



SKRIPSI - ME 141501

## **PERANCANGAN DESAIN SISTEM KONTROL SUHU BAHAN BAKAR JENIS HFO PADA KAPAL BERBASIS PLC**

M. Arif Fachruddin  
NRP 04211440000096

Dosen Pembimbing  
Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc.  
NIP. 196807011995121001

Juniarko Prananda, S.T., M.T.  
NIP. 199006052015041001

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
2018

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



SKRIPSI - ME 141501

## **DESIGN OF TEMPERATURE CONTROL SYSTEM OF HFO FUEL TYPE ON SHIP BASED PLC**

M. Arif Fachruddin  
NRP 04211440000096

Supervisor  
Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc.  
NIP. 196807011995121001

Juniarko Prananda, S.T., M.T.  
NIP. 199006052015041001

DEPARTEMENT of MARINE ENGINEERING  
FACULTY of MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE of TECHNOLOGY  
2018

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LEMBAR PENGESAHAN

### PERANCANGAN DESAIN SISTEM KONTROL SUHU BAHAN BAKAR JENIS HFO PADA KAPAL BERBASIS PLC

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**M. Arif Fachruddin**

NRP. 04211440000096

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc.  
NIP. 196807011995121001
2. Juniarko Prananda, S.T., M.T.  
NIP. 199006052015041001



Surabaya  
Juli, 2018

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERANCANGAN DESAIN SISTEM KONTROL SUHU BAHAN BAKAR  
JENIS HFO PADA KAPAL BERBASIS PLC**

**TUGAS AKHIR**

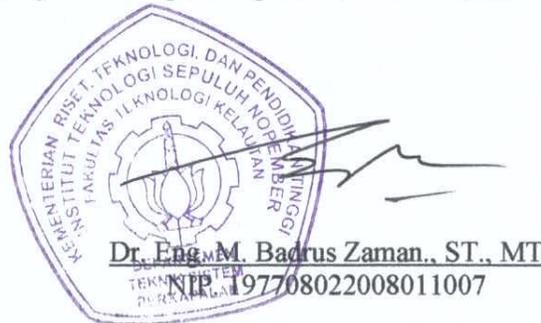
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**M. Arif Fachruddin**  
NRP. 0421144000096

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



Surabaya  
Juli, 2018

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **Perancangan Sistem Kontrol Suhu Bahan Bakar Jenis HFO pada Kapal Berbasis PLC**

**Nama Mahasiswa** : M. Arif Fachruddin  
**NRP** : 0421144000096  
**Departemen** : Teknik Sistem Perkapalan ITS  
**Dosen Pembimbing 1** : Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc.  
**Dosen Pembimbing 2** : Juniarko Prananda, S.T., M.T.

### **ABSTRAK**

Kapal merupakan alat transportasi yang banyak digunakan terumata pada wilayah yang memiliki perairan yang sangat luas. Bahan bakar merupakan salah satu komponen penting dalam operasional kapal. Biaya operasional kapal secara keseluruhan, kurang lebih 60% terdiri dari biaya bahan bakar. Tidak tersedianya bahan bakar mengakibatkan proses operasional kapal terhambat dan dapat merugikan perusahaan dari segi teknis maupun material. Sehingga sangat beresiko jika kebutuhan bahan bakar pada kapal tidak terpenuhi sesuai dengan waktunya. Tujuan utama dari otomatisasi sistem transfer dan kontrol suhu bahan bakar HFO (Heavy Fuel Oil) dikapal dengan menggunakan PLC adalah untuk mengubah operasi pengolahan dan kontrol dari sistem bahan bakar HFO yang semula dioperasikan secara manual oleh para kru diubah menjadi sistem yang mampu beroperasi secara otomatis. Sistem otomatis ini mengandalkan sensor batas atas dan sensor batas bawah serta sensor suhu pada setiap tangki untuk memicu kinerja dari masing-masing peralatan penunjang sistem bahan bakar seperti pompa, katup, pemanas. Sensor dan termometer pada tangki akan diolah oleh PLC sebelum dilakukan pengontrolan pada peralatan. Pengolahan dilakukan secara sekuensial disesuaikan dengan urutan pengolahan dari bahan bakar HFO. Pengolahan dilakukan berdasarkan data kapal yang sudah ada namun masih menggunakan kontrol secara manual. Serta rekomendasi dari biro klasifikasi dan produsen mesin. Proses kerja dari sistem dapat dimonitoring secara keseluruhan melalui HMI (Human Machine Interface). Monitor terdiri dari tampilan yang memuat seluruh kerja sistem yang ada. PLC yang digunakan adalah OMRON CPM2A dengan software CX-Programmer dan monitor CX-Designer. Dengan sistem ini, pengolahan HFO dapat dioperasikan secara otomatis baik pada saat kapal dalam keadaan idle maupun pada kondisi berlayar.

**Kata kunci** : HFO, Sistem Bahan Bakar, Kapal, PLC, Otomasi, Kontrol.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **Design of Temperature Control System of HFO Fuel Type on Ship Based PLC**

**Nama of Student** : M. Arif Fachruddin  
**NRP** : 0421144000096  
**Departement** : Marine Engineering  
**Supervisor 1** : Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc.  
**Supervisor 2** : Juniarko Prananda, S.T., M.T.

### **ABSTRACT**

The ship is a widely used to transportation, especially in areas that have very large waters. Fuel is one of the important component of ship operations. The overall operating cost of the vessel, approximately 60% consists of fuel costs. The unavailability of fuel causes the ship's operational processes to be inhibited and may adversely affect the company from both technical and material terms. So it is very risky if the fuel requirement on the ship is not fulfilled in accordance with the time. The main purpose of the automation of HFO (Heavy Fuel Oil) fuel transfer and temperature control system on the vessel using PLC is to change the processing and control operation of the HFO fuel system that was originally operated manually by the crew converted into a system capable of operating automatically. This automation system relies on high level sensors and low level sensors as well as temperature sensors in each tank to trigger the performance of each of the fuel system support equipment such as pumps, valves, heaters. The sensor and thermometer in the tank will be processed by the PLC prior to controlling the equipment. Processing is sequentially adjusted to the processing sequence of HFO fuel. Processing is done based on existing ship data but still using the control manually. As well as recommendations from the classification bureau and machine manufacturers. The work process of the system can be monitored as a whole through HMI (Human Machine Interface). The monitor consists of a view that contains all the work of the existing system. The PLC used is OMRON CPM2A with CX-Programmer software and CX-Designer monitor. So by simply using a control device in the form of PLC, HFO processing can be operated automatically both when the ship is idle or in sail condition.

**Keywords – Heavy Fuel Oil, Fuel System, PLC, Automation, Control.**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat, anugrah serta hidayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Perancangan Desain Sistem Kontrol Suhu Bahan Bakar Jenis HFO pada Kapal Berbasis PLC”** dengan baik dan tepat waktu. Dimana tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat kelulusan program studi sarjana di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.

Penulis menyadari, terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terimakasih yang mendalam kepada pihak-pihak di bawah ini :

1. Kedua orang tua penulis, Ibu Suliati dan Bapak R. Ach. Koesharyanto yang terus memberikan dukungan dan menjadi penyemangat bagi penulis untuk melakukan aktifitas selama perkuliahan dan penulisan tugas akhir ini.
2. Para saudara penulis, Achmad Jauhari dan A. Firmansyah Ramadhani yang memberikan pencerahan dan warna baru serta semangat dalam kehidupan penulis.
3. Bapak Dr. Eng. Badrus Zaman, S.T., M.T. selaku kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang sudah memberikan ilmu baik materi kuliah maupun diluar perkuliahan yang dapat menjadi pembelajaran bagi penulis.
4. Bapak Dr. Eng Trika Pitana, S.T., M.Sc. selaku dosen wali yang senantiasa memberikan bimbingan pada saat proses pembelajaran baik di perkuliahan maupun diluar perkuliahan yang berkaitan dengan sikap, pengembangan diri serta paska kampus bagi penulis.
5. Bapak Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing pertama yang senantiasa memberikan bimbingan pada saat proses penelitian dan penyelesaian tugas akhir baik pada saat perkuliahan maupun diluar perkuliahan.
6. Bapak Juniarko Prananda, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua penulis yang turut membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian, yang juga senantiasa memberikan motivasi, arahan serta pengawalan selama penulis berada di kampus.
7. Seluruh dosen, tenaga kependidikan serta manajemen Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
8. Seluruh kawan-kawan pejuang akhir bidang MEAS yang sudah memberikan dukungan secara mental dan fisik untuk bisa bersama-sama menguatkan penulis dalam mengerjakan tugas akhir.
9. Seluruh keluarga MERCUSUAR '14 yang selalu mendukung dan membantu selama perkuliahan di tahun pertama hingga tahun terakhir di Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
10. Bapak Boy Hendra Wamory dan Bapak Danang Cahyagi selaku senior yang turut membantu dalam penyelesaian tugas akhir.
11. Kepada pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini jauh dari sebuah kesempurnaan, oleh karenanya kritik dan saran sangat terbuka untuk membangun dan kebaikan bersama kedepannya.

Akhir kata, penulis berharap semoga apa yang tertulis dalam tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya maupun pembaca pada umumnya.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>V</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XI</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>XIII</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>XV</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>XVII</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>XXI</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH.....	1
1.3 BATASAN MASALAH.....	1
1.4 TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.5 MANFAAT.....	2
1.6 LUARAN TUGAS AKHIR.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>3</b>
2.1. PENGENALAN UMUM.....	3
2.2. PENGOLAHAN BAHAN BAKAR DI KAPAL.....	5
2.3. STUDI LITERATUR.....	10
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>13</b>
3.1. PERUMUSAN MASALAH.....	13
3.2. STUDI LITERATUR.....	14
3.3. PENGAMBILAN DATA.....	14
3.4. PERANCANGAN SISTEM.....	14
3.5. SELEKSI PERALATAN.....	14
3.6. PEMBUATAN PROGRAM PLC.....	14
3.7. DESAIN PROTOTYPE.....	15
3.8. PENGUJIAN PROGRAM.....	15
3.9. ANALISA HASIL.....	15
3.10. KESIMPULAN DAN SARAN.....	15
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>17</b>
4.1. KAPAL CONTAINER KM. MERATUS MINAHASA.....	17
4.2. PERHITUNGAN TANGKI BAHAN BAKAR KAPAL.....	18
4.3. PEMBUATAN LOGIKA KERJA PENGOLAHAN HFO.....	19
4.4. PERALATAN OTOMATISASI SISTEM TRANSFER DAN KONTROL SUHU BAHAN BAKAR HFO.....	27
4.5. SPESIFIKASI PLC DAN HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI).....	29

4.6. PROSES KERJA CX-PROGRAMMER DENGAN OMRON CPM2A.....	31
4.7. PROSES KERJA CX-DESIGNER SEBAGAI HMI.....	39
4.8. KONVERSI LOGIKA KERJA MENJADI LADDER DIAGRAM .....	47
4.9. LAYOUT HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI).....	50
4.10. KOMPONEN PERANGKAT KERAS SISTEM TRANSFER DAN KONTROL SUHU BAHAN BAKAR .....	53
4.11. WIRING DIAGRAM PERANGKAT KERAS .....	54
4.12. PENGOPERASIAN PROGRAM PERANGKAT LUNAK PADA PERANGKAT KERAS SISTEM KONTROL SUHU DAN TRANSFER BAHAN BAKAR HFO.....	55
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>65</b>
5.1. KESIMPULAN.....	65
5.2. SARAN.....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

## DAFTAR GAMBAR

<b>GAMBAR 2.1. PROSES DASAR PENGISIAN, TRANSFER, PENYIMPANAN, DAN SISTEM PURIFIKASI UNTUK HFO PADA KAPAL.....</b>	<b>6</b>
<b>GAMBAR 2.2. SISTEM SERVIS BAHAN BAKAR. ....</b>	<b>9</b>
<b>GAMBAR 3.1. FLOWCHART METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>13</b>
<b>GAMBAR 4. 1 KM. MERATUS MINAHASA.....</b>	<b>17</b>
<b>GAMBAR 4.2. DIAGRAM BLOK SISTEM TRANSFER.....</b>	<b>20</b>
<b>GAMBAR 4.3. DIAGRAM BLOK SISTEM SEPARASI. ....</b>	<b>22</b>
<b>GAMBAR 4.4. DIAGRAM BLOK SISTEM SERVIS.....</b>	<b>24</b>
<b>GAMBAR 4.5. DIAGRAM BLOK KONTROL SUHU BAHAN BAKAR. ....</b>	<b>26</b>
<b>GAMBAR 4.6. KONFIGURASI OMRON CPM2A. ....</b>	<b>30</b>
<b>GAMBAR 4.7. SOFTWARE CX-DESIGNER PENUNJANG CX-PROGRAMMER UNTUK HMI.....</b>	<b>30</b>
<b>GAMBAR 4.8. CX-PROGRAMMER 9.3. ....</b>	<b>31</b>
<b>GAMBAR 4.9. PROSES INSTALASI SOFTWARE CX-ONE. ....</b>	<b>32</b>
<b>GAMBAR 4.10. TAMPILAN AWAL CX-PROGRAMMER 9.3. ....</b>	<b>32</b>
<b>GAMBAR 4.11. MENU NEW UNTUK MEMBUAT HALAMAN KERJA BARU. ....</b>	<b>33</b>
<b>GAMBAR 4.12. TAMPILAN PEMILIHAN TIPE PLC DAN NETWORK. ....</b>	<b>33</b>
<b>GAMBAR 4.13. PEMILIHAN TIPE PLC CPM2* KARENA Pengerjaan Dilakukan Dengan.....</b>	<b>34</b>
<b>GAMBAR 4.14. PEMILIHAN TIPE PLC DENGAN NETWORK USB KARENA Pengerjaan Tidak.....</b>	<b>34</b>
<b>GAMBAR 4.15. TAMPILAN AWAL PROJECT BARU DARI CX-PROGRAMMER. ....</b>	<b>35</b>
<b>GAMBAR 4.16. PEMBUATAN SEQUENCE. ....</b>	<b>36</b>
<b>GAMBAR 4.17. HASIL SEQUENCE. ....</b>	<b>36</b>
<b>GAMBAR 4.18. CHANNEL DAN PORT PADA OMRON CPM2A. ....</b>	<b>37</b>
<b>GAMBAR 4.19. EKSPANSI MODUL I/O OMRON CPM2A. ....</b>	<b>38</b>
<b>GAMBAR 4.20. PEMROGRAMAN LADDER DIAGRAM PADA PLC.....</b>	<b>38</b>
<b>GAMBAR 4.21. TAMPILAN AWAL CX-DESIGNER 3.2.....</b>	<b>39</b>
<b>GAMBAR 4.22. MENU NEW UNTUK MEMBUAT PROJECT BARU .....</b>	<b>40</b>
<b>GAMBAR 4.23. PENENTUAN SETTING YANG DIINGINKAN .....</b>	<b>40</b>

