



TUGAS AKHIR - EE 184801

**DESAIN DIAGRAM *LADDER* DENGAN METODE *PETRI NET* UNTUK *LOGIC SEQUENCE* PADA *FEEDWATER* DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP**

Duviky Erison  
NRP 07111745000038

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

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





**FINAL PROJECT - EE 184801**

***LADDER DIAGRAM DESIGN USING PETRI NET FOR  
LOGIC SEQUENCE OF FEEDWATER ON STEAM POWER  
PLANT***

Duviky Erison  
NRP 07111745000038

*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 Diagram Ladder dengan Metode *Petri Net* untuk *Logic Sequence* pada *Feedwater* di Pembangkit Listrik Tenaga Uap”** 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, Juli 2019



Duviky Erison  
NRP 07111745000038

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

**DESAIN DIAGRAM LADDER DENGAN METODE *PETRI NET*  
UNTUK *LOGIC SEQUENCE* PADA *FEEDWATER* DI  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP**

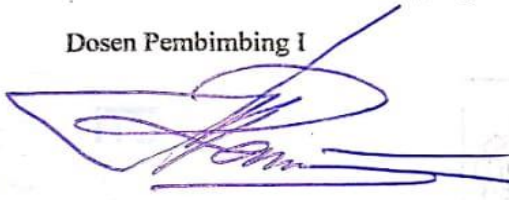
**TUGAS AKHIR**

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

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Mochammad Rameli  
NIP.19541227 1981031002

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



[Halaman ini sengaja dikosongkan]



# **DESAIN DIAGRAM LADDER DENGAN METODE PETRI NET UNTUK LOGIC SEQUENCE PADA FEEDWATER DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP**

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

## **ABSTRAK**

PLTU merupakan pembangkit listrik yang terbesar di Indonesia. PLTU memiliki beberapa sub system diantaranya adalah sub system *Feedwater*. Sistem proses *Feedwater* pada PLTU sangat penting karena untuk merubah air menjadi uap yang akan digunakan untuk menggerakkan sudu sudu turbin dan menghasilkan listrik. Proses *Feedwater* pada PLTU membutuhkan suatu alat untuk membuat kinerja proses ini supaya menjadi otomatis. Untuk menjalankan sistem secara otomatis pada proses *Feedwater*, diperlukan *programmable logic control* (PLC). Diagram *ladder* merupakan salah satu metode untuk memprogram PLC. Proses *Feedwater* sangat kompleks maka dibutuhkan rancangan pemrograman *ladder* agar menjadi sistematis. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengkonstruksi diagram *ladder*, metode yang digunakan pada tugas akhir ini adalah *Petri net*. Sebuah model alur proses otomatisasi dengan metode tersebut dapat digunakan untuk membuat rancangan konstruksi diagram *ladder* yang dapat diimplementasikan pada PLC untuk proses *Feedwater* pada PLTU. Dengan menggunakan metode ini dapat membuat *ladder* diagram pada pemrograman PLC menjadi sistematis dan memudahkan untuk troubleshooting jika terjadi kendala. Dari hasil konstruksi diagram *ladder* didapatkan diagram *ladder* sebanyak 49 *rung* yang terdiri dari 20 *rung* proses dan 29 *rung* *output*. Ketika dilakukan uji coba sebanyak 10 kali didapatkan waktu rata – rata 76,3 detik atau 1 menit 16 detik.

**Kata kunci:** *Feedwater*, PLTU, *Petri net*, Diagram *Ladder*, PLC

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

# ***LADDER DIAGRAM DESIGN WITH PETRI NET FOR LOGIC SEQUENCE OF FEEDWATER ON STEAM POWER PLANT***

*Name* : Duviky Erison  
*Supervisor 1* : Dr.Ir.Mochammad Rameli  
*Supervisor 2* : Eka Iskandar, ST., MT

## ***ABSTRACT***

*Steam Power Plant is the largest power plant in Indonesia. Steam Power Plant has several sub-systems including the Feedwater. The Feedwater process system at the steam power plant is very important because it converts water into steam which will be used to move the blade of the turbine and produce electricity. The Feedwater process requires a tool to make the performance of this process become automatic. To run the system automatically in the Feedwater process, a programmable logic control (PLC) is required. The ladder diagram is one method for programming the PLC. The Feedwater process is very complex, so a ladder design is needed to be systematic. There are several methods that can be used to construct a ladder diagram, the method used in this final project is Petri net. An automation process flow model with this method can be used to design a ladder diagram construction that can be implemented in the PLC for Feedwater processes at the steam power plant. Using this method can make ladder diagrams in PLC programming to be systematic and make it easier for troubleshooting if there are obstacles. From the construction of the ladder diagram there are 49 ladder diagrams which consist of 20 process steps and 29 output stages. When testing 10 times, the average time is 76.3 seconds or 1 minute 16 seconds.*

***Keywords:*** *Feedwater, PLTU, Petri net, Diagram Ladder, PLC*

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Desain Diagram Ladder dengan Metode *Petri net* untuk *Logic Sequence pada Feedwater di Pembangkit Listrik Tenaga Uap*”**. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat dan membantu menyelesaikan karya tulis ini. Oleh karena itu, ucapan terima kasih penulis sampaikan secara khusus kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga
2. Bapak Mochammad Rameli dan Bapak Eka Iskandar sebagai pembimbing.
3. Rekan – rekan Lintas Jalur angkatan 2017, terutama mahasiswa Teknik Sistem Pengaturan.
4. Rekan – rekan Tugas Akhir bimbingan Bapak Rameli dan Bapak Eka yang selalu menyemangati dan menemani.
5. Keluarga sebagai penyemangat.
6. Pihak lain yang ikut membantu penulis tidak dapat disebutkan namanya satu-persatu

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

Surabaya, Juli 2019

Duviky Erison  
NRP 07111745000038

[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 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan .....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Metodologi.....	3
1.6. Sistematika.....	3
1.7. Relevansi atau Manfaat.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap .....	5
2.1.1 <i>Bar Screen</i> .....	6
2.1.2 <i>Travelling Screen</i> .....	6
2.1.3 <i>Desalination Plant</i> .....	7
2.1.4 <i>Mixedbed Polisher Tank</i> .....	8
2.1.5 <i>Cooling Water Heat Exchanger</i> .....	8
2.1.6 <i>Condenser</i> .....	9
2.1.7 <i>Cathodic Protection</i> .....	9
2.1.8 <i>Deaerator</i> .....	10
2.1.9 <i>Chemical Injection</i> .....	10
2.1.10 <i>Steam Drum</i> .....	11
2.1.11 <i>Automatic Filter dan Basket Filter</i> .....	12
2.2 <i>Programmable Logic Control</i> .....	12
2.2.1 Bagian-Bagian PLC .....	12
2.2.2 PLC OMRON CP1E .....	14
2.2.3 Pemrograman PLC .....	14
2.2.4 Pengunduhan Program .....	17
2.3 HMI .....	17
2.4 <i>Petri Net</i> .....	18
BAB 3 PERANCANGAN SISTEM .....	21

3.1	Perumusan Sistem Proses <i>Feedwater</i> pada PLTU.....	21
3.2	Deskripsi Sistem.....	24
3.3	Langkah Kerja.....	25
3.4	Perancangan <i>Petri Net</i> .....	31
3.4.1	Pengelompokan Komponen.....	31
3.4.2	Perancangan <i>Petri Net</i> .....	34
3.5	Pengalamatan Komponen.....	40
3.6	Pemrograman Diagram <i>Ladder</i> .....	42
3.7	Perancangan HMI.....	51
3.8	Perancangan Input dan Output Modul.....	55
3.9	Interkoneksi Hardware.....	55
<b>BAB 4</b>	<b>PENGUJIAN DAN ANALISA.....</b>	<b>57</b>
4.1	Pengujian Sistem.....	57
4.1.1	Pengujian Timing Chart Sistem.....	57
4.1.2	Pengujian HMI.....	62
4.2	Pengujian Waktu Proses Sistem.....	71
<b>BAB 5</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>73</b>
5.1	Kesimpulan.....	73
5.2	Saran.....	73
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>75</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>77</b>
	<b>RIWAYAT HIDUP.....</b>	<b>87</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.2</b> <i>Bar Screen</i> .....	6
<b>Gambar 2.3</b> <i>Travelling Screen</i> .....	7
<b>Gambar 2.4</b> <i>Desalination Plant</i> .....	8
<b>Gambar 2.5</b> <i>Mixed Polisher Tank</i> .....	8
<b>Gambar 2.6</b> <i>Condenser</i> .....	9
<b>Gambar 2.7</b> <i>Deaerator</i> .....	10
<b>Gambar 2.8</b> <i>Steam Drum</i> .....	11
<b>Gambar 2.9</b> <i>Programmable Logic Control</i> .....	12
<b>Gambar 2.10</b> <i>PLC CP1E</i> .....	14
<b>Gambar 2.11</b> <i>Diagram Ladder</i> .....	15
<b>Gambar 2.12</b> <i>Function Block Diagram</i> .....	15
<b>Gambar 2.13</b> <i>Instruction List</i> .....	16
<b>Gambar 2.14</b> <i>Structure Text</i> .....	16
<b>Gambar 2.15</b> <i>Sequential Function Chart</i> .....	17
<b>Gambar 2.16</b> <i>CX Designer</i> .....	18
<b>Gambar 2.17</b> <i>Elemen Dasar Petri Net</i> .....	18
<b>Gambar 3.1</b> <i>Diagram Alir Tahapan Perancangan Sistem</i> .....	21
<b>Gambar 3.2</b> <i>Urutan Proses Feedwater PLTU (1)</i> .....	22
<b>Gambar 3.3</b> <i>Urutan Proses Feedwater PLTU (2)</i> .....	23
<b>Gambar 3.3</b> <i>PN Initial</i> .....	34
<b>Gambar 3.4</b> <i>PN Langkah 1</i> .....	35
<b>Gambar 3.5</b> <i>PN Langkah 2</i> .....	35
<b>Gambar 3.6</b> <i>PN Langkah 3</i> .....	36
<b>Gambar 3.7</b> <i>PN Langkah 4</i> .....	36
<b>Gambar 3.8</b> <i>PN Langkah 5</i> .....	37
<b>Gambar 3.9</b> <i>PN Langkah 6</i> .....	37
<b>Gambar 3.10</b> <i>PN Langkah 7</i> .....	38
<b>Gambar 3.11</b> <i>PN Langkah 8</i> .....	38
<b>Gambar 3.12</b> <i>PN Langkah 9</i> .....	39
<b>Gambar 3.13</b> <i>PN Langkah 10</i> .....	39
<b>Gambar 3.14</b> <i>PN Langkah 11</i> .....	40
<b>Gambar 3.15</b> <i>Rung Langkah Initial</i> .....	43
<b>Gambar 3.16</b> <i>Rung Langkah 1</i> .....	43
<b>Gambar 3.17</b> <i>Rung Langkah 2</i> .....	44
<b>Gambar 3.18</b> <i>Rung Langkah 3</i> .....	45
<b>Gambar 3.19</b> <i>Rung Langkah 4</i> .....	45
<b>Gambar 3.20</b> <i>Rung Langkah 5</i> .....	46
<b>Gambar 3.21</b> <i>Rung Langkah 6</i> .....	47

<b>Gambar 3.22</b> Rung Langkah 7 .....	47
<b>Gambar 3.23</b> Rung Langkah 8 .....	48
<b>Gambar 3.24</b> Rung Langkah 9 .....	49
<b>Gambar 3.25</b> <i>Rung</i> Langkah 10.....	50
<b>Gambar 3.26</b> Rung Langkah 10.2 .....	51
<b>Gambar 3.27</b> Halaman Panel <i>Input</i> .....	52
<b>Gambar 3.28</b> Halaman Awal HMI .....	53
<b>Gambar 3.29</b> Halaman Proses Kondenser .....	54
<b>Gambar 3.30</b> Desain Akriik Toggle sebagai input PLC.....	55
<b>Gambar 3.31</b> Integrasi PLC dengan HMI, Input dan Output .....	55
<b>Gambar 4.1</b> <i>Timing Chart</i> Sistem 1.....	58
<b>Gambar 4.2</b> <i>Timing Chart</i> Sistem 2.....	59
<b>Gambar 4.3</b> <i>Timing Chart</i> Sistem 3.....	60
<b>Gambar 4.4</b> <i>Timing Chart</i> Sistem 4.....	61
<b>Gambar 4.5</b> <i>Timing Chart</i> Sistem 5.....	62
<b>Gambar 4.6</b> Running Langkah 1 .....	63
<b>Gambar 4.7</b> Running Langkah 2 .....	64
<b>Gambar 4.8</b> Running Langkah 3 .....	65
<b>Gambar 4.9</b> Running Langkah 4 .....	65
<b>Gambar 4.10</b> <i>Running</i> Langkah 5 .....	66
<b>Gambar 4.11</b> <i>Running</i> Langkah 6 .....	67
<b>Gambar 4.12</b> Running Langkah 7 .....	68
<b>Gambar 4.13</b> Running Langkah 8 .....	68
<b>Gambar 4.14</b> Running Langkah 9 .....	69
<b>Gambar 4.15</b> Running Langkah 10 .....	70

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Penafsiran Transisi dan Place .....	19
<b>Tabel 2.2</b> Elemen dasar <i>ladder diagram</i> dan <i>Petri net</i> .....	19
<b>Tabel 2.3</b> Konversi <i>Petri Net</i> dan <i>Diagram Ladder</i> .....	20
<b>Tabel 3.1</b> <i>Input</i> Sistem.....	26
<b>Tabel 3.2</b> <i>Output</i> Sistem.....	27
<b>Tabel 3.3</b> Langkah Kerja Sistem .....	29
<b>Tabel 3.4</b> Pengelompokan Komponen <i>Place</i> .....	31
<b>Tabel 3.5</b> Pengelompokan Komponen <i>Transition</i> .....	33
<b>Tabel 3.6</b> Pengalamatan <i>Input</i> dan <i>Output</i> .....	41
<b>Tabel 4.1</b> Pengujian Sistem Keseluruhan .....	70
<b>Tabel 4.2</b> Pengujian Sistem .....	72

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pembangkit Listrik adalah alat yang berada di industri yang berfungsi untuk memproduksi dan membangkitkan tenaga listrik dari berbagai sumber tenaga. Pembangkit listrik mengubah suatu energi yang dipakai untuk menghasilkan listrik. Pembangkit listrik terdiri dari turbin dan generator yang bekerja untuk memproduksi listrik. Turbin berputar dan menggerakkan Generator, Generator dapat berputar dikarenakan dikopel oleh Turbin. Generator merupakan alat yang memproduksi listrik, listrik dihantarkan oleh jalur transmisi dan di distribusikan hingga ke rumah-rumah. Pembangkit listrik dibedakan dari cara atau jenis alat yang digunakan untuk memutar turbin. Jika yang memutar turbin adalah air maka disebut pembangkit listrik tenaga air dan seterusnya.

Jenis jenis pembangkit listrik yang banyak digunakan di Indonesia adalah PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap), PLTG (Pembangkit Listrik Tenaga Gas), PLTGU (Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap), dan PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air). Dari semua pembangkit yang ada di Indonesia, semuanya memiliki keunggulan masing masing. Seperti halnya PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) yang memiliki keunggulan yaitu energi yang digunakan terbilang murah dikarenakan memakai batu bara yang jauh lebih murah. Keunggulan yang lainnya adalah dapat bekerja selama 24 jam *non-stop*, daya yang dihasilkan PLTU besar, bahan bakar yang digunakan masih melimpah, mudah terbakar sehingga mudah menghasilkan energi, bahan bakar yang bisa didapatkan diseluruh dunia, serta keunggulan lain dari PLTU yaitu sisa dari batu bara dapat digunakan oleh industri yang lain seperti industri semen.

Secara garis besar PLTU ini memiliki 3 komponen penting untuk menghasilkan listrik yaitu Boiler, Turbin dan Generator. Didalam boiler terjadi proses pembakaran air, bahan bakar yang masuk di dalam boiler akan menjadi sumber energi untuk proses pembakarannya. Setelah terjadi pembakaran dengan suhu yang sangat tinggi, air akan berubah menjadi uap dengan suhu yang sangat tinggi yaitu sekitar 500°C, proses ini seperti melakukan proses mendidihkan air. Setelah berupa Uap, maka akan menuju ke Turbin untuk mendorong sudu-sudu turbin sehingga poros turbin akan berputar. Poros turbin dihubungkan langsung dengan generator, sehingga ketika turbin berputar maka generator juga akan ikut berputar. Karena generator ikut berputar maka akan menghasilkan energi

listrik yang akan dikirimkan ke trafo untuk dirubah tegangannya dan kemudian disalurkan melalui saluran transmisi PLN.

Beberapa penelitian telah dilakukan pada perancangan ladder diagram, yang pertama telah dilakukan oleh M. Sunardi pada tahun 2017 yang berjudul “Kontroksi Ladder Diagram dengan Metode Petrinet untuk Factory Automation Trainer”[8]. Pada penelitian yang pertama telah didapatkan ladder diagram yang sistematis dengan menggunakan metode petrinet untuk plant Factory Automation Trainer. Penelitian yang kedua dilakukan oleh Rifqi Zain yang berjudul “Kontruksi Diagram Ladder dengan Metode Petrinet untuk *Crude Palm Oil Process*”[10]. Pada penelitian yang kedua ini didapatkan diagram ladder yang sistematis untuk proses yang kompleks pada *plant Crude Palm Oil*

## 1.2. Permasalahan

Banyaknya proses yang berada di PLTU serta peralatan yang digunakan tidak dibilang kecil maka dibutuhkan sistem sistematis yang dapat mengkontrol semuanya. Untuk proses ini diperlukan kontroler yang mampu bertahan 24 jam dan bertahan jangka panjang. Salah satu kontroler yang bisa melakukan ini adalah kontroler jenis PLC. Jenis pemrograman pada PLC yang banyak digunakan adalah Ladder Diagram.

Proses yang kompleks pada PLTU membutuhkan perancangan terlebih dahulu pada pemrograman ladder-nya, supaya proses tersusun secara sistematis dan rapi. Dengan tersusunnya program ladder yang lebih sistematis dapat memudahkan pembacaan proses PLTU dan membantu jika terjadi maintenance.

Pada tugas akhir ini yang menjadi pokok permasalahan yaitu cara membuat Ladder Diagram yang sistematis untuk proses yang kompleks.

## 1.3. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk membuat pemrograman ladder pada proses PLTU menjadi sistematis dan rapi dengan menggunakan sebuah metode *Petri net* pada pembuatannya. Manfaat dari tugas akhir ini adalah mahasiswa mendapatkan pengetahuan mengenai proses *starting* pembangkit listrik tenaga uap dan hasil konstruksi *Ladder Diagram* dapat di implementasikan.

## 1.4. Batasan Masalah

- Proses pada *Subsystem* pada PLTU ini tidak sedetail pada PLTU aslinya dikarenakan data yang didapat.

- Proses konstruksi diagram *ladder* dilakukan pada PLC OMRON CP1E
- Proses konstruksi diagram *ladder* hanya menggunakan metode *Petri net* dan tidak dibandingkan dengan metode lainnya
- Metode *Petri net* yang digunakan merupakan *Petri net* diskrit dengan bantuan *software GreatSPN Editor*

## 1.5. Metodologi

Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini antara lain meliputi:

- Studi Literatur  
Studi literatur perlu dilakukan untuk menunjang penguasaan bahasan mengenai tugas akhir yang dikerjakan melalui media cetak berupa buku sumber, paper ataupun jurnal. Hal yang dipelajari meliputi:
  - Konsep pemodelan dengan metode *Petri net*
  - Identifikasi PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap)
  - Konsep pemrograman diagram *ladder*
- Perancangan Sistem  
Setelah dilakukan identifikasi, dilakukan pemodelan sistem pada PLTU menggunakan metode yang telah dipilih, yaitu metode *Petri net*. Setelah itu model *Petri net* dikonversi ke diagram *ladder*.
- Pengujian dan Analisis  
Setelah hasil pemodelan didapatkan, kemudian dilakukan simulasi diagram *ladder* yang diprogram pada PLC untuk memeriksa kesesuaian dengan hasil yang diinginkan.
- Penyusunan Laporan Tugas Akhir  
Penulisan dan penyusunan laporan tugas akhir, yang terdiri dari bab pendahuluan, dasar teori, perancangan sistem, simulasi dan analisa sistem, dan penutup.

## 1.6. Sistematika

Penulisan Tugas Akhir ini disusun berdasarkan lima bab yang tiap bagiannya membahas permasalahan yang berhubungan dengan Tugas Akhir.

Bab I : Pendahuluan

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

Bab II : Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas tinjauan pustaka yang membantu penelitian, diantaranya adalah teori pemodelan *Petri net*, teori *Feedwater* pada PLTU, teori otomasi sistem mengenai pemrograman diagram *ladder* pada PLC, teori HMI.

Bab III : Perancangan Sistem

Bab ini membahas perancangan sistem yang membahas mengenai perancangan langkah proses *Feedwater* pada PLTU, pemodelan proses *Feedwater* dengan metode *Petri net*, perancangan diagram *ladder* yang akan membantu memahami setiap tahapan aksi atau *event* pada proses *Feedwater*.

Bab IV : Pengujian dan Analisa

Bab ini meliputi pengujian hasil konstruksi diagram *ladder* yang didapat dari pemodelan beserta analisa.

Bab V : Penutup

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

### **1.7. Relevansi atau Manfaat**

Pembangkit Listrik Tenaga Uap atau PLTU di Indonesia Menjadi pembangkit yang populer di Indonesia. Penelitian konstruksi diagram *ladder* dengan melakukan pemodelan sistem berdasarkan metode *Petri net* dapat digunakan sebagai referensi untuk mengimplementasikan dan melakukan pengembangan pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap.



