



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - EE184801

**DESAIN DIAGRAM *LADDER* DENGAN METODE GRAFCET  
UNTUK *LOGIC SEQUENCE* SISTEM LUBRIKASI DAN *SEALING*  
PADA PLTU**

A Dimas Maestrodjar  
NRP 07111745000050

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

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





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - EE 184801**

***LADDER DIAGRAM DESIGN WITH GRAFCET METHOD FOR  
LOGIC SEQUENCE OF LUBRICATION AND SEALING ON  
STEAM POWER PLANT***

A Dimas Maestrodjar  
NRP 07111745000050

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

***ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTEMENT  
Faculty of Electrical Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019***



## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Desain Diagram Ladder Dengan Metode Grafcet Untuk *Logic Sequence* Sistem Lubrikasi dan Sealing Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap**” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juni 2019



A Dimas Maestrodjar  
NRP 07111745000050

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

**DESAIN DIAGRAM LADDER DENGAN METODE GRAFCET  
UNTUK LOGIC SEQUENCE SISTEM LUBRIKASI DAN  
SEALING PADA PLTU**

**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. 195412271981031002

Eka Iskandar, ST., MT.  
NIP. 198005282008121001



-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----



# DESAIN DIAGRAM *LADDER* DENGAN METODE GRAFCET UNTUK *LOGIC SEQUENCE* SISTEM LUBRIKASI DAN *SEALING* PADA PLTU

A Dimas Maestro di ar-07111745000050

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

## ABSTRAK

PLTU merupakan salah satu pembangkit listrik yang sedang berkembang saat ini. Untuk menghasilkan listrik dengan konstan dan efisien, kinerja PLTU di tentukan oleh proses starting dan proses shutdown. Selain itu, proses pada starting ini juga diperlukan efisiensi yang tinggi. Maka setiap komponen dari proses starting butuh untuk dikontrol secara terus menerus. Dalam melakukan kontrol tersebut, digunakan PLC sebagai *controller* yang sudah banyak digunakan di industri karena terbukti keandalannya. Untuk dapat memprogram PLC digunakan Diagram Ladder. Namun dalam beberapa kasus, diagram ladder susah untuk dipahami oleh orang lain, sehingga akan lebih sulit untuk menyelaesaikan masalah. Maka, untuk mengatasi itu digunakan sebuah metode dalam pemrograman PLC agar program yang digunakan mampu untuk dipahami orang lain yang bukan programmer. Metode yang digunakan adalah Grafcet, dengan alasan metode ini lebih mudah apabila akan dilakukan modifikasi ladder. Hasil pengujian menunjukkan bahwa program PLC maupun HMI dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Hasil Perancangan Ladder Diagram berdasarkan metode Grafcet membutuhkan 56 Relay input dan memori, serta terdapat 25 Relay Output. Diagram Ladder hasil perancangan membutuhkan 38 rung untuk proses, 4 rung tambahan, dan 23 rung output, sehingga total terdapat 66 rung, serta membutuhkan 14 Timer, ukuran file dari diagram ladder adalah 4.46 KB. Waktu rata-rata yang dibutuhkan dalam simulasi untuk menyalakan seluruh komponen adalah 27,1 detik

**Kata Kunci :** Grafcet, *Programmable Logic Control*, *Human machine interface*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

# **LADDER DIAGRAM DESIGN WITH GRAFCET METHOD FOR LOGIC SEQUENCE OF LUBRICATION AND SEALING ON STEAM POWER PLANT**

A Dimas Maestrodiar-07111745000050

Pembimbing: 1. Dr. Ir. Mochammad Rameli  
3. Eka Iskandar, S.T., M.T.

## **ABSTRACT**

*PLTU is one of the power plants, that is still continuous to develop. To produce electricity constantly and efficiently, the Steam Power Plant's performance is determined by the starting process and the shutdown process. It is because the starting process is prone to leakage of the pipe and will cause the equipment to rust. In addition, the process in this starting also requires high efficiency. Then each component of the starting process needs to be controlled continuously. In carrying out these controls, PLC is used as a controller which is already widely used in the industry because of its proven reliability. To be able to program a Programmable Logic Control or PLC, a Ladder diagram is used. But in some cases, ladder diagrams are difficult to understand to other people that want to know the flow of the Ladder Diagram, so it will be more difficult to overcome if there are problems in the system. It is used a Grafcet method in PLC programming so that the program used is able to be understood by other people who are not programmers. The test results show that the PLC or Human machine interface or HMI programs can run as desired. By using the Grafcet Method, it is expected that other people will easily understand the program easily. The average time needed in the simulation to turn on all components is 27.1 seconds*

**Keywords** : Grafcet, Programmable Logic Control, Human machine interface

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang merupakan persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana pada Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul:

### **DESAIN DIAGRAM *LADDER* DENGAN METODE GRAFCET UNTUK *LOGIC SEQUENCE* SISTEM LUBRIKASI DAN *SEALING* PADA PLTU**

Dengan penyusunan tugas akhir ini penyusun tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis hendak menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak – pihak yang telah membantu. Ucapan terima kasih ini kami sampaikan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi rahmat-Nya dalam pembuatan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan penuh dan teladan bagi penulis.
3. Bapak Dr. Ir. Mochammad Rameli selaku Dosen Pembimbing pertama dan Eka Iskandar, ST., MT. yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis dalam pembuatan tugas akhir ini.
4. Teman-teman angkatan 2017 Lintas Jalur atas semangat dan kerjasamanya.

Akhir kata semoga buku ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Juni 2019

Penulis

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

# DAFTAR ISI

## HALAMAN

IHALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	v
ABSTRAK .....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metodologi .....	2
1.6 Sistematika .....	3
1.7 Relevansi atau Manfaat .....	4
BAB II TEORI PENUNJANG.....	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap [1] .....	5
2.2 Sistem Lubrikasi dan <i>sealing</i> [5].....	6
2.2.1 Sistem Lubrikasi .....	6
2.2.2 Sistem <i>Sealing</i> .....	9
2.2.3 Pompa Hidrogen.....	9
2.2.4 <i>Cooling Water Pump</i> .....	10
2.2.5 Blower .....	11
2.2.6 <i>Jacking Oil Pump</i> .....	12
2.2.7 <i>Gland Seal Steam Regulator</i> .....	12
2.3 <i>Programmable Logic Control (PLC)</i> [3].....	14
2.3.1 Bagian-Bagian PLC [4] .....	15
2.4 PLC OMRON .....	16
2.4.1 CX Programmer .....	17
2.4.2 CX Designer .....	18
2.5 <i>Human Machine Interface</i> .....	19
2.6 Diagram <i>Ladder</i> [2].....	20
2.7 Graficet [3].....	21

2.7.1	Konversi Grafcet ke Diagram Ladder .....	24
<b>BAB III</b>	<b>PERANCANGAN SISTEM</b> .....	<b>27</b>
3.1	Perancangan Sistem Lubrikasi dan <i>sealing</i> .....	27
3.1.1	Tahap Awal .....	28
3.1.2	Lubrikasi dan <i>Sealing</i> Generator .....	29
3.1.3	Lubrikasi dan <i>Sealing</i> Turbin .....	30
3.1.4	Deskripsi Lengkap Sistem .....	30
3.1.5	Langkah Kerja .....	32
3.2	Perancangan Grafcet .....	36
3.2.1	Pengelompokan Komponen .....	37
3.2.2	Perancangan Grafcet .....	38
3.3	Perancangan Diagram <i>Ladder</i> .....	41
3.3.1	Pengalamatan Komponen .....	42
3.3.2	Konstruksi Diagram <i>Ladder</i> .....	43
3.4	Perancangan HMI .....	48
<b>BAB IV</b>	<b>PENGUJIAN DAN ANALISA</b> .....	<b>51</b>
4.1	Konfigurasi Sistem .....	51
4.2	Validasi <i>Timing Chart</i> Sistem .....	52
4.3	Pengujian Ladder .....	54
4.4	Pengujian <i>Human Machine Interface</i> .....	61
4.5	Pengujian Waktu Proses Sistem .....	64
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP</b> .....	<b>67</b>
5.1	Kesimpulan .....	67
5.2	Saran .....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>69</b>
<b>LAMPIRAN A</b>	.....	<b>71</b>
A.1	Lampiran Grafcet .....	71
A.2	Lampiran Program Ladder .....	73
<b>LAMPIRAN B</b>	.....	<b>85</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	.....	<b>85</b>



# DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

Gambar 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga uap.....	5
Gambar 2.2 Lubrikasi dengan jenis <i>Full Film</i> .....	7
Gambar 2.3 Lubrikasi dengan jenis <i>Boundary</i> .....	7
Gambar 2.4 Lubrikasi dengan jenis <i>Mixed Film</i> .....	8
Gambar 2.5 Pompa Hidrogen.....	10
Gambar 2.6 Pompa <i>Cooling Water Pump</i> .....	10
Gambar 2.7 Blower .....	12
Gambar 2.8 <i>Gland Seal Steam Regulator</i> .....	12
Gambar 2.9 <i>Programmable Logic Control</i> .....	14
Gambar 2.10 Sistem PLC.....	16
Gambar 2.11 PLC OMRON CP1E .....	17
Gambar 2.12 CX Programmer .....	18
Gambar 2.13 CX Designer .....	18
Gambar 2.14 Contoh HMI di Industri .....	19
Gambar 2.15 Contoh Diagram <i>Ladder</i> .....	20
Gambar 2.16 Contoh Grafcet .....	23
Gambar 2.17 Contoh 1 konversi grafcet ke diagram ladder.....	24
Gambar 2.18 Contoh 2 konversi Grafcet ke diagram ladder.....	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Perancangan Sistem.....	27
Gambar 3.2 Alur tahap persiapan sistem Lubrikasi dan <i>Sealing</i> .....	28
Gambar 3.3 Lubrikasi dan <i>Sealing</i> generator.....	29
Gambar 3.4 Lubrikasi dan <i>Sealing</i> Turbin .....	30
Gambar 3.5 Langkah 1 dan 2 .....	38
Gambar 3.6 langkah 3 .....	39
Gambar 3.7 Langkah 4.....	39
Gambar 3.8 Langkah 5.....	40
Gambar 3.9 langkah 6 .....	40
Gambar 3.10 langkah 7 .....	41
Gambar 3.11 Langkah 1 dan 2 .....	45
Gambar 3.12 Langkah 3.....	45
Gambar 3.13 Langkah 4.....	46
Gambar 3.14 Langkah 5.....	47
Gambar 3.15 Langkah 6.....	48
Gambar 3.16 Langkah 7.....	48
Gambar 3.17 HMI <i>Overview Lubricating and Sealing System</i> .....	49
Gambar 4.1 Konfigurasi perangkat .....	51

Gambar 4.2 <i>Timing Chart</i> pada Sistem 1 .....	52
Gambar 4.3 <i>Timing Chart</i> pada Sistem 2 .....	53
Gambar 4.4 <i>Timing Chart</i> pada Sistem 3 .....	54
Gambar 4.5 <i>Running</i> Langkah 1 dan 2 .....	56
Gambar 4.6 <i>Running</i> Langkah 3 .....	57
Gambar 4.7 <i>Running</i> Langkah 4 .....	58
Gambar 4.8 <i>Running</i> Langkah 5 .....	59
Gambar 4.9 <i>Running</i> Langkah 6 .....	60
Gambar 4.10 Pengujian HMI langkah 1 dan 2 .....	61
Gambar 4.11 Pengujian HMI langkah 3 .....	62
Gambar 4.12 Pengujian HMI langkah 4 .....	62
Gambar 4.13 Pengujian HMI langkah 5 .....	63
Gambar 4.14 Pengujian HMI langkah 6 .....	64
Gambar 4.16 Sistem telah menyala secara keseluruhan .....	65

## DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 2.1 Nama dan bagian-bagian <i>grafcet</i> .....	21
Tabel 3.1 <i>Input</i> Sistem .....	32
Tabel 3.2 <i>Output</i> Sistem.....	34
Tabel 3.3 Langkah Kerja Sistem.....	36
Tabel 3.4 Pengelompokkan <i>Step</i> .....	37
Tabel 3.5 Pengalamatan Komponen <i>Input</i> dan <i>Memory</i> .....	42
Tabel 3.6 Pengalamatan Komponen <i>Output</i> .....	43
Tabel 4.1 Hasil pencatatan waktu running keseluruhan sistem.....	64

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pembangkit listrik merupakan salah satu bagian dari alat industri yang dipakai untuk memproduksi dan membangkitkan tenaga listrik dari berbagai sumber tenaga, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan yang lainnya. Bagian utama dari pembangkit listrik adalah generator, yaitu mesin berputar yang dapat mengubah energi mekanis menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip medan magnet dan penghantar listrik. Mesin generator ini diaktifkan dengan menggunakan berbagai sumber energi yang sangat bermanfaat dalam pembangkitan energi listrik.

Salah satu Pembangkit listrik yang saat ini berkembang adalah pembangkit listrik tenaga uap. Pembangkit listrik tenaga uap atau PLTU merupakan pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap air untuk dapat menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga uap menggunakan berbagai macam bahan bakar terutama batu bara dan minyak untuk startup. Startup pada PLTU dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu startup dingin (cold start), startup hangat (warm start), dan startup panas (hot start). Secara sederhana proses PLTU bisa dilihat ketika proses memasak air. Mula-mula air ditampung dalam tempat memasak dan kemudian diberi panas dari sumbu api yang menyala dibawahnya. Akibat pembakaran menimbulkan air terus mengalami kenaikan suhu sampai pada titik didihnya. Karena pembakaran terus berlanjut maka air yang dimasak melampaui titik didihnya sampai timbul uap panas. Uap ini lah yang digunakan untuk memutar turbin dan generator yang nantinya akan menghasilkan energi listrik.

Untuk menghasilkan listrik dengan konstan dan efisien, kinerja PLTU di tentukan oleh proses starting dan proses shutdown. Dua proses ini sangat mempengaruhi kinerja dan masa pakai alat yang digunakan pada PLTU. Hal tersebut karena pada proses starting yang rawan untuk terjadi kebocoran pipa dan akan menyebabkan berkaratnya peralatan. Selain itu, proses pada starting ini juga diperlukan efisiensi yang tinggi. Maka setiap komponen dari proses starting butuh untuk dikontrol secara terus menerus.

## 1.2 Permasalahan

Dalam Pengaturan siklus pembangkitan listrik pada PLTU, dibutuhkan sebuah *controller* yang cukup andal karena akan digunakan secara terus menerus. Salah satu *controller* yang banyak digunakan adalah PLC. Untuk menjalankan PLC seperti yang diinginkan maka perlu dibuat program *ladder* sesuai dengan urutan kerja sistem. Namun dalam pembuatan program *ladder* tersebut terkadang tidak terstruktur sehingga apabila terjadi kesalahan akan sulit untuk melakukan troubleshooting. Maka untuk menghindari masalah tersebut, dibutuhkan metode dalam perancangan *ladder* diagram. Sehingga apabila program yang dibuat tersusun dengan sistematis, apabila terjadi kesalahan dapat dimodifikasi dengan lebih mudah dan cepat.

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah merancang diagram *ladder* PLC pada sistem otomasi sistem starting di PLTU secara sistematis dengan menggunakan metode grafcet. Manfaat dari tugas akhir ini adalah mahasiswa mendapatkan pengetahuan dalam merancang diagram *ladder* dengan menggunakan metode grafcet serta tugas akhir dapat menjadi rujukan untuk akademika.

## 1.4 Batasan Masalah

Dari permasalahan tersebut, terdapat beberapa batasan permasalahan dalam Tugas Akhir ini, diantaranya adalah:

1. *Controller* yang digunakan adalah PLC OMRON
2. Dalam pembuatan diagram Ladder, dibantu dengan menggunakan metode grafcet
3. Tingkat kompleksitas dari *Plant* yang digunakan tidak seperti pada *Plant* yang asli dikarenakan informasi untuk data yang merupakan rahasia perusahaan

## 1.5 Metodologi

Pada Tugas Akhir ini tahap pertama yang dilakukan adalah studi literatur untuk menunjang penguasaan bahasan mengenai tugas akhir yang dikerjakan, baik menggunakan literatur dari buku maupun website. Materi yang dipelajari meliputi Proses starting pada PLTU, Metode grafcet, Implementasi metode grafcet pada diagram *ladder*. Setelah melakukan studi literatur maka dilakukan identifikasi pada *Plant*, dan dilakukan pemodelan sistem menggunakan metode Grafcet, dan akan

dibuat Simulasi dan Analisa dari hasil pemodelan. Hasil dari analisa dan simulasi dari pemodelan sistem akan digunakan untuk membuat konstruksi *ladder* diagram yang akan di upload ke PLC untuk digunakan sebagai kontrol pada *Plant*.

Apabila sistem yang dibuat sudah memenuhi kriteria yang diinginkan, maka selanjutnya akan dilakukan penyusunan laporan tugas akhir, yang terdiri dari bab pendahuluan, tinjauan pustaka, perancangan sistem, implementasi dan penutup.

## **1.6 Sistematika**

Pembahasan tugas akhir ini akan dibagi menjadi lima Bab dengan sistematika sebagai berikut:

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini membahas tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan, sistematika laporan, serta relevansi tugas akhir yang dibuat.

### **BAB II : TEORI PENUNJANG**

Bab ini menjelaskan teori yang berisi teori-teori penunjang yang dijadikan landasan prinsip dasar dan mendukung dalam perencanaan, diantaranya adalah teori tentang PLTU, Grafcet, Konversi Grafcet ke diagram *ladder*, dan teori tentang PLC.

### **BAB III : PERANCANGAN SISTEM**

Bab ini membahas perancangan sistem yang membahas mengenai proses pengumpulan data tentang PLTU, lalu pembuatan Grafcet dan konversi menjadi diagram *ladder*, lalu pembuatan HMI yang akan memudahkan pembaca memahami alur proses pada subsystem PLTU yang dibuat.

### **BAB IV : PENGUJIAN DAN ANALISA**

Bab ini membahas pengujian sistem yang telah dibuat sebelumnya apakah sudah sesuai dengan alur ataupun tidak. Apabila dalam pengujian masih terdapat kesalahan maka perlu dilakukan analisa kesalahan dan dilakukan koreksi untuk bagian yang bermasalah.

### **BAB V : PENUTUP**

Bab ini berisi penutup yang menjelaskan tentang kesimpulan yang didapat dari tugas akhir ini dan saran-saran dari hasil penelitian yang dilakukan.

### **1.7 Relevansi atau Manfaat**

Manfaat dari tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk perkembangan sistem pengaturan di industri pada permasalahan dalam otomasi starting sistem pada PLTU dengan menggunakan metode Grafcet. Diharapkan dapat dilakukan implementasi agar sistem yang digunakan dapat lebih andal dan efisien.



## BAB II TEORI PENUNJANG

### 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap [1]



**Gambar 2.1** Pembangkit Listrik Tenaga uap

Pembangkit listrik tenaga uap merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan uap air untuk menghasilkan energi listrik. Bahan baku sebagai sumber energi adalah batu bara. Secara sederhana, siklus PLTU berjalan seperti ketika proses memasak air. Pada proses pembakaran air oleh PLTU ini, terdapat tiga komponen utama dalam proses *startup*, diantaranya adalah generator, turbin dan *boiler*. Mula-mula air ditampung dalam tempat memasak dan kemudian diberi panas dari sumbu api yang berada dibawah tempat memasak. Bahan yang digunakan untuk menciptakan api ini dapat menggunakan bahan bakar batu bara maupun minyak. Lalu, akibat dari pembakaran tersebut, maka air akan mengalami kenaikan suhu sampai pada batas titik didih. Karena pembakaran terus berlanjut, maka air terus mengalami kenaikan suhu sampai timbul uap air. Maka uap air yang mengalir melewati turbin itulah yang akan menyebabkan turbin bergerak. Tapi karena poros turbin dikopel dengan poros generator, sehingga gerakan turbin akan menyebabkan gerakan

generator sehingga generator akan menyebabkan energi listrik. Selanjutnya uap tersebut dialirkan ke kondensor sehingga berubah menjadi air dan dengan bantuan pompa air itu dialiri ke *boiler* dengan air pengisi.

Pada proses yang terjadi pada PLTU, dapat dikategorikan menjadi 4 sub bagian, diantaranya adalah bagian elektrik, bagian lubrikasi dan *sealing*, bagian pembakaran, dan terakhir bagian *feed water*. Setiap dari sub bagian tersebut saling berhubungan. Pada bab kali ini akan dijelaskan mengenai sub bab yang akan kami bahas yaitu mengenai sistem lubrikasi dan *sealing*.

## **2.2 Sistem Lubrikasi dan *Sealing* [5]**

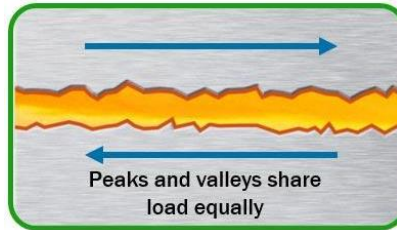
Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai sistem lubrikasi dan *sealing*. Terdapat beberapa penjelasan mengenai lubrikasi dan juga beberapa macam Teknik dari lubrikasi. Selain itu, akan dijelaskan juga mengenai penerapan lubrikasi dan *sealing* pada PLTU.

### **2.2.1 Sistem Lubrikasi**

Lubrikasi atau pelumasan adalah sebuah proses untuk mengurangi gesekan serta keausan pada salah satu atau dua permukaan yang saling bersentuhan dan bergerak relatif terhadap satu sama lain, dengan memberikan zat pelumas di antara keduanya.

Tujuan utama dari sistem lubrikasi adalah mengurangi efek dari gesekan antara dua permukaan, selain itu, lubrikasi juga dapat mencegah terjadinya korosi dengan melindungi bagian mesin yang dilubrikasi dari air. Sistem lubrikasi dapat juga berfungsi untuk membuang zat-zat pengotor dari sistem dengan cara mensirkulasikan oli melalui filter sehingga kotoran-kotoran yang ada, dan mensirkulasikan oli melewati filter, sehingga pengotor-pengotor tersebut terkumpul di filter oli dan tidak merusak komponen mesin. Prinsip kerja lubrikasi dapat diklasifikasikan menjadi beberapa cara, yakni *full film lubrication*, *boundary film lubrication*, dan *mixed film lubrication*.