<b>GAMBAR 4.24. PENOMORAN DAN PENAMAAN SCREEN .....</b>	<b>41</b>
<b>GAMBAR 4.25. MENU NEW UNTUK PEMBUATAN SCREEN BARU.....</b>	<b>41</b>
<b>GAMBAR 4.26. PUSH BUTTON, COMMAND BUTTON, DAN BITLAMP PADA TOOLBAR.....</b>	<b>42</b>
<b>GAMBAR 4.27. PEMILIHAN JENIS DAN PENGALAMATAN DARI PUSH BUTTON .....</b>	<b>43</b>
<b>GAMBAR 4.28. PEMILIHAN DESAIN DAN PENGALAMATAN DARI BITLAMP .....</b>	<b>44</b>
<b>GAMBAR 4.29. PENGALAMATAN COMMAND BUTTON .....</b>	<b>45</b>
<b>GAMBAR 4.30. SALAH SATU SCREEN SKUENSIAL SISTEM .....</b>	<b>46</b>
<b>GAMBAR 4.31. SIMBOL START PLC-PT INTEGRATED SIMULATION UNTUK MELAKUKAN SIMULASI .....</b>	<b>46</b>
<b>GAMBAR 4.32. TAMPILAN SIMULASI PROGRAM DENGAN HMI.....</b>	<b>47</b>
<b>GAMBAR 4.33. SALAH SATU LADDER DIAGRAM SISTEM TRANSFER ....</b>	<b>48</b>
<b>GAMBAR 4.34. SALAH SATU DIAGRAM PROSES PENGENDAPAN PADA SETTLING TANK .....</b>	<b>48</b>
<b>GAMBAR 4.35. TAMPILAN LAYOUT SWITCH PANEL .....</b>	<b>50</b>
<b>GAMBAR 4.36. TAMPILAN LAYOUT SISTEM TRANSFER.....</b>	<b>51</b>
<b>GAMBAR 4.37. TAMPILAN LAYOUT SISTEM SEPARASI .....</b>	<b>52</b>
<b>GAMBAR 4.38. TAMPILAN LAYOUT SISTEM SUPLAI. ....</b>	<b>53</b>
<b>GAMBAR 4.39. WIRING DIAGRAM ANTARA HARDWARE DENGAN PLC.</b>	<b>54</b>
<b>GAMBAR 4.40. (A) PROTOTYPE SISTEM KONTROL SUHU DAN TRANSFER BAHAN BAKAR HFO DI KAPAL, (B) PANEL KONTROL PLC DAN PERALATAN PENDUKUNG LAINNYA. ....</b>	<b>55</b>
<b>GAMBAR 4.41. PENGISIAN SETTLING TANK 1 DILAKUKAN TERLEBIH DAHULU.....</b>	<b>56</b>
<b>GAMBAR 4.42. KONDISI KEDUA SETTLING TANK TERISI PENUH DAN DALAM PROSES TREATMENT.....</b>	<b>57</b>
<b>GAMBAR 4.43. PENGISIAN SERVICE TANK 1 DILAKUKAN TERLEBIH DAHULU.....</b>	<b>58</b>
<b>GAMBAR 4.44. PROSES PENGENDAPAN DAN PEMANASAN DITANDAI DENGAN INDIKATOR PEMANAS YANG MASIH MENYALA DAN INDIKATOR “TANK READY” YANG MASIH MATI.....</b>	<b>59</b>
<b>GAMBAR 4.46. PROSES DRAIN SAAT SETTLING TANK KOSONG. ....</b>	<b>60</b>

<b>GAMBAR 4.47. KONDISI SAAT SERVICE TANK PENUH DAN SIAP UNTUK MENYUPLAI MAIN ENGINE. ....</b>	<b>61</b>
<b>GAMBAR 4.48. KONDISI SUPLAI BAHAN BAKAR DARI SERVICE TANK MENUJU MAIN ENGINE. ....</b>	<b>62</b>
<b>GAMBAR 4.49. KONDISI SUPLAI BAHAN BAKAR DARI SERVICE TANK 2 MENUJU MAIN ENGINE. ....</b>	<b>62</b>

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

<b>TABEL 4.1. PERALATAN PADA OTOMATISASI SISTEM TRANSFER DAN KONTROL SUHU BAHAN BAKAR HFO PADA KAPAL.....</b>	<b>28</b>
<b>TABEL 4.2. DAFTAR INPUT DAN OUTPUT SISTEM.....</b>	<b>49</b>
<b>TABEL 4.3. PERANGKAT KERAS PENUNJANG PERMODELAN SISTEM...53</b>	

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Programmable Logic Controller (PLC) di dunia industri telah menjadi suatu terobosan untuk mencapai efisiensi kerja lebih maksimal dengan ketepatan yang presisi. Ketertarikan ini didasari karena perangkat ini mampu melakukan beberapa kinerja manusia hanya dengan sekali input data. Penelitian terus dikembangkan untuk menciptakan terobosan PLC yang lebih baik dan efisien. Mulai dari industri rumah hingga industri besar maupun pemerintah.

Bahan bakar merupakan salah satu faktor penting sebagai kebutuhan mesin pada umumnya. Tanpa adanya bahan bakar, mesin tidak dapat bekerja dan produktifitas dari industri, baik darat maupun laut, akan terhenti dan dapat mengakibatkan kerugian. Biaya operasional pada kapal sebesar 60% berupa biaya bahan bakar. Pada mesin diesel, bahan bakar yang digunakan berupa solar. Di dunia perkapalan, bahan bakar dibagi menjadi 3 jenis. HSD (High Speed Diesel), MDO (Marine Diesel Oil), dan HFO (Heavy Fuel Oil). Dari ketiga bahan bakar tersebut dibedakan berdasarkan viskositas, kandungan sulfur, flash point, pour point, dan beberapa indikator lain. Sangat penting memperhitungkan segala kondisi dari bahan bakar yang dibutuhkan oleh mesin. Parameter-parameter yang dibutuhkan harus dipenuhi agar mesin dapat berjalan. Untuk itu diperlukan monitoring pada semua parameter bahan bakar agar dapat digunakan oleh mesin.

Sistem bahan bakar berfungsi untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada mesin kapal. Pada kapal berbahan bakar HFO, sistem bahan bakar terdiri dari storage tank, settling tank, dan service tank. Setiap dilakukannya transfer dari tiap tangki, dilakukan treatment untuk mendapatkan kriteria bahan bakar yang diperlukan dari engine. Mulai dari suhu masuk engine, kandungan residu, viskositas, tekanan, dan beberapa kriteria lain. Perangkat yang terdapat pada sistem bahan bakar HFO antara lain, heater, separator, purifier, filter, dan beberapa perangkat lain.

Penelitian dan modelling prototype dilakukan agar dapat memanfaatkan fungsi dari PLC untuk melakukan kinerja secara otomatis dari sistem bahan bakar dari storage tank menuju service tank. Selain itu juga untuk mengontrol beberapa parameter dari bahan bakar agar dapat digunakan oleh mesin.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Dari uraian yang disampaikan diatas, maka permasalahan yang menjadi bahan analisa dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana memodelkan sistem bahan bakar di kapal dalam skala laboratorium?
2. Melakukan identifikasi peralatan pada sistem bahan bakar yang perlu dikontrol, agar diperoleh suhu bahan bakar HFO yang sesuai secara otomatisasi dengan PLC?
3. Bagaimana tampilan *interface* sistem transfer dan kontrol suhu bahan bakar HFO saat dilakukan otomatisasi dengan PLC?

### **1.3 Batasan Masalah**

1. Pemodelan sistem bahan bakar hanya berdasarkan prinsip kerja dari sebuah sistem bahan bakar di kapal tertentu.

2. Prototipe yang akan dibuat merupakan unscale model atau hanya untuk keperluan laboratorium.
3. Sistem kontrol juga tidak menggunakan riil kondisi.
4. Parameter yang digunakan hanya pada suhu bahan bakar.
5. Penelitian ini tidak melakukan analisa terhadap biaya.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Mampu melakukan pengontrolan sistem transfer dan suhu fluida pada sistem bahan bakar di kapal dengan menggunakan PLC, baik dalam skala laboratorium maupun simulasi komputer.

#### **1.5 Manfaat**

1. Dapat merancang desain sistem transfer bahan bakar HFO secara otomatis menggunakan sistem PLC.
2. Mengetahui sistem pemrograman PLC dan wiring pada prototype sistem transfer bahan bakar HFO di kapal.
3. Dapat mengontrol suhu dari bahan bakar HFO secara otomatis.
4. Dapat digunakan sebagai referensi penelitian selanjutnya dalam rangka pengembangan bidang teknologi maritim.

#### **1.6 Luaran Tugas Akhir**

Adapun luaran dari tugas akhir “PERANCANGAN DESAIN SISTEM KONTROL SUHU BAHAN BAKAR JENIS HFO PADA KAPAL BERBASIS PLC” adalah sebuah model dari sistem bahan bakar HFO pada kapal yang dapat menjalankan peralatan sesuai kebutuhan pada sistem pengolahan bahan bakar HFO dari tangki penyimpanan hingga mesin utama dan sebuah paper yang terkait.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pengenalan Umum**

Di era modernisasi, persaingan industri semakin meningkat. Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah efisiensi produksi. Sehingga pada umumnya efisiensi produksi dianggap sebagai kunci sukses suatu perusahaan dalam memenangi persaingan industri. Bagi pemilik kapal maupun operator kapal, memiliki kapal dengan efisiensi kerja tinggi sangat menguntungkan. Terutama efisiensi bahan bakar yang baik dapat mendatangkan keuntungan lumayan besar. Sebab efisiensi bahan bakar yang baik akan berdampak pada umur kapal. Selain itu berdampak pula terhadap jumlah bahan bakar yang harus dikonsumsi oleh mesin dalam sehari. Performa mesin dan keuntungan secara ekonomis terpengaruh oleh efisiensi bahan bakar yang tinggi. Tentunya efisiensi bahan bakar dapat dicapai dengan beberapa aspek penunjang. Mulai dari properti bahan bakar yang digunakan, operator kapal, proses pengolahan, serta proses treatment bahan bakar. Efisiensi bahan bakar sebaiknya dipantau mulai dari proses bunkering, transfer, hingga menuju proses pembakaran di mesin utama. Segala upaya dilakukan untuk mendapatkan efisiensi bahan bakar tertinggi saat digunakan di kapal (*American Bureau of Shipping*, 2001).

*Heavy Fuel Oil* (HFO) merupakan bahan bakar dengan tingkat kekentalan (viskositas) tinggi (contoh : HFO 700 cSt pada 50°C) yang sering digunakan pada mesin-mesin dengan tenaga besar dan kecepatan putaran rendah. Bahan bakar jenis HFO memiliki tingkat residu yang sangat tinggi dan tidak bisa digunakan langsung oleh mesin utama. Oleh sebab itu, HFO harus mendapatkan perhatian khusus dengan diolah terlebih dahulu sebelum memasuki mesin utama. Pengolahan dilakukan untuk menghindari kerusakan mesin. Mulai dari penyaringan oleh filter, pengendapan didalam *settling tank*, hingga pemanasan oleh heater agar mencapai suhu yang optimal untuk proses pembakaran. Meskipun demikian, bahan bakar jenis HFO lebih banyak digunakan oleh mesin-mesin besar dari pada bahan bakar jenis *Marine Diesel Oil* (MDO) (contoh : MDO 15cSt pada 50°C) karena pertimbangan harga yang jauh lebih murah.

#### **2.1.1. Dasar Sistem Kontrol**

Berdasarkan jenis *loop*-nya, ada dua buah sistem kontrol yang digunakan. Yaitu sistem kontrol *loop* terbuka (*open loop control system*) dan sistem kontrol *loop* tertutup (*closed loop control system*). Dari kedua jenis *loop* diatas, terdapat beberapa kelebihan serta kekurangan dari masing-masing jenis *loop*. Pemilihan jenis *loop* inilah yang nantinya akan memengaruhi performa dari kontrol sistem bahan bakar apakah efisiensi akan meningkat atau justru semakin menurun.

##### **1. Sistem Kontrol Loop Terbuka**

Sistem kontrol *loop* terbuka merupakan sistem kontrol dimana output tidak memberikan feedback terhadap input. Sehingga hasil dari output tidak memengaruhi dari input.

Kelebihan sistem *loop* terbuka :

- Konstruksi sederhana dan dapat mengurangi biaya pemeliharaan.

- Lebih murah.
- Tidak ada persoalan stabilitas.
- Cocok apabila output sulit diukur atau secara ekonomis tidak visible.

Kekurangan sistem loop terbuka :

- Gangguan atau perubahan dalam kalibrasi menyebabkan kesalahan dan keluaran mungkin berbeda terhadap apa yang diinginkan.
- Untuk mempertahankan kualitas yang dibutuhkan pada keluaran, kelaibrasi harus dilakukan dari waktu ke waktu.

## 2. Sistem Kontrol Loop Tertutup

Sistem kontrol loop tertutup merupakan sistem kontrol dimana data dari output memberikan feedback terhadap input. Sehingga hasil dari output sangat dipengaruhi dari data input.

Kelebihan sistem loop tertutup :

- Sistem dapat bekerja lebih cepat dibanding dengan manusia dan pada tempat-tempat dimana manusia tidak dapat tinggal, seperti : tempat yang bersuhu tinggi atau relatif rendah, ruang radioaktif, atau tempat-tempat dengan radiasi nuklir.
- Sistem dapat menyelesaikan satu pekerjaan lebih cepat dibanding dengan manusia. Sistem otomatis dapat membuat keputusan dan memulai aksi dalam milidetik, sedangkan manusia memerlukan beberapa detik untuk memutuskan sesuatu yang harus segera dikerjakan. Beberapa proses kimia tidak dapat dikontrol secara manual oleh karena adanya perubahan temperatur dan tekanan secara cepat.
- Sistem dapat bekerja dengan variabel lebih banyak dibandingkan dengan yang dapat dipantau oleh manusia. Banyak sistem pengaturan otomatis mengambil beberapa informasi temperatur dan tekanan sebelum membuat aktuator bekerja. Memantau beberapa sinyal masukan dan selanjutnya memutuskan apa yang harus dilakukan dimana hal demikian tidak mungkin dapat dilakukan secara manual.
- Sistem tersebut dapat disetel untuk mencapai kinerja pengaturan optimal, dan setelah itu sistem bekerja terus-menerus berdasarkan hasil penyetelan tersebut. Pengatur otomatis tidak mengalami kelelahan dan tidak berubah perilakunya, seperti yang sering terjadi pada operator di ruang kendali.
- Ketelitian lebih baik (kualitas produksi lebih baik).