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap**

Pembangkit Listrik Tenaga uap atau PLTU merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan uap air sebagai fluida kerjanya, yaitu memanfaatkan energi kinetik uap untuk menggerakkan sudu-sudu turbin. Pada prinsipnya memproduksi listrik dengan sistem tenaga uap adalah mengambil energi panas yang terkandung dalam bahan bakar untuk memproduksi uap kemudian uap tersebut disalurkan ke Turbin, Kemudian Turbin tersebut akan merubah energi panas yang diterima menjadi energi menjadi energi mekanis dalam bentuk gerak putar. Dari gerakan putar ini dikopel dengan generator yang akhirnya bisa menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga uap ini memanfaatkan bahan bakar berupa batu bara, HSD, atau MFO untuk proses pembakaran merubah air ke uap. Pembangkit listrik tenaga uap dapat dilihat pada Gambar 2.1



**Gambar 2.1** Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pembangkit Listrik Tenaga Uap atau yang biasa dikenal dengan PLTU memiliki tiga komponen penting untuk membangkitkan energi listrik. Komponen komponen itu adalah Boiler, Turbin dan Generator. Boier berfungsi untuk memanaskan air seperti halnya memanaskan air biasa. Tetapi di boiler memanaskan air sampai berubah menjadi uap. Turbin memiliki fungsi untuk memutar generator dari uap yang telah dihasilkan oleh boiler. Generator berfungsi untuk menghasilkan listrik dikarenakan diputar oleh turbin.[9]

PLTU memiliki berbagai macam sub sistem yaitu sub sistem air yang berfungsi untuk memberi air ke komponen komponen pada PLTU

dan menjernihkan air laut untuk masuk ke boiler, sub sistem pelumasan minyak yang berfungsi untuk melakukan pelumasan pada bearing agar tidak terjadi gesekan saat berputar, sub sistem bahan bakar yang berfungsi untuk memberi bahan bakar kedalam boiler agar terjadi pembakaran, dan sub sistem terbentuknya listrik yang berfungsi untuk merubah uap kedalam listrik. Sub sistem yang akan dibahas lebih detail di buku ini yaitu sub sistem air. Sub sistem air ini didukung berbagai macam peralatan yang akan menunjang kinerja agar maksimal, peralatan peralatan ini akan dijelaskan pada sub bab berikut.

### **2.1.1 Bar Screen**

*Bar screen* atau saringan kasar berfungsi untuk menyaring sampah atau kotoran berukuran relative besar, terutama potongan-potongan kayu, daun, plastik, dan kotoran sejenis. *Bar screen* harus dibersihkan secara rutin, terutama apabila kotorannya terlalu banyak. Kotoran pada *bar screen* yang berlebihan akan menyebabkan debit air laut yang dipompa oleh CWP *pump* menjadi berkurang. Bar Screen dapat dilihat pada Gambar 2.2



**Gambar 2.2** Bar Screen

### **2.1.2 Travelling Screen**

*Traveling screen* atau saringan putar berfungsi sebagai penyaring kotoran-kotoran yang lolos dari *bar screen*. Saringan putar ini dapat dibersihkan secara otomatis dengan menggunakan *spray water*. Perbedaan tinggi permukaan air sebelum dan setelah saringan dapat diatur dengan menggunakan timer, salah satu yang mana tercapai terlebih dahulu. Bentuk dari Travelling screen dapat dilihat pada Gambar 2.3



**Gambar 2.3** *Travelling Screen*

### **2.1.3 Desalination Plant**

Peralatan ini berfungsi untuk mengubah air laut (*brine*) menjadi air tawar (*fresh water*) dengan metode penyulingan (kombinasi evaporasi dan kondensasi). Hal ini dikarenakan sifat air laut yang korosif, sehingga jika air laut tersebut dibiarkan langsung masuk ke dalam unit utama, maka dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan PLTU. Proses destilasi tujuannya untuk memperoleh destilate water. Caranya dengan memanaskan air laut dengan brine heater, untuk mencapai temperature air laut yang diinginkan yaitu antara 96°C sampai dengan 110°C. Selain itu berfungsi juga sebagai pensuplai air tawar/air penambah yang berfungsi untuk mengganti kehilangan air dalam siklus yang diakibatkan oleh adanya kebocoran air atau uap dan pembuangan lewat CBD sebagai koreksi kualitas boiler water. Air penambah mempunyai syarat-syarat kualitas tertentu. Untuk memperoleh kualitas yang ditentukan, air baku atau raw water diolah melalui Demin Water Plant.[7]

Bentuk dari Desalination Plant dapat dilihat pada Gambar 2.4



**Gambar 2.4** *Desalination Plant*

#### **2.1.4** *Mixed Polisher Tank*

Mixed Polisher berfungsi untuk menghilangkan ion-ion yang terlarut dalam air menggunakan resin kation dan anion agar air yang dihasilkan berupa  $H_2O$ . Tujuan mixed ini untuk mendapatkan konduktivitas air sebesar  $< 1\text{us/cm}$  [7]. Bentuk dari Mixed dapat dilihat pada Gambar 2.5



**Gambar 2.5** *Mixed Polisher Tank*

#### **2.1.5** *Cooling Water Heat Exchanger*

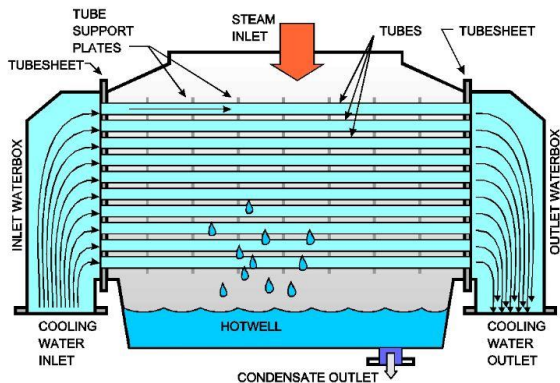
Cooling Water Heat Exchanger atau CWHE berfungsi sebagai penukar panas. Air yang digunakan untuk proses pendinginan komponen lain akan masuk ke CWHE. Di CWHE juga dialiri air dingin sehingga

terjadi kontak langsung dan menjadi dingin kembali lalu disirkulasikan kembali ke alat yang membutuhkan pendinginan.

### 2.1.6 *Condenser*

Condenser atau kondenser merupakan sebuah peralatan yang berada di PLTU untuk mengubah uap yang telah digunakan pada LP Turbin menjadi air kembali. Proses perubahannya dilakukan dengan cara mengalirkan uap ke suatu ruangan yang berisi pipa-pipa dimana pipa-pipa ini dialiri oleh air yang berasal dari air laut. Uap ini akan menjadi air murni lagi dan akan disirkulasikan lagi ke tahap selanjutnya. Posisi kondenser ini umumnya berada di bawah turbin, sehingga memudahkan aliran uap keluar turbin untuk masuk ke kondenser karena gaya gravitasi[3]

Air yang telah terkondensasi akan ditampung oleh Hotwell. Bentuk dari Condenser dapat dilihat pada Gambar 2.6



**Gambar 2.6** *Condenser*

### 2.1.7 *Cathodic Protection*

Metode dimana bertujuan untuk mencegah korosi pada material baja atau besi. Unsur-unsur korosif dari dalam bagian dalam pipa antara lain karena air laut. Kondisi tambahan yang dapat mempengaruhi korosi adalah suhu. Korosi adalah proses yang terjadi secara alami yang pasti akan terjadi, namun dengan teknologi yang telah ada sekarang korosi dapat dikendalikan. Ditinjau dari definisinya, konsep pengendalian korosi salah satunya adalah dengan cara elektrokimia. Yaitu membalikkan arah

arus korosi atau listrik dalam proses korosi, yang berarti mengalirkan arus listrik searah ke seluruh permukaan logam melalui elektrilit.[6]

### 2.1.8 Deaerator

*Deaerator* merupakan alat yang berfungsi untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan kadar  $O_2$  dari air pengisi. Deaerator juga berfungsi sebagai pemanas kontak langsung dengan air pengisi karena di dalam deaerator terdapat uap yang didapatkan dari IP Turbin. Uap akan memisahkan gas dari air pengisi dan gas tersebut akan dibuang ke atmosfer. Di dalam deaerator juga diberi bahan kimia berupa  $N_2H_4$ . Hasil air yang telah terproses akan masuk ke dalam *Deaerator Storage Tank*[3] Bentuk Deaerator dapat dilihat pada Gambar 2.7



**Gambar 2.7** Deaerator

### 2.1.9 Chemical Injection

Chemical Injection merupakan bagian penting pada PLTU untuk memberikan zat-zat kimia pada air sebelum masuk ke dalam boiler. Berikut merupakan zat kimia yang dipakai pada proses PLTU [7]:

1. Anti Scale  
Berfungsi untuk mencegah kerak di saluran pipa karena air laut banyak membawa mineral korosif.
2. Anti Foam  
Berfungsi untuk mencegah timbulnya busa karena air laut yang mengandung gas – gas seperti  $CO_2$ ,  $NH_4$  dan  $Cl_2$
3.  $FeSO_4$   
Memberikan lapisan perlindungan di pipa dengan membentuk lapisan film berupa lumpur tipis dan halus berwarna merah yang

berfungsi mencegah kontak antara mineral air laut dengan pipa besi sehingga korosi bisa dicegah.

4.  $N_2H_4$

Berfungsi untuk mengikat  $O_2$  terlarut karena gas  $O_2$  jika ikut terlarut maka akan menimbulkan banyak korosi.

### 2.1.10 *Steam Drum*

*Steam Drum* merupakan bagian utama dari boiler. Semua uap dan air yang beroperasi pada boiler akan selalu melewati steam drum. Sebenarnya inti dari steam drum adalah memastikan bahwa uap yang keluar dari steam drum sekering mungkin dan mengembalikan uap air ke sumber panas bebas. *Steam Drum* terletak di bagian atas boiler untuk memberikan reservoir atas untuk air yang meliputi tube bank menghasilkan. *Steam Drum* adalah bagian dari boiler yang berfungsi untuk<sup>[3]</sup>:

1. Menampung air yang akan dipanaskan pada pipa-pipa penguap (*wall tube*), dan menampung uap air dari pipa-pipa penguap sebelum dialirkan ke superheater.
  2. Memisahkan uap dan air yang telah dipisahkan di ruang bakar (*furnace*).
  3. Mengatur kualitas air boiler, dengan membuang kotoran-kotoran terlarut di dalam boiler melalui continuous *blowdown*.
  4. Mengatur permukaan air sehingga tidak terjadi kekurangan saat boiler beroperasi yang dapat menyebabkan *overheating* pada pipa boiler.
- Bentuk dari *Steam Drum* dapat dilihat pada Gambar 2.8



**Gambar 2.8** *Steam Drum*

### 2.1.11 *Automatic Filter* dan *Basket Filter*

Automatic Filter bekerja Normally Open dan motor filter bergerak otomatis berdasarkan perbedaan tekanan antara inlet dan outlet filter (karena ada penyumbat padatan) sehingga motor akanbergerak memutar filter untuk merontokkan filter. Basket Filter berfungsi menyaring jika masih ada partikel padatan terikut.

## 2.2 *Programmable Logic Control*

Secara mendasar PLC (Gambar 2.9) adalah suatu peralatan kontrol yang dapat diprogram untuk mengontrol proses atau operasi mesin. Kontrol program dari PLC adalah menganalisa sinyal input kemudian mengatur keadaan output sesuai dengan keinginan pemakai.

Keadaan input PLC digunakan dan disimpan didalam memory dimana PLC melakukan instruksi logika yang di program pada keadaan inputnya. Peralatan input dapat berupa sensor photo elektrik, push button pada panel kontrol, limit switch atau peralatan lainnya dimana dapat menghasilkan suatu sinyal yang dapat masuk ke dalam PLC. Peralatan output dapat berupa switch yang menyalakan lampu indikator, relay yang menggerakkan motor atau peralatan lain yang dapat digerakkan oleh sinyal output dari PLC.

Selain itu PLC juga menggunakan memory yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi yang melaksanakan fungsi-fungsi khusus seperti: logika pewaktuan, sekuensial dan aritmetika yang dapat mengendalikan suatu mesin atau proses melalui modul-modul I/O baik analog maupun digital [4]



**Gambar 2.9** Programmable Logic Control

### 2.2.1 *Bagian-Bagian PLC*

Pada umumnya baik PLC tipe *compact* ataupun *modular* memiliki tiga bagian utama yaitu *power supply*, *central processing unit* dan modul *input/output*.



## 1. Power Supply

PLC tidak akan beroperasi bila tidak ada supply daya listrik. Power supply merubah tegangan input menjadi tegangan listrik yang dibutuhkan oleh PLC. Dengan kata lain sebuah suplai daya listrik mengkonversikan suplai daya PLN (220 V) ke daya yang dibutuhkan CPU atau modul input/output.

## 2. CPU

CPU berfungsi untuk mengontrol dan mengawasi semua pengopersian dalam PLC, melaksanakan program yang disimpan didalam memory. Selain itu CPU juga memproses dan menghitung waktu memonitor waktu pelaksanaan perangkat lunak dan menterjemahkan program perantara yang berisi logika dan waktu yang dibutuhkan untuk komunikasi data dengan pemrogram.

## 3. Modul

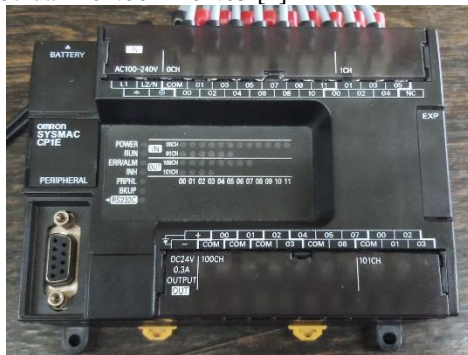
Dalam pengoperasiannya CPU tidak dapat bekerja sediri, dibutuhkan modul yang dapat berfungsi sebagai masukan atau keluaran dari PLC. Sinyal masukan dan keluaran dapat berupa digital atau analog dan masing – masingnya terhubung pada satu alamat sendiri. Untuk sinyal digital, pada umumnya memiliki level tegangan berkisar 5 – 24 volt. Untuk sinyal analog, terdapat dua tipe yaitu menggunakan tegangan 10 volt; 12 volt; 24 volt tergantung tipe PLC yang digunakan dan tipe arus dengan level arus 4 – 20 mA. Pada sinyal analog terdapat *analog to digital converter* (ADC).

## 4. Memori

Memori didalam PLC digunakan untuk menyimpan data dan program. Secara fisik, memori ini berupa chip dan untuk pengaman dipasang baterai back-up pada PLC. Unit memori ini sendiri dapat dibedakan atas 2 jenis yaitu *Volatile memory* dan *non-volatile memory*. *Volatile Memory* adalah suatu memori yang apabila sumber tegangannya dilepas maka data yang tersimpan akan hilang. Karena itu memori jenis ini bukanlah media penyimpanan permanen. Sedangkan *Non-Volatile Memory* merupakan kebalikan *Volatile Memory* yaitu suatu memori yang meski sumber tegangan dilepas data yang tersimpan tidak akan hilang. Salah satu jenis memori ini adalah ROM (*Read Only Memory*).

## 2.2.2 PLC OMRON CP1E

Pada proses implementasi diagram *ladder* digunakan PLC tipe OMRON CP1E (Gambar 2.10) sebagai kontroler pada proses *Feedwater* pada PLTU. OMRON CP1E merupakan PLC tipe *modular*. PLC CP1E digunakan pada tugas akhir ini karena PLC tipe ini dapat dikoneksikan dengan *CX Designer* bawaan dari Aplikasi Omron *CX One* sendiri. Pada PLC omron CP1E yang digunakan terdapat pin I/O digital sebanyak 30 buah dimana 18 dapat digunakan sebagai pin input dan 12 dapat digunakan sebagai pin output. Berikut ini adalah daftar alamat I/O yang dapat digunakan dalam melakukan pengalamatan input dan output pada *Cx-Programmer*. Input CP1E 0.00 – 0.15 dan 1.00 – 1.05 serta Output 100.00 – 100.07 dan 101.00 – 101.03 [4]



Gambar 2.10 PLC CP1E

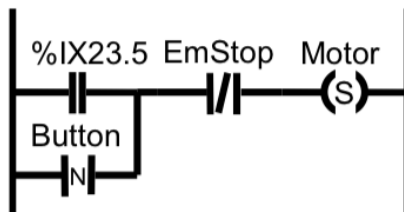
## 2.2.3 Pemrograman PLC

Untuk dapat beroperasi, PLC perlu ditanamkan terlebih dulu suatu program. Agar logika PLC sesuai dengan yang diinginkan dan efektif maka program PLC dirancang sedemikian rupa. Orang yang memprogram PLC disebut dengan PLC *programmer*. Berdasarkan standar IEC 61131-3, terdapat lima bahasa pemrograman yang dapat digunakan untuk merancang program PLC.

### 1. Diagram Ladder

Diagram *ladder* (Gambar 2.11) merupakan salah satu bahasa pemrograman PLC yang berbentuk grafis. Bahasa ini disebut dengan diagram ladder karena bentuknya yang mirip dengan tangga. Untuk memahami diagram *ladder*, dapat diasumsikan seperti rangkaian listrik dimana di sebelah kiri dan kanan terdapat *bus bar*. Sisi kiri berupa

kutub positif dan sisi kanan sebagai kutub positif, maka dapat diasumsikan arus mengalir dari sisi kanan ke sisi kiri.

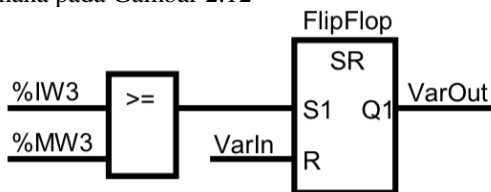


Gambar 2.11 Diagram Ladder

Beberapa komponen utama diagram *ladder* adalah kontak *normally open*, kontak *normally closed*, koil, dan beberapa fungsi yang beberapa diantaranya adalah *timer* dan *counter*. Seluruh komponen tersebut dapat dirangkai dalam satu rung.

## 2. Function Block Diagram

*Function Block Diagram* (FBD) adalah salah satu bahasa pemrograman PLC yang berupa kumpulan fungsi logika yang dikumpulkan pada satu blok. Satu blok dengan blok yang lainnya dapat dikombinasikan dengan blok yang lainnya berdasarkan dengan kebutuhan program. Serangkaian blok logika yang dihubungkan satu sama lain akan menghasilkan variasi blok fungsi logika yang lain sebagaimana pada Gambar 2.12



Gambar 2.12 Function Block Diagram

## 3. Instruction List

*Instruction List* adalah suatu bahasa tingkat rendah yang mirip dengan Assembly yang tersusun oleh sekumpulan perintah yang disertai dengan pengalamatan tertentu pada tiap instruksi. Contoh

program dengan bahasa *instruction list* dapat dilihat pada Gambar 2.13

```
LD      %IX23.5
ORN     Button
ANDN    EmStop
S       Motor
```

**Gambar 2.13** *Instruction List*

#### 4. Structure Text

*Structure Text* (ST) merupakan bahasa pemrograman PLC yang dilakukan dengan daftar teks atau notasi. Bahasa program ini merupakan bahasa tingkat tinggi sehingga pemrogramannya mirip dengan bahasa C. Untuk contoh pemrograman dengan menggunakan bahasa *Structure Text* dapat dilihat pada Gambar 2.14

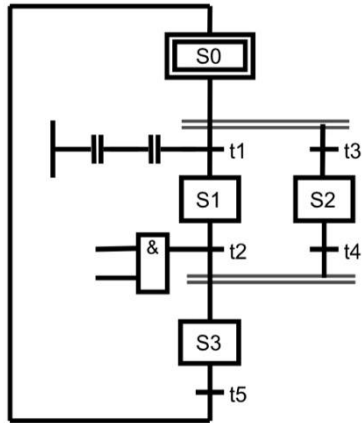
```
FlipFlop ( S1 := (%IW3 >= %MW3),
           R := VarIn );

VarOut := FlipFlop.Q1;
```

**Gambar 2.14** *Structure Text*

#### 5. Sequential Function Chart

*Sequence Function Chart* (SFC) adalah bahasa pemrograman yang dibuat dalam bentuk *chart*. Setiap bagian *chart* memiliki fungsi tertentu yang akan menentukan urutan langkah. Maka setiap *step* atau langkah diwakili oleh satu atau beberapa *chart* yang saling terhubung.



**Gambar 2.15** *Sequential Function Chart*

### 2.2.4 Pengunduhan Program

Pengunduhan program dari komputer ke PLC dilakukan melalui sambungan kabel *serial* RS232 yang terhubung dengan PLC OMRON dan kabel usb *serial* converter yang terhubung dengan komputer. Namun sebelumnya, komputer yang digunakan untuk mendownload program harus terlebih dahulu terinstall *driver* agar computer dapat menyesuaikan dengan protokol komunikasi yang terdapat pada PLC.

## 2.3 HMI

*Human Machine Interface* (HMI) merupakan sistem yang menghubungkan antara manusia dan mesin. HMI dapat berupa visualisasi status dari proses dan kontroler baik secara manual melalui visualisasi computer yang *real time*. Salah satu alasan digunakannya HMI adalah untuk mempermudah operator melihat status proses atau mesin atau pada tugas akhir ini dapat memudahkan melihat status keadaan dari suatu proses dan melakukan simulasi pengendalian proses melalui visualisasi komputer. HMI yang baik dan handal akan membantu operator untuk mengamati, mengatur suatu proses pada *plant* secara efektif dan efisien Pada tugas akhir ini akan digunakan program HMI yang bernama CX-Designer yang merupakan program bawaan dari PLC Omron.