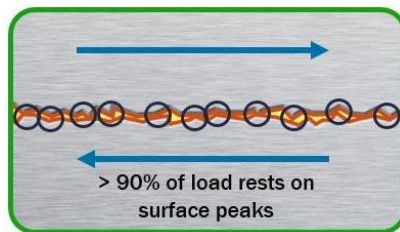
### 2.2.1.1 Full Film Lubrication



**Gambar 2.2** Lubrikasi dengan jenis *Full Film*

Lubrikasi dengan tipe *Full Film* adalah sebuah proses lubrikasi dengan mengkondisikan adanya sebuah lapisan film di antara kedua permukaan komponen yang bertemu, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.2. Lapisan film tersebut secara total ikut menahan gaya maupun beban yang didistribusikan melalui bidang kontak kedua permukaan komponen yang bertemu. Ketebalan lapisan film yang dibentuk oleh lapisan zat pelumas harus lebih besar daripada tingkat kekasaran dari permukaan bidang kontak tertentu, agar dapat dikatakan sebagai *full film lubrication*.

### 2.2.1.2 Boundary Film Lubrication

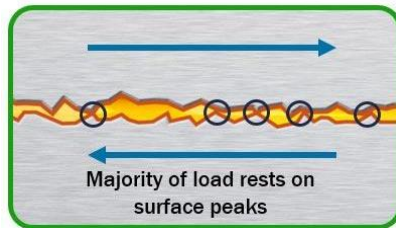


**Gambar 2.3** Lubrikasi dengan jenis *Boundary*

Saat dua permukaan bertemu, panas akan terbentuk sebagai akibat dari tekanan antara kedua permukaan komponen tersebut. Pada tingkat temperatur dan tekanan tertentu, zat pelumas secara kimia akan bereaksi dengan permukaan kontak membentuk lapisan resistif yang kuat. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.3, terdapat lapisan film di permukaan lapisan solid (*boundary film*) yang ikut menahan beban kerja komponen serta

mencegah terjadinya keausan komponen akibat gesekan antara kedua permukaan komponen. Dengan kata lain, pada *boundary film lubrication* beban yang dikenakan kepada dua permukaan komponen tidak ditanggung oleh zat pelumas, akan tetapi ditahan oleh lapisan film khusus yang terbentuk sebagai akibat dari bereaksinya zat pelumas dengan permukaan komponen.

### 2.2.1.3 *Mixed Film Lubrication*



**Gambar 2.4** Lubrikasi dengan jenis *Mixed Film*

Mixed film lubrication atau lubrikasi campuran pertengahan antara lubrikasi hidrodinamik dengan *boundary*. Pada Gambar 2.4 dapat dilihat jika lubrikasi ini terjadi pada saat ketebalan film fluida lubrikasi sedikit lebih besar daripada kekasaran permukaan bidang kontak, sehingga masih ada sedikit permukaan komponen (disebut sebagai *asperities*) yang saling bergesekan secara langsung. *Asperities* adalah bagian mikroskopis permukaan bidang kontak. Pada lubrikasi tipe ini, *boundary film* akan terbentuk hanya di area tertentu yang kita kenal sebagai *asperities* tersebut, sedangkan di area lain pelumasan akan bertipe hidrodinamik.

Perbedaan dari ketiganya terletak pada proses pembentukan lapisan pelumas di antara dua permukaan yang saling bertemu. Sistem lubrikasi pada PLTU merupakan sistem pelumasan pada peralatan yang digunakan untuk pembangkitan yang dikhususkan pada alat yang bergesekan dengan operasi tekanan dan suhu tinggi, diantara contohnya adalah *Bearing turbine* dan *bearing generator*. Sistem lubrikasi berfungsi untuk menyerap panas yang timbul pada area bearing akibat aktifitas kerja yang tinggi. *Bearing* atau bantalan pada turbin berfungsi untuk menahan rotor, menahan berat dari rotor, menahan berbagai macam gaya yang tidak stabil dari uap air terhadap sudu turbin, menahan gaya kinetik akibat dari sisa-sisa ketidakseimbangan karena kerusakan sudu, dan menahan

gaya aksial pada beban listrik yang bervariasi. Sebagai ilustrasi, PLTU apabila mempunyai kapasitas 640 MW menggunakan uap air kering dengan tekanan 164 bar dengan temperature 534<sup>0</sup>C. Dapat dibayangkan, dengan tekanan sedemikian besar maka uap air tersebut pasti akan dengan sangat mudah bocor keluar dari turbin melalui sela-sela rotor dan stator jika ia tidak dilengkapi dengan sistem *sealing* yang baik. Setelah uap air melewati sudu-sudu turbin pada semua tingkatan stage yang ada, maka ia akan mencapai satu titik di sisi keluar turbin, dimana kandungan energi di dalam uap air tersebut sudah habis yang ditandai dengan tekanan kerjanya sama dengan 0 bar absolut dengan temperatur sekitar 50<sup>0</sup>C. Pada kondisi tersebut jika turbin tidak dilengkapi dengan sistem *seal* yang baik, maka udara atmosfer akan dengan mudah masuk ke dalam turbin melalui celah di antara stator dengan rotor. Dari ketiga jenis lubrikasi diatas, maka lubrikasi pada PLTU ini, merupakan jenis lubrikasi *full film lubrication*.

### **2.2.2 Sistem Sealing**

Sistem *sealing* atau pemampatan merupakan sebuah proses yang juga sama pentingnya dengan sistem lubrikasi. Proses pemampatan merupakan sebuah upaya yang dilakukan untuk menjaga sebuah komposisi dari sebuah sistem agar tidak tercampur dengan materi komponen lain diluar sistem tersebut.

Pada proses PLTU, *sealing* diperlukan pada komponen utama, yaitu pada generator dan turbin. *Sealing* pada generator memiliki tujuan untuk menjaga hidrogen agar tetap berada didalam generator untuk mendinginkan generator pada saat beroperasi.

Terdapat beberapa komponen utama dalam proses lubrikasi dan *sealing*, diantaranya adalah pompa hidrogen, *Cooling Water Pump*, blower, jack oil pump, dan GSSR, dan oil cooler.

### **2.2.3 Pompa Hidrogen**

Hidrogen memiliki sifat-sifat yang cocok untuk digunakan sebagai media dalam pendingin generator dibandingkan udara. Sifat konduktifitas yang lebih tinggi serta massa jenis yang lebih ringan menjadikan hidrogen lebih efisien dalam mendinginkan generator. Namun, demikian sifatnya yang sangat mudah terbakar menjadikannya perlu pengelolaan khusus agar tetap aman dalam pemanfaatannya sebagai cooler. Pompa hidrogen ini berfungsi sebagai kontrol agar proses pendinginan pada generator

berlangsung dengan baik. Pompa ini berfungsi untuk memasukkan hidrogen ke dalam generator pada saat pengisian awal, sekaligus akan menjaga tekanan hidrogen di dalam generator agar selalu berada di atas nilai yang ditentukan.



**Gambar 2.5** Pompa Hidrogen

#### **2.2.4** *Cooling Water Pump*



**Gambar 2.6** Pompa *Cooling Water Pump*

*Cooling Water Pump* atau sistem pendingin air yaitu sistem pendinginan yang digunakan untuk menyerap panas yang dihasilkan dari panas pembakaran pada ruang bakar, dengan media air yang disirkulasi oleh pompa. Fungsi dari sistem pendingin air yaitu untuk mengurangi keausan komponen-komponen mesin melalui penyerapan panas agar tidak terjadi *over heating* panas berlebih karena panas dapat mengakibatkan pemuaian serta tingkat gesekan yang lebih besar.

Beberapa komponen sistem pendingin air dan fungsinya, yaitu:

1. *Water jacket* (kantong air) berfungsi sebagai saluran air dan tempat sirkulasi air pendingin di dalam mesin untuk menyerap panas pembakaran secara langsung.
2. *Upper house radiator* atau selang karet atas berfungsi untuk memindahkan air pendingin dari atau ke *water jacket* melalui radiator
3. *Lower hose radiator* atau selang karet bawah berfungsi untuk memindahkan air pendingin dari atau ke *water jacket* melalui radiator
4. *Radiator* berfungsi untuk mendinginkan cairan yang telah menjadi panas setelah melalui saluran *water jacket*
5. Thermostat berfungsi untuk sebagai katup yang membuka dan menutup secara otomatis sesuai temperature cairan pendingin
6. Pompa air (*water pump*) berfungsi untuk mengirimkan cairan pendingin
7. Kipas pendingin (*fan*) berfungsi untuk menambah pendinginan pada radiator untuk membantu mempercepat penyerapan radiasi panas ke udara
8. Tutup radiator berfungsi untuk dapat menaikkan atau menstabilkan tekanan air dalam sistem pendinginan (mengatur tekanan air)
9. Reservoir berfungsi sebagai persediaan air untuk menyeimbangkan perbedaan volume air pendingin akibat panas.

### 2.2.5 Blower

Blower (Gambar 2.7) adalah sebuah alat yang berfungsi untuk membersihkan permukaan pipa-pipa pemanas pada boiler dari kotoran atau debu yang menempel pada permukaan pipa-pipa pemanas tersebut. Dengan adanya blower akan meningkatkan efisiensi pada boiler. Proses pembakaran bahan bakar pada *boiler* selain panas juga menghasilkan gas, debu atau kotoran yang dapat menempel atau melekat pada permukaan pipa-pipa pemanas, sehingga akan menghambat penyerapan panas oleh pipa pemanas boiler akibat terhalangi oleh kotoran yang menempel tersebut.

*Steam* atau uap panas bertekanan yang dihembuskan oleh blower akan membersihkan permukaan pipa-pipa pemanas boiler dari kotoran yang menempel sehingga penyerapan panas akan kembali maksimal. Dengan begitu, efisiensi dari boiler akan meningkat.



**Gambar 2.7** Blower

### **2.2.6** *Jacking Oil Pump*

*Jacking Oil Pump* berfungsi untuk menyuplai oli bertekanan tinggi ke *Bearing*, sehingga akan terbentuk lapisan oli bertekanan antara journal dan bearing bagian bawah, sehingga akan terangkat dan mudah untuk diputar karena tidak terjadi gesekan langsung dengan *Bearing* dan mengurangi *overheating*.

Pompa ini terdiri dari dua buah pompa yang digerakkan oleh motor DC. Masing-masing pompa tersebut mempunyai enam buah silinder yang masing-masing menyuplai minyak. Sistem pompa ini mempunyai kriteria operasi diatas 2x50% atau beroperasi kedua-duanya yang terdiri dari pompa piston. Sistem *jacking* dihasilkan oleh tekanan oli dari sistem distribusi oli utama.

### **2.2.7** *Gland Seal Steam Regulator*



**Gambar 2.8** *Gland Seal Steam Regulator*

Pada proses kerja turbin uap, uap yang digunakan adalah uap kering yang memiliki temperatur dan juga tekanan yang tinggi. Sebagai



contoh, pada PLTU dengan kapasitas 640 MW menggunakan uap air kering bertekanan 164 bar dengan temperature 534°C. sehingga dapat dibayangkan dengan tekanan yang besar maka uap air tersebut akan dapat dengan mudah bocor keluar turbin melalui sela-sela rotor dan stator apabila tidak dilengkapi dengan sistem *sealing* yang baik. Setelah uap air melewati sudu-sudu turbin pada semua tahapan, maka uap tersebut akan mencapai sisi keluar turbin, dimana tekanan pada uap tersebut sudah menurun dengan drastis hingga 0 bar dengan temperature sekitar 50°C. pada kondisi tersebut, jika turbin tidak dilengkapi dengan sistem *sealing* yang baik, maka udara atmosfer akan dengan mudah masuk ke dalam turbin melalui celah antara rotor dengan stator.

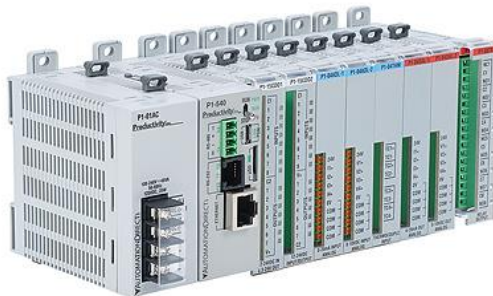
Turbin uap memiliki desain sistem *sealing* yang berbeda dengan sistem seal pada pompa, *valve*, maupun komponen mesin yang lain. Sistem seal turbin ini biasa dikenal dengan nama *seal Steam system* atau ada yang menyebut dengan gland seal steam.

Sistem *seal* pada turbin menggunakan uap air sebagai media pembatas antara sisi uap air didalam turbin dengan udara atmosfer. Pada saat turbin uap beroperasi dengan beban penuh, *seal Steam* didapatkan dari uap air yang berada di dalam turbin uap tersebut. Hal ini biasa disebut dengan *self sealing*. Uap air di dalam turbin terutama turbin HP memiliki tekanan yang tinggi, sedangkan *seal Steam* tidak membutuhkan tekanan yang terlalu besar. Sehingga untuk menjaga agar tekanan *seal Steam* stabil berada pada nilai tertentu, maka pada *Seal Steam header* terdapat saluran pipa dan kontrol *leak off valve*. Saluran pipa ini akan membuang uap air yang berlebihan ke kondensor. Pada kondisi ini *Seal Steam header* berfungsi untuk mendistribusikan tekanan uap air *seal* yang berasal dari labirin seal turbin HP ke labirin yang lain terutama pada turbin LP yang memiliki tekanan kerja uap air di dalam turbin yang lebih rendah.

Sedangkan pada saat turbin uap masih dalam kondisi *start up* maupun *shut down*, maka tidak akan terjadi *self sealing*. Pada kondisi tersebut kebutuhan *seal Steam* harus dipenuhi dari luar, sehingga pada *seal Steam Header* terdapat saluran dan *valve* kontrol untuk *supply* uap air dari luar. Pada kondisi ini *seal Steam header* berfungsi untuk mendistribusikan *seal Steam* ke seluruh *labyrinth seal* turbin.

### 2.3 Programmable Logic Control (PLC) [3]

*Programmable Logic Control* atau yang biasa disebut PLC (Gambar 2.9) merupakan sebuah pengontrol berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi semisal logika, *sequencing*, pewaktuan, pencacahan dan aritmatika guna mengontrol mesin-mesin dan proses-proses yang dirancang untuk dioperasikan oleh para insinyur yang hanya memiliki sedikit pengetahuan mengenai komputer dan bahasa pemrograman. Piranti ini dirancang sedemikian rupa agar tidak hanya para programmer komputer saja yang dapat membuat atau mengubah program-programnya. Oleh karena itu, para perancang PLC telah menempatkan sebuah program awal didalam piranti ini atau yang biasa dinamakan *preprogram* yang memungkinkan program-program kontrol dimasukkan menggunakan suatu bentuk bahasa pemrograman yang sederhana dan intuitif. Istilah logika dipergunakan karena pemrograman yang harus dilakukan sebagian besar berkaitan dengan mengimplementasikan operasi-operasi logika dan penyambungan (*switching*). Perangkat-perangkat *Input* seperti sensor-sensor semisal saklar dan perangkat-perangkat *output* didalam sistem yang dikontrol, misalnya motor dan katup disambungkan ke PLC. Lalu operator kemudian memasukkan serangkaian instruksi yaitu program kedalam memori PLC. Perangkat kontrol kemudian akan memantau *Input-Input* dan *output-output* sesuai dengan instruksi-instruksi didalam program dan melaksanakan aturan-aturan kontrol yang telah diprogramkan.



**Gambar 2.9** Programmable Logic Control

Pada awalnya, PLC merupakan alat elektronik yang digunakan untuk mengganti *relay*. PLC sendiri terdiri dari dua jenis, yaitu *compact* dan *modular*. PLC *compact* adalah jenis PLC yang seluruh komponennya

menjadi satu dan tidak dapat ditambah lagi jumlah masukan dan keluarannya. Sebaliknya, PLC *modular* adalah jenis PLC yang komponennya terpisah menjadi beberapa modul-modul, sehingga dapat ditambahkan lagi modul *Input* dan *output* nya. Umumnya PLC mempunyai lima komponen dasar, diantaranya adalah CPU, unit catu daya, perangkat pemrograman, unit memori, dan bagian *Input-output*.

### **2.3.1 Bagian-Bagian PLC [4]**

Pada umumnya, baik PLC tipe *compact* maupun *modular*, memiliki beberapa bagian diantaranya adalah CPU, Unit catu daya, perangkat pemrograman, unit memori dan bagian *Input - output*.

#### **2.3.1.1 Central Processing Unit (CPU)**

Semua aktifitas atau pemrosesan yang diambil dari sensor atau data *Input* terjadi pada *Central Processing Unit* atau CPU. CPU ini, memiliki tiga bagian utama, yaitu *processor*, *memory system*, dan *power supply system*. *processor* akan memproses sinyal *Input* secara aritmatik dan logic.

#### **2.3.1.2 Unit catu daya**

Unit ini diperlukan untuk mengonversikan tegangan sumber menjadi tegangan rendah d.c. (5V) yang dibutuhkan oleh prosesor dan rangkaian-rangkaian di dalam modul-modul antarmuka *Input* dan *output*.

#### **2.3.1.3 Perangkat pemrograman**

Dipergunakan untuk memasukkan program yang dibutuhkan kedalam memori. Program tersebut dibuat dengan menggunakan perangkat ini dan kemudian dipindahkan kedalam unit memori PLC.

#### **2.3.1.4 Unit memori**

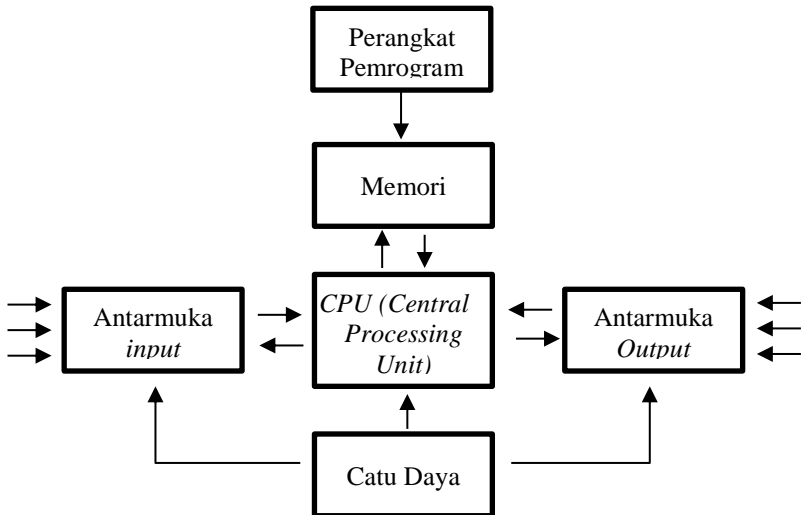
Unit ini merupakan tempat dimana program yang digunakan untuk melaksanakan tindakan-tindakan pengontrolan oleh mikroprosesor disimpan.

#### **2.3.1.5 Bagian *Input* dan *Output***

Hasil pemrosesan data yang diolah pada CPU akan berupa sinyal digital yang dikirim ke modul *output* untuk menjalankan actuator. Actuator ini dapat berupa motor listrik, solenoid, heater, dan juga yang lainnya. *Input* atau masukan merupakan bagian awal yang

menghubungkan antara CPU dengan sensor maupun kontak. *Input* yang masuk kedalam CPU berupa sinyal dari sensor ataupun *transducer*.

Sistem ini dapat dilihat seperti pada Gambar 2.10.



**Gambar 2.10** Sistem PLC

## 2.4 PLC OMRON

PLC mempunyai banyak model dan merk yang berbeda, dan dalam pembuatan Tugas Akhir ini, penulis menggunakan PLC OMRON dengan tipe CP1E untuk mengontrol sistem lubrikasi dan *sealing*. PLC ini mempunyai ukuran 90mm x 85mm x 130 mm, dengan berat 600 gram. Mempunyai I/O sebanyak 30, dengan 18 *Input* dan 12 *Output*. Komunikasi pada PLC ini mempunyai 3 macam, diantaranya yaitu Ethernet port, RS-232C dan RS-485. Disini penulis menggunakan port RS-232C untuk transfer program di CX Programmer dan ethernet port untuk HMI (*Human machine interface*) di CX Designer.

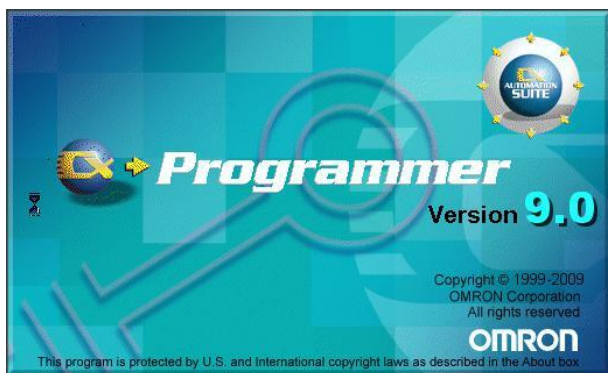


Gambar 2.11 PLC OMRON CP1E

### 2.4.1 CX Programmer

CX Programmer merupakan *software* yang dibuat oleh OMRON untuk membuat program pada PLC. CX Programmer merupakan sebuah *software* agian dari CX One. Dengan *software* ini, pengguna dapat memprogram PLC yang dibuat oleh OMRON dengan tipe apapun. Kelebihan dari *software* ini adalah terdapat fitur untuk simulasi. Pada simulasi ini, kita tidak perlu untuk menghubungkan langsung dengan PLC, sehingga kita dapat lebih leluasa untuk mencoba program apakah sudah benar atau membutuhkan perbaikan.