Kekurangan sistem loop tertutup :

- Perlengkapannya lebih kompleks dan lebih mahal dibandingkan dengan pengaturan loop terbuka sederhana.
- Instalasinya lebih sulit dan penyetelannya lebih kritis.
- Perawatan komponen dan peralatan lebih sulit karena mencakup komponen-komponen elektronik.
- Perawatan peralatan memerlukan sumber daya manusia (SDM) yang berpengalaman lebih tinggi dengan pelatihan yang lebih baik.

### **2.2.2. Pengenalan Bahan Bakar**

Bahan bakar merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap performa, operasi, dan perawatan terhadap mesin diesel. Pengetahuan dasar dari bahan bakar meliputi karakteristik, properti, kandungan bahan bakar, dan dampak yang akan berpengaruh terhadap mesin diesel.

Mesin diesel merupakan mesin dengan efisiensi tertinggi sebagai pembangkit utama di kapal. Mesin jenis diesel memiliki efisiensi thermal yang lebih baik dibandingkan mesin jenis lainnya seperti turbin uap.

Properti bahan bakar kapal terdiri dari dua karakteristik utama. Yaitu karakteristik properti dan karakteristik kandungan bahan bakar. Karakteristik bahan bakar meliputi viskositas, massa jenis, kandungan karbon, kandungan sulfur, residu aspal, residu udara, vanadium, nomer cetane, flash point, pour point, dan nilai panas yang dihasilkan. Sedangkan karakteristik kandungan bahan bakar meliputi kandungan air, sodium, sedimen, alumina, sludge, fiber, dan produk oksidan.

### **2.2.3. Sistem Kontrol Bahan Bakar**

Dalam dunia industri, bahan bakar merupakan faktor yang sangat penting dan krusial. Baik dalam industri berat dan transportasi. Besarnya pengaruh bahan bakar terhadap kinerja industri karena biaya yang dikeluarkan untuk bahan bakar mencakup 50%-60% total biaya operasional dari industri itu sendiri. Oleh karena itu, penting untuk menjaga efisiensi operasi dan pengolahan bahan bakar sebagai efisiensi energi.

Menjaga efisiensi dari bahan bakar tentunya dapat berdampak baik bagi aset yang dimiliki oleh industri. Baik dari performa, umur aset, serta tetap dapat mengurangi biaya perbaikan.

Dengan pengaruh yang besar terhadap biaya operasional, efisiensi bahan bakar adalah cara yang tepat untuk menjaga efisiensi produksi dari industri. Efisiensi bahan bakar dapat ditingkatkan dengan memilih bahan bakar dengan emisi rendah dengan daya besar yang dihasilkan, dan memiliki harga yang rendah. Kontrol proses bahan bakar juga memiliki andil besar dalam meningkatkan efisiensi energi. Proses treatment bahan bakar yang dilakukan secara otomatis dapat memenuhi aspek peningkatan efisiensi energi seperti yang telah dikemukakan sebelumnya. Dengan digunakannya otomatisasi pada sistem bahan bakar, diharapkan kesalahan data dan toleransi terhadap data dapat diminalisir sekecil mungkin. Karena efisiensi kerja manusia secara manual dengan komputer yang secara otomatis akan berbeda terhadap hasil yang keluar.

Sistem yang digunakan untuk mengendalikan proses pengolahan bahan bakar dibedakan dari beberapa aspek. Aspek tersebut adalah aspek kebutuhan sistem otomatisasi, dan dimana sistem tersebut diaplikasikan. Sistem kontrol bahan bakar untuk kebutuhan industri di darat dengan transportasi sangat berbeda. Sehingga dibutuhkan pengetahuan dasar tentang sistem bahan bakar pada transportasi.

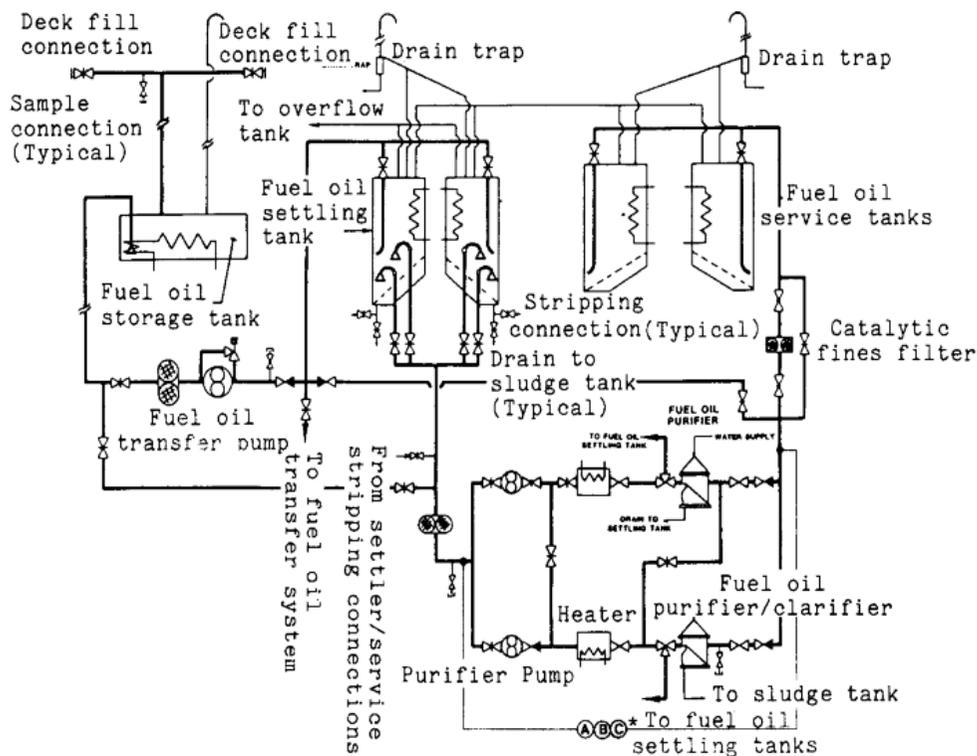
## **2.2. Pengolahan Bahan Bakar di Kapal**

Penanganan Heavy Fuel Oil (HFO) umumnya dilakukan berdasarkan klasifikasi. Setiap kapal mengacu pada klasifikasi yang berbeda-beda. Penanganan dilakukan mulai dari tangki penyimpanan (storage tank) hingga penggunaannya pada mesin diesel. Pada

tugas akhir ini, penanganan bahan bakar mengacu pada badan klasifikasi amerika (American Bureau of Shipping, 2001)

### 2.2.1. Pengisian, Transfer, Penyimpanan, dan Sistem Purifikasi

Pada Gambar 2.1 ditampilkan proses dasar pengisian, transfer, penyimpanan, dan sistem purifikasi untuk HFO pada kapal. Pada gambar dipaparkan juga bagian-bagian aliran penanganan HFO dari tangki penyimpanan (*Storage Tank*) hingga bahan bakar digunakan oleh mesin. Bahan bakar ditransfer dari storage tank menuju tangki pengendapan (*Settling Tank*) menggunakan pompa transfer (*transfer pump*) yang diintegrasikan dengan strainer hisap. Dari *Settling Tank* ditransfer ke tangki servis (*Service Tank*) dengan melewati sistem purifikasi. Dua separator sentrifugal dipasang dengan dilengkapi perangkat seperti pompa, pemanas, dan sistem kendali. Sistem dikonfigurasi sesuai dengan desain yang telah ditetapkan (separator dirangkai seri atau paralel, demikian juga dengan konfigurasi purifier/purifier, clarifier/clarifier, atau purifier/clarifier. Kinerja heater separator juga dipaparkan. Bahan bakar dialirkan kembali dari separator ke *Service Tank* secara langsung atau melewati duplex filter terlebih dahulu apabila diindikasikan bahwa kontaminasi tidak dihilangkan oleh separator secara keseluruhan. Bahan bakar akan disimpan di *Service Tank* hingga dibutuhkan oleh mesin.



Gambar 2.1. Proses dasar pengisian, transfer, penyimpanan, dan sistem purifikasi untuk HFO pada kapal.

(Sumber : American Bureau of Shipping, 2001)

### **2.2.2. Strainer Hisap Pompa Transfer**

Strainer hisap duplex merupakan perangkat yang melindungi pompa transfer dari residu padat yang dapat menyebabkan kerusakan mekanis. Terutama terhadap impeler dari pompa. Strainer merupakan perangkat dari baja dengan perlindungan korosi berdiameter saringan sebesar 20-40 mesh.

### **2.2.3. Pompa Transfer**

Pompa transfer berfungsi untuk memindahkan bahan bakar dari tangki penyimpanan (storage tank) menuju tangki pengendapan (settling tank). Pompa yang digunakan adalah pompa positif displasemen, dilindungi dengan strainer hisap, katup pengatur tekanan, dan diberikan pipa bypass. Debit transfer pump didesain sesuai dengan konsumsi bahan bakar mesin, ukuran tangki pengendapan, dan ukuran tangki servis. Perencanaan katup yang baik akan menambah fleksibilitas penggunaan pompa untuk menyalurkan bahan bakar ke tangki pengendapan.

### **2.2.4. Tangki Pengendapan (Settling Tank)**

Tangki pengendapan memiliki beberapa fungsi penting terkait dengan pengolahan HFO. Proses pengendapan air dan benda padat, pemanasan, deaerasi, dan stabilisasi termal akan dilakukan pada tangki ini. Tangki pengendapan kapal didesain untuk dapat menerima bahan bakar minyak dengan minimal titik pembakaran 60<sup>0</sup> centigrade. Konsep pemakaian dua tangki pengendapan biasa digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan pengolahan bahan bakar. Satu tangki pengendapan akan digunakan untuk proses pengendapan, sedangkan tangki lainnya menyuplai kebutuhan ke tangki servis. Saat satu tangki selesai diisi, tangki akan dipanaskan hingga 72<sup>0</sup> centigrade, atau 4<sup>0</sup> centigrade dibawah flash pointnya. Pada sistem diesel propulsion, pemanasan sistem tangki pengendapan harus dijaga dan dihindarkan dari disturbance selama proses berlangsung. Tanki harus diisolasi dari reduksi panas yang mungkin terjadi. Tangki pengendapan harus mempunyai bentuk bawah tangki yang mampu mendrainase air dan sludge. Air dan sludge didrain pada saat tangki pengendapan digunakan untuk tangki servis pada level minyak yang dapat digunakan.

### **2.2.5. Strainer Hisap Pompa Separator**

Strainer hisap duplex merupakan perangkat yang melindungi pompa separator dari residu padat yang dapat menyebabkan kerusakan mekanis. Terutama terhadap impeler dari pompa. Strainer merupakan perangkat dari baja dengan perlindungan korosi berdiameter saringan sebesar 20-40 mesh.

### **2.2.6. Pemanas Separator**

Pemanas separator yang digunakan adalah tipe shell and tube dipasang secara horizontal. Setiap pemanas pada separator didesain untuk memanasi minyak hingga 98<sup>0</sup> Centigrade. Rangkaian kontrol temperatur dipasang guna mengakomodasi panas yang dibutuhkan serta dilengkapi dengan katup kontrol uap dan drainase uap. Heater dipasang pada sistem yang mampu mengoperasikan dua heater separator dan diisolasikan. Keberhasilan proses separasi akan bergantung seberapa baik proses pemanasannya.

### 2.2.7. Separator

Dua ukuran yang pas, pengaturan, pengoperasian, dan mampu self-cleaning adalah pertimbangan untuk menentukan spesifikasi separator yang digunakan. Separator akan memisahkan HFO dengan residunya sebelum digunakan.

Effisiensi dan konsistensi operasi separator bergantung pada pengetahuan dari aplikasi penanganan, pengolahan, dan pengkondisian bahan bakar.

- a. Separator merupakan hal utama dalam proses pengolahan bahan bakar.
- b. Untuk engolah HFO secara baik, sistem tambahan pada sistem separator perlu ditambahkan.
- c. HFO yang digunakan harus diketahui terlebih dahulu properti dan karakteristiknya untuk menentukan separaotr yang tepat.
  1. Viskositas
  2. Berat jenis
  3. Kompabilitas bahan bakar
  4. Kandungan air
  5. Kandungan abu
  6. Kontaminasi lain
- d. Semua separator HFO harus mampu dihidupkan dan digunakan secara terus-menerus, kecuali pada saat cleaning atau overhaul.
- e. Debit separator (baik seri atau paralel) tidak boleh melebihi konsumsi bahan bakar mesin lebih dari 10%.
- f. Setiap tangki pengendapan dipompa, berat jenis pada tangki pengendapan harus di cek, dan disesuaikan dengan separator.
- g. Setiap separator harus memiliki bagian seperti purifier, dan clarifier, serta dilengkapi dengan peralatan.

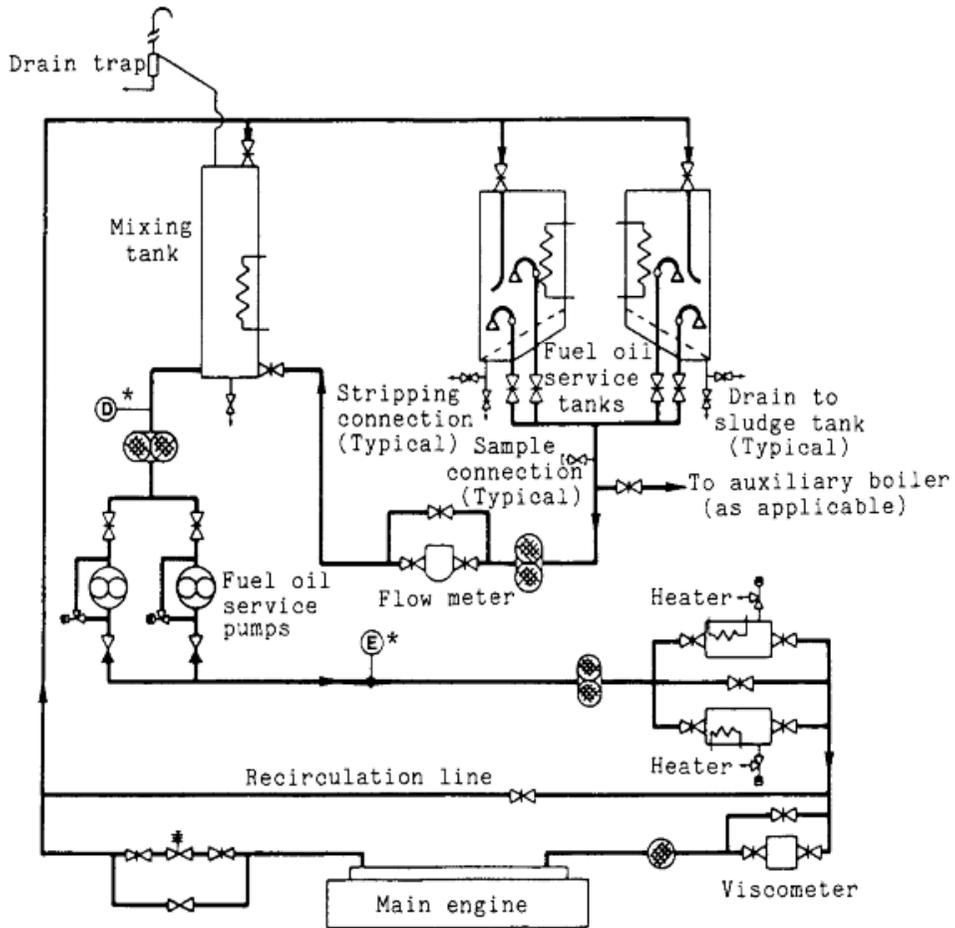
Separator sentrifugal merupakan pusat dari pengolahan HFO di kapal. Sangat diperlukan pemastian keselamatan dan keandalan perangkat ini, untuk memastikan mesin utama dan mesin bantu bekerja efisien. Kru kapal harus mengetahui bagaimana sistem separasi dan mampu memperbaiki apabila terjadi kerusakan pada sistem secara langsung tanpa harus menunggu berlabuh di pelabuhan terdekat. Berikut beberapa situasi yang menyebabkan operasi dibawah efisiensi maksimum, atau tidak bekerja sepenuhnya.