**Gambar 2.16** CX Designer

## 2.4 Petri Net

*Petri net* merupakan adalah metodologi untuk memodelkan, mengevaluasi dan mengontrol *discrete event system* (DES). *Petri net* terdiri dari beberapa elemen dasar. Sebagaimana pada Gambar 2.17. Berikut adalah penjelasan dari beberapa elemen dasar tersebut.

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



**Gambar 2.17** Elemen Dasar *Petri Net*

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. Aturan – aturan “*firing*” tersebut disebut juga sebagai *token game*. [1]













**Tabel 2.1** Penafsiran Transisi dan Place

Input Place	Transision	Output Place
Kondisi Awal	Kejadian	Kondisi Akhir
Input Data	Tahap	Output Data
Sinyal Input	Sinyal Diproses	Sinyal Output
Bahan Baku	Pengolahan	Hasil Produk
Kondisi	Syarat atau Ketentuan	Kesimpulan

### Elemen Dasar Ladder diagram dan Petri net

Sebagaimana dijelaskan pada bagian sebelumnya bahwa elemen dasar *Petri net* berupa *place*, *transition*, fungsi *input* dan fungsi *output*. Sedangkan elemen dasar pada diagram *ladder* adalah *push button*, *limit switch*, *relay coil*, *timer*, dan *counter*. Elemen – elemen dasar tersebut dapat dianalogikan satu sama lain sebagaimana pada Tabel 2.2

**Tabel 2.2** Elemen dasar *ladder diagram* dan *Petri net*

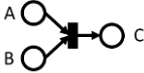
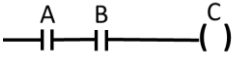
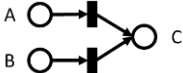
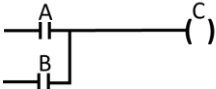
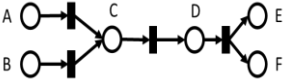
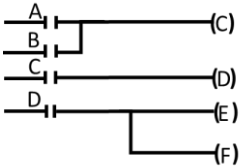
Type	Diagram Ladder		Petri Net	
Nodes	<i>Push Button</i>		<i>Place</i>	
	<i>Normally Open</i>			
	<i>Normally Close</i>			
	<i>Relay Coil</i>		<i>Transisi</i>	
	<i>Timer</i>			
	<i>Counter</i>			
	<i>Solenoid</i>			
Links	<i>Line</i>		<i>Normally Arc</i>	
			<i>Inhibitor Arc</i>	

### Konversi Petri Net dan Ladder Diagram

Perancangan *Petri net* dibuat berdasarkan logika sekuen yang menggambarkan sistem bekerja dari awal sampai akhir dengan urutan

yang terstruktur, hal ini memiliki keterkaitan dengan proses otomasi yang berjalan secara sekuen. Untuk membuat sebuah program dibutuhkan konstruksi *ladder diagram* untuk menjalankan program sistem otomasi. Oleh karena *Petri net* dan *ladder diagram* memiliki keterkaitan satu dengan yang lain, terutama pada logika sekuen, sehingga konstruksi *ladder diagram* dibuat dari perancangan *Petri net*. *Petri net* yang telah dirancang dikonversi ke *ladder diagram* sehingga urutan program *ladder diagram* menjadi terstruktur seperti pada *Petri net*. Berikut merupakan logika dasar yang konversikan pada *Petri net* dan *ladder diagram* [5]:

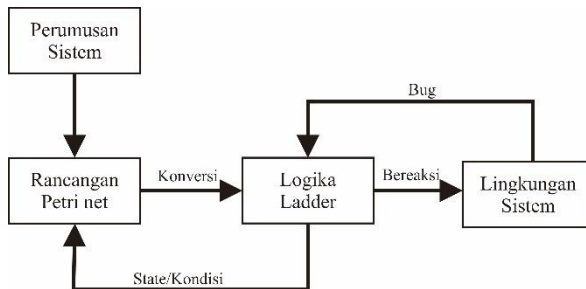
**Tabel 2.3** Konversi *Petri Net* dan *Diagram Ladder*

Konstruksi	<i>Petri Net</i>	<i>Diagram Ladder</i>
Logika AND		
Logika OR		
Model Sekuen		



## BAB 3 PERANCANGAN SISTEM

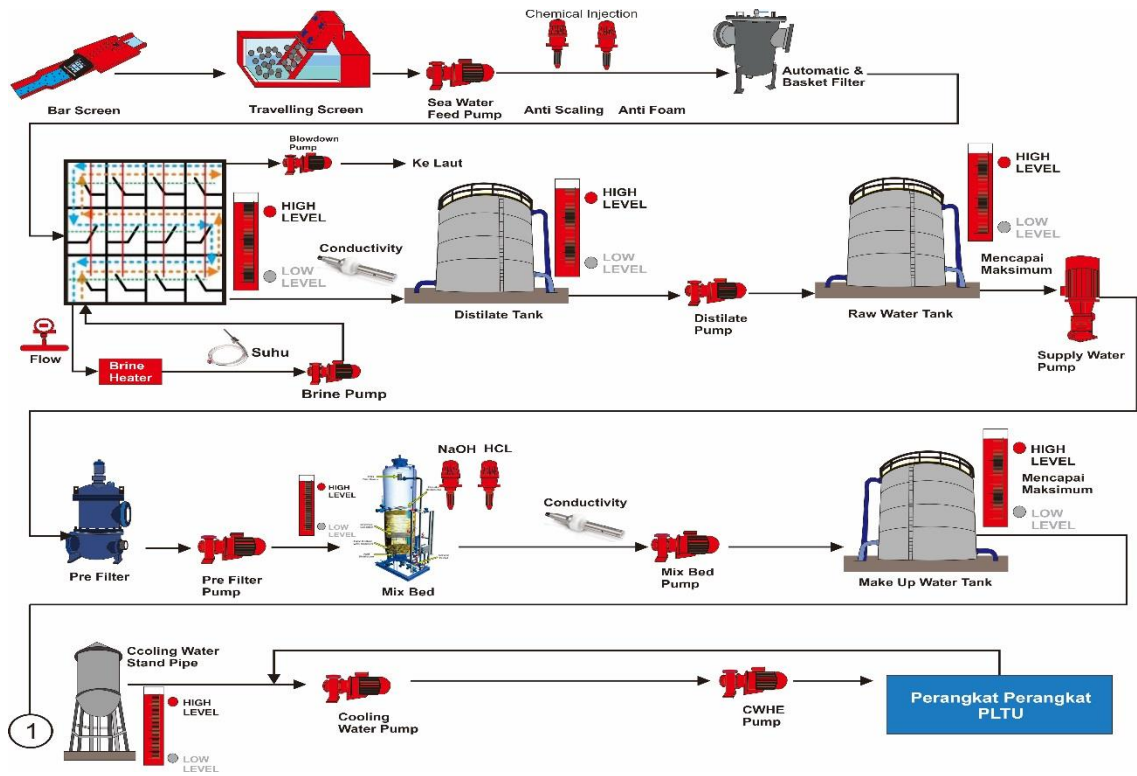
Terdapat beberapa tahapan yang untuk merancang atau memodelkan suatu sistem otomasi dengan menggunakan metode *Petri net* hingga menjadi konstruksi diagram *ladder* dan pengujian pada sistem dilakukan. Berikut (Gambar 3.1) adalah diagram alir tahapan perancangan tersebut. Dimulai dari proses perumusan sistem proses *Feedwater* pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) diidentifikasi dan disajikan dalam bentuk tabel urutan langkah kerja system. Sistem yang telah dirumuskan dikonversikan ke dalam bentuk model *Petri net*. Dari model *Petri net* dapat dikonversi ke dalam diagram *ladder* sesuai dengan aturan yang berlaku. Yang terakhir, urutan logika diagram *ladder* yang telah dikonversikan akan diuji pada lingkungan system, jika terjadi *bug* atau kesalahan, maka dilakukan pemeriksaan ulang pada diagram *ladder* dan untuk melihat *state* atau kondisi kesalahan yang terjadi dapat dilihat kembali pada model *Petri net* yang telah dirancang.



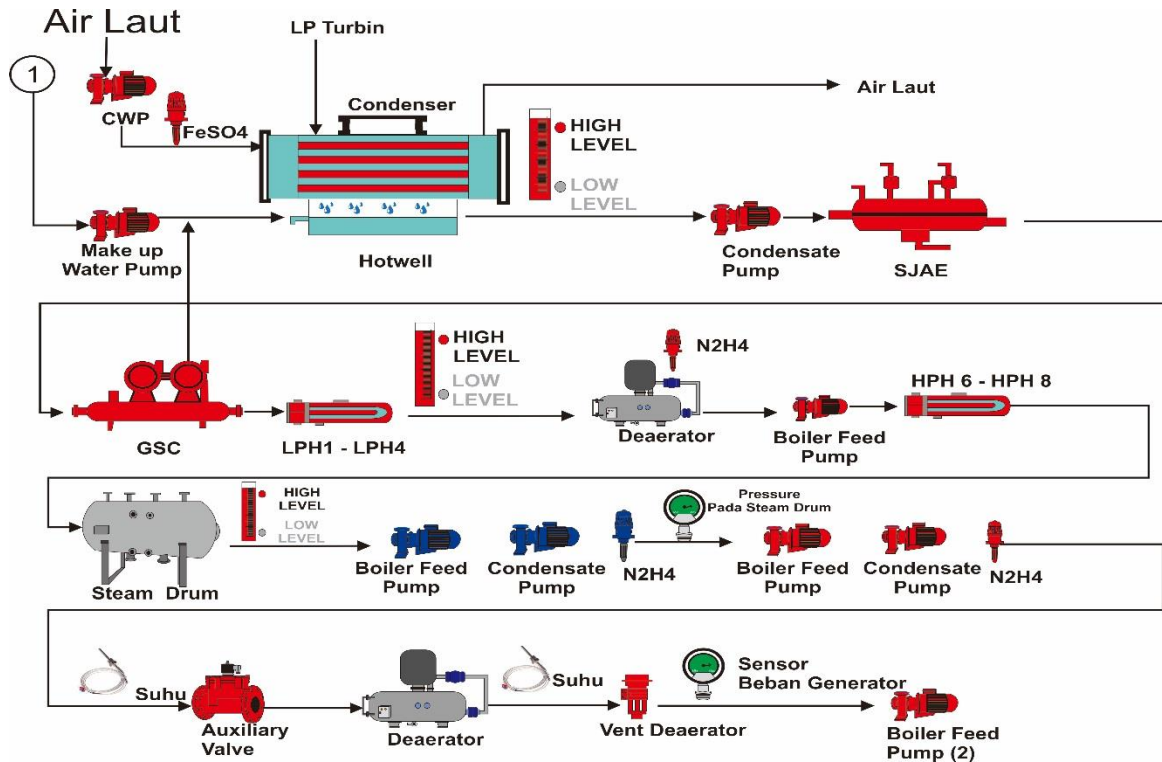
**Gambar 3.1** Diagram Alir Tahapan Perancangan Sistem

### 3.1 Perumusan Sistem Proses *Feedwater* pada PLTU

Proses *Feedwater* pada PLTU merupakan proses awal sebelum dipanaskan kedalam Boiler. Air akan di proses untuk tidak membahayakan boiler dan pipa pipa PLTU dengan bantuan alat alat yang berada pada proses *Feedwater* ini dan diberi Injeksi kimia untuk membantu prosesnya. Urutan Proses *Feedwater* PLTU dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Urutan Proses Feedwater PLTU (1)



Gambar 3.3 Urutan Proses Feedwater PLTU (2)

### 3.2 Deskripsi Sistem

Dari Gambar Proses *Feedwater* pada PLTU akan dijelaskan melalui deskripsi sistem sebelum dikonversikan kedalam metode Petri net. Berikut deskripsi proses *Feedwater* pada PLTU:

1. Tombol Starting maka *Sea Water Feed Pump* akan menyala dan air laut menuju ke *Barscreen* dan *Travelling Screen*.
2. *Barscreen* dan *Travelling Screen* akan memulai penyaringan air laut. Air akan terdeteksi oleh sensor flow 1 dan *Feedwater* dari *Sea Water Feed pump* di Inject oleh Anti Scalling (Agar Tidak terjadi kerak) dan Anti Foam (menghilangkan busa busa pada air laut).
3. Aliran ini akan menuju ke Automatic Filter dan Basket Filter. Setelah melewati Filter maka akan menuju desalination plant.
4. Di desalination plant terdapat Beberapa *stage*. Air menuju ke *stage* terakhir sampai *stage* pertama. Setelah ke *stage* pertama akan menuju brine heater. Sebelum menuju *Brine heater* terdeteksi oleh sensor flow 2 yang akan mengaktifkan *Brine Heater*.
5. Di dalam brine heater air dipanaskan. Setelah air dipanaskan sampai 110C. Dan dari brine heater dikembalikan ke proses *stage* pertama sampai *stage* Terakhir menggunakan Brine pump. Jika air sudah mengalami Kondensasi *Conductivity*  $\leq 40$ us/cm maka Valve disitilate *open* dan *Feedwater* menuju ke Distilate Tank.
6. Setelah mencapai ketinggian 265mm sensor level terdeteksi maka mengaktifkan pompa *Distilate Water Pump*. Jika masih ada Air laut yang belum terkondensasi Dibuang ke *Blowdown Pump*. *Distilate Water Pump* mengisi *Raw Water Tank*.
7. Sensor level pada *Raw water Tank* mendeteksi penuh maka mengaktifkan *Supply Water Pump*. *Supply Water pump* menuju *Pre Filter* (*Pre Filter* untuk menyaring kotoran air yang bersifat solid apapun) terdeteksi oleh sensor flow dan akan mengaktifkan *Prefilter pump*.
8. Air akan mengisi ke *Mix Bed*, sensor level akan mendeteksi aktif. NaOH dan HCL masuk kedalam *Mix Bed* untuk mulai Proses dari *Mixedbed*. Dari *Mix bed* keluaran air akan memiliki *Conductivity* nya  $\leq 1$  us/cm (air demin) dan akan mengaktifkan *Mix Bed Pump* dan air akan mengisi *Make Up Water Tank*.

9. Ketika Sensor level pada *Make Up Water* Terdeteksi maka akan mengaktifkan *Make Up Water Pump*, mengaktifkan CWP dan Mengisi *Cooling Water Stand Pipe*. Ketika Sensor level *Cooling water stand pipe* aktif maka mngaktifkan *Cooling Water Pump* dan *Cooling Water Heat Exchanger* akan aktif sehingga Mengalirkan air ke komponen komponen.
10. *Make Up Water Pump* akan Mengisi *Hotwell*. *Circulating Water Pump* akan Menuju ke Condenser dan terdeteksi oleh sensor flow.
11. Di dalam condenser akan mengaktifkan *Cathodic Protection* dan  $\text{FeSO}_4$  ke Condenser.
12. Sensor level pada *Hotwell* terdeteksi maka mengaktifkan *Condensaer Pump* yang akan menuju SJAE dan GSC. Saat Starting awal SJAE GSC LPH serta HPH tidak melakukan pemanasan. Air akan menuju LPH1 – LPH 4. Dari LPH4 menuju Deaerator
13. Sensor Flow Deaerator (menghilangkan gas dan udara terlarut dalam air pengisi) maka Mengaktifkan  $\text{N}_2\text{H}_4$  (Meminimalisir  $\text{O}_2$ ). Sensor level pada *Deaerator Storage Tank* Terdeteksi maka akan mengaktifkan *Boiler Feed Pump* Menuju HPH 6, HPH 7, dan HPH 8. Setelah itu dari HPH 8 akan menuju ke *Steam Drum*.
14. Jika Sensor level pada *Steam Drum* (*Steam Drum* sudah terisi air) maka *Boiler Feed Pump*, *Condensate Pump* dan  $\text{N}_2\text{H}_4$  Mati. Ketika sensor pressure pada steam drum terdeteksi  $7\text{kg/cm}^2$  maka *Condensate Pump*,  $\text{N}_2\text{H}_4$  aktif, dan BFP aktif kembali.
15. Ketika Sensor suhu pada MSV terdeteksi maka masuk ke turbin maka Uap hasil Ekstraksi dari Turbin menuju ke LPH, HPH (didapat dari HP Turbin), SJAE, dan GSC, Deaerator. Uap ke deaerator disini membantu untuk menghilangkan oksigen juga. Air dipanaskan dengan uap, air suhu sekitar  $107\text{C}$  akan menuju ke deaerator storage tank dan uap yang digunakan untuk memanaskan air akan naik ke atas dan dibuang oleh vent deaerator.
16. Uap dari LP turbin akan menuju ke Condenser untuk dirubah menjadi air lagi dengan memanfaatkan CWP.
17. Setelah beban mencapai 45MW akan mengaktifkan *Boiler Feed Pump* yang ke dua.

### 3.3 Langkah Kerja

Dalam melakukan perancangan sistem, perlu diketahui juga langkah kerja dari proses otomatisasi *Feedwater* pada PLTU. Untuk memudahkan pemahaman tentang langkah perlu diketahui terlebih dahulu seluruh komponen utama yang terdapat dalam sistem yakni sensor dan aktuator yang digunakan, fungsi dan peletakan tiap komponen agar sesuai dengan mekanisme proses yang dibutuhkan. Untuk informasi *input* yang lebih detail dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 untuk *output* sistem.

**Tabel 3.1** *Input* Sistem

NO	NAMA	TAG	FUNGSI
1	Tombol <i>Start</i>	PB_START	Untuk memulai proses
2	Tombol Stop	PB_STOP	Untuk menghentikan proses
3	<i>Flow 1</i>	Flow1	Memberikan sinyal bahwa terdapat air yang akan menuju untuk di injek kimia <i>Anti Scalling</i> dan <i>Anti Foam</i>
4	<i>Flow 2</i>	Flow2	Memberikan sinyal bahwa terdapat air yang akan menuju <i>Brine Heater</i>
5	Suhu Air Brine Heater	Suhu1	Memberikan sinyal bahwa air sudah dipanaskan oleh <i>Brine Heater</i>
6	Conductivity Air Desalination	ConducDesal	Memberikan sinyal bahwa keluaran air sudah memenuhi konduktivitas yang telah ditetapkan
7	Level Distilate Tank	LvlDis	Memberikan sinyal bahwa air telah penuh mengisi Distilate Tank
8	Level Raw Water Tank	LvlRaw	Memberikan sinyal bahwa air telah penuh mengisi Raw Water Tank
9	Flow Pre Filter	FlowPre	Memberikan sinyal bahwa terdapat air yang menuju ke Pre filter
10	Flow Mix Bed	FlowMix	Memberikan sinyal bahwa terdapat air yang menuju ke proses Mix Bed
11	Conductivity Mix Bed	ConducMix	Memberikan sinyal bahwa keluaran air sudah

NO	NAMA	TAG	FUNGSI
			memenuhi konduktivitas yang telah ditetapkan.
12	Level Make Up Water Tank	LvlMake	Memberikan sinyal bahwa air telah penuh mengisi Make Up Water Tank
13	Level Cooling Water Stand Pipe	LvlCWSP	Memberikan sinyal bahwa air telah penuh mengisi Cooling Water Stand Pipe
14	Flow Condenser	FLowCondenser	Memberikan sinyal bahwa terdapat air yang menuju ke Condenser
15	Level Hotwell	LvlHotwell	Memberikan sinyal bahwa air telah penuh mengisi Cooling Water Stand Pipe
16	Flow Deaerator	FlowDeae	Memberikan sinyal bahwa terdapat air yang menuju ke Condenser
17	Level Steam Drum	LvlSteam	Memberikan sinyal bahwa air telah penuh mengisi Cooling Water Stand Pipe
18	Pressure Steam Drum	PressSteam	Memberikan sinyal bahwa uap telah mengisi penuh ke Steam Drum
19	Suhu MSV	SuhuMSV	Memberikan sinyal bahwa uap yang panas menuju ke MSV
20	Suhu Deaerator	SuhuDeae	Memberikan sinyal bahwa uap telah mengisi ke Deaerator
21	Sensor Beban Generator	Beban	Memberikan sinyal bahwa Generator telah menghasilkan Beban sebesar 45 MW

**Tabel 3.2** *Output Sistem*

NO	NAMA	TAG	FUNGSI
1	Bar Screen	Barscreen	Menyaring kotoran atau sampah yang relatif besar
2	Travelling Screen	TravScreen	Menyaring kotoran atau sampah yang masih ikut setelah barscreen

NO	NAMA	TAG	FUNGSI
3	<i>Sea Water Feed Pump</i>	SWFP	Menghisap air laut dan menyalurkan ke tahap selanjutnya
4	Anti Scalling	A_Scalling	Menghilangkan kerak kerak
5	Anti Foam	A_Foam	Menghilangkan busa busa air laut
6	Brine Heater	Brine_H	Memanaskan air laut pada desalination plant
7	Brine Pump	Brine_P	Menyalurkan ke stage awal sampai stage akhir pada desalination
8	Blowdown Pump	BlowPump	Membuat air laut yang konduktivitasnya tidak sesuai set point
9	Valve Distilate	Valve_Dis	Membawa air ke Distilate Tank
10	Distilate Pump	Dis_P	Membawa Air untuk menuju Raw Water Tank
11	Supply Water Pump	Supply	Membawa Air ke Pre Filter
12	Pre Filter Pump	Pre_P	Membawa air untuk menuju ke Mix Bed
13	NaOH	NaOH	Untuk proses Mix Bed
14	HCL	HCL	Untuk proses Mix Bed
15	Mix Bed Pump	Mix_P	Menyalurkan air dari Mix Bed ke Make Up Water Tank
16	Make Up Water Pump	Make_P	Menyalurkan air untuk menuju ke Hotwell
17	Circulating Water Pump	CWP	Menyalurkan air laut menuju Condenser
18	Cooling Water Heat Exchanger	CWHE	Mendinginkan air panas dari komponen yang telah bekerja menjadi dingin
19	<i>Cooling Pump</i>	CRB2	Menyalurkan air dari Cooling Water Stand Pipe menuju CWHE
20	Cathodic Protection	Cathodic	Proteksi agar tidak terjadi korosi
21	FeSO4	FeSO4	Berfungsi untuk memberikan lapisan perlindungan di pipa.
22	Condensate Pump	Cond_P	Menyalurkan air dari Condenser menuju LPH



NO	NAMA	TAG	FUNGSI
23	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	N2H4	Meminimalisir O <sub>2</sub>
24	<i>Boiler Feed Pump 1</i>	BFP	Menyalurkan air dari deaerator menuju boiler
25	<i>Boiler Circulating Water Feed Pump</i>	BCWFP	Menyalurkan air dari steam drum untuk menuju proses pembakaran
26	Auxiliary Steam Valve	AuxValve	Memberi uap pada komponen komponen yang membutuhkan
27	Vent Deaerator	VentDeae	Membuang Uap panas yang masuk ke deaerator
28	<i>Boiler Feed Pump 2</i>	BFP2	Menyalurkan air dari deaerator menuju boiler

Jika seluruh perangkat atau komponen utama dari proses otomasi untuk *Feedwater* pada PLTU telah dipahami maka tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi aksi atau *event* yang terjadi pada sistem mulai dari penyiapan air pada oleh *Sea Water Feed Pump* hingga air dipompa oleh menuju *Boiler*.