Untuk memulai menggunakan CX Programmer, *install* terlebih dahulu *softwaranya* seperti biasa. Lalu apabila sudah terinstall maka cari ikon pada *start* dan klik ikon CX Programmer, maka akan muncul seperti pada Gambar 2.8. setelah itu, apabila kita ingin mulai untuk membuat proyek baru maka buat lembar barupada menu File. Setelah itu terdapat menu konfigurasi dari PLC yang kita pakai lalu mulai untuk membuat diagram *Ladder*.



**Gambar 2.12** CX Programmer

### 2.4.2 CX Designer



**Gambar 2.13** CX Designer

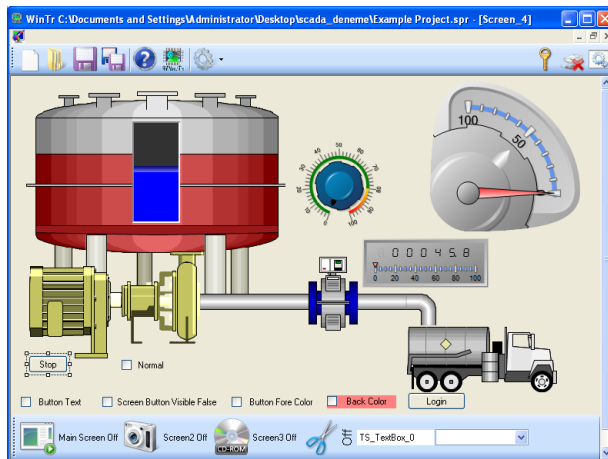
Salah satu fitur yang dimiliki oleh paket *software* CX One adalah CX Designer. Kita dapat menggunakan software ini untuk membuat HMI atau *Human machine interface* untuk PLC OMRON. Dengan begitu, kita dapat melakukan pengendalian dan pemantauan alamat bit-bit pada PLC, kecuali bit *Channel Input* hanya aktif dengan *Force On* atau diberi tegangan 24V. Tombol *ON/OFF* dapat digunakan untuk mengaktifkan alamat tertentu dan Bitlamp dapat digunakan untuk memantau kondisi bit yang sedang aktif atau non aktif.

Selain itu, CX Designer dapat digunakan sebagai simulator yang dikombinasikan dengan CX Programmer untuk menguji kerja program

PLC sebelum ditransfer kedalam PLC. Untuk membuat HMI pada CX ini, mulai dengan menginstall software. Apabila sudah terinstall, maka buka aplikasi dengan mencari ikon CX Designer pada *start*. Setelah itu akan muncul seperti pada Gambar 2.13.

## 2.5 *Human Machine Interface*

*Human machine interface* atau yang banyak biasa disebut HMI merupakan sistem yang menghubungkan antara manusia dan mesin. *Human machine interface* dapat berupa pengendali dan visualisasi dari status kerja sebuah perangkat, baik dengan manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat *real time*.



**Gambar 2.14** Contoh HMI di Industri

Tujuan penggunaan dari *Human machine interface* adalah untuk meningkatkan interaksi antara operator dan mesin melalui tampilan layar *Monitor*, contoh dari HMI dapat dilihat seperti pada Gambar 2.14. Dalam industri manufaktur, HMI dapat berupa sebuah tampilan *Graphic user Interface* atau GUI pada layar monitor yang akan dihadapi oleh operator suatu mesin maupun pengguna yang membutuhkan data kerja mesin yang akan terhubung secara *real time*. *Human machine interface* akan memberikan sebuah gambaran kondisi mesin yang berupa peta mesin produksi di layar monitor dimana dapat dilihat bagian mesin mana yang sedang aktif bekerja.

Selain itu, pada HMI juga terdapat visualisasai pengendali mesin berupa *push button*, *input reference* dan sebagainya yang dapat difungsikan untuk mengontrol atau mengendalikan mesin sebagaimana mestinya. Selain itu, pada HMI dapat ditampilkan alarm jika terjadi kondisi bahaya di dalam sebuah mesin. Sebagai tambahan, HMI juga dapat menampilkan data-data rangkuman kerja dari mesin secara grafik apabila diperlukan.

Sistem dari *Human machine interface* akan bekerja secara *real time* dengan membaca data yang dikirimkan melalui port I/O pada *controller* yang digunakan, yang dalam penelitian kali ini adalah PLC. Port yang biasa digunakan untuk *controller* dan akan dibaca oleh HMI antara lain adalah port COM, port USB, port RS232 dan ada pula yang menggunakan port serial.

## 2.6 Diagram Ladder [2]

*Ladder* diagram (Gambar 2.15) adalah metoda pemrograman yang banyak digunakan pada PLC. Diagram *ladder* merupakan rangkaian logika yang diaplikasikan langsung kepada *relay*. *Ladder* diagram menggambarkan program dalam bentuk grafik. Diagram ini dikembangkan dari kontak-kontak *relay* yang terstruktur yang menggambarkan aliran arus listrik. Dalam diagram *ladder* terdapat garis vertical sebelah kiri yang dihubungkan dengan sumber tegangan positif catu daya dan garis sebelah kanan dihubungkan dengan sumber tegangan negative catu daya. Program *ladder* ditulis menggunakan bentuk pictorial atau symbol yang secara umum mirip dengan rangkaian control *relay*. Program ditampilkan pada layer dengan elemen-elemen seperti normally open, contact, normally closed contact, timer, counter, sequencer ditampilkan dalam bentuk pictorial. Apabila dalam pembuatan diagram *ladder* sudah sesuai dan bias di upload kedalam PLC, maka PLC siap untuk dioperasikan sesuai yang diinginkan.



**Gambar 2.15** Contoh Diagram Ladder

Ada banyak kondisi pengendalian yang menyaratkan beberapa keadaan yang harus dipenuhi, sehingga kondisi *output-output* tertentu







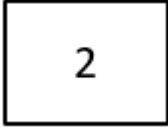
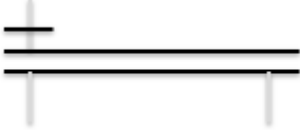
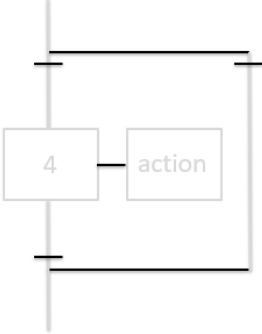
dapat aktif sesuai dengan yang diharapkan. Sebagai contohnya, apabila ingin membuat sistem bor otomatis, ada kondisi bahwa motor bor hanya dapat diaktifkan bila limit switch tertekan yang menunjukkan adanya benda kerja dan posisi bor sebagai pada permukaan benda kerja. Maka dalam kasus ini akan melibatkan logika “AND” sebagai fungsi logika, dimana kondisi A dan kondisi B keduanya terpenuhi sehingga *output* dapat diaktifkan.

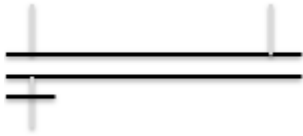

## 2.7 Grafcet [3]

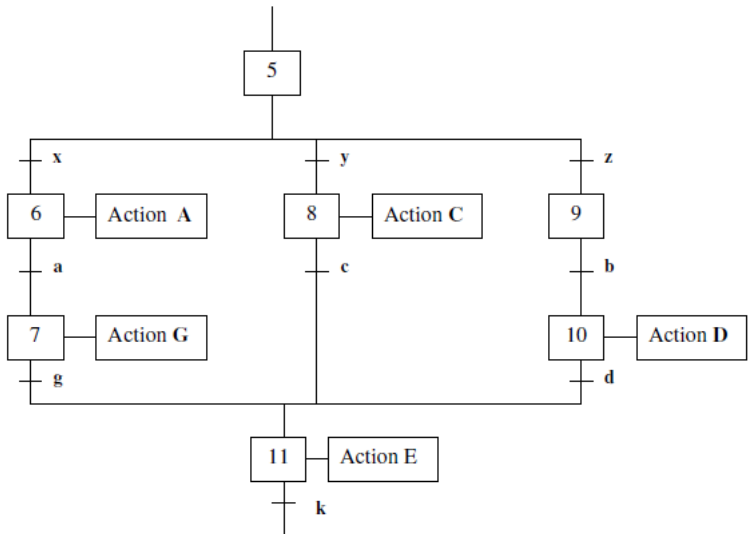
*Grafcet* merupakan sebuah metode dalam pembuatan *ladder* diagram yang dapat digunakan untuk memodelkan suatu alur proses menjadi sebuah grafis standar yang dapat menggambarkan urutan dari proses tersebut. Dari hasil permodelan tersebut kemudian pengembangannya dapat digunakan dan di implementasikan ke dalam perangkat kontroler PLC. Gambar 2.16 dan Tabel 2.1 merupakan penjelasan dari bagian-bagian dari *grafcet* secara utuh.

**Tabel 2.1** Nama dan bagian-bagian *grafcet*

Bagian-bagian <i>grafcet</i>	Nama	Fungsi
	Labelled Connector	menunjukkan kontrol dari konektor asal
	Initial Step	mendefinisikan kondisi/ state awal dari sistem otomatis
	Transition/ transisi	Menunjukkan antara kondisi/ state/ step tempat kondisi terkait

	Directed link	menghubungkan <i>step</i> ke transisi juga transisi ke <i>step</i>
	<i>Step</i>	Menunjukkan urutan langkah yang sedang berjalan
	Simultaneous activation	Menunjukkan dua atau lebih kegiatan yang mulai berjalan secara bersama dikarenakan dipicu oleh transisi
	Start of sequence selection	Mulainya sebuah looping pada sistem
	End of sequence selection	Berakhirnya looping pada sistem

	<p>Simultaneous de-activation</p>	<p>Menunjukkan dua atau lebih kegiatan yang telah berjalan secara bersama dikarenakan dipicu oleh transisi</p>
	<p>Labelled connector</p>	<p>menunjukkan di mana kontrol akan ke konektor tujuan</p>

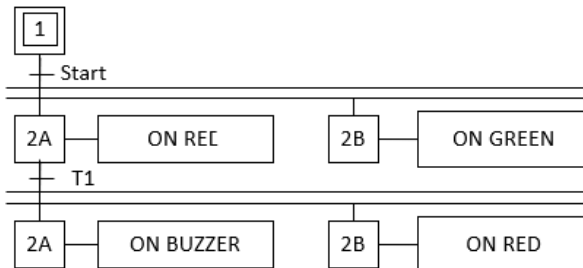


**Gambar 2.16** Contoh Grafcet

Graficet secara umum disusun oleh sekumpulan urutan program (beberapa series dari step yang akan di eksekusi satu oleh yang lain). Seperti contoh dari Gambar 2.11, Graphicet tersebut berisi dari sebuah *switch* yang memungkinkan untuk memilih satu dari tiga kemungkinan dari langkah tergantung dari kondisi dari x, y dan z yang mungkin menyala secara bersamaan dan secara bersamaan pun dapat dimatikan apabila kondisi dari x, y dan z *true* pada saat yang sama. Untuk menghindari hal tersebut apabila tidak diinginkan, maka kondisi transisi harus secara khusus disusun secara seri satu per-satu.

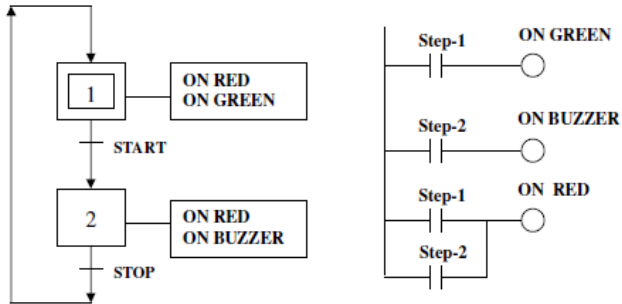
### 2.7.1 Konversi Graphicet ke Diagram Ladder

Untuk dapat diimplementasikan ke sebuah perangkat PLC, hasil dari pemodelan tersebut kemudian dilakukan proses konversi menjadi suatu program berbentuk *diagram ladder* dan selanjutnya program berbentuk *diagram ladder* di *upload* ke suatu perangkat PLC sehingga *sequence* pada PLC dapat berjalan sesuai dengan alur proses yang telah ditentukan sebelumnya.



**Gambar 2.17** Contoh 1 konversi graphicet ke diagram ladder

Terdapat beberapa aturan untuk melakukan konversi dari graphicet menjadi sebuah diagram ladder. Beberapa aturan yang ada yaitu langkah yang berada dibawah akan mematikan proses langkah yang sebelumnya atau yang di atas. Itu berarti setiap langkah hanya ada beberapa *step* yang akan menyala. Namun, apabila kita ingin membuat sebuah step yang selalu menyala maka kita dapat membuat graphicet seperti pada Gambar 2.11



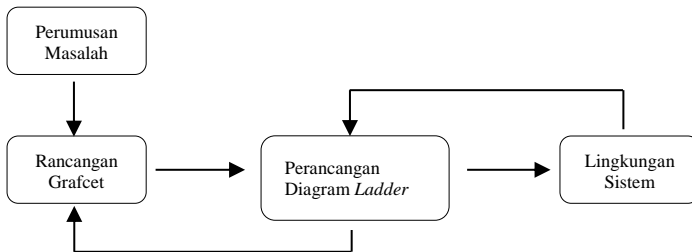
**Gambar 2.18** Contoh 2 konversi Grafcet ke diagram ladder

Konversi dari grafcet menjadi sebuah diagram ladder dapat dilihat seperti pada Gambar 2.11. Meskipun pada Grafcet terdapat dua kejadian untuk “ON RED”, namun pada *output* pada diagram ladder hanya terdapat satu *output* untuk kejadian “ON RED”. Sebaiknya untuk melakukan konversi dilihat terlebih dahulu *output* kejadian dan barulah melihat *step* yang mana yang membutuhkan *output* tersebut.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## BAB III PERANCANGAN SISTEM

Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan untuk merancang atau memodelkan sistem otomatis dengan menggunakan metode *Grafcet* hingga konstruksi diagram *ladder* dan pengujian pada sistem dilakukan. Berikut Gambar 3.1 adalah diagram alir tahapan perancangan tersebut. Dimulai dari proses perumusan sistem dimana setiap urutan langkah dan prosesnya pada sistem pelumasan dan *sealing* diidentifikasi dan disajikan urutan langkah kerja sistem, kemudian modelkan sistem yang telah dirumuskan ke dalam bentuk *Grafcet* setelah itu dapat dikonversi ke dalam diagram *ladder* sesuai dengan aturan yang berlaku. Yang terakhir, urutan logika diagram *ladder* diuji pada lingkungan sistem. Jika terjadi *bug* atau kesalahan, maka dilakukan pemeriksaan ulang pada diagram *ladder* dan untuk melihat *step* atau langkah yang terdapat kesalahan yang terjadi dapat dilihat kembali pada model *Grafcet* dari Pelumasan dan *Sealing* yang telah dirancang.



**Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Perancangan Sistem**

### 3.1 Perancangan Sistem Pelumasan dan *Sealing*

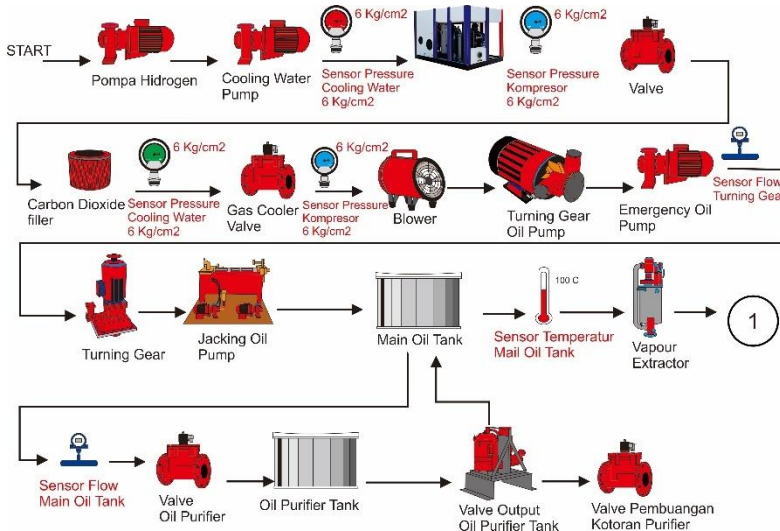
Proses dari pelumasan dan *sealing* pada sistem ini merupakan sebuah proses untuk melakukan pelumasan bagian-bagian tertentu pada PLTU, karena bagian-bagian yang saling bergesekan akan cepat rusak karena panas yang berlebih, seperti yang telah dijelaskan pada bab 2. Pada sistem pelumasan dan *sealing* terdapat beberapa sensor dan aktuator yang disesuaikan dengan mekanisme proses yang bekerja. Sebagaimana gambaran umum dari proses pelumasan dan *sealing* yang diilustrasikan pada gambar 3.2, Gambar 3.3 dan Gambar 3.4. Sistem otomatis dimulai dari pengisian hidrogen pada tanki gas hidrogen hingga oli dikembalikan

ke main oil tank dan main oil pump menyala untuk menggantikan jack oil pump dan *auxilliary oil pump*.

### 3.1.1 Tahap Awal

Tahap awal pada sistem lubrikasi dan *sealing* dimulai dengan menekan tombol start seperti pada Gambar 3.2 dan pompa hidrogen yang mulai untuk menyala, hingga Vapour Extractor yang akan membuang udara panas yang terdapat pada oli yang sudah digunakan. Pada tahap ini, bertujuan untuk menyiapkan turbin untuk sebelum mulai diputar, dikarenakan apabila turbin apabila sudah mulai berputar, tidak dapat diberhentikan untuk melakukan pelumasan. Sehingga, pada awal sebelum berputar, bantalan turbin dan bearing turbin akan diberikan pelumas berupa oli. Apabila sudah siap, maka *Turning Gear* akan mulai menyala untuk memutar turbin hingga 3-5 RPM.

Setelah itu apabila sistem lubrikasi sudah berjalan dan menghasilkan oli keluaran yang memiliki suhu yang panas, amka akan dikembalikan ke Main Oil Tank untuk diberikan *treatment* agar dapat digunakan kembali untuk proses yang selanjutnya.



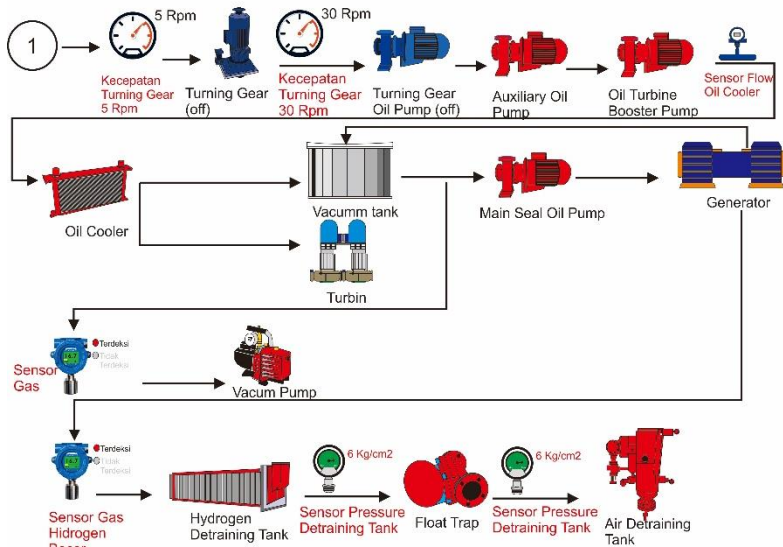
**Gambar 3.2** Alur tahap persiapan sistem Lubrikasi dan *Sealing*



### 3.1.2 Lubrikasi dan Sealing Generator

Setelah diputar lebih dari 5 RPM maka fungsi dari *Turning Gear* akan diambil alih oleh Auxiliary Oil Turbin, dan *Turning Gear* dan *Turning Gear Oil Pump* akan mati. Setelah itu, seperti pada Gambar 3.3, Keluaran dari Oil Cooler akan terbagi menjadi dua, yaitu yang akan masuk kedalam Vacuum Tank dan juga pada Turbin.

Kondisi pada Vacuum Tank dijaga agar konidisi tetap Vacum dengan menginjeksi keluar udara dengan pompa vakum. Selain itu, pada tahap ini juga akan dilakukan *sealing* pada Generator. Pada generator akan ada hidrogen yang tetap akan bocor maka Hidrogen yang bocor ini akan dideteksi oleh sensor gas dan gas yang bocor tadi akan disimpan dalam Hidrogen Detrainging Tank. Pada tanki ini, terdapat sensor *pressure* yang berfungsi untuk mengaktifkan Float Trap yang akan mengeluarkan benda yang tidak diinginkan keluar dari tanki seperti kotoran yang ikut masuk ke Hidrogen Detrainging Tank. Maka setelah itu akan ada Air Detrainging tank untuk melakukan pengumpulan gas yang dapat dikembalikan ke Generator.

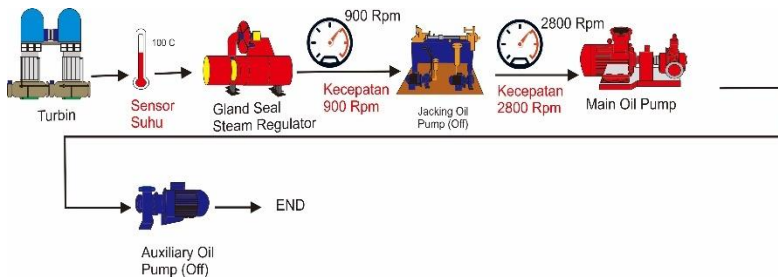


Gambar 3.3 Lubrikasi dan Sealing generator

### 3.1.3 Lubrikasi dan *Sealing* Turbin

Pada sistem yang terjadi pada Turbin (Gambar 3.4), terdapat *Gland Seal Steam Regulator* yang akan menyala untuk melakukan *sealing* yang berupa menjaga tekanan udara yang masuk ke turbin dengan konstan. Pada turbin apabila kecepatan dari turbin sudah mencapai lebih dari 900 RPM, maka *Jacking Oil Pump* akan mati.

