	OK	OK	OK	4 min 8 s
8	OK	OK	OK	4 min 2 s
9	OK	OK	OK	3 min 55 s
10	OK	OK	OK	4 min 5 s
Rata Rata Waktu				3 min 57 s

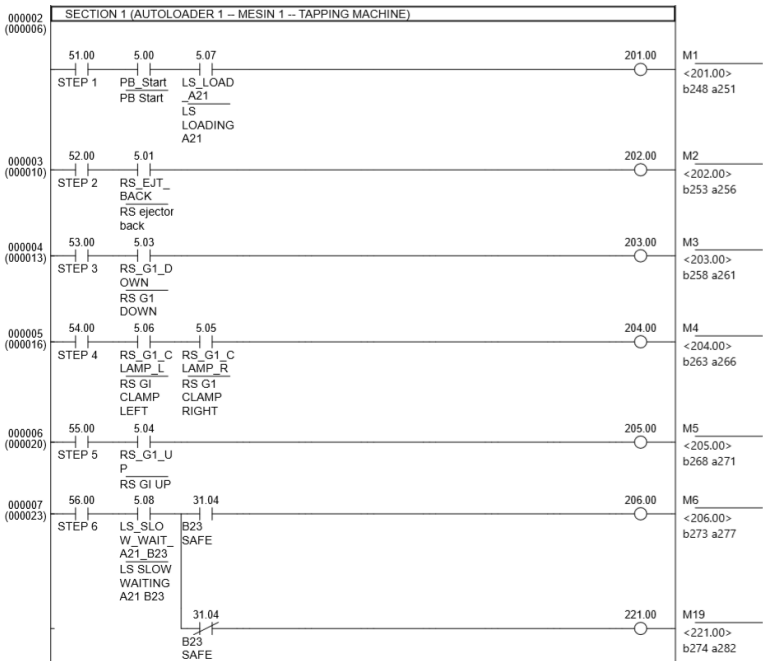
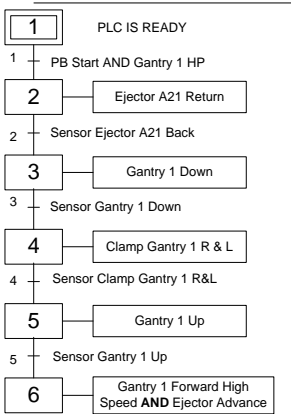
Dari tabel 4.2, dapat dilihat bahwa pengujian *cycle time* dilakukan sebanyak 10 kali dan kemudian didapatkan hasil waktu yang berbeda-beda. Dari hasil ke sepuluh pengujian tersebut kemudian dicari nilai rata-rata waktunya dan didapatkanlah bahwa proses permesinan *housing* berdasarkan simulasi pada *tapping and wasing machine autoloader plant* membutuhkan waktu rata-rata 3 menit 57 detik.

4.3. Analisa

Dari hasil *ladder diagram* yang diperoleh, dapat diamati bahwa *ladder diagram* terusun secara berurut sesuai dengan deskripsi atau diagram alur proses baik dari bagian transisi maupun step, sebagai contoh dapat dilihat pada gambar 4.23 dan 4.24 berikut :

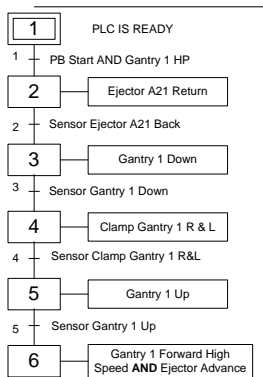


Gambar 4.23 Perbandingan Hasil *Ladder Diagram* (Steps)



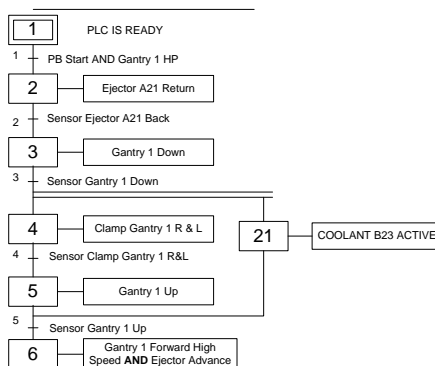
Gambar 4.24 Perbandingan Hasil Ladder Diagram (Transitions)