- a. Pengolahan HFO yang salah sebelum diseparasi.
- b. Debit tidak stabil.
- c. Debit yang salah(biasanya terlalu tinggi).
- d. Temperatur yang salah.
- e. Kesalahan memposisikan air/minyak sehingga menghambat laju aliran.
- f. Pengisian yang terlalu berlebihan pada sludge tank, karena interfal pemompaan atau HFO memiliki residu yang lebih banyak.

### 2.2.8. Sistem Servis (Service System)

Pada Gambar 2.2 diilustrasikan sistem servis HFO untuk sistem diesel propulsion. Sistem servis bahan bakar dari tangki servis menuju permesinan utama, generator, dan boiler. Aliran bahan bakar dari tangki servis melewati fuel changeover valve menuju mixing tank. Dari mixing tank, satu dari dua booster pump mengalirkan

bahan bakar menuju pemanas bahan bakar servis, pengendali viskositas, dan penyaring terakhir menuju pompa bahan bakar mesin utama. Bahan bakar berlebih akan dikembalikan lagi ke mixing tank, jika diperlukan akan dikembalikan lagi menuju tangki servis melewati changeover valve.



Gambar 2.2. Sistem servis bahan bakar.  
(Sumber : American Bureau of Shipping, 2001)

### 2.2.9. Tangki Servis (Service Tank)

Tangki servis atau tangki harian mempunyai fungsi penting dari proses pengolahan HFO untuk mesin diesel. Tangki servis memiliki fungsi pengendapan terakhir dari air dan partikel padat, fungsi pemanas, dan fungsi stabilitas termal. Fungsi pengendapan adalah mem-*backup* kejadian kesalahan separator selama proses filtrasi. Dua tangki servis dibutuhkan dalam sistem. Saat satu tangki mensuplai bahan bakar ke mesin, satu tangki yang lain menerima bahan bakar dari proses separasi. Tangki memiliki pipa high suction dan low suction dengan *downturned diffuser*. Bahan bakar paling bersih tersedia pada *upper/high suction*. Oleh sebab itu, minyak tersebut

digunakan pertama. Tangki servis harus memiliki bagian bawah yang mampu mendrainase air dan residu.

#### **2.2.10. Strainer Hisap Pompa Servis**

Strainer hisap duplex merupakan perangkat yang melindungi pompa servis dari residu padat yang dapat menyebabkan kerusakan mekanis. Terutama terhadap impeler dari pompa. Strainer merupakan perangkat dari baja dengan perlindungan korosi berdiameter saringan sebesar 20-40 mesh.

#### **2.2.11. Pompa Bahan Bakar Servis**

Dua pompa bahan bakar (satu beroperasi, satu standby) akan menyuplai bahan bakar menuju sistem servis downstream (pemanas servis, viskometer, flowmeter, dan mesin utama). Setiap pompa mampu menyuplai bahan bakar sesuai konsumsi bahan bakar dan ditambahkan margin.

#### **2.2.12. Pemanas Bahan Bakar Servis**

Dua pemanas akan dipasang antara tangki servis dan mesin utama. Pemanas yang digunakan adalah tipe shell and tube atau plate dengan kemampuan memanaskan bahan bakar hingga 150° Centigrade. Keluaran dari pemanasan bahan bakar akan dikontrol oleh viskometer. Viskometer secara terus-menerus akan membaca dan memberikan sinyal untuk mengendalikan katup pada aliran uap ke heat exchanger. Pada sistem ini, kekentalan menuju injektor mesin konstan meskipun temperatur bahan bakar sedikit bervariasi. Pada saat pemanasan bahan bakar hingga 150° Centigrade, uap heat exchanger akan menyediakan panas tanpa stras termal pada bahan bakar yang akan menyebabkan cracking.

### **2.3. Studi Literatur**

#### **2.3.1. Simulasi Transfer Sistem Bahan Bakar pada Kapal berbasis PLC Siemens**

Penelitian tentang sistem transfer bahan bakar telah dilakukan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan PLC sebagai program automasi. Namun penelitian hanya dilakukan sebatas simulasi tanpa adanya aplikasi langsung berupa prototype maupun aplikasi di lapangan. Secara mayoritas siste transfer bahan bakar sebagai bagian dari pengolahan HFO sebelum digunakan oleh mesin masih dilakukan secara manual oleh kru. Kru kapal mengaktifkan dan menonaktifkan pompa secara berkala sesuai dengan jadwal dan kebutuhan kapal (Danang, 2016).

Simulasi sistem transfer bahan bakar difokuskan pada transfer bahan bakar dari storage tank menuju day tank. Pompa dari storage tank menuju settling tank menyala pada saat low level sensor pada settling tank 1 menyala. Setelah penuh, high level sensor pada settling tank 1 akan menutup valve yang mengarah ke settling tank 1 dan membuka valve yang mengarah menuju settling tank 2. Setelah semua settling tank penuh, pompa akan mati. Didalam settling tank, bahan bakar akan diendapkan selama 24 jam untuk menghilangkan residu yang terbawa dari storage tank.

Pompa akan menyala seiring dengan low level sensor pada day tank telah menyala. Sama seperti proses sebelumnya, setelah high level sensor menyala pada day tank 1, valve day tank 1 akan menutup dan valve pada day tank 2 akan membuka dengan menyalanya low level sensor pada day tank 2. Simulasi yang dilakukan hanya

sebatas transfer hingga day tank. Dengan mengabaikan parameter-parameter yang dibutuhkan sebelum masuk menuju injector main engine.

### **2.3.2. Sistem Bahan Bakar pada Kapal**

Sistem transfer bahan bakar bertugas untuk memindahkan bahan bakar dari storage tank ke settling tank, serta membersihkan bahan bakar dari kotoran yang berasal dari storage tank, heavy fuel oil harus dibersihkan terlebih dahulu dengan melewatkannya melalui centrifuge sebelum masuk ke daily tank. Pada centrifuge nantinya kotoran-kotoran yang terdapat pada HFO yang terdiri atas partikel dan air akan dipisahkan dari HFO.

Didalam settling tank, bahan bakar diendapkan dari kotoran dan air yang ikut terbawa oleh bahan bakar. Kapasitas settling tank di desain untuk mampu mensuplai bahan bakar minimum selama 24 jam (1 hari) operasi mesin ketika tangki settling diisi penuh. Desain tangki dibuat sedemikian sehingga pengeluaran kotoran / endapan dan air dapat dilakukan secara efisien.

Setelah melalui pengendapan panjang di dalam settling tank, bahan bakar di transfer menuju day tank yang berfungsi untuk mensuplai bahan bakar ke engine selama operasi dan mempunyai kapasitas 8-12 jam. Pada tangki ini dilengkapi dengan heater tank untuk kapal yang menggunakan HFO (minyak residu). Pemanasan bertujuan agar viskositas HFO tetap terjaga yaitu menaikkan temperature sehingga dapat di pompa.

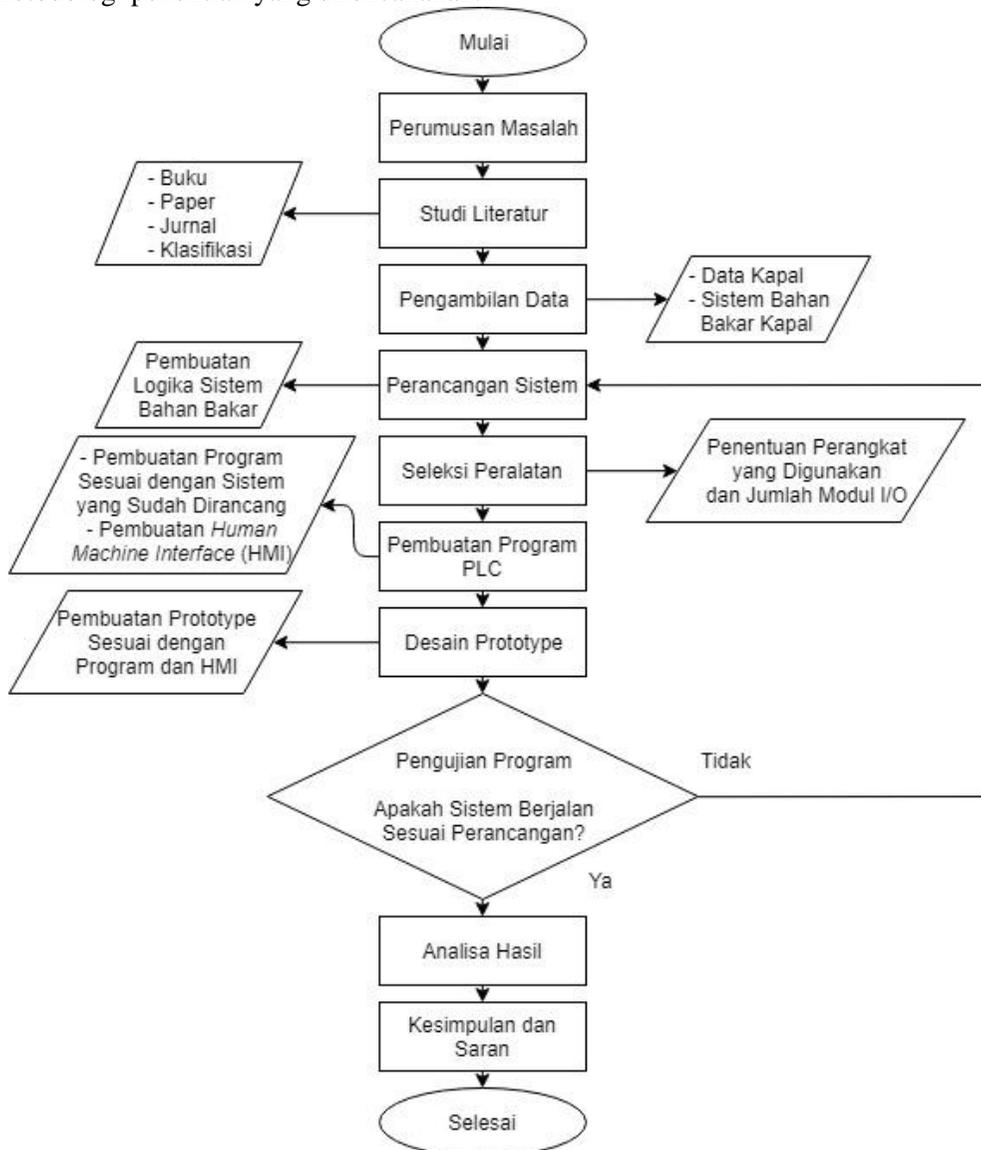
Terdapat beberapa parameter dari bahan bakar sebelum masuk menuju injector engine untuk bisa digunakan. Antara lain, tekanan bahan bakar, suhu, viskositas, flow rate, water content. Sehingga dibutuhkan beberapa unit tambahan seperti flow meter, viscometer, filter, heater.

Untuk buangan dari endapan settling tank ditampung di dalam sludge tank yang nantinya akan dibuang ketika kapal berlabuh. Tidak hanya endapan dari settling tank, sludge tank juga menampung buangan dari filter yang tersaring dan tidak digunakan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

### BAB III METODE PENELITIAN

Metodologi direncanakan untuk memperjelas prosedur penelitian tugas akhir. Tahap demi tahap direncanakan untuk menentukan seberapa lama waktu pengerjaan yang dibutuhkan pada setiap tahap. Pada gambar 3.1 akan ditampilkan flowchart metodologi penelitian yang direncanakan.



Gambar 3.1. Flowchart Metodologi Penelitian

#### 3.1. Perumusan Masalah

Tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan merumuskan masalah untuk diangkat menjadi topik skripsi. Pada pengerjaan skripsi ini, permasalahan yang diambil adalah desain sistem kontrol suhu bahan bakar jenis HFO pada kapal berbasis PLC.

### **3.2. Studi Literatur**

Tahap awal adalah studi literatur dengan tujuan untuk memahami teori dasar, acuan umum, serta memperoleh berbagai informasi penunjang lainnya yang berhubungan dengan pengerjaan tugas akhir. Studi literatur dapat diperoleh dari buku, jurnal, modul, paper, atau internet. Selain itu dapat dilakukan dengan wawancara dari pihak yang sudah ahli dalam bidang ini. pembelajaran tentang bagaimana sistem kontrol PLC dengan menggunakan Omron CPM2A pada sistem transfer bahan bakar di kapal.

### **3.3. Pengambilan Data**

Pengumpulan data bisa berupa inspeksi langsung di lapangan atau mencari literatur dengan data-data yang dibutuhkan pada kapal berbahan bakar HFO. Adapun data yang yang diambil adalah sebagai berikut:

1. Data spesifikasi bahan bakar HFO meliputi suhu, viskositas, dan massa jenis.
2. Data spesifikasi pompa, heater, dan pengoperasiannya.
3. Data spesifikasi PLC berdasarkan modul I/O.

### **3.4. Perancangan Sistem**

Pada tahap perancangan sistem dilakukan sebuah perancangan logika sistem kontrol suhu bahan bakar HFO di kapal berdasarkan data yang sudah terkumpul. Berdasarkan data yang sudah ada, perancangan program dapat dilakukan untuk mengetahui peletakan input dan output dari sistem kontrol suhu bahan bakar HFO di kapal dengan menambahkan komponen agar program dapat beroperasi dengan baik dan sesuai dengan data yang sudah terkumpul.

### **3.5. Seleksi Peralatan**

Seleksi peralatan dilakukan guna meminimalisir kesalahan dalam penentuan jumlah output dan input dari sistem kontrol suhu bahan bakar HFO di kapal. Mulai dari penentuan jumlah level sensor, valve, pompa, termometer, serta jumlah tangki yang dibutuhkan pada sistem.

1. Level sensor yang digunakan berupa level sensor dengan sumber tegangan 12VDC.
2. Pompa yang digunakan memiliki spesifikasi tanganan 12VDC, debit aliran 4 liter/menit, dan daya 60watt.
3. Valve yang digunakan berupa solenoid valve dengan sumber tegangan 24VDC, diameter ½ inch, dan dengan kondisi normally close.