Setelah itu, apabila kecepatan telah mencapai 2800 RPM, maka *Main Oil Pump* akan menyala dan *Auxilliary oil pump* akan mati. Sehingga, komponen sensor kecepatan akan menjadi sangat penting untuk menjaga agar komponen tetap pada kondisi bekerja atau mati.



Gambar 3.4 Lubrikasi dan *Sealing* Turbin

### 3.1.4 Deskripsi Lengkap Sistem

Deskripsi dari sistem keseluruhan lubrikasi dan *sealing* dapat dilihat pada Gambar 3.2. Berikut merupakan deskripsi secara jelas dari sistem.

1. Tekan tombol Start
2. Pompa Hidrogen mengisi *Hidrogen Gas Storage Tank*
3. *Close Cooling Water Pump* menyala dengan temperatur air 30°C
4. Ketika Tekanan pada *Close cooling water* terdeteksi oleh sensor *pressure* 6 kg/cm<sup>2</sup> maka Kompresor menyala
5. Ketika tekanan kompresor terdeteksi sensor *pressure* 6kg/cm<sup>2</sup> maka udara pada kompresor dapat digunakan untuk menggerakkan *valve* pada alat-alat pendukung system kerja turbin
6. Setelah semuanya selesai maka baru bisa menjalankan sistem pelumasan dan *sealing*
7. Isi Generator dengan *Carbon Dioxide*
8. Sensor *pressure* aktif menandakan Hidrogen Gas Storage Tank Penuh dan akan menuju ke generator

9. Lalu Gas Hidrogen masuk ke *Hidrogen Gas Cooler* dan mengaktifkan Blower di generator untuk menghembuskan Hidrogen ke seluruh bagian Generator.
10. TGOP (*Turning Gear Oil Pump*) aktif (Untuk melumasi *bearing*) maka pelumas menuju ke *Bearing*. maka TGOP akan mengalirkan minyak ke *Bearing*
11. EOP aktif (antisipasi jika terjadi *Black Out*)
12. *Turning Gear* Aktif (Diputar secara Perlahan sampai 3-5RPM)
13. JOP (*Jack Oil Pump*) aktif untuk Mengangkat poros turbin pada saat turbin akan berputar dan memberi pelumas ke bantalan turbin
14. Oli yang telah terpakai menuju ke *Main Oil Tank*
15. Oli yang telah terpakai akan mengalami perubahan suhu yaitu menjadi panas.
16. Didalam *Main oil tank* terdapat sensor suhu. Jika suhu pada *main oil tank* terdeteksi panas  $>30^{\circ}\text{c}$  maka akan mengaktifkan *vapor ekstraktor* untuk membuang udara panas yang telah tercampur pada *main oil tank*
17. Oli yang masuk ke *Main Oil tank* mengalami *Overflow* dan akan mengalir ke *Oil Purifier Tank*
18. Sensor *Flow* pada *Oil Purifier* aktif dan dikembalikan ke MOT
19. Kotoran yang telah tersaring menuju *Vapor Extractor* untuk dibuang
20. Setelah Lebih dari 5 RPM *Turning Gear* Mati
21. Setelah kecepatan naik 30 RPM maka Matikan TGOP dan akan Mengaktifkan AOP
22. AOP menuju ke *Oil Turbine Booster pump* untuk menambah tekanan
23. Lalu melewati *Oil Cooler* dan menuju ke *Bearing*
24. *Oil cooler* berfungsi untuk pendinginan oli.
25. Keluaran *Oil Cooler* terbagi menjadi dua yaitu menuju ke *Bearing Turbin* dan ke *Vacuum Tank* (dengan cara di spray).
26. *Vacuum Tank* akan aktif agar gas yang terlarut terpisah dengan oli murni.
27. Oli yang murni dipompa ke Generator dengan menggunakan *Main Seal Oil Pump*
28. Setelah dari Generator, Oli akan menuju Ke *Vacuum Tank* lagi
29. Gas yang terlarut terdeteksi Sensor Gas dibuang oleh *Vacuum Pump* ke atmosfer

30. Gas Hidrogen yang mungkin Bocor akan terdeteksi oleh sensor gas dan ditampung di *Hydrogen Detraining Tank*.
31. Setelah berada di *Hydrogen Detraining Tank* terdapat sensor *pressure* maka akan menuju Float Trap.
32. Float Trap aktif dan akan melakukan pemisahan dari pengotor
33. Setelah itu akan menuju ke *Air Detraining Tank* dan menuju ke MOT (*Main Oil Tank*).
34. Steam HP Turbin masuk ke GSSR dan terdeteksi oleh sensor suhu GSSR berfungsi (Mengatur tekanan sesuai setting 0.8kg/cm<sup>2</sup>) agar konstan dan tidak terjadi kebocoran.
35. Setelah dari GSSR menuju ke turbin untuk proses *Sealing*.
36. Keluaran *Steam* Dari turbin ini dimanfaatkan oleh GSC.
37. GSC (*Gland Steam Condenser*) Aktif, Uap yang masuk menyentuh Pipa Pipa yang dialiri air oleh *condenser*, dan kondensasinya dialirkan ke Hotwell.
38. Yang tidak terkondensasi masuk ke GSEB (*Gland Steam Exhaust Blower*) dibuang ke Atmosphere.
39. Ketika Kecepatan 900Rpm maka JOP Mati
40. Ketika Kecepatan 2800RPM maka Main Oil Pump Aktif dan AOP Berhenti

### 3.1.5 Langkah Kerja

Dalam melakukan perancangan sistem, perlu untuk diketahui langkah kerja dari proses otomasi dari lubrikasi dan *sealing*. Untuk memudahkan pemahaman tentang langkah kerja dari proses otomasi lubrikasi dan *sealing* perlu diketahui terlebih dahulu seluruh komponen utama yang terdapat dalam system, diantaranya adalah sensor dan aktuator yang digunakan, fungsi dan peletakkan tiap komponen agar sesuai dengan mekanisme proses yang dibutuhkan. Untuk informasi *Input* yang lebih detil 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>	<i>Start</i>	Untuk memulai sistem

<b>NO</b>	<b>NAMA</b>	<b>TAG</b>	<b>FUNGSI</b>
2	Sensor <i>pressure</i> pada Cooling Water	SP_1	Mengukur tekanan pada cooling water
3	Sensor <i>pressure</i> pada kompressor	SP_2	Mendeteksi tekanan pada kompressor
4	Sensor <i>pressure</i> Hidrogn tank	SP_3	Mendeteksi Tekanan pada Hidrogen tank sudah penuh atau tidak
5	Sensor flow pada keluaran sirkulasi	SF_1	Mengetahui Adanya gas yang telah digunakan pada generator
6	Sensor gas pada gas yang bocor	SGH_1	Mengetahui adanya gas yang bocor pada generator
7	Sensor <i>pressure</i> Detraining Tank	SP_5	Mengetahui adanya gas yang masuk pada tank
8	Sensor suhu main oil tank	ST_1	Mendeteksi suhu yang berada pada main oil tank
9	Sensor flow oil purufier	SF_2	Mendeteksi adanya oli yang masuk ke purifier
10	Sensor speed 1	SK_5	Mendeteksi jika kecepatan telah mencapai 5rpm
11	Sensor speed 2	SK_30	Mendeteksi jika kecepatan telah mencapai 30rpm
12	Sensor gas vacuum tank	SGH_2	Mendeteksi adanya gas pada Vacuum tank
13	Sensor Suhu GSSR	ST_2	Mengukur Suhu pada GSSR
14	Sensor speed 3	SK_900	Mendeteksi jika kecepatan telah mencapai 900rpm
15	Sensor Speed 4	SK_2800	Mendeteksi jika kecepatan telah mencapai 2800rpm

**Tabel 3.2** *Output* Sistem

<b>NO</b>	<b>NAMA</b>	<b>TAG</b>	<b>FUNGSI</b>
1	Pompa Hidrogen <i>Plant</i>	PMP_H	Mengisi ke hidrogen gas storage tank
2	<i>Cooling Water Pump</i> menyala	CCWP_1, CCWP_2	Menyalurkan air
3	Kompresor	COMP_1	Memberikan udara ke <i>valve</i>
4	Kompresor ke <i>valve</i>	COMP_2	Membuka dan menutup <i>valve</i>
5	Carbon dioxide mengisi generator	CO2_FILL_1, CO2_FILL_2	Proses pendingin generator
6	Hidrogen gas cooler	HIDRO-GAS_COOLER_2	Mendinginkan Hidrogen
7	Blower	BLOWER	Menyebarkan hidrogen ke generator
8	Air detraining tank	AIR_DET_1, AIR_DET_2	Menampung gas yang telah dari generator
9	Hydrogen detraining tank	HIDROGEN_DET_1, HIDROGEN_DET_2	Menampung jika ada gas yang bocor
10	Float Trap	FLOAT_TRAP_1	Memisahkan dari pengotor
11	TGOP ( <i>Turning Gear Oil Pump</i> )	TGOP	Memberi oli untuk yang pertama kali
12	EOP ( <i>Emergency Oil Pump</i> )	EOP_1, EOP_2	Sebagai Back Up
13	JOP (Jack oil pump)	JOP	Mengangkat poros turbin pada saat turbin akan berputar dan memberi pelumas ke bantalan turbin

NO	NAMA	TAG	FUNGSI
14	<i>Turning Gear</i>	TG	Memutar turbin pertama sampai 5rpm
15	Vapor ekstraktor MOT	VAP_EXT	Membuang udara panas dari MOT
16	Vapor ekstraktor Oil Purifier	VAP_EXT	Membuang kotoran
17	AOP ( <i>Auxilliary oil pump</i> )	AOP	Mengalirkan air masuk ke kondensor
18	Oil Booster Pump	OIL_BOOST	Menambah tekanan Oli
19	Oil Cooler	OIL_COOL	Mendinginkan oli setelah oli dari benda benda panas
20	Main seal oil Pump	MAIN_SEAL	Menyalurkan oli ke generator
21	Vacuum Pump	VACUUM_PUMP	Membuang gas yang tercampur oleh Oli
22	Main Oil Pump	MAIN_SEAL	Pompa minyak utama ketika speed telah 2800

seluruh perangkat atau komponen utama dari proses otomasi pada sistem Lubrikasi dan *Sealing* telah dipahami, maka tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi aksi atau *event* yang terjadi pada sistem mulai dari penyiapan gas hidrogen untuk *sealing* hingga sistem lubrikasi selesai dilakukan dan akan dilakukan pembersihan untuk oli yang sudah digunakan.

Satu aksi dapat terdiri dari satu *output* yang aktif atau lebih. Jumlah aksi yang dilakukan pada sistem merupakan jumlah (*step*) langkah yang harus dilakukan. Aksi yang dirancang pada identifikasi ini juga berupa urutan sehingga juga dapat dikatakan sebagai urutan langkah (*sequence*). Aksi atau *event* yang dirancang telah disesuaikan dengan syarat – syarat yang terdapat pada sistem Lubrikasi dan *Sealing*. Untuk informasi yang lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 3.3

**Tabel 3.3** Langkah Kerja Sistem

STEP	AKSI	SYARAT CUKUP	SYARAT PERLU
Init dan Step 1	Pompa Hidrogen menyala	Start	Sistem Nonaktif
2	Close <i>Cooling Water Pump</i> menyala	Setelah Step INIT	Setelah Step 1
		Setelah Step 1	
3	Kompresor menyala	Sensor <i>Pressure</i> 1 aktif	Setelah Step 2
4	Valve dan Co2 Filler	Sensor <i>Pressure</i> 2 aktif	Setelah Step 3
5	Hidrogen Gas Cooler	Sensor <i>Pressure</i> 3 aktif	Setelah Step 4
6	<i>Emergency Oil Pump</i> , Blower dan <i>Turning Gear Oil Pump</i>	Sensor <i>Pressure</i> 4 aktif	Setelah Step 5
7	<i>Turning Gear</i> dan Jack Oil Pump	Sensor Flow 1 aktif	Setelah Step 6
8	Valve Oil Purrier dan Valve <i>Output Oil</i>	Sensor Flow 2 aktif	Setelah Step 7
9	Oil Turbine Booster dan <i>Auxilliary oil pump</i>	Sensor Kecepatan 30 RPM aktif	Setelah Step 8
10	Oil Cooler	Sensor Flow 3 aktif	Setelah Step 9
11	Vacuum Pump	Sensor Gas Hidrogen 1 aktif	Setelah Step 10
12	Main Seal Oil Pump	Sensor Level 1 aktif	Setelah Step 11
13	Hidrogen Detraining Tank	Sensor Gas Hidrogen aktif	Setelah Step 12
14	Float Trap	Sensor <i>Pressure</i> 5 aktif	Setelah Step 13
15	Air Detraining Tank	Sensor <i>Pressure</i> 6 aktif	Setelah Step 14
16	<i>Gland Seal Steam Regulator</i>	Sensor temperatur 1 aktif	Setelah step 15

### 3.2 Perancangan Graficet

Setelah melakukan identifikasi sistem lubrikasi dan *sealing* maka selanjutnya adalah melakukan perancangan Graficet untuk memodelkan sistem. Salah satu kelebihan melakukan pemodelan adalah dapat mendeskripsikan rancangan proses sehingga dapat mempermudah pembuatan program *ladder*,



selain itu proses ini dapat digunakan untuk melakukan pengecekan apabila terjadi kesalahan dan melakukan perbaikan pada sistem sebelum program diimplementasikan.

### 3.2.1 Pengelompokan Komponen

Sebelum melakukan pemodelan akan lebih baik jika terlebih dahulu dikelompokkan setiap komponen berdasarkan penempatan pada grafcet. Pada perancangan ini, seluruh *Input* memory/flag direpresentasikan oleh *step*. Sedangkan sensor direpresentasikan oleh transition. Seluruh pengelompokkan tersebut dapat dilihat selengkapnya pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.

**Tabel 3.4** Pengelompokkan *Step*

NO	NAMA	STEP
1	Start	1
2	Pompa hidrogen	2A
3	Close <i>Cooling Water Pump</i>	2B, 3B
4	Kompresor	3A
5	<i>Valve</i>	4A
6	Co2 Filler	4B, 5B
7	Kompresor	4C
8	Hydrogen Gas Cooler	5A, 6A
10	<i>Emergency Oil Pump</i>	6B, 7D
11	Blower	6C
12	<i>Turning Gear Oil Pump</i>	6D
13	<i>Turning Gear</i>	7A
14	Jack Oil Pump	7B
15	<i>Valve Oil Purifier</i>	8B, 9B
16	<i>Valve Output Oil</i>	8C
17	Vapour Extractor	9A
18	Oil Turbin Booster	11A, 12B

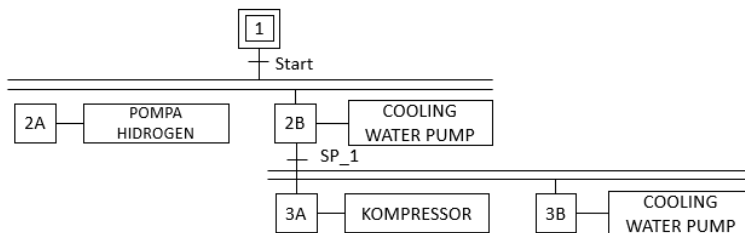
NO	NAMA	STEP
19	<i>Auxilliary oil pump</i>	11B
20	Oil Cooler	12A, 13B
22	Vacuum Tank	13A, 14B
23	Main Seal Oil Pump	14A, 15A
24	Hidrogen Detraining Tank	14B, 16B
25	Float Trap	16A, 17B
26	Air Detraining Tank	17A, 18B
27	Gland Seal Steam Turbine	18A

### 3.2.2 Perancangan Grafcet

Perancangan Grafcet diseusiakan dengan langkah-langkah dalam proses lubrikasi dan *sealing* yang sudah dibuat. Perancangan model grafcet akan dijelaskan dari start hingga sistem pelumasan awal mulai berjalan dan turbin mulai berputar. Selengkapnya dari program Grafcet pada sistem lubrikasi dan *sealing* akan diberikan pada lampiran.

a. Langkah 1 dan 2

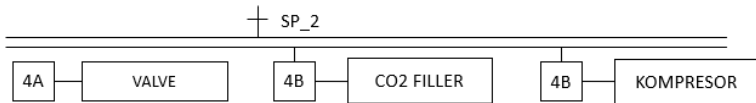
Langkah 1 merupakan langkah awal dalam proses lubrikasi dan *sealing*. Proses dimulai dari tombol *start* ditekan dan akan mengaktifkan *step 2A* yaitu pompa hidrogen dan *2B* yaitu *Close Cooling Water Pump*. Langkah pertama ini dapat digambarkan dengan Microsoft visio seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Langkah 1 dan 2

b. Langkah 3

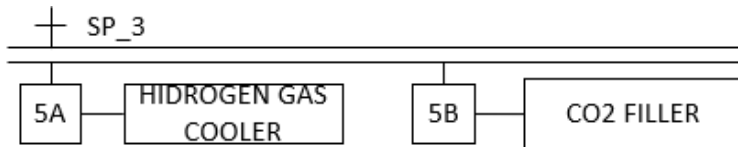
Ketika pompa hidrogen dan close *Cooling Water Pump* menyala, maka hidrogen akan mulai mengisi di hidrogen tank. Langkah selanjutnya adalah kompresor menyala untuk mengisi angin yang nanti akan digunakan untuk mengatur *valve* dan *Cooling Water Pump* yang digunakan untuk mendinginkan air. Kedua komponen ini akan aktif apabila sensor *pressure* akibat dari aliran *Cooling Water Pump* menyala.



**Gambar 3.6** langkah 3

c. Langkah 4

Pada langkah ketiga (Gambar 3.7), angin kompresor sudah penuh dan *valve* pada setiap bagian dari bagian pembangkitan akan dapat dikontrol menggunakan angin tersebut. Selain itu, generator akan mulai diisi menggunakan  $\text{Co}_2$ . Gas karbon dioksida ini berfungsi sebagai gas inert untuk mengeluarkan udara pada generator. Perlu diketahui apabila hidrogen apabila bercampur langsung dengan oksigen akan dapat menimbulkan ledakan. Sehingga hal tersebut perlu untuk diantisipasi dengan cara mengeluarkan terlebih dahulu semua udara pada generator. Proses ini biasa dinamakan dengan *gassing-degassing*. Karena massa jenis hidrogen lebih ringan daripada karbon dioksida, maka hidrogen diinjeksi ke generator melalui sisi atas.

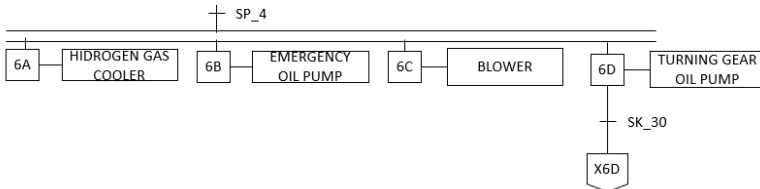


**Gambar 3.7** Langkah 4

d. Langkah 5

Pada langkah yang keempat (Gambar 3.8), hidrogen yang diisi pada hidrogen gas tank akan penuh dan siap untuk dikirimkan kepada

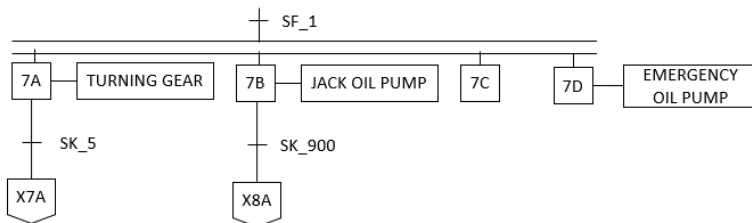
generator. Namun, sebelum masuk ke generator, terlebih dahulu *Hydrogen Gas Cooler* untuk mendinginkan gas hidrogen terlebih dahulu sebelum masuk ke generator.



**Gambar 3.8** Langkah 5

e. Langkah 6

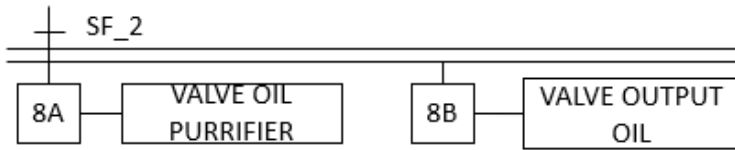
Pada Langkah yang kelima (Gambar 3.9), terdapat *Turning Gear Oil Pump* yang berfungsi sebagai pelumas bearing pada turbin dan generator selama turbin dan generator bekerja. *Turning Gear* akan otomatis mati apabila kecepatan turbin mencapai 30 RPM. Selain itu, juga terdapat *Emergency Oil Pump* yang mempunyai fungsi sebagai pompa cadangan apabila *Turning Gear Oil Pump* bermasalah. *Emergency Oil Pump* merupakan pompa dengan sumber DC, sehingga cocok digunakan sebagai pengganti apabila terjadi padam listrik. Selain itu, pada *step* ini juga terdapat blower yang menyala. Blower ini berada di dalam generator yang berfungsi untuk menyebarkan gas hidrogen sebagai pendingin generator kesetiap bagian. Ketiga komponen ini akan menyala pada saat sensor tekanan akibat dari *Hydrogen Gas Cooler* yang menyala.



**Gambar 3.9** langkah 6

f. Langkah 7

Pada langkah ketujuh (Gambar 3.10), terdapat beberapa komponen yang aktif, diantaranya adalah *Turning Gear*, jack oil pump dan *step* kosong. Jack Oil Pump berfungsi untuk mengangkat poros turbin dan melumasi bantalan turbin. Sedangkan *Turning Gear* berfungsi untuk memutar turbin dari tiga sampai lima RPM. Setelah itu, *Turning Gear* akan mati dan turbin akan mulai berputar dan bertambah kecepatannya. Setelah kecepatan turbin mencapai 900 RPM, maka Jack Oil Pump akan mati. Pada *step* yang ketujuh ini, terdapat *step* kosong yang bertujuan untuk menghubungkan antara *step* selanjutnya yaitu delapan dan *step* tujuh. Pada *step* kosong ini, tidak ada yang terjadi pada sistem.



