



TUGAS AKHIR - EE184801

DESAIN *LADDER DIAGRAM* PADA *TAPPING AND WASHING MACHINE AUTOLOADER PLANT* DENGAN METODE *PETRI-NET*

Ilham Raihan Dwi Ananto
NRP 07111745000007

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

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

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - EE184801

**LADDER DIAGRAM DESIGN FOR TAPPING AND
WASHING MACHINE AUTOLOADER PLANT WITH
PETRI-NET METHOD**

Ilham Raihan Dwi Ananto
NRP 07111745000007

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 Petri-Net**” 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



Ilham Raihan Dwi Ananto
NRP 0711174500007

Halaman ini sengaja dikosongkan

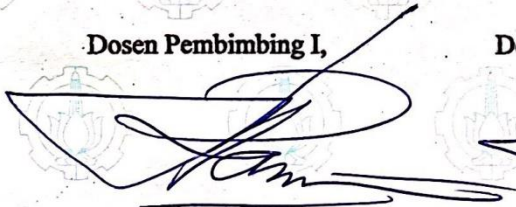
**DESAIN LADDER DIAGRAM PADA TAPPING AND
WASHING MACHINE AUTOLOADER PLANT
DENGAN METODE PETRI-NET**

TUGAS AKHIR

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

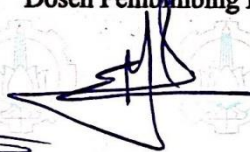
Menyetujui :

Dosen Pembimbing I,



**Dr. Ir. Mochammad Rameli
NIP. 195412271981031002**

Dosen Pembimbing II,



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



Halaman ini sengaja dikosongkan

DESAIN LADDER DIAGRAM PADA TAPPING AND WASHING MACHINE AUTOLOADER PLANT DENGAN METODE PETRI-NET

Nama : Ilham Raihan Dwi Ananto
Pembimbing 1 : Dr. Ir. Mochammad Rameli
Pembimbing 2 : Eka Iskandar, S.T., M.T.

ABSTRAK

Kebutuhan manusia saat ini semakin bertambah dari sebelumnya. Pada kasus ini, proses produksi di industri membutuhkan sistem otomasi, terutama di industri manufaktur, agar dapat memenuhi banyaknya kuantitas permintaan konsumen. Salah satu contoh *plant* di industri manufaktur saat ini yang telah menggunakan sistem otomasi adalah *Tapping and Washing Machine Autoloader plant*. Kontroler yang digunakan pada *plant* ini adalah *Programmable Logic Controller* (PLC) dengan *ladder diagram* sebagai bahasa pemrograman yang digunakan untuk menjalankan proses sistem *plant*. Terdapat 82 proses yang terjadi pada *plant* ini, sehingga pemodelan sistem *plant* membutuhkan suatu metode sebelum mendesain *ladder diagram*. Metode yang digunakan pada tugas akhir ini adalah metode *Petri-Net*. Untuk memudahkan tahap pemodelan, sistem dibagi lagi menjadi lima buah *section*. Setelah sistem dimodelkan, pemodelan sistem dikonversikan ke dalam bentuk *ladder diagram*. Desain *ladder diagram* yang dihasilkan memiliki 134 *rung*. Pengujian desain *ladder diagram* yang telah dirancang dilakukan pada perangkat *Human Machine Interface* (HMI). Tampilan HMI disesuaikan dengan sistem *plant* yang seharusnya. Pengujian pada HMI dilakukan sebanyak sepuluh kali untuk dilihat durasi waktu yang dibutuhkan untuk memproses satu buah benda kerja (*housing*). Rata-rata durasi waktu proses yang diuji selama sepuluh kali adalah selama tiga menit.

Kata kunci : *Tapping and Washing Machine Autoloader Plant, Petri-Net, PLC, Ladder Diagram*

Halaman ini sengaja dikosongkan

LADDER DIAGRAM DESIGN FOR TAPPING AND WASHING MACHINE AUTOLOADER PLANT USING PETRI-NET METHOD

Name : Ilham Raihan Dwi Ananto
Supervisor 1 : Dr. Ir. Mochammad Rameli
Supervisor 2 : Eka Iskandar, S.T., M.T.

ABSTRACT

Today's human needs are increasing from before. In this case, the production process in the industry requires an automation system, especially in the manufacturing industry, in order to meet the large quantity of consumer demand. One example of a plant in the manufacturing industry that has used an automation system is the Tapping and Washing Machine Autoloader plant. The controller used in this plant is a Programmable Logic Controller (PLC) with ladder diagram as a programming language used to run the plant system process. There are 82 processes that occur at this plant, so the plant system modeling requires a method before designing the ladder diagram. The method used in this final project is the Petri-Net method. To facilitate the modeling phase, the system is divided into five sections. After the system is modeled, system modeling is converted into a ladder diagram. The resulting ladder diagram design has 134 walls. Ladder diagram design testing that has been designed is done on Human Machine Interface (HMI) devices. HMI display is adjusted to the plant system that should be. Testing on HMI is done ten times to see the duration of time needed to process one piece of work (housing). The average duration of processing time tested for ten times is for three minutes.

Keywords : Tapping and Washing Machine Autoloader, Petri-Net, PLC, Ladder Diagram.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT. yang telah melimpahkan nikmat, rahmat serta hidayah-Nya, sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan lancar dan tepat waktu. Shalawat dan salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW., semoga sampai kepada para sahabatnya, dan umatnya hingga akhir zaman. Adapun judul tugas akhir yang telah diselesaikan yaitu:

“Desain Ladder Diagram Pada Tapping And Washing Machine Autoloader Plant Dengan Metode Petri-Net”

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu baik secara moril, materil, maupun ide-ide, khususnya kepada:

1. Allah SWT. yang telah memberi Rahmat-Nya dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Ayahanda Hadiyanto dan Ibunda Sri Widayati yang telah mengingatkan dengan penuh kesabaran dan selalu mengarahkan kepada kebaikan tanpa pamrih.
3. Bapak Dr. Ir. Mochammad Rameli dan Bapak Eka Iskandar, S.T., M.T. selaku pembimbing tugas akhir yang telah membimbing penulis dalam setiap proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Rekan-rekan mahasiswa Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan Teknik Elektro yang selalu membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Dan seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu-persatu yang ikut membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat menginformasikan hasil dari tugas akhir dan mampu memberikan tambahan ilmu serta wawasan kepada pembaca.

Surabaya, Juni 2019



Ilham Raihan Dwi Ananto
NRP 0711174500007

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR..... | v |
| LEMBAR PENGESAHAN | vii |
| ABSTRAK..... | ix |
| <i>ABSTRACT</i> | xi |
| KATA PENGANTAR | xiii |
| DAFTAR ISI..... | xv |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| DAFTAR TABEL..... | xix |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah..... | 1 |
| 1.3 Tujuan..... | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.5 Metodologi | 2 |
| 1.6 Sistematika | 3 |
| 1.7 Relevansi atau Manfaat | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 <i>Tapping and Washing Machine Autoloader Plant</i> | 5 |
| 2.1.1 Material atau Benda Kerja..... | 6 |
| 2.1.2 Mesin A21 | 6 |
| 2.1.3 Mesin B23 | 7 |
| 2.1.4 Mesin C2 | 8 |
| 2.1.5 <i>Autoloader</i> | 9 |
| 2.1.6 Komponen <i>Input</i> | 10 |
| 2.1.7 <i>Pneumatic Solenoid Valve</i> | 11 |

| | | |
|-------------------------------------|--|-----|
| 2.1.8 | Silinder Pneumatik..... | 11 |
| 2.1.9 | Motor Induksi 3 Fasa | 12 |
| 2.1.10 | Inverter FR-E700 Mitsubishi..... | 13 |
| 2.2 | <i>Programmable Logic Control</i> | 14 |
| 2.2.1 | Komponen Dasar PLC | 14 |
| 2.3 | <i>Human Machine Interface (HMI)</i> | 15 |
| 2.4 | Metode <i>Petri-Net</i> | 16 |
| 2.4.1 | Aturan Konversi <i>Petri-Net</i> | 17 |
| BAB III PERANCANGAN SISTEM..... | | 19 |
| 3.1 | Perumusan Sistem <i>Plant</i> | 19 |
| 3.2 | Perancangan <i>Petri-Net</i> | 39 |
| 3.3 | Pemrograman <i>Ladder Diagram</i> | 51 |
| 3.4 | Perancangan HMI..... | 63 |
| BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS | | 69 |
| 4.1 | Pengujian Alur Proses Sistem | 69 |
| 4.2 | Pengujian Berulang Sistem <i>Plant</i> | 78 |
| BAB V PENUTUP | | 81 |
| 5.1 | Kesimpulan | 81 |
| 5.2 | Saran..... | 81 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 83 |
| LAMPIRAN | | 85 |
| RIWAYAT HIDUP | | 123 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 <i>Tapping and washing machine autoloader plant</i> | 5 |
| Gambar 2.2 <i>Housing dari differential gear</i> | 6 |
| Gambar 2.3 Ujung lengan <i>housing</i> | 6 |
| Gambar 2.4 Ilustrasi mesin A21 | 7 |
| Gambar 2.5 Ilustrasi mesin B23 | 7 |
| Gambar 2.6 Ilustrasi mesin C2 | 8 |
| Gambar 2.7 <i>Autoloader</i> (a) tipe 1 dan (b) <i>tipe 2</i> | 9 |
| Gambar 2.8 Contoh bentuk fisik[2] | 10 |
| Gambar 2.9 <i>Reed switch</i> | 10 |
| Gambar 2.10 <i>Limit switch</i> | 11 |
| Gambar 2.11 <i>Solenoid 5/2 way bistabil</i> | 11 |
| Gambar 2.12 Silinder pneumatik | 12 |
| Gambar 2.13 Motor induksi 3 fasa | 13 |
| Gambar 2.14 Inverter FR-E700 Mitsubishi | 13 |
| Gambar 2.15 Perangkat PLC Omron CP1E | 14 |
| Gambar 2.16 Blok diagram PLC | 14 |
| Gambar 2.17 <i>Human Machine Interface (HMI)</i> | 15 |
| Gambar 2.18 <i>CX-Designer</i> OMRON | 16 |
| Gambar 2.19 Objek pada <i>Petr-Net</i> | 16 |
| Gambar 3.1 Tahapan perancangan sistem | 19 |
| Gambar 3.2 Pembagian <i>section</i> pada perancangan sistem | 28 |
| Gambar 3.3 Pemodelan inialisasi <i>section 2</i> | 47 |
| Gambar 3.4 Pemodelan tahap 201 | 47 |
| Gambar 3.5 Pemodelan tahap 202 | 48 |
| Gambar 3.6 Pemodelan tahap 203 | 48 |
| Gambar 3.7 Pemodelan tahap 204 | 49 |
| Gambar 3.8 Pemodelan tahap 205 | 49 |
| Gambar 3.9 Pemodelan tahap 206 | 50 |
| Gambar 3.10 Pemodelan akhir <i>section 2</i> | 50 |
| Gambar 3.11 <i>Rung ladder diagram</i> inialisasi <i>section 2</i> | 57 |
| Gambar 3.12 <i>Rung ladder diagram</i> tahap 201 | 57 |
| Gambar 3.13 <i>Rung ladder diagram</i> tahap 202 | 58 |
| Gambar 3.14 <i>Rung ladder diagram</i> tahap 203 | 59 |
| Gambar 3.15 <i>Rung ladder diagram</i> tahap 204 | 60 |
| Gambar 3.16 <i>Rung ladder diagram</i> tahap 205 | 61 |
| Gambar 3.17 <i>Rung ladder diagram</i> tahap 206 | 62 |
| Gambar 3.18 <i>Rung ladder diagram</i> Mint3 | 62 |

| | |
|---|----|
| Gambar 3.19 Tampilan HMI pada halaman <i>Main Menu</i> | 63 |
| Gambar 3.20 Tampilan halaman <i>Full System</i> | 64 |
| Gambar 3.21 Tampilan HMI pada halaman mesin A21 | 65 |
| Gambar 3.22 Tampilan HMI pada halaman mesin B23 | 65 |
| Gambar 3.23 Tampilan HMI pada halaman mesin C2 | 66 |
| Gambar 3.24 Tampilan 3 Dimensi mesin C2..... | 66 |
| Gambar 4.1 Posisi awal pada (a) <i>autoloader 1, autoloader 2, autoloader 3, conveyor</i> , (b) mesin A21, (c) mesin B23, dan (d) mesin C2..... | 71 |
| Gambar 4.2 Pengujian tahap 201 | 72 |
| Gambar 4.3 Pengujian tahap 202 | 73 |
| Gambar 4.4 Pengujian tahap 203 | 74 |
| Gambar 4.5 Pengujian tahap 204 | 74 |
| Gambar 4.6 Pengujian tahap 205 | 75 |
| Gambar 4.7 Pengujian tahap 206..... | 76 |
| Gambar 4.8 Pengujian tahap akhir <i>section 2</i> | 77 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Representasi kontrol logika oleh <i>Petri-Net</i> dan LD[11]..... | 17 |
| Tabel 3.1 Daftar komponen <i>input</i> sistem <i>plant</i> | 20 |
| Tabel 3.2 Daftar komponen <i>output</i> sistem <i>plant</i> | 24 |
| Tabel 3.3 Daftar pengelompokan proses menjadi lima <i>section</i> | 27 |
| Tabel 3.4 Langkah kerja sistem | 28 |
| Tabel 3.5 Deskripsi penamaan komponen <i>place</i> | 39 |
| Tabel 3.6 Deskripsi penamaan komponen <i>transition</i> | 44 |
| Tabel 3.7 Pengalamatan komponen <i>input</i> | 51 |
| Tabel 3.8 Pengalamatan <i>memory</i> | 52 |
| Tabel 3.9 Pengalamatan komponen <i>output</i> | 54 |
| Tabel 4.1 Data pengujian proses alur sistem <i>section 2</i> | 77 |
| Tabel 4.2 Hasil pengujian dan durasi waktu proses sistem <i>plant</i> | 79 |

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada dunia industri manufaktur saat ini terdapat banyak jenis proses produksi salah satunya adalah permesinan, penyortiran, pemindahan barang, dan proses *assembly*. Saat ini permintaan konsumen semakin meningkat dari sebelumnya dengan kuantitas yang lebih banyak dan kualitas yang lebih baik. Proses produksi secara manual tidak dapat memenuhi seluruh permintaan konsumen. Oleh karena itu dibutuhkannya sistem otomasi di sebagian maupun seluruh proses produksi di industri manufaktur.

Proses produksi dengan sistem otomasi ini memerlukan sebuah perangkat kontroler, salah satunya adalah *Programmable Logic Controller (PLC)*. Salah satu pemrograman pada PLC adalah *ladder diagram*. Pada pembuatan desain *ladder diagram* seorang perancang perlu memahami alur proses dari produksi pada *plant*, serta syarat-syarat yang harus terpenuhi dan hasil sesuai dengan yang diinginkan, dan juga jenis sensor dan aktuator yang digunakan. Pada beberapa *plant* dengan proses produksi yang panjang dengan *input* dan *output* yang banyak memiliki kerumitan pada desain *ladder diagram*, sehingga dapat menyebabkan perancang sulit memahaminya, baik saat melakukan kegiatan pemrograman, analisis, maupun *troubleshooting*.

Salah satu *plant* proses pada industri manufaktur saat ini adalah *Tapping and Washing Machine Autoloader plant*, dimana *autoloader* merupakan suatu sistem *load* dan *unload* yang membawa material atau benda kerja dari mesin ke mesin lainnya untuk diproses. Terdapat dua buah mesin pada *plant* ini, yaitu mesin *tapping* yang membuat ulir dalam pada kedua ujung benda kerja, dan mesin *washing* yang membersihkan bram atau sisa dari proses pembuatan ulir.

1.2 Perumusan Masalah

Terdapat banyak perlakuan pada proses yang terjadi pada *plant tapping and washing machine autoloader*. Oleh karena itu, pembuatan desain *ladder diagram* perlu diperhatikan dan tidak cukup jika hanya menggunakan pemahaman logika dari *programmer*. Hal ini dapat menghasilkan desain *ladder diagram* yang sulit dipahami dan tidak efisien.

Pada tugas akhir ini, hal yang menjadi fokus permasalahan adalah bagaimana pembuatan konstruksi *ladder diagram* pada proses *plant Tapping and Washing Machine Autoloader*.

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah membuat pemodelan dari proses *plant Tapping and Washing Machine Autoloader* dengan metode *Petri-Net*. Hasil pemodelan *plant* dikonversikan ke dalam bentuk pemrograman *ladder diagram*. Kemudian mengimplementasikan pemrograman tersebut pada perangkat keras PLC.

1.4 Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada Tugas Akhir ini meliputi:

1. *Plant* yang dijadikan topik adalah *Tapping and Washing Machine Autoloader Plant*.
2. Kontroler yang digunakan pada penerapan sistem otomasi *tapping and washing machine autoloader plant* adalah PLC Omron CP1E.
3. Bahasa pemrograman PLC yang digunakan adalah *ladder diagram* dengan bantuan *software CX-Programmer*.
4. Pemodelan sistem otomasi *plant* menggunakan metode *Petri-Net* dengan bantuan *software GreatSPN Editor*.
5. Perancangan pemodelan dengan metode *Petri-Net* tidak dibandingkan dengan metode lainnya.
6. Perancangan tampilan HMI menggunakan *CX-Designer*.

1.5 Metodologi

Metodologi pengerjaan tugas akhir ini meliputi:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan pada tahap awal untuk mempelajari dan memahami referensi yang menunjang dasar pemikiran dari topik yang terkait pada tugas akhir. Referensi studi literatur dapat diperoleh melalui berbagai sumber ilmiah. Selain itu, sumber referensi juga dapat diperoleh dengan melakukan kunjungan ke industri yang terkait, berdasarkan permasalahan tugas akhir yang diambil, untuk mendapatkan informasi yang lebih valid. Hal-hal yang perlu dipelajari pada tahap studi literatur ini meliputi sistem pada *Tapping and Washing Machine Autoloader, Programmable Logic Controller*

(PLC), metode *Petri-Net*, dan *Human Machine Interface* (HMI).

2. **Pemodelan Sistem**

Setelah memahami sistem *plant* dengan perumusan sistem *plant*, selanjutnya adalah melakukan pemodelan sistem. Pemodelan sitem dilakukan dengan memodelkan alur dan urutan proses *plant* dengan menggunakan metode *Petri-Net*.

3. **Perancangan Desain *Ladder Diagram***

Dari pemodelan sistem dengan metode *Petri-Net* yang telah dibuat, model tersebut dikonversikan ke dalam bentuk pemrograman *ladder diagram*.

4. **Perancangan dan Pembuatan Tampilan HMI**

Setelah pemrograman *ladder diagram* telah dirancang, selanjutnya adalah merancang tampilan HMI yang menggambarkan sistem *plant*.

5. **Simulasi dan Implementasi**

Setelah membuat tampilan HMI, langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi. Program yang telah dibuat diimplementasikan pada PLC dengan mengunggah program *ladder diagram* ke perangkat PLC yang terhubung dengan HMI. Kemudian sistem disimulasikan untuk melihat kesesuaian alur dan urutan proses pada program yang telah dibuat dengan yang seharusnya.

6. **Penyusunan Laporan Tugas Akhir**

Penyusunan laporan tugas akhir terdiri dari bab pendahuluan, dasar teori, perancangan sistem, implementasi, dan penutup.

1.6 Sistematika

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

BAB I : Pendahuluan

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

BAB II : Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas tinjauan pustaka yang membantu penelitian, seperti pemahaman dasar *Tapping and Washing*

Machine Autoloader Plant, teori metode *Petri-Net*, teori pemrograman *ladder diagram* pada PLC, dan teori HMI.

BAB III : Perancangan Sistem

Bab ini membahas perancangan sistem yang meliputi perumusan sistem *Tapping and Washing Machine Autoloader Plant*, pemodelan sistem dengan metode *Petri-Net*, perancangan *ladder diagram* proses sub-sistem *plant*, dan perancangan tampilan HMI.

BAB IV : Implementasi dan Analisis

Bab ini menjelaskan implementasi sistem otomasi pada HMI dan pengujian hasil perancangan dari hasil pemodelan sistem dengan metode *Petri-Net*, serta analisisnya.

BAB V : Penutup

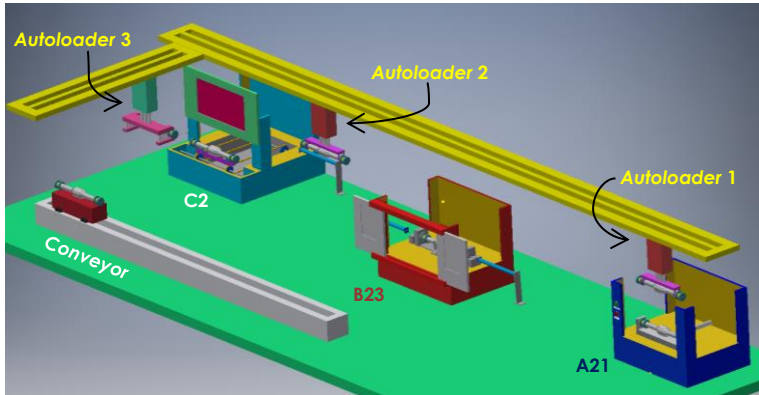
Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan yang telah diperoleh.

1.7 Relevansi atau Manfaat

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan bermanfaat dalam penelitian mengenai perancangan desain *ladder diagram* dengan metode *Petri-Net*, serta dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem otomasi pada industri manufaktur yang menggunakan kontroler PLC dengan bahasa pemrogramannya berupa *ladder diagram*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Tapping and Washing Machine Autoloader Plant*



Gambar 2.1 *Tapping and washing machine autoloader plant*

Tapping and washing machine autoloader plant merupakan salah satu *plant* modifikasi yang menggunakan sistem otomasi pada industri manufaktur saat ini. Terdapat dua buah proses permesinan pada *plant* ini, yaitu proses *tapping* dan proses *washing*. Material atau benda kerja yang diproses pada *plant* ini adalah *housing* dari *differential gear*, dimana *differential gear* merupakan salah satu bagian dari kendaraan roda empat (mobil). Material yang telah diproses pada setiap mesin di *plant* ini akan diantarkan ke mesin berikutnya dengan menggunakan *autoloader*. *Autoloader* inilah yang merupakan modifikasi dengan sistem otomasi.

Pada *tapping and washing machine autoloader plant*, terdapat tiga buah mesin, tiga buah *autoloader*, dan sebuah *conveyor*. Tiga buah mesin tersebut yaitu mesin A21, mesin B23 (proses *tapping*), dan mesin C2 (proses *washing*). Selain itu, terdapat dua macam tipe *autoloader* pada *plant* ini. *Autoloader* 1 dan *autoloader* 2 memiliki tipe yang sama, sedangkan *autoloader* 3 berbeda dari kedua *autoloader* lainnya. *Conveyor* pada *plant* ini merupakan bagian terakhir *plant* yang mengantarkan benda kerja ke sistem selanjutnya.

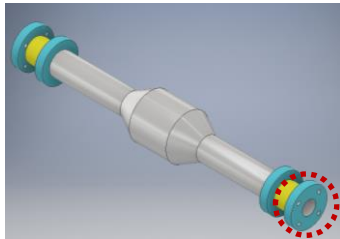
2.1.1 Material atau Benda Kerja

Material yang diproses pada *tapping and washing machine autoloader plant* adalah *housing* dari *differential gear*. *Differential gear* merupakan salah satu komponen pada kendaraan roda empat (mobil) yang memiliki fungsi sebagai pengubah rasio kecepatan putar roda mobil bagian kiri dan bagian kanan. Hal ini bertujuan untuk menjaga kestabilan kendaraan saat kendaraan berbelok. Sedangkan *housing* merupakan komponen yang digunakan sebagai pelindung dari komponen yang ada di dalamnya, seperti *rear axle* dan *gear*.



Gambar 2.2 *Housing* dari *differential gear*

Housing ini akan melalui dua buah proses permesinan, yaitu proses *tapping* dan proses *washing*. Pada proses *tapping*, ujung kedua lengan *housing* akan dibuat ulir bagian dalam. Kemudian sisa-sisa logam kecil (*bram*) hasil proses *tapping* akan dibersihkan pada proses *washing*.

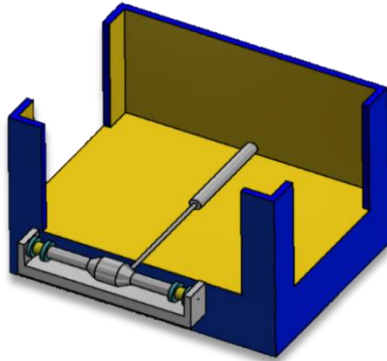


Gambar 2.3 Ujung lengan *housing*

2.1.2 Mesin A21

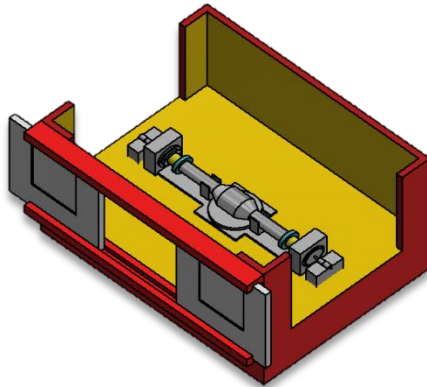
Benda kerja akan diproses pada *tapping and washing machine autoloader plant* yang dimulai dari mesin A21. Mesin A21 merupakan tempat yang digunakan operator untuk membersihkan *housing*, bagian dalam maupun luar, dengan menggunakan kompresor bertekanan tinggi. Pada mesin A21 terdapat sebuah *ejector* yang menjadi dudukan benda

kerja. *Ejector* ini digerakan oleh sebuah silinder pneumatik yang bergerak maju ke posisi maksimum dan mundur ke posisi minimum.



Gambar 2.4 Ilustrasi mesin A21

2.1.3 Mesin B23

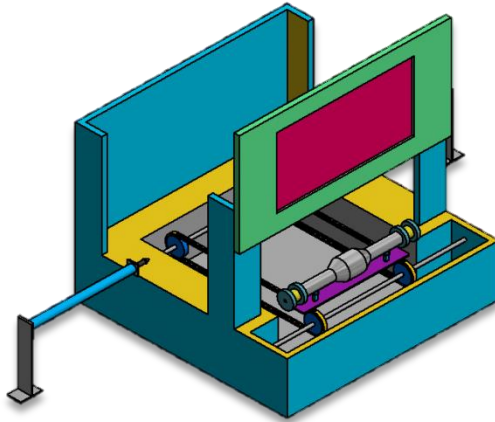


Gambar 2.5 Ilustrasi mesin B23

Pada mesin B23 terjadi proses *tapping*, dimana ujung kedua lengan *housing* dibuat ulir bagian dalam. Pembuatan ulir di masing-masing ujung kedua lengan *housing* ini menggunakan sebuah silinder pneumatik dan motor *spindle* dengan mata potong *tap* yang membuat ulir dalam. Pada kedua silinder terdapat *coolant* yang berfungsi sebagai penyejuk saat terjadi proses *tapping*. Sebelum proses *tapping* dilakukan, pintu

mesin B23 akan menutup dan benda kerja akan di-*clamp* terlebih dahulu. Proses yang terjadi pada mesin B23 adalah silinder pneumatik di kedua lengan bergerak maju bersamaan dengan motor *spindle* yang berputar secara *Clock Wise* (CW). Kemudian setelah mencapai posisi maksimum, silinder bergerak mundur bersamaan dengan motor *spindle* yang berputar secara *Counter Clock Wise* (CCW), hingga ke posisi minimum.

2.1.4 Mesin C2



Gambar 2.6 Ilustrasi mesin C2

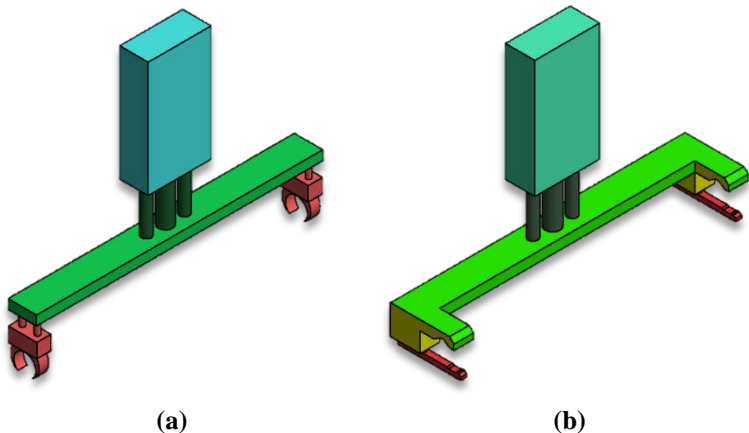
Mesin C2 merupakan mesin yang memiliki proses *washing*. Proses *washing* merupakan proses pembersihan bagian dalam *housing* dari logam kecil sisa-sisa (bram) proses *tapping* pada mesin B23. Pembersihan ini menggunakan cairan *coolant* yang dialirkan dengan tekanan tinggi di kedua lengan. Proses pembersihan di masing-masing kedua lengan menggunakan sebuah silinder pneumatik dan membawa *noozle* yang mengalirkan *coolant* bertekanan tinggi. Silinder akan bergerak maju hingga posisi maksimum dan mundur kembali ke posisi minimum. Pergerakan silinder akan masuk ke bagian dalam *housing*. Pembersihan ini dilakukan sebanyak sepuluh kali.

Pada mesin C2 selain proses *washing* tersebut, benda kerja akan disemprotkan angin bertekanan tinggi pada *loading post* sebelum dan setelah proses *washing*.

2.1.5 Autoloader

Autoloader merupakan sebuah sistem *load* dan *unload* yang mengantarkan benda kerja atau material dari satu tempat ke tempat lainnya atau dari mesin ke mesin lainnya. *Autoloader* ini merupakan sebuah sistem otomatisasi hasil modifikasi sebuah *plant*. *Tapping and washing machine autoloader plant* memiliki tiga buah *autoloader*. *Autoloader* 1 berfungsi untuk memindahkan benda kerja dari mesin A21 ke mesin B23. *Autoloader* 2 berfungsi untuk memindahkan benda kerja dari mesin B23 ke mesin C2. *Autoloader* 3 berfungsi untuk memindahkan benda kerja dari mesin C2 ke *conveyor* untuk diantarkan ke sub-sistem selanjutnya.

Ketiga *autoloader* tersebut memiliki tipe yang berbeda dan ada juga yang sama. Terdapat dua macam tipe *autoloader* pada *plant* ini. Tipe ini disesuaikan dengan cara pengambilannya. Gambar 2.7 (a) adalah *autoloader* tipe 1 yang merupakan tipe dari *autoloader* 1 dan *autoloader* 2. Sedangkan gambar 2.7 (b) adalah *autoloader* tipe 2 yang merupakan tipe dari *autoloader* 3. *Autoloader* tipe 1 mengambil benda kerja dan mencekamnya dari sisi atas, sedangkan *autoloader* tipe 2 mengambil benda kerja dan mencekamnya dari sisi depan. Hal ini menyesuaikan dengan letak pengambilan benda kerja dari mesin yang terkait.



Gambar 2.7 *Autoloader* (a) tipe 1 dan (b) tipe 2

2.1.6 Komponen Input

Komponen *input* pada *tapping and washing machine autoloader* ada tiga macam, yaitu *push button*, *reed switch*, dan *limit switch*. *Reed switch* dan *limit switch* merupakan komponen sensor. Sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi mekanik[1].

a) *Push Button*[1]

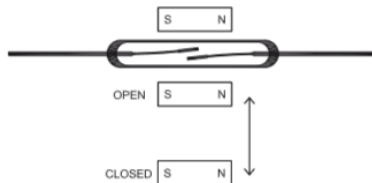
Saklar merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan dua titik atau lebih dalam suatu rangkaian elektronika. Salah satu jenis saklar adalah saklar *push button* yaitu saklar yang hanya akan menghubungkan dua titik atau lebih pada saat tombolnya ditekan dan pada saat tombolnya tidak ditekan maka akan memutuskan dua titik atau lebih dalam suatu rangkaian elektronika.