Dengan mengikuti seluruh prosedur dalam perancangan *ladder diagram* menggunakan metode GRAFCET, maka *ladder diagram* yang dihasilkan akan sesuai dengan yang diinginkan. Selain itu juga ketika sistem sudah berjalan kemudian akan dilakukan perubahan atau penambahan alur proses, maka perubahan model GRAFCET dan *ladder diagram* akan relatif mudah dilakukan, berikut adalah salah satu contoh penambahan alur proses :



Gambar 4.25 Alur Proses Awal

Kemudian dari alur proses tersebut akan ditambahkan beberapa alur proses ditengah-tengah proses tersebut



Gambar 4.26 Hasil Penambahan Alur Proses

Maka dengan menyisipkan alur proses seperti pada gambar 2.46, dan terlihat terjadi penambahan proses *Coolent B23 Actice* yang bekerja secara parallel dengan proses pada step 4 yaitu *Clamp Gantry 1 R&L*. Dengan penyisipan proses tersebut maka perlu ditambahkan komponen *AND Divergence* dan komponen *Step* yaitu *step 21*. Dalam prosedur pengkonversian GRAFCET, komponen yang perlu dikonversi adalah *step*, sehingga hasil konversi adalah sebagai berikut:

$$1. \quad X21 = M3 + (X21.\overline{M5})$$

Kemudian hasil konversi *ladder diagram* adalah sebagai berikut :



Gambar 4.27 *Ladder Diagram* hasil penambahan proses

Maka dengan menambahkan program tersebut sistem sudah dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

Dengan menggunakan metode ini, ketika ada penambahan dan perubahan alur proses, maka yang perlu ditelusuri hanya komponen transisi dan juga komponen step kemudian mengkonversi komponen tersebut menjadi *switching function* kemudian menjadi *ladder diagram*.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Perancangan konstruksi *ladder diagram* pada *tapping and washing machine autoloader plant* telah selesai dilakukan serta telah diuji secara simulasi dan menghasilkan beberapa poin sebagai berikut:

1. Hasil konstruksi *ladder diagram* yang didapatkan melalui penerapan metode GRAFCET telah berjalan sesuai dengan alur proses dari *tapping and wasing machine autoloader plant*.
2. *Ladder diagram* yang dihasilkan sebanyak 203 *rung* yang terbagi menjadi 3 bagian : *transition* (67 *rung*), *step* (65 *rung*), *action* (71 *rung*).
3. Jumlah *step* yang terpakai untuk program PLC pada *plant* ini sebanyak 1796 *step*.
4. Dengan menggunakan metode GRAFCET serta mengikuti prosedur perancangan *ladder diagram*, maka akan dihasilkan *ladder diagram* yang teratur dan tersusun sesuai dengan deskripsi atau diagram alur proses, sehingga dapat memudahkan operator untuk melakukan analisa atau merubah urutan alur proses ketika sistem sudah berjalan.

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari tugas akhir ini, alur proses sudah berjalan sesuai dengan alur proses yang telah dirancang sebelumnya. Jumlah *step* yang dihasilkan sebanyak 1796 *step* dan sudah sesuai dengan kapasitas memory dari PLC yang digunakan sehingga dapat diimplementasi langsung pada perangkat PLC

Metode GRAFCET adalah metode sangat baik dan cocok untuk di implementasikan di industri otomasi karena proses perancangan, *troubleshooting* dan perubahan model GRAFCET yang relatif mudah dilakukan.

5.2. Saran

1. Hasil perancangan konstruksi *ladder diagram* dapat di implementasikan langsung pada *tapping and washing machine autoloader plant*.

2. Dilakukan perbandingan pembuatan konstruksi *ladder diagram* menggunakan metode dengan hanya berdasarkan logika dan pengalaman.
3. Adanya penerapan penggunaan metode-metode dalam pembuatan konstruksi *ladder diagram* di industri-industri otomasi.