### **3.6. Pembuatan Program PLC**

Setelah perancangan sistem dan seleksi peralatan dilakukan, tahapan selanjutnya adalah pembuatan program PLC. Pada tahap ini dilakukan pembuatan fungsi-fungsi untuk tiap koponen. Pembuatan fungsi meliputi hubungan antara keadaan tangki dan operasi peralatan. Dimana hal ini dilakukan agar sistem dapat dikendalikan secara otomatis serta dapat tercapainya sinkronisasi antara satu peralatan dengan peralatan yang lain sesuai yang telah direncanakan dan berdasarkan referensi dan regulasi yang ada.

### **3.7. Desain Prototype**

Setelah peralatan terpilih dan program telah dibuat, prototype mulai dibuat untuk menjalankan program PLC. Prototype dibuat berdasarkan desain dari sistem yang ada. Mulai dari tangki, pompa, termometer, valve, level sensor, serta heater. Prototype harus sesuai dengan desain sistem, peralatan yang ada, serta program yang telah dibuat sebelumnya.

- a. Tangki pada prototipe dibuat dari bahan akrilik.
- b. Pipa pada prototipe dibuat dari bahan selang karet.
- c. Fluida yang digunakan berupa air tawar.

### **3.8. Pengujian Program**

Pengujian program dilakukan dengan menjalankan prototype yang telah dibuat. Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kinerja sistem transfer dan kontrol suhu bahan bakar apakah sudah bekerja sesuai dengan kebutuhan otomatisasi bahan bakar di kapal atau belum.

### **3.9. Analisa Hasil**

Pada tahapan analisa hasil dilakukan untuk menganalisa output dari pengujian program apakah sudah sesuai atau belum. Jika belum, penelitian dilakukan ulang pada tahap perancangan sistem.

### **3.10. Kesimpulan dan Saran**

Langkah terakhir dalam penyusunan skripsi ini adalah pembuatan kesimpulan dan saran dari keseluruhan proses yang telah dilakukan serta memberikan jawaban dari permasalahan yang telah diangkat menjadi topik skripsi. Saran diberikan berdasarkan analisa hasil untuk dijadikan dasar pada penelitian selanjutnya. Baik terkait secara langsung maupun tidak langsung terhadap penelitian ini. Seperti melalui data dan metodologi yang nantinya akan ditampilkan pada bagian referensi.

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Kapal Container KM. MERATUS MINAHASA

Pada tugas akhir ini, jenis kapal yang digunakan adalah kapal container. Sistem bahan bakar yang dibahas pada tugas akhir ini mengacu pada KM. Meratus Minahasa.

#### 4.1.1. Ukuran Utama Kapal



Gambar 4. 1 KM. Meratus Minahasa  
(sumber : marinetraffic.com)

Gambar 4.1. merupakan kapal KM. Meratus Minahasa yang digunakan sebagai data kapal pada penelitian ini. KM. Meratus Minahasa merupakan kapal milik PT. Meratus Line & Group dengan jalur pelayaran Jakarta – Padang (Tanjung Priok – Teluk Bayur). Berikut ukuran utama kapal :

Loa	: 149.00 m
Lpp	: 136.80 m
B	: 22.70 m
H	: 11.30 m
T	: 7.70 m
Vs	: 18.5 knot
Rute	: Jakarta – Padang (Tanjung Priok – Teluk Bayur)
Jarak	: 556 Nm

## 4.2. Perhitungan Tangki Bahan Bakar Kapal

### 4.2.1. Data Mesin Utama

Manufaktur	: MAN B&W
Tipe Mesin	: 6L60 MC
Daya	: 11520 kW
Bore/Stroke Ratio	: 600/1944
SFOC	: 171 g/kWh
Endurance	: 25 hari

### Persamaan

W	= $P \times \text{SFOC} \times \text{Endurance} \times 10^{-6}$
W	= Berat Bahan Bakar
P	= Daya Mesin
SFOC	= <i>Specific Fuel Oil Consumption</i>
Endurance	= Durasi Persediaan Bahan Bakar
V	= $W / \rho \text{ HFO}$
V	= Volume Bahan Bakar
$\rho \text{ HFO}$	= Berat Jenis HFO (0,991 ton/m <sup>3</sup> )
Q	= $V / t$
Q	= Debit
V	= Volume
t	= Durasi

### 4.2.2. Perhitungan *Endurance* Kapal

Berdasarkan data kapal pada *ClassNK*, tangki penyimpanan memiliki volume sebesar 1.225 m<sup>3</sup>. Dari volume tangki akan didapat perhitungan *endurance* sebagai berikut :

Diketahui	:
P	= 11520 kW
SFOC	= 171 g/kWh
V Storage	= 1225 m <sup>3</sup>
$\rho \text{ HFO}$	= 0,991 ton/m <sup>3</sup>
t	= $(V \times \rho \text{ HFO} \times 10^6) / (P \times \text{SFOC})$
	= $(1225 \times 0,991 \times 10^6) / (11520 \times 171)$
	= 616.25 jam
	≈ 25 hari

### 4.2.3. Perhitungan Settling Tank

Diketahui	:
P	= 11520 kW
SFOC	= 171 g/kWh
t	= 24 jam

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ HFO} &= 0,991 \text{ ton/m}^3 \\
 V \text{ Settling} &= (P \times \text{SFOC} \times t \times 10^{-6}) / \rho \text{ HFO} \\
 &= (11520 \times 171 \times 24 \times 10^{-6}) / 0,991 \\
 &= 47.7 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

#### 4.2.4. Perhitungan Service Tank

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui} &: \\
 P &= 11520 \text{ kW} \\
 \text{SFOC} &= 171 \text{ g/kWh} \\
 t &= 8 \text{ jam} \\
 \rho \text{ HFO} &= 0,991 \text{ ton/m}^3 \\
 V \text{ Service} &= (P \times \text{SFOC} \times t \times 10^{-6}) / \rho \text{ HFO} \\
 &= (11520 \times 171 \times 8 \times 10^{-6}) / 0,991 \\
 &= 15.9 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

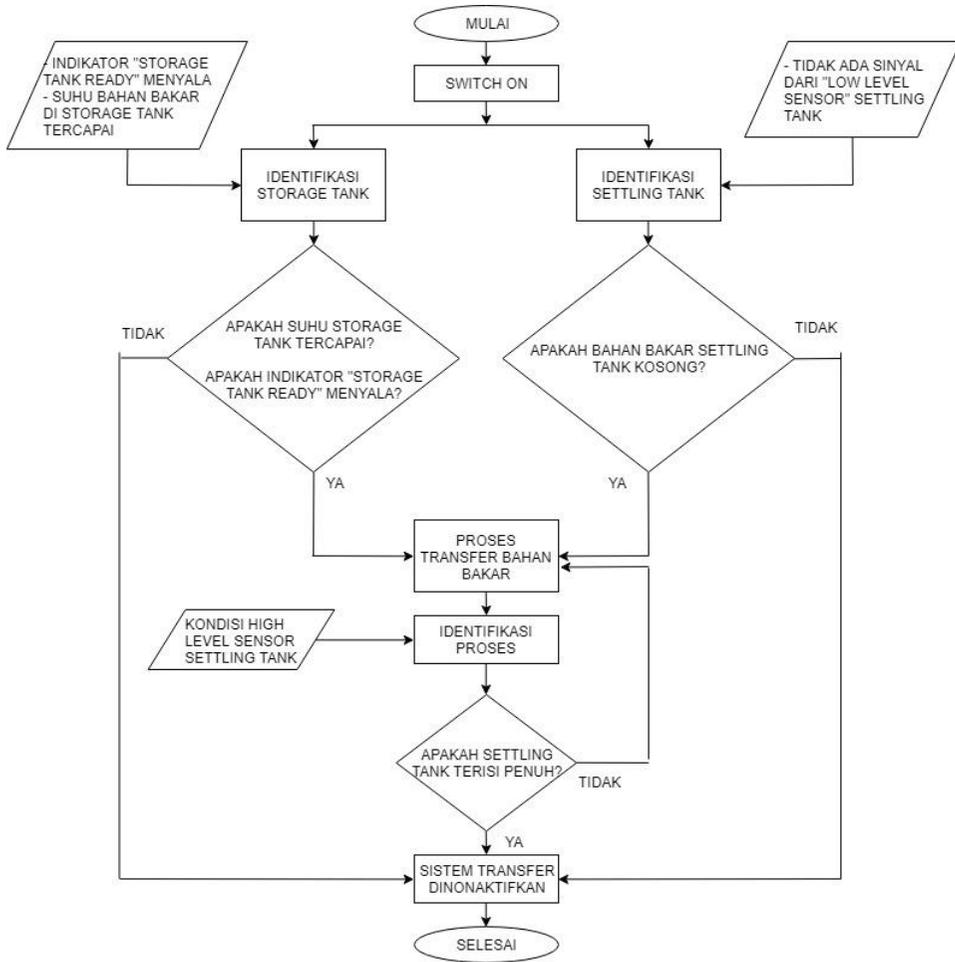
### 4.3. Pembuatan Logika Kerja Pengolahan HFO

Pada proses pemrograman, sistem yang dijalankan secara manual akan diubah menjadi sistem yang dijalankan secara sekuensial. Hal ini dikarenakan PLC hanya dapat menjalankan sistem yang bekerja secara tahap demi tahap. Tahapan tersebut merupakan proses sebab akibat dari satu masukan/keluaran menuju masukan/keluaran yang lainnya. Oleh karena itu harus dilakukan pembuatan logika kerja terhadap sistem yang ada sebelum dilakukannya pembuatan program.

Sistem pengolahan HFO dikawal terbagi atas 3 tahapan utama, meliputi sistem transfer (*transfer system*), sistem separasi (*separation system*), dan sistem servis (*service system*). Ketiga tahapan sistem diatas memiliki logika kerja yang berbeda namun saling memengaruhi satu sama lain. Oleh karena itu, logika kerja dari masing-masing sistem akan dibuat secara terpisah namun saling berhubungan.

#### 4.3.1. Logika Kerja Sistem Transfer

Sistem transfer merupakan sistem yang melayani pemindahan bahan bakar HFO dari tangki persediaan (*Storage Tank*) menuju tangki pengendapan (*Settling Tank*). Pada gambar 4.2. ditampilkan logika kerja dari sistem transfer bahan bakar. Secara logika, bahan bakar akan dialirkan ketika tangki dalam keadaan kosong yang diindikasikan berdasarkan sensor level didalam tangki. Namun, ada beberapa kondisi yang memungkinkan untuk dilakukannya transfer dari *storage tank* menuju *settling tank*. Masing-masing kondisi akan dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 4.2. Diagram Blok Sistem Transfer.  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

1. Kondisi *Settling Tank* Kosong

Proses transfer bahan bakar dari storage tank menuju settling tank dimulai pada saat ada permintaan dari settling tank, dan bahan bakar didalam storage tank sudah siap dan selesai di treatment. Apabila settling tank kosong yang ditandai dengan tidak adanya sinyal dari low level sensor pada tangki, maka pompa transfer akan menyala untuk mengisi settling tank. Pada saat high level sensor menyala dan memberikan sinyal, pompa transfer akan mati dan menghentikan proses transfer bahan bakar. Proses pengisian pada tangki ditandai dengan jalannya pemompaan bahan bakar dari storage tank dan terbukanya katup sebelum settling tank.

2. Kondisi *Settling Tank* Terisi Penuh

Apabila settling tank sudah terisi penuh, yang ditandai dengan aktifnya high level sensor, maka proses transfer bahan bakar akan dihentikan. Pada kondisi ini, seluruh

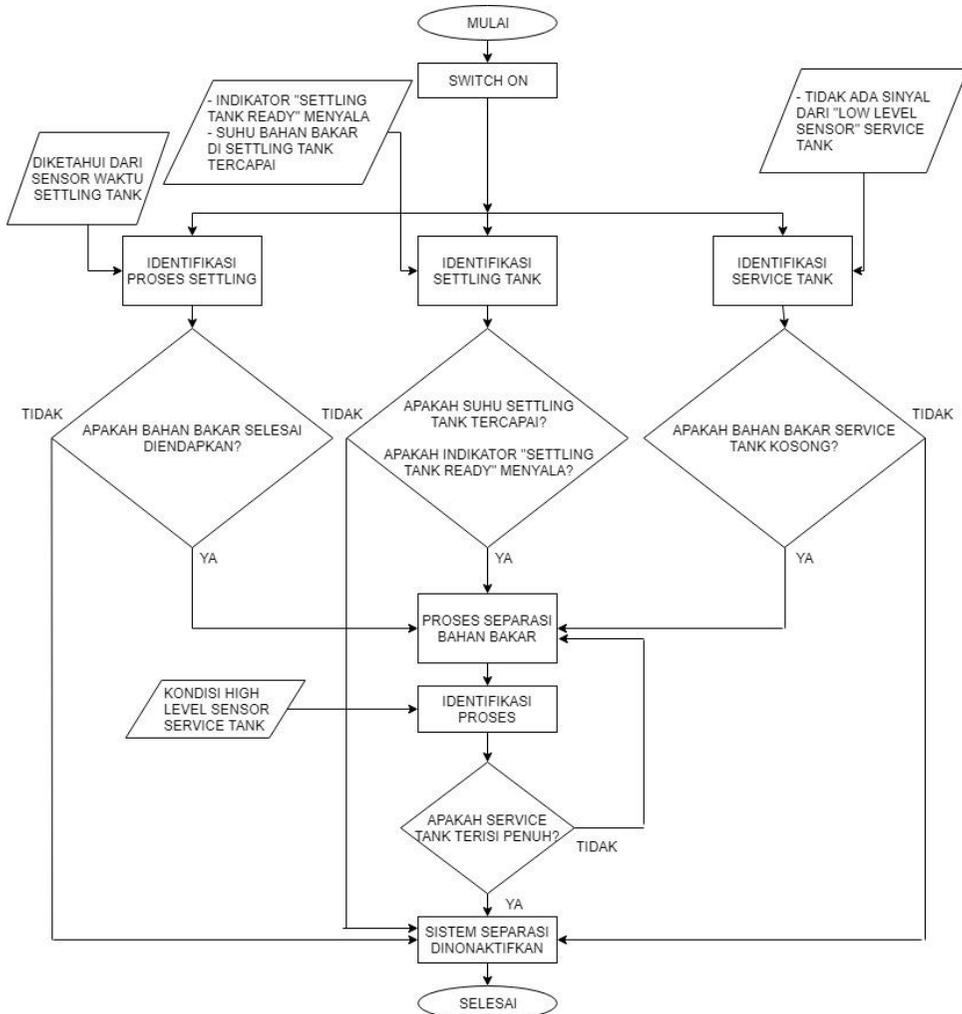
katup storage tank, pompa, dan katup settling tank akan ditutup. Kinerja pompa transfer akan dihentikan. Proses transfer bahan bakar akan dilanjutkan ketika adanya permintaan dari settling tank yang ditandai dengan tidak adanya sinyal dari low level sensor.