Gambar 2.8 Contoh bentuk fisik[2]

b) *Reed Switch*

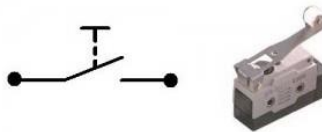
Reed switch adalah sebuah saklar listrik yang dioperasikan oleh medan magnet. Bagiangnya terdiri dari sepasang kontak logam mengandung besi dalam amplop tertutup rapat dalam kaca. Dalam keadaan biasa kontak terbuka, kotak akan menutup ketika medan magnet terdeteksi. Setelah medan magnet ditarik dari saklar, saklar reed akan kembali ke posisi semula.



Gambar 2.9 *Reed switch*

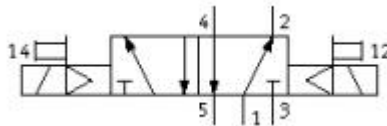
c) **Limit Switch**[3]

Limit switch merupakan jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi menggantikan tombol. Prinsip kerja dari *limit switch* sama seperti saklar *push button* yaitu kontak akan terhubung saat katup ditekan pada batas penekanan tertentu yang telah ditentukan dan akan lepas saat katup tidak ditekan. *Limit switch* termasuk dalam kategori sensor mekanis yaitu sensor yang akan memberikan perubahan elektrik saat terjadi perubahan mekanik pada sensor tersebut. Penerapan dari *limit switch* adalah sebagai sensor posisi suatu benda yang bergerak.



Gambar 2.10 *Limit switch*

2.1.7 Pneumatic Solenoid Valve

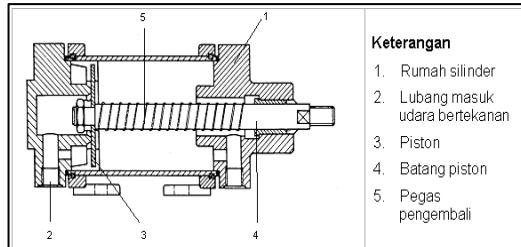


Gambar 2.11 *Solenoid 5/2 way bistabil*

Solenoid valve adalah katup yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk beroperasi. Ketika arus listrik dilewatkan melalui koil *solenoid*, medan magnet yang dihasilkan menyebabkan batang logam besi bergerak. Ini adalah proses dasar yang membuka katup dan bekerja baik secara langsung atau tidak langsung di udara.[5]

2.1.8 Silinder Pneumatik

Silinder pneumatik adalah salah satu jenis aktuatur yang bekerja dengan *supply* angin bertekanan yang digunakan untuk menggerakkan batang silinder bergerak maju ataupun mundur.



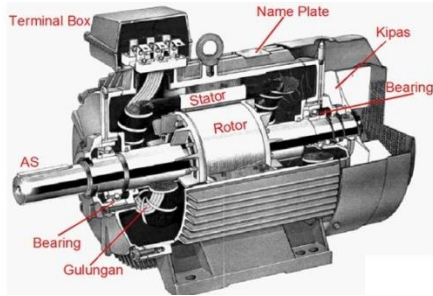
Gambar 2.12 Silinder pneumatik

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 katup (*valve*).

2.1.9 Motor Induksi 3 Fasa

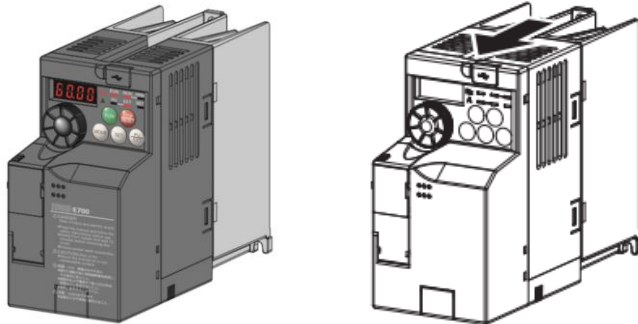
Motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Motor listrik terdiri dari dua bagian yang sangat penting yaitu stator atau bagian yang diam dan Rotor atau bagian berputar. Pada motor AC, kumparan rotor tidak menerima energi listrik secara langsung, tetapi secara induksi seperti yang terjadi pada energi kumparan transformator. Oleh karena itu motor AC dikenal dengan motor induksi.

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 2.13 Motor induksi 3 fasa

2.1.10 Inverter FR-E700 Mitsubishi



Gambar 2.14 Inverter FR-E700 Mitsubishi

Inverter FR-E700 Mitsubishi adalah salah satu jenis inverter keluaran dari Mitsubishi yang digunakan untuk mengendalikan motor induksi 3 fasa. Inverter ini dapat dipasang menggunakan tegangan AC 1 fasa 220 volt atau AC 3 fasa 380 volt. Diantara parameter yang dapat dikendalikan oleh inverter ini yaitu kecepatan motor (*high speed, middle speed, and low speed*), arah putaran motor, percepatan motor, perlambatan motor, *torque boost* dll. Pengaturan parameter-parameter tersebut dapat dilakukan dengan 2 cara yang pertama dengan melakukan setting langsung pada inverter, yang kedua dengan menggunakan perintah dari luar, seperti dari PLC atau computer. Untuk pengaturan langsung pada inverter dapat melalui tampilan dan tombol pada inverter seperti pada gambar 2.14, dan list parameter-parameter apa saja yang bias diatur secara lengkap akan dilampirkan pada bagian lampiran.

Dengan adanya inverter ini akan lebih memudahkan pengguna dalam melakukan pengaturan parameter-parameter dari sebuah motor induksi 3 fasa dan sangat cocok digunakan di industri.

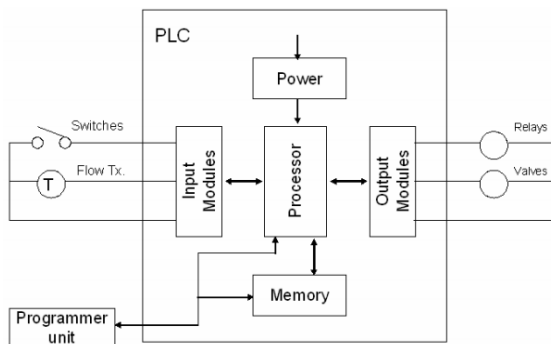
2.2 Programmable Logic Control

Programmable Logic Controller adalah komputer digital yang digunakan untuk otomasi proses elektromekanis, seperti kontrol mesin pada perakitan pabrik. PLC digunakan di banyak industri dan mesin. PLC dirancang untuk berbagai input dan pengaturan output, rentang suhu yang lebih luas, kekebalan terhadap kebisingan listrik, dan ketahanan terhadap getaran dan dampak. Program-program untuk mengontrol operasi mesin disimpan secara acak dalam memori.[6]



Gambar 2.15 Perangkat PLC Omron CP1E

2.2.1 Komponen Dasar PLC



Gambar 2.16 Blok diagram PLC

PLC terdiri dari dari beberapa komponen dasar seperti pada gambar 2.16. Setiap komponen memiliki fungsinya masing-masing. *Processor* merupakan otak dari PLC. *Processor* memiliki fungsi untuk mengatur program PLC, penyimpanan data, dan data tukar dengan modul I/O. Modul *input* dan *output* merupakan media untuk pertukaran data perangkat keras dan CPU. Hal ini memberitahukan CPU status yang tepat dari perangkat lapangan dan juga bertindak sebagai alat untuk mengendalikan mereka. *Programmer unit* merupakan komputer yang digunakan untuk membuat, men-*transfer*, dan mengubah bahasa pemrograman dari perangkat lunak PLC. Perangkat memori berfungsi untuk menyediakan media penyimpanan untuk program PLC.[7]

2.3 Human Machine Interface (HMI)

Human Machine Interface (HMI) merupakan sistem yang menghubungkan antara manusia dan mesin. HMI dapat berupa visualisasi status dari sistem proses dan kontroler. HMI digunakan untuk memudahkan interaksi antara manusia sebagai operator dengan mesin yang akan diamati atau dikontrol, sehingga proses dari suatu sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan. HMI yang baik dan handal akan membantu operator untuk mengamati, mengatur suatu proses pada plant secara efektif dan efisien[8].



Gambar 2.17 *Human Machine Interface* (HMI)

HMI mencakup perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras digunakan sebagai komunikasi langsung antara manusia dengan mesin, sedangkan perangkat lunak digunakan untuk membuat program tampilan HMI yang kemudian di-*transfer* pada perangkat keras HMI. Perangkat lunak HMI yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah *CX-Designer*.



Gambar 2.18 CX-Designer OMRON

2.4 Metode *Petri-Net*

Petri net dapat digunakan untuk memodelkan properti seperti suatu proses, peristiwa asinkron, operasi bersamaan, dan konflik atau berbagi sumber daya. *Petri-Net* dapat diidentifikasi sebagai jenis tertentu dari grafik bipartit *directed* yang dihuni oleh empat jenis objek.[9]



Gambar 2.19 Objek pada *Petri-Net*

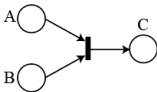

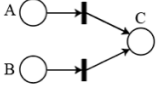
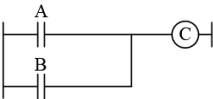
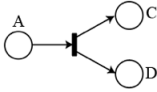
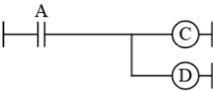
- *Place* merupakan representasi dari suatu kondisi yang digambarkan oleh sebuah lingkaran.
- *Transition* merupakan representasi dari suatu kejadian yang mengubah suatu kondisi yang berhubungan dengan *transition*. Objek ini digambarkan oleh sebuah persegi panjang.
- *Directed arc* yang menghubungkan antara *place* dengan *transition*.
- *Token* berada di suatu *place* yang merepresentasikan suatu kondisi tersebut benar.

Keempat elemen tersebut mendefinisikan struktur dari *Petri-Net*. *State* dari *Petri-Net* ditunjukkan oleh marking. Marking tersebut dapat diasumsikan oleh sejumlah token (titik) pada setiap place. Token berpindah dari satu place ke place lain sepanjang arah arcs. Arah aliran token ditentukan oleh “firing” suatu transition. Untuk mensimulasikan perubahan yang terjadi pada sistem, sebuah state atau token berubah berdasarkan aturan – aturan “firing” yang didefinisikan.[10]

2.4.1 Aturan Konversi *Petri-Net*

Objek dasar *Petri-Net* berupa *place*, *transition*, *directed arc*, dan *token*. Sedangkan elemen dasar pada *Ladder Diagram* (LD) adalah kontak, koil, *timer*, dan *counter*. Elemen-elemen dasar tersebut perlu dikaitkan untuk dapat dikonversikan. Tabel 2.1 merupakan representasi kontrol logika oleh *Petri-Net* dan ladder diagram..

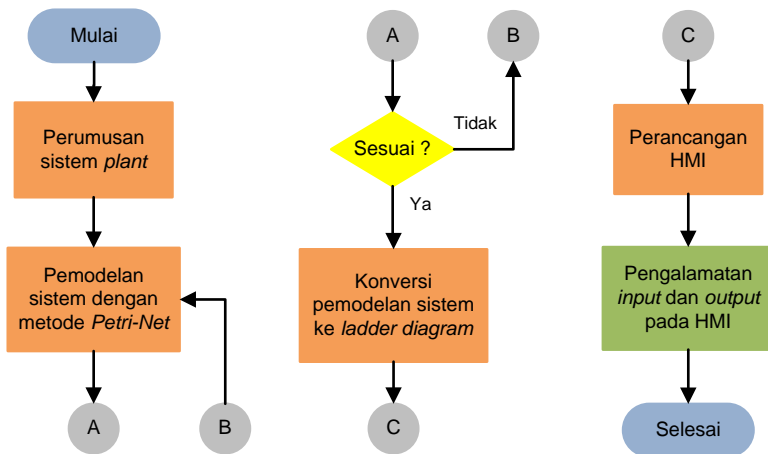
Tabel 2.1 Representasi kontrol logika oleh *Petri-Net* dan LD[11]

| Konstruksi Logika | <i>Petri-Net</i> | <i>Ladder Diagram</i> |
|-----------------------|--|--|
| Kondisi elemen sistem | <i>Place</i> | - |
| Kejadian | <i>Transition</i> | - |
| <i>Flow</i> | <i>Directed Arc</i> | - |
| Objek | <i>Token pada Place</i> | - |
| Logika AND |  |  |
| Logika OR |  |  |
| Konkurensi |  |  |

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III PERANCANGAN SISTEM

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



Gambar 3.1 Tahapan perancangan sistem

3.1 Perumusan Sistem Plant

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

Tabel 3.1 Daftar komponen *input* sistem *plant*

| No. | Nama | Tipe | Keterangan |
|-----|-------------------------------|---------------------|---|
| 1 | Tombol <i>Start</i> | <i>Push Button</i> | Memulai proses <i>plant</i> |
| 2 | Tombol <i>Stop</i> | <i>Push Button</i> | Menghentikan proses <i>plant</i> |
| 3 | <i>Ejector A21 Ret</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi <i>ejector</i> A21 berada di posisi minimum |
| 4 | <i>Ejector A21 Adv</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi <i>ejector</i> A21 berada di posisi maksimum |
| 5 | <i>Gantry 1 Up</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi <i>autoloader</i> 1 berada di posisi atas |
| 6 | <i>Gantry 1 Down</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi <i>autoloader</i> 1 berada di posisi bawah |
| 7 | <i>Gantry 1 Unclamp Rh</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi tangan kanan <i>autoloader</i> 1 tidak mencekam |
| 8 | <i>Gantry 1 Clamp Rh</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi tangan kanan <i>autoloader</i> 1 sedang mencekam |
| 9 | <i>Gantry 1 Unclamp Lh</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi tangan kiri <i>autoloader</i> 1 tidak mencekam |
| 10 | <i>Gantry 1 Clamp Lh</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi tangan kiri <i>autoloader</i> 1 sedang mencekam |
| 11 | <i>Loading Pos A21 Rear</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader</i> 1 berada di <i>loading post</i> A21 |
| 12 | <i>Slow Down A21 Rear</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader</i> 1 berada di <i>slow down</i> A21 |
| 13 | <i>Slow Waiting A21 Rear</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader</i> 1 berada di <i>slow waiting post</i> |
| 14 | <i>Waiting A21 – B23</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader</i> 1 berada di <i>waiting post</i> |
| 15 | <i>Slow Down B23 Front</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader</i> 1 berada di <i>slow down</i> B23 |
| 16 | <i>Loading Post B23 Front</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader</i> 1 berada di <i>loading post</i> B23 |
| 17 | Sensor BK B23 | <i>Limit Switch</i> | Indikasi adanya benda kerja di mesin B23 |

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

| No. | Nama | Tipe | Kegunaan |
|-----|----------------------------------|---------------------|---|
| 33 | <i>Gantry 2 Clamp Lh</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi tangan kiri <i>autoloader 2</i> sedang mencekam |
| 34 | <i>Loading Post B23 Rear</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader 2</i> berada di <i>loading post B23</i> |
| 35 | <i>Slow Down B23 Rear</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader 2</i> berada di <i>slow down B23</i> |
| 36 | <i>Slow Waiting B23 Rear</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader 2</i> berada di <i>slow waiting post B23</i> |
| 37 | <i>Waiting B23 – C2</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader 2</i> berada di <i>home post / waiting post</i> |
| 38 | <i>Slow Waiting C2 Front</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader 2</i> berada di <i>slow waiting post C2</i> |
| 39 | <i>Slow Down C2 Front</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader 2</i> berada di <i>slow down C2</i> |
| 40 | <i>Loading Post C2 Front</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader 2</i> berada di <i>loading post C2</i> |
| 41 | <i>C2 Outside Post</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>v-block C2</i> berada di <i>post luar</i> |
| 42 | <i>C2 Slow Down Outside Post</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>v-block C2</i> berada di <i>slow down post luar</i> |
| 43 | <i>C2 Slow Down Inside Post</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>v-block C2</i> berada di <i>slow down post dalam</i> |
| 44 | <i>C2 Inside Post</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>v-block C2</i> berada di <i>post dalam</i> |
| 45 | <i>C2 Door Opened</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi pintu C2 terbuka |
| 46 | <i>C2 Door Closed</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi pintu C2 tertutup |
| 47 | <i>C2 Cylinder Rh Ret</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi silinder kanan proses <i>washing</i> berada di posisi minimum |
| 48 | <i>C2 Cylinder Rh Adv</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi silinder kanan proses <i>washing</i> berada di posisi maksimum |
| 49 | <i>C2 Cylinder Lh Ret</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi silinder kiri proses <i>washing</i> berada di posisi minimum |

| No. | Nama | Tipe | Kegunaan |
|------------|-------------------------------------|---------------------|--|
| 50 | <i>C2 Cylinder Lh Adv</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi silinder kiri proses <i>washing</i> berada di posisi maksimum |
| 51 | <i>Gantry 3 Up</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi <i>autoloader</i> 3 berada di posisi atas |
| 52 | <i>Gantry 3 Down</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi <i>autoloader</i> 3 berada di posisi bawah |
| 53 | <i>Gantry 3 Unclamp Rh</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi tangan kanan <i>autoloader</i> 3 tidak mencekam |
| 54 | <i>Gantry 3 Clamp Rh</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi tangan kanan <i>autoloader</i> 3 sedang mencekam |
| 55 | <i>Gantry 3 Unclamp Lh</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi tangan kiri <i>autoloader</i> 3 tidak mencekam |
| 56 | <i>Gantry 3 Clamp Lh</i> | <i>Reed Switch</i> | Indikasi tangan kiri <i>autoloader</i> 3 sedang mencekam |
| 57 | <i>Loading Pos C2 Front</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader</i> 3 berada di <i>loading post</i> C2 |
| 58 | <i>Slow Down C2 Front</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader</i> 3 berada di <i>slow down</i> C2 |
| 59 | <i>Waiting C2 – Conveyor Front</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader</i> 3 berada di <i>home post / waiting post</i> |
| 60 | <i>Slow Waiting C2 Front</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader</i> 3 berada di <i>slow waiting post</i> |
| 61 | <i>Slow Load to Conveyor Front</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader</i> 3 berada di <i>slow load conveyor</i> |
| 62 | <i>Load to Conveyor Front</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader</i> 3 berada di <i>loading post conveyor</i> |
| 63 | <i>Safe Position Gantry 3 Front</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>autoloader</i> 3 berada di <i>safe position</i> |
| 64 | <i>Conveyor Loading Pos</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>conveyor</i> berada di <i>loading post</i> |
| 65 | <i>Conveyor Slow Down Load</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>conveyor</i> berada di <i>slow down loading post</i> |

| No. | Nama | Tipe | Kegunaan |
|-----|-------------------------------|---------------------|--|
| 66 | <i>Conveyor Slow Down End</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>conveyor</i> berada di <i>slow down end post</i> |
| 67 | <i>Conveyor End Pos</i> | <i>Limit Switch</i> | Indikasi <i>conveyor</i> berada di <i>end post</i> |
| 68 | <i>PB Conveyor Back</i> | <i>Push Button</i> | Menjalankan <i>conveyor</i> untuk kembali ke <i>loading post</i> |

Tabel 3.2 Daftar komponen *output* sistem *plant*

| No. | Nama | Tipe | Keterangan |
|-----|---|-----------------|--|
| 1 | <i>Ejector A21 Ret</i> | <i>Solenoid</i> | Menggerakkan <i>ejector</i> A21 mundur ke posisi minimum |
| 2 | <i>Ejector A21 Adv</i> | <i>Solenoid</i> | Menggerakkan <i>ejector</i> A21 maju ke posisi maksimum |
| 3 | <i>Gantry 1 Clamp</i> | <i>Solenoid</i> | <i>Autoloader</i> 1 mencekam benda kerja |
| 4 | <i>Gantry 1 Unclamp</i> | <i>Solenoid</i> | <i>Autoloader</i> 1 melepas cekaman benda kerja |
| 5 | <i>Gantry 1 Up</i> | <i>Solenoid</i> | Menggerakkan <i>autoloader</i> 1 ke posisi atas |
| 6 | <i>Gantry 1 Down</i> | <i>Solenoid</i> | Menggerakkan <i>autoloader</i> 1 ke posisi bawah |
| 7 | <i>Gantry 1 Forward with Medium Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>autoloader</i> 1 bergerak maju dengan kecepatan menengah |
| 8 | <i>Gantry 1 Forward with Low Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>autoloader</i> 1 bergerak maju dengan kecepatan rendah |
| 9 | <i>Gantry 1 Reverse with Medium Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>autoloader</i> 1 bergerak mundur dengan kecepatan menengah |
| 10 | <i>Gantry 1 Reverse with Low Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>autoloader</i> 1 bergerak mundur dengan kecepatan rendah |

| No. | Nama | Tipe | Kegunaan |
|-----|---|-----------------|--|
| 11 | <i>Close B23 Door</i> | <i>Solenoid</i> | Menutup pintu mesin B23 |
| 12 | <i>Open B23 Door</i> | <i>Solenoid</i> | Membuka pintu mesin B23 |
| 13 | <i>B23 Clamp</i> | <i>Solenoid</i> | Dudukan Benda Kerja (BK) mesin B23 mencekam BK |
| 14 | <i>B23 Unclamp</i> | <i>Solenoid</i> | Dudukan Benda Kerja (BK) mesin B23 melepas cekaman BK |
| 15 | <i>B23 Cylinder Forward</i> | <i>Solenoid</i> | Menggerakkan silinder <i>tapping</i> maju ke posisi maksimum |
| 16 | <i>B23 Cylinder Reverse</i> | <i>Solenoid</i> | Menggerakkan silinder <i>tapping</i> mundur ke posisi minimum |
| 17 | <i>CW B23 Spindle</i> | <i>Motor</i> | Memutarakan <i>spindle tapping</i> searah jarum jam |
| 18 | <i>CCW B23 Spindle</i> | <i>Motor</i> | Memutarakan <i>spindle tapping</i> berlawanan arah jarum jam |
| 19 | <i>Gantry 2 Clamp</i> | <i>Solenoid</i> | <i>Autoloader 2</i> mencekam benda kerja |
| 20 | <i>Gantry 2 Unclamp</i> | <i>Solenoid</i> | <i>Autoloader 2</i> melepas cekaman benda kerja |
| 21 | <i>Gantry 2 Up</i> | <i>Solenoid</i> | Menggerakkan <i>autoloader 2</i> ke posisi atas |
| 22 | <i>Gantry 2 Down</i> | <i>Solenoid</i> | Menggerakkan <i>autoloader 2</i> ke posisi bawah |
| 23 | <i>Gantry 2 Forward with Medium Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>autoloader 2</i> bergerak maju dengan kecepatan menengah |
| 24 | <i>Gantry 2 Forward with Low Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>autoloader 2</i> bergerak maju dengan kecepatan rendah |
| 25 | <i>Gantry 2 Reverse with Medium Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>autoloader 2</i> bergerak mundur dengan kecepatan menengah |
| 26 | <i>Gantry 2 Reverse with Low Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>autoloader 2</i> bergerak mundur dengan kecepatan rendah |

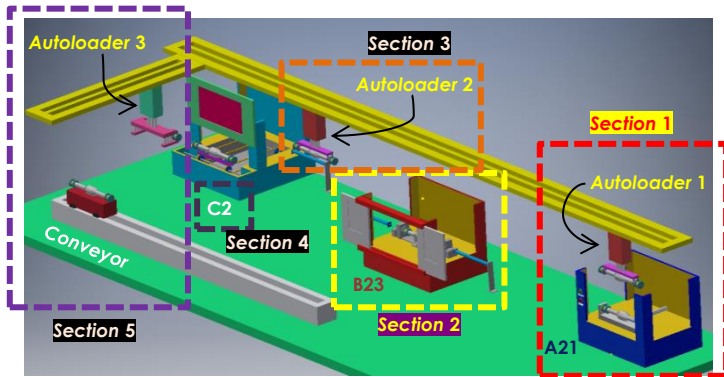
| No. | Nama | Tipe | Kegunaan |
|-----|---|-----------------|--|
| 27 | <i>C2 Air High Pressure</i> | Kompresor | Mengaktifkan kompresor bertekanan tinggi |
| 28 | <i>Close C2 Door</i> | <i>Solenoid</i> | Menutup pintu mesin C2 |
| 29 | <i>Open C2 Door</i> | <i>Solenoid</i> | Membuka pintu mesin C2 |
| 30 | <i>C2 Reverse with Medium Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>v-block</i> mesin C2 bergerak mundur dengan kecepatan menengah |
| 31 | <i>C2 Reverse with Low Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>v-block</i> mesin C2 bergerak mundur dengan kecepatan rendah |
| 32 | <i>C2 Forward with Medium Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>v-block</i> mesin C2 bergerak maju dengan kecepatan menengah |
| 33 | <i>C2 Forward with Low Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>v-block</i> mesin C2 bergerak maju dengan kecepatan rendah |
| 34 | <i>C2 Coolant High Pressure</i> | Motor Pompa | Mengalirkan <i>coolant</i> bertekanan tinggi saat proses <i>washing</i> |
| 35 | <i>C2 Cylinder Forward</i> | <i>Solenoid</i> | Menggerakkan silinder <i>washing</i> maju ke posisi maksimum |
| 36 | <i>C2 Cylinder Reverse</i> | <i>Solenoid</i> | Menggerakkan silinder <i>washing</i> mundur ke posisi minimum |
| 37 | <i>Gantry 3 Clamp</i> | <i>Solenoid</i> | <i>Autoloader 3</i> mencekam benda kerja |
| 38 | <i>Gantry 3 Unclamp</i> | <i>Solenoid</i> | <i>Autoloader 3</i> melepas cekaman benda kerja |
| 39 | <i>Gantry 3 Up</i> | <i>Solenoid</i> | Menggerakkan <i>autoloader 3</i> ke posisi atas |
| 40 | <i>Gantry 3 Down</i> | <i>Solenoid</i> | Menggerakkan <i>autoloader 3</i> ke posisi bawah |
| 41 | <i>Gantry 3 Forward with Medium Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>autoloader 3</i> bergerak maju dengan kecepatan menengah |

| No. | Nama | Tipe | Kegunaan |
|-----|---|-----------------|--|
| 42 | <i>Gantry 3 Forward with Low Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>autoloader 3</i> bergerak maju dengan kecepatan rendah |
| 43 | <i>Gantry 3 Reverse with Medium Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>autoloader 3</i> bergerak mundur dengan kecepatan menengah |
| 44 | <i>Gantry 3 Reverse with Low Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>autoloader 3</i> bergerak mundur dengan kecepatan rendah |
| 45 | <i>Conveyor Forward with Medium Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>conveyor</i> bergerak maju dengan kecepatan menengah |
| 46 | <i>Conveyor Forward with Low Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>conveyor</i> bergerak maju dengan kecepatan rendah |
| 47 | <i>Conveyor Reverse with Medium Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>conveyor</i> bergerak mundur dengan kecepatan menengah |
| 48 | <i>Conveyor Reverse with Low Speed</i> | <i>Inverter</i> | Menggerakkan <i>conveyor</i> bergerak mundur dengan kecepatan rendah |

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

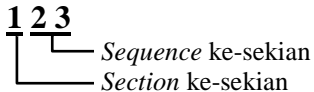
Tabel 3.3 Daftar pengelompokan proses menjadi lima *section*

| No. | Section | Sub Sistem / Mesin |
|-----|------------------|------------------------------|
| 1 | <i>Section 1</i> | Mesin A21 |
| | | <i>Autoloader 1</i> |
| 2 | <i>Section 2</i> | Mesin B23 (<i>Tapping</i>) |
| 3 | <i>Section 3</i> | <i>Autoloader 2</i> |
| 4 | <i>Section 4</i> | Mesin C2 (<i>Washing</i>) |
| 5 | <i>Section 5</i> | <i>Autoloader 3</i> |
| | | <i>Conveyor</i> |