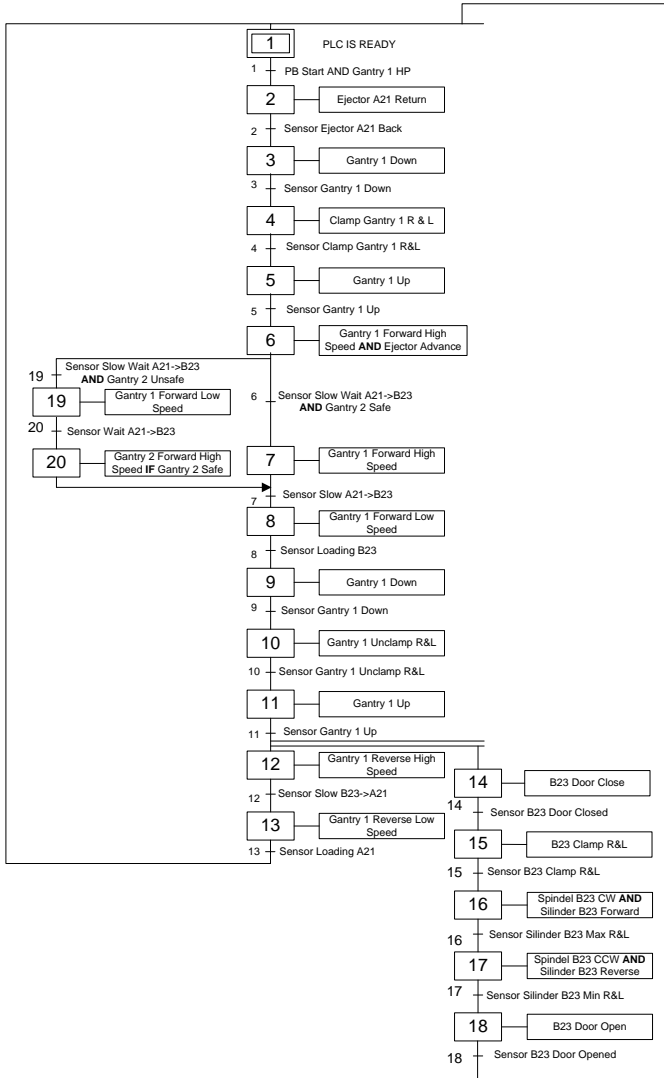
DAFTAR PUSTAKA

- [1] MEDER Electronic, REED SWITCH CHARACTERISTICS.
- [2] Mitsubishi Electric. Inverter FR-E700 INSTRUCTION MANUAL (Applied)
- [3] OMRON. SYSMAC CP1L/CP1E Introduction Manual Book.
- [4] Biswanath Paul, 2014. Industrial Electronic and Control Chapter 9.
- [5] Paul Baracos, Ph.D., P.Eng, 1992, "Grafcet Step-by-Step", Famic Automation.
- [6] Raka Aditya Nugraha, 2018, Tugas Akhir, "KONSTRUKSI DIAGRAM LADDER DENGAN BANTUAN GRAFCET UNTUK FACTORY AUTOMATIC TRAINER", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [7] OMRON. SYSMAC CP1L/CP1E CPU UNIT INSTRUCTIONS REFERENCE MANUAL.
- [8] *Document wiring diagram.*

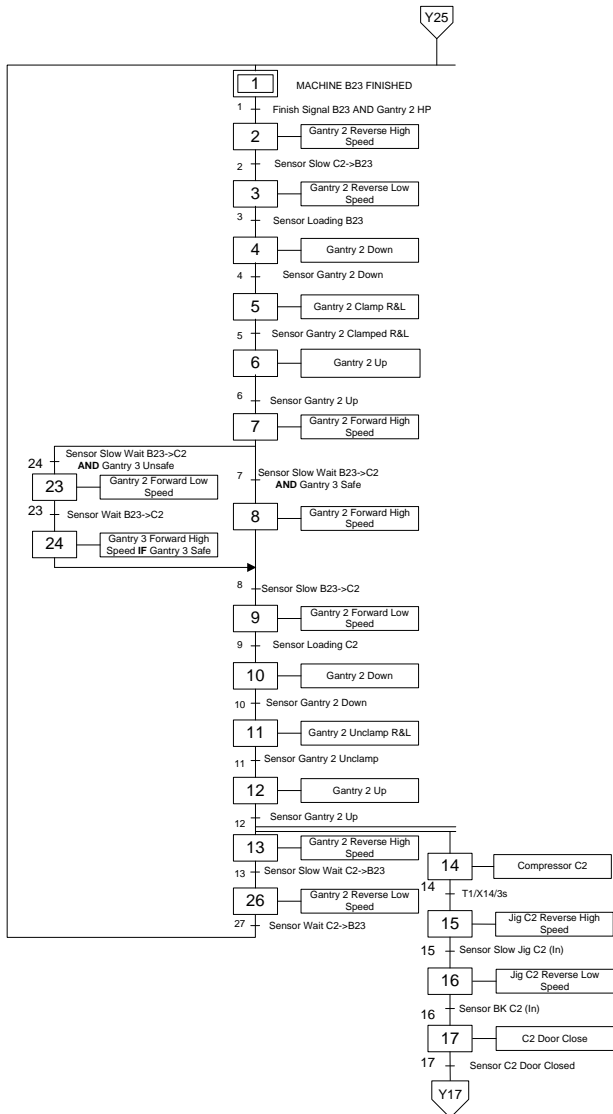
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