**Gambar 3.10** langkah 7

Diagram Grafcet yang dibuat sesuai dengan alur sistem lubrikasi dan *sealing* pada generator. Untuk membuat diagram grafcet ini, saya menggunakan aplikasi microsoft visio. Setelah diagram dibuat, maka perlu dilakukan pengecekan setiap langkah yang terjadi apakah sudah benar atau masih membutuhkan pembenahan. Setelah diagram visio dianalisa dan sudah sesuai dengan yang diinginkan, maka langkah selanjutnya adalah membuat *ladder* diagram berdasarkan grafcet yang sudah dibuat.

### 3.3 Perancangan Diagram *Ladder*

Proses selanjutnya adalah pembuatan diagram *ladder* dari diagram grafcet yang sudah dibuat pada fluid sim. Diagram grafcet ini digunakan untuk memudahkan orang lain untuk memahami program *ladder* yang dibuat. Selain itu juga untuk memudahkan analisa dan memperbaiki apabila ada kesalahan.

### 3.3.1 Pengalaman Komponen

Setelah membuat perancangan atau model sistem dengan menggunakan metode Graficet, selanjutnya adalah melakukan konversi hasil perancangan ke dalam bentuk diagram *ladder*. Langkah ini diperlukan agar sistem yang sudah dimodelkan dapat diterapkan pada PLC yang digunakan untuk kontrol sistem lubrikasi dan *sealing*.

Namun sebelum itu, perlu dilakukan terlebih dahulu pengalaman setiap sensor dan aktuator yang digunakan pada sistem lubrikasi dan *sealing*. Tabel 3.5 memuat seluruh informasi terkait dengan pengalaman *Input* dan *Memory* pada PLC OMRON CQM1. Sedangkan pada Tabel 3.6 merupakan pengalaman komponen *Output*.

**Tabel 3.5** Pengalaman Komponen *Input* dan *Memory*

NO	ALAMAT	NAMA	NO	ALAMAT	NAMA
1	0.00	START	29	10.11	BLOWER
2	0.01	SP_1	30	10.12	TGOP
3	0.05	SP_2	31	10.13	TG
4	0.06	SP_3	32	10.14	JOP
5	0.07	SP_4	33	10.15	S_K
6	0.08	SF_1	34	11.00	EOP_2
7	0.09	SF_2	35	11.01	VALVE_PUR R_1
8	0.10	ST_1	36	11.02	VALVE_OUT_ OIL_1
9	0.11	SK_5	37	11.03	VAPOUR_EX TRACT_1
10	0.02	SK_30	38	11.04	VALVE_OUT_ OIL_2
11	0.03	SF_3	39	11.05	Y21
12	0.13	SGH_1	40	11.06	VAPOUR_EX TRACT_2
13	0.12	SL_1	41	11.07	AUXIL_OIL
14	1.00	SGH_2	42	11.08	OIL_BOOS
15	1.01	SP_5	43	11.09	OIL_COOL_1
16	1.02	SP_6	44	11.10	OIL_BOOS-2
17	1.03	ST_2	45	11.11	VACUUM_1
18	10.00	PMP_H	46	11.12	OIL_COOL_2
19	10.01	CCWP_1	47	11.13	MAIN_SEAL
20	10.02	COMP_1	48	11.14	VACUUM_2

NO	ALAMAT	NAMA	NO	ALAMAT	NAMA
21	10.03	CCWP_2	49	11.15	MAIN_SEAL_2
22	10.04	VALVE_1	50	12.00	HIDROGEN_DET_1
23	10.05	CO2_FIL_1	51	12.01	FLOAT_TRAP_1
24	10.06	COMP_2	52	12.02	HIDROGEN_DET_2
25	10.07	HIDRO_GAS_COLLER_2	53	12.03	AIR_DET_1
26	12.07	CO2_FIL_2	54	12.04	FLOAT_TRAP_2
27	10.09	HIDRO_GAS_COLLER_2	55	12.05	GSSR
28	10.10	EOP_1	56	12.06	AIR_DET_2

**Tabel 3.6** Pengalamatan Komponen *Output*

NO	ALAMAT	NAMA	NO	ALAMAT	NAMA
1	100.00	PMP_H	13	100.12	EOP
2	100.01	CCWP	14	100.13	VALVE_PURR
3	100.02	COMP	15	100.14	VAP_EXT
4	100.03	VALVE	16	100.15	OIL_BOOST
5	100.04	CO2_FIL	17	101.01	VACUUM_PUMP
6	100.05	VALVE_OUT	18	101.02	MAIN_SEAL
7	100.06	HIDRO_GAS	19	101.03	HIDRO_DET
8	100.07	EOP	20	101.04	FLOAT_TRAP
9	100.08	BLOWER	21	101.05	AIR_DET
10	100.09	TGOP	22	101.06	GSSR
11	100.10	TURNING_GEAR	23	101.07	AOP
12	100.11	JOP	24	101.00	OIL_COOL

### 3.3.2 Konstruksi Diagram *Ladder*

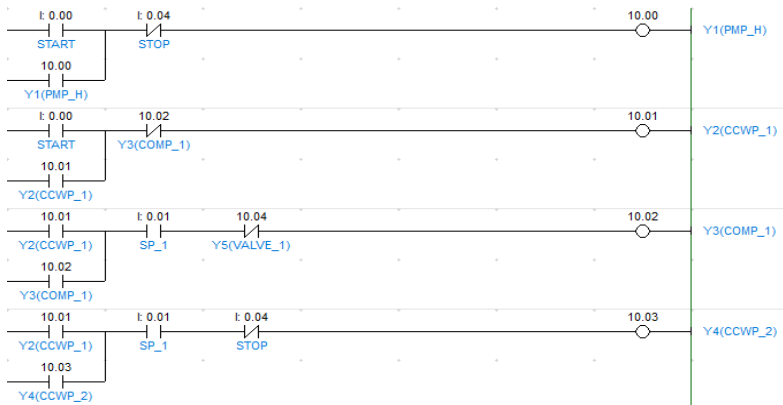
Dalam konstruksi diagram *ladder* yang dibuat berdasarkan grafcet, *ladder* dapat dibuat berdasarkan tiap *step* dan transisi pada grafcet. Terdapat beberapa batasan pada konstruksi diagram *ladder* ini yaitu penambahan *Input* HMI dan tombol *stop* yang tidak dimodelkan dengan metode Grafcet. Batasan tersebut bertujuan untuk mempermudah untuk memahami program grafcet oleh orang lain.

*Input* HMI merupakan alamat memori pada PLC yang digunakan oleh HMI. *Input* HMI merupakan alamat memori pada PLC yang digunakan oleh HMI sebagai tombol sehingga simulasi dapat dilakukan melalui tampilan HMI pada komputer. Konstruksi diagram *ladder* untuk penambahan *Input* HMI dapat dilakukan dengan merangkainya secara paralel dengan alamat *Input* pada PLC. Untuk membedakan antara *Input* pada HMI dengan *Input* pada PLC OMRON CQM1, nama atau label *Input* HMI diawali dengan huruf “X”. Selain itu, terdapat pula logika *stop* yang diperlukan untuk menghentikan setiap proses yang sedang berlangsung, mengembalikan seluruh aktuatur ke posisi awal dan melakukan *reset* pada seluruh memori PLC.

a. Langkah 1 dan 2

Pada langkah yang pertama (gambar 3.11), terdapat tombol start yang berfungsi untuk mengaktifkan memori 2A dan 2B sehingga akan mengaktifkan Pompa Hidrogen dan *Cooling Water Pump*. Maka hasil dari diagram *ladder* dari langkah yang pertama akan menjadi seperti pada Gambar 3.7. Apabila tombol start ditekan maka Y1(POMPA) akan aktif lalu melakukan self holding untuk menjaga agar tetap menyala, terdapat kontak stop (0.04) yang berfungsi untuk mematikan pompa. Selain itu, terdapat dua memori lain yang akan aktif karena dipicu oleh sensor *pressure* SP\_1 yaitu kompresor dan *Cooling Water Pump*. Dalam rung ini, proses sebelumnya yaitu Close *Cooling Water Pump* yang aktif dan apabila sensor *pressure* mendeteksi adanya tekanan maka akan menyalakan kompresor. Lalu kompresor melakukan self holding, dan akan dimatikan dengan *step* setelahnya, yaitu Y5(VALVE).





**Gambar 3.11** Langkah 1 dan 2

b. Langkah 3

Dalam rung langkah 3 (Gambar 3.12), yaitu apabila kompresor sudah menyala, dan sensor *pressure* SP\_2 mendeteksi adanya tekanan, maka *valve* (Y5) akan menyala untuk mengatur sistem pelumasan. Lalu akan melakukan *selfholding* untuk menjaga agar tetap menyala, lalu terdapat tombol stop untuk mematikan *valve*. Secara bersamaan dengan *valve* yang menyala, maka Co2 Filler (Y6) akan juga menyala untuk mulai mengisi gas Co2 kedalam generator, lalu melakukan *self holding* dan akan dimatikan oleh *step* yang setelahnya, yaitu *Hidrogen Gas Cooler*

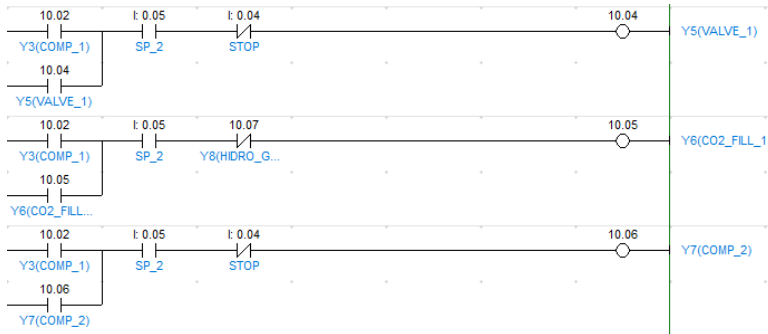


**Gambar 3.12** Langkah 3

c. Langkah 4

Pada langkah yang selanjutnya, apabila Co2 Filler sudah menyala dan sensor *pressure* mendeteksi adanya tekanan, maka *Hidrogen Gas*

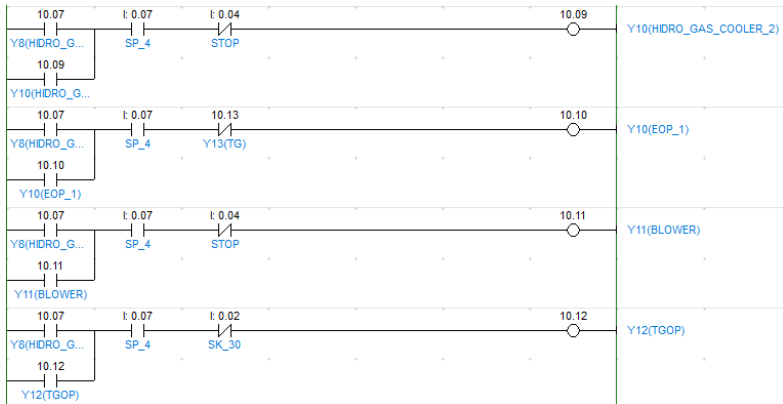
Cooler akan menyala dan melakukan self holding.lalu pemutusnya adalah Y10 (*Emergency Oil Pump*).



**Gambar 3.13** Langkah 4

d. Langkah 5

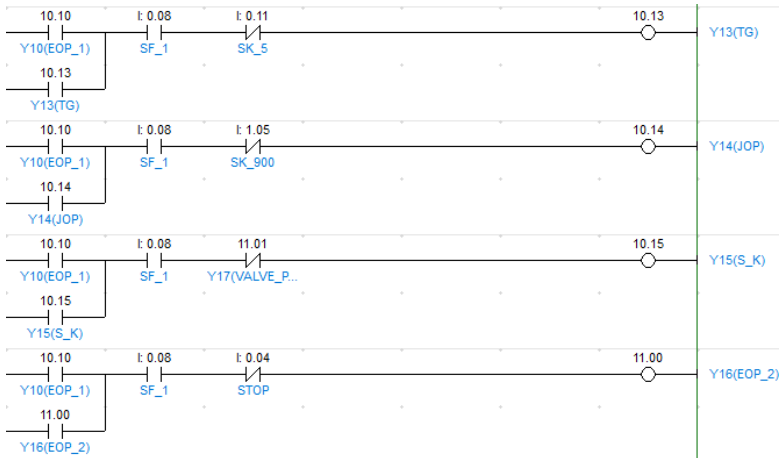
Pada Langkah yang kelima (Gambar 3.14), terdapat tiga komponen yang aktif, yaitu *Emergency Oil Pump*, Blower dan *Turning Gear Oil Pump*. Apabila *Hidrogen Gas Cooler* dan sensor *pressure* sudah aktif, maka akan mengaktifkan ketiga komponen tersebut. Sedangkan untuk mematikan Blower dengan menggunakan kontak 0.04 (STOP), untuk mematikan *Turning Gear Oil Pump* terdapat sensor kecepatan apabila sudah mencapai 30 RPM, maka Komponen ini akan mati, sedangkan *Emergency Oil Pump* akan mati dengan *step* setelahnya, yaitu apabila *Turning Gear* mati.



**Gambar 3.14** Langkah 5

e. Langkah 6

Langkah yang ke enam (Gambar 3.15), merupakan langkah saat turbin mulai berputar. Apabila *Emergency Oil Pump* (Address 10.10) menyala, dan SF (0.08) atau sensor flow menyala, maka akan mengaktifkan *Turning Gear*, Jack Oil Pump, dan *Step* kosong (Y15). Apabila kecepatan sudah mencapai 5 RPM (Address 1.04), maka *Turning Gear* mati. Setelah itu, apabila kecepatan sudah mencapai 900 RPM (Address 1.05), maka Jack Oil Pump akan mati. *Step* Kosong merupakan *step* tambahan.



**Gambar 3.15** Langkah 6

f. Langkah 7

Langkah yang ketujuh (Gambar 3.16) merupakan langkah untuk melakukan pengolahan pada oli yang sudah digunakan. Oli yang telah digunakan akan masuk ke Main Oil tank, dan didalam tersebut terdapat Sensor Flow SF\_2 untuk mendeteksi adanya overflow pada oli dan akan dimasukkan ke Oil Purrrifier tank oleh Valve\_Purr\_1(Y17). Setelah itu, oli yang sudah dibersihkan dari kotoran akan dikembalikan ke Main Oil tank dengan Valve\_Output\_Oil\_1 (Y18).



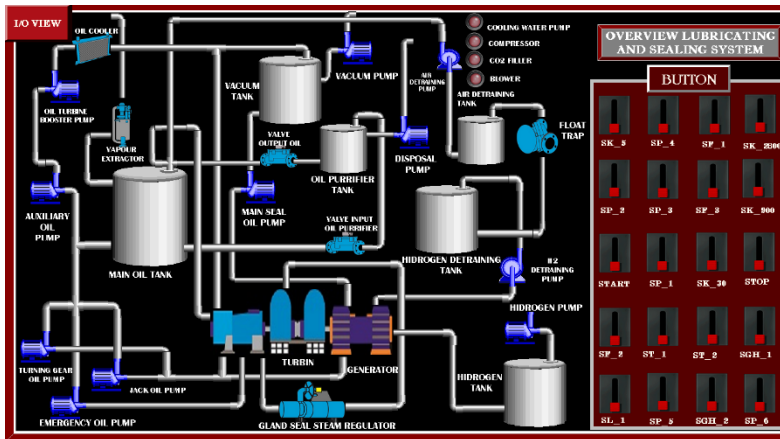
**Gambar 3.16** Langkah 7

### 3.4 Perancangan HMI

Setelah berhasil melakukan konversi diagram *ladder*, tahap selanjutnya adalah melakukan perancangan *Human machine interface* (HMI) untuk memberi gambaran berupa visualisasi dari sistem lubrikasi

dan *sealing*. Visualisasi HMI ini juga diperlukan untuk melihat keadaan (*state*) sistem saat melakukan pengujian simulasi sistem.

Pada Gambar 3.17, dapat dilihat tampilan dari sistem lubrikasi dan *sealing*. Pada sistem terdapat beberapa komponen seperti pompa, tank, pipa dan komponen tambahan yang saling berhubungan dan bekerja bersama untuk mendukung sistem lubrikasi dan *sealing*. Tampilan pompa berwarna biru menandakan bahwa pompa dalam keadaan mati, dan apabila pompa aktif, maka pompa berubah warna menjadi merah. Sedangkan apabila pipa tidak dialiri *Steam* ataupun oli, maka pipa akan berubah warna menjadi biru, dan apabila tidak aktif maka akan berwarna abu-abu. Terdapat empat indikator di pojok kanan atas sebagai penanda dari beberapa komponen yang tertera aktif.



**Gambar 3.17** HMI *Overview Lubricating and Sealing System*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

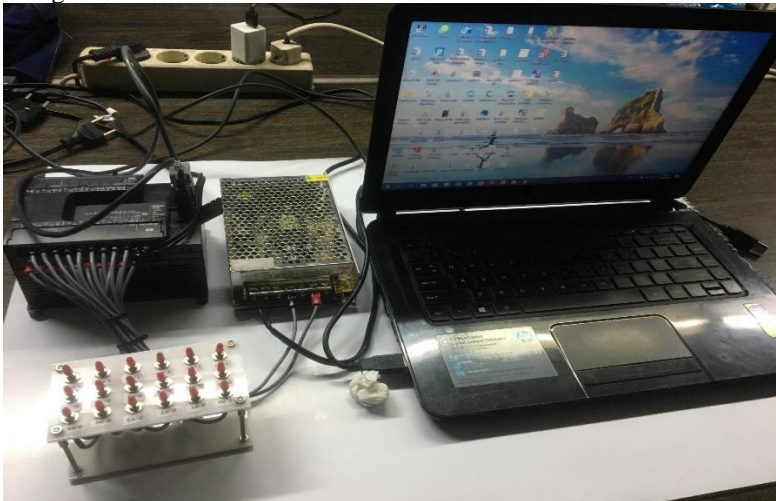
## BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengujian dan analisa dilakukan setelah perancangan diagram *ladder* berdasarkan grafcet selesai dilakukan. Grafcet digunakan untuk membantu untuk menganalisa apabila terjadi kesalahan pada program. Sehingga akan memudahkan orang lain untuk mengerti alur dari program dan dapat dengan cepat mengatasi kesalahan.

### 4.1 Konfigurasi Sistem

Dalam konfigurasi sistem yang digunakan, dibutuhkan beberapa perangkat, diantaranya adalah Power Supply, papan toggle Switch, PLC, RS232, dan PC. Power Supply yang digunakan adalah 24V yang digunakan sebagai sumber dari toggle switch yang digunakan.

Konfigurasi ini diantaranya adalah PLC yang dihubungkan dengan Toggle Switch, lalu sumber dari Toggle Switch diberikan dari Power Supply, lalu digunakan RS232 untuk komunikasi PLC dengan PC atau Laptop. Lalu untuk melakukan proses downloading program dari PC ke PLC, digunakan software CX Designer dan untuk HMI adalah CX Designer.



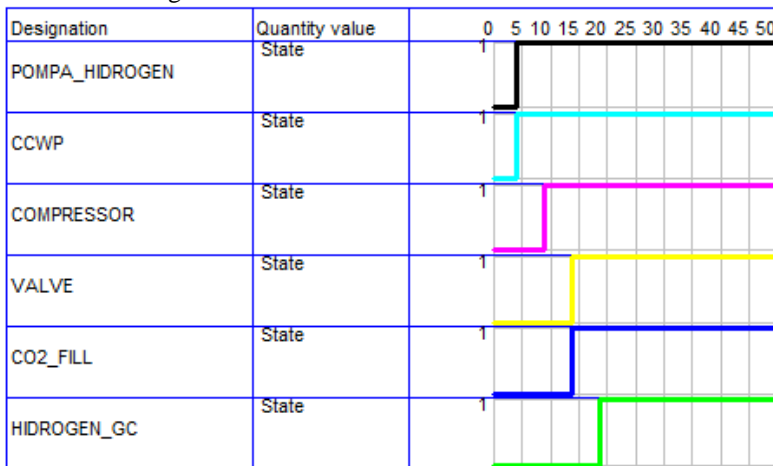
**Gambar 4.1** Konfigurasi perangkat

## 4.2 Validasi *Timing Chart* Sistem

Pengujian *Timing Chart* untuk sistem ini, bertujuan untuk menganalisa apakah sistem yang dibuat sudah urut sesuai dengan yang diinginkan atautkah masih dibutuhkan pembenahan. Dalam melakukan pengujian ini, digunakan software fluidsims.

### 1. Pengujian sistem 1

Gambar 4.11 menunjukkan hasil dari pengujian dari sistem 1. Sistem ini diawali dengan mengaktifkan tombol start. Setelah tombol start aktif maka akan menyalakan pompa hidrogen dan Close *Cooling Water Pump*, lalu pompa hidrogen yang menyala dan sensor *pressure* 1 akan menyalakan kompresor dan seterusnya, hingga Valve, Co2 Filler, dan juga *Hidrogen Gas Cooler* juga akan menyala secara bergantian.

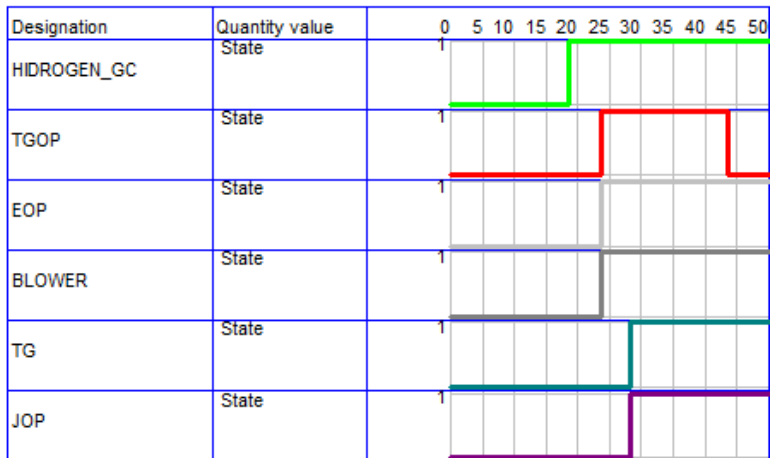


**Gambar 4.2** *Timing Chart* pada Sistem 1

### 2. Pengujian Sistem 2

Selanjutnya, apabila *Hidrogen Gas Cooler* menyala, dan Sensor *Pressure SP\_3* telah di trigger, maka beberapa komponen seperti pada Gambar 4.12 akan menyala, seperti *Turning Gear Oil Pump*, *Emergency Oil Pump*, Blower, *Turning Gear* dan juga JOP.