Gambar 3.2 Pembagian *section* pada perancangan sistem

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



Tabel 3.4 Langkah kerja sistem

| Tahap | Proses | Output | Syarat Triggered | Syarat Perlu |
|-------|---------------------------|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| 101 | <i>Ejector A21</i> mundur | <i>Solenoid Ejector A21 Ret</i> | Tombol <i>Start</i> | <i>RS Ejector A21 Adv</i> |
| | | | | <i>RS Gantry 1 Up</i> |
| | | | | <i>RS Gantry 1 Unclamp Rh</i> |
| | | | | <i>RS Gantry 1 Unclamp Lh</i> |
| | | | | <i>LSLoading Pos A21 Rear</i> |

| Tahap | Proses | Output | Syarat Triggered | Syarat Perlu |
|--------------------|--|--|--|---|
| 102 | <i>Autoloader 1</i> turun | <i>Solenoid Gantry 1 Down</i> | <i>RS Ejector A21 Ret</i> | Tahap 101 |
| | | | | <i>RS Gantry 1 Up</i> |
| 103 | <i>Autoloader 1</i> mencekam benda kerja | <i>Solenoid Gantry 1 Clamp</i> | <i>RS Gantry 1 Down</i> | Tahap 102 |
| | | | | <i>RS Gantry 1 Unclamp Rh</i> |
| | | | | <i>RS Gantry 1 Unclamp Lh</i> |
| 104 | <i>Autoloader 1</i> naik | <i>Solenoid Gantry 1 Up</i> | <i>RS Gantry 1 Clamp Rh</i> aktif | Tahap 103 |
| | | | <i>RS Gantry 1 Clamp Lh</i> aktif | <i>RS Gantry 1 Down</i> |
| 105 | <i>Ejector A21</i> maju sampai ke posisi maksimum | <i>Solenoid Ejector A21 Adv</i> | Tahap 105 kondisi 1 atau Tahap 105 kondisi 2 | - |
| 105 (Kondisi 1) | <i>Autoloader 1</i> maju dengan kecepatan menengah | <i>Inverter Gantry 1 Forward with Medium Speed</i> | <i>RS Gantry 1 Up</i> | Tahap 104 |
| | | | LS Sensor BK B23 tidak aktif | <i>LS Loading Pos A21 Rear</i> |
| | | | LS Loading Post B23 Rear tidak aktif | <i>RS Ejector A21 Ret</i> |
| 105 (Kondisi 2) | <i>Autoloader 1</i> maju dengan kecepatan menengah | <i>Inverter Gantry 1 Forward with Medium Speed</i> | <i>RS Gantry 1 Up</i> | Tahap 104 <i>LS Loading Pos A21 Rear</i> |

| Tahap | Proses | Output | Syarat Triggered | Syarat Perlu |
|--------------------|--|--|---|---|
| 105 (Kondisi 2) | | | LS Sensor BK B23 <u>atau</u> LS Loading Post B23 Rear | RS Ejector A21 Ret |
| 105_21 | Autoloader 1 maju dengan kecepatan rendah | <i>Inverter Gantry 1 Forward with Low Speed</i> | LS Slow Waiting A21 Rear | Tahap 105_2 |
| 105_22 | Autoloader 1 menunggu di <i>waiting post</i> | – | LS Waiting A21 – B23 | Tahap 105_21 |
| 105_23 | Autoloader 1 maju dengan kecepatan menengah dari <i>waiting post</i> | <i>Inverter Gantry 1 Forward with Medium Speed</i> | LS Sensor BK B23 tidak aktif | Tahap 105_22 |
| | | | LS Loading Post B23 Rear tidak aktif | LS Waiting A21 – B23 |
| 106 | Autoloader 1 maju dengan kecepatan rendah | <i>Inverter Gantry 1 Forward with Low Speed</i> | LS Slow Down B23 Front | <i>Sequence 105_1</i> atau <i>Sequence 105_23</i> |
| 107 | Autoloader 1 turun | <i>Solenoid Gantry 1 Down</i> | LS Loading Post B23 Front | Tahap 106 |
| | | | | RS Gantry 1 Up |
| 108 | Autoloader 1 melepas cekaman benda kerja | <i>Solenoid Gantry 1 Unclamp</i> | RS Gantry 1 Down | Tahap 107 |
| | | | | RS Gantry 1 Clamp Rh |
| | | | | RS Gantry 1 Clamp Lh |

| Tahap | Proses | Output | Syarat Triggered | Syarat Perlu |
|-------|---|--|--|----------------------------------|
| 109 | <i>Autoloader 1</i> naik | <i>Solenoid Gantry 1 Up</i> | <i>RS Gantry 1 Unclamp Rh</i> | Tahap 108 |
| | | | <i>RS Gantry 1 Unclamp Lh</i> | <i>RS Gantry 1 Down</i> |
| 110 | <i>Autoloader 1</i> mundur dengan kecepatan menengah dan Sinyal awalan proses mesin B23 | <i>Inverter Gantry 1 Reverse with Medium Speed</i> | <i>RS Gantry 1 Up</i> | Tahap 109 |
| | | | | <i>LS Loading Post B23 Front</i> |
| 111 | <i>Autoloader 1</i> mundur dengan kecepatan rendah sampai ke <i>loading post A21</i> | <i>Inverter Gantry 1 Reverse with Low Speed</i> | <i>LS Slow Down A21 Rear</i> | Tahap 110 |
| 201 | Pintu mesin B23 menutup | <i>Solenoid Close B23 Door</i> | Sinyal awal mesin B23 | <i>RS B23 Door Opened</i> |
| 202 | Dudukan benda kerja mesin B23 mencekam BK | <i>Solenoid B23 Clamp</i> | <i>RS B23 Door Closed</i> | Tahap 201 |
| | | | | <i>RS B23 Unclamp Rh</i> |
| | | | | <i>RS B23 Unclamp Lh</i> |
| 203 | Silinder di kedua lengan proses <i>tapping</i> bergerak maju | <i>Solenoid B23 Cylinder Forward</i> | <i>RS B23 Clamp Rh dan RS B23 Clamp Lh</i> | Tahap 202 |
| | Motor <i>spindle</i> silinder kedua lengan proses <i>tapping</i> berputar <i>Clock Wised (CW)</i> | Motor <i>Spindle B23 CW</i> | | <i>RS B23 Cylinder Rh Ret</i> |
| | | | | <i>RS B23 Cylinder Lh Ret</i> |

| Tahap | Proses | Output | Syarat Triggered | Syarat Perlu |
|-------|--|--|--------------------------------------|----------------------------|
| 204 | Silinder di kedua lengan proses <i>tapping</i> bergerak mundur | <i>Solenoid B23 Cylinder Reverse</i> | RS B23 <i>Cylinder Rh Adv</i> | Tahap 203 |
| | Motor <i>spindle</i> silinder kedua lengan proses <i>tapping</i> berputar <i>Counter Clock Wised (CCW)</i> | Motor <i>Spindle B23 CCW</i> | dan RS B23 <i>Cylinder Lh Adv</i> | |
| 205 | Dudukan BK mesin B23 melepas cekaman benda kerja | <i>Solenoid B23 Unclamp</i> | RS B23 <i>Cylinder Rh Ret</i> | Tahap 204 |
| | | | dan RS B23 <i>Cylinder Lh Ret</i> | RS B23 <i>Clamp Rh</i> |
| | | | | RS B23 <i>Clamp Lh</i> |
| 206 | Pintu mesin B23 terbuka | <i>Solenoid Open B23 Door</i> | RS B23 <i>Unclamp Rh</i> | Tahap 205 |
| | | | RS B23 <i>Unclamp Lh</i> | RS B23 <i>Door Closed</i> |
| 301 | <i>Autoloader 2</i> mundur dengan kecepatan menengah | <i>Inverter Gantry 2 Reverse with Medium Speed</i> | RS B23 <i>Door Opened</i> | Tahap 206 |
| | | | | LS <i>Waiting B23 – C2</i> |
| 302 | <i>Autoloader 2</i> mundur dengan kecepatan rendah | <i>Inverter Gantry 2 Reverse with Low Speed</i> | LS <i>Slow Down B23 Rear</i> | Tahap 301 |
| 303 | <i>Autoloader 2</i> turun | <i>Solenoid Gantry 2 Down</i> | LS <i>Loading Post B23 Rear</i> | Tahap 302 |
| | | | | RS <i>Gantry 2 Up</i> |
| 304 | <i>Autoloader 2</i> mencekam benda kerja | <i>Solenoid Gantry 2 Clamp</i> | RS <i>Gantry 2 Down</i> | Tahap 303 |

| Tahap | Proses | Output | Syarat Triggered | Syarat Perlu |
|-----------------------|---|---|---|--------------------------------|
| 304 | | | | RS Gantry 2 Unclamp Rh |
| | | | | RS Gantry 2 Unclamp Lh |
| 305 | Autoloader 2 naik | Solenoid Gantry 2 Up | RS Gantry 2 Clamp Rh dan RS Gantry 2 Clamp Lh | Tahap 304 |
| | | | | RS Gantry 2 Down |
| | | | | LS Sensor BK B23 |
| 306 (Kondisi 1) | Autoloader 2 maju dengan kecepatan menengah | Inverter Gantry 2 Forward with Medium Speed | RS Gantry 2 Up | Tahap 305 |
| | | | Mesin C2 aman | LS Loading Post B23 Rear |
| 306 (Kondisi 2) | Autoloader 2 maju dengan kecepatan menengah | Inverter Gantry 2 Forward with Medium Speed | RS Gantry 2 Up | Sequence 305 |
| | | | Mesin C2 tidak aman | LS Loading Post B23 Rear |
| 306_21 | Autoloader 2 maju dengan kecepatan rendah | Inverter Gantry 2 Forward with Low Speed | LS Slow Waiting B23 Rear | Tahap 306 (kondisi 2) |
| 306_22 | Autoloader 2 menunggu di waiting post | – | LS Waiting B23 – C2 | Tahap 306_21 |
| 306_23 | Autoloader 2 maju dengan kecepatan menengah dari waiting post | Inverter Gantry 2 Forward with Medium Speed | Mesin C2 aman | Tahap 306_22 |
| | | | | LS Waiting B23 – C2 |

| Tahap | Proses | Output | Syarat Triggered | Syarat Perlu |
|--------------|---|--|--|---|
| 307 | <i>Autoloader 2</i> maju dengan kecepatan rendah | <i>Inverter Gantry 2 Forward with Low Speed</i> | LS <i>Slow Down C2 Front</i> | Tahap 306 (kondisi 1) atau Tahap 306_23 |
| 308 | <i>Autoloader 2</i> turun | <i>Solenoid gantry 2 down</i> | LS <i>Loading Post C2 Front</i> | Tahap 307 RS <i>Gantry 2 Up</i> |
| 309 | <i>Autoloader 2</i> melepaskan cekaman benda kerja dan Sinyal mesin C2 tidak aman | <i>Solenoid Gantry 2 Unclamp</i> | RS <i>Gantry 2 Down</i> | Tahap 308 RS <i>Gantry 2 Clamp Rh</i> RS <i>Gantry 2 Clamp Lh</i> |
| 310 | <i>Autoloader 2</i> naik | <i>Solenoid Gantry 2 Up</i> | RS <i>Gantry 2 Unclamp Rh</i> RS <i>Gantry 2 Unclamp Lh</i> | Tahap 309 RS <i>Gantry 2 Down</i> |
| 311 | <i>Autoloader 2</i> mundur dengan kecepatan menengah dan Sinyal awalan proses mesin C2 | <i>Inverter Gantry 2 Reverse with Medium Speed</i> | RS <i>Gantry 2 Up</i> | Tahap 310 LS <i>Loading Post C2 Front</i> |
| 312 | <i>Autoloader 2</i> mundur dengan kecepatan rendah sampai ke <i>waiting / home post</i> | <i>Inverter Gantry 2 Reverse with Low Speed</i> | LS <i>Slow Waiting C2 Front</i> | Tahap 311 |
| 401 | Kompresor mesin C2 aktif selama 5 detik | <i>C2 Air High Pressure</i> | Sinyal awalan proses mesin C2 | - |

| Tahap | Proses | Output | Syarat Triggered | Syarat Perlu |
|---------------------------------|--|--|---|---------------------------------|
| 402 | V-block mundur dengan kecepatan menengah | <i>Inverter C2 Reverse with Medium Speed</i> | Timer 1 | Tahap 401 |
| | | | | LS C2 <i>Outside Post</i> |
| 403 | V-block mundur dengan kecepatan rendah | <i>Inverter C2 Reverse with Low Speed</i> | LS C2 <i>Slow Down Inside Post</i> | Tahap 402 |
| 404 | Pintu mesin C2 menutup | <i>Solenoid Close C2 Door</i> | LS C2 <i>Inside Post</i> | Tahap 403 |
| | | | | RS C2 <i>Door Opened</i> |
| 405 (proses <u>washing</u>) | Silinder proses <i>washing</i> di kedua lengan bergerak maju | <i>C2 Cylinder Forward</i> | RS C2 <i>Door Closed</i> | Tahap 404 |
| | <i>Coolant high pressure</i> aktif | <i>C2 Coolant High Pressure</i> | | RS C2 <i>Cylinder Rh Ret</i> |
| 406 (proses <u>washing</u>) | Silinder proses <i>washing</i> di kedua lengan bergerak mundur | <i>C2 Cylinder Reverse</i> | RS B23 <i>Cylinder Rh Adv</i> dan | Tahap 405 |
| | <i>Coolant high pressure</i> aktif | <i>C2 Coolant High Pressure</i> | RS B23 <i>Cylinder Lh Adv</i> | |
| <i>Looping proses washing</i> | Proses <i>washing</i> berulang sebanyak 2 kali mulai dari proses tahap 405 | - | <i>Counter</i> tidak aktif | Tahap 406 |
| 407 | Pintu mesin C2 terbuka | <i>Solenoid Open C2 Door</i> | <i>Counter</i> aktif | Tahap 406 |
| | Me-reset hitungan <i>counter</i> | | RS B23 <i>Cylinder Rh Ret</i> | RS C2 <i>Door Closed</i> |

| Tahap | Proses | Output | Syarat Triggered | Syarat Perlu |
|--------------|---|---|------------------------------------|--------------------------------|
| 407 | | | RS B23 Cylinder Lh Ret | Coolant high pressure |
| 408 | V-block maju dengan kecepatan menengah | Inverter C2 Forward with Medium Speed | RS C2 Door Opened | Tahap 407 |
| | | | | LS C2 Inside Post |
| 409 | V-block maju dengan kecepatan rendah | Inverter C2 Forward with Low Speed | LS C2 Slow Down Outside Post | Tahap 408 |
| 410 | Kompresor mesin C2 aktif selama 5 detik | C2 Air High Pressure | LS C2 Outside Post | Tahap 409 |
| 501 | (a) Autoloader 3 turun sampai di posisi bawah | Solenoid Gantry 3 Down | Timer 2 | RS Gantry 3 Up |
| | (b) Autoloader 3 mundur dengan kecepatan menengah | Inverter Gantry 3 Reverse with Medium Speed | | Tahap 410 |
| | | | | LS Waiting C2 – Conveyor |
| 502 | Autoloader 3 mundur dengan kecepatan rendah sampai ke loading post C2 | Inverter Gantry 3 Reverse with Low Speed | LS slow down C2 rear | Tahap 501b |
| 503 | Autoloader 3 mencekam benda kerja | Solenoid Gantry 3 Clamp | RS Gantry 3 Down | RS Gantry 3 Unclamp Rh |
| | | | LS Loading Post C2 Rear | RS Gantry 3 Unclamp Lh |
| 504 | Autoloader 3 naik | Solenoid Gantry 3 Up | RS Gantry 3 Clamp Rh | Tahap 503 |
| | | | RS Gantry 3 Clamp Lh | RS Gantry 3 Down |

| Tahap | Proses | Output | Syarat Triggered | Syarat Perlu |
|-------|---|--|--------------------------------|---------------------------|
| 505 | <i>Autoloader 3</i> maju dengan kecepatan menengah <u>(mesin C2 dapat dikatakan dalam keadaan aman)</u> | <i>Inverter Gantry 3 Forward with Medium Speed</i> | RS Gantry 3 Up | Tahap 504 |
| | | | | LS Loading Post C2 Rear |
| | | | | C2 unsafe |
| 506 | <i>Autoloader 3</i> maju dengan kecepatan rendah sampai ke <i>load post conveyor</i> | <i>Inverter Gantry 3 Forward with Low Speed</i> | LS Slow Load to Conveyor Front | Tahap 505 |
| 507 | <i>Autoloader 3</i> turun | <i>Solenoid Gantry 3 Down</i> | LS Conveyor Loading Post | RS Gantry 3 Up |
| | | | LS Load to Conveyor Front | |
| 508 | <i>Autoloader 3</i> melepas cekaman benda kerja | <i>Solenoid Gantry 3 Unclamp</i> | RS Gantry 3 Down | Tahap 507 |
| | | | | RS Gantry 3 Clamp Rh |
| | | | | RS Gantry 3 Clamp Lh |
| 509 | <i>Autoloader 3</i> maju dengan kecepatan rendah sampai ke <i>safe position</i> | <i>Inverter Gantry 3 Forward with Low Speed</i> | RS Gantry 3 Unclamp Rh | Tahap 508 |
| | | | RS Gantry 3 Unclamp Lh | LS Load to Conveyor Front |
| 510 | (a) <i>Autoloader 3</i> naik sampai di posisi atas | <i>Solenoid Gantry 3 Up</i> | LS Safe Position Gantry 3 | Tahap 509 |
| | | | | LS Conveyor Loading Post |

| Tahap | Proses | Output | Syarat Triggered | Syarat Perlu |
|-------|---|---|----------------------------------|---------------------------|
| 510 | (b) <i>V-block conveyor</i> maju dengan kecepatan menengah | <i>Inverter Conveyor Forward with Medium Speed</i> | | RS Gantry 3 Down |
| 511 | <i>V-block conveyor</i> maju dengan kecepatan rendah sampai ke <i>conveyor end position</i> | <i>Inverter Conveyor Forward with Low Speed</i> | LS Conveyor Slow Down End | Tahap 510b |
| 512 | <i>Autoloader 3</i> mundur dengan kecepatan menengah | <i>Inverter Gantry 3 Reverse with Medium Speed</i> | RS Gantry 3 Up | LS Safe Position Gantry 3 |
| | | | LS Conveyor End | |
| 513 | <i>Autoloader 3</i> mundur dengan kecepatan rendah sampai ke <i>waiting / home post</i> | <i>Inverter Gantry 3 Reverse with Low Speed</i> | LS Slow Waiting C2 Front | Tahap 512 |
| 514 | <i>V-block conveyor</i> mundur dengan kecepatan menengah | <i>Inverter Conveyor Reverse with Medium Speed</i> | <i>Push Button Conveyor Back</i> | LS Conveyor End Post |
| 515 | <i>V-block conveyor</i> mundur dengan kecepatan rendah sampai ke <i>load post conveyor</i> | <i>Inverter conveyor reverse with low speed aktif</i> | LS Conveyor Slow Down Load aktif | Tahap 514 |

Pada tabel 3.4, pada *section 1* dan *section 3* terdapat *sequence* yang memiliki dua buah kondisi berdasarkan *section* berikutnya. Salah satu kondisi tersebut adalah *autoloader* akan menunggu di *waiting post*

sampai kondisi pada *section* berikutnya telah aman. Tahap yang memiliki dua kondisi diberi warna merah muda pada tabel 3.4.

3.2 Perancangan *Petri-Net*

Setelah merumuskan langkah kerja sistem *plant*, tahap pemodelan sistem dapat dilakukan dengan metode *Petri-Net*. Pemodelan yang dihasilkan merupakan representasi dari alur proses sistem yang mempermudah tahap pembuatan program *ladder diagram*. Pemodelan tersebut juga dapat disimulasikan untuk dilihat kesesuaian antara model yang dirancang dengan sistem yang seharusnya sebelum dikonversikan ke dalam program *ladder diagram*.

Pada metode *Petri-Net* terdapat komponen *place* yang merupakan representasi dari komponen *input* dan *memory* yang digunakan pada *ladder diagram*, serta komponen *transition* yang merupakan representasi dari aksi yang terjadi pada proses sistem. Untuk memudahkan tahap pemodelan, komponen *place* dan *transition* tersebut perlu diberi *tag name* atau simbol supaya komponen lebih mudah dikenali dan dipahami.

Tabel 3.5 Deskripsi penamaan komponen *place*

| No. | Nama | Simbol |
|-----|---|-----------|
| 1 | Tombol <i>Start</i> | START |
| 2 | RS <i>Ejector</i> A21 <i>Ret</i> | EjA21_min |
| 3 | RS <i>Ejector</i> A21 <i>Adv</i> | EjA21_max |
| 4 | RS <i>Gantry 1</i> <i>Up</i> | G1up |
| 5 | RS <i>Gantry 1</i> <i>Down</i> | G1down |
| 6 | RS <i>Gantry 1</i> <i>Unclamp Rh</i> | G1Rh_ucl |
| 7 | RS <i>Gantry 1</i> <i>Clamp Rh</i> | G1Rh_clm |
| 8 | RS <i>Gantry 1</i> <i>Unclamp Lh</i> | G1Lh_ucl |
| 9 | RS <i>Gantry 1</i> <i>Clamp Lh</i> | G1Lh_clm |

| No. | Nama | Simbol |
|-----|--|-----------------|
| 10 | LS <i>Loading</i> <i>Post A21</i> <i>Rear</i> | LdA21_G1r e |
| 11 | LS <i>Slow</i> <i>Down A21</i> <i>Rear</i> | SloA21_G1 re |
| 12 | LS <i>Slow</i> <i>Waiting</i> <i>A21 Rear</i> | SWt_G1re |
| 13 | LS <i>Waiting</i> A21–B23 | Wait_G1re |
| 14 | LS <i>Slow</i> <i>Down B23</i> <i>Front</i> | SloB23_G1f r |
| 15 | LS <i>Loading</i> <i>Post B23</i> <i>Front</i> | LdB23_G1f r |
| 16 | LS Sensor BK B23 | B23_BK |

| No. | Nama | Simbol |
|-----|----------------------------------|---------------|
| 17 | RS B23 <i>Door Opened</i> | B23D_opn |
| 18 | RS B23 <i>Door Closed</i> | B23D_cls |
| 19 | RS B23 <i>Unclamp Rh</i> | B23Rh_ucl |
| 20 | RS B23 <i>Clamp Rh</i> | B23Rh_clm |
| 21 | RS B23 <i>Unclamp LH</i> | B23Lh_ucl |
| 22 | RS B23 <i>Clamp Lh</i> | B23Lh_clm |
| 23 | RS B23 <i>Cylinder Rh Ret</i> | B23Cyl_Rh min |
| 24 | RS B23 <i>Cylinder Rh Adv</i> | B23Cyl_Rh max |
| 25 | RS B23 <i>Cylinder Lh Ret</i> | B23Cyl_Lh min |
| 26 | RS B23 <i>Cylinder Lh Adv</i> | B23Cyl_Lh max |
| 27 | RS Gantry 2 <i>Up</i> | G2up |
| 28 | RS Gantry 2 <i>Down</i> | G2down |
| 29 | RS Gantry 2 <i>Unclamp Rh</i> | G2Rh_ucl |
| 30 | RS Gantry 2 <i>Clamp Rh</i> | G2Rh_clm |

| No. | Nama | Simbol |
|-----|--------------------------------------|-------------|
| 31 | RS Gantry 2 <i>Unclamp Lh</i> | G2Lh_ucl |
| 32 | RS Gantry 2 <i>Clamp Lh</i> | G2Lh_clm |
| 33 | LS Loading <i>Post B23 Rear</i> | LdB23_G2re |
| 34 | LS Slow <i>Down B23 Rear</i> | SloB23_G2re |
| 35 | LS Slow <i>Waiting B23 Rear</i> | SWt_G2re |
| 36 | LS Waiting <i>B23 – C2</i> | Home_G2re |
| 37 | LS Slow <i>Waiting C2 Front</i> | SloHm_G2fr |
| 38 | LS Slow <i>Down C2 Front</i> | SloC2_G2fr |
| 39 | LS Loading <i>Post C2 Front</i> | LdC2_G2fr |
| 40 | C2 Loading <i>Pos</i> | C2_out |
| 41 | C2 Slow <i>Down Loading Pos</i> | C2_outSlo |
| 42 | C2 Slow <i>Down Execution Pos</i> | C2_inSlo |
| 43 | C2 <i>Execution Pos</i> | C2_in |

| No. | Nama | Simbol |
|-----|------------------------------------|-----------------|
| 44 | <i>C2 Door Opened</i> | C2D_opn |
| 45 | <i>C2 Door Closed</i> | C2D_cls |
| 46 | <i>C2 Cylinder Rh Ret</i> | C2Cyl_Rhm in |
| 47 | <i>C2 Cylinder Rh Adv</i> | C2Cyl_Rhm ax |
| 48 | <i>C2 Cylinder Lh Ret</i> | C2Cyl_Lhm in |
| 49 | <i>C2 Cylinder Lh Adv</i> | C2Cyl_Lhm ax |
| 50 | <i>Gantry 3 Up</i> | G3up |
| 51 | <i>Gantry 3 Down</i> | G3down |
| 52 | <i>Gantry 3 Unclamp Rh</i> | G3Rh_ucl |
| 53 | <i>Gantry 3 Clamp Rh</i> | G3Rh_clm |
| 54 | <i>Gantry 3 Unclamp Lh</i> | G3Lh_ucl |
| 55 | <i>Gantry 3 Clamp Lh</i> | G3Lh_clm |
| 56 | <i>Loading Pos C2 Front</i> | LdC2_G3fr |
| 57 | <i>Slow Down C2 Front</i> | SloC2_G3fr |
| 58 | <i>Waiting C2 – Conveyor</i> | Home_G3fr |
| 59 | <i>Slow Waiting C2 Front</i> | SloHm_G3fr |
| 60 | <i>Slow Load to Conveyor Front</i> | SloCv_G3fr |

| No. | Nama | Simbol |
|-----|-----------------------------------|------------|
| 61 | <i>Load to Conveyor Front</i> | LdCv_G3fr |
| 62 | <i>Safe Position Autoloader 3</i> | Safe_G3fr |
| 63 | <i>Conveyor Loading Pos</i> | Cv_load |
| 64 | <i>Conveyor Slow Down Load</i> | Cv_loadSlo |
| 65 | <i>Conveyor Slow Down End</i> | Cv_endSlo |
| 66 | <i>Conveyor End Pos</i> | Cv_end |
| 67 | <i>PB Conveyor Back</i> | PB_Cv |
| 68 | <i>Sinyal awalan section 1</i> | intC1 |
| 69 | <i>Sinyal awalan section 3</i> | intC3 |
| 70 | <i>Sinyal awalan section 5</i> | intC5 |
| 71 | <i>Memory Sec. 1 Seq. 1</i> | M101 |
| 72 | <i>Memory Sec. 1 Seq. 2</i> | M102 |
| 73 | <i>Memory Sec. 1 Seq. 3</i> | M103 |
| 74 | <i>Memory Sec. 1 Seq. 4</i> | M104 |

| No. | Nama | Simbol |
|-----|---------------------------------------|----------|
| 75 | <i>Memory Ejector Kembali</i> | M_Ejback |
| 76 | <i>Memory Sec. 1 Seq. 5 Kondisi 1</i> | M105_1 |
| 77 | <i>Memory Sec. 1 Seq. 5 Kondisi 2</i> | M105_2 |
| 78 | <i>Memory Sec. 1 Seq. 5_21</i> | M105_21 |
| 79 | <i>Memory Sec. 1 Seq. 5_22</i> | M105_22 |
| 80 | <i>Memory Sec. 1 Seq. 5_23</i> | M105_23 |
| 81 | <i>Memory Sec. 1 Seq. 6</i> | M106 |
| 82 | <i>Memory Sec. 1 Seq. 7</i> | M107 |
| 83 | <i>Memory Sec. 1 Seq. 8</i> | M108 |
| 84 | <i>Memory Sec. 1 Seq. 9</i> | M109 |
| 85 | <i>Memory Sec. 1 Seq. 10</i> | M110 |
| 86 | <i>Memory Sec. 1 Seq. 11</i> | M111 |
| 87 | <i>Memory Initial Sec. 2</i> | Mint2 |
| 88 | <i>Memory Sec. 2 Seq. 1</i> | M201 |
| 89 | <i>Memory Sec. 2 Seq. 2</i> | M202 |

| No. | Nama | Simbol |
|-----|---------------------------------------|---------|
| 90 | <i>Memory Sec. 2 Seq. 3</i> | M203 |
| 91 | <i>Memory Sec. 2 Seq. 4</i> | M204 |
| 92 | <i>Memory Sec. 2 Seq. 5</i> | M205 |
| 93 | <i>Memory Sec. 2 Seq. 6</i> | M206 |
| 94 | <i>Memory Initial Sec. 3</i> | Mint3 |
| 95 | <i>Memory Sec. 3 Seq. 1</i> | M301 |
| 96 | <i>Memory Sec. 3 Seq. 2</i> | M302 |
| 97 | <i>Memory Sec. 3 Seq. 3</i> | M303 |
| 98 | <i>Memory Sec. 3 Seq. 4</i> | M304 |
| 99 | <i>Memory Sec. 3 Seq. 5</i> | M305 |
| 100 | <i>Memory Sec. 3 Seq. 6 kondisi 1</i> | M306 |
| 101 | <i>Memory Sec. 3 Seq. 6 kondisi 2</i> | M306_2 |
| 102 | <i>Memory Sec. 3 Seq. 6-21</i> | M306_21 |
| 103 | <i>Memory Sec. 3 Seq. 6-22</i> | M306_22 |
| 104 | <i>Memory Sec. 3 Seq. 6-23</i> | M306_23 |
| 105 | <i>Memory Sec. 3 Seq. 7</i> | M307 |
| 106 | <i>Memory Sec. 3 Seq. 8</i> | M308 |

| No. | Nama | Simbol |
|-----|-------------------------------------|------------|
| 107 | <i>Memory Sec. 3 Seq. 9</i> | M309 |
| 108 | <i>Memory Sec. 3 Seq. 10</i> | M310 |
| 109 | <i>Memory Sec. 3 Seq. 11</i> | M311 |
| 110 | <i>Memory Sec. 3 Seq. 12</i> | M312 |
| 111 | <i>Memory C2 unsafe</i> | C2_unsafe |
| 112 | <i>Memory Initial Sec. 4</i> | Mint4 |
| 113 | <i>Memory Sec. 4 Seq. 1</i> | M401 |
| 114 | <i>Timer 1 C2</i> | T041 |
| 115 | <i>Memory Sec. 4 Seq. 2</i> | M402 |
| 116 | <i>Memory Sec. 4 Seq. 3</i> | M403 |
| 117 | <i>Memory Sec. 4 Seq. 4</i> | M404 |
| 118 | <i>Memory Sec. 4 Seq. 5</i> | M405 |
| 119 | <i>Memory Aktivasi C2's Coolant</i> | C2_Coolant |
| 120 | <i>Memory Sec. 4 Seq. 6</i> | M406 |
| 121 | <i>Counter washing</i> | CNT041 |
| 122 | <i>Memory Sec. 4 Seq. 7</i> | M407 |

| No. | Nama | Simbol |
|-----|--------------------------------|--------|
| 123 | <i>Memory Sec. 4 Seq. 8</i> | M408 |
| 124 | <i>Memory Sec. 4 Seq. 9</i> | M409 |
| 125 | <i>Memory Sec. 4 Seq. 10</i> | M410 |
| 126 | <i>Timer 2 C2</i> | T042 |
| 127 | <i>Memory Initial Sec. 5</i> | Mint5 |
| 128 | <i>Memory Sec. 5 Seq. 1-a</i> | M501a |
| 129 | <i>Memory Sec. 5 Seq. 1-b</i> | M501b |
| 130 | <i>Memory Sec. 5 Seq. 2-b</i> | M502b |
| 131 | <i>Memory Sec. 5 Seq. 3</i> | M503 |
| 132 | <i>Memory Sec. 5 Seq. 4</i> | M504 |
| 133 | <i>Memory Sec. 5 Seq. 5</i> | M505 |
| 134 | <i>Memory Sec. 5 Seq. 6</i> | M506 |
| 135 | <i>Memory Sec. 5 Seq. 7</i> | M507 |
| 136 | <i>Memory Sec. 5 Seq. 8</i> | M508 |
| 137 | <i>Memory Sec. 5 Seq. 9</i> | M509 |
| 138 | <i>Memory Sec. 5 Seq. 10-a</i> | M510a |

| No. | Nama | Simbol |
|-----|--------------------------------|--------|
| 139 | <i>Memory Sec. 5 Seq. 10-b</i> | M510b |
| 140 | <i>Memory Sec. 5 Seq. 11</i> | M511 |
| 141 | <i>Memory Sec. 5 Seq. 12</i> | M512 |

| No. | Nama | Simbol |
|-----|------------------------------|--------|
| 142 | <i>Memory Sec. 5 Seq. 13</i> | M513 |
| 143 | <i>Memory Sec. 5 Seq. 14</i> | M514 |
| 144 | <i>Memory Sec. 5 Seq. 15</i> | M515 |

Tabel 3.6 Deskripsi penamaan komponen *transition*

| No. | Nama | Simbol |
|-----|-----------------------------------|------------|
| 1 | <i>Initial position section 1</i> | S1_set |
| 2 | <i>Sequence 101</i> | Seq101 |
| 3 | <i>Sequence 102</i> | Seq102 |
| 4 | <i>Sequence 103</i> | Seq103 |
| 5 | <i>Sequence 104</i> | Seq104 |
| 6 | <i>Sequence 105 (Kondisi 1)</i> | Seq105_1 |
| 7 | <i>Sequence 105 (Kondisi 2)</i> | Seq105_2 |
| 8 | <i>Syarat unsafe 1</i> | unsafe1 |
| 9 | <i>Syarat unsafe 2</i> | unsafe2 |
| 10 | <i>Sequence Ejector Back</i> | Seq_Ejback |

| No. | Nama | Simbol |
|-----|--------------------------|-----------|
| 11 | <i>Sequence 105_21</i> | Seq105_21 |
| 12 | <i>Sequence 105_22</i> | Seq105_22 |
| 13 | <i>Sequence 105_23</i> | Seq105_23 |
| 14 | <i>Sequence 106_1</i> | Seq106_1 |
| 15 | <i>Sequence 106_2</i> | Seq106_2 |
| 16 | <i>Sequence 107</i> | Seq107 |
| 17 | <i>Sequence 108</i> | Seq108 |
| 18 | <i>Sequence 109</i> | Seq109 |
| 19 | <i>Sequence 110</i> | Seq110 |
| 20 | <i>Sequence 111</i> | Seq111 |
| 21 | <i>Section 1 Selesai</i> | Sec1 |

| No. | Nama | Simbol |
|-----|---|-----------|
| 22 | <i>Sequence</i> 201 | Seq201 |
| 23 | <i>Sequence</i> 202 | Seq202 |
| 24 | <i>Sequence</i> 203 | Seq203 |
| 25 | <i>Sequence</i> 204 | Seq204 |
| 26 | <i>Sequence</i> 205 | Seq205 |
| 27 | <i>Sequence</i> 206 | Seq206 |
| 28 | <i>Section 2</i> Selesai | Sec2 |
| 29 | <i>Initial</i> <i>position</i> <i>section 3</i> | S3_set |
| 30 | <i>Sequence</i> 301 | Seq301 |
| 31 | <i>Sequence</i> 302 | Seq302 |
| 32 | <i>Sequence</i> 303 | Seq303 |
| 33 | <i>Sequence</i> 304 | Seq304 |
| 34 | <i>Sequence</i> 305 | Seq305 |
| 35 | <i>Sequence</i> 306 kondisi 1 | Seq306_1 |
| 36 | <i>Sequence</i> 306 kondisi 2 | Seq306_2 |
| 37 | <i>Sequence</i> 306_21 | Seq306_21 |
| 38 | <i>Sequence</i> 306_22 | Seq306_22 |

| No. | Nama | Simbol |
|-----|-----------------------------------|-----------|
| 39 | <i>Sequence</i> 306_23 | Seq306_23 |
| 40 | <i>Sequence</i> 307_1 | Seq307_1 |
| 41 | <i>Sequence</i> 307_2 | Seq307_2 |
| 42 | <i>Sequence</i> 308 | Seq308 |
| 43 | <i>Sequence</i> 309 | Seq309 |
| 44 | <i>Sequence</i> 310 | Seq310 |
| 45 | <i>Sequence</i> 311 | Seq311 |
| 46 | <i>Sequence</i> 312 | Seq312 |
| 47 | <i>Section 3</i> Selesai | Sec3 |
| 48 | <i>Sequence</i> 401 | Seq401 |
| 49 | <i>Sequence</i> 402 | Seq402 |
| 50 | <i>Sequence</i> 403 | Seq403 |
| 51 | <i>Sequence</i> 404 | Seq404 |
| 52 | <i>Sequence</i> 405 | Seq405 |
| 53 | <i>Sequence</i> 406 | Seq406 |
| 54 | <i>Sequence</i> <i>washing</i> | Seq_wash |
| 55 | <i>Sequence</i> 407 | Seq407 |
| 56 | <i>Sequence</i> 408 | Seq408 |

| No. | Nama | Simbol |
|-----|---|----------|
| 57 | <i>Sequence</i> 409 | Seq409 |
| 58 | <i>Sequence</i> 410 | Seq410 |
| 59 | <i>Section 4</i> Selesai | Sec4 |
| 60 | <i>Initial</i> <i>position</i> <i>section 5</i> | S5_set |
| 61 | <i>Sequence</i> 501 | Seq501 |
| 62 | <i>Sequence</i> 502a | Seq502a |
| 63 | <i>Sequence</i> 502b | Seq502b |
| 64 | <i>Sequence</i> 502bb | Seq502bb |
| 65 | <i>Sequence</i> 503 | Seq503 |
| 66 | <i>Sequence</i> 505 | Seq505 |
| 67 | <i>Sequence</i> 504 | Seq504 |
| 68 | <i>Sequence</i> 506 | Seq506 |
| 69 | <i>Sequence</i> 506a | Seq506a |

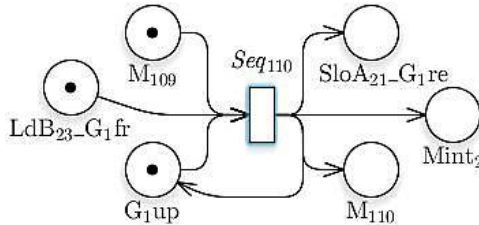
| No. | Nama | Simbol |
|-----|-------------------------|---------|
| 70 | <i>Sequence</i> 507 | Seq507 |
| 71 | <i>Sequence</i> 508 | Seq508 |
| 72 | <i>Sequence</i> 509 | Seq509 |
| 73 | <i>Sequence</i> 510 | Seq510 |
| 74 | <i>Sequence</i> 510a | Seq510a |
| 75 | <i>Sequence</i> 511 | Seq511 |
| 76 | <i>Sequence</i> 511a | Seq511a |
| 77 | <i>Sequence</i> 512 | Seq512 |
| 78 | <i>Sequence</i> 513 | Seq513 |
| 79 | <i>Sequence</i> 513a | Seq513a |
| 80 | <i>Sequence</i> 514 | Seq514 |
| 81 | <i>Sequence</i> 515 | Seq515 |
| 82 | <i>Sequence</i> 515a | Seq515a |

Proses sistem yang telah dijabarkan pada tabel 3.4 dimodelkan dengan menggunakan metode *Petri-Net*. Hasil pemodelan sistem harus sesuai dengan rumusan sistem untuk dapat menjalankan sistem *Tapping and Washing Machine Autoloader plant*. Pada sub-bab perancangan *Petri-Net* ini, pemodelan yang dijelaskan hanya pemodelan pada proses *section 2* saja. Hal ini dikarenakan terlalu banyaknya proses yang ada. Akan tetapi, pemodelan secara keseluruhan dan per-tahap di setiap *section*-nya dilampirkan pada lampiran. Berikut adalah penjelasan mengenai pemodelan *section 2* dengan metode *Petri-Net*.

a) Inisialisasi Section 2

Proses yang terjadi pada *section 2* diawali dengan aktifnya sinyal inisial (Mint2). Mint2 diaktifkan pada *section 1* bersamaan dengan aktifnya tahap 110 (M110).