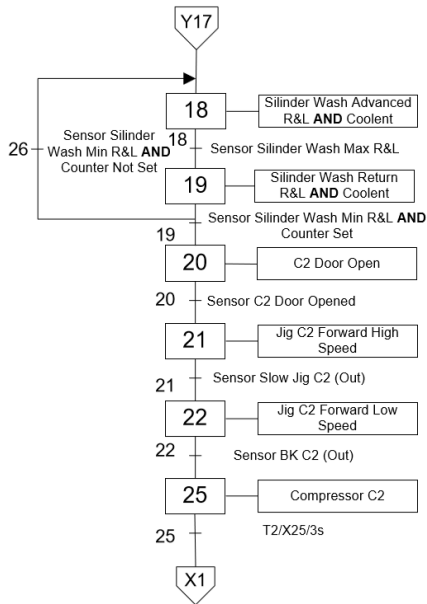
LAMPIRAN

Section 1



Section 2





Switching Function Section 2

a. Transition

1. $Y1 = \text{Step 1. M18. G2 HP}$
2. $Y2 = \text{Step 2. LS Slow C2} \rightarrow B23$
3. $Y3 = \text{Step 3. LS Loading B23}$
4. $Y4 = \text{Step 4. RS G2 Down}$
5. $Y5 = \text{Step 5. RS G2 Clamp RH. RS G2 Clamp LH}$
6. $Y6 = \text{Step 6. G2 Up}$
7. $Y7 = \text{Step 7. Slow Wait B23} \rightarrow C2. G3 Safe$
8. $Y8 = (\text{Step 8} + \text{Step 24}). \text{LS Slow B23} \rightarrow C2$
9. $Y9 = \text{Step 9. LS Loading C2}$
10. $Y10 = \text{Step 10. RS G2 Down}$
11. $Y11 = \text{Step 11. RS G2 Unclamp RH. RS G2 Unclamp LH}$
12. $Y12 = \text{Step 12. RS G2 Up}$