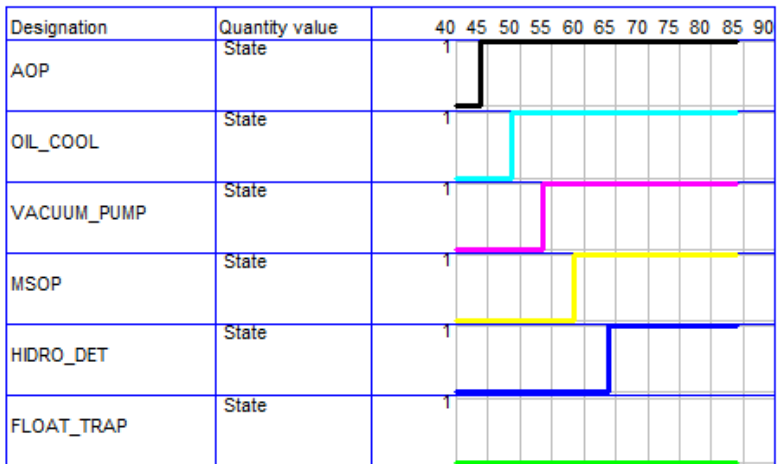




**Gambar 4.3** Timing Chart pada Sistem 2

### 3. Pengujian Sistem 3

Apabila pada sistem kedua sudah menyala, maka langkah selanjutnya adalah sistem ketiga yang akan menyala. sistem ini dapat dilihat seperti pada Gambar 4.13, akan menyala dari rentang waktu 45 hingga ke 65. Sistem akan menyala secara bergantian. Komponen yang akan menyala, diantaranya adalah *Auxilliary oil pump*, Oil Cooler, Vacuum Pump, Main Seal Oil Pump, Hidrogen Detraining, dan juga Float Trap.



**Gambar 4.4** *Timing Chart* pada Sistem 3

### 4.3 Pengujian Ladder

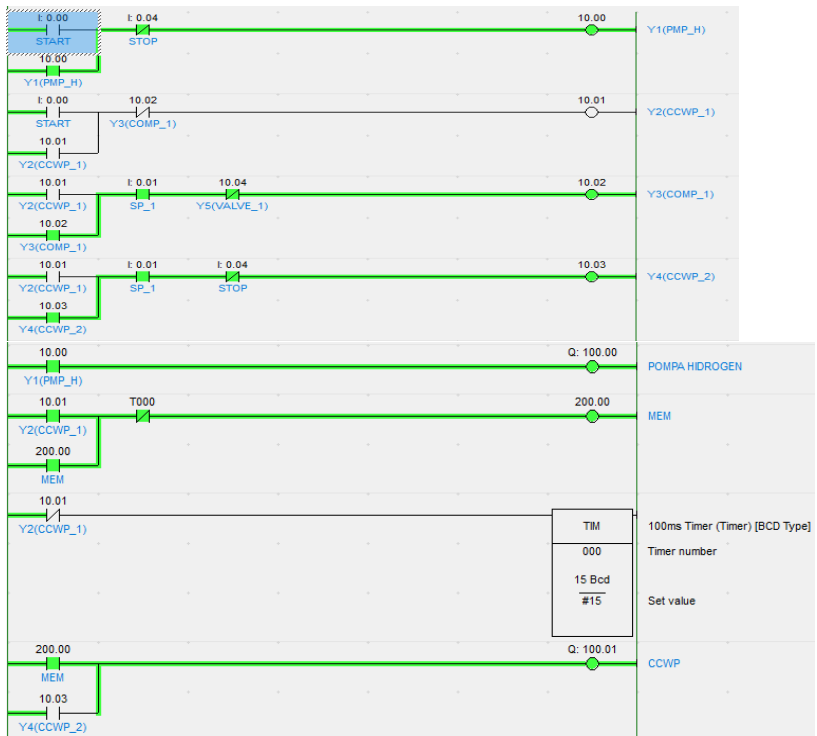
Proses pengujian pada sistem yang sudah dibuat, diuji berdasarkan urutan langkah kerja, apakah sudah sesuai atau masih membutuhkan penanganan kesalahan. Pengecekan dilakukan dengan menggunakan simulasi *ladder* dan HMI. Dan apabila terjadi kesalahan maka dicek terlebih dahulu pada Grafcet lalu menyelesaikan kesalahan tersebut.

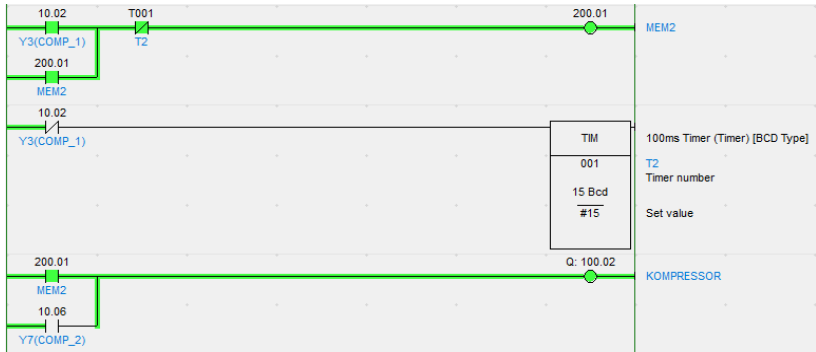
Langkah selanjutnya adalah mempelajari PLC yang dipakai mempunyai komunikasi jenis apa. Pada kali ini, PLC yang digunakan adalah PLC OMRON seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, maka komunikasi yang digunakan adalah menggunakan RS232 dan kabel Ethernet. Kabel RS232 digunakan untuk menghubungkan PLC dengan CX-Programmer, dan kabel Eternet digunakan untuk menghubungkan *Human machine interface* yang sudah dibuat yaitu di CX Designer dengan PLC.

Selanjutnya, hubungkan PLC dengan perangkat laptop dengan menggunakan dua komunikasi serial, lalu buka aplikasi CX-Programmer untuk membuka hasil diagram *ladder* dan aplikasi CX-Designer untuk membuka hasil HMI yang sudah dibuat. Lalu install drivernya dengan membuka device setting. Setelah itu, setting COM yang digunakan.

a. Langkah 1 dan 2

Sebagaimana pada Gambar 4.1, ketika tombol *start* ditekan maka pompa hidrogen dan *Cooling Water Pump* yang disimbolkan dengan PMP\_H dan CCWP menyala, sehingga hidrogen akan mulai diisi ke hidrogen gas tank. Serta sistem pendinginan air menyala siap untuk mendinginkan komponen. Setelah itu, apabila sensor *pressure* SP\_1 mendeteksi tekanan, maka kompresor akan menyala untuk mengisi angin yang akan digunakan untuk menggerakkan komponen *valve*.



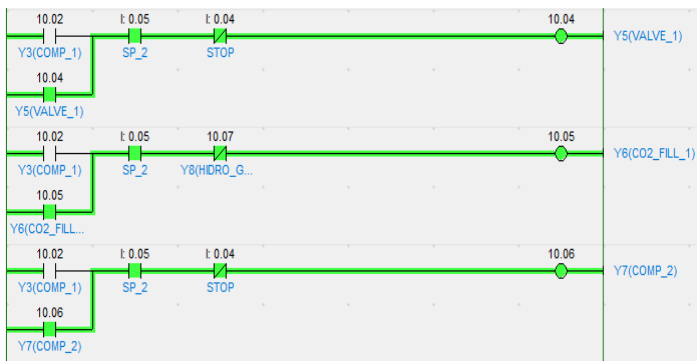


**Gambar 4.5** Running Langkah 1 dan 2

a. Langkah 3

Langkah yang selanjutnya adalah ketika sensor *pressure* SP\_2 telah di trigger, maka Valve yang terdapat pada sistem akan menyala untuk mengatur sistem lubrikasi. Dapat dilihat valve pada Gambar 4.2 berhasil menyala setelah SP\_2 menyala, pada rung ini, diberikan self holding agar dapat menyala sesuai dengan kebutuhan, lalu dihentikan dengan kontak *normally close* STOP.

Selain itu, Co2 Filler juga menyala apabila SP\_2 menyala, namun berbeda dengan Valve, Co2 Filler ini dihubungkan dengan kontak *normally close* untuk langkah yang selanjutnya, yaitu 10.07 (Hidrogen gas Cooler).

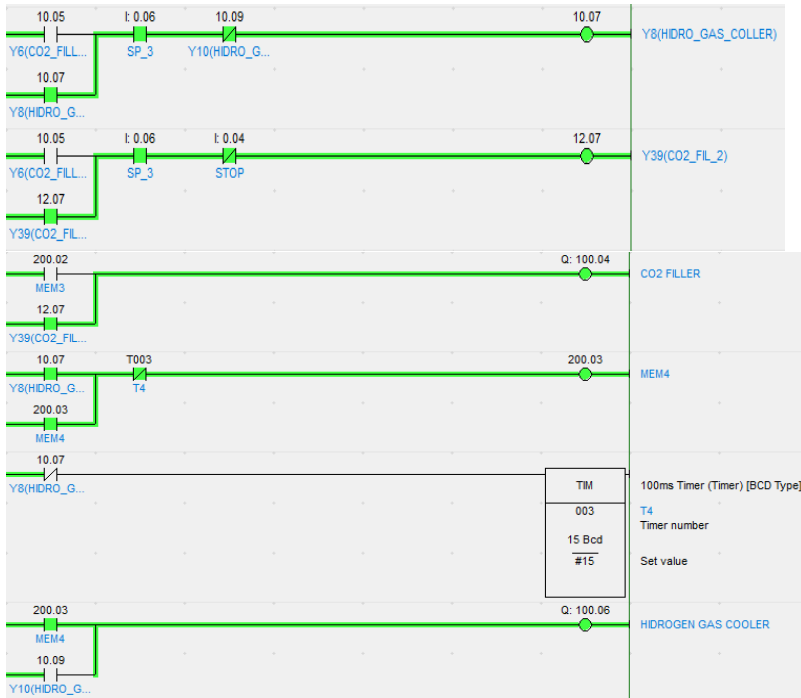




**Gambar 4.6** Running Langkah 3

b. Langkah 4

Setelah itu, pada langkah ke-4, sensor *pressure* SP\_4 akan terpicu dan akan mengaktifkan Co2 Filler dan Hidrogen Gas Cooler. Setelah generator diisi oleh gas Co2, maka kandungan oksigen akan menipis, lalu gas hidrogen mulai di inject untuk mendinginkan generator. Setelah itu, blower generator menyala untuk membantu distribusi hidrogen agar dapat mencapai setiap bagian generator. juga Sebelum mulai diputar, bearing akan diberi pelumas terlebih dahulu oleh *Turning Gear Oil Pump* atau TGOP yang juga aktif untuk menghindari panas akibat gesekan. Pelumasan bearing merupakan hal yang penting, maka untuk menghindari hal yang tidak diinginkan, maka EOP atau *Emergency Oil Pump* akan aktif untuk menjadi pompa cadangan apabila TGOP mengalami masalah.

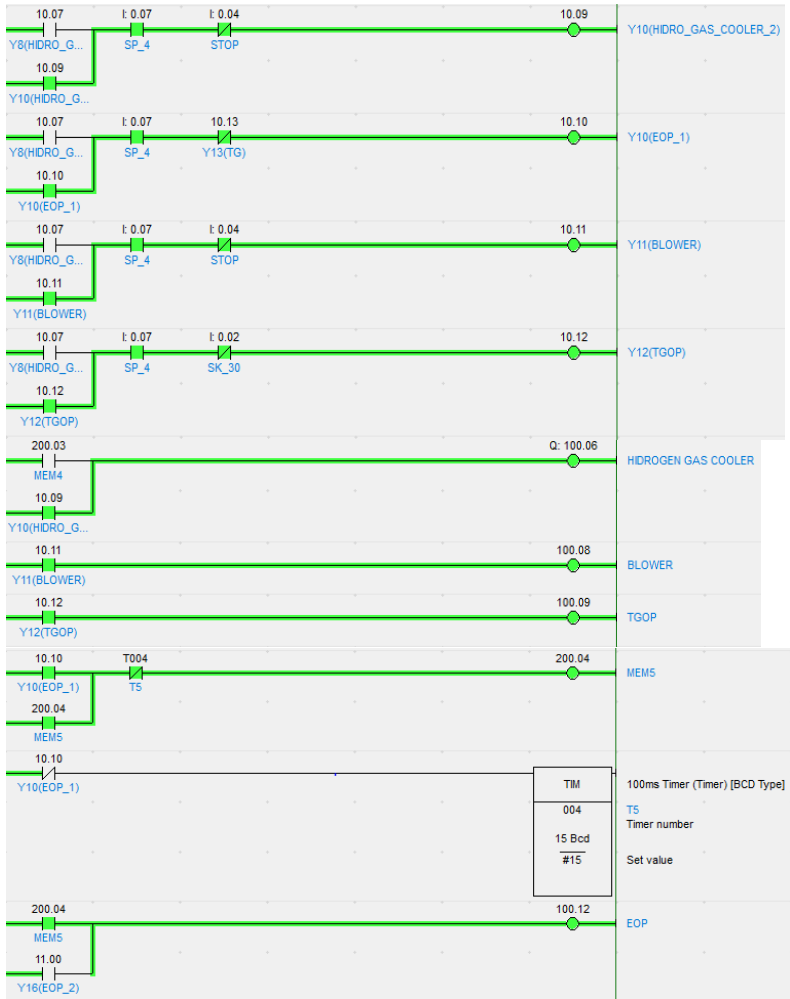


**Gambar 4.7** Running Langkah 4

c. Langkah 5

Turbin akan mulai diputar pada langkah yang ke-5 ini, oleh *Turning Gear* yang aktif karena dipicu oleh sensor flow, *Turning Gear* hanya akan memberikan putaran awal pada turbin antara kecepatan 3-5 RPM. Selain itu, komponen JOP atau Jack Oil Pump juga akan aktif untuk mengangkat bantalan turbin dan melumasinya dengan oli.

Pada Gambar 4.4 menunjukkan beberapa kontak yang terhubung dengan *normally close (STOP)* yang akan otomatis mematikan sistem apabila dalam keadaan darurat. Pada rung untuk menyalakan TGOP, terdapat kontak *normally close SK\_30* yang akan bekerja untuk mematikan TGOP apabila kecepatan turbin sudah mencapai 30 RPM.

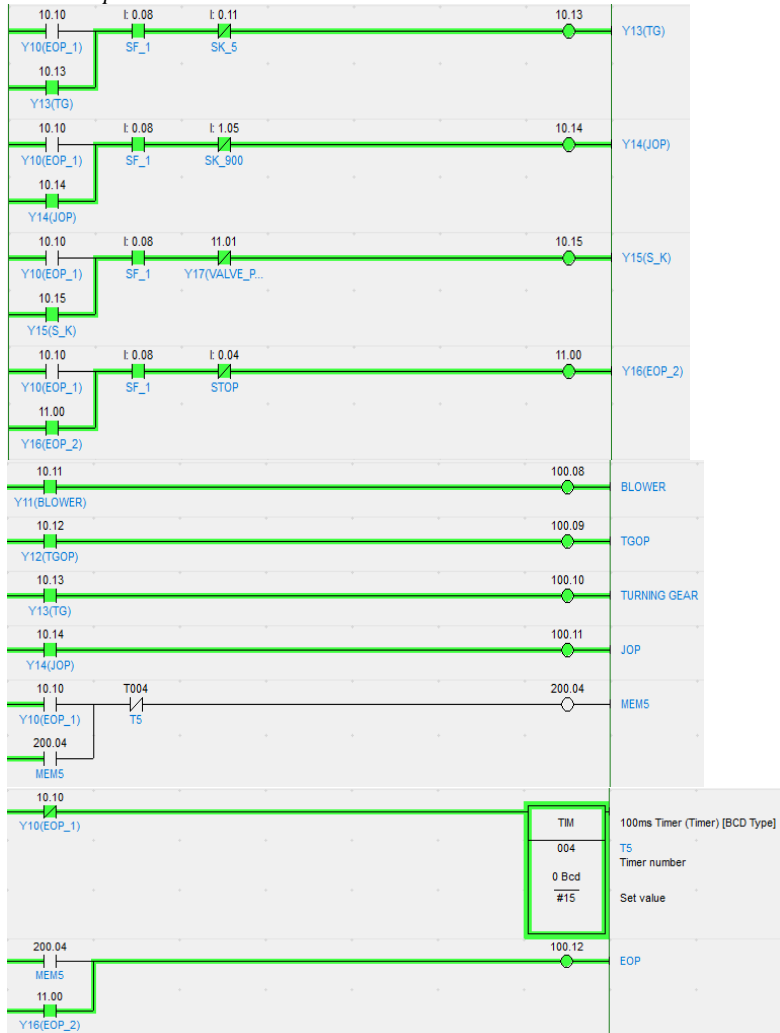


**Gambar 4.8** Running Langkah 5

d. Langkah 6

Oli yang sudah dipakai untuk melakukan lubrikasi tadi akan diolah kembali pada langkah ke-6. Oli yang sudah dipakai akan masuk ke dalam Main Oil Tank. Pada main Oil tank terdapat sensor suhu ST\_1 dan sensor flow SF\_2, sensor flow digunakan untuk mendeteksi adanya overflow pada oli, lalu dari sensor tersebut

akan mengaktifkan *valve* oil purrifier yang menyalurkan main oil tank ke Oil Purrifier Tank. Setelah itu terdapat sensor kapasitif didalam Oil Purrifier Tank untuk mendeteksi kotoran-kotoran didalam oli dan kotoran tersebut akan dibuang dengan Disposal Pump. Setelah itu, Oli akan dikembalikan ke Main Oil tank oleh *Valve Output Purrifier*.



**Gambar 4.9** Running Langkah 6

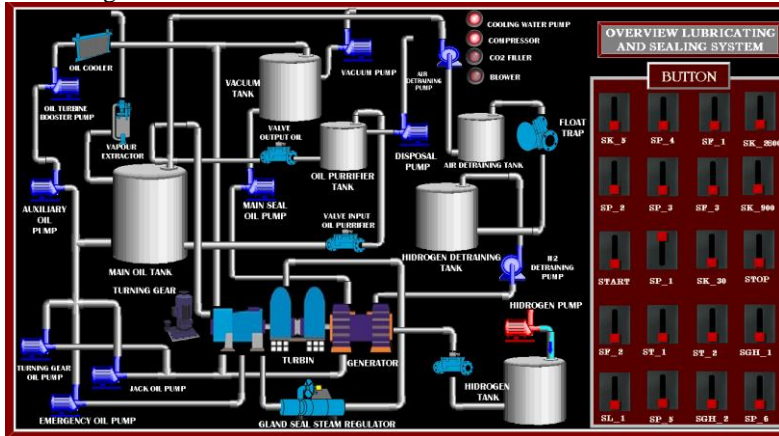


Dari hasil percobaan dari langkah satu hingga langkah ke enam, sistem dari Diagram Ladder telah menunjukkan urutan proses sesuai dengan yang diinginkan. Sehingga langkah selanjutnya adalah pengujian dari *Human machine interface* yang telah dibuat apakah sudah sejalan dengan Diagram Ladder atau masih membutuhkan pembenahan.

#### 4.4 Pengujian *Human Machine Interface*

Pada sub-bab sebelumnya telah dilakukan uji dari Diagram Ladder, maka kali ini akan dilakukan proses pengujian pada HMI apakah sudah sesuai dengan diagram ladder, apabila terdapat kesalahan maka dilakukan pengeditan pada CX-Designer.

##### a. Langkah 1 dan 2



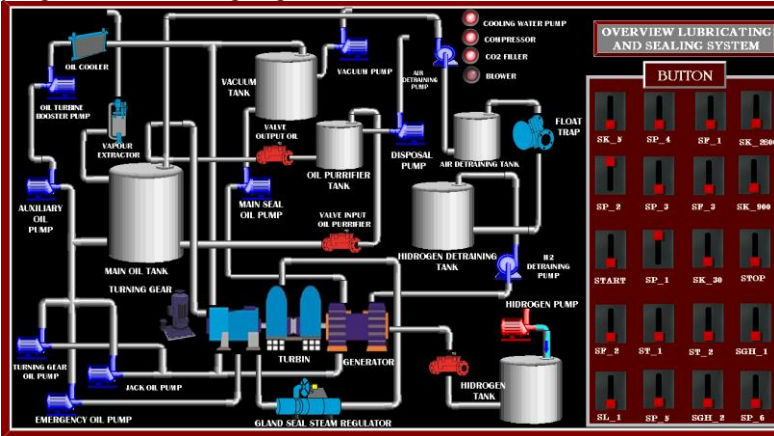
**Gambar 4.10** Pengujian HMI langkah 1 dan 2

Langkah pertama dan kedua, tombol start ditekan maka pompa hidrogen mulai menyala, maka dapat dilihat pada HMI Gambar 4.6, pompa hidrogen yang menyala dengan warna merah dan selanjutnya sensor *pressure* SP\_1 yang telah di trigger dan menyalakan indikator dari *Cooling Water Pump* dan *compressor*.