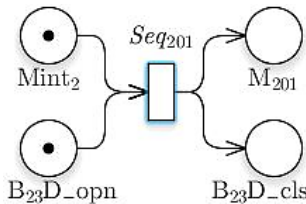
Syarat cukup (sinyal *triggered*) aktivasi tahap 110 adalah *Autoloader 1* berada di posisi atas (G1up), serta syarat perlunya adalah tahap 109 (M109) dan *Autoloader 1* berada di *Loading Post B23* (LdB23_G1fr). Jika syarat cukup dan syarat perlu terpenuhi, maka transisi tahap 110 (Seq110) akan aktif seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Pemodelan inisialisasi *section 2*

b) Tahap 201

Proses yang terjadi pada tahap 201 adalah pintu mesin B23 menutup. Syarat cukup (sinyal *triggered*) aktivasi tahap 201 adalah aktifnya sinyal inisial *section 2* (Mint2), serta syarat perlunya adalah pintu mesin B23 terbuka (B23D_opn). Jika syarat cukup dan syarat perlu telah terpenuhi, maka transisi tahap 201 (Seq201) akan aktif seperti pada gambar 3.4. Proses ini diaktifkan oleh memori M201 sampai pintu mesin B23 tertutup (B23D_cls). Syarat cukup akan tetap aktif setelah transisi *firing*.

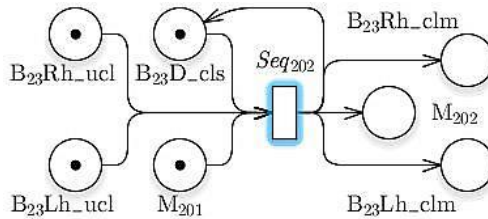


Gambar 3.4 Pemodelan tahap 201

c) Tahap 202

Setelah pintu mesin B23 tertutup (B23D_cls) yang menjadi syarat cukup tahap 202, proses yang terjadi adalah dudukan benda

kerja mesin B23 mencekam benda kerja. Syarat perlu pada tahap 202 adalah lengan kanan dan lengan kiri dudukan benda kerja mesin B23 tidak mencekam benda kerja (B23Rh_ucl dan B23Lh_ucl) dan juga tahap 201 (M201). Jika syarat cukup dan syarat perlu telah terpenuhi, maka transisi tahap 202 (Seq202) akan aktif seperti pada gambar 3.5. Proses ini diaktifkan oleh memori M202 sampai kedua lengan dudukan benda kerja mencekam benda kerja (B23Rh_clm dan B23Lh_clm). Syarat cukup akan tetap aktif setelah transisi *firing*.

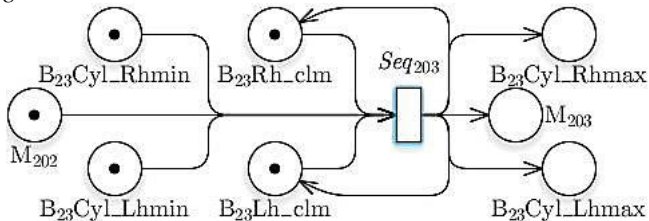


Gambar 3.5 Pemodelan tahap 202

d) Tahap 203

Setelah kedua lengan dudukan benda kerja telah mencekam benda kerja (B23Rh_clm dan B23Lh_clm) yang menjadi syarat cukup tahap 203, proses yang terjadi adalah silinder proses *tapping* bergerak maju dan motor *spindle* proses *tapping* berputar *Clock Wised* (CW). Syarat perlu tahap 203 adalah tahap 201 (M201) dan kedua silinder proses *tapping* di kedua lengan berada di posisi minimum (B23Cyl_Rhmin dan B23Cyl_Lhmin).

Jika syarat cukup dan syarat perlu telah terpenuhi, transisi tahap 203 (Seq203) akan aktif seperti pada gambar 3.6. Proses pada tahap 203 diaktifkan oleh M203 sampai silinder proses *tapping* di kedua lengan berada di posisi maksimum (B23Cyl_Rhmax dan B23Cyl_Lhmax). Syarat cukup akan tetap aktif setelah transisi *firing*.

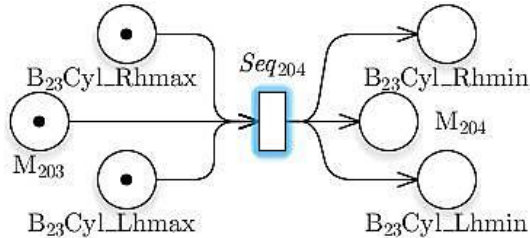


Gambar 3.6 Pemodelan tahap 203

e) Tahap 204

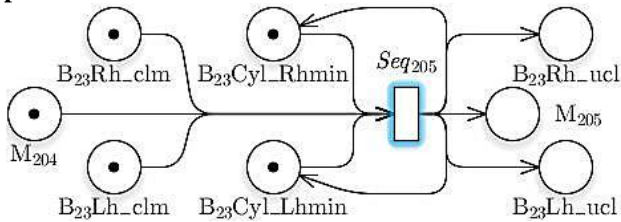
Setelah silinder proses *tapping* di kedua lengan telah mencapai posisi maksimum (B23Cyl_Rhmax dan B23Cyl_Lhmax) yang menjadi syarat cukup tahap 204, proses yang terjadi adalah silinder proses *tapping* bergerak mundur dan motor *spindle* proses *tapping* berputar *Counter Clock Wised* (CCW). Syarat perlu pada tahap ini adalah tahap 203 (M203).

Jika syarat cukup dan syarat perlu telah terpenuhi, maka transisi tahap 204 (Seq204) akan aktif seperti pada gambar 3.7. Proses pada tahap 204 diaktifkan oleh memori M204 sampai silinder proses *tapping* di kedua lengan mencapai posisi minimum (B23Cyl_Rhmin dan B23Cyl_Lhmin). Syarat cukup akan tetap aktif setelah transisi *firing*.



Gambar 3.7 Pemodelan tahap 204

f) Tahap 205



Gambar 3.8 Pemodelan tahap 205

Setelah silinder proses *tapping* di kedua lengan telah mencapai posisi minimum (B23Cyl_Rhmin dan B23Cyl_Lhmin) yang menjadi syarat cukup tahap 205, proses yang terjadi adalah lengan kanan dan kiri dudukan benda kerja mesin B23 melepas cekaman benda kerja.

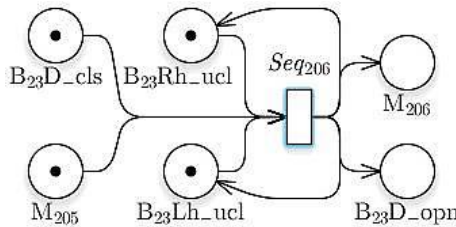
Syarat perlu tahap ini adalah tahap 204 (M204) dan kedua lengan dudukan benda kerja mencekam benda kerja (B23Rh_clm dan B23Lh_clm). Jika syarat cukup dan syarat perlu telah terpenuhi,

maka transisi tahap 205 (Seq205) akan aktif seperti pada gambar 3.8. Proses ini diaktifkan oleh memori M205 sampai kedua lengan dudukan benda kerja melepas cekaman benda kerja (B23Rh_ucl dan B23Lh_ucl). Syarat cukup akan tetap aktif setelah transisi *firing*.

g) Tahap 206

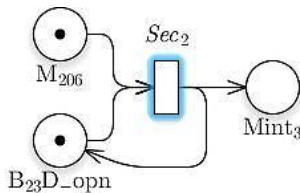
Setelah kedua lengan dudukan benda kerja melepas cekaman benda kerja (B23Rh_ucl dan B23Lh_ucl) yang menjadi syarat cukup tahap 206, proses yang terjadi adalah pintu mesin B23 membuka. Syarat perlu tahap 206 adalah tahap 205 (M205) dan pintu mesin B23 tertutup (B23D_cls).

Jika syarat cukup dan syarat perlu pada tahap 206 telah terpenuhi, maka transisi tahap 206 (Seq206) akan aktif seperti pada gambar 3.9. Proses ini diaktifkan oleh memori M206 sampai pintu mesin B23 terbuka (B23D_opn). Syarat cukup akan tetap aktif setelah transisi *firing*.



Gambar 3.9 Pemodelan tahap 206

h) Akhir Section 2



Gambar 3.10 Pemodelan akhir section 2

Setelah pintu mesin B23 terbuka (B23D_opn), proses pada section 2 telah selesai. Terdapat syarat perlu untuk mengakhiri proses section 2 yaitu tahap 206 (M206). Jika M206 aktif dan pintu mesin B23 terbuka, maka transisi Sec2 akan aktif seperti pada gambar 3.10. Transisi ini akan mengaktifkan sinyal inisial section 3 (Mint3). Syarat cukup akan tetap aktif setelah transisi *firing*.

3.3 Pemrograman *Ladder Diagram*

Setelah membuat pemodelan sistem dengan menggunakan metode *Petri-Net*, pemodelan tersebut dikonversikan ke dalam bentuk pemrograman *ladder diagram*. Hal ini dibutuhkan supaya sistem yang sudah dimodelkan dapat diimplementasikan pada PLC yang digunakan untuk mengoperasikan *Tapping and Washing Machine Autoloader plant*.

Untuk memudahkan tahap pemrograman *ladder diagram*, *input* dan *output* yang digunakan dalam program ini perlu diberi alamat terlebih dahulu sesuai dengan simbolnya masing-masing yang sudah dirancang.

Tabel 3.7 Pengalamatan komponen *input*

| No. | Simbol | Alamat |
|-----|-------------|--------|
| 1 | START | 2.00 |
| 2 | STOP | 2.01 |
| 3 | EjA21_min | 2.02 |
| 4 | EjA21_max | 2.03 |
| 5 | G1up | 2.04 |
| 6 | G1down | 2.05 |
| 7 | G1Rh_ucl | 2.06 |
| 8 | G1Rh_clm | 2.07 |
| 9 | G1Lh_ucl | 2.08 |
| 10 | G1Lh_clm | 2.09 |
| 11 | LdA21_G1re | 2.10 |
| 12 | SloA21_G1re | 2.11 |
| 13 | SWt_G1re | 2.12 |
| 14 | Wait_G1re | 2.13 |
| 15 | SloB23_G1fr | 2.14 |
| 16 | LdB23_G1fr | 2.15 |
| 17 | B23_BK | 3.00 |
| 18 | B23D_opn | 3.01 |
| 19 | B23D_cls | 3.02 |

| No. | Simbol | Alamat |
|-----|------------------|--------|
| 20 | B23Rh_ucl | 3.03 |
| 21 | B23Rh_clm | 3.04 |
| 22 | B23Lh_ucl | 3.05 |
| 23 | B23Lh_clm | 3.06 |
| 24 | B23Cyl_Rhmin | 3.07 |
| 25 | B23Cyl_Rhma x | 3.08 |
| 26 | B23Cyl_Lhmin | 3.09 |
| 27 | B23Cyl_Lhma x | 3.10 |
| 28 | G2up | 3.11 |
| 29 | G2down | 3.12 |
| 30 | G2Rh_ucl | 3.13 |
| 31 | G2Rh_clm | 3.14 |
| 32 | G2Lh_ucl | 3.15 |
| 33 | G2Lh_clm | 4.00 |
| 34 | LdB23_G2re | 4.01 |
| 35 | SloB23_G2re | 4.02 |
| 36 | SWt_G2re | 4.03 |
| 37 | Home_G2re | 4.04 |

| No. | Simbol | Alamat |
|-----|-------------|--------|
| 38 | SloHm_G2fr | 4.05 |
| 39 | SloC2_G2fr | 4.06 |
| 40 | LdC2_G2fr | 4.07 |
| 41 | C2_out | 4.08 |
| 42 | C2_outSlo | 4.09 |
| 43 | C2_inSlo | 4.10 |
| 44 | C2_in | 4.11 |
| 45 | C2D_opn | 4.12 |
| 46 | C2D_cls | 4.13 |
| 47 | C2Cyl_Rhmin | 4.14 |
| 48 | C2Cyl_Rhmax | 4.15 |
| 49 | C2Cyl_Lhmin | 5.00 |
| 50 | C2Cyl_Lhmax | 5.01 |
| 51 | G3up | 5.02 |
| 52 | G3down | 5.03 |

| No. | Simbol | Alamat |
|-----|------------|--------|
| 53 | G3Rh_ucl | 5.04 |
| 54 | G3Rh_clm | 5.05 |
| 55 | G3Lh_ucl | 5.06 |
| 56 | G3Lh_clm | 5.07 |
| 57 | LdC2_G3fr | 5.08 |
| 58 | SloC2_G3fr | 5.09 |
| 59 | Home_G3fr | 5.10 |
| 60 | SloHm_G3fr | 5.11 |
| 61 | SloCv_G3fr | 5.12 |
| 62 | LdCv_G3fr | 5.13 |
| 63 | Safe_G3fr | 5.14 |
| 64 | Cv_load | 5.15 |
| 65 | Cv_loadSlo | 6.00 |
| 66 | Cv_endSlo | 6.01 |
| 67 | Cv_end | 6.02 |
| 68 | PB_Cv | 6.03 |

Tabel 3.8 Pengalamatan *memory*

| No. | Simbol | Alamat |
|-----|----------|--------|
| 1 | intC1 | 10.01 |
| 2 | intC3 | 10.02 |
| 3 | intC5 | 10.03 |
| 4 | M101 | 11.00 |
| 5 | M102 | 11.01 |
| 6 | M103 | 11.02 |
| 7 | M104 | 11.03 |
| 8 | M_Ejback | 11.04 |
| 9 | M105_1 | 11.05 |

| No. | Simbol | Alamat |
|-----|---------|--------|
| 10 | M105_2 | 11.06 |
| 11 | M105_21 | 11.07 |
| 12 | M105_22 | 11.08 |
| 13 | M105_23 | 11.09 |
| 14 | M106 | 11.10 |
| 15 | M107 | 11.11 |
| 16 | M108 | 11.12 |
| 17 | M109 | 11.13 |
| 18 | M110 | 11.14 |

| No. | Simbol | Alamat |
|-----|---------|--------|
| 19 | M111 | 11.15 |
| 20 | Mint2 | 12.00 |
| 21 | M201 | 12.01 |
| 22 | M202 | 12.02 |
| 23 | M203 | 12.03 |
| 24 | M204 | 12.04 |
| 25 | M205 | 12.05 |
| 26 | M206 | 12.06 |
| 27 | Mint3 | 12.15 |
| 28 | M301 | 13.00 |
| 29 | M302 | 13.01 |
| 30 | M303 | 13.02 |
| 31 | M304 | 13.03 |
| 32 | M305 | 13.04 |
| 33 | M306_1 | 13.05 |
| 34 | M306_2 | 13.06 |
| 35 | M306_21 | 13.07 |
| 36 | M306_22 | 13.08 |
| 37 | M306_23 | 13.09 |
| 38 | M307 | 13.10 |
| 39 | M308 | 13.11 |
| 40 | M309 | 13.12 |
| 41 | M310 | 13.13 |
| 42 | M311 | 13.14 |
| 43 | M312 | 13.15 |
| 44 | Mint4 | 14.00 |
| 45 | M401 | 14.01 |
| 46 | M402 | 14.02 |

| No. | Simbol | Alamat |
|-----|------------|--------|
| 47 | M403 | 14.03 |
| 48 | M404 | 14.04 |
| 49 | C2_Coolant | 14.05 |
| 50 | M405 | 14.06 |
| 51 | M406 | 14.07 |
| 52 | M407 | 14.08 |
| 53 | M408 | 14.09 |
| 54 | M409 | 14.10 |
| 55 | M410 | 14.11 |
| 56 | C2_unsafe | 14.12 |
| 57 | Mint5 | 15.00 |
| 58 | M501a | 15.01 |
| 59 | M501b | 15.02 |
| 60 | M502b | 15.03 |
| 61 | M503 | 15.06 |
| 62 | M504 | 15.07 |
| 63 | M505 | 15.08 |
| 64 | M506 | 15.09 |
| 65 | M507 | 15.11 |
| 66 | M508 | 15.12 |
| 67 | M509 | 15.13 |
| 68 | M510a | 15.14 |
| 69 | M510b | 15.15 |
| 70 | M511 | 16.00 |
| 71 | M512 | 16.01 |
| 72 | M513 | 16.02 |
| 73 | M514 | 16.03 |
| 74 | M515 | 16.04 |

Tabel 3.9 Pengalamatan komponen *output*

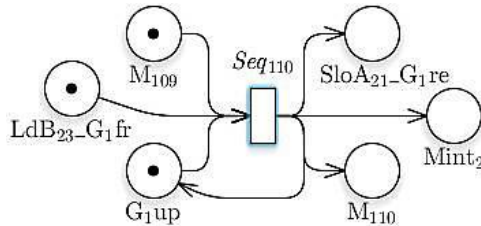
| No. | Nama | Simbol | Alamat |
|-----|---|--------------|--------|
| 1 | Lampu Indikator Warna Merah | RED_L | 100.00 |
| 2 | Lampu Indikator Warna Kuning | YLW_L | 100.01 |
| 3 | Lampu Indikator Warna Hijau | GRN_L | 100.02 |
| 4 | <i>Ejector A21 Ret</i> | ret_EjA21 | 100.03 |
| 5 | <i>Ejector A21 Adv</i> | adv_EjA21 | 100.04 |
| 6 | <i>Gantry 1 Clamp</i> | clamp_G1 | 100.05 |
| 7 | <i>Gantry 1 Unclamp</i> | unclamp_G1 | 100.06 |
| 8 | <i>Gantry 1 Up</i> | up_G1 | 100.07 |
| 9 | <i>Gantry 1 Down</i> | down_G1 | 100.08 |
| 10 | <i>Gantry 1 Forward with Medium Speed</i> | fwdMs_G1 | 100.09 |
| 11 | <i>Gantry 1 Forward with Low Speed</i> | fwdLs_G1 | 100.10 |
| 12 | <i>Gantry 1 Reverse with Medium Speed</i> | rvsMs_G1 | 100.11 |
| 13 | <i>Gantry 1 Reverse with Low Speed</i> | rvsLs_G1 | 100.12 |
| 14 | <i>Coolant High Pressure on B23 Machine</i> | B23s_Coolant | 100.13 |
| 15 | <i>Close B23 Door</i> | closeD_B23 | 100.14 |
| 16 | <i>Open B23 Door</i> | openD_B23 | 100.15 |
| 17 | <i>B23 Clamp</i> | clamp_B23 | 101.00 |
| 18 | <i>B23 Unclamp</i> | unclamp_B23 | 101.01 |
| 19 | <i>B23 Cylinder Forward</i> | fwd_CylB23 | 101.02 |
| 20 | <i>B23 Cylinder Reverse</i> | rvs_CylB23 | 101.03 |
| 21 | <i>CW B23 Spindle</i> | CW_B23 | 101.04 |
| 22 | <i>CCW B23 Spindle</i> | CCW_B23 | 101.05 |
| 23 | <i>Gantry 2 Clamp</i> | clamp_G2 | 101.06 |
| 24 | <i>Gantry 2 Unclamp</i> | unclamp_G2 | 101.07 |
| 25 | <i>Gantry 2 Up</i> | up_G2 | 101.08 |
| 26 | <i>Gantry 2 Down</i> | down_G2 | 101.09 |
| 27 | <i>Gantry 2 Forward with Medium Speed</i> | fwdMs_G2 | 101.10 |

| No. | Nama | Simbol | Alamat |
|-----|--|--------------|--------|
| 28 | <i>Gantry 2 Forward with Low Speed</i> | fwdLs_G2 | 101.11 |
| 29 | <i>Gantry 2 Reverse with Medium Speed</i> | rvsMs_G2 | 101.12 |
| 30 | <i>Gantry 2 Reverse with Low Speed</i> | rvsLs_G2 | 101.13 |
| 31 | <i>C2 Air High Pressure</i> | highp_Air | 101.14 |
| 32 | <i>Close C2 Door</i> | closeD_C2 | 101.15 |
| 33 | <i>Open C2 Door</i> | openD_C2 | 102.00 |
| 34 | <i>C2 Reverse with Medium Speed</i> | rvsMs_C2 | 102.01 |
| 35 | <i>C2 Reverse with Low Speed</i> | rvsLs_C2 | 102.02 |
| 36 | <i>C2 Forward with Medium Speed</i> | fwdMs_C2 | 102.03 |
| 37 | <i>C2 Forward with Low Speed</i> | fwdLs_C2 | 102.04 |
| 38 | <i>C2 Coolant High Pressure</i> | hpcoolant_C2 | 102.05 |
| 39 | <i>C2 Cylinder Forward</i> | fwd_CylC2 | 102.06 |
| 40 | <i>C2 Cylinder Reverse</i> | rvs_CylC2 | 102.07 |
| 41 | <i>Gantry 3 Clamp</i> | clamp_G3 | 102.08 |
| 42 | <i>Gantry 3 Unclamp</i> | unclamp_G3 | 102.09 |
| 43 | <i>Gantry 3 Up</i> | up_G3 | 102.10 |
| 44 | <i>Gantry 3 Down</i> | down_G3 | 102.11 |
| 45 | <i>Gantry 3 Forward with Medium Speed</i> | fwdMs_G3 | 102.12 |
| 46 | <i>Gantry 3 Forward with Low Speed</i> | fwdLs_G3 | 102.13 |
| 47 | <i>Gantry 3 Reverse with Medium Speed</i> | rvsMs_G3 | 102.14 |
| 48 | <i>Gantry 3 Reverse with Low Speed</i> | rvsLs_G3 | 102.15 |
| 49 | <i>Conveyor Forward with Medium Speed</i> | fwdMs_Cv | 103.00 |
| 50 | <i>Conveyor Forward with Low Speed</i> | fwdLs_Cv | 103.01 |
| 51 | <i>Conveyor Reverse with Medium Speed</i> | rvsMs_Cv | 103.02 |
| 52 | <i>Conveyor Reverse with Low Speed</i> | rvsLs_Cv | 103.03 |
| 53 | Indikator HMI Pintu Mesin B23 Tertutup | B23s_closed | 103.04 |
| 54 | Indikator HMI Mesin B23 Mencekam Benda Kerja | B23s_clamper | 103.05 |

| No. | Nama | Simbol | Alamat |
|-----|--|------------|--------|
| 55 | Indikator HMI <i>Autoloader</i> 3 Mencekam Benda Kerja | G1_clamper | 103.06 |
| 56 | Indikator HMI <i>Autoloader</i> 3 Mencekam Benda Kerja | G2_clamper | 103.07 |
| 57 | Indikator HMI <i>Autoloader</i> 3 Mencekam Benda Kerja | G3_clamper | 103.08 |
| 58 | Indikator HMI Pintu Mesin C2 Tertutup | C2s_closed | 103.09 |

Sesuai dengan aturan konversi dari pemodelan metode *Petri-Net* ke dalam bentuk pemrograman *ladder diagram* yang telah dijelaskan pada tinjauan pustaka, tahap konversi dilakukan per-tahap proses yang juga memiliki *output* memori yang sama. Terdapat tambahan pada tahap pemrograman *ladder diagram*, dimana memori yang mengaktifkan *output* seperti *solenoid* ataupun *inverter*, tidak dimodelkan di pemodelan *Petri-Net* karena memori di masing-masing tahap proses sudah mewakili *output* yang ingin diaktifkan sesuai proses yang terjadi. Berikut adalah penjelasan mengenai konversi dari pemodelan *Petri-Net* ke dalam bentuk pemrograman *ladder diagram*.

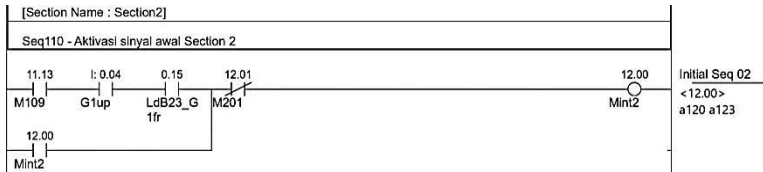
a) **Rung Inisialisasi Section 2**



Terdapat tiga buah *input place* (M109, G1up, dan LdB23_G1fr) dengan *normally arc* yang terhubung dengan satu transisi yang sama, yaitu Seq110. Jika dikonversikan ke dalam bentuk *ladder diagram*, ketiga *input place* menjadi kontak *Normally Open* (NO) yang terhubung secara seri satu sama lain.

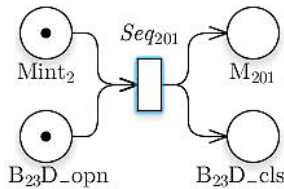
Selain itu terdapat tiga buah *output place* yang terdiri dari dua memori (Mint2 dan M110) dan satu komponen *input* (SloA21_G1re). Namun pada tahap ini, hanya *output place* Mint2 saja yang dikonversikan ke dalam bentuk *ladder diagram* menjadi

komponen *output*. Memori Mint2 perlu dirangkai secara *self-holding* dan dimatikan oleh tahap 201 (M201).



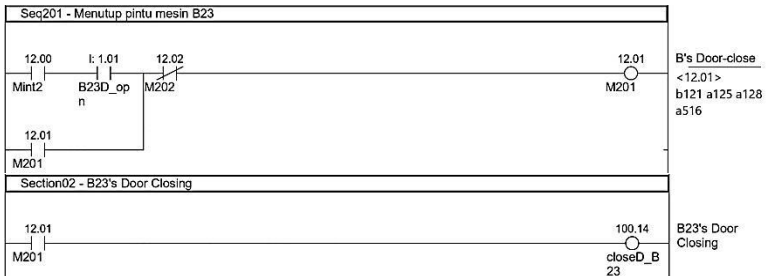
Gambar 3.11 Rung ladder diagram inialisasi section 2

b) Rung Tahap 201



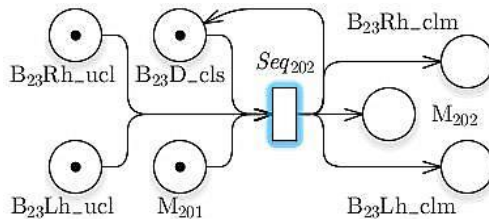
Terdapat dua buah *input place* (Mint2 dan B23D_opn) dengan *normally arc* yang terhubung dengan satu transisi yang sama, yaitu Seq201. Jika kedua *input place* tersebut dikonversikan ke dalam bentuk *ladder diagram* maka akan menjadi kontak NO yang terhubung secara seri satu sama lain.

Selain itu terdapat satu buah *output place* memori proses (M201) dan satu buah *output place* komponen *input* (B23D_cls). Namun pada tahap 201, hanya *output place* M201 saja yang dikonversikan ke dalam bentuk *ladder diagram* menjadi komponen *output*. Memori M201 perlu dirangkai secara *self-holding* dan dimatikan oleh tahap 202 (M202). M201 menjalankan proses pintu mesin B23 menutup.



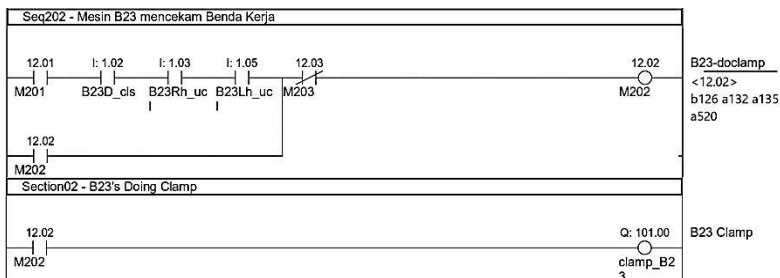
Gambar 3.12 Rung ladder diagram tahap 201

c) Rung Tahap 202



Terdapat empat *input place* (M201, B23D_cls, B23Rh_ucl, dan B23Lh_ucl) dengan *normally arc* yang terhubung dengan satu transisi yang sama, yaitu Seq202. Jika dikonversikan ke dalam bentuk *ladder diagram*, keempat *input place* tersebut menjadi kontak NO yang dihubungkan secara seri satu sama lain.

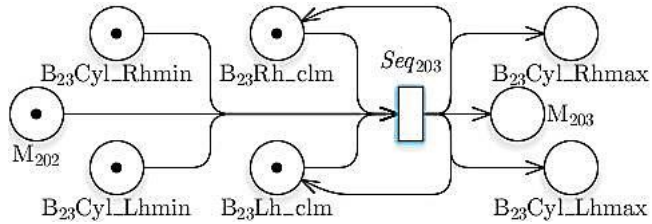
Selain itu terdapat satu buah *output place* memori proses (M202) dan dua buah *output place* komponen *input* (B23Rh_clm dan B23Lh_clm). Namun pada tahap 202, hanya *output place* M202 saja yang dikonversikan ke dalam bentuk *ladder diagram* menjadi komponen *output*. Memori M202 perlu dirangkai secara *self-holding* dan dimatikan oleh tahap 203 (M203). M202 menjalankan proses dudukan benda kerja mesin B23 mencekam benda kerja.