### 3. Kondisi *Storage Tank* Kosong

Pengisian terhadap settling tank akan dilakukan apabila ada permintaan dari settling tank, dan bahan bakar didalam storage tank sudah siap dan selesai di treatment. Apabila storage tank dalam keadaan kosong, semua katup akan tertutup dan pompa transfer akan dimatikan.

#### **4.3.2. Logika Kerja Sistem Separasi**

Sistem separasi merupakan sistem yang bekerja untuk memisahkan bahan bakar dengan residu yang terkandung didalamnya. Proses kerjanya meliputi pengaliran bahan bakar dari *settling tank* menuju *service tank* melalui serangkaian peralatan separator. Rangkaian separator sendiri terdiri dari pompa, pemanas, dan separator. Pada gambar 4.3. ditampilkan logika kerja dari sistem separasi bahan bakar. Tentunya kerja dari sistem separasi akan dipengaruhi oleh beberapa kondisi dari *settling tank* dan *service tank*. Masing-masing kondisi akan dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 4.3. Diagram Blok Sistem Separasi.  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

### 1. Kondisi Service Tank Kosong

Proses separasi bahan bakar dari settling tank menuju service tank dimulai pada saat adanya permintaan dari service tank, bahan bakar tersedia di dalam settling tank, sudah dilakukan pengendapan selama 24 jam dan suhu bahan bakar sudah sesuai. Apabila service tank kosong, yang ditandai dengan tidak adanya sinyal dari low level sensor pada tangki, maka tangki akan diisi. Saat service tank penuh, yang ditandai dengan adanya sinyal dari high level sensor, maka proses separasi akan dihentikan.

### 2. Kondisi Service Tank Terisi Penuh

Apabila service tank terisi penuh, yang ditandai dengan adanya sinyal dari high level sensor, maka proses separasi bahan bakar akan dihentikan. Pada kondisi ini, katup

service tank akan ditutup, kinerja separator dan pompa akan dihentikan. Proses separasi akan kembali dilakukan ketika adanya permintaan dari service tank.

### 3. Proses Pengendapan dan Pemanasan

Setelah settling tank penuh, yang ditandai dengan adanya sinyal dari high level sensor, proses pengendapan dan pemanasan akan dimulai. Bahan bakar didalam settling tank akan diendapkan selama 24 jam. Pemanasan dilakukan dengan suhu  $70^{\circ} - 90^{\circ}$  Centigrade. Hal ini ditandai dengan adanya sinyal dari indikator pemanas yang nantinya akan membuka katup uap untuk memanaskan bahan bakar. Bahan bakar akan siap untuk dipompa menuju service tank ketika pengendapan dan pemanasan telah selesai dilakukan.

### 4. Kondisi Settling Tank Kosong

Sistem separasi akan dilakukan apabila ada permintaan dari service tank dan bahan bakar didalam settling tank telah siap, yang telah diendapkan selama 24 jam dan dipanaskan sampai suhu tercapai. Apabila kondisi service tank kosong, dan settling tank kosong atau belum mencapai kondisi siap dipompakan, maka pengisian bahan bakar tidak akan dilakukan. Hal ini ditandai dengan tertutupnya semua katup, baik katup sebelum service tank maupun katup setelah settling tank. Pompa separator, pemanas, dan unit separator tidak akan dioperasikan selama kondisi ini.

### 5. Kondisi Settling Tank Terisi Penuh

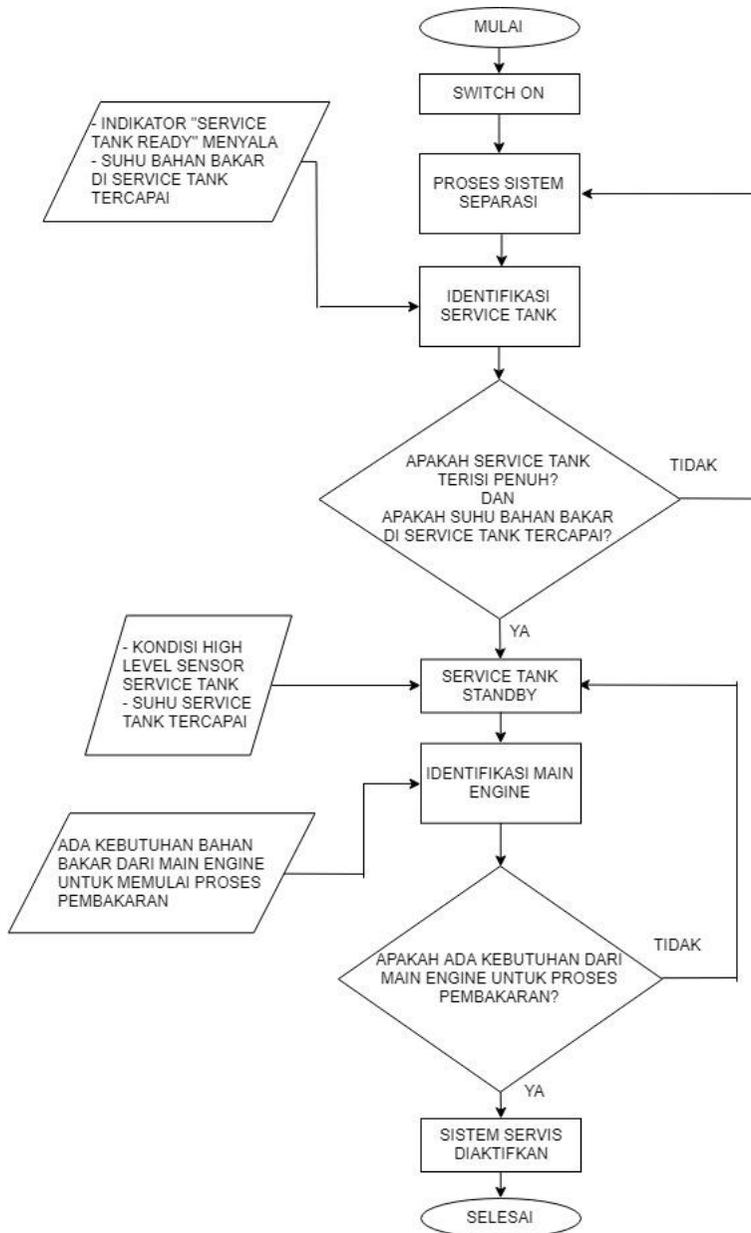
Pada saat service tank kosong dan settling tank dalam keadaan penuh dan bahan bakar siap, proses pemompaan bahan bakar akan dilakukan. Pada kondisi ini, katup setelah settling tank akan terbuka, pompa separasi akan menyala, katup pemanas pada separator akan terbuka, dan separator akan menyala. Pengisian dilakukan hingga service tank penuh, yang ditandai dengan adanya sinyal dari high level sensor service tank.

### 6. Proses Sludging Settling Tank

Sludge atau buangan merupakan residu hasil pengendapan HFO di dalam settling tank. Sludge tidak digunakan pada proses separasi dan akan dibuang dan ditampung menuju sludge tank. Proses sludging dilakukan ketika tidak adanya sinyal dari low level sensor settling tank. Katup sludge settling tank akan dibuka pada saat tidak adanya sinyal dari low level sensor settling tank. Tangki akan diisi kembali saat settling tank telah dikosongkan. Proses sludging akan menjadi indikator bahwa settling tank sudah siap untuk diisi kembali. Setelah proses sludging pada settling tank selesai, pengisian pada settling tank akan kembali dilakukan.

#### 4.3.3. Logika Kerja Sistem Servis

Sistem servis merupakan sistem yang mengakomodasi kebutuhan bahan bakar mesin utama. Secara logika, bahan bakar akan ditransfer dari *service tank* menuju mesin utama. Pada gambar 4.4. ditampilkan logika kerja dari sistem servis bahan bakar. Tentunya kerja dari sistem servis ini akan dipengaruhi beberapa kondisi. Mulai dari kondisi bahan bakar didalam *service tank*, maupun kondisi bahan bakar sebelum diinjeksikan kedalam mesin utama.



Gambar 4.4. Diagram Blok Sistem Servis.  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

### 1. Kondisi Permintaan Mesin Utama

Pada saat ada permintaan bahan bakar dari mesin utama, pemompaan bahan bakar dari service tank menuju mesin utama akan dilakukan. Sebelum mesin dihidupkan, bahan bakar akan disirkulasikan berulang-ulang kembali menuju service tank. Kondisi ini ditandai dengan aktifnya circulating pump.

## 2. Kondisi Service Tank Kosong

Sistem servis akan dilakukan apabila terdapat permintaan bahan bakar dari mesin utama, serta tangki servis dalam keadaan siap dan tersedia bahan bakar didalam tangki servis. Apabila kondisi mesin memerlukan bahan bakar, namun kondisi tangki masih kosong atau belum siap, maka transfer bahan bakar menuju mesin utama tidak akan dilakukan. Kondisi ini ditandai dengan tertutupnya semua katup dan kondisi pompa yang tidak menyala.

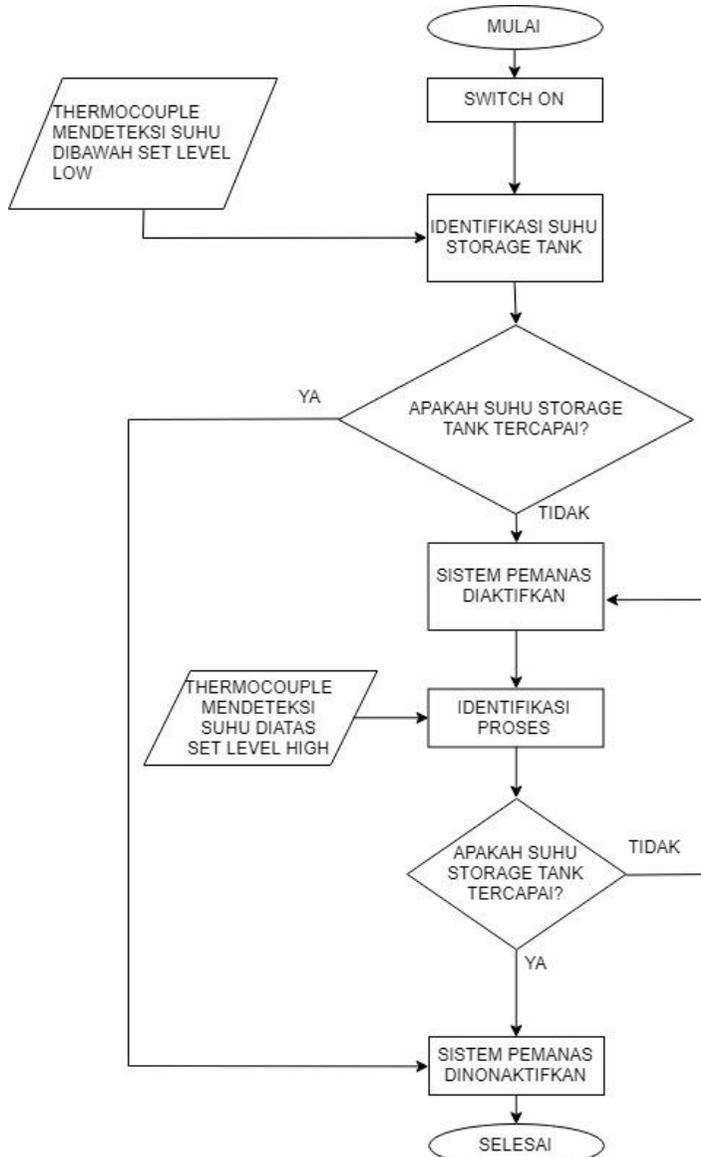
## 3. Kondisi Service Tank Terisi Penuh

Service tank terisi penuh ditandai dengan menyalnya high level sensor pada service tank. Kemudian pemanas akan menyala untuk memanaskan bahan bakar di dalam service tank. Setelah suhu tercapai namun belum adanya permintaan dari mesin utama, tangki akan berada dalam kondisi siap dan standby ketika nantinya akan ada permintaan dari mesin utama.

### 4.3.4. Logika Kerja Kontrol Suhu

Pada proses pengolahan bahan bakar HFO, treatment dilakukan untuk mengurangi atau bahkan membuang semua residu yang terkandung di dalam bahan bakar. Salah satu treatment yang dilakukan adalah pemanasan bahan bakar. Pada dasarnya, pemanasan bahan bakar disesuaikan dengan lokasi masing-masing. Untuk storage tank, pemanasan dilakukan agar titik tuang bahan bakar tercapai dan dapat dialirkan menuju settling tank. Di dalam settling tank, pemanasan dilakukan untuk mengendapkan residu yang terkandung di dalam bahan bakar. Setelah itu di dalam purifier dilakukan pemanasan agar massa jenis bahan bakar lebih ringan dan kandungan air di dalam bahan bakar dapat dipisahkan. Didalam service tank, pemanasan dilakukan hingga mencapai  $140^{\circ}\text{C} - 150^{\circ}\text{C}$  untuk memenuhi kebutuhan mesin saat pembakaran.

Pada gambar 4.5. ditampilkan logika kerja dari kontrol suhu bahan bakar kapal. Umumnya kontrol suhu dilakukan secara manual dari dalam engine control room. Kontrol terhadap pemanas dilakukan untuk mencapai suhu tertentu pada setiap tangki. Kontrol suhu secara otomatis dilakukan untuk mendapatkan tingkat keakuratan yang lebih dan efisiensi pekerjaan dapat ditambah. Logika kerja dari kontrol suhu akan dijelaskan sebagai berikut,



Gambar 4.5. Diagram Blok Kontrol Suhu Bahan Bakar.  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

#### 1. Kondisi Suhu Bahan Bakar belum Tercapai

Termometer yang mendeteksi suhu bahan bakar, akan memberikan input berupa analog menuju PLC. Nantinya input tersebut akan memicu adanya output yang lain berdasarkan pemrograman ladder diagram yang telah dibuat. Termometer berupa PID dengan pabrikan OMRON akan memberikan sinyal AC menuju relay. Kemudian relay yang nantinya akan menyambung atau memutus arus DC menuju port modul input PLC. Ketika suhu berada dibawah set low level, termometer akan memberi sinyal menuju relay sehingga relay akan menyambung arus DC yang mengalir menuju port

modul input PLC. Akibatnya heater akan menyala sesuai dengan program yang sudah dibuat dari ladder diagram. Tidak hanya di storage tank, deteksi dilakukan di storage tank, settling tank, service tank, dan pemanas sebelum masuk ke mesin utama. Hal ini bertujuan untuk mencapai titik tuang dari bahan bakar, menaikkan massa jenis agar lebih ringan dari kandungan air di dalam bahan bakar, serta mencapai suhu yang dibutuhkan mesin untuk melakukan proses pembakaran.