Satu aksi dapat terdiri dari satu *output* yang aktif atau bisa lebih. Jumlah aksi pada sistem merupakan jumlah (*step*) langkah yang harus dilakukan. Aksi yang dirancang juga berupa urutan sehingga dapat dikatakan sebagai urutan langkah (*sequence*). Untuk informasi yang lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Langkah Kerja Sistem

STEP	AKSI	SYARAT CUKUP	SYARAT PERLU
<b>INIT dan 1</b>	Sea Water Feed Pump Aktif, Barscreen Aktif, dan Travveling Screen Aktif	Tombol <i>Start</i>	Sistem nonaktif
<b>2</b>	Anti Scalling dan Anti Foam	Setelah <i>Step</i> init	Setelah step 1
		Setelah <i>Step</i> 1	
		Sensor Flow 1 Aktif	

STEP	AKSI	SYARAT CUKUP	SYARAT PERLU
3	Brine Heater aktif	Sensor Flow 2 Aktif	Setelah <i>Step</i> 2
4	Brine Pump aktif	Sensor suhu Brine Heater aktif	Setelah Step 3
4.1	Blowdown Pump	Sensor Conductivity off	Valve Ditilate Off
4.2	Valve Distilate	Sensor conductivity nyala	Blowdown pump mati
5	<i>Distilate Pump</i>	Sensor Level high distilate tank menyala	Setelah step 4.2
6	Supply Water Pump	Sensor Level high Raw water tank menyala	Setelah step 5
7	Pre filter pump	Sensor Floww Pre filter menyala	Setelah step 6
8	NaOH dan HCL	<i>Sensor</i> Flow pada Mix Bed menyala	Setelah <i>Step</i> 7
9	Mix Bed Pump	Sensor conductivity menyala	Setelah Step 8
10	Make up water pump, dan CWP	<i>Sensor level high Make up water Tank</i> menyala	Setelah Step 9
11	CWHE dan Cooling Pump	Sensor level high pada cooling water stand pipe menyala	Setelah <i>Step</i> 10
12	Cathodic Protection dan FeSO4	Sensor Flow pada Condenser menyala	Setelah Step 11
13	Condensate Pump, dan N2H4	Sensor level high pada hotwell menyala	Setelah <i>Step</i> 12
14	Boiler Feed Pump	Sensor level high pada Deaerator menyala	Setelah step 13
15	Boiler Circulating Water Feed Pump	Sensor level high pada Steam Drum	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Setelah Step 14</li> <li>• BFP mati</li> <li>• Condensate Pump Mati</li> <li>• N2H4 mati</li> </ul>

STEP	AKSI	SYARAT CUKUP	SYARAT PERLU
16	Auxiliary Valve	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor Pressure pada steam drum aktif</li> <li>• Sensor suhu pada MSV aktif</li> </ul>	Setelah <i>Step</i> 15
17	Vent Deaerator	Sensor Suhu pada deaerator	Setelah step 16
18	BFP 2	Sensor Beban Generator aktif	Setelah <i>Step</i> 17

### 3.4 Perancangan *Petri Net*

Setelah melakukan identifikasi system maka selanjutnya adalah melakukan perancangan *Petri net* untuk memodelkan sistem. Salah satu kelebihan melakukan pemodelan ini adalah dapat mendeskripsikan rancangan proses sehingga dapat mempermudah pembuatan program yang salah satunya adalah diagram *ladder*, dan kelebihan dari permodelan ini yaitu dapat disimulasikan untuk menunjukkan proses telah sesuai atau tidak.

#### 3.4.1 Pengelompokan Komponen

Terlebih dahulu melakukan pengelompokan komponen. Pada perancangan ini seluruh sensor dan input *memory/flag* direpresentasikan oleh *place*. Untuk aksi (*event*) dan aktuator (*output*) pada sistem direpresentasikan oleh *transition*. Seluruh pengelompokan tersebut dapat dilihat selengkapnya pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5

**Tabel 3.4** Pengelompokan Komponen *Place*

NO	NAMA	SIMBOL	NO	NAMA	SIMBOL
1	Tombol Start	PB_START	31	<i>Memory Flag 6</i>	MScalling
2	Tombol Stop	PB_STOP	32	<i>Memory Flag 7</i>	MFOam
3	<i>Flow 1</i>	Flow1	33	<i>Memory Flag 8</i>	MBrine
4	<i>Flow 2</i>	Flow2	34	<i>Memory Flag 9</i>	MBrinePump
5	Suhu 1	Suhu1	35	<i>Memory Flag 10</i>	MBlowdown

NO	NAMA	SIMBOL	NO	NAMA	SIMBOL
6	Conductivity Desalination	ConducDesal	36	Memory Flag 11	MValve1
7	Level Distilate	LvlDis	37	Memory Flag 12	MDisPump
8	Level Raw Water Tank	LvlRaw	38	Memory Flag 13	MSupply
9	Flow Pre Filter	FlowPre	39	Memory Flag 14	MPrePump
10	Flow Mix Bed	FlowMix	40	Memory Flag 15	MNaOH
11	Conductivity Mix Bed	ConducMix	41	Memory Flag 16	MHCL
12	Level Make Up Water Tank	LvlMake	42	Memory Flag 17	MMixPump
13	Level CWSP	LvlCWSP	43	Memory Flag 18	MMakePump
14	Flow Condenser	FlowCond	44	Memory Flag 19	MCWP
15	Level Hotwell	LvlHotwell	45	Memory Flag 20	MCWHE
16	Flow Deaerator	FlowDeae	46	Memory Flag 21	MCooling
17	Level Steam Drum	LvlvSteam	47	Memory Flag 22	MCatholic
18	Pressure Steam Drum	PressSteam	48	Memory Flag 23	MFeSO4
19	Suhu MSV	SuhuMSV	49	Memory Flag 24	MCondPump
20	Suhu Deaerator	SuhuDeae	50	Memory Flag 25	MN2H4
21	Sensor Beban	Beban	51	Memory Flag 26	MBFP
22	Mode Line Maintenance untuk TC2	SW2_MLM	52	Memory Flag 27	MBCWFP
23	Mode Line 3 untuk TC2	SW2_ML3	53	Memory Flag 28	MAuxV
24	Proximity End-	PX_EPL3	54	Memory Flag 29	MVentDeae

NO	NAMA	SIMBOL	NO	NAMA	SIMBOL
	<i>Position Line 3</i>				
25	<i>Proximity End-Position Line Maintenance</i>	PX_EPLM	55	<i>Memory Flag 55</i>	MBFP2
26	<i>Memory Flag 1</i>	MStart			
27	<i>Memory Flag 2</i>	MStop			
28	<i>Memory Flag 3</i>	MBarscreen			
29	<i>Memory Flag 4</i>	MSWFP			
30	<i>Memory Flag 5</i>	MTravell			

**Tabel 3.5** Pengelompokan Komponen *Transition*

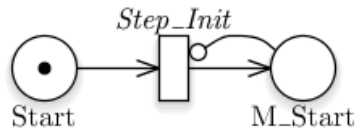
NO	NAMA	SIMBOL
1	<i>Step Initial</i>	INIT
2	<i>Sequence 1</i>	STEP1
3	<i>Sequence 2</i>	STEP2
4	<i>Sequence 3</i>	STEP3
5	<i>Sequence 4</i>	STEP4
6	<i>Sequence 5</i>	STEP5
7	<i>Sequence 6</i>	STEP6
8	<i>Sequence 7</i>	STEP7
9	<i>Sequence 8</i>	STEP8
10	<i>Sequence 9</i>	STEP9
11	<i>Sequence 10</i>	STEP10
12	<i>Sequence 11</i>	STEP11
13	<i>Sequence 12</i>	STEP12
14	<i>Sequence 13</i>	STEP13
15	<i>Sequence 14</i>	STEP14
16	<i>Sequence 15</i>	STEP15
17	<i>Sequence 16</i>	STEP16
18	<i>Sequence 17</i>	STEP17
19	<i>Sequence 18</i>	STEP18
20	<i>Sequence 19</i>	STEP19

### 3.4.2 Perancangan *Petri Net*

Perancangan Metode *Petri net* disesuaikan dengan urutan langkah yang telah dirancang dan dijelaskan pada Tabel 3.3 Perancangan model *Petri net* akan dijelaskan dari langkah *initial* hingga langkah ke 11. Selengkapnya dapat dilihat pada bagian lampiran.

#### a) Langkah *Initial*

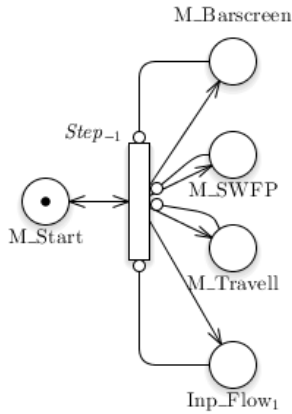
Langkah *initial* merupakan proses pertama yang mengawali proses *Feedwater* pada PLTU yang berfungsi untuk mengaktifkan Tombol Start inialisasi agar terus berjalan dalam proses PLTU nantinya. Langkah ini akan mengaktifkan *flag* MINIT sebagaimana pada Gambar 3.3



**Gambar 3.3** PN Initial

#### b) Langkah 1

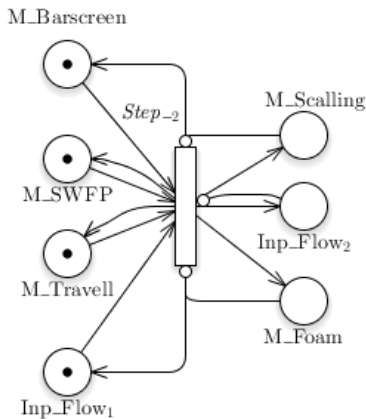
Ketika sistem sudah dalam keadaan *ready*, maka selanjutnya adalah langkah 1 yaitu *Sea Water Feed Pump* akan aktif untuk memompa air laut agar masuk ke dalam pipa proses PLTU. Langkah 1 (Gambar 3.4) akan aktif dan token akan menuju place selanjutnya yaitu place Barscreen, SWFP, Travell. Token yang berasal dari Start akan kembali menuju start dikarenakan ada direct arc yang dari transisi menuju kembali ke place awal.



**Gambar 3.4** PN Langkah 1

c) Langkah 2

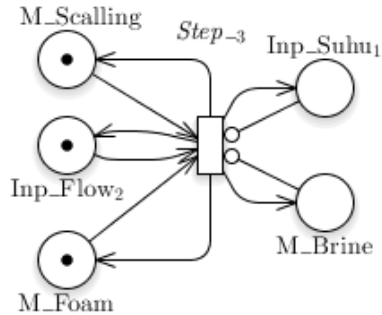
Jika langkah 1 terjadi (Gambar 3.4), air akan menuju hingga mengaktifkan sensor Flow 1 (Flow1). Place sensor Flow akan diisi oleh token. Jika sensor Flow aktif maka akan memicu *transition* STEP2 sehingga langkah 2 akan aktif. Langkah 2 (Gambar 3.5) adalah Token yang berasal dari Step sebelumnya akan menuju ke Place Scalling dan Foam.



**Gambar 3.5** PN Langkah 2

d) Langkah 3

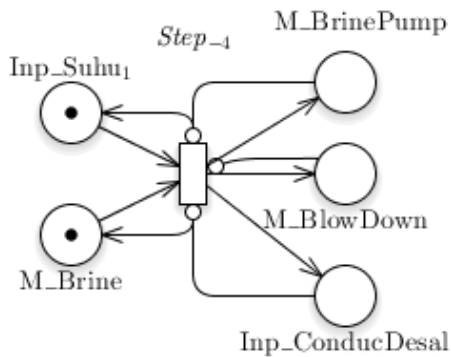
Pada langkah ketiga (Gambar 3.6), ketika sensor Flow2 aktif maka place sensor flow2 akan terisi oleh token. Ketika ketiga place telah terisi token maka Transition Step 3 akan aktif dan token akan menuju ke Place selanjutnya yaitu place Brine Heater.



**Gambar 3.6** PN Langkah 3

e) Langkah 4

Langkah keempat (Gambar 3.7), ketika sensor Suhu aktif maka Place dengan nama Suhu akan diisi oleh Token. Ketika Place semuanya telah terisi token maka transisi step 4 akan aktif dan token akan menuju ke Place selanjutnya yaitu place Brine Pump, dan Place Blowdown

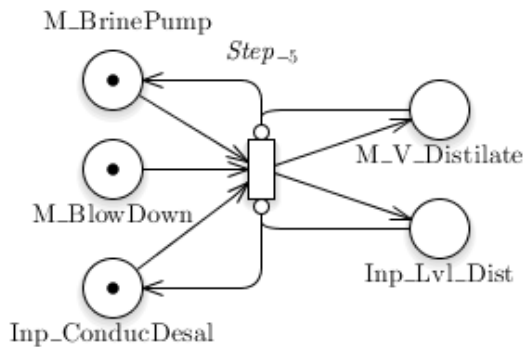


**Gambar 3.7** PN Langkah 4



f) Langkah 5

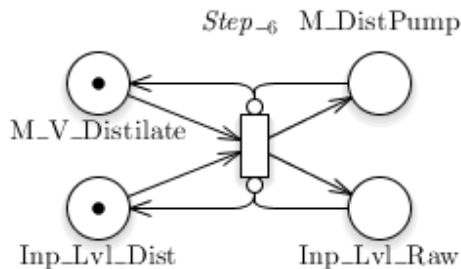
Untuk langkah 5 (Gambar 3.8), ketika sensor Conductivity aktif maka place conductivity akan terisi oleh token. Place semuanya telah terisi maka akan mengaktifkan transisi Step 5 dan Token akan menuju ke Place selanjutnya yaitu Place V\_Distilate. Token yang dari Blowdown Pump akan menghilang yang berarti akan mati atau non aktif berbeda dengan Brine pump karena dari transisi terdapat direct arc yang menuju kembali ke place asal.



**Gambar 3.8** PN Langkah 5

g) Langkah 6

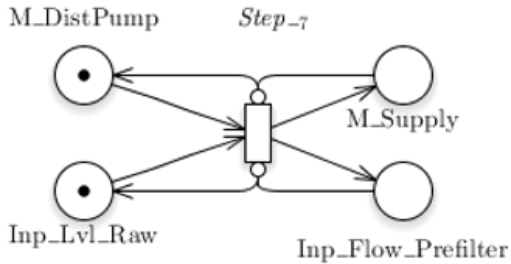
Langkah 6 (Gambar 3.9), ketika sensor lvl Dist telah aktif maka Place tersebut akan terisi oleh token. Place semua telah terisi token maka akan mengaktifkan Transisi step 6 dan token akan menuju Place Dist Pump.



**Gambar 3.9** PN Langkah 6

h) Langkah 7

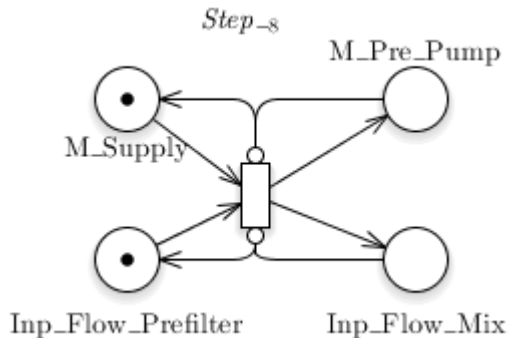
Langkah 7 (Gambar 3.10), ketika sensor Lvl Raw aktif maka Place akan terisi token. Place telah terisi token semua dan transisi step 7 akan aktif dan menyalurkan token dari place sebelumnya menuju ke place selanjutnya yaitu place Supply.



**Gambar 3.10** PN Langkah 7

i) Langkah 8

Langkah 8 (Gambar 3.11), ketika sensor Pre Filter aktif maka place akan terisi token. Transisi step 8 akan aktif ketika place sebelumnya telah terisi token semua. Token akan menuju ke place selanjutnya yaitu Place Pre Pump.

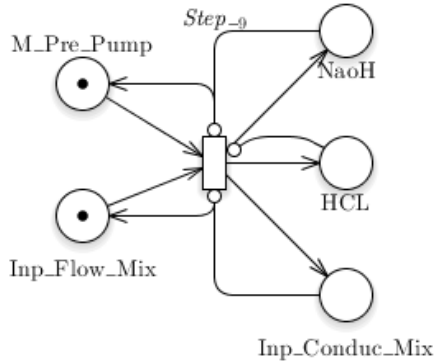


**Gambar 3.11** PN Langkah 8

j) Langkah 9

Langkah 9 (Gambar 3.12), ketika sensor flow mix aktif maka place akan terisi token. Transisi step 9 akan aktif ketika place

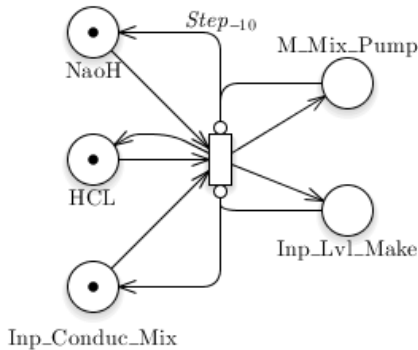
semua telah terisi token dan token akan menuju ke place selanjutnya yaitu place NaOH dan place HCL.



**Gambar 3.12** PN Langkah 9

k) Langkah 10

Langkah 10 (Gambar 3.13), ketika sensor conductivity mix aktif maka place akan terisi token. Transisi step 10 akan aktif ketika place semua telah terisi token dan token akan menuju ke place selanjutnya yaitu place Mix Pump.

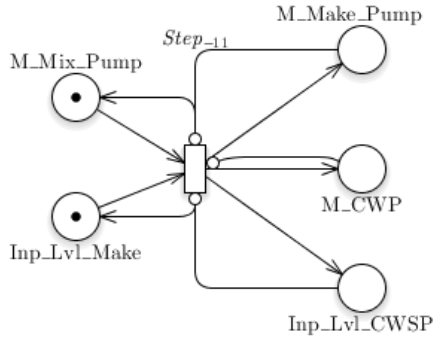


**Gambar 3.13** PN Langkah 10

l) Langkah 11

Langkah 11 (Gambar 3.14) ketika sensor lvl Make aktif maka place akan terisi token. Transisi step 11 akan aktif ketika place semua telah

terisi token dan token akan menuju ke place selanjutnya yaitu place Make Pump dan place CWP.



**Gambar 3.14** PN Langkah 11

Setiap langkah dimodelkan ke dalam model *Petri net* dan telah disimulasikan dengan bantuan *software simulator* (Great SPN2.0 Editor) bahwa proses dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Hal ini dibuktikan dengan *token* berhasil melalui seluruh tahap setiap *transition*. Tahap selanjutnya adalah melakukan penggabungan seluruh bagian model *Petri net* menjadi satu kesatuan sehingga proses simulasi dapat dilakukan secara menyeluruh dan terintegrasi dimulai dari proses awal hingga proses terakhir sebagaimana dapat dilihat pada Lampiran.

### 3.5 Pengalaman Komponen

Setelah membuat perancangan atau model sistem dengan menggunakan metode *Petri net* dan telah disimulasikan sesuai proses yang dirancang, maka selanjutnya adalah melakukan konversi hasil perancangan ke dalam bentuk diagram *ladder*. Langkah ini diperlukan agar sistem yang sudah dimodelkan dapat diterapkan pada pemrograman PLC yang digunakan untuk melakukan pengujian.

Namun sebelum itu, perlu dilakukan terlebih dahulu pengalaman setiap sensor dan aktuator yang digunakan. Tabel 3.6 memuat seluruh informasi terkait dengan pengalaman pada PLC OMRON CP1E.