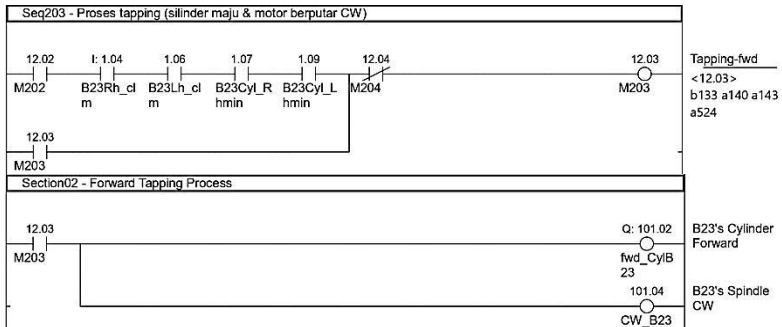
Gambar 3.13 Rung ladder diagram tahap 202

d) Rung Tahap 203

Terdapat lima buah *input place* (M202, B23Rh_clm, B23Lh_clm, B23Cyl_Rhmin dan B23Cyl_Lhmin) dengan *normally arc* yang terhubung dengan satu transisi yang sama, yaitu Seq203. Jika dikonversikan ke dalam bentuk *ladder diagram*, kelima *input place* tersebut menjadi kontak NO yang dihubungkan secara seri satu sama lain.

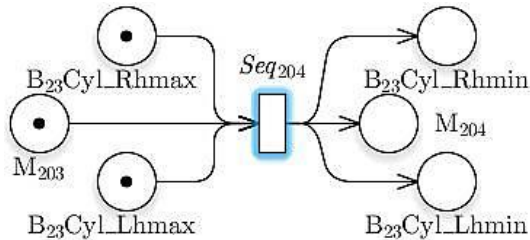


Selain itu terdapat satu buah *output place* memori proses (M203) dan dua buah *output place* komponen *input* (B23Cyl_Rhmax dan B23Cyl_Lhmax). Namun pada tahap 203, hanya *output place* M203 saja yang dikonversikan ke dalam bentuk *ladder diagram* menjadi komponen *output*. Memori M203 perlu dirangkai secara *self-holding* dan dimatikan oleh tahap 204 (M204). M203 menjalankan silinder proses *tapping* bergerak maju dan motor *spindle* proses *tapping* berputar *Clock Wise* (CW).



Gambar 3.14 Rung ladder diagram tahap 203

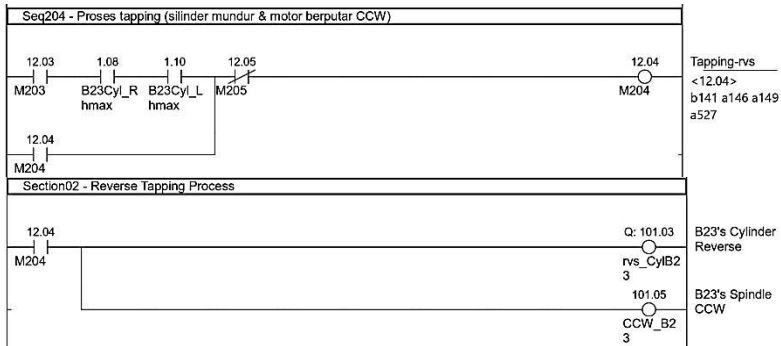
e) Rung Tahap 204



Terdapat tiga buah *input place* (M203, B23Cyl_Rhmax, dan B23Cyl_Lhmax) dengan *normally arc* yang terhubung dengan satu

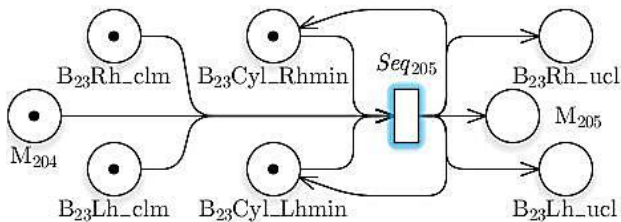
transisi yang sama, yaitu Seq204. Jika dikonversikan ke dalam bentuk *ladder diagram*, ketiga *input place* tersebut menjadi kontak NO yang dihubungkan secara seri satu sama lain.

Selain itu terdapat satu buah *output place* memori proses (M204) dan dua buah *output place* komponen *input* (B23Cyl_Rhmin dan B23Cyl_Lhmin). Namun pada tahap 204, hanya *output place* M204 saja yang dikonversikan ke dalam bentuk *ladder diagram* menjadi komponen *output*. Memori M204 perlu dirangkai secara *self-holding* dan dimatikan oleh tahap 205 (M205). M204 menjalankan silinder proses *tapping* bergerak mundur dan motor *spindle* proses *tapping* berputar *Counter Clock Wise* (CCW).



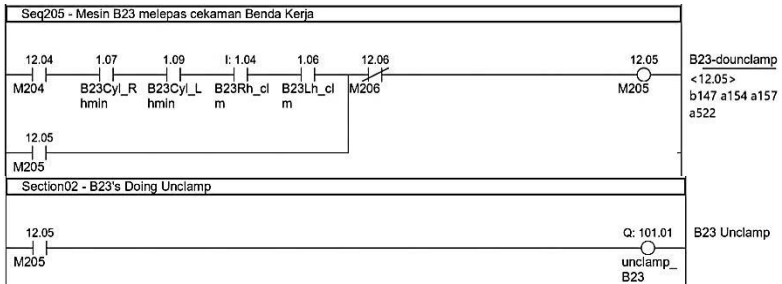
Gambar 3.15 Rung ladder diagram tahap 204

f) Rung Tahap 205



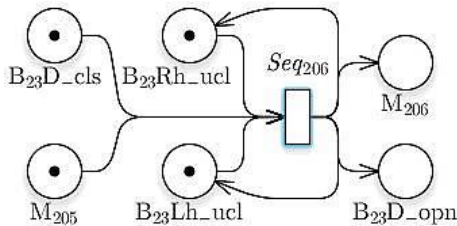
Terdapat lima buah *input place* (M204, B23Cyl_Rhmin, B23Cyl_Lhmin, B23Rh_clm, dan B23Lh_clm) dengan *normally arc* yang terhubung dengan satu transisi yang sama, yaitu Seq205. Jika dikonversikan ke dalam bentuk *ladder diagram*, kelima *input place* tersebut menjadi kontak NO yang dihubungkan secara seri satu sama lain.

Selain itu terdapat satu buah *output place* memori proses (M205) dan dua buah *output place* komponen *input* (B23Rh_ucl dan B23Lh_ucl). Namun pada tahap 205, hanya *output place* M205 saja yang dikonversikan ke dalam bentuk *ladder diagram* menjadi komponen *output*. Memori M205 perlu dirangkai secara *self-holding* dan dimatikan oleh tahap 206 (M206). M205 menjalankan proses dudukan benda kerja mesin B23 melepas cekaman benda kerja.



Gambar 3.16 Rung ladder diagram tahap 205

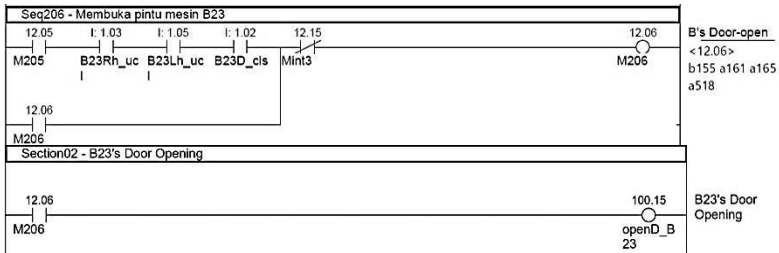
g) Rung Tahap 206



Terdapat empat buah *input place* (M205, B23Rh_ucl, B23Lh_ucl, dan B23D_cls) dengan *normally arc* yang terhubung dengan satu transisi yang sama, yaitu Seq206. Jika dikonversikan ke dalam bentuk *ladder diagram*, keempat *input place* tersebut menjadi kontak NO yang dihubungkan secara seri satu sama lain.

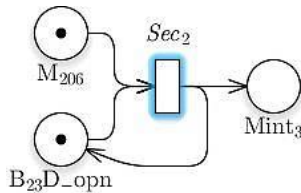
Selain itu terdapat satu buah *output place* memori proses (M206) dan satu buah *output place* komponen *input* (B23D_opn). Namun pada tahap 206, hanya *output place* M206 saja yang dikonversikan ke dalam bentuk *ladder diagram* menjadi komponen *output*. Memori M206 perlu dirangkai secara *self-holding* dan dimatikan oleh tahap akhir *section 2* (Mint3). M205 menjalankan

proses dudukan benda kerja mesin B23 melepas cekaman benda kerja.



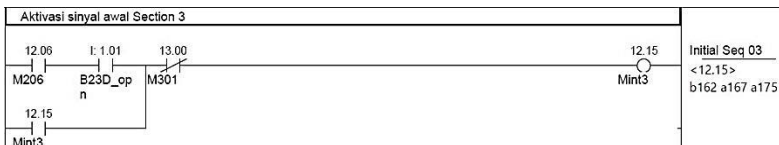
Gambar 3.17 Rung ladder diagram tahap 206

h) Rung Akhir Section 2



Terdapat dua buah *input place* (M206 dan B23D_opn) dengan *normally arc* yang terhubung dengan satu transisi yang sama, yaitu Sec2. Jika dikonversikan ke dalam bentuk *ladder diagram*, kedua *input place* tersebut menjadi kontak NO yang dihubungkan secara seri satu sama lain.

Selain itu terdapat satu buah *output place* memori sinyal inisial *section 3* (Mint3). Mint3 dikonversikan ke dalam bentuk *ladder diagram* menjadi komponen *output*. Memori Mint3 perlu dirangkai secara *self-holding* dan dimatikan oleh tahap 301 (M301). Mint3 merupakan sinyal awalan *section 3*.



Gambar 3.18 Rung ladder diagram Mint3

3.4 Perancangan HMI

Setelah perancangan *ladder diagram* telah selesai dilakukan, selanjutnya adalah merancang tampilan HMI yang menggambarkan sistem *plant* sehingga lebih mudah untuk memahami alur proses yang terjadi pada *tapping and washing machine autoloader plant*. Tampilan ini meliputi komponen sensor dan aktuator yang ada pada sistem, serta indikator proses sistem yang mempermudah untuk memahami proses yang sedang terjadi. HMI digunakan juga untuk melakukan uji simulasi sistem *plant*.

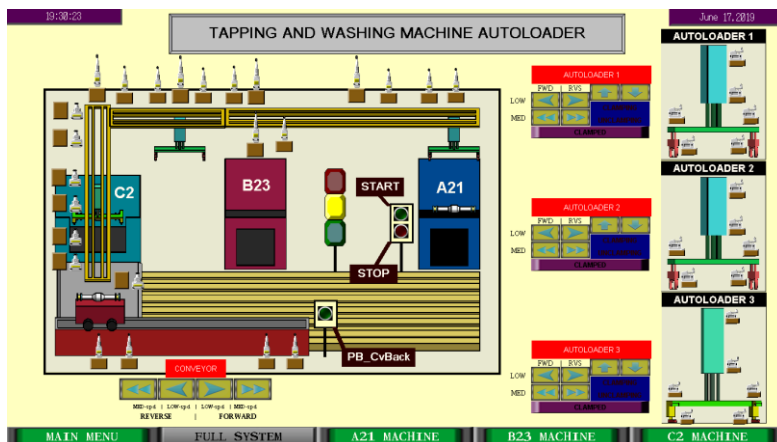
Pada perancangan HMI terdapat dua tahap yang dilakukan, yaitu tahap merancang tampilan HMI dan tahap pengalamanan komponen pada HMI. Pada perancangan tampilan HMI, terdapat beberapa halaman tampilan. Hal ini disebabkan ketidakcukupan seluruh alur proses sistem jika dirancang menjadi satu halaman tampilan HMI. Terdapat beberapa halaman tampilan proses yaitu *Full System*, *A21 Machine*, *B23 Machine*, dan *C2 Machine*.



Gambar 3.19 Tampilan HMI pada halaman *Main Menu*

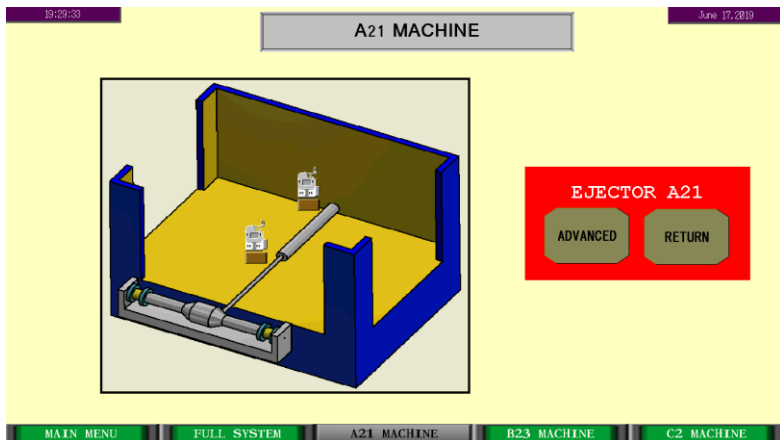
Gambar 3.42 merupakan tampilan HMI pada halaman *main menu* yang menjadi tampilan awal HMI. Terdapat judul *plant* yang ditampilkan pada HMI, *Tapping and Washing Machine Autoloader Plant*. Identitas perancang juga tercantum pada halaman *main menu* berupa nama dan nomor induk mahasiswa. Pada tampilan ini terdapat keterangan waktu dan tanggal saat program HMI dijalankan. Terdapat

lima buah tombol pada halaman *main menu* yaitu tombol halaman *main menu*, empat buah tombol halaman proses sistem. Masing-masing tombol akan memindahkan tampilan ke halaman tombol tersebut. Tombol *main menu* pada halaman *main menu* bersifat tidak aktif sekaligus menjadi indikasi bahwa tampilan sedang berada di halaman *main menu*.



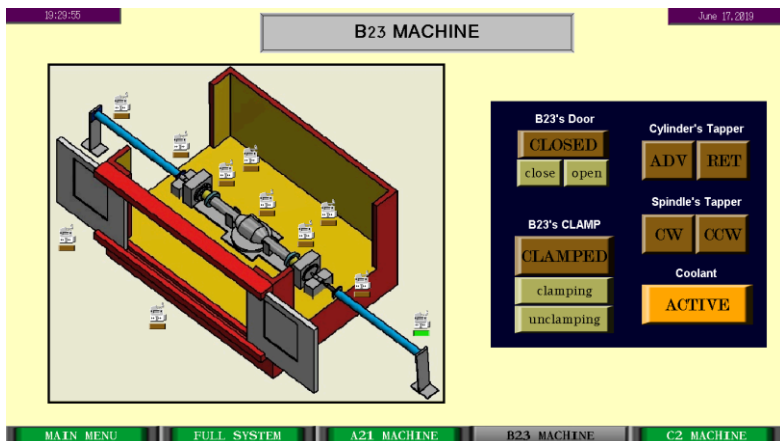
Gambar 3.20 Tampilan halaman *Full System*

Pada tampilan halaman *full system*, seperti pada gambar 3.43, semua proses *plant* tergambar pada halaman *full system* kecuali proses pada mesin. A21, mesin B23, dan mesin C2. *Tapping and washing machine autoloader plant* memiliki tiga buah *autoloader*. Setiap *autoloader* memiliki sensor pada *autoloader* itu sendiri maupun pada jalur *autoloader*, serta indikator proses yang terjadi pada *autoloader* tersebut. Indikator tersebut seperti bergerak naik atau turun, bergerak maju atau mundur dengan kecepatan menengah atau rendah, saat *clamping* atau *unclamping*, dan juga saat sedang mencekam benda kerja. Selain itu juga terdapat indikator pergerakan *conveyor* pada halaman ini.



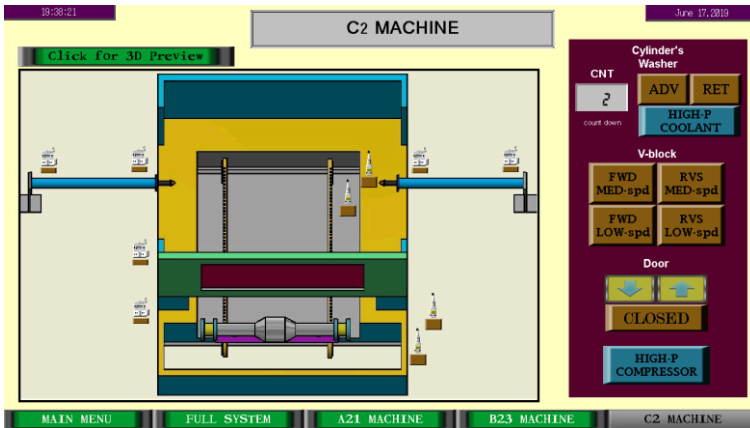
Gambar 3.21 Tampilan HMI pada halaman mesin A21

Proses yang terjadi pada mesin A21 adalah maju mundurnya *ejector*. Pada tampilan halaman mesin A21 (gambar 3.44), terdapat indikator proses saat *ejector* maju (*ADVANCED*) dan mundur (*RETURN*). Selain itu terdapat komponen *reed switch ejector* di posisi minimum dan *reed switch ejector* di posisi maksimum.

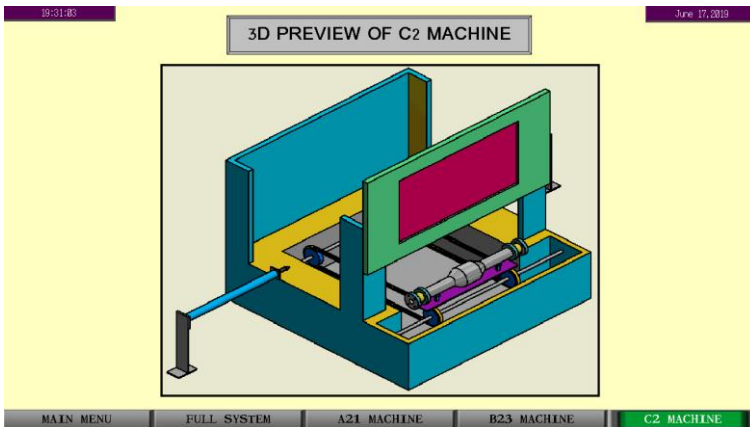


Gambar 3.22 Tampilan HMI pada halaman mesin B23

Pada tampilan halaman mesin B23 (gambar 3.45) terdapat indikator proses yang terjadi pada mesin B23 seperti pintu B23 membuka dan menutup,udukan B23 sedang dalam proses mencekam dan melepas cekaman benda kerja, silinder proses *tapping* bergerak maju dan mundur, motor *spindle* proses *tapping* berputar CW dan CCW, dan juga kondisi *coolant* yang sedang aktif atau tidak. Selain itu terdapat indikator sensor yang memberi sinyal kondisi pintu, posisi silinder, kondisi cekaman dudukan benda kerja, dan kondisi adanya benda kerja.



Gambar 3.23 Tampilan HMI pada halaman mesin C2



Gambar 3.24 Tampilan 3 Dimensi mesin C2

Pada tampilan mesin C2 (gambar 3.46), terdapat indikator proses yang terjadi seperti sisa jumlah proses *washing* oleh *counter*, pergerakan silinder proses *washing*, kondisi aktifnya *coolant high pressure*, pergerakan *v-block*, pergerakan pintu mesin C2, dan proses aktifnya *compressor high pressure*. Selain itu terdapat indikator sensor seperti kondisi pintu mesin C2, posisi *v-block*, dan posisi silinder. Pada tampilan mesin C2 (gambar 3.46), mesin C2 diproyeksikan dalam bentuk 2 Dimensi saja. Oleh karena itu tampilan 3 Dimensi mesin C2 akan ditampilkan jika tombol “*Click for 3D Preview*” pada halaman mesin C2.

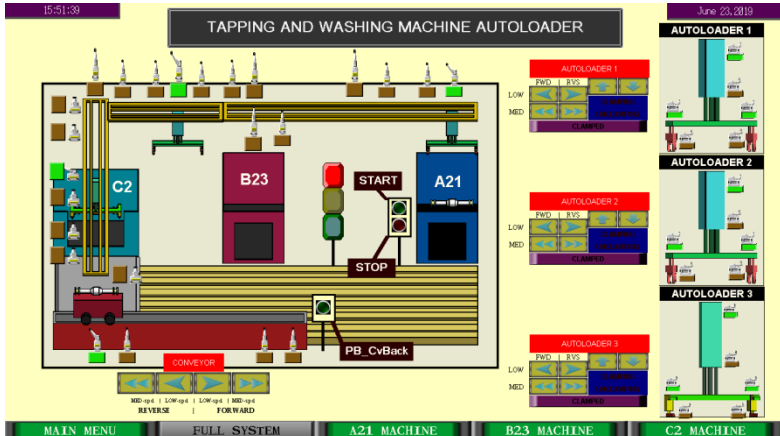
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

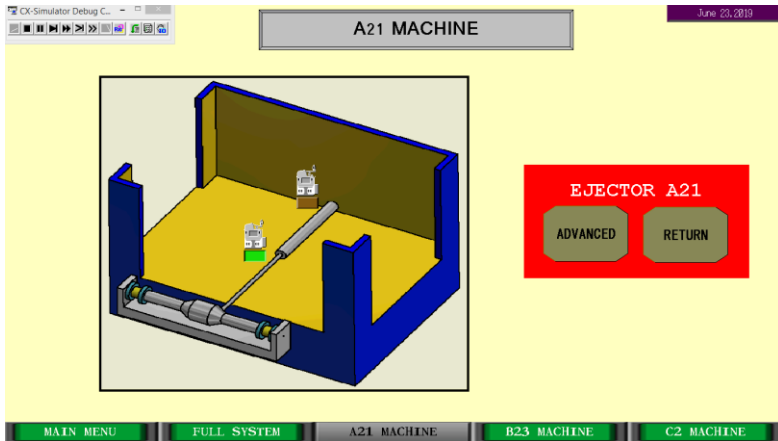
Setelah seluruh tahap perancangan telah selesai dilakukan, selanjutnya dilakukan tahap pengujian untuk melihat kesesuaian hasil perancangan dengan alur proses sistem yang seharusnya. Kemudian dilakukan analisis dan evaluasi terkait dengan hasil pengujian sistem agar sesuai dengan yang seharusnya. Tahap pengujian ini melalui HMI dan *software* CX-Programmer.

4.1 Pengujian Alur Proses Sistem

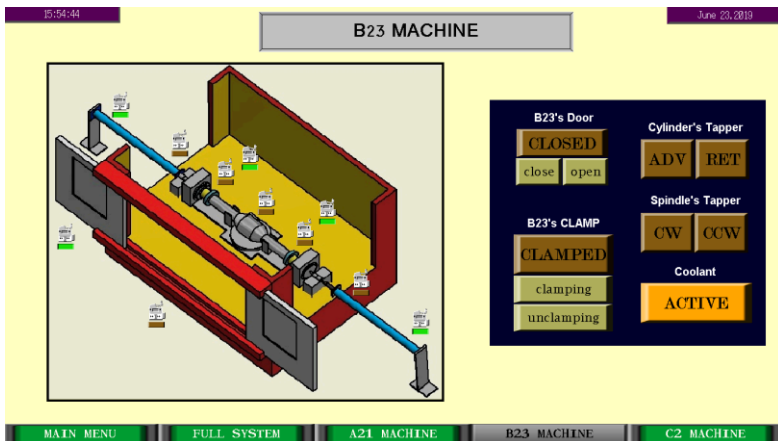
Proses yang terjadi pada tahap pengujian sistem harus sesuai dengan alur proses sistem yang telah dirumuskan. Sesuai dengan tahap perancangan *ladder diagram* dengan metode *Petri-Net*, pengujian sistem juga dilakukan per-langkah proses yang terjadi pada *section 1*. Sebelum dilakukannya pengujian proses *section 1*, aktifkan terlebih dahulu komponen *input* yang menandakan semua sistem berada di posisi awal. Gambar 4.1 adalah keterangan indikator yang aktif yang merupakan posisi awal setiap sistem dan mesin.



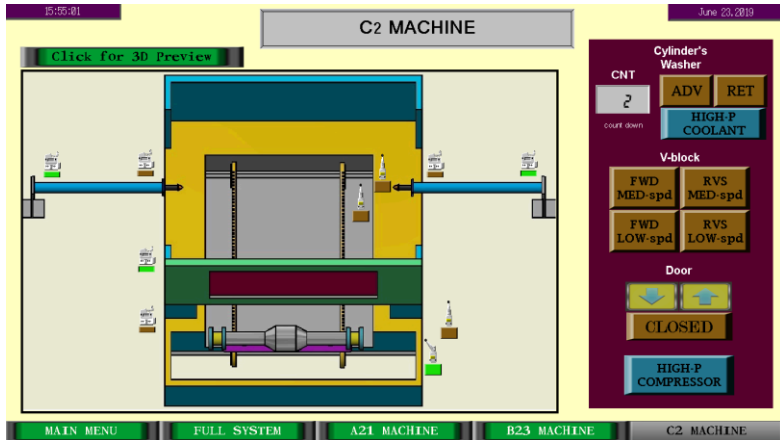
(a)



(b)



(c)



(d)

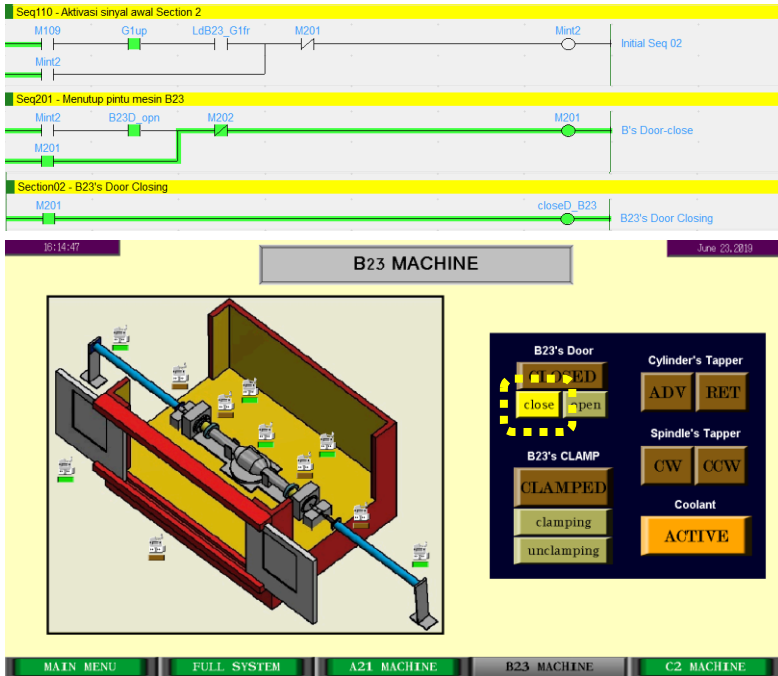
Gambar 4.1 Posisi awal pada (a) autoloader 1, autoloader 2, autoloader 3, conveyor, (b) mesin A21, (c) mesin B23, dan (d) mesin C2

Berikut adalah *input* yang aktif pada posisi awal sistem dan mesin.

- Section 1 : EjaA21_max, LdA21_G1re, G1up, G1Rh_ucl, G1Lh_ucl.
- Mesin B23 : B23_Dopn, B23Rh_ucl, B23Lh_ucl, BCylRh_min, BCylLh_min.
- Section 3 : Home_G2, G2up, G2Rh_ucl, G2Lh_ucl.
- Mesin C2 : C2_Dopn, C2_Load, C2CylRh_min, C2CylLh_min.
- Section 5 : Home_G3, G3up, G3Rh_ucl, G3Lh_ucl, Load Post Conveyor.

a) Tahap 201

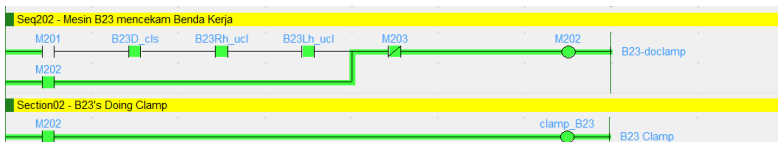
Proses yang terjadi pada tahap 201 adalah pintu mesin B23 menutup. Tahap 201 memiliki dua syarat *input* berupa kontak NO, yaitu Mint2 dan B23D_opn. Jika kedua syarat tersebut aktif, *output* M201 akan aktif. Indikator *output* yang aktif pada tampilan HMI adalah indikator B23's Door "close".

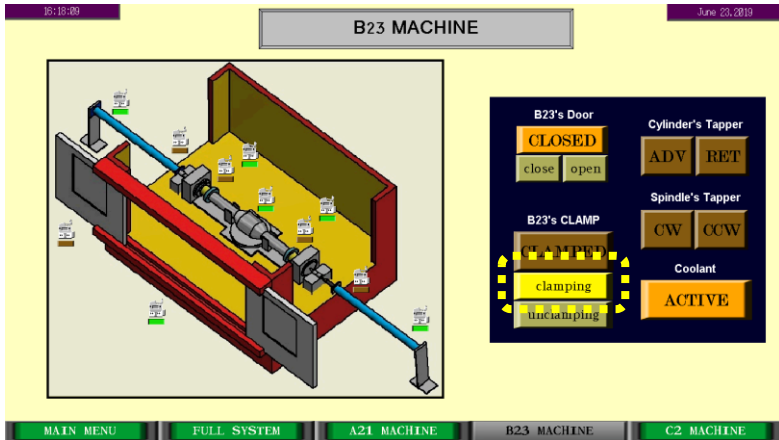


Gambar 4.2 Pengujian tahap 201

b) Tahap 202

Setelah pintu mesin B23 tertutup, kedua lengan dudukan benda kerja mesin B23 akan mencekam benda kerja yang diaktifkan oleh M202. Syarat dari proses ini adalah M201, B23D_cls, B23Rh_ucl, dan B23Lh_ucl. Jika keempat syarat tersebut aktif, *output* M202 akan aktif. Indikator *output* pada tampilan HMI yang aktif saat tahap 202 adalah B23's *Clamp* "clamping".

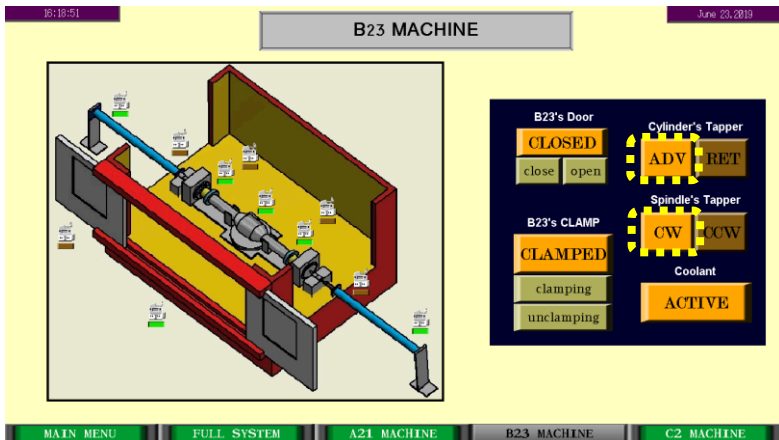




Gambar 4.3 Pengujian tahap 202

c) Tahap 203

Setelah benda kerja dicekam, silinder proses *tapping* di kedua lengan bergerak maju dan motor *spindle* proses *tapping* berputar *Clock Wise* (CW) yang diaktifkan oleh M203. Syarat dari proses ini adalah M202, B23Rh_clm, B23Lh_clm, B23Cyl_Rhmin, dan B23Cyl_Lhmin. Jika kelima syarat tersebut aktif, maka *output* M203 akan aktif. Indikator yang aktif di tampilan HMI pada tahap ini adalah *Cylinder's Tapper* "ADV" dan *Spindle's Tapper* "CW".