## 2. Kondisi Suhu Bahan Bakar telah Tercapai

Pada kondisi suhu bahan bakar telah tercapai, termometer akan memutuskan arus menuju relay. Sehingga relay akan memutuskan aliran arus DC yang menuju port modul input PLC. Akibatnya heater akan mati sesuai dengan program yang sudah dibuat oleh ladder diagram. Kontrol dilakukan secara otomatis dengan bantuan PLC dan ladder diagram. Sehingga keakuratan kerja akan lebih efektif dan efisiensi kerja akan lebih baik dari kontrol secara manual.

### **4.4. Peralatan Otomatisasi Sistem Transfer dan Kontrol Suhu Bahan Bakar HFO**

Peralatan pengolahan HFO akan didata terlebih dahulu sebelum dilakukannya pemrograman. Pendataan peralatan meliputi pengolahan bahan bakar HFO yang sudah ada saat ini, dan peralatan yang akan digunakan pada saat sistem automasi akan dilakukan. Pendataan peralatan akan berguna untuk mengetahui bagaimana sistem akan bekerja nantinya dan estimasi jumlah modul I/O yang akan dibutuhkan.

#### **4.4.1. Peralatan Eksisting pada Sistem Bahan Bakar HFO**

##### 1. Peralatan Pada Sistem Transfer

Peralatan pada sistem transfer berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar dari storage tank menuju settling tank dengan menggunakan pompa transfer. Volume storage tank dipengaruhi oleh endurance kapal dan pada umumnya bervolume besar. Dengan pertimbangan volume yang besar serta demi menjaga stabilitas kapal, storage tank selalu lebih dari satu.

##### 2. Peralatan Pada Sistem Separasi

Proses separasi berfungsi untuk memisahkan antara bahan bakar dengan residu yang terkandung didalamnya. Proses yang dilakukan berupa pengendapan didalam settling tank, pemanasan, dan separasi pada separator. Oleh sebab itu peralatan yang digunakan pada sistem ini harus bisa mengakomodasi fungsi dari proses-proses yang dibutuhkan.

##### 3. Peralatan Pada Sistem Servis

Proses servis berfungsi untuk mensuplai kebutuhan bahan bakar mesin utama dengan menggunakan pompa sirkulasi. Sehingga peralatan yang digunakan pada sistem ini akan disesuaikan dengan sistem yang ada.

#### **4.4.2. Peralatan Tambahan pada Sistem Bahan Bakar HFO**

Dalam menciptakan peningkatan kinerja sistem dengan cara otomatisasi sistem bahan bakar HFO di kapal, tentunya diperlukan peralatan tambahan. Peralatan tambahan pada sistem berfungsi untuk mengoptimalkan sistem otomatisasi yang akan

dibuat. Peralatan tambahan dapat dikategorikan menjadi dua bagian, yaitu peralatan indikator atau input dan peralatan aktuator atau output. Peralatan tambahan ini akan dipasang pada sistem sesuai dengan fungsi dan kinerjanya.

### 1. Peralatan Indikator

Peralatan indikator atau input berfungsi untuk memberikan informasi keadaan sistem. Pada sistem bahan bakar HFO di kapal secara otomatis, peralatan indikator berupa level sensor dan termometer. Indikator ketinggian bahan bakar di tangki akan dipasang didalam tangki pengendapan dan tangki servis. Untuk termometer akan dipasang pada tangki penyimpanan, tangki pengendapan, tangki servis, dan pemanas sebelum masuk mesin utama. Setiap informasi pada setiap tangki akan diterima oleh PLC dan nantinya akan diolah untuk menjalankan sistem yang lain.

### 2. Peralatan Aktuator

Peralatan aktuator atau output berfungsi untuk menerima dan menjalankan perintah dari indikator yang telah diolah sebelumnya oleh PLC. Pada sistem bahan bakar HFO, peralatan aktuator berupa trigger akan dipasang pada motor pompa, katup bahan bakar, dan katup pemanas. Setiap perintah yang diterima peralatan aktuator akan dijalankan secara sekuensial.

Peralatan yang akan digunakan pada kondisi eksisting dan peralatan tambahan akan ditampilkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Peralatan pada Otomatisasi Sistem Transfer dan Kontrol Suhu Bahan Bakar HFO pada Kapal.

Peralatan pada kondisi eksisting sistem bahan bakar kapal		
<b>Peralatan Sistem Transfer</b>		
No	Nama Peralatan	Jumlah
1	Storage Tank	1
2	Pompa Transfer	1
<b>Peralatan Sistem Separasi</b>		
No	Nama Peralatan	Jumlah
1	Settling Tank	2
2	Sludge Tank	1
3	Katup	
	Katup sebelum settling tank	2
	Katup setelah settling tank (operasi)	2
	Katup setelah settling tank (drain)	2
4	Pompa separator	1
<b>Peralatan Sistem Servis</b>		
No	Nama Peralatan	Jumlah
1	Service Tank	2
2	Katup	
	Katup sebelum service tank (pengisian)	2
	Katup setelah service tank (operasi)	2

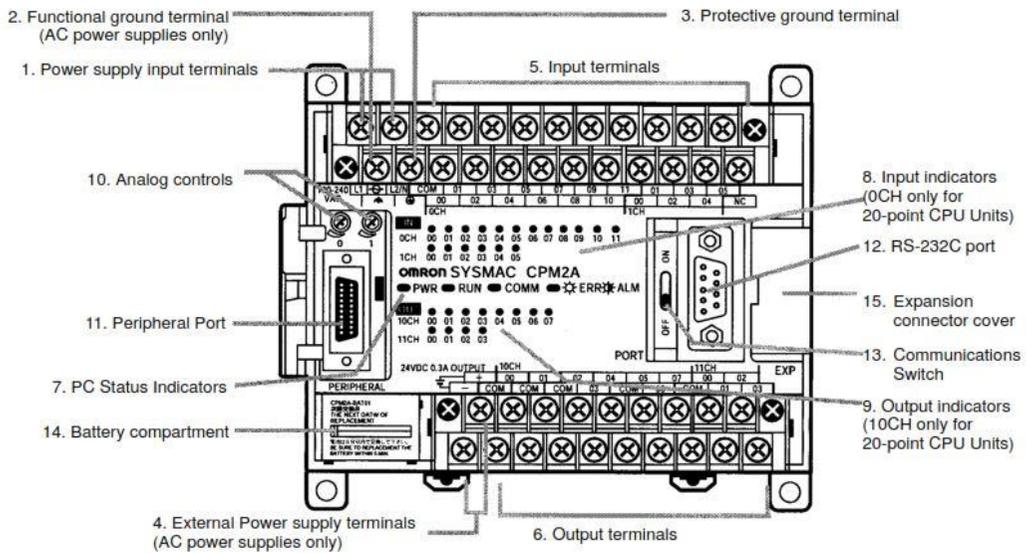
3	Pompa suplai	1
<b>Peralatan yang akan ditambahkan pada sistem otomatisasi</b>		
<b>Peralatan Indikator</b>		
No	Nama Peralatan	Jumlah
1	Indikator tinggi air atas (high level sensor) pada setiap tangki	4
2	Indikator tinggi air bawah (low level sensor) pada setiap tangki	4
3	Termometer	
	Settling tank	2
	Service tank	2
<b>Peralatan Aktuator</b>		
No	Nama Peralatan	Jumlah
1	Aktuator Pompa	3
2	Aktuator Katup	10
3	Aktuator Pemanas	4

#### 4.5. Spesifikasi PLC dan Human Machine Interface (HMI)

Pada perancangan kontrol suhu bahan bakar dengan PLC, dibutuhkan perangkat keras dari PLC dan HMI (Human Machine Interface). Untuk perangkat keras PLC berfungsi sebagai pengelola bahasa pemrograman yang sudah dibuat dan nantinya akan dihubungkan ke peralatan yang ada di lapangan. Sedangkan untuk HMI berfungsi sebagai interaksi antara mesin PLC dengan manusia yang melakukan pengawasan. Interaksi antara mesin dengan manusia tetap dibutuhkan agar dapat mengetahui apakah sudah sesuai antara program yang dibuat dengan kinerja peralatan di lapangan. Program dari PLC dan desain dari HMI harus dirancang sedemikian rupa dan nantinya akan digunakan pada otomatisasi kontrol suhu bahan bakar HFO di kapal.

##### 4.5.1. Spesifikasi PLC

Pada sistem kontrol terdapat beberapa komponen atau modul PLC untuk mengendalikan input/output. Pada tugas akhir ini, perangkat keras PLC yang digunakan berupa PLC OMRON CPM2A dengan tipe compact sehingga semua perlengkapan PLC sudah menjadi satu paket. Jumlah modul I/O adalah 30 dengan input 18 port dan output 12 port. Power supply untuk PLC menggunakan sumber 100-240 VAC. Untuk modul I/O dibutuhkan sumber 24VDC 0.3 A. Pada gambar 4.6. ditampilkan konfigurasi dari PLC tipe omron cpm2a yang digunakan pada pengerjaan tugas akhir ini. Terdapat beberapa komponen dalam satu jenis PLC sehingga masing-masing komponen memiliki fungsi kerja yang berbeda-beda.



Gambar 4.6. Konfigurasi omron cpm2a.  
(Sumber : Sysmac omron cpm2a, 1999)

#### 4.5.2. Spesifikasi Human Machine Interface (HMI)

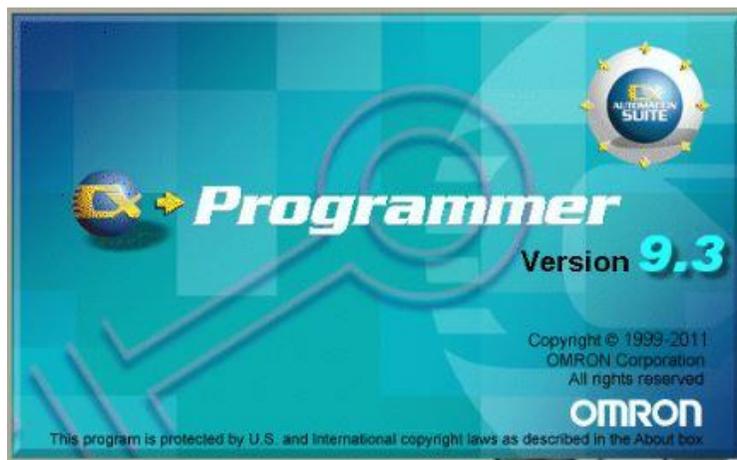
Human Machine Interface (HMI) berfungsi sebagai jembatan interaksi antara mesin dengan manusia. HMI juga bisa sebagai media simulasi ladder diagram yang sudah dibuat untuk mengetahui apakah program sudah sesuai dengan yang direncanakan. Gambar 4.7. merupakan tampilan software dari CX-Designer. HMI akan merefleksikan program yang telah dibuat secara realtime dengan ketepatan milisekon. Karena dilakukan secara realtime, bisa dipantau jika terjadi kesalahan pada program atau desain HMI. Untuk sementara HMI yang digunakan berasal dari layar laptop dengan bantuan perangkat lunak CX-Designer.



Gambar 4.7. Software CX-Designer penunjang CX-Programmer untuk HMI.  
(Sumber : Dokumentasi Pribadi.)

### 4.5.3. Perangkat Lunak

Perangkat lunak atau software yang digunakan selama proses pengerjaan adalah CX-Programmer 9.3. Gambar 4.3. menampilkan perangkat lunak yang digunakan berupa CX-Programmer 9.3. Perangkat lunak ini digunakan untuk kebutuhan perancangan dan pembuatan bahasa pemrograman untuk sistem kontrol suhu bahan bakar HFO. Program ini dipilih menyesuaikan dengan perangkat keras yang ada yaitu OMRON CPM2A. selain itu pembuatan bahasa pemrograman dengan CX-Programmer bisa dibilang lebih mudah jika dibandingkan dengan program pabrikan yang lain. Meskipun desain HMI dari CX-Programmer tidak dapat dibuat dalam 1 perangkat lunak dan harus dengan bantuan program CX-Designer. Pertimbangan yang lain karena CX-Programmer lebih ringan beban terhadap komputer/laptop dengan spesifikasi yang rendah.



Gambar 4.8. CX-Programmer 9.3.  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

## 4.6. Proses Kerja CX-Programmer dengan OMRON CPM2A

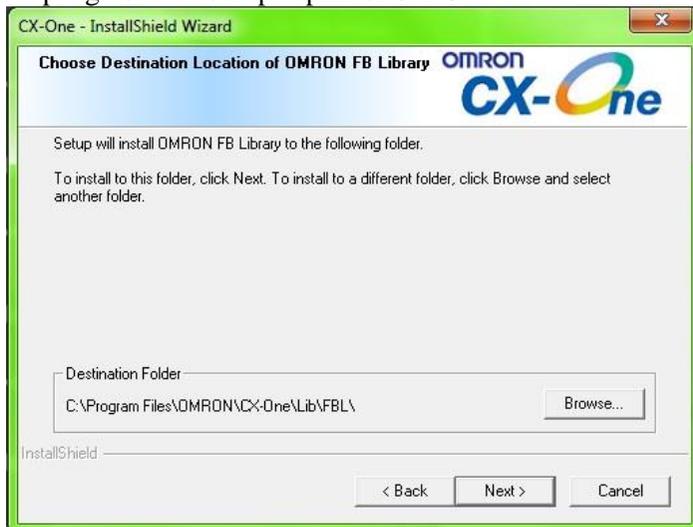
Setelah logika kerja telah dibuat, penentuan perangkat lunak dan perangkat keras telah ditentukan, selanjutnya adalah pembuatan pemrograman secara berurutan sesuai dengan yang telah direncanakan. Pada pengerjaan tugas akhir ini, perangkat lunak yang digunakan adalah CX-Programmer 9.3. Program ini dijalankan pada laptop Asus X455L dengan Operating System (OS) Intel Corei3 dan Random Access Memory (RAM) sebesar 2 GB.

Bahasa pemrograman yang digunakan untuk sistem kontrol suhu bahan bakar HFO pada CX-Programmer adalah ladder diagram. Pertimbangan yang digunakan karena ladder diagram merupakan bahasa pemrograman yang mudah jika dibandingkan dengan bahasa pemrograman yang lainnya.