**Tabel 3.6** Pengalamatan *Input* dan *Output*

NO	ALAMAT	NAMA	TIPE
1	0.00	PB_START	INPUT
2	0.01	PB_STOP	
3	0.02	Flow1	
4	0.03	Flow2	
5	0.04	Suhu1	
6	0.05	ConducDesal	
7	0.06	LvlDis	
8	0.07	LvlRaw	
9	0.08	FlowPre	
10	0.09	FlowMix	
11	0.10	ConducMix	
12	0.11	LvlMake	
13	0.12	LvlCWSP	
14	0.13	FLOWCondenser	
15	0.14	LvlHotwell	
16	0.15	FlowDeae	
17	1.00	LvlSteam	
18	1.01	PressSteam	
19	1.02	SuhuMSV	
20	1.03	SuhuDeae	
21	1.04	Beban	
1	100.00	Barscreen	OUTPUT
2	100.01	TravScreen	
3	100.02	SWFP	
4	100.03	A_Scalling	
5	100.04	A_Foam	
6	100.05	Brine_H	
7	100.06	Brine_P	
8	100.07	BlowPump	
9	100.08	Valve_Dis	
10	100.09	Dis_P	
11	100.10	Supply	
12	100.11	Pre_P	
13	100.12	NaOH	
14	100.13	HCL	

NO	ALAMAT	NAMA	TIPE
15	100.14	Mix_P	
16	100.15	Make_P	
17	101.00	CWP	
18	101.01	CWHE	
19	101.02	CRB2	
20	101.03	Cathodic	
21	101.04	FeSO4	
22	101.05	Cond_P	
23	101.06	N2H4	
24	101.07	BFP	
25	101.08	BCWFP	
26	101.09	AuxValve	
27	101.10	VentDeae	
28	101.11	BFP2	

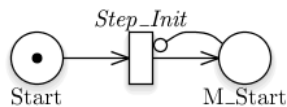
### 3.6 Pemrograman Diagram *Ladder*

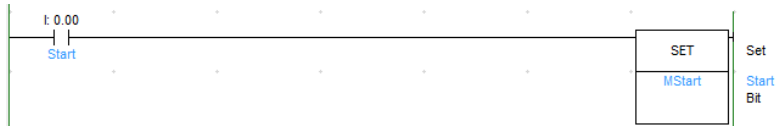
Pada tahap ini, proses konstruksi diagram *ladder* dilakukan berdasarkan rancangan model *Petri net*. Hal ini dilakukan untuk membantu logika berpikir dalam merancang urutan langkah pada pembuatan diagram *ladder* supaya sistematis. Proses konversi model *Petri net* ke dalam bentuk diagram *ladder* dapat dilakukan pada tiap *transition*. Terdapat beberapa batasan pada konstruksi diagram *ladder* yaitu tombol *stop* yang tidak dimodelkan dengan metode *Petri net*. Batasan tersebut bertujuan untuk mempermudah proses konstruksi diagram *ladder*.

*Input* HMI merupakan alamat memori pada PLC yang digunakan oleh HMI sebagai tombol sehingga simulasi dapat dilakukan melalui tampilan HMI pada komputer.

#### a) Langkah *Initial*

Pada langkah *initial* (Gambar 3.15) terdapat sebuah tombol *start* yang berfungsi untuk mengaktifkan memori atau *flag* menit.

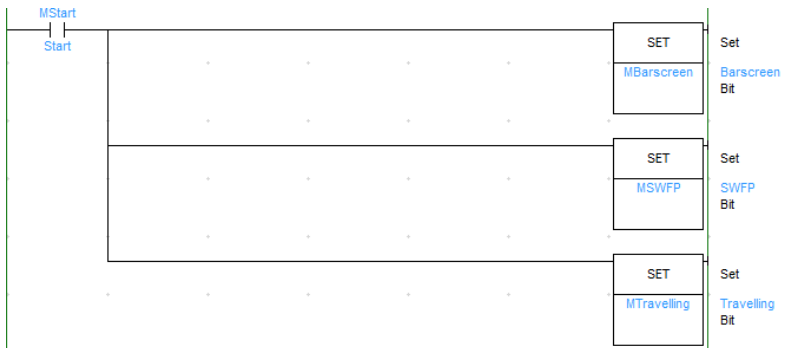
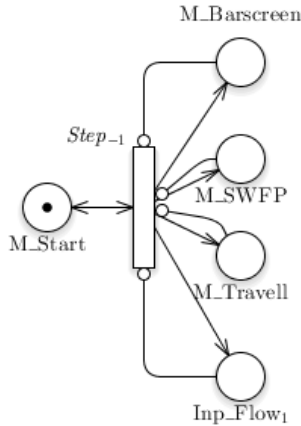




**Gambar 3.15** Rung Langkah *Initial*

b) Langkah 1

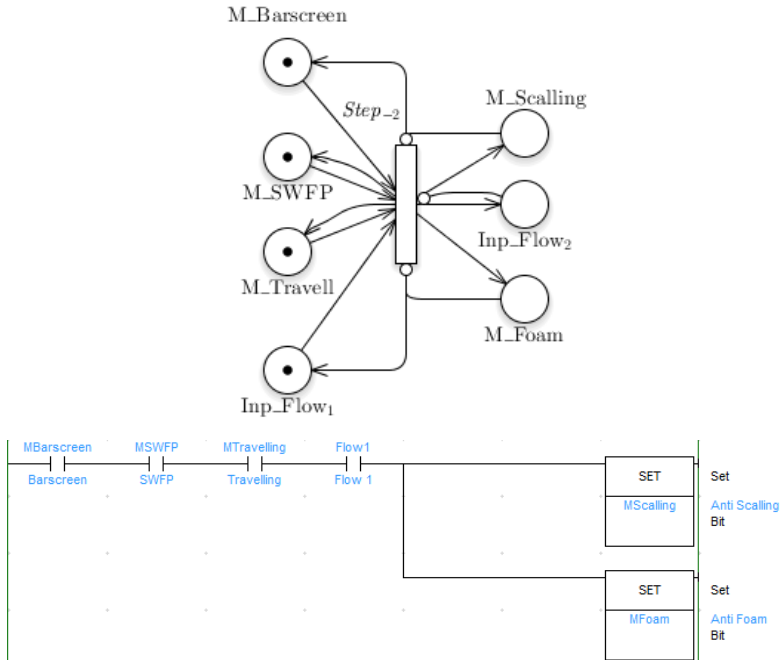
Dalam *rung* langkah 1 (Gambar 3.16) ini setelah menit aktif sebagai syarat untuk mengaktifkan langkah 1. Langkah 1 akan aktif untuk mengaktifkan MBarscreen, MSWFP, MTravelling Screen dalam bentuk memory.



**Gambar 3.16** Rung Langkah 1

c) Langkah 2

*Rung* langkah 2 (Gambar 3.17) terdapat kontak sensor yaitu Flow1. Setelah mengaktifkan MBarscreen, MSWFP, dan MTravelling air akan mengalir dan mengaktifkan sensor Flow1 setelah aktif akan mengaktifkan MScalling, dan MFoam dalam bentuk memory.

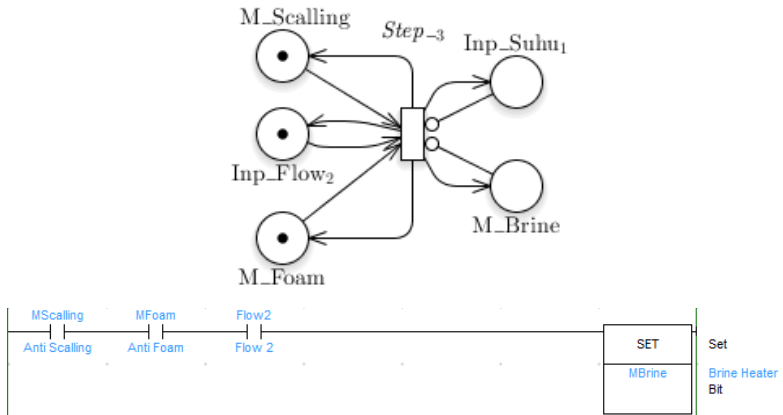


**Gambar 3.17** Rung Langkah 2

d) Langkah 3

Pada *rung* langkah 3 (Gambar 3.18) terdapat kontak sensor Flow2. Setelah mengaktifkan MScalling, dan MFoam air menuju ke desalination Plant dan disana terdapat Sensor Flow2 ketika aktif akan mengaktifkan MBrine.

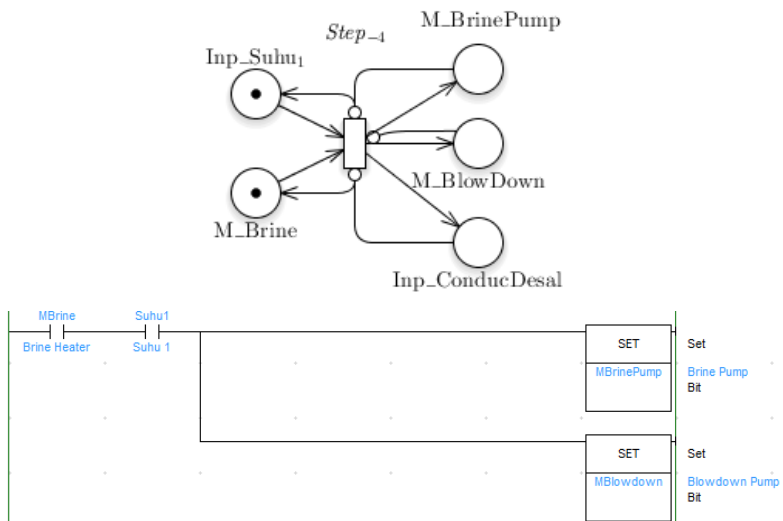




**Gambar 3.18** Rung Langkah 3

e) Langkah 4

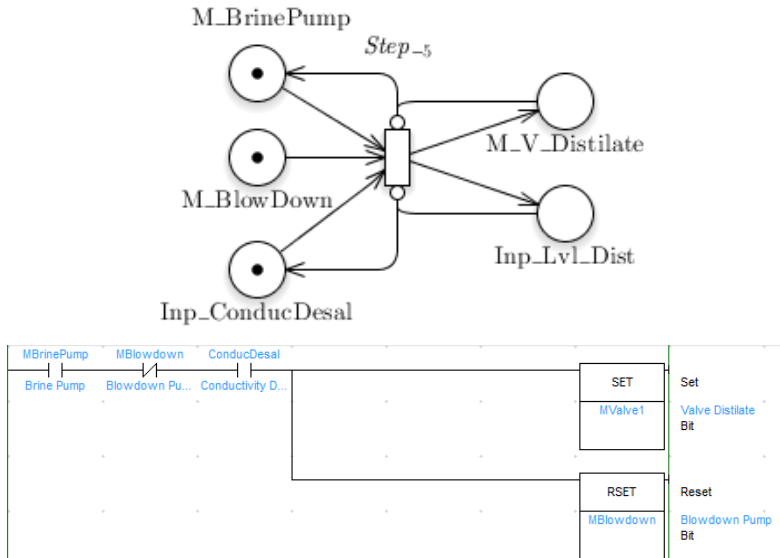
Pada *rung* langkah 4 (Gambar 3.19) terdapat kontak sensor Suhu ketika terdeteksi dan aktif maka akan mengaktifkan MBrinePump, dan MBlowdown.



**Gambar 3.19** Rung Langkah 4

f) Langkah 5

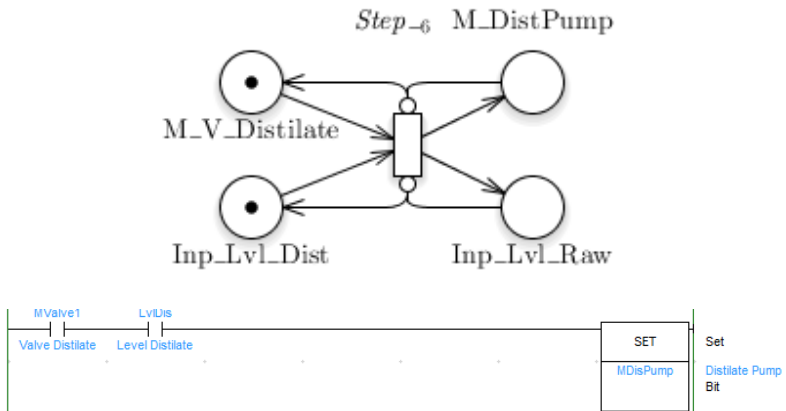
Pada *rung* langkah 5 (Gambar 3.20), Jika Kontak ConducDesal aktif maka air setelah BrinePump dan Blowdown maka akan mengaktifkan M\_V\_Distilate.



**Gambar 3.20** Rung Langkah 5

g) Langkah 6

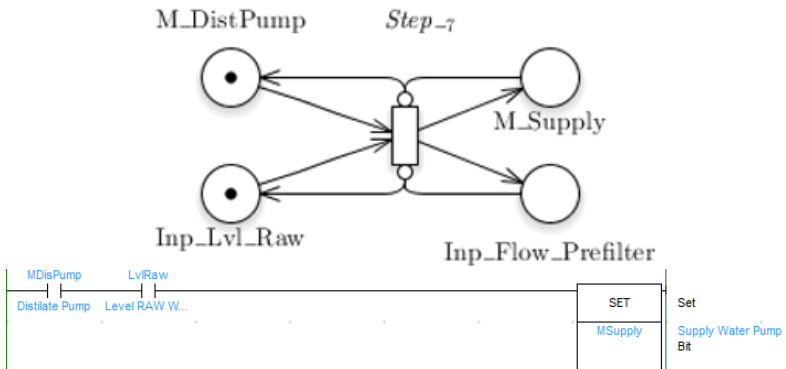
*Rung* langkah 6 (Gambar 3.21) akan aktif ketika kontak sensor Lvl\_Dist ini aktif. Maka akan mengaktifkan M\_DistPump.



**Gambar 3.21** Rung Langkah 6

h) Langkah 7

*Rung* langkah 7 (Gambar 2.22) merupakan *rung* untuk mengalirkan air ke Raw Water Tank. Setelah DistPump aktif dan mengisi Raw Water Tank. Sensor Lvl\_Raw akan aktif ketika Tangki sudah penuh dan langkah ke 7 akan aktif untuk mengaktifkan M\_Supply.

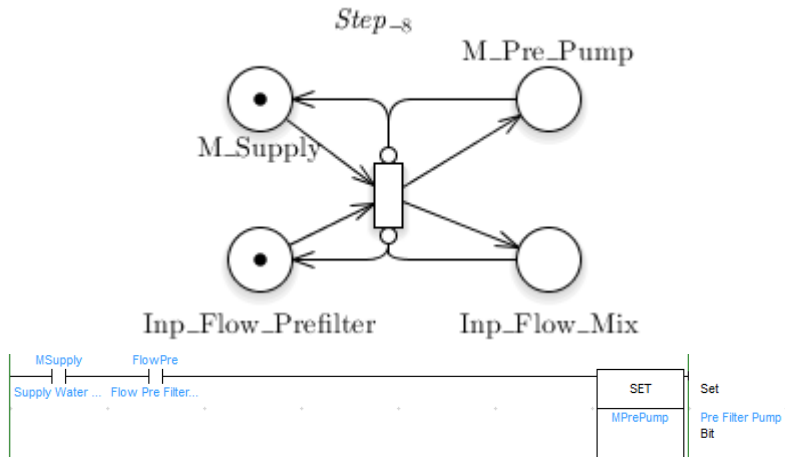


**Gambar 3.22** Rung Langkah 7

i) Langkah 8

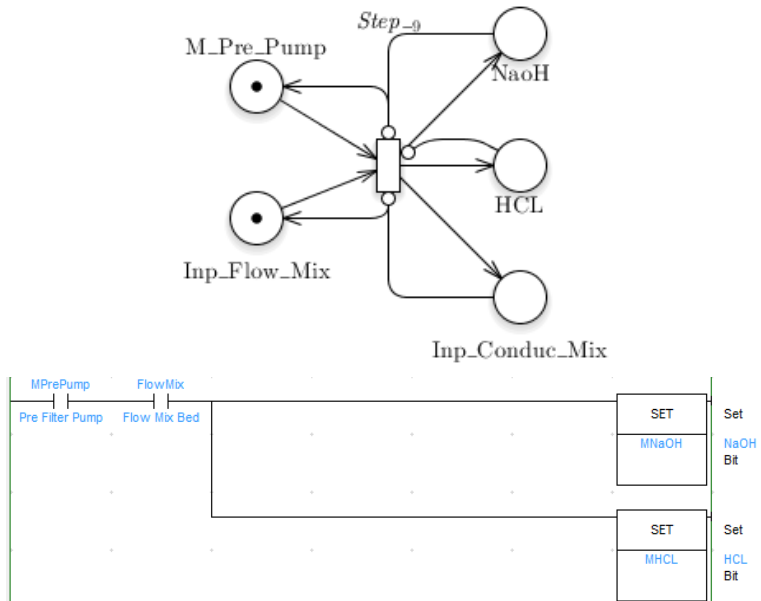
*Rung* langkah 8 (Gambar 3.23) adalah *rung* untuk mengaktifkan PrePump. Setelah Supply aktif air akan menuju ke Pre Filter untuk

disaraing. Didalam pre filter air terdeteksi oleh sensor Flow maka sensor aktif dan mengaktifkan M\_Pre\_Pump.



**Gambar 3.23** Rung Langkah 8

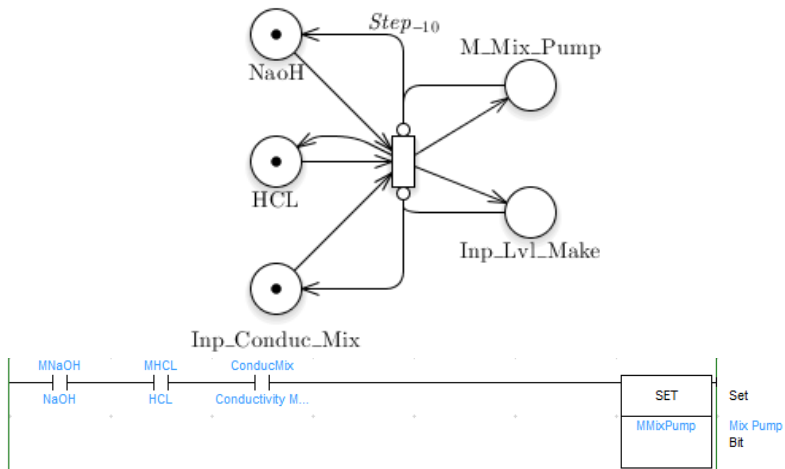
- j) Langkah 9  
*Rung* langkah 9 (Gambar 3.24) merupakan *rung* untuk air setelah dari pre filter yang akan menuju mixbed. Prepump telah aktif dan mengalirkan air ke mixbed dan akan terdeteksi oleh sensor flow pada mixbed dan akan mengaktifkan NaOH dan HCl.



**Gambar 3.24** Rung Langkah 9

k) Langkah 10

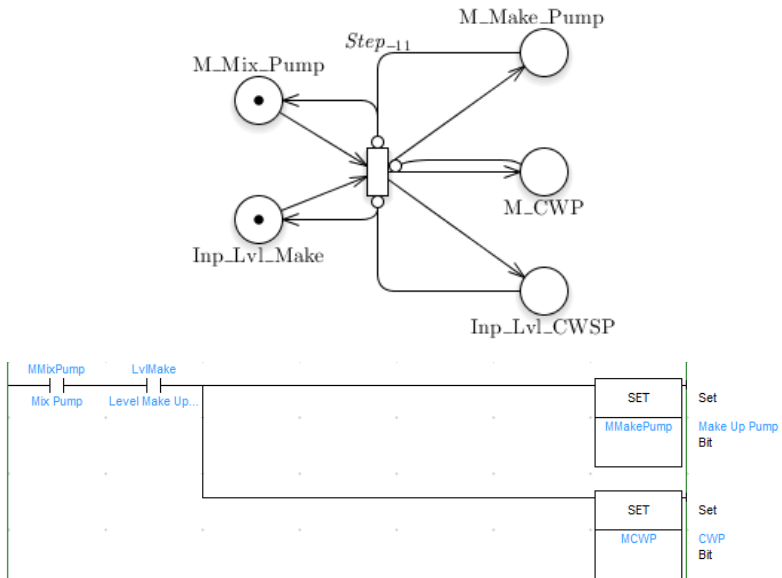
*Rung* langkah 10 (Gambar 3.25) merupakan untuk mengaktifkan MixPump. Air di mixbed akan dialiri NaOH dan HCl. Keluaran air dari mixbed akan terdeteksi oleh sensor conductivity. Jika sesuai setelah yang di setting maka akan mengaktifkan *M\_Mix\_Pump*.



**Gambar 3.25** Rung Langkah 10

1) Langkah 11

Rung langkah 10.2 (Gambar 3.26) adalah *rung* untuk mengaktifkan MakePump. Air setelah dialirkan oleh Mix\_Pump akan menuju ke Make up Water Tank. Setelah tangki penuh akan terdeteksi oleh sensor level Make Up. Setelah sensor level Make Up aktif akan mengaktifkan Make\_Pump, dan M\_CWP.

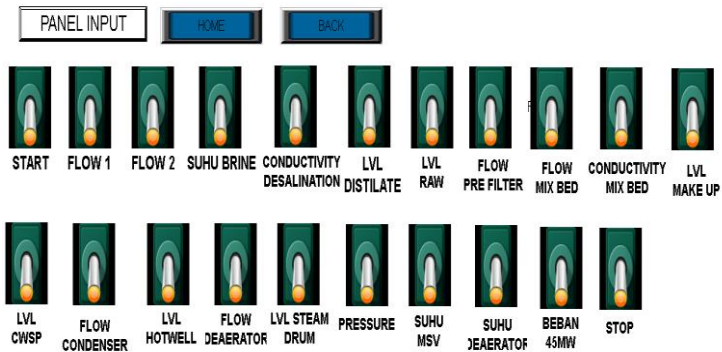


**Gambar 3.26** Rung Langkah 10.2

Proses konstruksi diagram *ladder* menghasilkan 50 *rung* (21 *rung proses* dan 29 *rung output*), dan 28 *flag memori*. Setelah konstruksi diagram *ladder*, selanjutnya dilakukan proses simulasi pada HMI dan jika masih terdapat kesalahan atau *error*, model proses pada *Petri net* dapat ditinjau kembali dan dijadikan acuan dalam melakukan perbaikan.