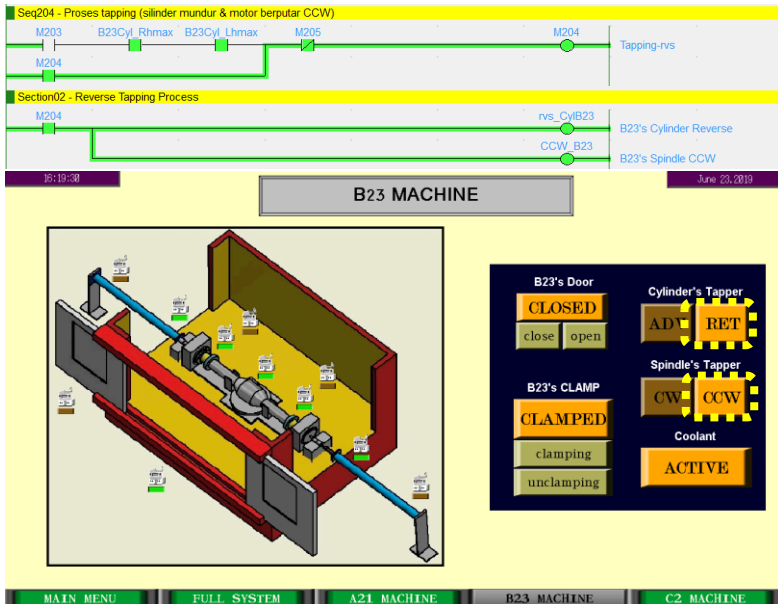




Gambar 4.4 Pengujian tahap 203

d) Tahap 204

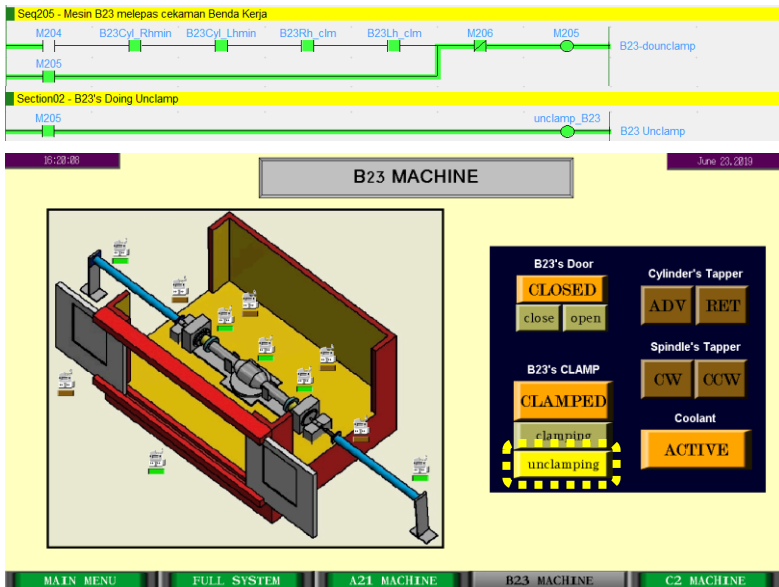
Setelah silinder proses *tapping* mencapai posisi maksimum, silinder proses *tapping* di kedua lengan bergerak mundur dan motor *spindle* proses *tapping* berputar *Counter Clock Wised* (CCW) yang diaktifkan oleh M204. Syarat dari proses ini adalah M203, B23Cyl_Rhmax, dan B23Cyl_Lhmax. Jika ketiga syarat tersebut aktif, maka *output* M204 akan aktif. Indikator yang aktif di tampilan HMI pada tahap ini adalah *Cylinder's Tapper* "RET" dan *Spindle's Tapper* "CCW".



Gambar 4.5 Pengujian tahap 204

e) **Tahap 205**

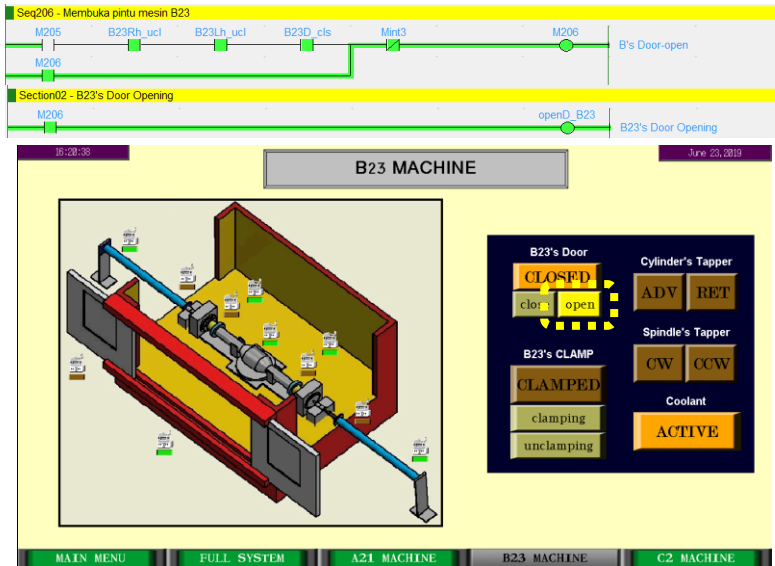
Setelah silinder proses *tapping* mencapai posisi minimum, kedua lengan dudukan benda kerja mesin B23 melepas cekaman benda kerja yang diaktifkan oleh M205. Syarat dari proses ini adalah M204, B23Cyl_Rhmin, B23Cyl_Lhmin, B23Rh_clm, dan B23Lh_clm. Jika kelima syarat tersebut aktif, maka *output* M205 akan aktif. Indikator yang aktif di tampilan HMI pada tahap ini adalah B23's Clamp "unclamping".



Gambar 4.6 Pengujian tahap 205

f) **Tahap 206**

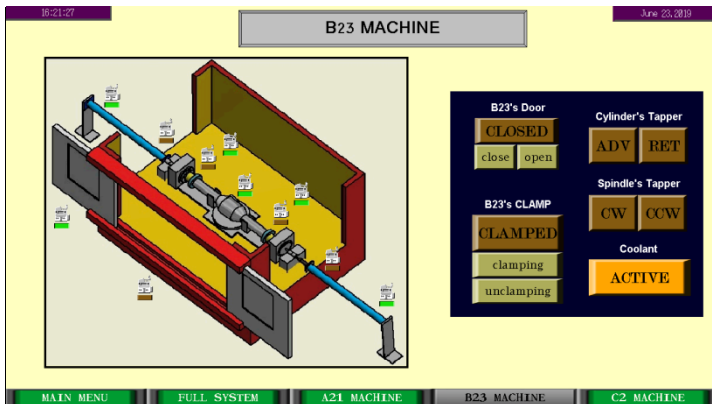
Setelah benda kerja telah dilepas cekamannya, pintu mesin B23 akan membuka yang diaktifkan oleh M206. Syarat dari proses ini adalah M206, B23Rh_ucl, B23Lh_ucl, dan B23D_cls. Jika keempat syarat tersebut aktif, maka *output* M206 akan aktif. Indikator yang aktif di tampilan HMI pada tahap ini adalah B23's Door "open".

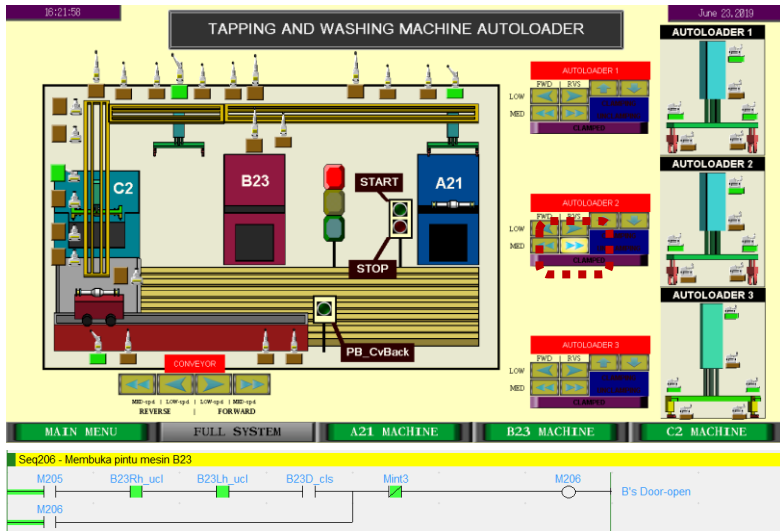


Gambar 4.7 Pengujian tahap 206

g) Tahap Akhir Section 2

Setelah pintu mesin B23 tertutup, proses *section 2* telah selesai dan memberikan sinyal inisial ke *section 3*. Pada halaman HMI B23 Machine, tidak ada *output* yang aktif.





Gambar 4.8 Pengujian tahap akhir *section 2*

Dari hasil pengujian alur proses sistem *section 2*, dapat diperoleh data pengujian seperti pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Data pengujian proses alur sistem *section 2*

| Tahap | Proses | Syarat Triggered | Syarat Perlu | Hasil |
|-------|---|-----------------------|--------------------------------------|-------|
| 201 | Pintu mesin B23 menutup | Sinyal awal mesin B23 | RS B23 Door Opened | ✓ |
| 202 | Dudukan benda kerja mesin B23 mencekam BK | RS B23 Door Closed | Tahap 201 | ✓ |
| | | | RS B23 Unclamp Rh | |
| | | | RS B23 Unclamp Lh | |
| 203 | Silinder di kedua lengan proses tapping bergerak maju | RS B23 Clamp Rh | Tahap 202 dan RS B23 Cylinder Rh Ret | ✓ |

| Tahap | Proses | Syarat Triggered | Syarat Perlu | Hasil |
|-------|--|--|--|-------|
| 203 | Motor <i>spindle</i> silinder kedua lengan proses <i>tapping</i> berputar <i>Clock Wised</i> (CW) | dan RS B23 <i>Clamp</i> Lh | dan RS B23 <i>Cylinder</i> Lh <i>Ret</i> | ✓ |
| 204 | Silinder di kedua lengan proses <i>tapping</i> bergerak mundur | RS B23 <i>Cylinder</i> Rh <i>Adv</i> | Tahap 203 | ✓ |
| | Motor <i>spindle</i> silinder kedua lengan proses <i>tapping</i> berputar <i>Counter Clock Wised</i> (CCW) | dan RS B23 <i>Cylinder</i> Lh <i>Adv</i> | | |
| 205 | Dudukan BK mesin B23 melepas cekaman benda kerja | RS B23 <i>Cylinder</i> Rh <i>Ret</i> | Tahap 204 | ✓ |
| | | RS B23 <i>Cylinder</i> Lh <i>Ret</i> | RS B23 <i>Clamp</i> Rh | |
| | | | RS B23 <i>Clamp</i> Lh | |
| 206 | Pintu mesin B23 terbuka | RS B23 <i>Unclamp</i> Rh | Tahap 205 | ✓ |
| | | RS B23 <i>Unclamp</i> Lh | RS B23 <i>Door</i> Closed | |

Dari hasil pengujian alur proses sistem *section 2* pada tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa alur proses yang dijalankan program *ladder diagram* pada *section 2* yang dimodelkan menggunakan metode *Petri-Net* telah sesuai dengan alur proses sistem *section 2* yang seharusnya sesuai perumusan sistem.

4.2 Pengujian Berulang Sistem *Plant*

Hasil desain *ladder diagram* yang dihasilkan perlu diuji beberapa kali untuk diuji bahwa desain yang dihasilkan dapat dijalankan selama

beberapa kali proses sistem *plant*. Pengujian dilakukan sebanyak sepuluh kali. Setiap pengujian hanya menyelesaikan satu buah benda kerja (*housing*) dari awal hingga akhir sistem *plant*. Setiap pengujian dicatat hasil waktu yang dibutuhkan untuk melakukan seluruh proses sistem *plant* dan diambil rata-rata hasil waktu kesepuluh pengujian sistem.

Tabel 4.2 Hasil pengujian dan durasi waktu proses sistem *plant*

| Pengujian ke- | Alur Proses | | | | | Hasil Waktu (menit) |
|------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------|
| | Section 1 | Section 2 | Section 3 | Section 4 | Section 5 | |
| 1 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 03:26 |
| 2 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 02:56 |
| 3 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 02:59 |
| 4 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 03:04 |
| 5 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 03:04 |
| 6 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 02:48 |
| 7 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 02:49 |
| 8 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 02:58 |
| 9 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 02:57 |
| 10 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 02:58 |
| Rata-rata | | | | | | 03:00 |

Setelah dilakukan pengujian sistem *plant* sebanyak sepuluh kali didapatkan hasil pemodelan sistem *plant* dengan metode *Petri-Net* berjalan sesuai dengan rumusan sistem *plant* yang seharusnya setiap *section*-nya. Dari sepuluh kali pengujian didapat rata-rata durasi waktu pengujian selama 3 menit.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Perancangan desain *ladder diagram* pada *Tapping and Washing Machine Autoloader plant* dengan metode *Petri-Net* telah selesai dirancang dan juga diuji sistemnya sesuai dengan rumusan yang telah ditentukan dan menghasilkan beberapa poin sebagai berikut.

- a. *Tapping and washing machine autoloader plant* terdiri dari 82 *sequence* dengan 68 buah komponen *input* dan 48 buah komponen *output*.
- b. Pemodelan sistem *plant* dibagi menjadi lima buah *section*.
- c. Metode *Petri-Net* dapat disimulasikan sebelum dikonversikan ke dalam bentuk *ladder diagram*, sehingga dapat digunakan untuk melihat keadaan suatu proses sistem yang terjadi dan memudahkan perancang mengevaluasi ataupun memperbaiki pemodelan sistem.
- d. Konstruksi *ladder diagram* yang dihasilkan terdiri dari 134 *rung ladder*, yaitu 2 *rung* program kontrol, 75 *rung* komponen *relay*, 46 *rung* komponen *output*, 10 *rung* indikasi HMI, dan 1 *rung END*.
- e. Besar memori *file* program *ladder diagram* sebesar 10 KB (*CX-Programmer Project*).
- f. Tampilan HMI yang dirancang memiliki 5 halaman utama dan 1 halaman pendukung dengan besar memori *file* sebesar 64 KB (*CX-Designer Project*) dan *file* pendukung sebesar 9,64 MB.
- g. Desain *ladder diagram* yang dihasilkan melalui pemodelan dengan metode *Petri-Net* telah berjalan sesuai dengan rumusan sistem *tapping and washing machine autoloader plant*.
- h. Rata-rata waktu pengujian *cycle time* sebesar tiga menit.

5.2 Saran

- a. Perancangan program *ladder diagram* di industri otomasi dimodelkan dengan menggunakan suatu metode.
- b. Hasil perancangan desain *ladder diagram* dapat diimplementasikan secara langsung pada *Tapping and Washing Machine Autoloader plant*.
- c. Pemberian nama simbol tiap komponen pada pemodelan maupun desain *ladder diagram* akan lebih baik jika mudah dipahami oleh pengguna.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

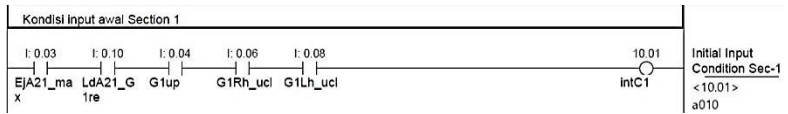
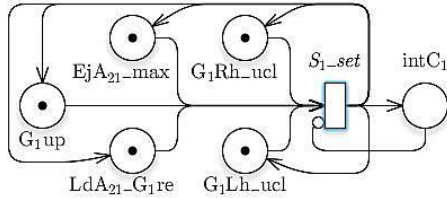
- [1] M. Herlan, “Pengendalian Ruang Lift Berbasis Mini PLC Pada Lift 3 Lantai”, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, 2015.
- [2] Trikueni Dermanto, “Saklar (Tombol Tekan)”, 2014. [Online]. Available : <http://trikueni-desain-sistem.blogspot.com/2014/04/Pengertian-Push-Button.html>. [Accessed 20 Mei 2019].
- [3] Anggono, Tri Hadi, “Aplikasi Motor Stepper Dan Modem Wavecom Pada Level Ketinggian Air Bendungan Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535”, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, 2015.
- [4] Elektronika Dasar, “Limit Switch Dan Saklar Push ON”, 2013. [Online]. Available : <http://elektronika-dasar.web.id/limit-switch-dan-saklar-push-on/> [Accessed 20 Mei 2019].
- [5] IMI Precision Engineering, “What is Pneumatic Solenoid Valve?”, <https://www.imi-precision.com/uk/en/expertise/industrial-automation/what-is-a-pneumatic-solenoid-valve>
- [6] Gavali Amit Bhimrao, Patil Mahadev S., “PLC Based Industrial Automation System”, Rajarambapu Institute of Technology Rajaramnagar, India, 2014.
- [7] Srinivas Medida, Industrial Automation Pocket Book, United States: IDC Technologies, 2007.
- [8] B. Hollifield, D. Oliver, N. Ian and E. Habibi, High Peformance HMI Handbook, Houston: PAS, 2008.
- [9] Richard Zurawski and MengChu Zhou, “Petri Nets and Industrial Applications: A Tutorial”, IEEE, 1994.
- [10] Shih Sen Peng and Meng Chu Zhou, “Ladder Diagram and Petri-Net-Based Discrete-Event Control Design Methods”, IEEE, 2004.
- [11] Kurapati Venkatesh, MengChu Zhou, and Reggie J. Caudill, “Comparing Ladder Logic Diagrams and Petri Nets for Sequence Controller Design Through a Discrete Manufacturing System”, IEEE, 1995.

Halaman ini sengaja dikosongkan

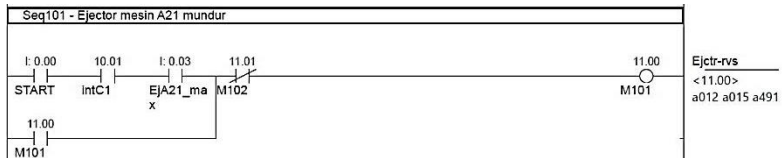
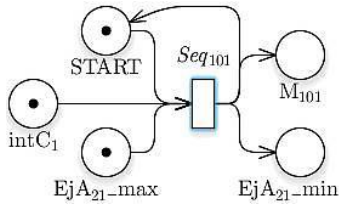
LAMPIRAN

1. Perancangan Sistem Section 1

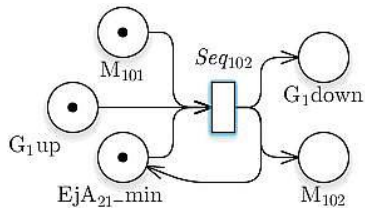
a. Inisial Posisi

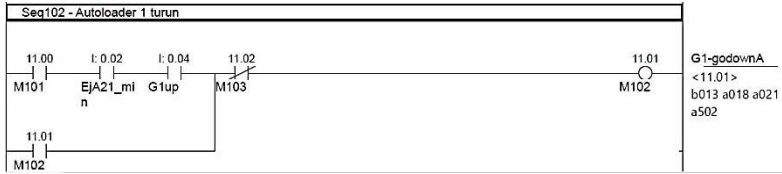


b. Tahap 101

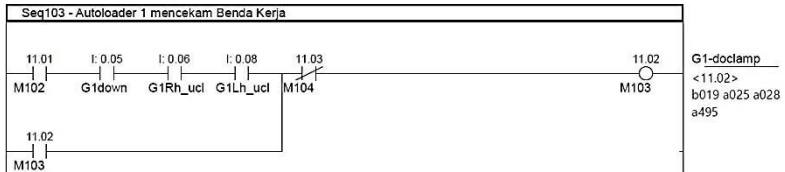
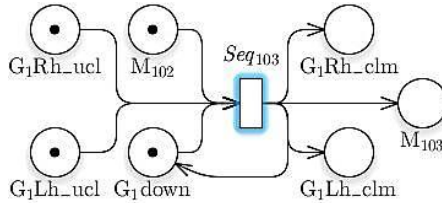


c. Tahap 102

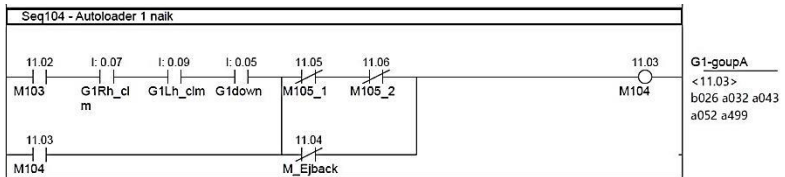
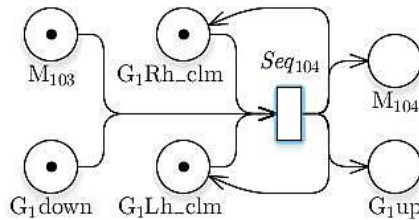




d. Tahap 103



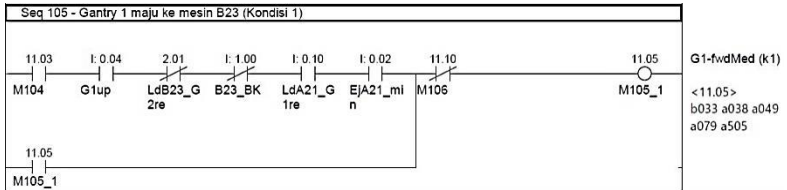
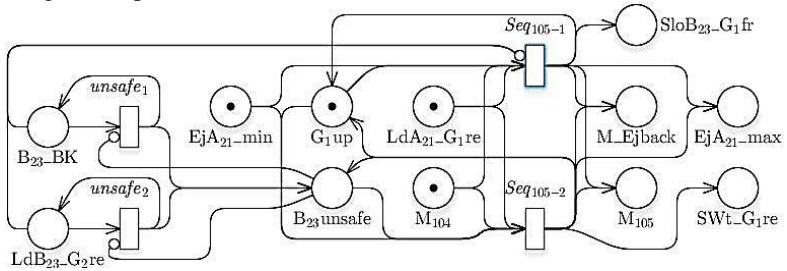
e. Tahap 104



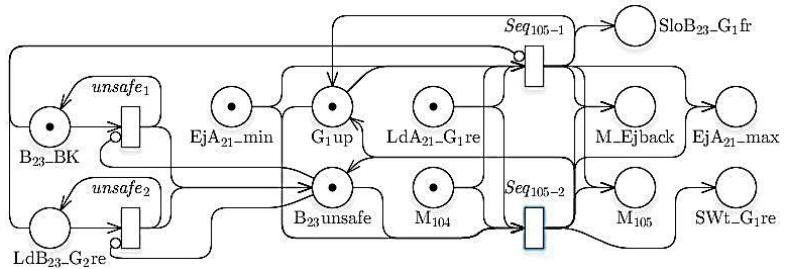
f. Ladder Diagram Ejector Mesin A21

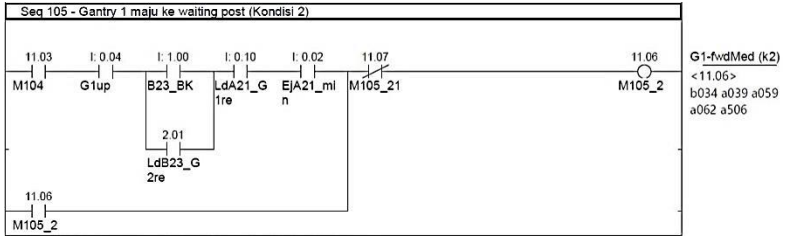


g. Tahap 105_1

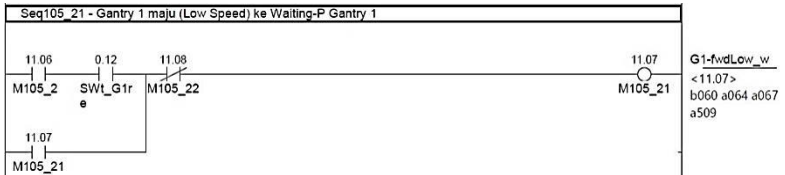
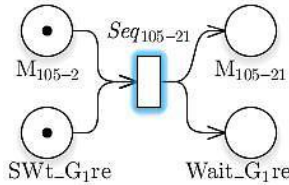


h. Tahap 105_2

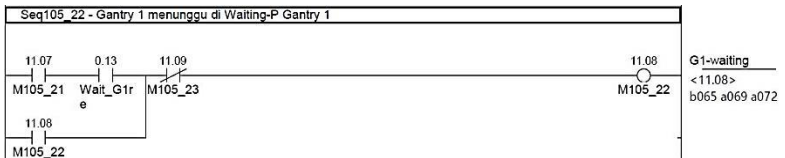
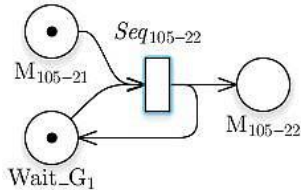




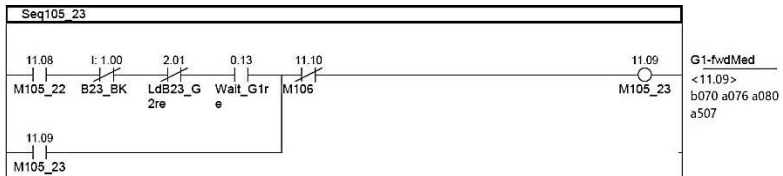
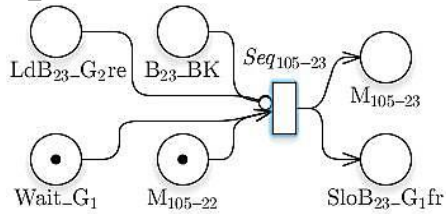
i. Tahap 105_21



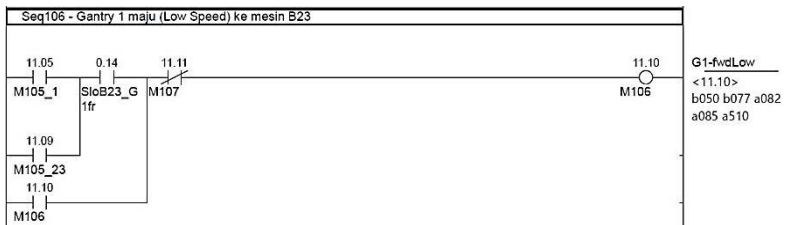
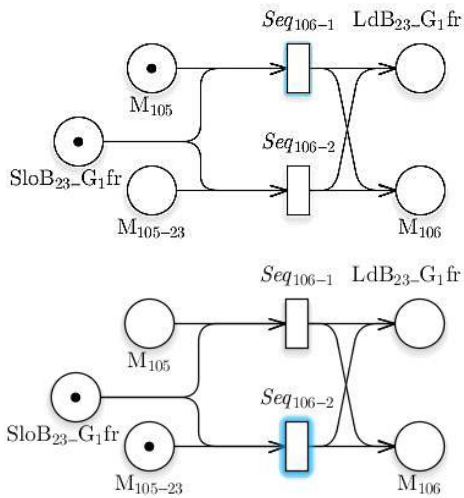
j. Tahap 105_22



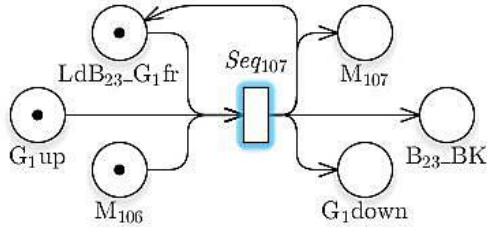
k. Tahap 105_23



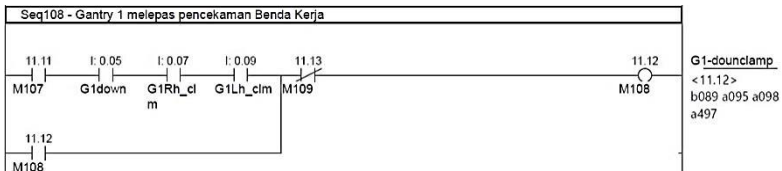
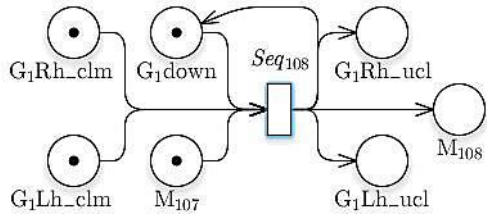
l. Tahap 106



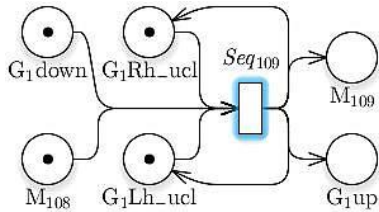
m. Tahap 107

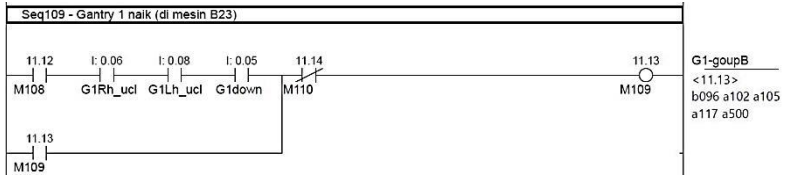


n. Tahap 108

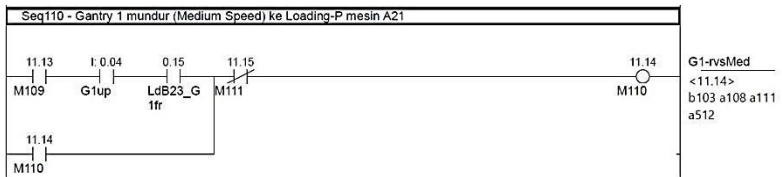
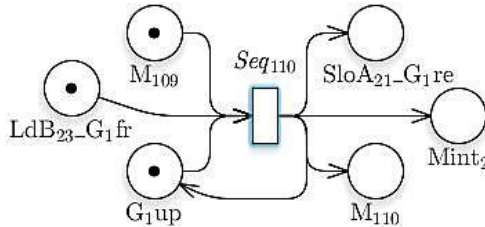


o. Tahap 109

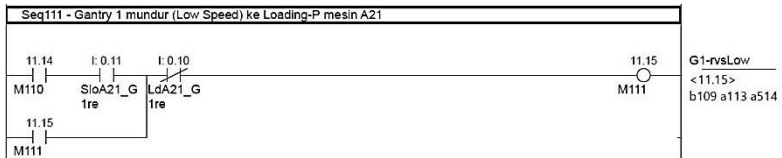
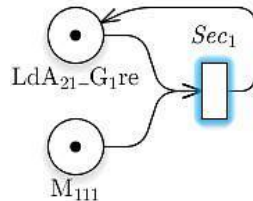
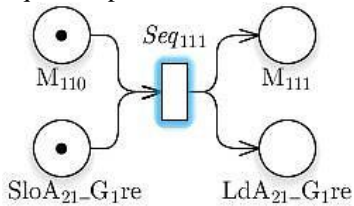




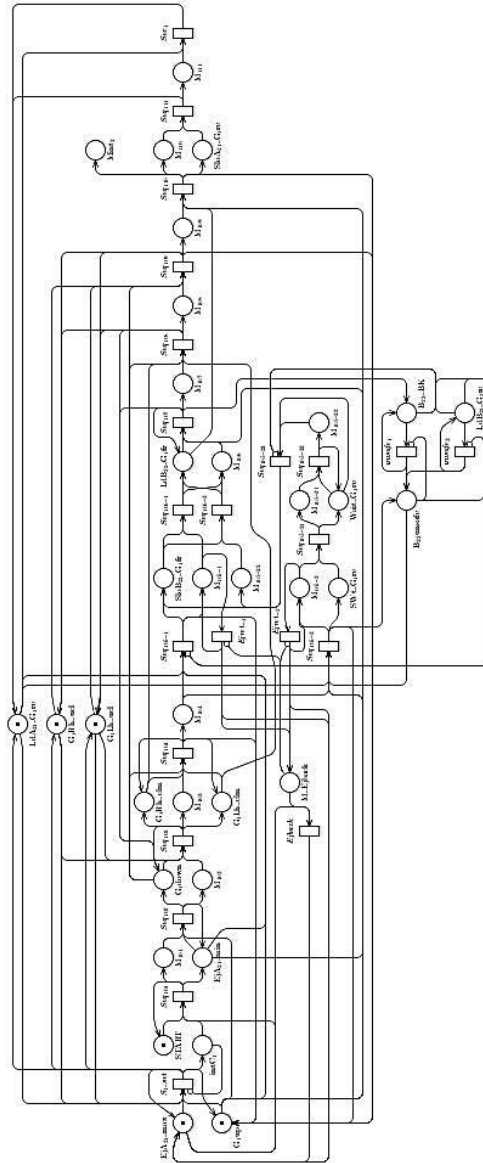
p. Tahap 110



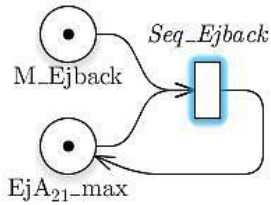
q. Tahap 111 dan Akhir Section 1



r. Section 1

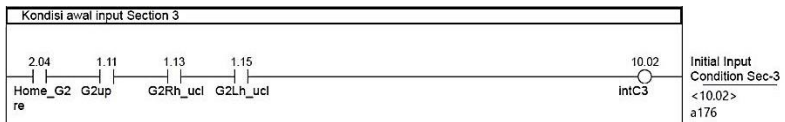
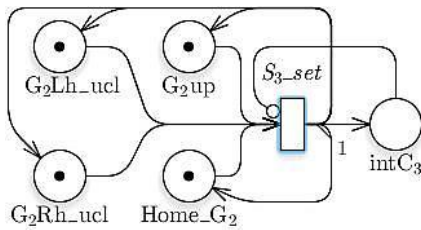


s. Pemutus *Ejector* Mesin A21

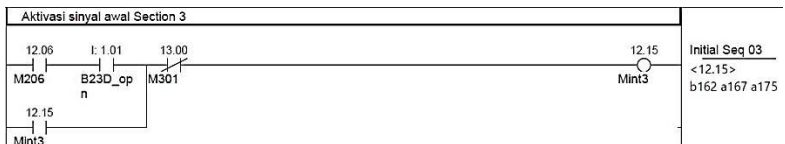
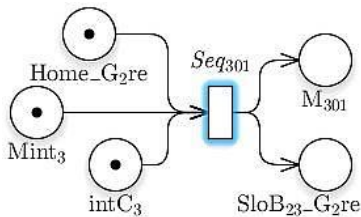