##### b. Langkah 3

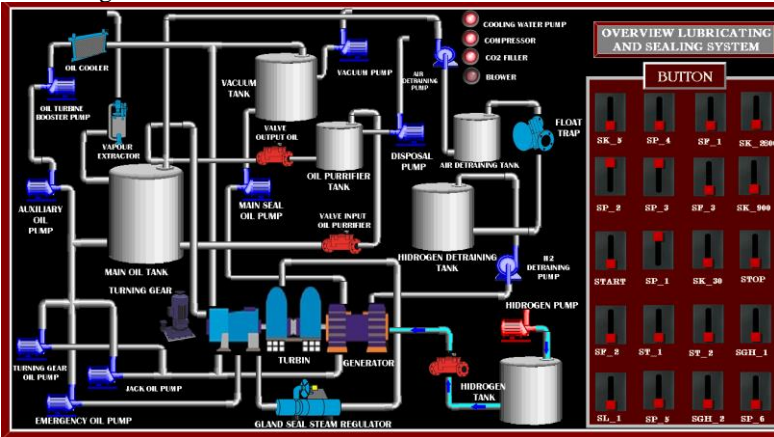
Pada Langkah yang selanjutnya, maka sensor *pressure* SP\_2 yang ditrigger dapat dilihat pada Gambar 4.7, maka akan menyalakan valve

yang terdapat pada sistem, dapat dilihat warna dari valve berubah menjadi merah. Selain itu, sensor ini juga menyalakan indikator dari Co2 Filler yang akan mulai mengisi generator.



Gambar 4.11 Pengujian HMI langkah 3

c. Langkah 4

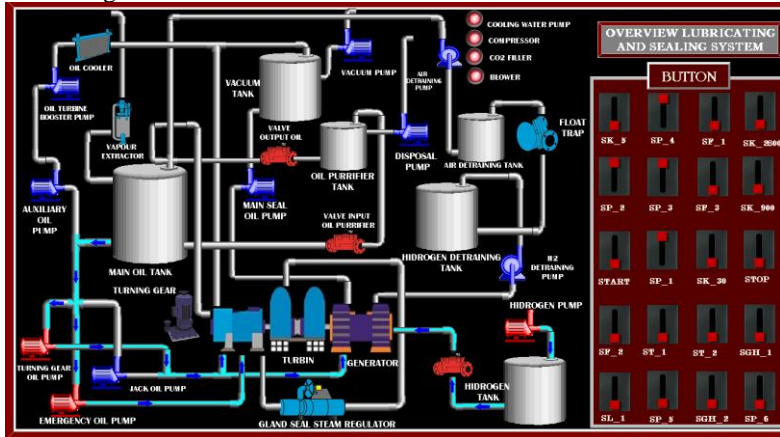


Gambar 4.12 Pengujian HMI langkah 4

Selanjutnya, *button* yang akan menyala adalah sensor *pressure* SP\_3, yang akan menyalakan Hidrogen Gas Cooler, Valve yang sudah dinyalakan pada step sebelumnya akan membuka dan menyalurkan

hidrogen dari tanki ke generator. Proses ini ditunjukkan pada HMI pada Gambar 4.8, pipa yang menghubungkan tanki dan generator yang menyala berwarna biru dan terdapat arah panah yang menunjukkan arah dari hidrogen di salurkan.

d. Langkah 5

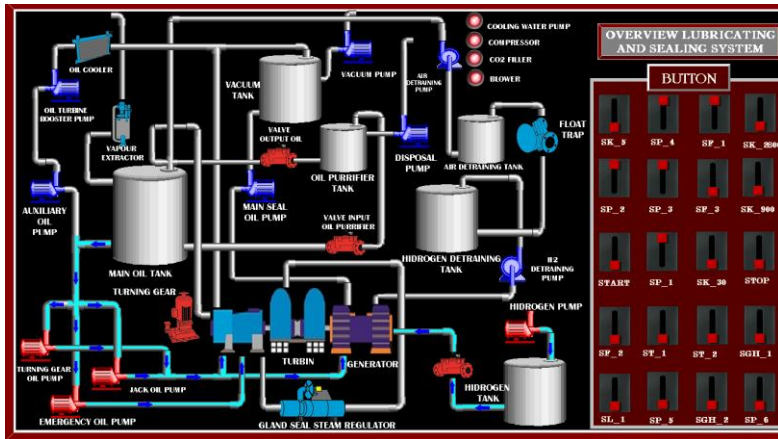


Gambar 4.13 Pengujian HMI langkah 5

Langkah yang terjadi selanjutnya adalah sensor *pressure* SP\_4 akan menyala seperti yang terlihat pada daftar *Button* yang akan menyalakan *Turning Gear Oil Pump*, *Emergency Oil Pump* dan *Blower*. Dapat dilihat pada Gambar 4.9 pipa yang menghubungkan tanki oli menuju ke turbin dan generator menyala dan pompa *Turning Gear Oil* dan *Emergency Oil* berubah warna menjadi merah yang mengindikasikan bekerja. *Blower* pada langkah kali ini juga menyala dengan ditunjukkan pada indikator led *blower* yang menyala.

e. Langkah 6

Sensor *Flow* SF\_1 akan mulai mendeteksi aliran dari *blower* yang menyala pada langkah sebelumnya, sehingga akan menyalakan *Turning Gear* dan *Jack Oil Pump*. *Turning Gear* akan terhubung dengan poros dari Turbin dan generator. Apabila *Turning Gear* menyala maka turbin dan generator akan mulai untuk berputar sampai 5 RPM. Selain itu, *Jack Oil Pump* juga menyala untuk mengangkat bantalan turbin untuk membantu perputaran turbin dan melumasinya dengan oli.



Gambar 4.14 Pengujian HMI langkah 6

#### 4.5 Pengujian Waktu

Dalam sub bab ini akan dijelaskan mengenai pengujian lama waktu untuk keseluruhan sistem dengan menggunakan *Human machine interface* dari CX Designer. Tabel 4.1 menampilkan hasil untuk *running* keseluruhan sistem.

Tabel 4.1 Hasil pencatatan waktu *running* keseluruhan sistem

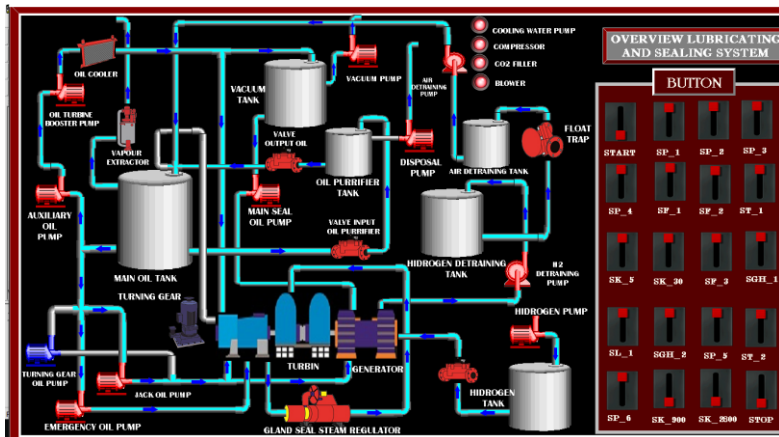
Data	Waktu (detik)
1	36
2	37
3	24
4	22
5	25
6	21
7	20
8	30
9	30
10	26

Pada Tabel 4.1, dapat dilihat hasil pengujian lama waktu untuk keseluruhan sistem menyala pada simulasi. Dapat dilihat apabila nilai dari tiap data yang tidak teralalu jauh berbeda. Perbedaan lama waktu tiap

data, karena setiap data yang diambil terdapat penyempurnaan untuk *step* yang diambil sehingga pada pengambilan data terakhir akan didapat hasil simulasi yang lebih maksimal.

Dari sepuluh data yang diambil dapat diambil rata-rata waktu untuk simulasi yaitu sekitar 27,1 detik. Sedangkan Gambar 4.11 merupakan hasil visualisasi dari data pada Tabel 4.1. dapat dilihat dari grafik tiap data yang diambil membutuhkan waktu yang berbeda-beda. Pada data kedelapan dapat dilihat grafik naik dari data ketujuh yang disebabkan terdapat penyempurnaan untuk sistem yang dibuat.

Sedangkan, apabila sistem sudah menyala secara keseluruhan, HMI sistem akan terlihat seperti pada Gambar 4.12. pada bagian kanan terlihat Button yang sudah menyala, kecuali pada SK\_900 dan SK\_2800. Sensor ini akan menyala apabila kecepatan turbin dan generator sudah mencapai nilai 900 RPM dan 2800 RPM. Maka, apabila sudah mencapai kedua kecepatan tersebut, maka komponen yang akan mati secara berurutan adalah *Jack oil pump* dan *Auxilliary oil pump*. Sedangkan terdapat tombol Stop yang berfungsi untuk menghentikan keseluruhan sistem secara cepat apabila terjadi permasalahan saat sistem bekerja.



Gambar 4.15 Sistem telah menyala secara keseluruhan

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil Pengujian dan analisa dapat dilihat apabila proses konstruksi diagram *ladder* dengan menggunakan metode *Grafcet* dapat dilakukan dan telah dibuat simulasi. Maka dari hasil simulasi dapat diberikan beberapa poin penting diantaranya adalah:

- a) Proses konstruksi diagram *ladder* dengan menggunakan metode *grafcet* dapat dilakukan sesuai dengan urutan logika yang diinginkan.
- b) Metode *garfcet* dapat digunakan untuk melihat keadaan suatu proses sistem yang sedang bekerja sehingga memudahkan pengguna untuk melakukan perbaikan maupun pengembangan.
- c) Hasil Perancangan Ladder Diagram berdasarkan metode *Grafcet* membutuhkan 56 *Relay input* dan memori, serta terdapat 25 *Relay Output*.
- d) Diagram Ladder hasil perancangan membutuhkan 38 rung untuk proses, 4 rung tambahan, dan 23 rung output, sehingga total terdapat 66 rung, serta membutuhkan 14 *Timer*, ukuran file dari diagram ladder adalah 4.46 KB.
- e) Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk melakukan keseluruhan sistem adalah 27.1 detik

#### **5.2 Saran**

Dari hasil pembuatan sistem dapat diberikan beberapa saran, diantaranya:

- a) Akan jauh lebih baik jika sistem otomasi yang telah dibuat dapat di implementasikan langsung pada *Plant PLTU*.
- b) Akan lebih baik jika dapat mendapatkan data-data yang lebih detail yang terdapat pada *Plant PLTU*.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----



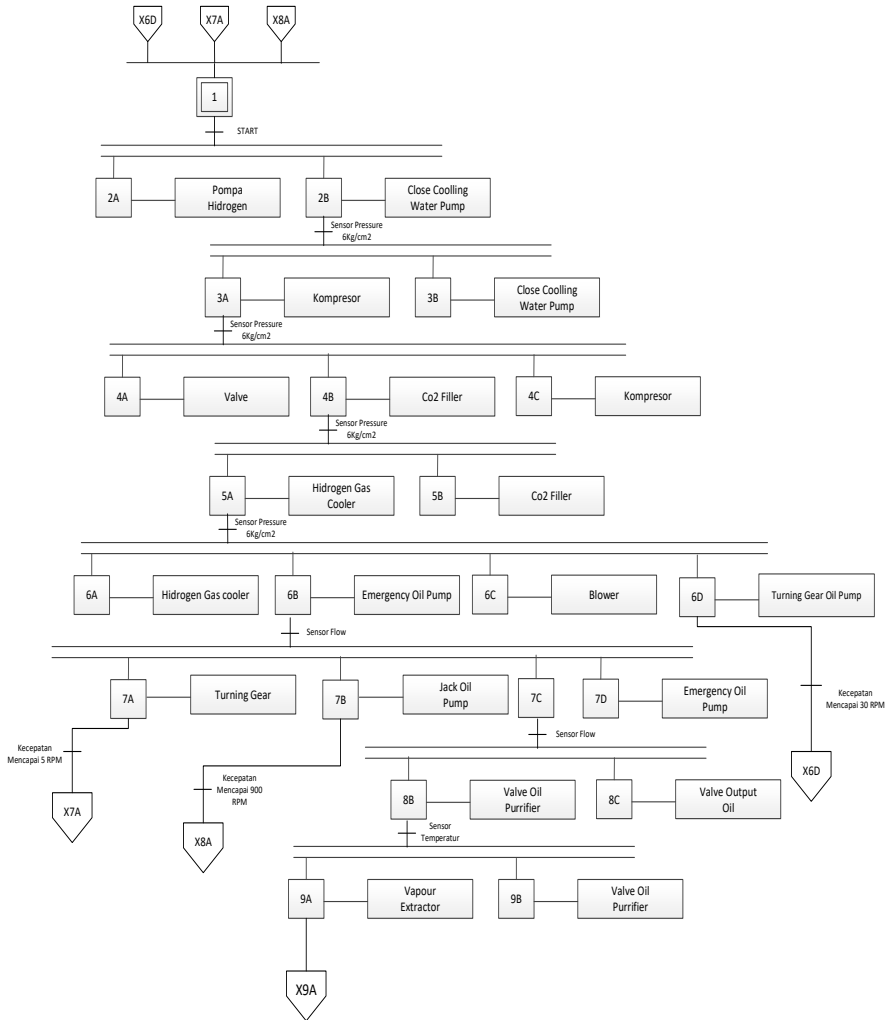
## DAFTAR PUSTAKA

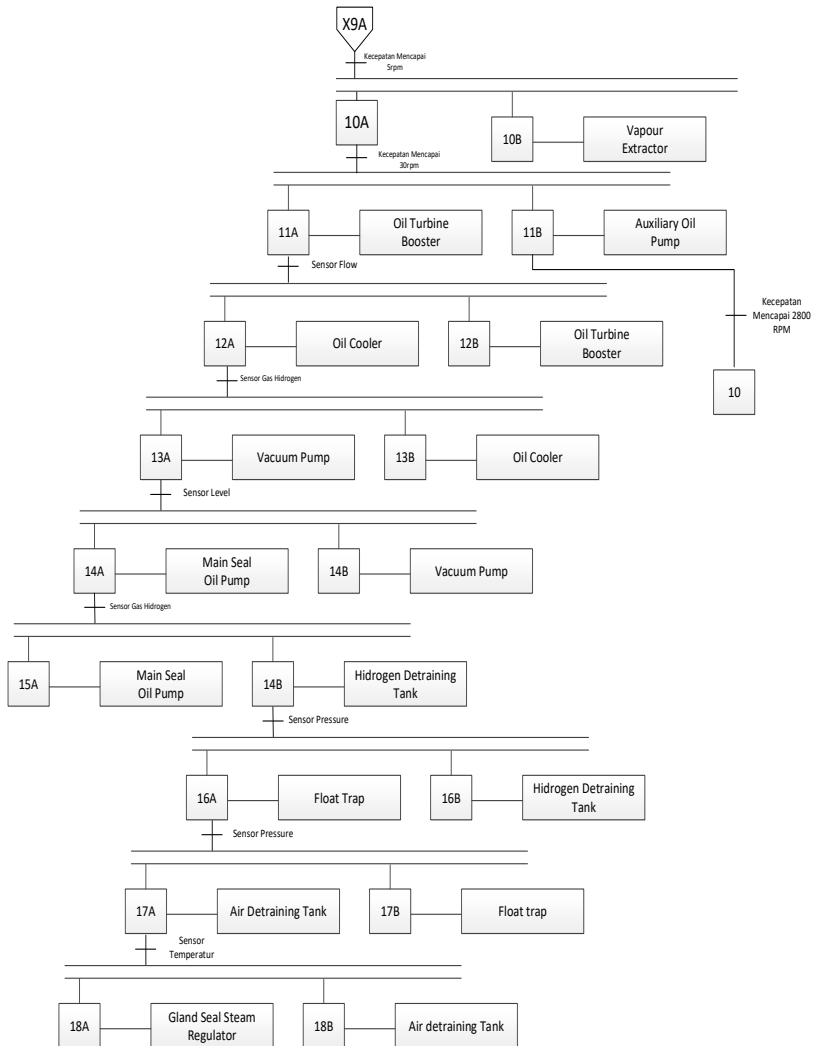
- [1] Veatch, Black. 1996. Power Plant Engineering. New York. Springer.
- [2] Jack, H. 2005. Automating Manufacturing Systems with Plcs, Lulu.com.
- [3] Paul Baracos. 1992. Grafchet Step by Step, Famic Automation.
- [4] Pessen, David W. 1989. *Industrial automation: circuit design and components*. New York. John Wiley & Sons.
- [5] Douglas J.Smith, January 2003. [online]. <https://www.power-eng.com/articles/print/volume-107/issue-10/features/plant-maintenance-lubrication-and-oil-analysis.html> [Diakses pada 26 Mei 2019]