### 3.7 Perancangan HMI

Setelah berhasil melakukan konversi diagram *ladder*, tahap selanjutnya adalah melakukan perancangan *Human Machine Interface* (HMI) untuk memberi gambaran berupa visualisasi dari *Water Supply process* pada PLTU. Visualisasi HMI ini juga diperlukan untuk melihat keadaan (*state*) sistem saat melakukan pengujian simulasi sistem. Tampilan HMI dirancang menjadi tiga halaman yaitu halaman *awal*, *Condenser*, dan panel tombol.



**Gambar 3.27** Halaman Panel *Input*

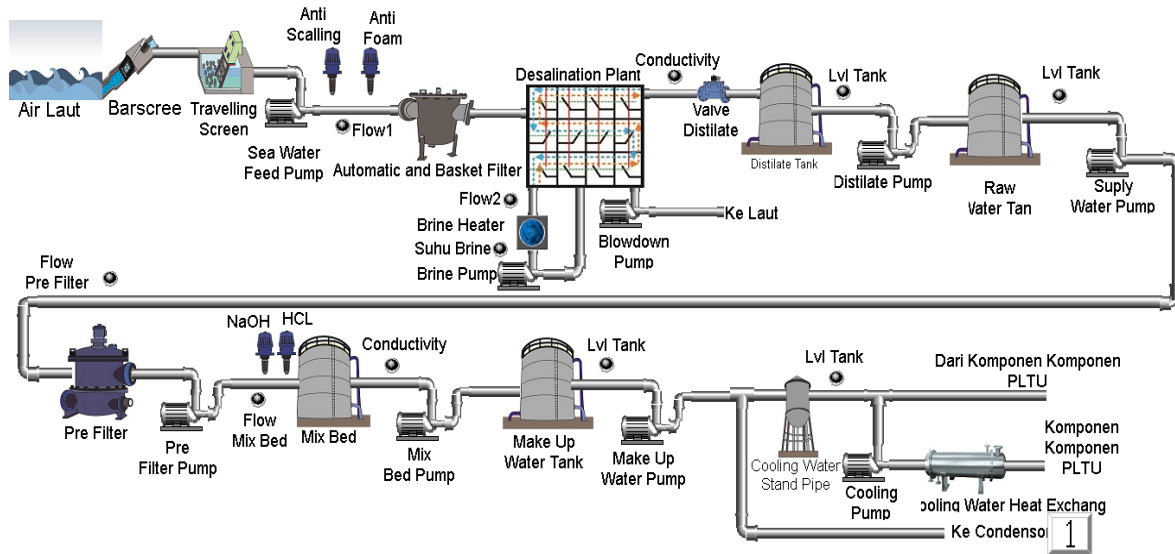
Halaman panel *input* (Gambar 3.27) merupakan kumpulan seluruh sensor dan tombol yang digunakan pada *Water Supply* pada PLTU. Pada panel *input*, pengguna dapat mengontrol kerja sensor sehingga simulasi proses dapat dilakukan secara bertahap.



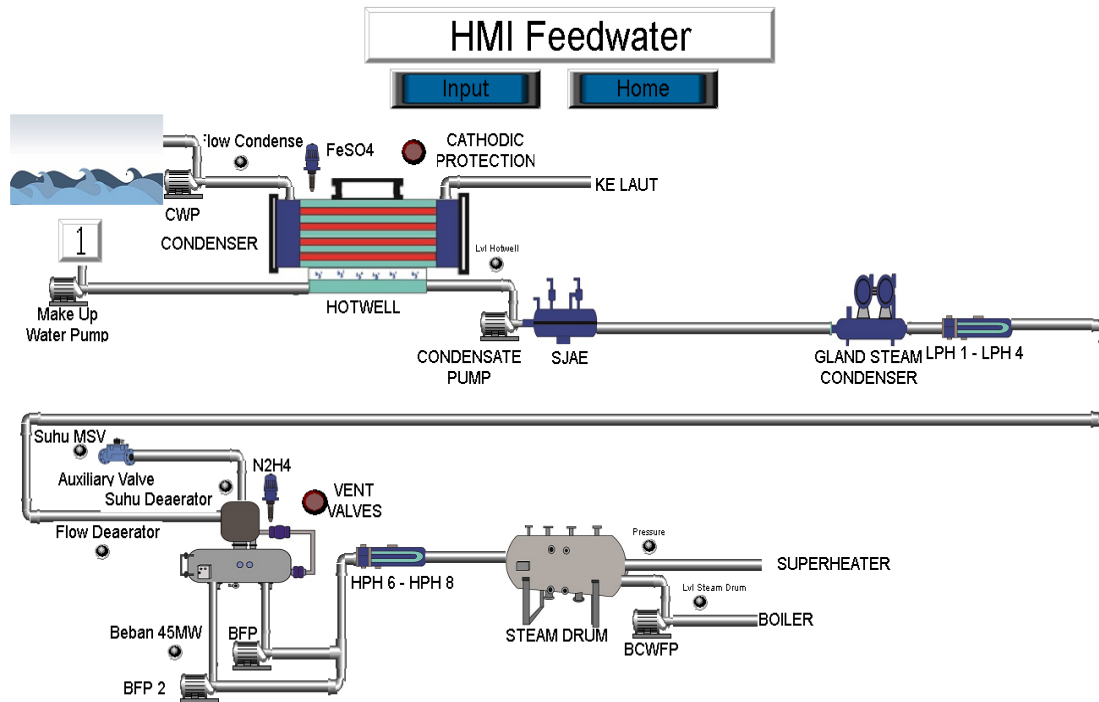
# HMI Feedwater

Input

Condenser



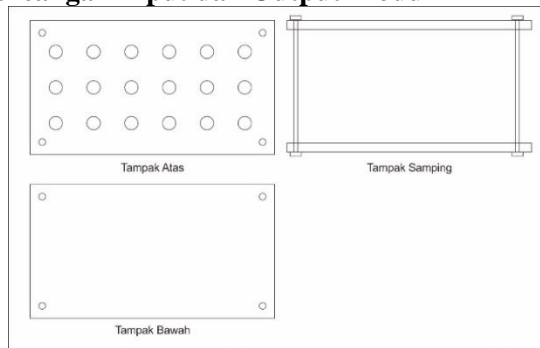
Gambar 3.28 Halaman Awal HMI



Gambar 3.29 Halaman Proses Kondenser

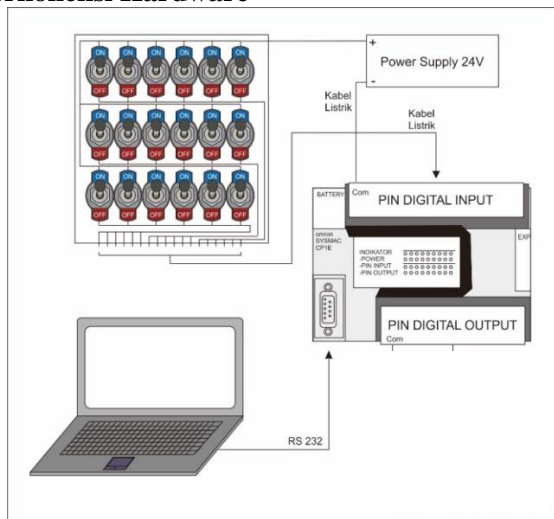
Pada halaman awal (Gambar 3.28), proses air dapat diamati pergerakan air laut yang masuk ke komponen komponen PLTU untuk dijernihkan. Halaman Condenser (Gambar 3.29) merupakan visualisasi dari pergerakan air yang telah dijernihkan akan ke condenser dan akan siap untuk ke boiler.

### 3.8 Perancangan Input dan Output Modul



**Gambar 3.30** Desain Akrilik Toggle sebagai input PLC

### 3.9 Interkoneksi Hardware



**Gambar 3.31** Integrasi PLC dengan HMI, Input dan Output

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

## **BAB 4**

### **PENGUJIAN DAN ANALISA**

Pengujian dan analisa dilakukan setelah konstruksi diagram *ladder* melalui proses koversi model *Petri net* selesai dilakukan. Hal tersebut bertujuan untuk memudahkan proses analisa dan melihat sistem *Feedwater* secara keseluruhan

#### **4.1 Pengujian Sistem**

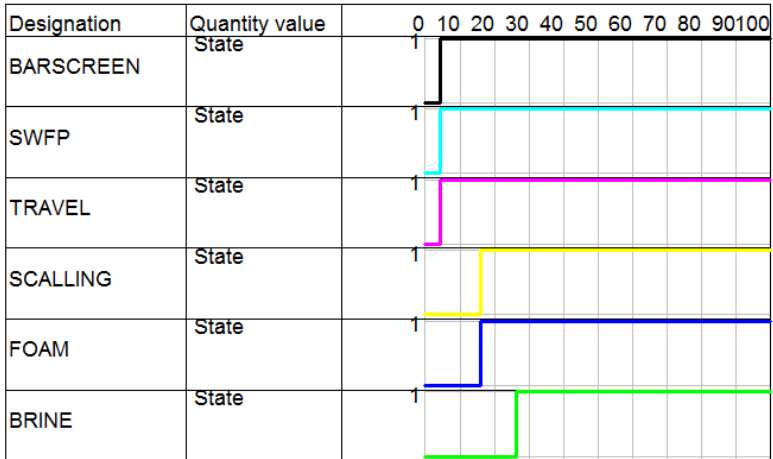
Pengujian disini akan dilakukan 2 tahap, yaitu pengujian ladder dengan HMI yang telah dibuat, serta pengujian timing chart untuk pergerakan ladder diagram sesuai dengan deskripsi sistem atau tidak.

##### **4.1.1 Pengujian Timing Chart Sistem**

Pengujian Timing Chart sistem ini bertujuan untuk melihat pergerakan sistem sudah sesuai atau belum dengan deskripsi yang telah dibuat. Pengujian ini dibantu dengan software *fluidsim*.

###### 1) Pengujian Sistem 1

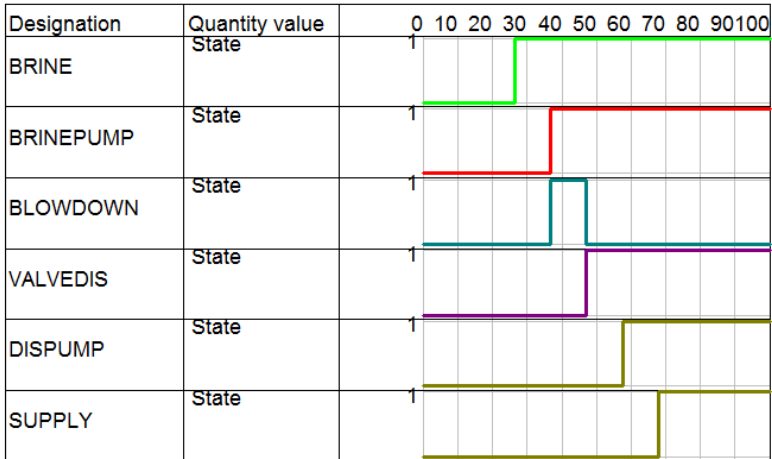
Disini diuji dengan mengaktifkan tombol start yang akan mengaktifkan *barscreen*, *swfp*, dan *travelling screen*. Air akan menuju ke tempat selanjutnya dan terdeteksi oleh sensor flow 1 dan akan mengaktifkan *Anti scalling* dan *Anti Foam*. Setelah itu air laut akan menuju ke *desalination plant* dan terdeteksi oleh sensor flow 2 dan mengaktifkan *Brine Heater*. Timing cHart dapat dilihat pada Gambar 4.1



**Gambar 4.1** Timing Chart Sistem 1

## 2) Pengujian Sistem 2

Setelah Brine Heater aktif air dipanaskan dan terdeteksi oleh sensor suhu dan mengaktifkan *Brine Pump*, dan *Blowdown Pump*. Setelah itu air akan mengalami perubahan konduktivitas, air jika sesuai konduktivitasnya akan terdeteksi sensor dan mengaktifkan Valve Distilate dan menonaktifkan *Blowdown Pump*. Air akan mengisi Distilate tank dan jika penuh akan mengaktifkan Distilate Pump. Air lalu mengisi ke Raw Water Tank dan jika penuh akan mengaktifkan Supply Water Pump. Timing Chart deskripsi sistem ini dapat dilihat pada Gambar 4.2



**Gambar 4.2** *Timing Chart* Sistem 2

### 3) Pengujian Sistem 3

Air akan mengalir ke Pre Filter dan terdeteksi oleh sensor Flow dan mnegaktifkan Pre Filter Pump dan akan menuju ke Proses Mixbed. Air akan terdeteksi oleh sensor flow Mix Bed dan mengaktifkan NaOH dan HCL. Air akan diturunkan konduktivitasnya. Jika sesuai akan mengaktifkan MixPump dan air akan menuju ke Make Up water Tank dan jika penuh mengaktifkan Make Pump. Timing Chart deskripsi sistem ini dapat dilihat pada Gambar 4.3

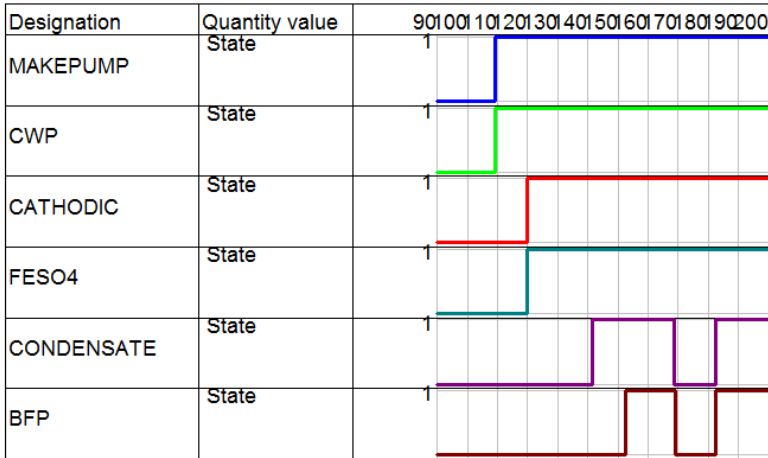
Designation	Quantity value	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
SUPPLY	State		1									
PREPUMP	State		1									
NAOH	State											
HCL	State											
MIXPUMP	State											
MAKEPUMP	State											

**Gambar 4.3** Timing Chart Sistem 3

#### 4) Pengujian Sistem 4

Air dilairkan oleh Make Pump dan CWP aktif untuk mengalirkan air laut menuju condenser. Air akan terdeteksi sensor flow dan mengaktifkan Cathodic serta FeSO<sub>4</sub>. Air dari Make Pump menuju Hotwell dan mengisi penuh, jika penuh akan mengaktifkan Condensate Pump dan menuju ke Deaerator. Air kan terdeteksi oleh sensor flow dan mengaktifkan BFP serta NaOH. Timing Chart deskripsi sistem ini dapat dilihat pada Gambar 4.4

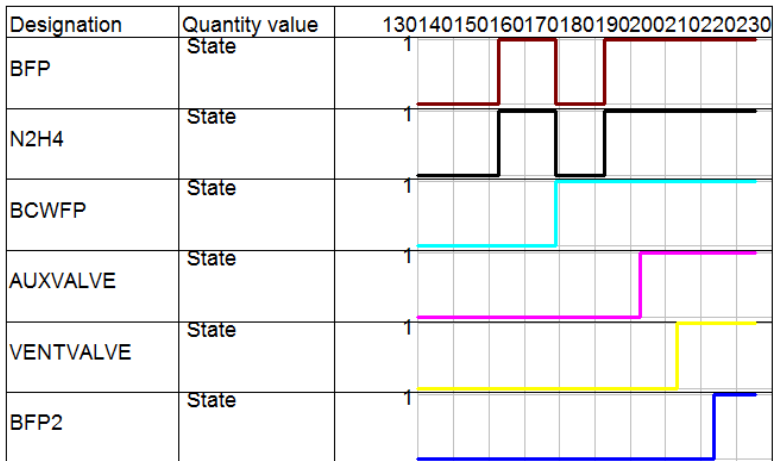




**Gambar 4.4** Timing Chart Sistem 4

### 5) Pengujian Sistem 5

Air dari Deaerator akan dipompa oleh BFP menuju steam drum. Air akan mengisi penuh, jika penuh akan mengaktifkan BCWFP dan menonaktifkan BFP, NaOH serta Condensate pump. Air akan dipanaskan oleh waterwall dan menuju kembali ke steam drum, jika terdeteksi oleh sensor pressure maka BFP, NaOH dan Condensate pump aktif kembali. Air menjadi uap dan menuju proses selanjutnya. Uap dari HP Turbin akan terdeteksi oleh sensor dan mengaktifkan Auxiliary Valve yang akan menuju ke deaerator. Uap akan terdeteksi oleh sensor suhu dan mengaktifkan Vent Deaerator. Jika proses sudah berlangsung lama dan telah membangkitkan listrik dengan beban 45MW maka BFP yang kedua akan aktif. iming Chart deskripsi sistem ini dapat dilihat pada Gambar 4.5



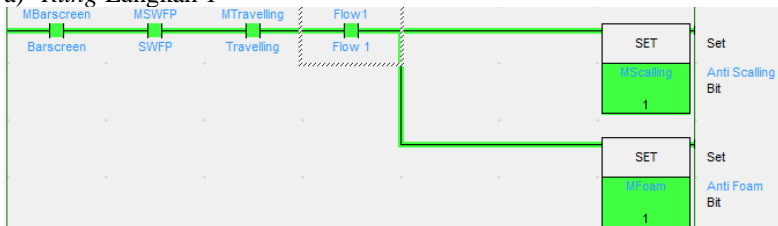
**Gambar 4.5** Timing Chart Sistem 5

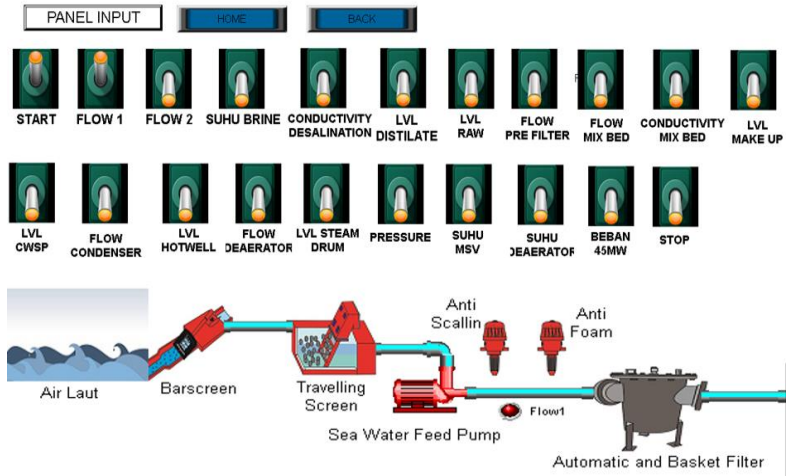
#### 4.1.2 Pengujian HMI

Pada proses pengujian ini diuji urutan langkah dari diagram ladder yang telah dirancang dengan menggunakan metode Petri net. Kesesuaian langkah dan waktu simulasi menjadi parameter utama dalam tahap pengujian ini. *Rung Langkah Initial*

Sebagaimana pada Gambar 4.6, ketika tombol *start* dan tombol Flow 1 ditekan maka Barscreen, Travelling Screen, SWFP, Anti Scalling dan Anti Foam akan aktif.