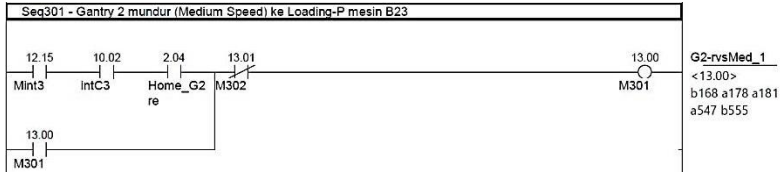
2. Perancangan Sistem Section 3

a. Inisial Posisi

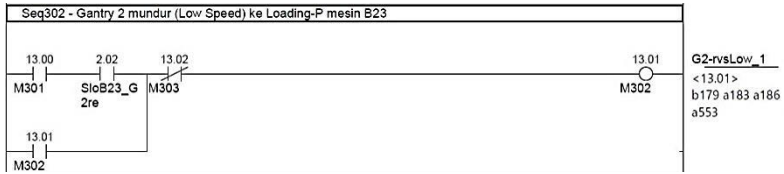
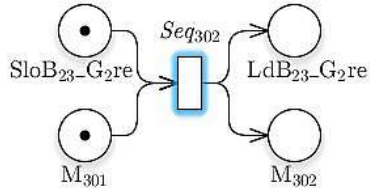


b. Tahap 301

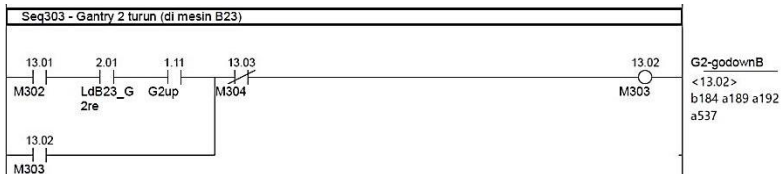
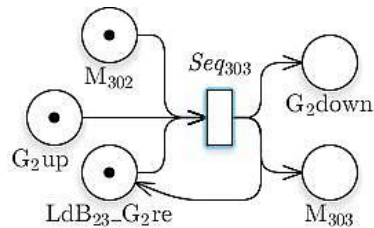




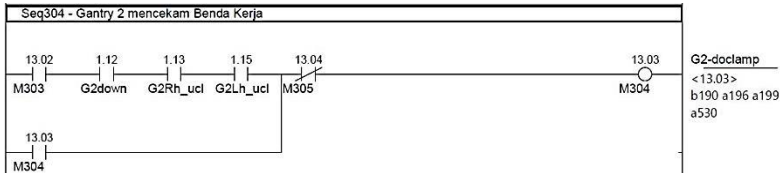
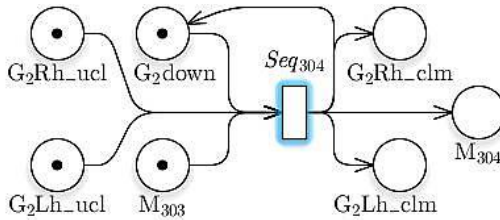
c. Tahap 302



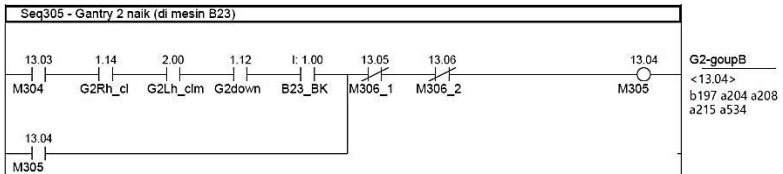
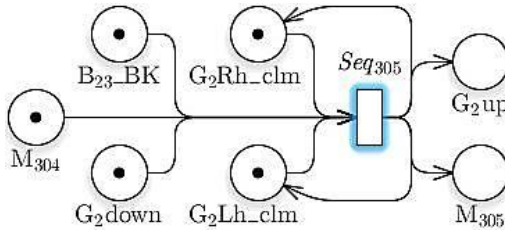
d. Tahap 303



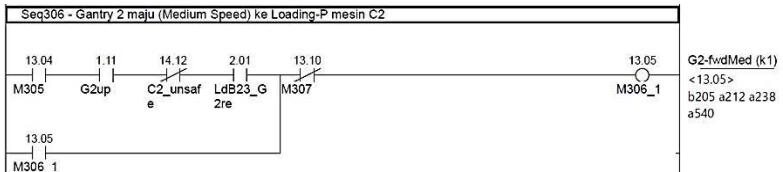
f. Tahap 304

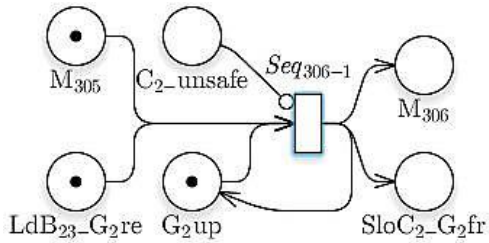


g. Tahap 305

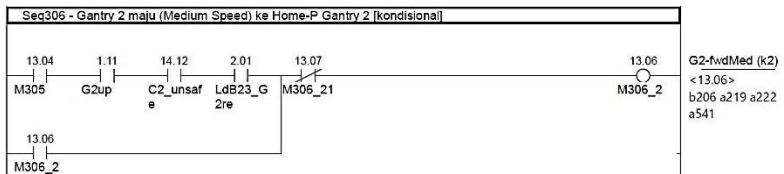
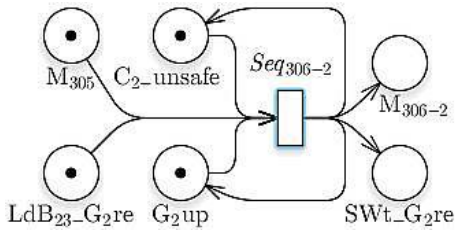


h. Tahap 306_1

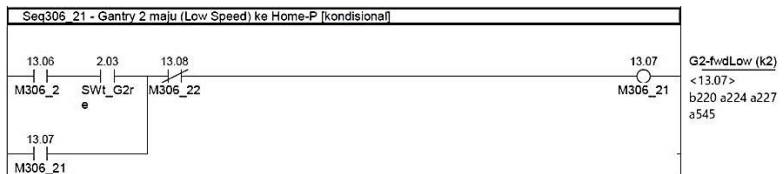
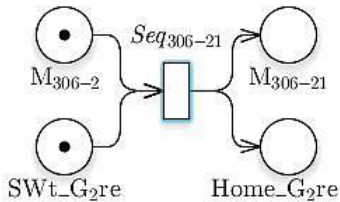




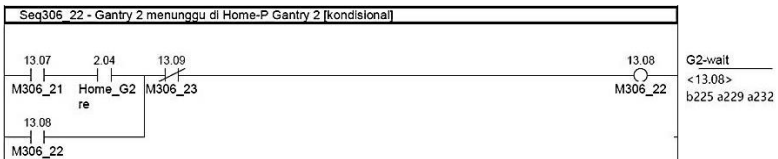
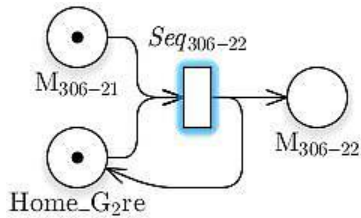
i. Tahap 306_2



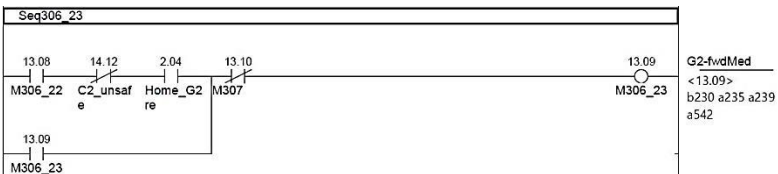
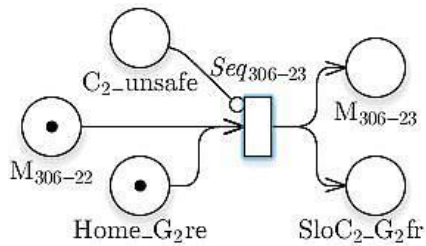
j. Tahap 306_21



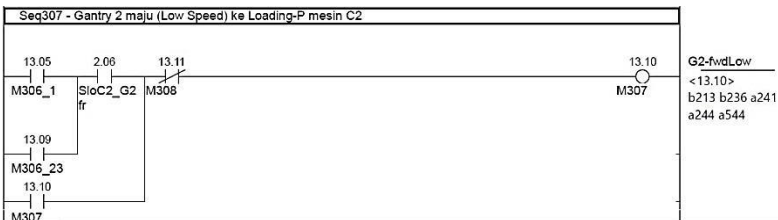
k. Tahap 306_22

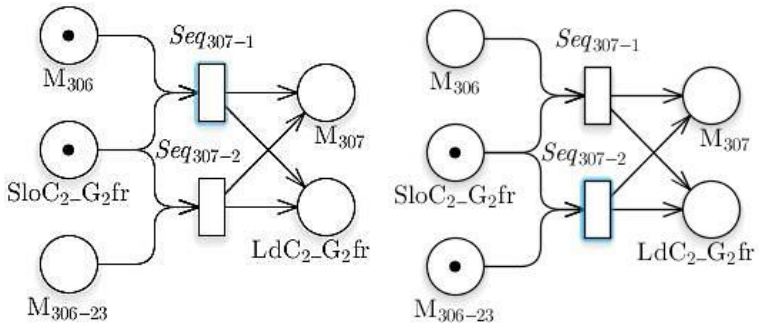


l. Tahap 306_23

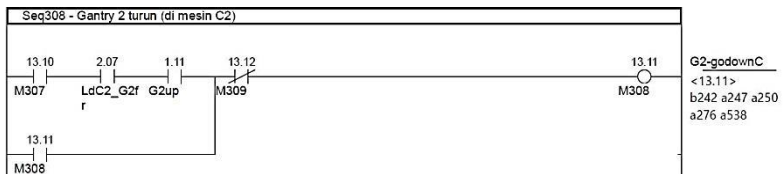
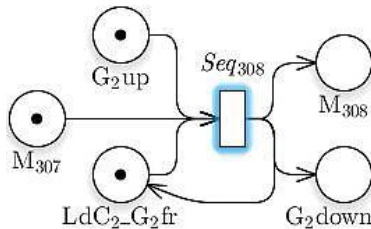


m. Tahap 307

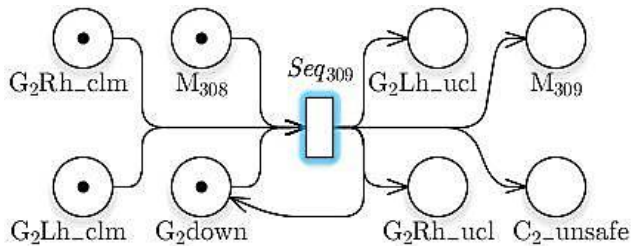


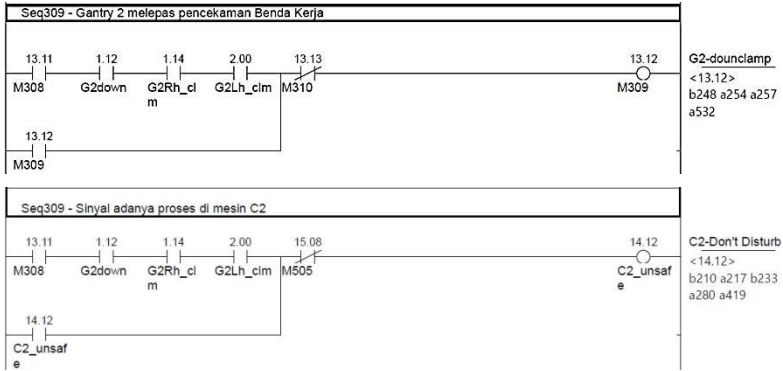


n. Tahap 308

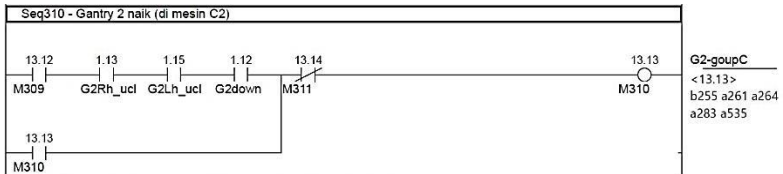
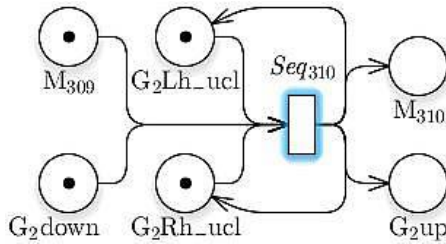


o. Tahap 309 dan Kondisi Mesin C2 Tidak Aman

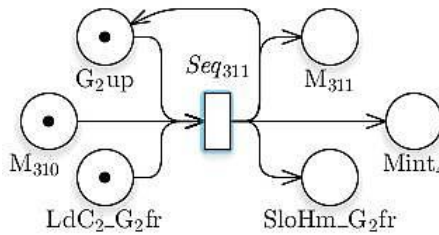


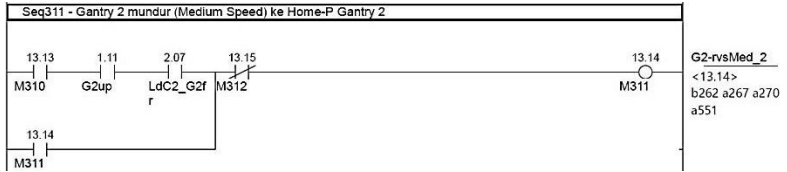


p. Tahap 310

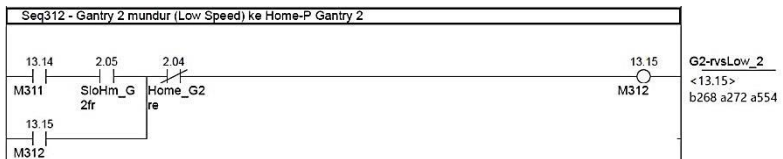
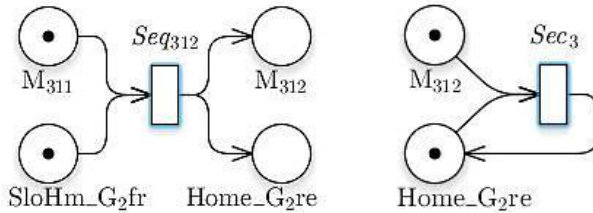


q. Tahap 311



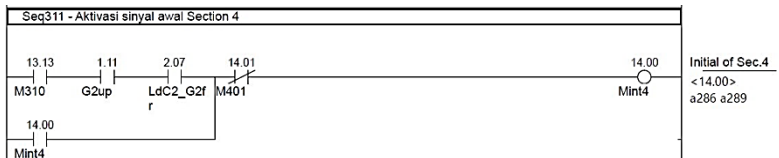
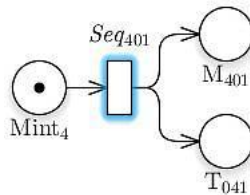


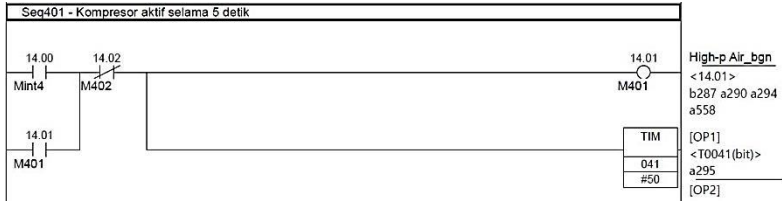
r. Tahap 312 dan Akhir Section 3



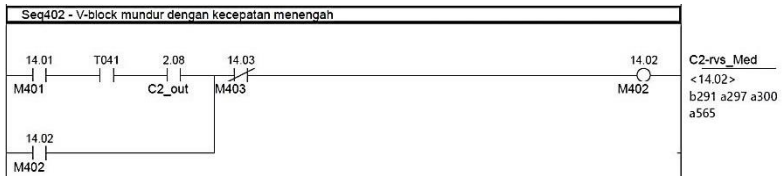
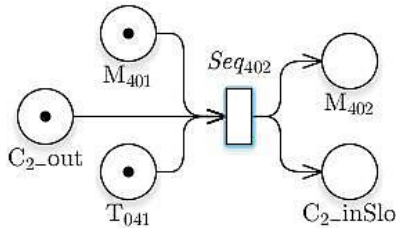
3. Perancangan Sistem Section 4

a. Tahap 401

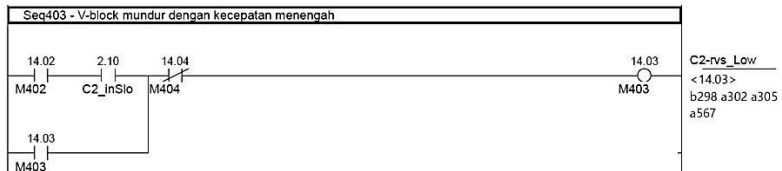
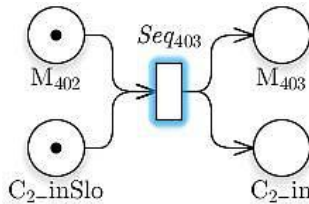




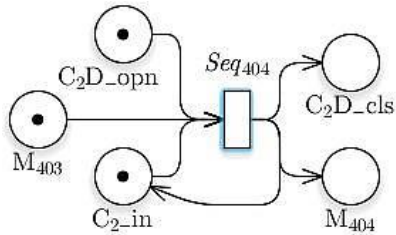
b. Tahap 402



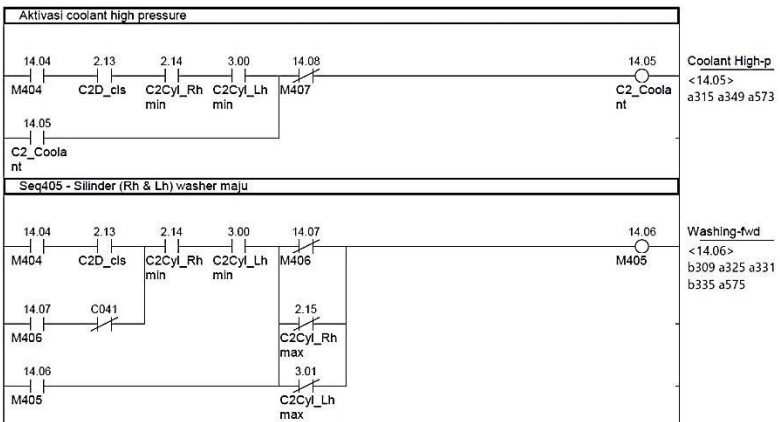
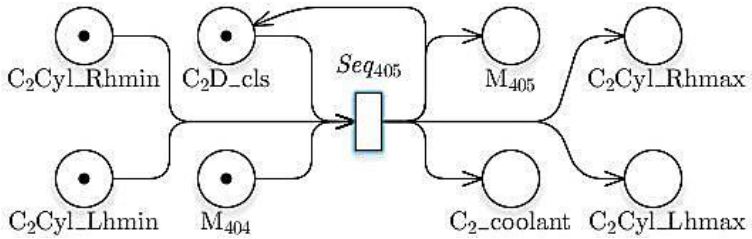
c. Tahap 403



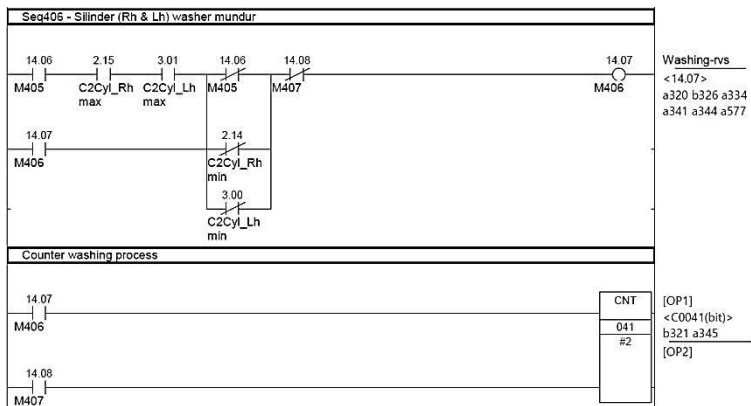
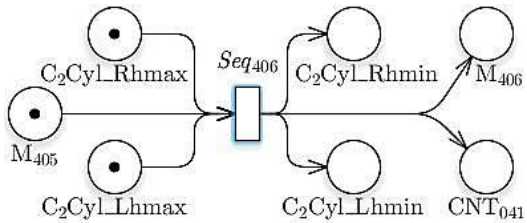
d. Tahap 404



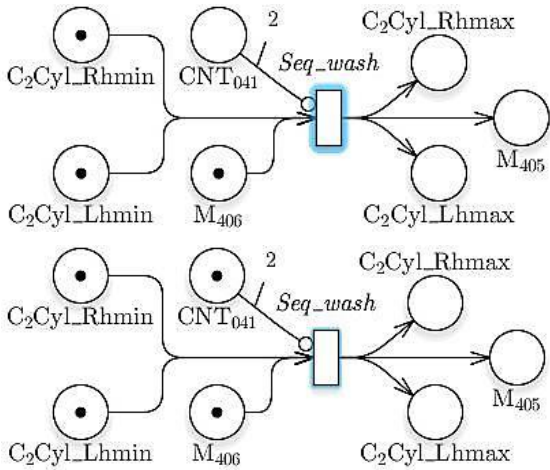
e. Tahap 405



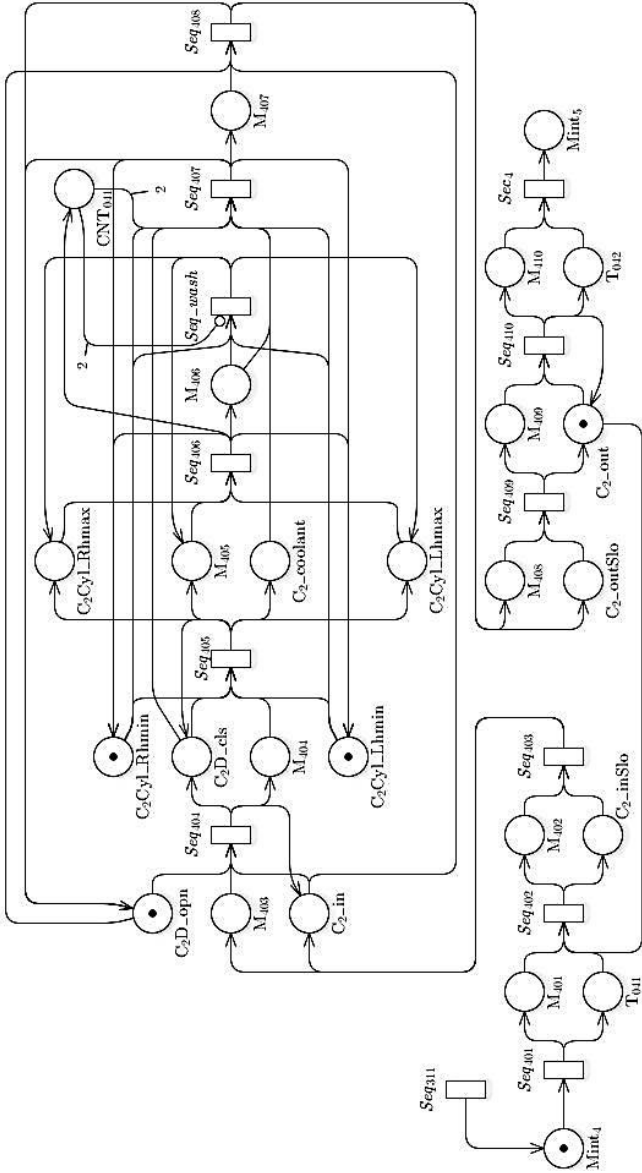
f. Tahap 406



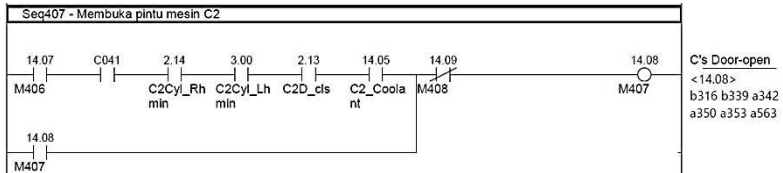
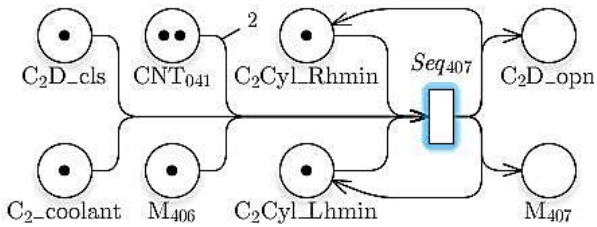
g. Proses Washing Berulang



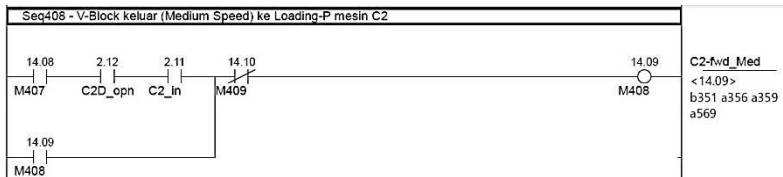
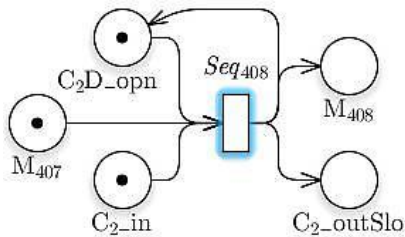
h. Section 4



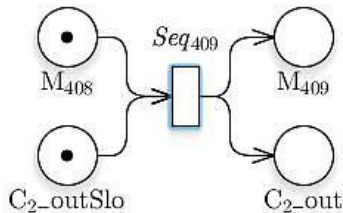
i. Tahap 407

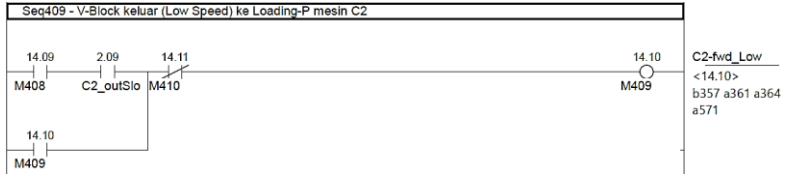


j. Tahap 408

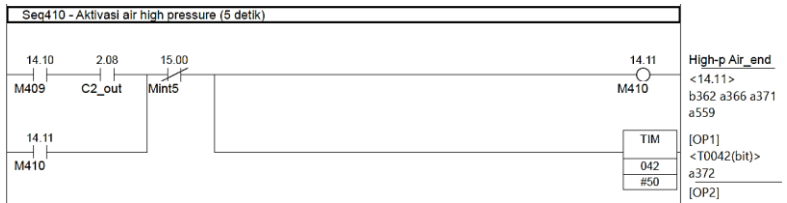
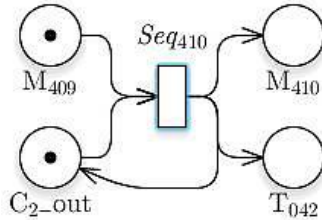


k. Tahap 409

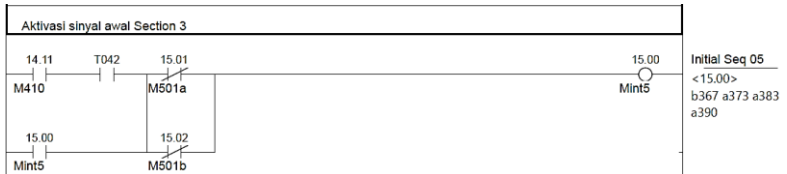
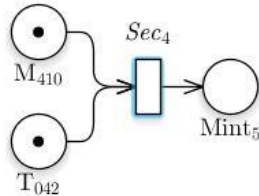




1. Tahap 410

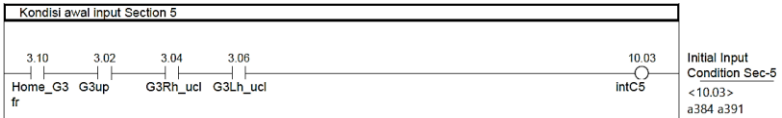
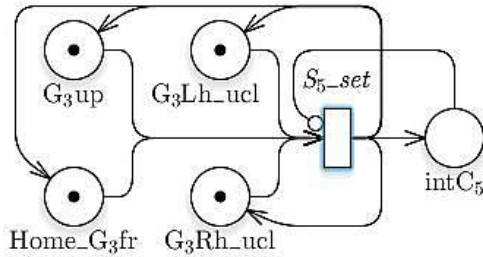


m. Tahap Akhir Section 4 dan Sinyal Awalan Section 5

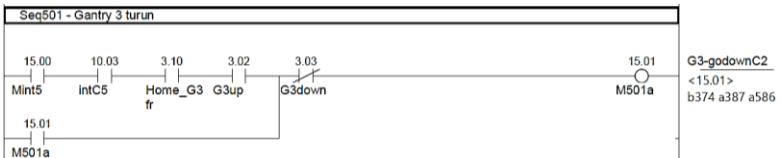
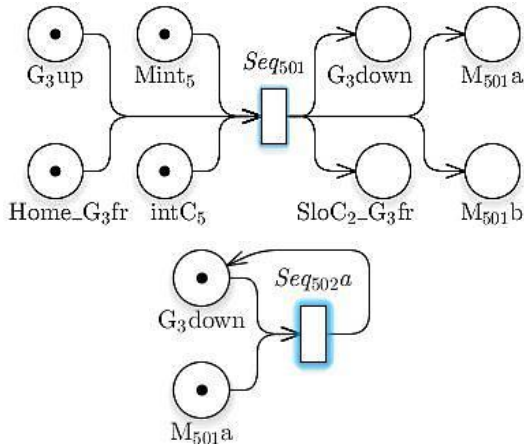