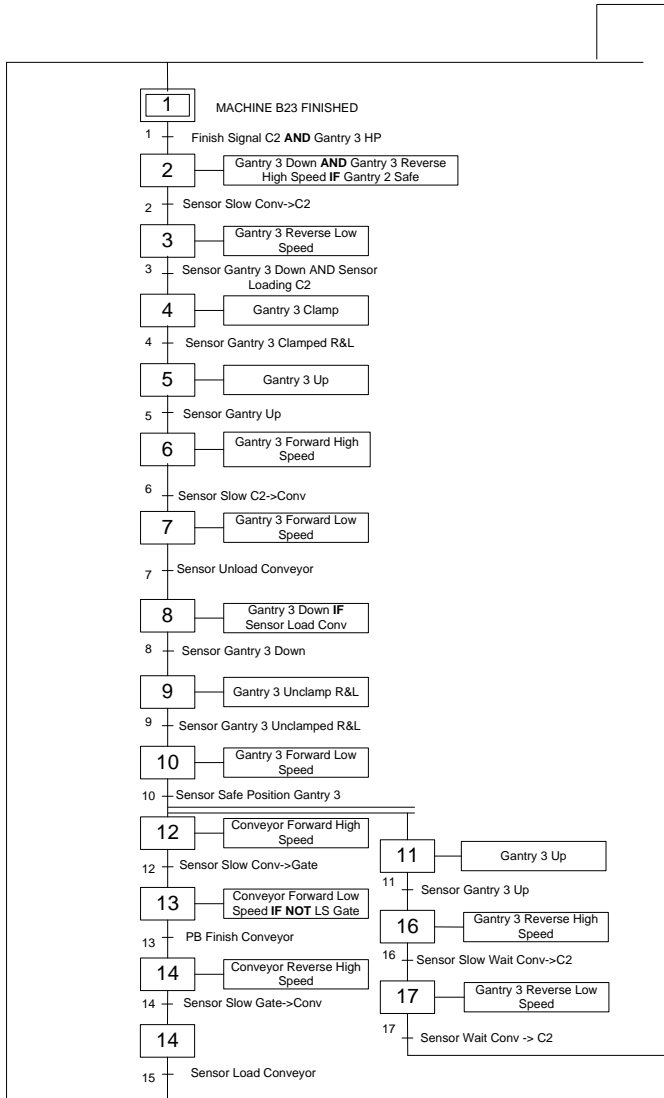
13. $Y_{13} = \text{Step 13. LS Slow Wait C2} \rightarrow B_{23}$
14. $Y_{14} = \text{Step 14. Timer1 3s}$
15. $Y_{15} = \text{Step 15. LS Slow Jig C2 In}$
16. $Y_{16} = \text{Step 16. LS BK C2 In}$
17. $Y_{17} = \text{Step 17. RS Door C2 Closed}$
18. $Y_{18} = \text{Step 18. LS Sil C2 Max RH. LS Sil C2 Max LH}$
19. $Y_{19} = \text{Step 19. LS Sil C2 Min RH. LS Sil C2 Min LH. Counter Set}$
20. $Y_{20} = \text{Step 20. RS Door C2 Opened}$
21. $Y_{21} = \text{Step 21. LS Slow Jig C2 Out}$
22. $Y_{22} = \text{Step 22. LS BK C2 Out}$
23. $Y_{23} = \text{Step 23. LS Wait B23} \rightarrow C_2$
24. $Y_{24} = \text{Step 7. Slow Wait B23} \rightarrow C_2. G_3 \text{ Unsafe}$
25. $Y_{25} = \text{Step 25. Timer2 3s}$
26. $Y_{26} = \text{Step 19. LS Sil C2 Min RH. LS Sil C2 Min LH. Counter Unset}$
27. $Y_{27} = \text{Step 26. LS Wait C2} \rightarrow B_{23}$

b. Step

1. $X_1 = (M_{27} + M_{25} + \text{Finish Signal B23}) + (X_1. \overline{M_1})$
2. $X_2 = M_1 + (X_2. \overline{M_2})$
3. $X_3 = M_2 + (X_3. \overline{M_3})$
4. $X_4 = M_3 + (X_4. \overline{M_4})$
5. $X_5 = M_4 + (X_5. \overline{M_5})$
6. $X_6 = M_5 + (X_6. \overline{M_6})$
7. $X_7 = M_6 + (X_7. \overline{M_7})$
8. $X_8 = M_7 + (X_8. \overline{M_8})$
9. $X_9 = M_8 + (X_9. \overline{M_9})$
10. $X_{10} = M_9 + (X_{10}. \overline{M_{10}})$
11. $X_{11} = M_{10} + (X_{11}. \overline{M_{11}})$
12. $X_{12} = M_{11} + (X_{12}. \overline{M_{12}})$

13. $X_{13} = M_{12} + (X_{13}.\overline{M_{13}})$
14. $X_{14} = M_{12} + (X_{14}.\overline{M_{14}})$
15. $X_{15} = M_{14} + (X_{15}.\overline{M_{15}})$
16. $X_{16} = M_{15} + (X_{16}.\overline{M_{16}})$
17. $X_{17} = M_{16} + (X_{17}.\overline{M_{17}})$
18. $X_{18} = (M_{17} + M_{26}) + (X_{18}.\overline{M_{18}})$
19. $X_{19} = M_{18} + (X_{19}.\overline{M_{19}}.\overline{M_{26}})$
20. $X_{20} = M_{19} + (X_{19}.\overline{M_{19}})$
21. $X_{21} = M_{20} + (X_{21}.\overline{M_{21}})$
22. $X_{22} = M_{21} + (X_{22}.\overline{M_{22}})$
23. $X_{23} = M_{24} + (X_{23}.\overline{M_{23}})$
24. $X_{24} = M_{23} + (X_{24}.\overline{M_{28}})$
25. $X_{25} = M_{22} + (X_{25}.\overline{M_{25}})$
26. $X_{26} = M_{13} + (X_{26}.\overline{M_{27}})$