##### a) Rung Langkah 1

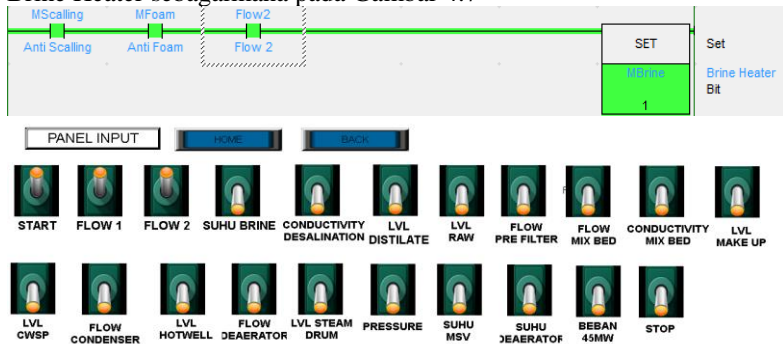


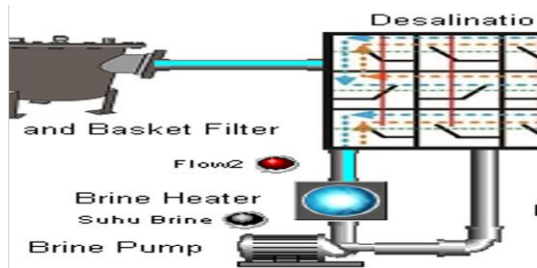


**Gambar 4.6** Running Langkah 1

b) *Rung* Langkah 2

Setelah pada langkah 1 aktif, air akan mengalir sampai menuju ke tahap selanjutnya yaitu Desalination Plant. Air akan Dipanaskan oleh Brine Heater sebagaimana pada Gambar 4.7

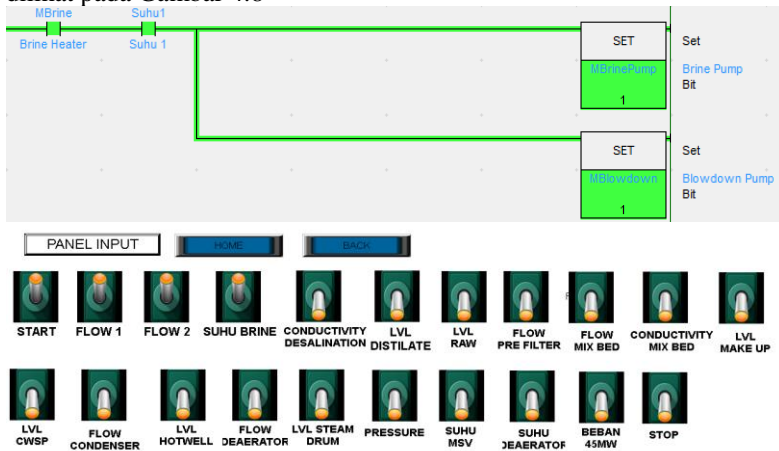


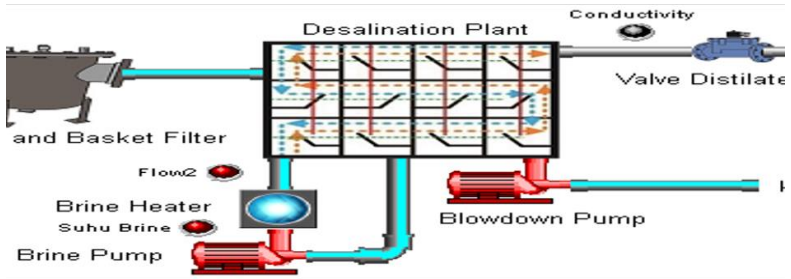


Gambar 4.7 Running Langkah 2

c) *Rung* Langkah 3

Air setelah dipanaskan oleh Brine Heater akan dideteksi oleh sensor suhu dan air dipompa lagi oleh Brine Pump menuju stage awal sampai stage terakhir didalam desalination plant, air yang belum mencukupi konduktivitasnya akan dibuang oleh blowdown pump. Simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.8

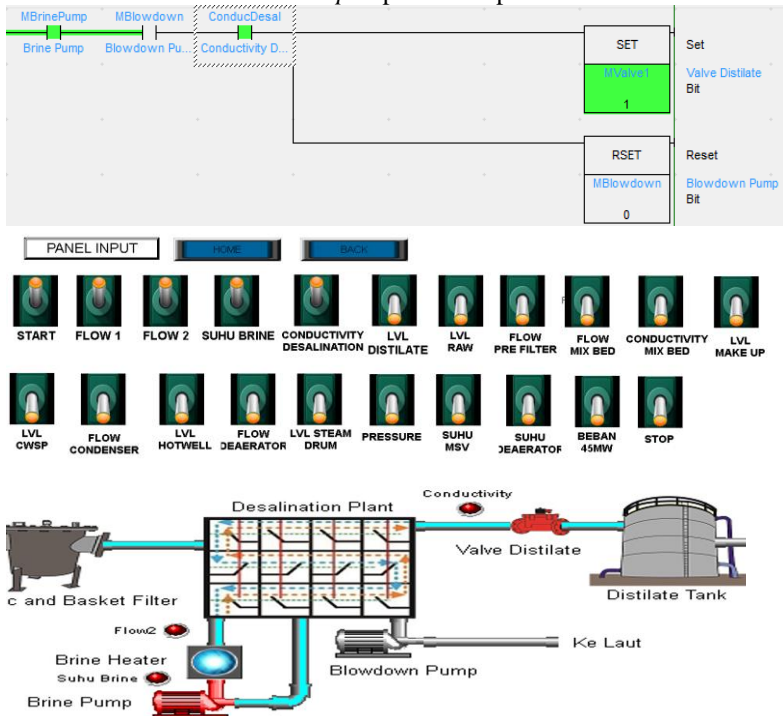




Gambar 4.8 Running Langkah 3

d) Rung Langkah 4

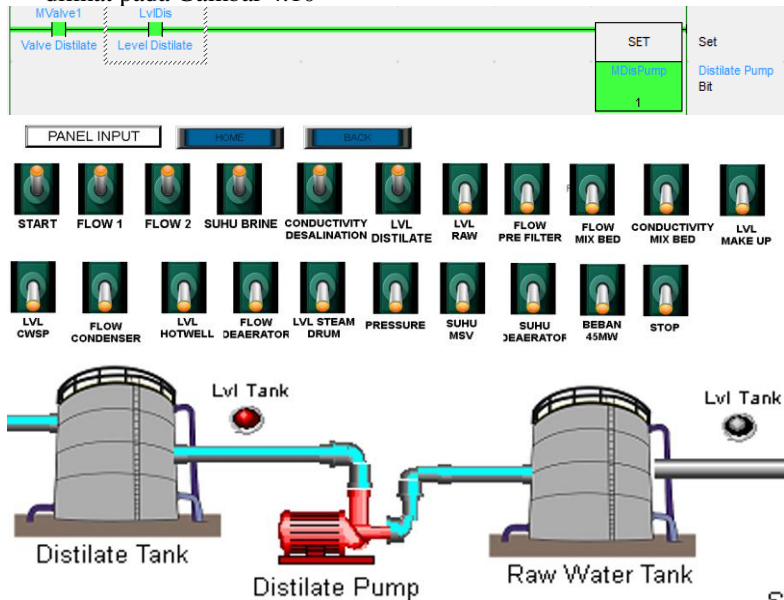
Air dari desalination plant akan mengalami perubahan konduktivitas, jika konduktivitasnya memenuhi akan membuka *Valve Distilate* dan mematikan *Blowdown Pump* dapat dilihat pada Gambar 4.9



Gambar 4.9 Running Langkah 4

e) *Rung* Langkah 5

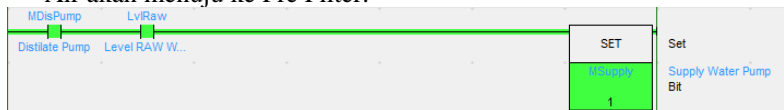
Air yang telah memenuhi konduktivitasnya akan mengalir kedalam tangki yaitu Distilate Tank sebagai penyimpan air desalination plant sampai penuh dan menyentuh sensor level high dari tangki. Ketika sensor level terdeteksi akan mengaktifkan *Distilate Pump*. Dapat dilihat pada Gambar 4.10

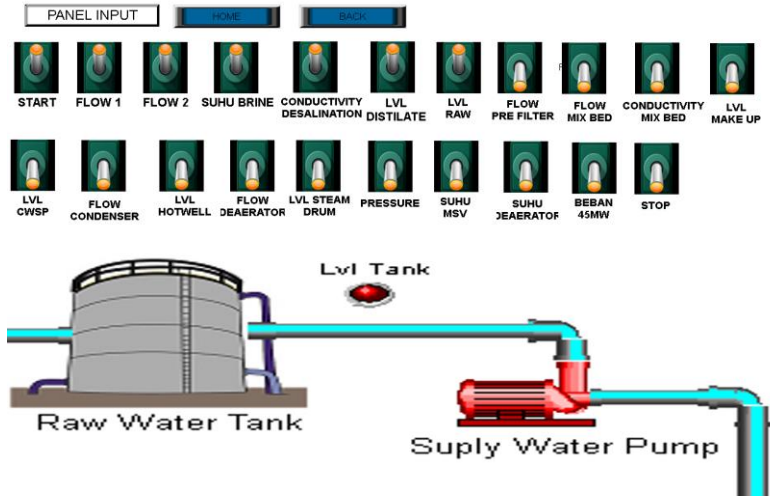


Gambar 4.10 *Running* Langkah 5

f) *Rung* Langkah 6

Air akan mengisi Raw Water Tank. Ketika sensor level pada tangki akan terdeteksi penuh maka akan mengaktifkan *Supply Water Pump*. Air akan menuju ke Pre Filter.

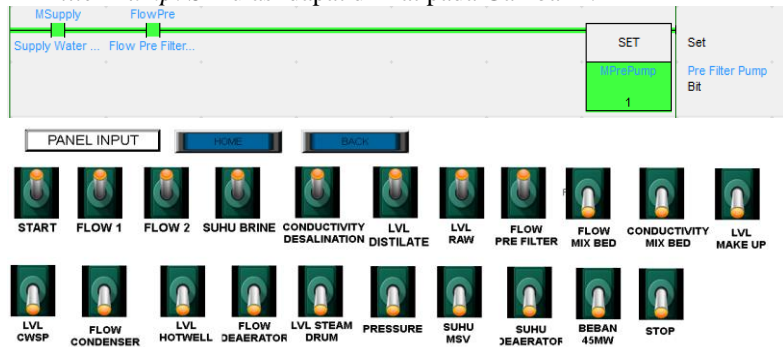


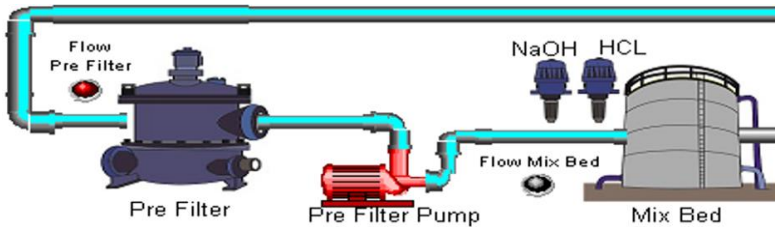


Gambar 4.11 *Runing* Langkah 6

g) *Rung* Langkah 7

Air dari *Suply Water Pump* akan menuju ke *Pre filter* untuk disaring. Ketika terdeteksi sensor *Flow* pada *Pre Filter* akan mengaktifkan *Pre Filter Pump*. Simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.12

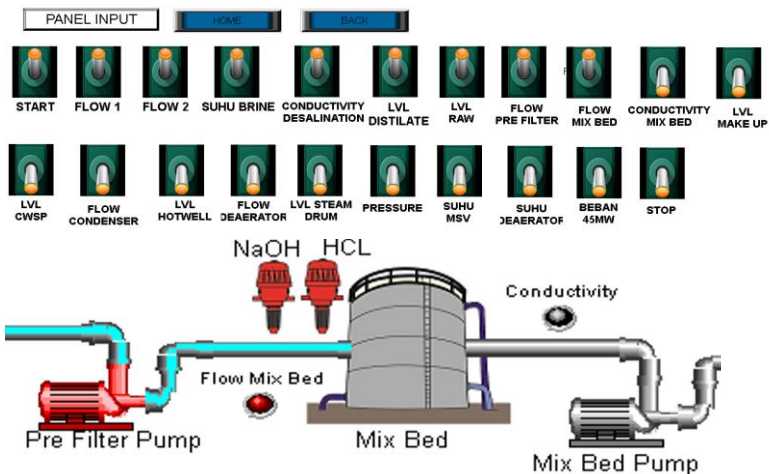
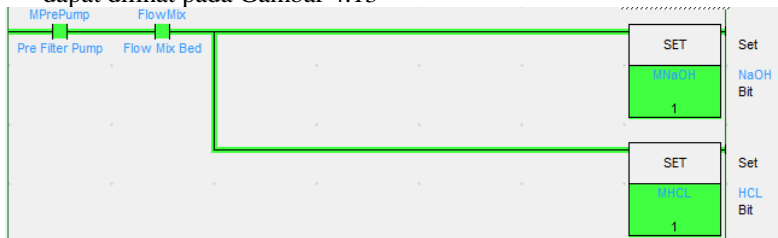




Gambar 4.12 Running Langkah 7

h) Rung Langkah 8

Air dari *Pre Filter Pump* akan menuju ke Tangki MixBed. Sebelum ke tangki mixbed akan terdeteksi oleh sensor flow untuk mengaktifkan NaOH dan HCL untuk proses pada MixBed. Proses dapat dilihat pada Gambar 4.13

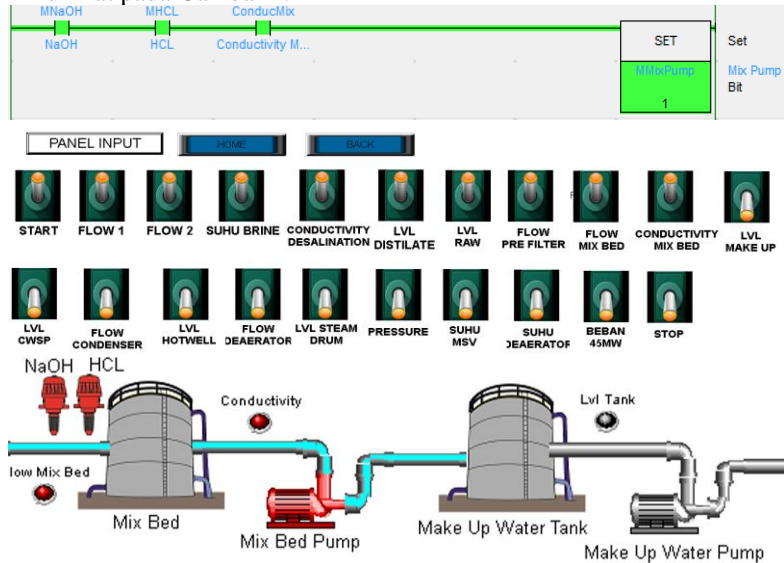


Gambar 4.13 Running Langkah 8



i) *Rung* Langkah 9

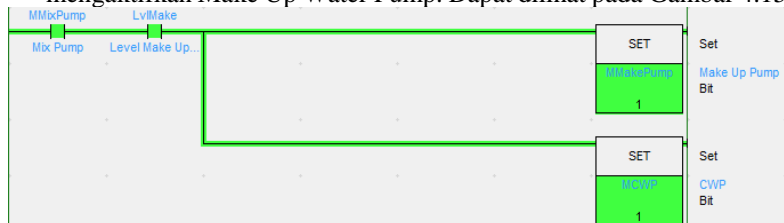
Setelah proses Mixbed didapatkan air dengan konduktivitas yang telah disesuaikan atau di *setting*. Air akan dideteksi oleh sensor konduktiviti dan akan mengaktifkan Mix Bed Pump. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada Gambar 4.4

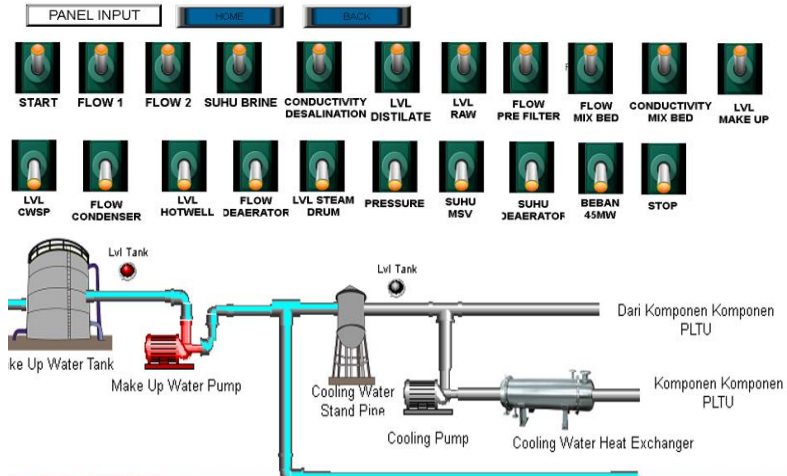


**Gambar 4.14** Running Langkah 9

j) *Rung* Langkah 10

Air yang dipompa oleh Mix Bed Pump akan menuju Make Up Water Tank. Setelah terdeteksi oleh sensor level high menandakan air didalam tank telah terisi penuh. Setelah sensor aktif akan mengaktifkan Make Up Water Pump. Dapat dilihat pada Gambar 4.15





**Gambar 4.15** Running Langkah 10

**Tabel 4.1** Pengujian Sistem Keseluruhan

Nomor	Masukan	Keluaran	Normal
1	Tombol Start	Barscreen dan Travelling Screen	√
2	Sensor Flow 1	Anti Scalling dan Anti Foam	√
3	Sensor Flow 2	Brine Heater	√
4	Sensor Suhu 1	Brine Pump dan Blowdown Pump	√
5	Sensor Conductivity	Valve 1	√
6	Sensor Level Distilate	Distilate Pump	√
7	Sensor Level Raw Water Tank	Supply Water Pump	√
8	Sensor Pre Filter	Pre Filter Pump	√
9	Sensor Flow Mix Bed	NaOH dan HCL	√
10	Sensor Conductivity Mix Bed	Mixbed Pump	√

Nomor	Masukan	Keluaran	Normal
11	Sensor Level Make Up Water Tank	Make up pump dan Circulating Water Pump (CWP)	√
12	Sensor Level Cooling Water Stand Pipe	Cooling Pump	√
13	Sensor Flow Condenser	FeSO <sub>4</sub> dan Cathodic Protection	√
14	Sensor Level Hotwell	Condensate Pump	√
15	Sensor Flow Deaerator	BFP	√
16	Sensor Level Steam Drum	Boiler Circulating Water Feed Pump (BCWFP) aktif, NaOH mati, BFP mati, Condensate Pump Mati.	√
17	Sensor Pressure	BFP aktif, Condensate Pump aktif	√
20	Sensor Suhu Auxiliary Valve	Auxiliary Valve aktif	√
21	Sensor Suhu Deaerator	Vent Valve AKtif	√
22	Sensor Beban 45 MW	BFP yang kedua aktif	√

#### 4.2 Pengujian Waktu Proses Sistem

Implementasi dari metode *Petri Net* untuk Proses Feedwater telah sesuai dengan yang telah dirancang baik diuji dengan HMI ataupun dengan TimingChart dari Fluidsim. Diagram Ladder terdiri dari 49 rung. 29 rung untuk proses dan 20 untuk output (aktuator). HMI yang digunakan terdiri dari 3 layar. Layar 1 sebagai tampilan awal sistem, Layar 2 merupakan tampilan lanjutan dari layar 1 dan layar ke 3 merupakan Input dari sistem. Total memori yang digunakan hasil HMI sebesar 15,8 Mb. Sistem akan dicobaa dijalankan sebanyak 10 kali.

Berikut hasil tabel pencatatan waktu sistem ketika dijalankan sebanyak 10 kali.

**Tabel 4.2** Pengujian Sistem

Data ke-	Berhasil atau Tidak	Waktu
1	√	1 Menit 20 Detik
2	√	1 Menit 25 Detik
3	√	1 Menit 22 Detik
4	√	1 Menit 21 Detik
5	√	1 Menit 12 Detik
6	√	1 Menit 17 Detik
7	√	1 Menit 19 Detik
8	√	1 Menit 07 Detik
9	√	1 Menit 11 Detik
10	√	1 Menit 09 Detik

Setelah dilakukan uji coba sebanyak 10 kali dihasilkan waktu telama yaitu 1 menit 25 Detik dan untuk yang tercepat adalah 1 Menit 07 Detik. Jadi rata rata waktu yang dilakukan adalah 76.3 Detik atau 1 Menit 16 detik.

## **BAB 5 PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Proses konstruksi diagram *ladder* dengan menggunakan metode *Petri net* dapat dilakukan dan telah berhasil dilakukan simulasi sehingga urutan logika sesuai dengan urutan proses yang diinginkan dan menghasilkan beberapa poin sebagai berikut.

- a) Proses konstruksi diagram *ladder* dengan menggunakan metode *Petri net* dapat dilakukan sesuai dengan urutan logika yang diinginkan.
- b) Metode *Petri net* dapat digunakan untuk melihat keadaan suatu proses sistem yang sedang bekerja sehingga memudahkan pengguna untuk melakukan perbaikan maupun pengembangan.
- c) Dari hasil konstruksi diagram *ladder*, didapatkan diagram *ladder* sebanyak 49 *rung* yang terdiri dari 20 *rung* proses dan 29 *rung output* dan kapasitas program sebesar 11 Kb.
- d) Dilakukan uji coba sebanyak 10 kali didapatkan waktu rata – rata 76,3 detik atau 1 menit 16 detik.