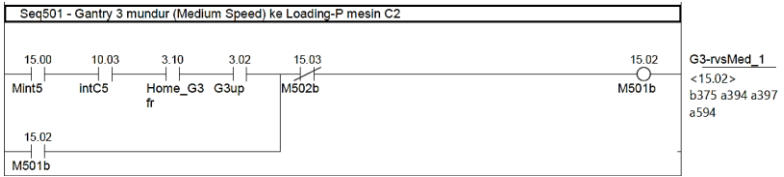
4. Perancangan Sistem Section 5

a. Inisial Posisi

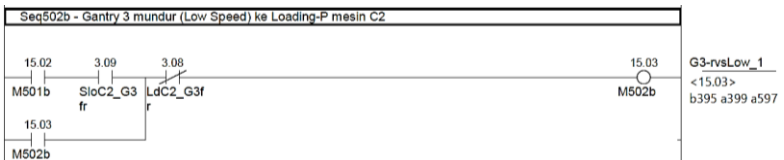
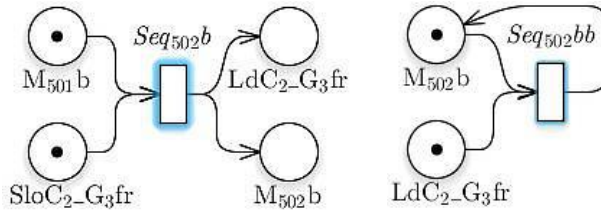


b. Tahap 501 dan 502a

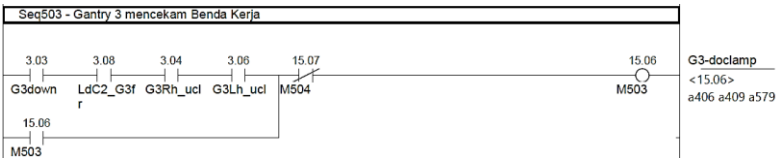
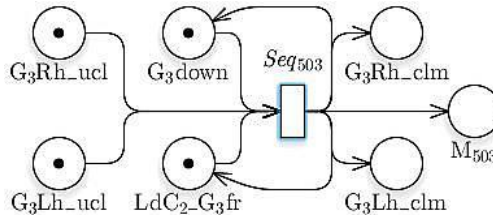




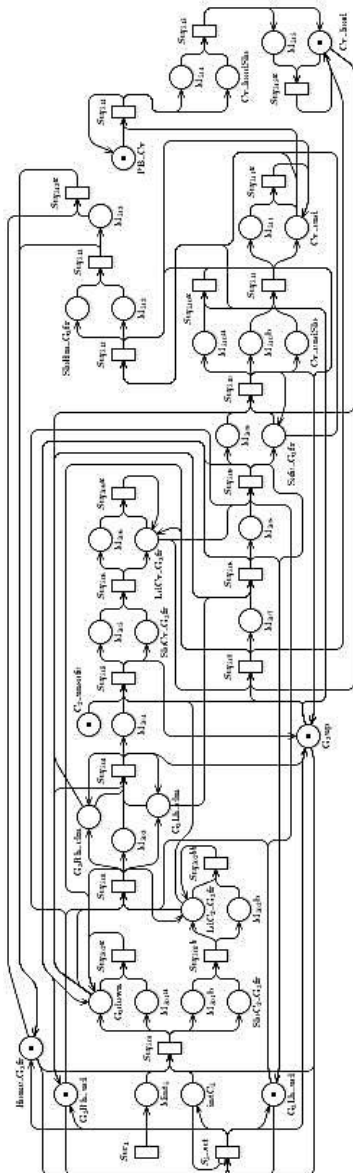
c. Tahap 502b dan 502bb



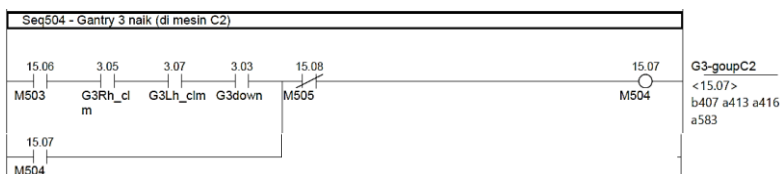
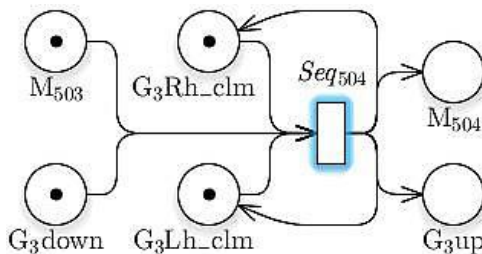
d. Tahap 503



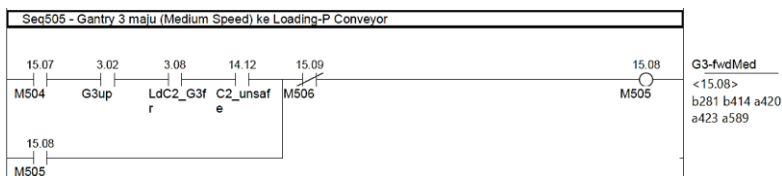
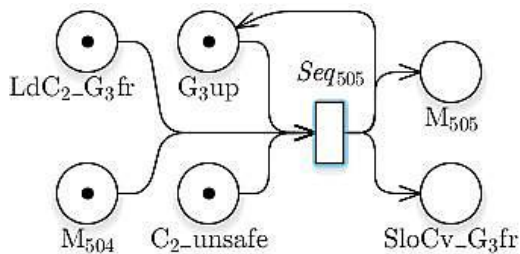
e. Section 5



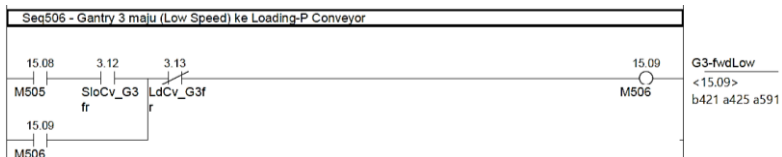
f. Tahap 504

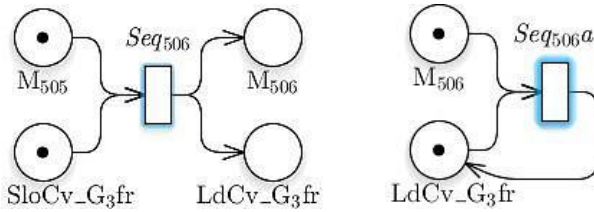


g. Tahap 505

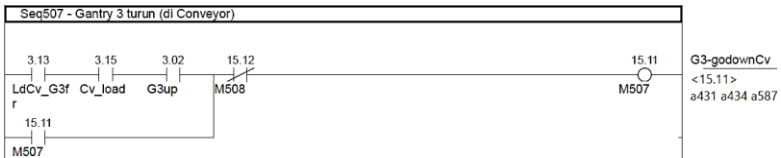
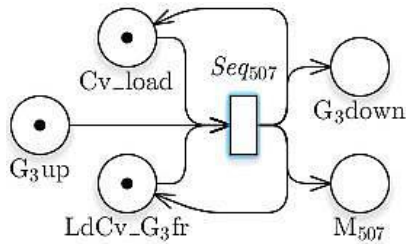


h. Tahap 506 dan 506a

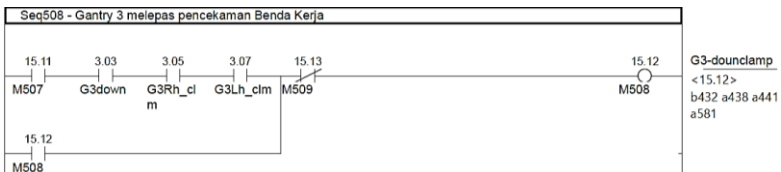
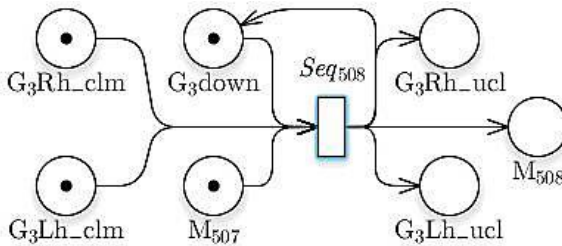




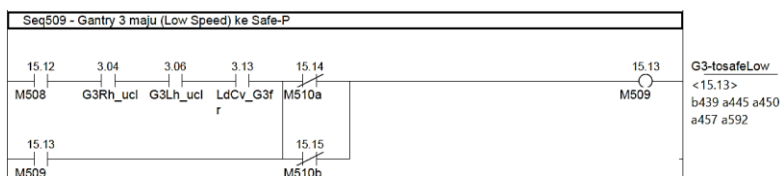
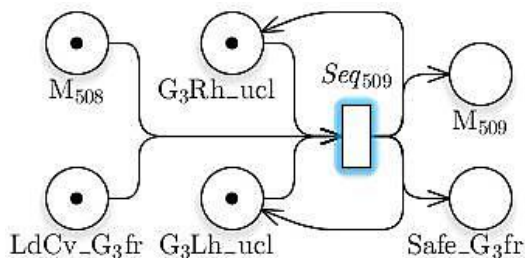
i. Tahap 507



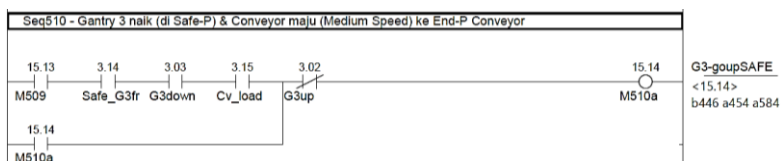
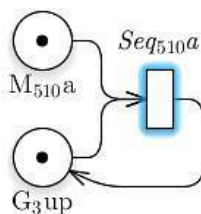
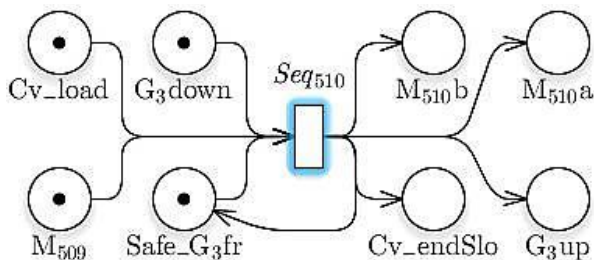
j. Tahap 508

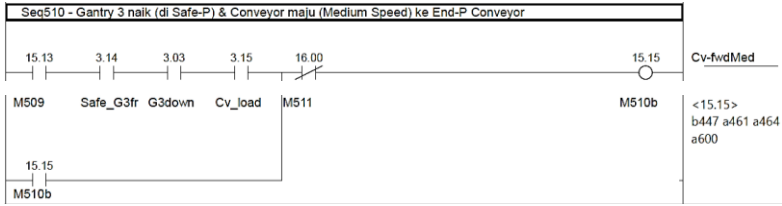


k. Tahap 509

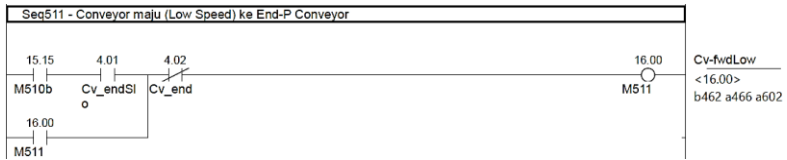
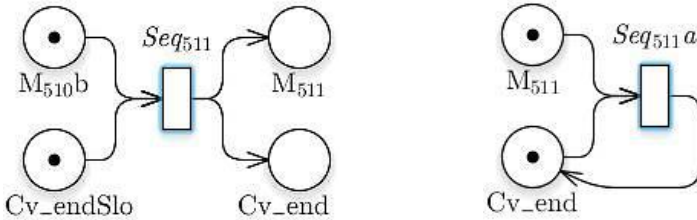


l. Tahap 510 dan 510a

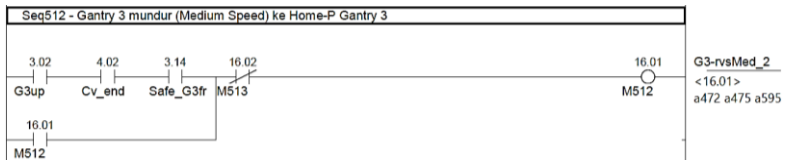
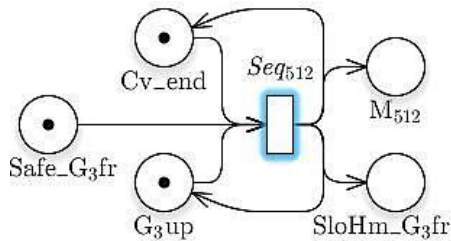




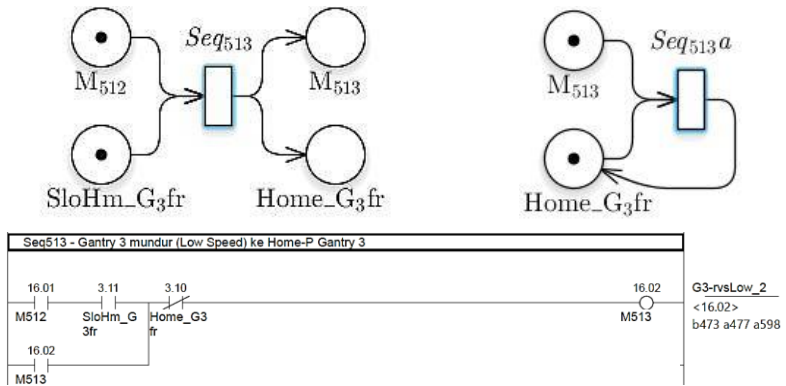
m. Tahap 511 dan 511a



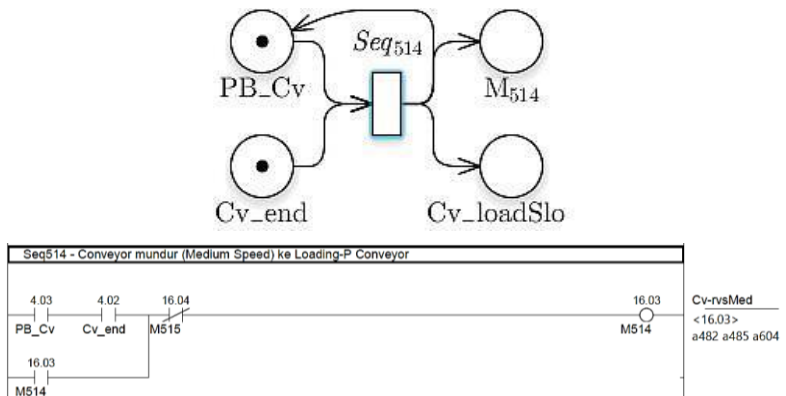
n. Tahap 512



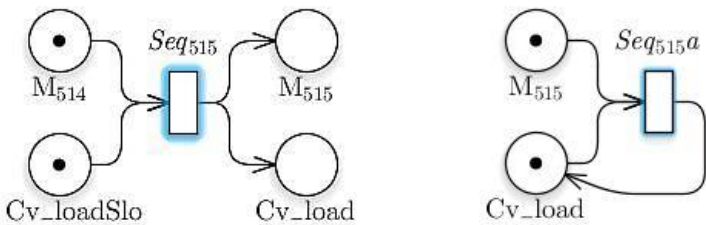
o. Tahap 513 dan 513a

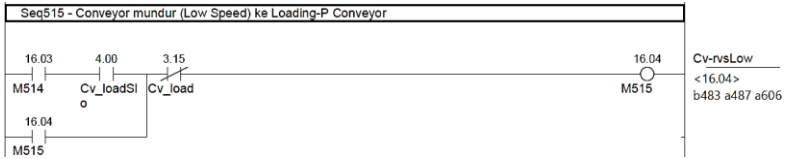


p. Tahap 514

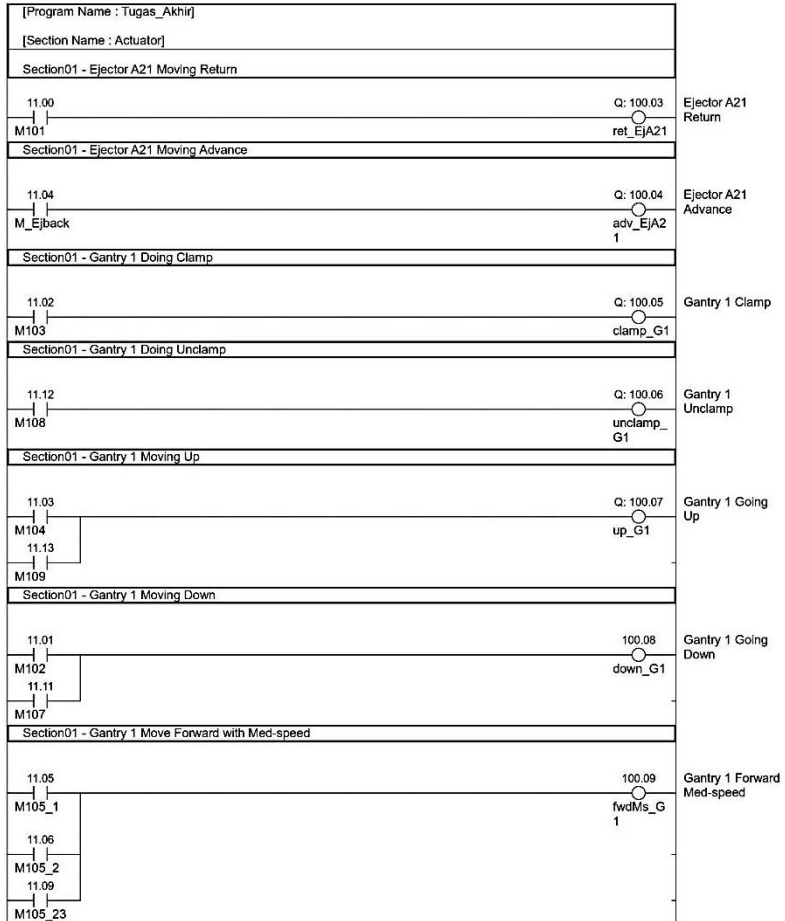


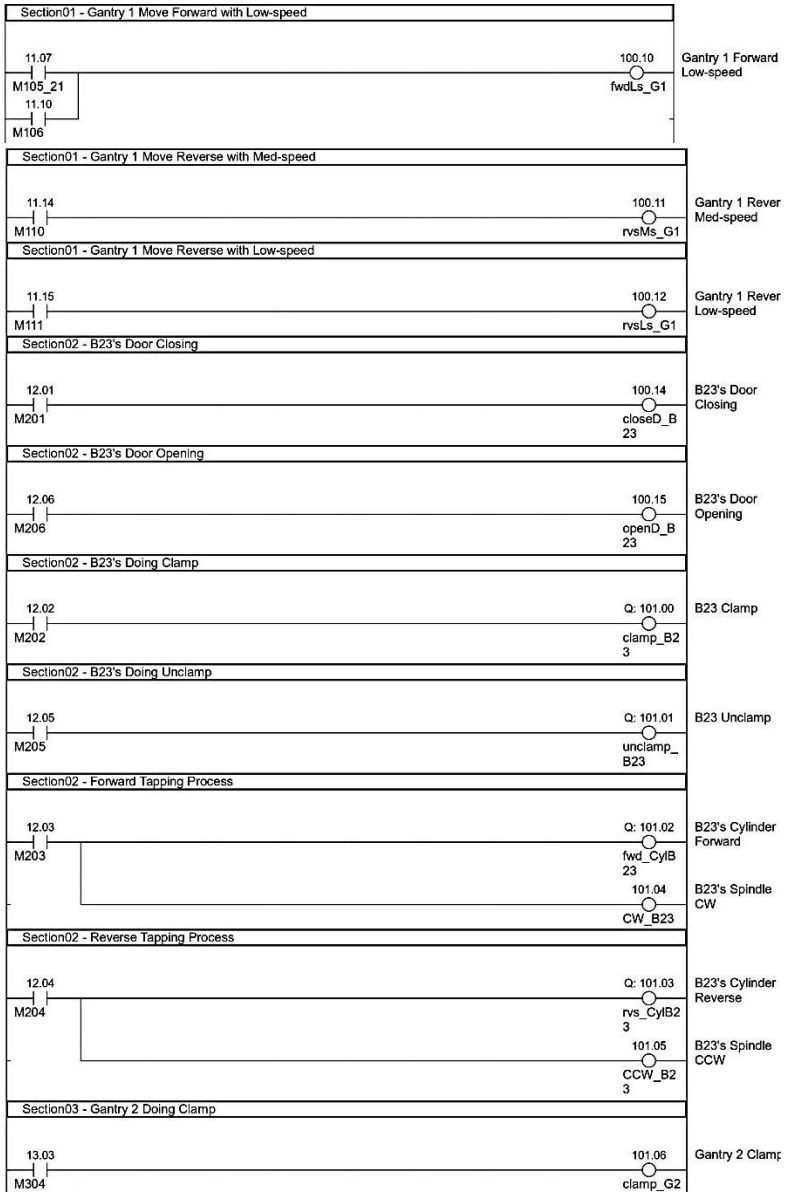
q. Tahap 515 dan 515a

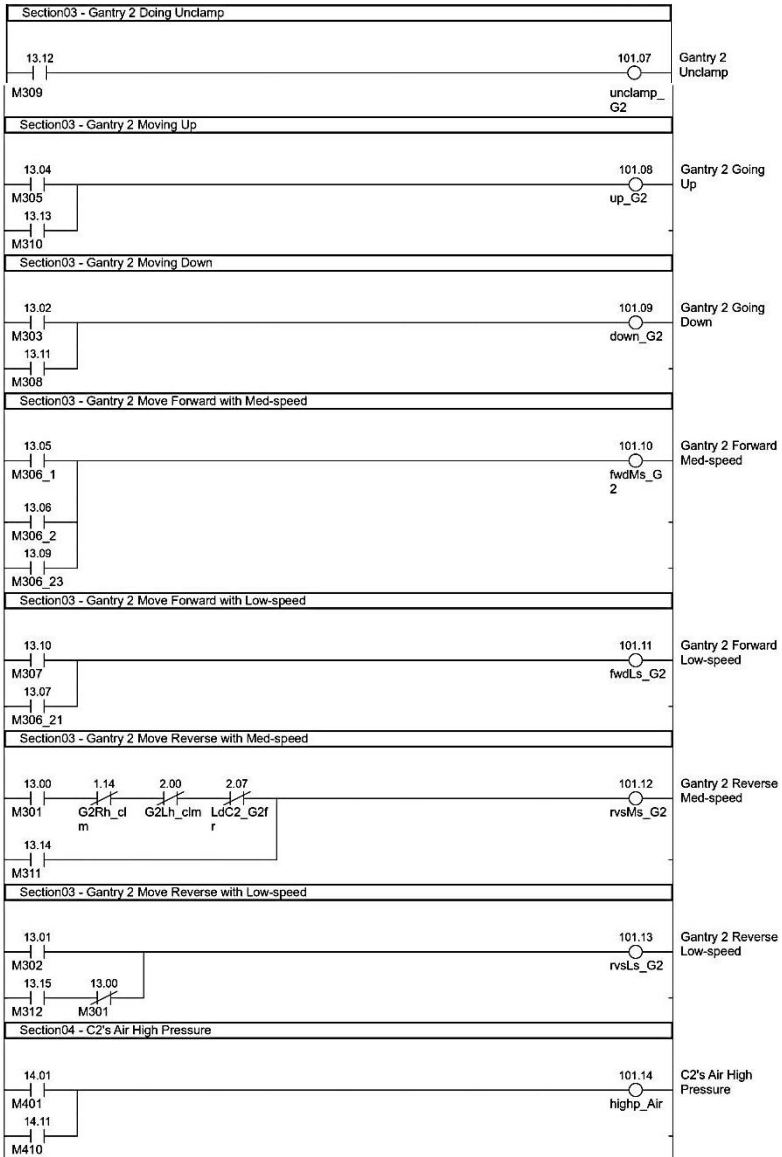















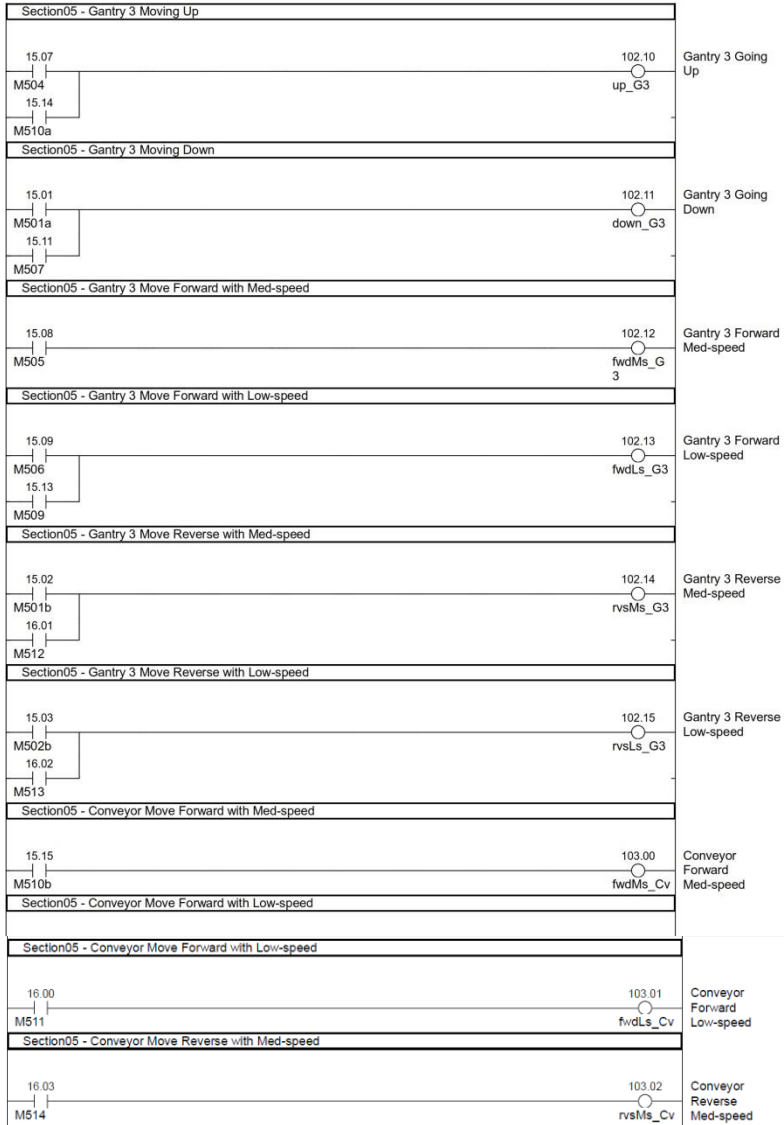
5. Ladder Diagram Komponen Output

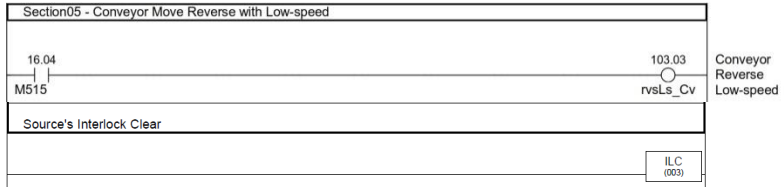




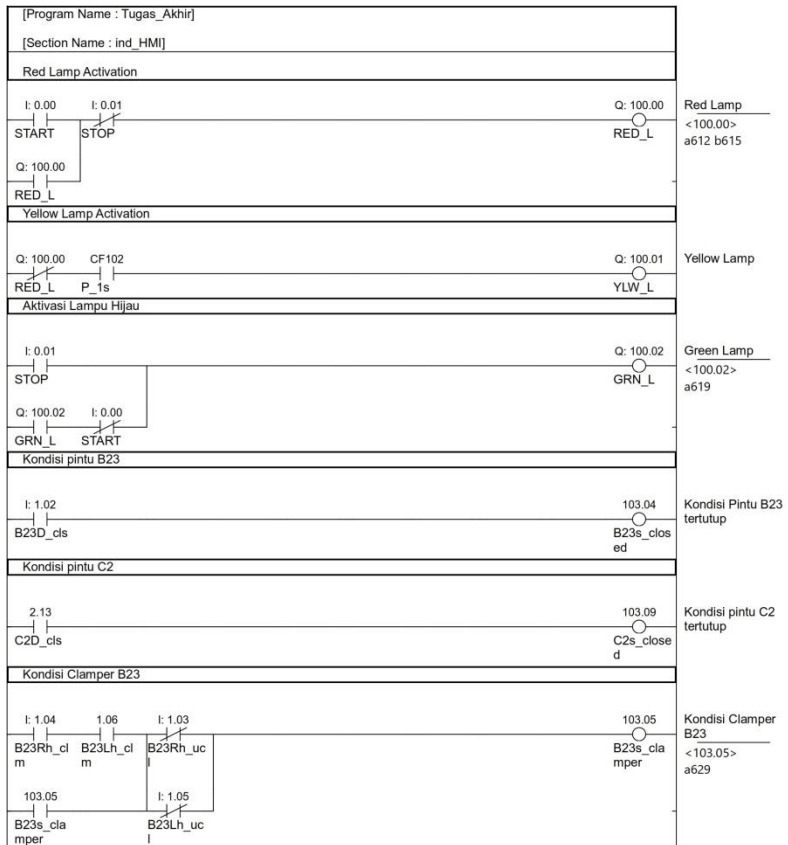


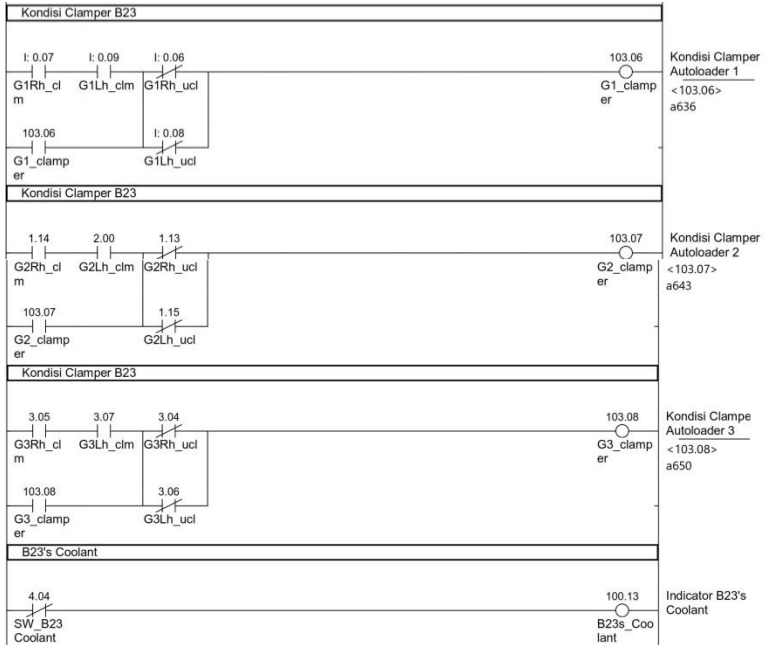
| | | |
|--|---|------------------------|
| Section04 - C2's Door Closing | | |
| 14.04 M404 |  | 101.15 closeD_C2 |
| Section04 - C2's Door Opening | | |
| 14.08 M407 |  | 102.00 openD_C2 |
| Section04 - C2's V-block Move Reverse with Med-speed | | |
| 14.02 M402 |  | 102.01 rvsMs_C2 |
| Section04 - C2's V-block Move Reverse with Low-speed | | |
| 14.03 M403 |  | 102.02 rvsLs_C2 |
| Section04 - C2's V-block Move Forward with Med-speed | | |
| 14.09 M408 |  | 102.03 fwdMs_C2 |
| Section04 - C2's V-block Move Forward with Low-speed | | |
| 14.10 M409 |  | 102.04 fwdLs_C2 |
| Section04 - C2's Coolant High Pressure | | |
| 14.05 C2_Coolant |  | 102.05 hpcoolant_C2 |
| Section04 - Forward Washing Process | | |
| 14.06 M405 |  | 102.06 fwd_CylC2 |
| Section04 - Reverse Washing Process | | |
| 14.07 M406 |  | 102.07 rvs_CylC2 |
| Section05 - Gantry 3 Doing Clamp | | |
| 15.06 M503 |  | 102.08 clamp_G3 |
| Section05 - Gantry 3 Doing Unclamp | | |
| 15.12 M508 |  | 102.09 unclamp_G3 |





6. Ladder Diagram Indikasi Pada HMI





RIWAYAT HIDUP



Ilham Raihan Dwi Ananto, lahir di Serang pada tanggal 25 September 1997. Putra kedua dari pasangan Ayahanda Hadiyanto dan Ibunda Sri Widayati. Telah menempuh pendidikan formal di SDN Kedaleman 4, SMP Negeri 1 Cilegon, dan SMA Negeri 1 Kota Serang, dan Diploma 3 Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika di Politeknik Manufaktur Negeri Bandung dan lulus pada tahun 2017. Penulis melanjutkan kuliah Lintas Jalur Sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengambil Jurusan Teknik Elektro, Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan.

Kontak :
Email : ilhamrhndwi@gmail.com
No. HP : +6285945952090