Section 3



Switching Function Section 3

a. Transition

2. $M1 = \text{Step 1. Finish Signal } C2. G3 \text{ HP}$
3. $M2 = \text{Step 2. LS Slow Conv} \rightarrow C2$
4. $M3 = \text{Step 3. RS } G3 \text{ Down. LS Loading } C2$
5. $M4 = \text{Step 4. RS } G3 \text{ Clamp RH. RS } G3 \text{ Clamp LH}$
6. $M5 = \text{Step 5. RS } G3 \text{ Up}$
7. $M6 = \text{Step 6. LS SLOW } C2 \rightarrow \text{Conv}$
8. $M7 = \text{Step 7. LS Unload Conveyor}$
9. $M8 = \text{Step 8. RS } G3 \text{ Down}$
10. $M9 = \text{Step 9. RS } G3 \text{ Unclamp RH. RS } G3 \text{ Unclamp LH}$
11. $M10 = \text{Step 10. LS Safe Pos } G3$
12. $M11 = \text{Step 11. RS } G3 \text{ Up}$
13. $M12 = \text{Step 12. LS Slow Conv} \rightarrow \text{QGate}$
14. $M13 = \text{Step 13. PB Finish Conveyor}$
15. $M14 = \text{Step 14. LS Slow QGate Conveyor}$
16. $M15 = \text{Step 15. LS Load Conveyor}$
17. $M16 = \text{Step 16. LS Slow Wait Conv} \rightarrow C2$
18. $M17 = \text{Step 17. LS Wait Conv} \rightarrow C2$

b. Step

1. $X1 = (M15 + M17 + \text{Finish Signal } C2) + (X1. \overline{M1})$
2. $X2 = M1 + (X2. \overline{M2})$
3. $X3 = M2 + (X3. \overline{M3})$
4. $X4 = M3 + (X4. \overline{M4})$
5. $X5 = M4 + (X5. \overline{M5})$
6. $X6 = M5 + (X6. \overline{M6})$
7. $X7 = M6 + (X7. \overline{M7})$
8. $X8 = M7 + (X8. \overline{M8})$

9. $X_9 = M_8 + (X_9.\overline{M_9})$
10. $X_{10} = M_9 + (X_{10}.\overline{M_{10}})$
11. $X_{11} = M_{10} + (X_{11}.\overline{M_{11}})$
12. $X_{12} = M_{10} + (X_{12}.\overline{M_{12}})$
13. $X_{13} = M_{12} + (X_{13}.\overline{M_{13}})$
14. $X_{14} = M_{12} + (X_{14}.\overline{M_{14}})$
15. $X_{15} = M_{14} + (X_{15}.\overline{M_{15}})$
16. $X_{16} = M_{15} + (X_{16}.\overline{M_{16}})$
17. $X_{17} = M_{16} + (X_{17}.\overline{M_{17}})$

RIWAYAT HIDUP



Erick Suryadi, lahir di Bandung pada tanggal 29 Maret 1997. Putra pertama dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Budi Kasman dan Ibu Erlindawati. Penulis menempuh Pendidikan formal di SMAN 14 Bandung selama 3 tahun dan lulus pada tahun 2014, penulis melanjutkan jenjang Pendidikan Diploma 3 jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekanika di Politeknik Manufaktur Bandung dan lulus pada tahun 2017. Selama menjalani pendidikan Diploma, penulis sempat mengikuti kegiatan Internship di PT. Inti Ganda Perdana (Astra Otoparts) selama

kurang lebih 10 bulan serta dilibatkan dalam beberapa project pekerjaan yang berkaitan dengan permasalahan otomasi. Penulis kemudian melanjutkan jenjang pendidikan program Lintas Jalur Sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengambil Jurusan Teknik Elektro, Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan. Selama menjalani program pendidikan Sajrana, penulis sempat mengikuti program kerja praktik di PT. Dirgantara Indonesia dan di tempatkan di bagian *flight control and mechanical systems*. Selain itu juga penulis mengikuti Program Mahasiswa Magang Bersertifikat (PMMB) PLN yang berlangsung selama 6 bulan dan ditempatkan di PLN UP3 Area Surabaya Utara, ULP Kenjeran.

Kontak:

Email : ericksuryaaadi@gmail.com

HP : +6285524445043