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

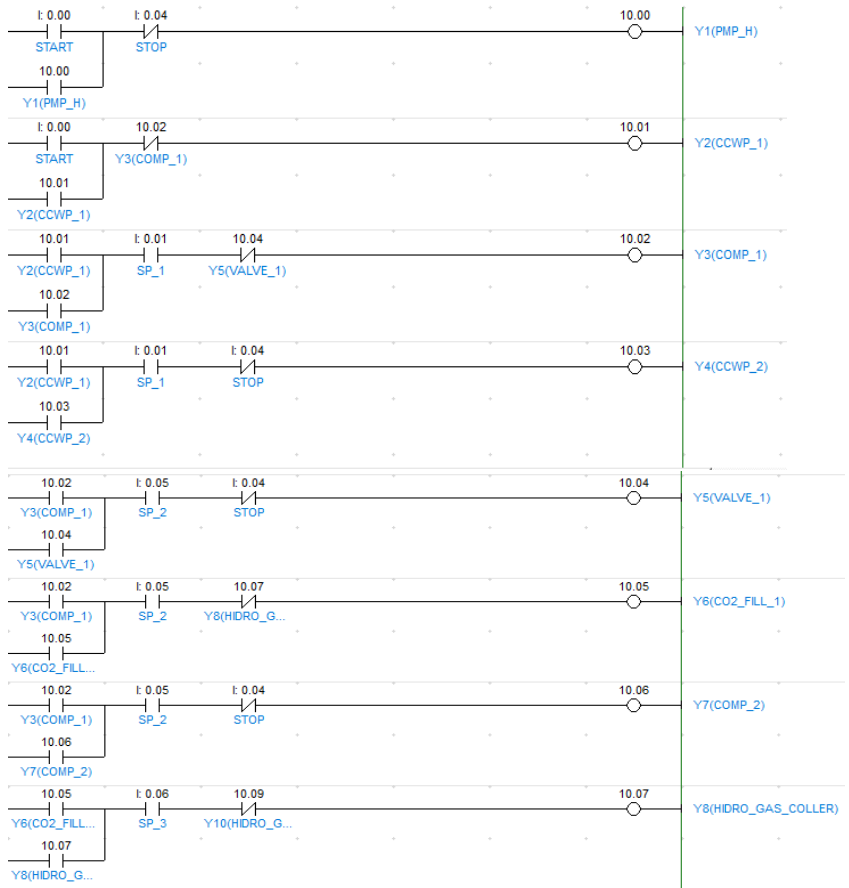
# LAMPIRAN A

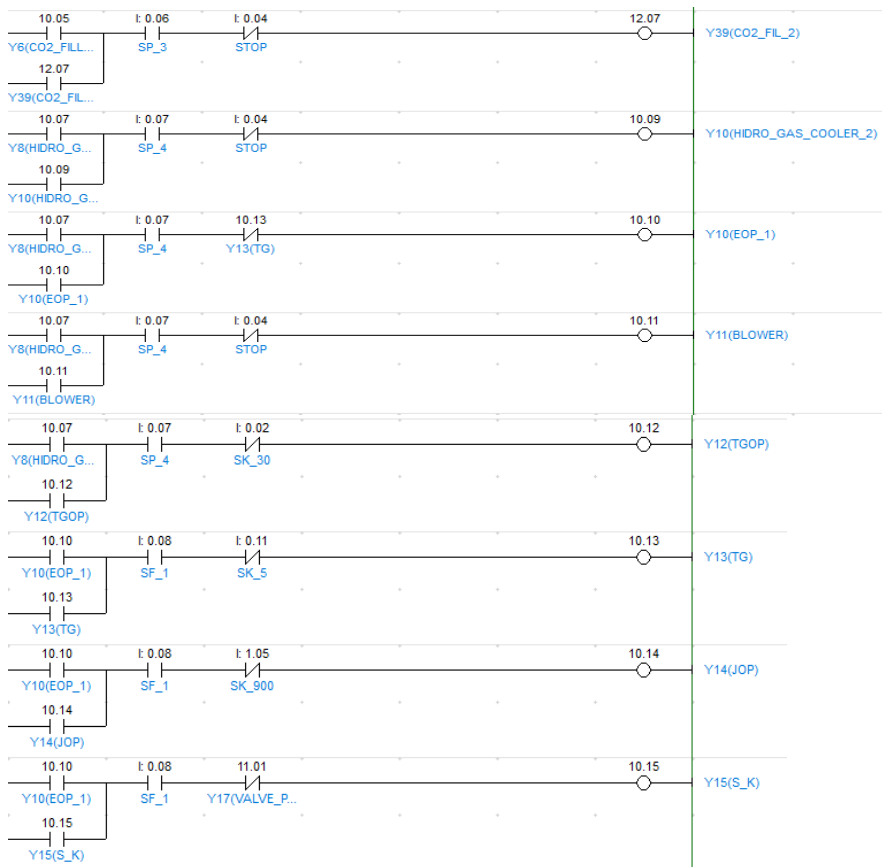
## A.1 Lampiran Graficet

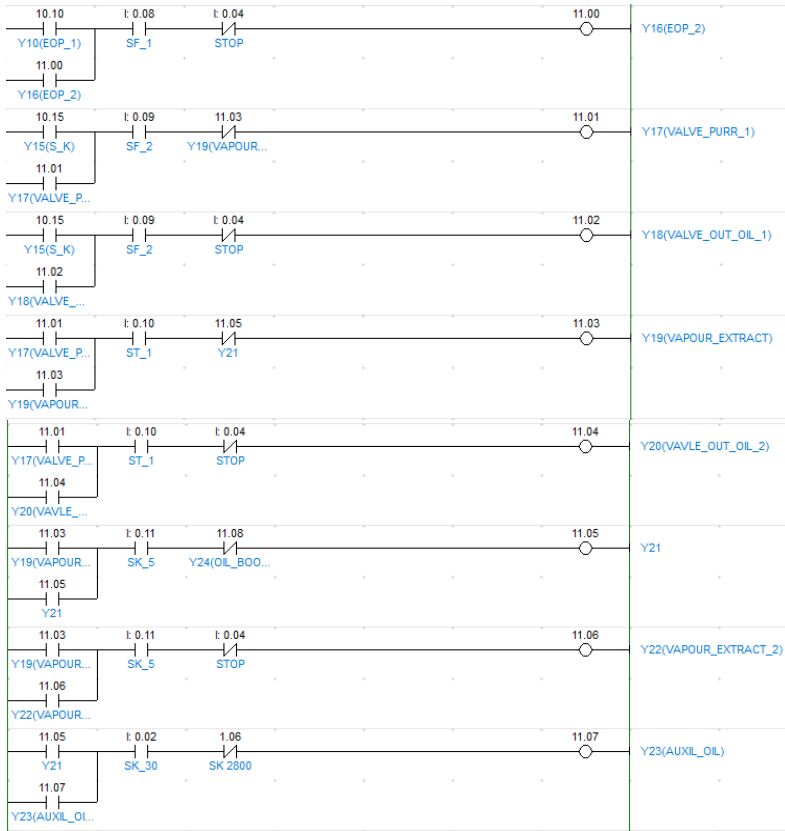


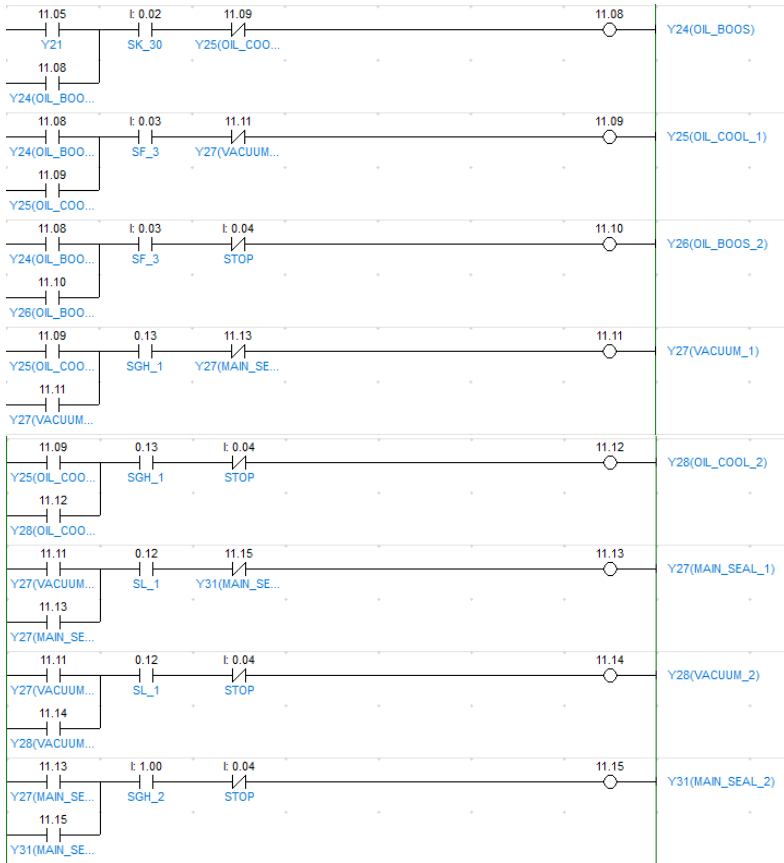


## A.2 Lampiran Program Ladder

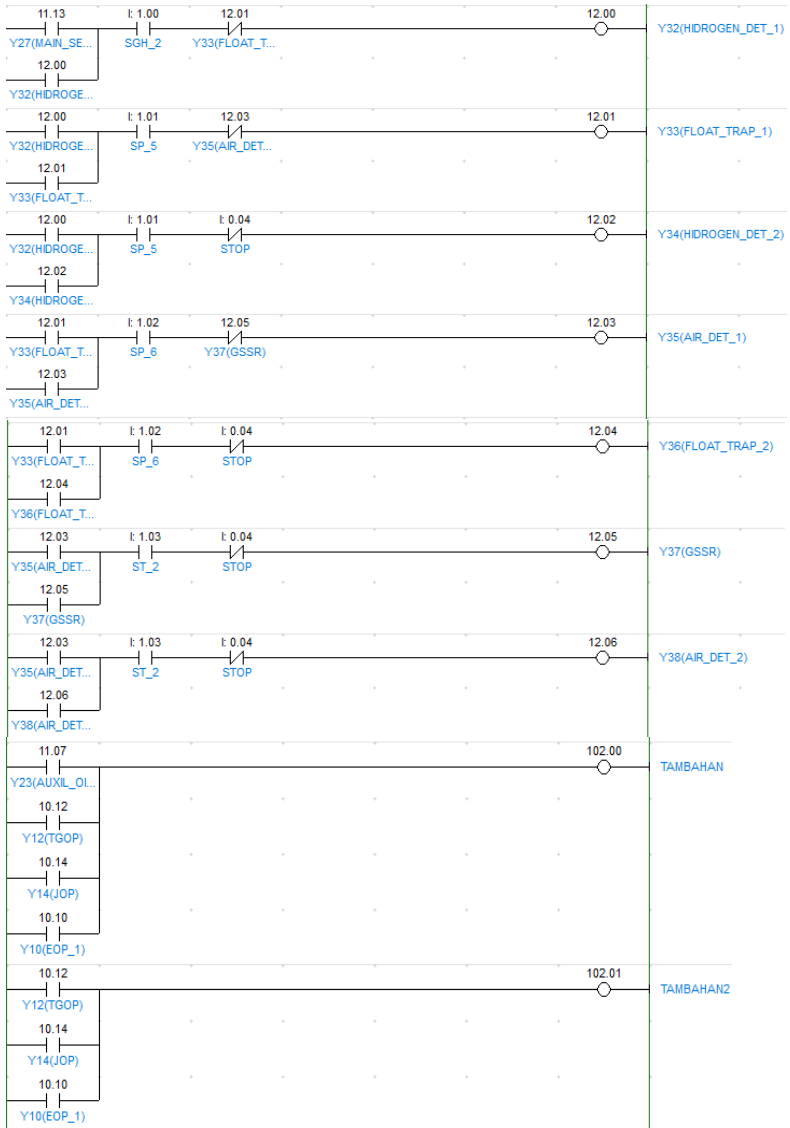


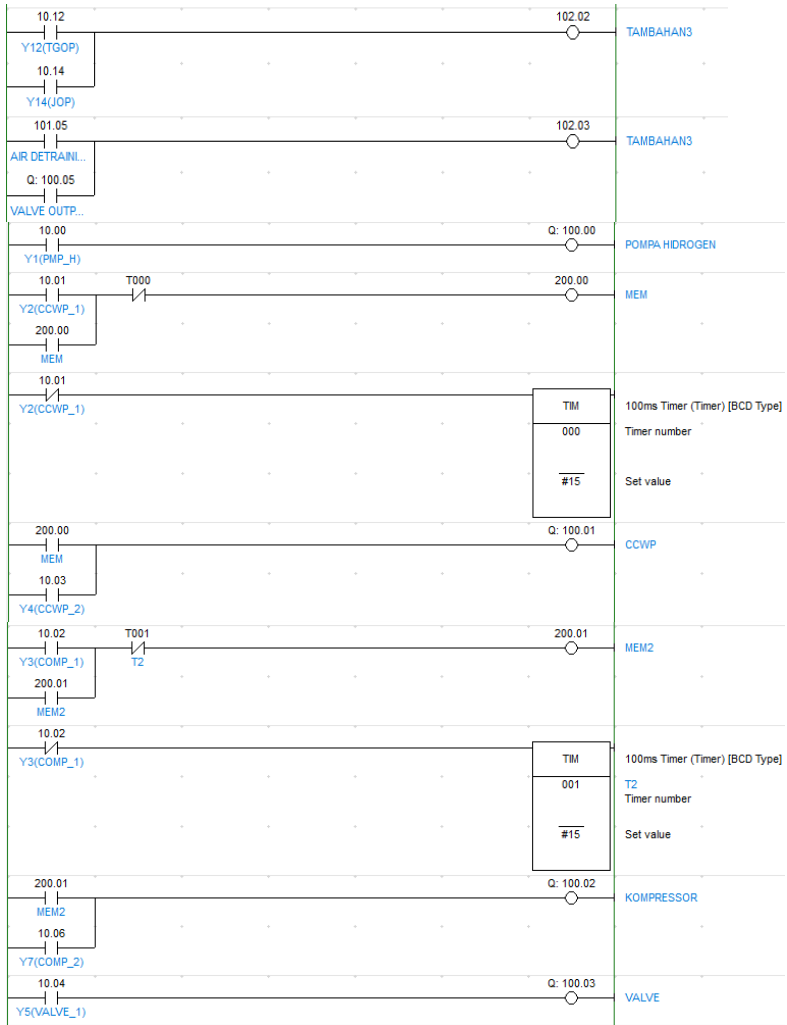


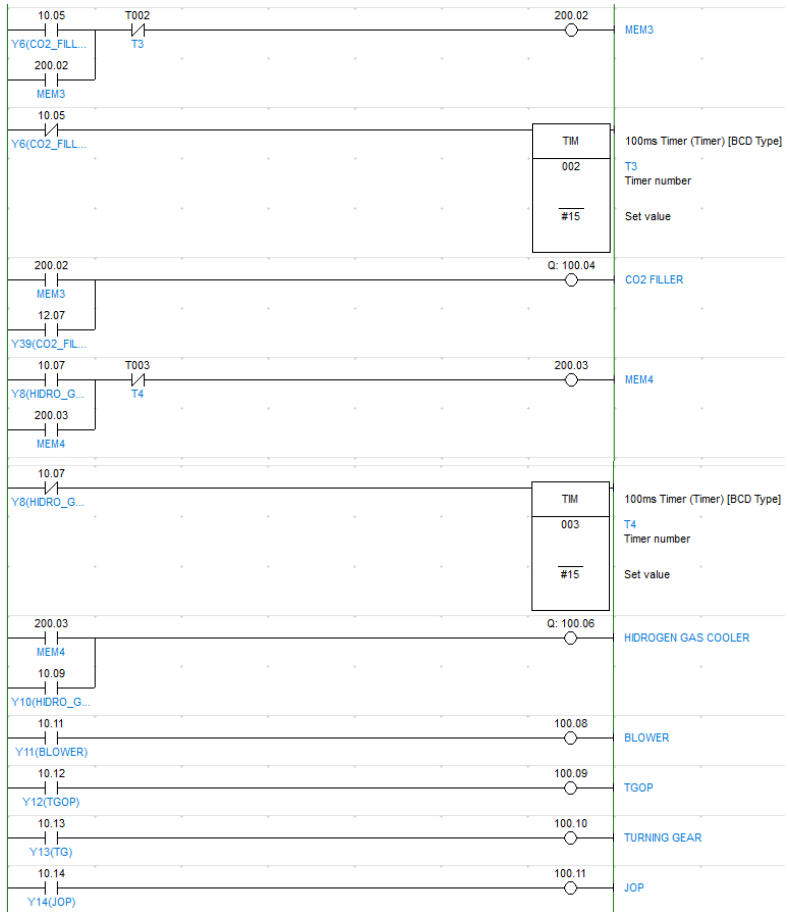


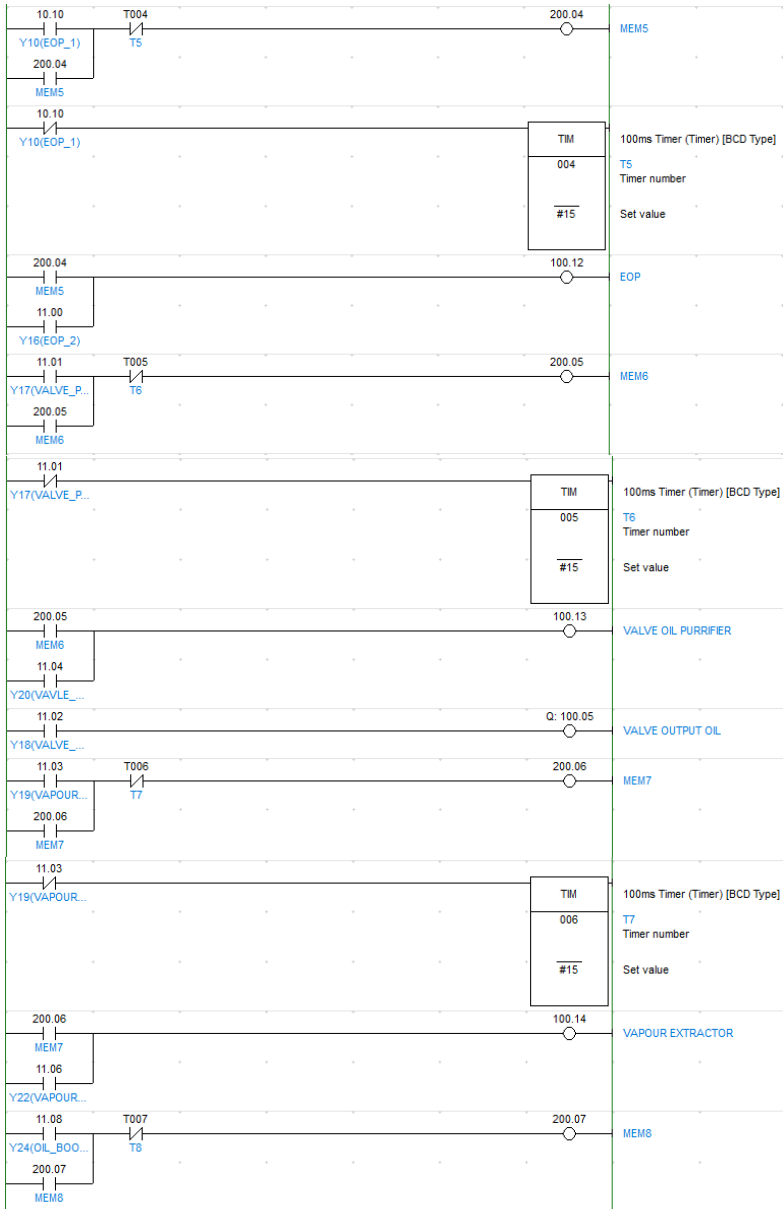


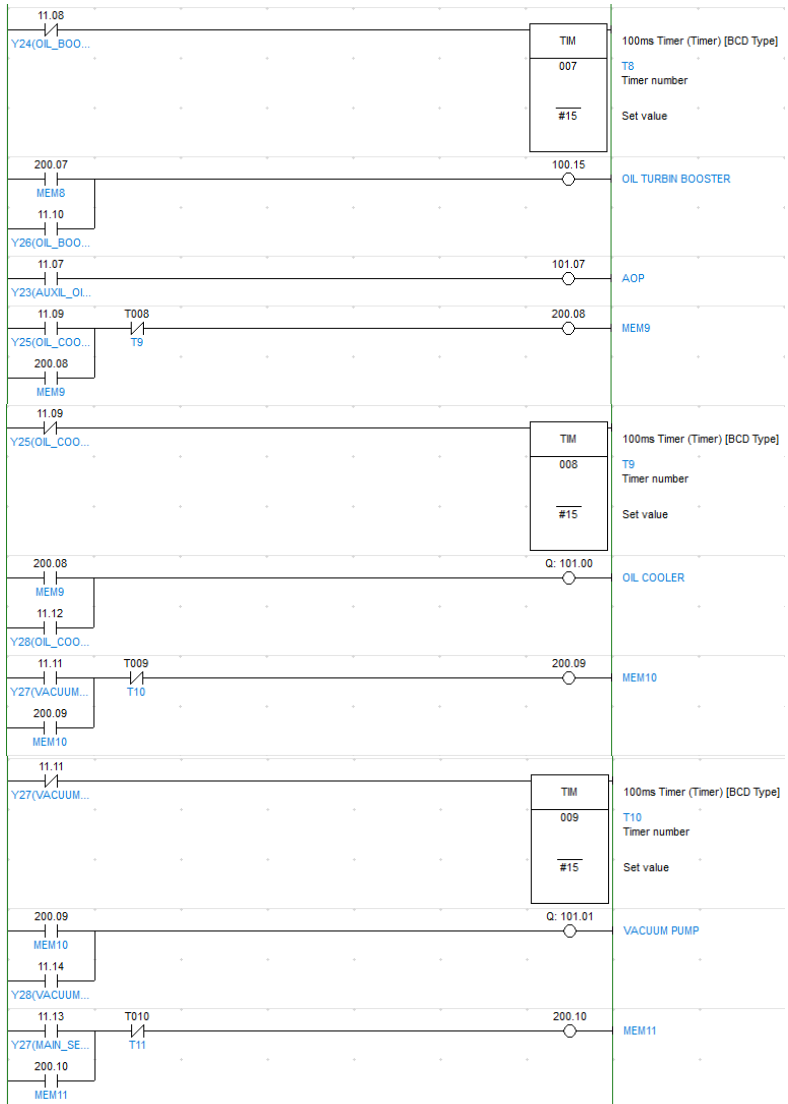


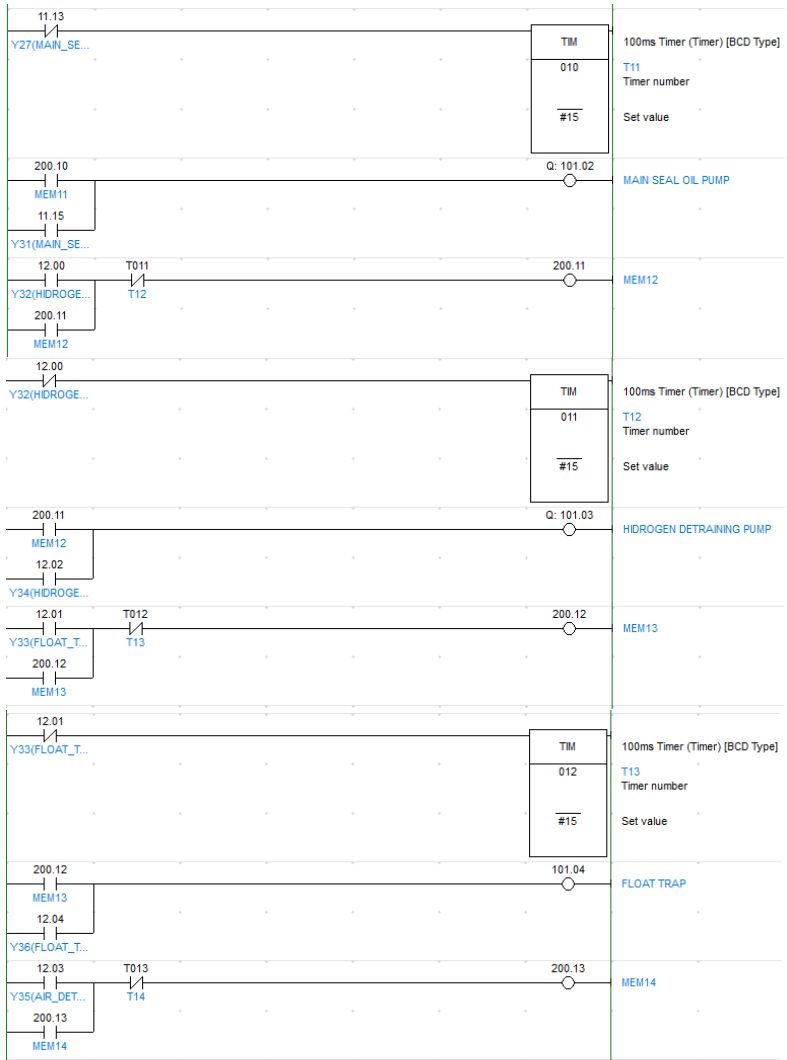


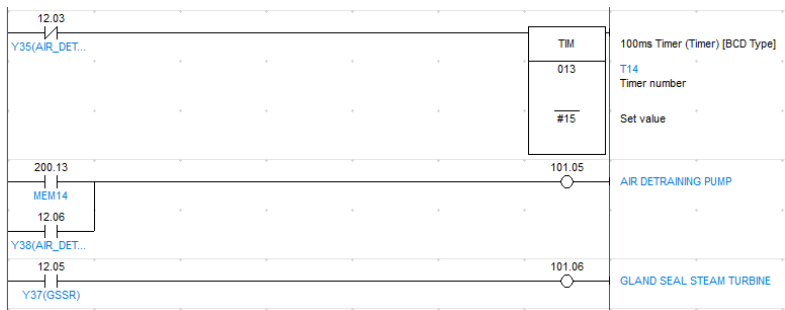
















## LAMPIRAN B

### DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : A Dimas Maestrodjar  
TTL : Lamongan, 9 April 1996  
Jenis Kelamin : Laki - Laki  
Agama : Islam  
Alamat : Jalan Mulyosari Gang  
Mulyosari Baru no. 45  
Surabaya  
Telp/HP : 087864263301  
E-mail : dimasmaestro@gmail.com

#### RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2002-2008 : SD N Jetis 3 Lamongan
2. 2008-2011 : SMP Negeri 1 Lamongan
3. 2011-2014 : SMA Negeri 2 Lamongan
4. 2014-2017 : D3 Teknik Elektro, Departemen Teknik  
Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi Institut  
Teknologi Sepuluh Nopember

#### PENGALAMAN KERJA

1. Kerja Praktek di PT Telkom Akses Witel Jatim Timur Tengah  
Sidoarjo
2. Kerja Praktek di PT Lanius Innovation Indonesia
3. Pelatihan Magang Mahasiswa Bersertifikat PLN

#### PENGALAMAN ORGANISASI

1. DPM BEM FTI ITS 2015-2016

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----