Hasil perancangan diagram *ladder* dapat diimplementasikan pada plant *Feedwater* di PLTU yang telah dideskripsikan sesuai data yang didapat. Dari hasil diagram *ladder* yang telah dibuat ketika dioperasikan diperoleh waktu sekitar 76,3 detik dan didapatkan memori program diagram *ladder* 11Kb sebanyak 49 *rung* yang terdiri dari 20 *rung* proses dan 29 *rung output* yang telah memenuhi syarat dari spesifikasi PLC yang digunakan

### **5.2 Saran**

- a) Akan jauh lebih baik jika dapat mengimplementasikan langsung pada Proses *Feedwater* PLTU.
- b) Proses *Feedwater* akan jauh lebih baik jika disesuaikan dengan kondisi aslinya dengan sumber buku manual pada PLTU itu sendiri.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J.-S. Lee and P.-L. Hsu, "A New Approach to Evaluate Ladder Logic Diagrams and Petri Net via The IF-THEN Transformation," in *IEEE*, Hsinchu, Taiwan, 2001.
- [2] M. Zhou and E. Twiss. 1995. "A Comparison of relay Ladder Logic Programming and Petri Net Approach for Sequential Industrial Control System," in *IEEE*, Newarkx.
- [3] Nurmiati Pasra, Faisal Hakim. 2015. "Pengoperasian Water Treatment Plant di PT PJB Unit Pembangkitan Paiton". Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknik-PLN.
- [4] OMRON, September 2000. [Online]. Available: <http://omronkft.hu/nostree/pdfs/plc/cqm1h/w226-e1-7.pdf>. [Accessed 2 Juni 2018].
- [5] P. Tomaz, "Translation of Extended Petri Net Model into Ladder Diagram and Simulation with PLC," *Strojnicki vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, vol. 55, no. 10, pp. 608-622, 2009.
- [6] Sardono, Sarwito dan Bernanda C Pramana. "Analisa Penggunaan Impressed Current Cathodic Protection (Iccp) Pada Sistem Pendingin Utama Unit 1&2 Pltu Paiton". Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [7] Satriansyah, Adam. 2016. "Boiler Water Treatment Plant". Politeknik Negeri Semarang.
- [8] Sunardi, M. 2017. "Konstruksi Diagram Ladder dengan Metode Petrinet untuk Factory Automation Trainer". Tugas Akhir. Teknik Elektro. Surabaya: Intitut Teknologi Sepuluh Nopember
- [9] Veatch, Black. 1996. *Power Plant Engineering*. New York. Springer.
- [10] Zain, Rifqi. 2017. "Konstruksi Diagram Ladder dengan Metode Petrinet untuk *Crude Palm Oil Proses*". Tugas Akhir. Teknik Elektro Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember

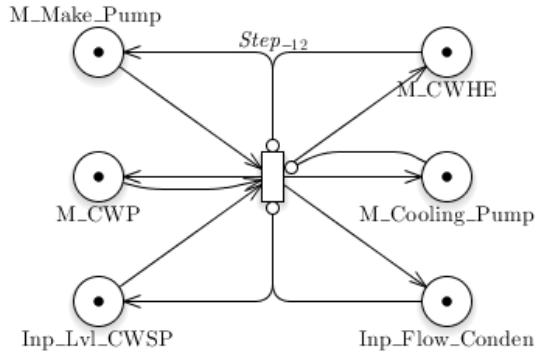
[Halaman ini sengaja dikosongkan]



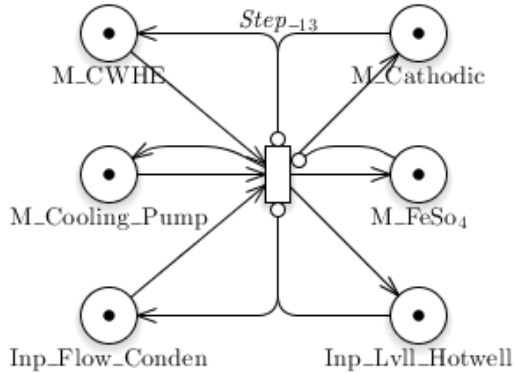
## LAMPIRAN

### A. Lampiran *Petri net*

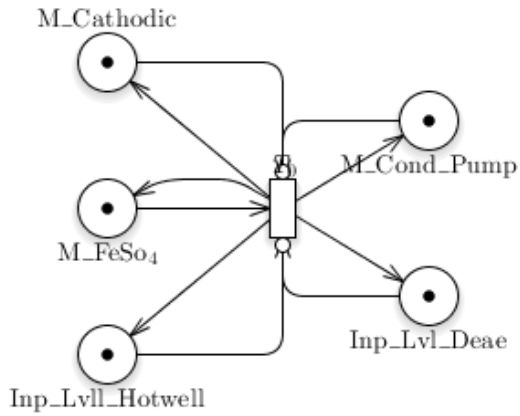
#### Langkah 12



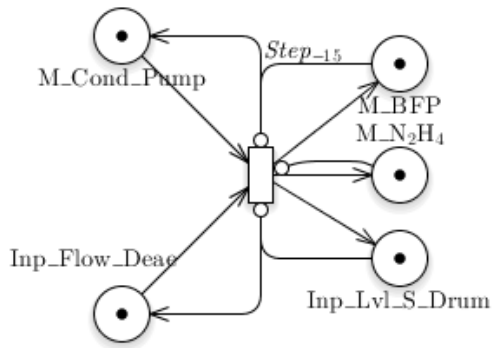
#### Langkah 13



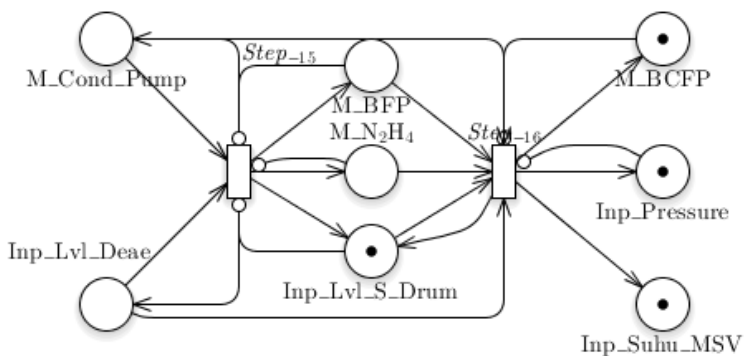
Langkah 14



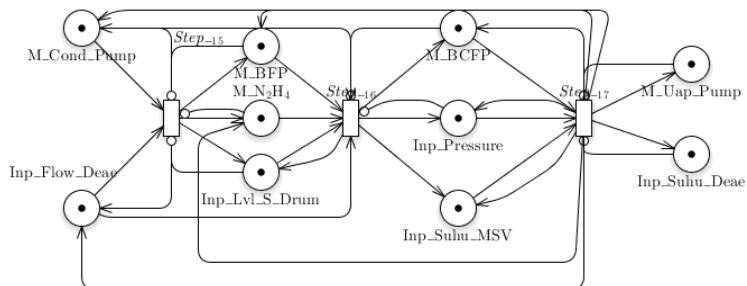
Langkah 15



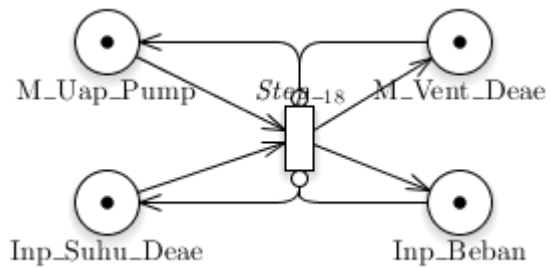
Langkah 16



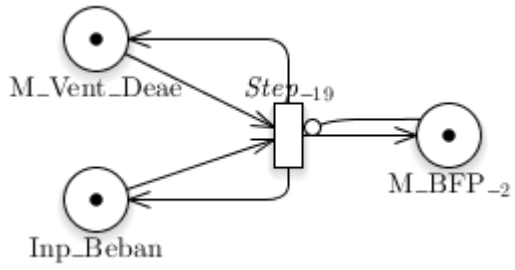
Langkah 17



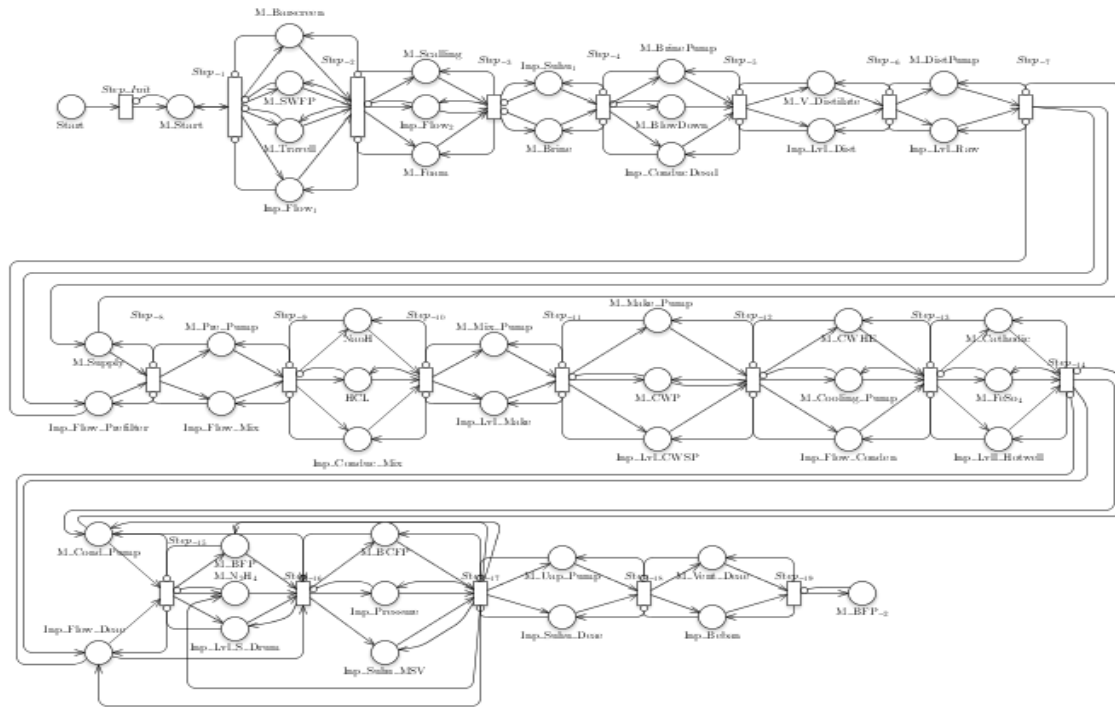
Langkah 18



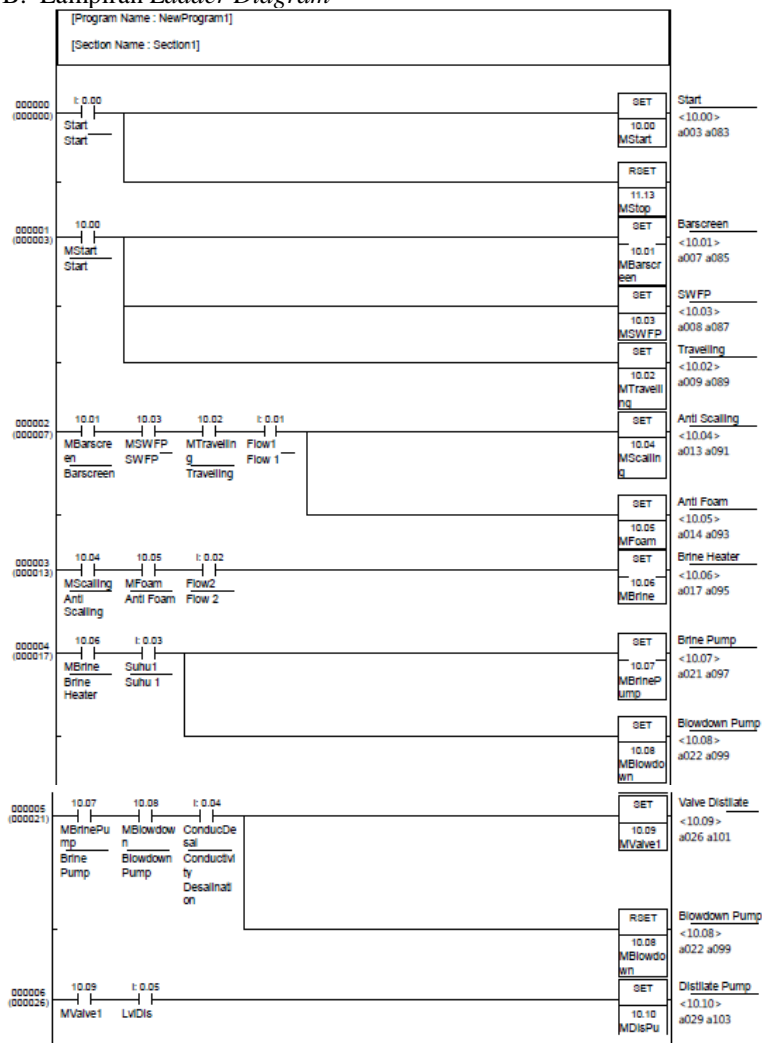
Langkah 19

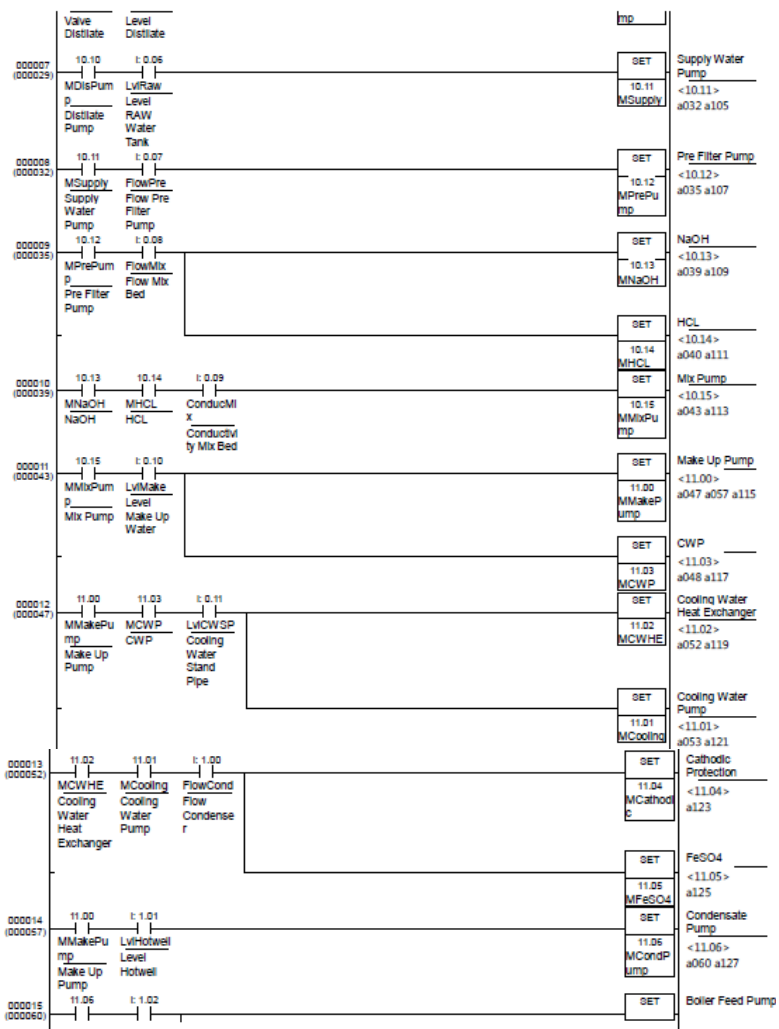


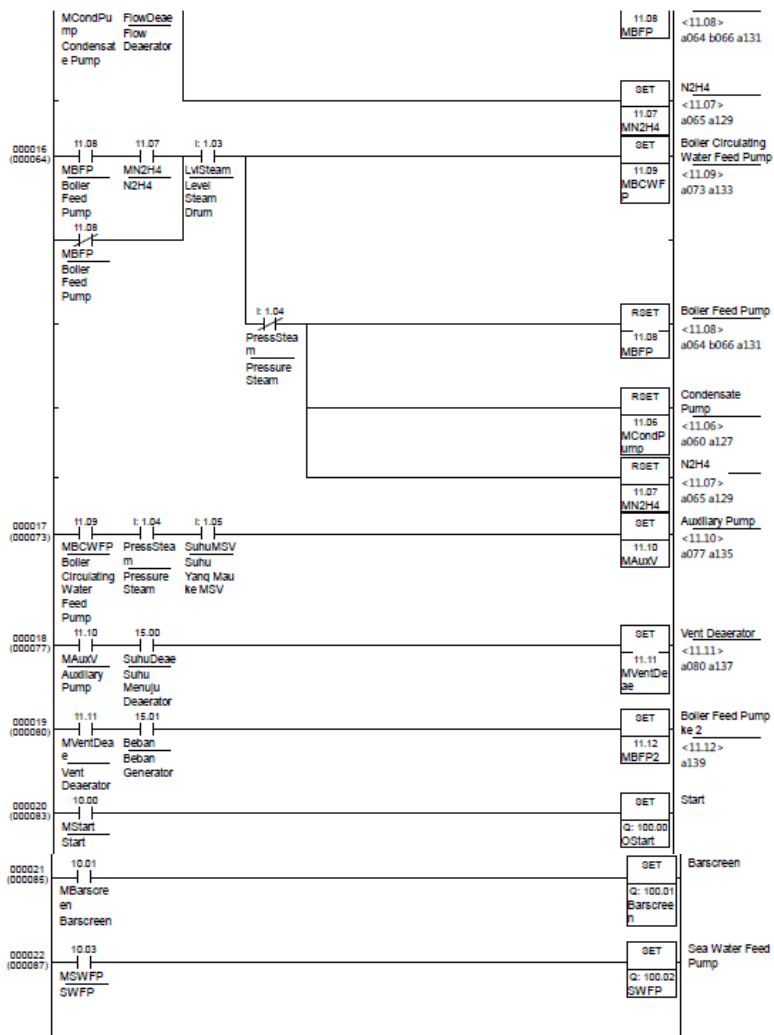
## Tampilan Keseluruhan *Petri Net*



## B. Lampiran *Ladder Diagram*

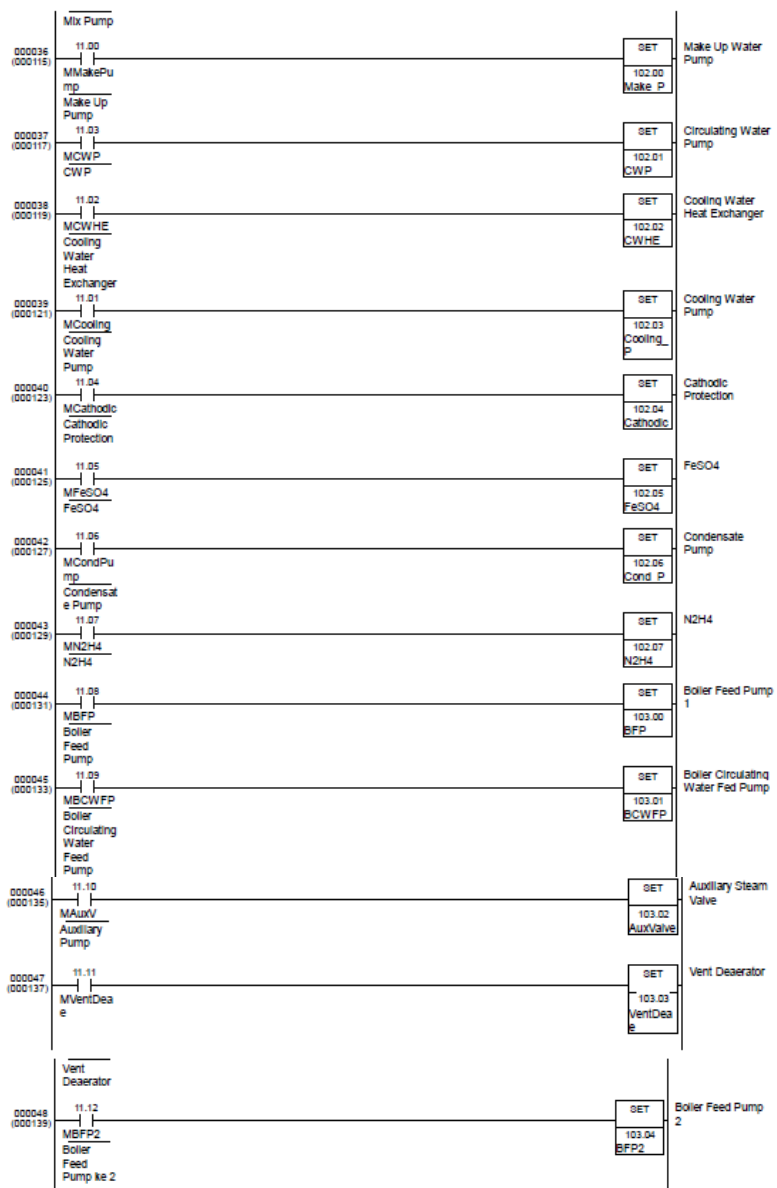








000023 (000089)	10.02 MTravelling Travelling	SET Q: 100.03 TravScreen	Travelling Screen
000024 (000091)	10.04 MScalling Anti Scalling	SET Q: 100.04 A_Scalling	Anti Scalling
000025 (000093)	10.05 MFoam Anti Foam	SET Q: 100.05 A_Foam	Anti Foam
000026 (000095)	10.06 MBrine Brine Heater	SET Q: 100.06 Brine_H	Brine Heater
000027 (000097)	10.07 MBrinePump Brine Pump	SET Q: 100.07 Brine_P	Brine Pump
000028 (000099)	10.08 MBlowdown Blowdown Pump	SET Q: 101.00 BlowPump	Blowdown Pump
000029 (000101)	10.09 MValve1 Valve Distilate	SET Q: 101.01 Valve_Dis	Valve Distilate Tank
000030 (000103)	10.10 MDisPump Distilate Pump	SET Q: 101.02 Dis_P	Distilate Pump
000031 (000105)	10.11 MSupply Supply Water Pump	SET Q: 101.03 Supply	Supply Water Feed Pump
000032 (000107)	10.12 MPrePump Pre Filter Pump	SET 101.04 Pre_P	Pre Filter Pump
000033 (000109)	10.13 MNaOH NaOH	SET 101.05 NaOH	NaOH
000034 (000111)	10.14 MHCL HCL	SET 101.06 HCL	HCL
000035 (000113)	10.15 MMixPump Mix P	SET 101.07 Mix_P	Mix Bed Pump



## RIWAYAT HIDUP



Duviky Erison, lahir di Surabaya pada tanggal 20 Mei 1996. Anak Keempat dari pasangan ayah Asmuri dan ibu Perningsih. Setelah menempuh pendidikan formal di SDN Banyu Urip III Surabaya, SMPN 10 Surabaya dan SMA Hangtuah 1 Surabaya, penulis melanjutkan melanjutkan studi Diploma 3 jurusan Teknik Elektro di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan lulus tahun 2017. Kemudian melanjutkan kuliah Lintas Jalur Sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengambil Jurusan Teknik Elektro, Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan.

Kontak: [duvikerison@yahoo.com](mailto:duvikerison@yahoo.com)