### 4.6.1. Penginstalan Software

Tahap pertama yang harus dilakukan adalah menginstall perangkat lunak CX-Programmer 9.3 pada PC atau laptop. Gambar 4.9. merupakan salah satu proses penginstalan software pada komputer. Pada saat penginstalan CX-Programmer,

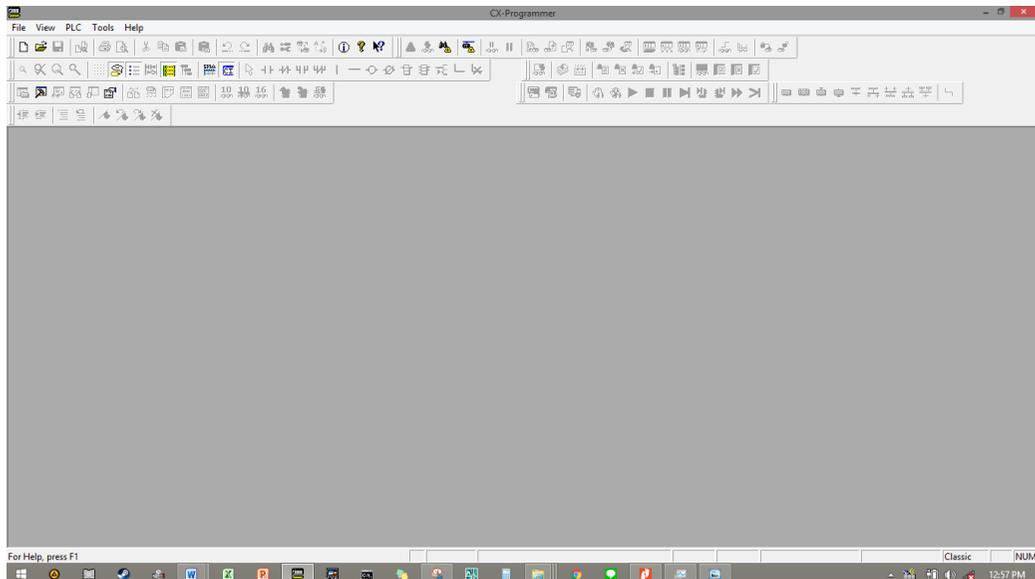
perangkat lunak HMI yaitu CX-Designer akan terinstall bersamaan dengan CX-Programmer karena sudah termasuk dalam satu paket saat penginstalan. Aplikasi yang digunakan untuk penginstalan berupa aplikasi CX-One 4.2.



Gambar 4.9. Proses instalasi software CX-One.  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

#### 4.6.2. Tampilan Awal CX-Programmer

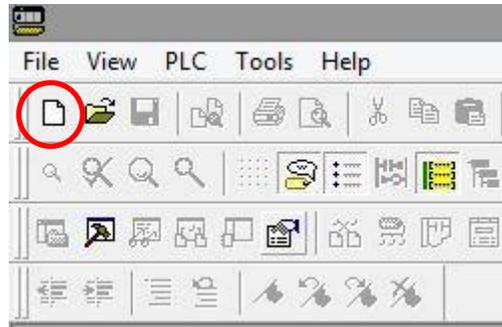
Setelah penginstalan selesai, program CX-Programmer 9.3 dapat diakses melalui desktop atau local disk C dimana program diinstall. Tampilan awal pada saat mengakses program dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10. Tampilan awal CX-Programmer 9.3.  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

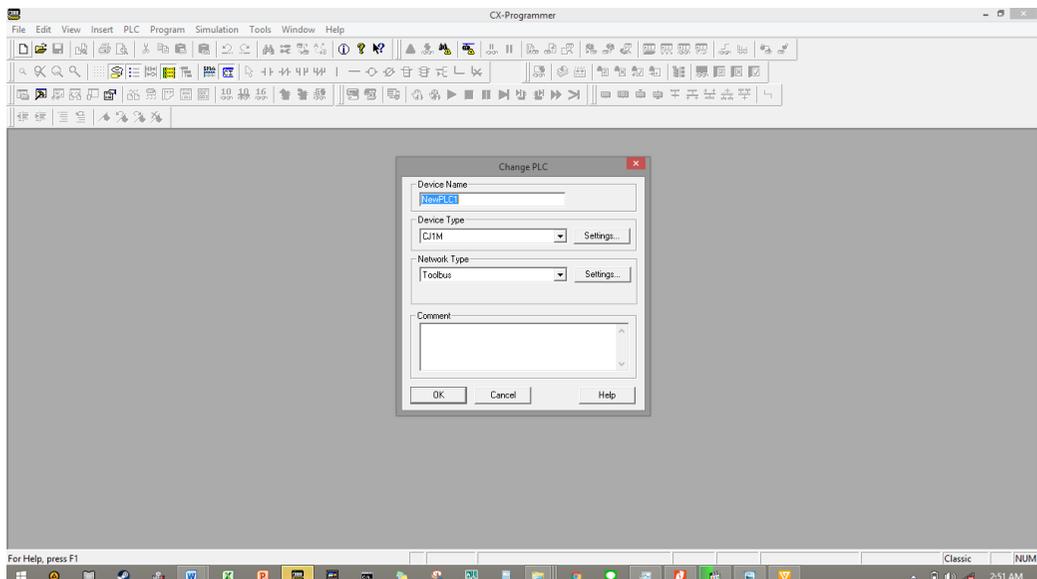
#### 4.6.3. Pembuatan Project Baru

Tahap awal pemrograman adalah membuat halaman kerja baru. Halaman kerja baru dapat dibuat dengan memilih menu New pada tampilan awal program atau dengan menekan Ctrl+N. Pada gambar 4.11. terdapat menu untuk membuat halaman kerja baru.

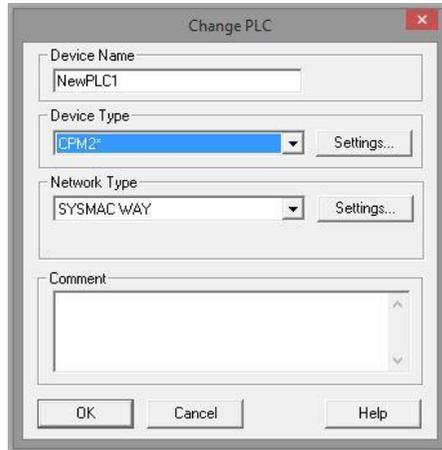


Gambar 4.11. Menu New untuk membuat halaman kerja baru.  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

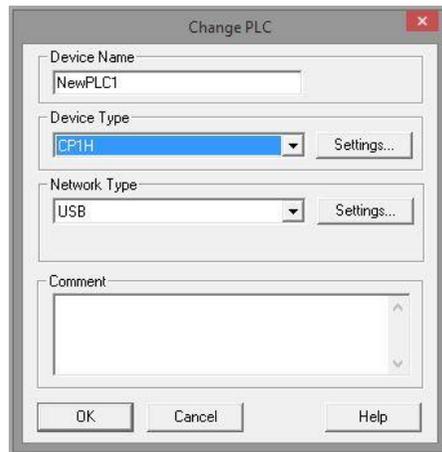
Selanjutnya akan keluar menu untuk menentukan tipe PLC dan network yang akan kita gunakan. Jika pembuatan program bertujuan untuk diaplikasikan menuju perangkat keras, pemilihan tipe disesuaikan dengan tipe perangkat keras yang ada. Jika pembuatan program bertujuan hanya untuk simulasi dengan HMI, hanya tipe PLC yang menyediakan network USB yang dipilih untuk simulasi. Pada pengerjaan tugas akhir ini, tipe PLC yang digunakan adalah CPM2A. Sehingga tipe CPM2\* yang dipilih dengan network Sysmac Way. Setelah pemilihan dilakukan, akan muncul tampilan project baru dari CX-Programmer untuk memulai pembuatan program.



Gambar 4.12. Tampilan pemilihan tipe PLC dan network.  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

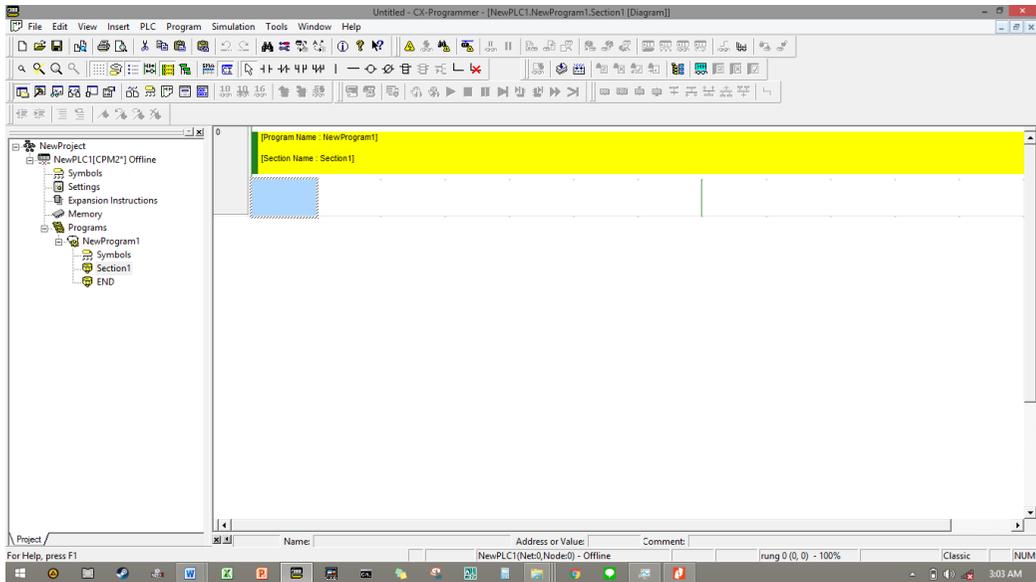


Gambar 4.13. Pemilihan tipe PLC CPM2\* karena pengerjaan dilakukan dengan perangkat lunak.  
(Sumber : dokumentasi pribadi)



Gambar 4.14. Pemilihan Tipe PLC dengan network USB karena pengerjaan tidak membutuhkan perangkat keras.  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

Pada gambar 4.12. ditampilkan menu untuk memilih jenis PLC yang akan dibuat ladder diagramnya dengan pemilihan jenis jaringan. Pada gambar 4.13. pemilihan dilakukan pada tipe cpm2a yang sesuai dengan perangkat keras PLC yang digunakan pada tugas akhir ini. Gambar 4.14. merupakan contoh dari pemilihan jenis PLC tanpa perangkat keras dan menggunakan jaringan tipe USB. Pada gambar 4.15. ditampilkan lembar kerja awal pada CX-Programmer yang dapat langsung dimasukkan bahasa pemrograman yang diinginkan sesuai dengan logika kerja.

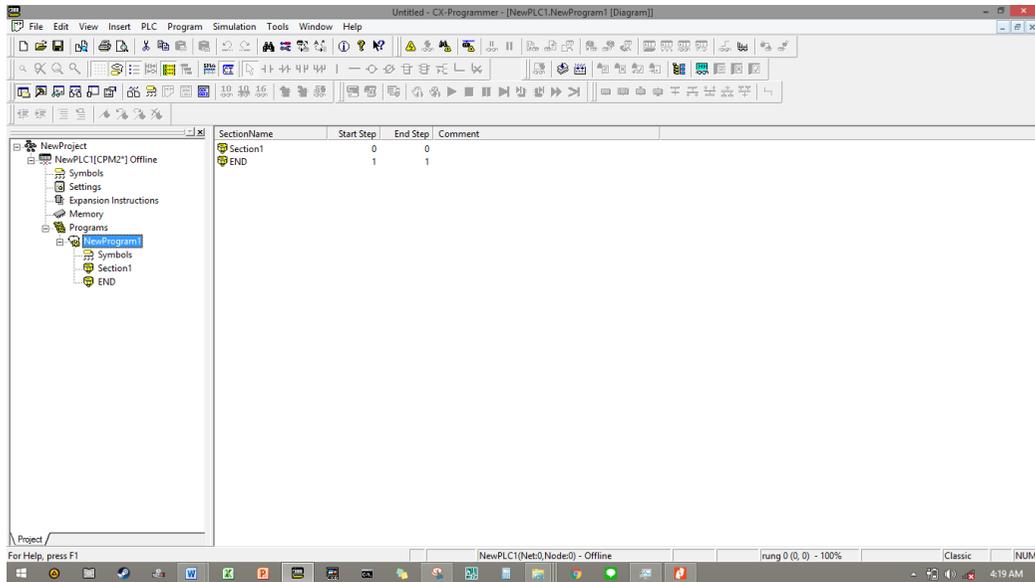


Gambar 4.15. Tampilan awal project baru dari CX-Programmer.  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

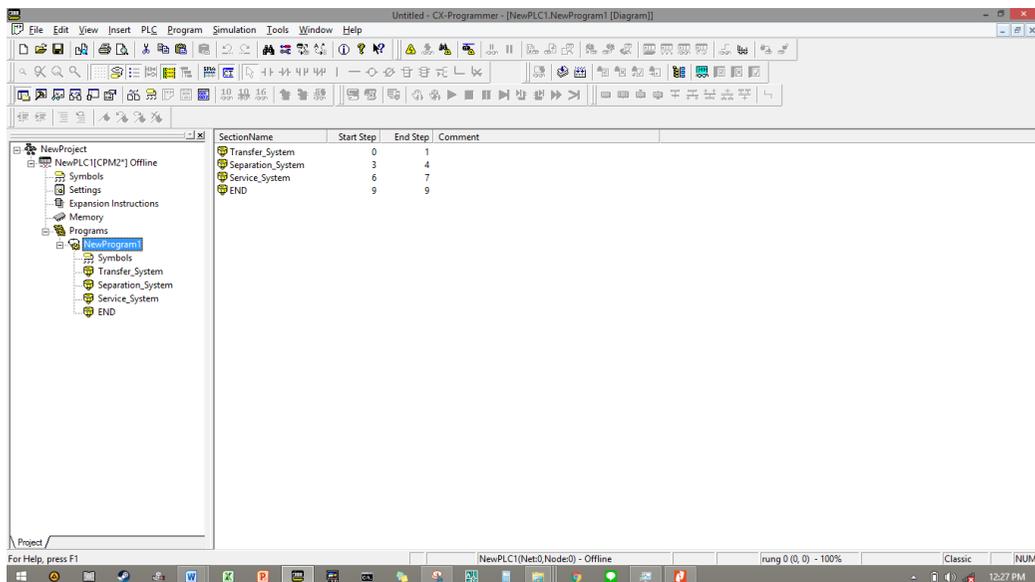
#### 4.6.4. Pembuatan Sequence

Pada suatu sistem di kapal tentunya tidak hanya terdiri dari satu subsistem. Terdapat beberapa subsistem yang membangun suatu sistem utuh. Untuk sistem kontrol suhu bahan bakar HFO di kapal, terdapat beberapa subsistem seperti sistem transfer, sistem separasi, sistem servis, dan sistem kontrol suhu. Dalam pembuatan ladder diagram tidak memungkinkan untuk menjadikan semua subsistem dalam satu halaman kerja. Tentu akan membingungkan dan terlalu akan banyak rung (anak tangga) dalam satu halaman kerja. Untuk itu dibuatlah sequence yang memisahkan setiap subsistem namun masih dalam satu file program dan saling terhubung satu sama lain. Hal ini bertujuan untuk mengurangi tingkat kepadatan rung dan perintah kerja dalam satu halaman kerja. Berikut langkah dalam pembuatan sequence untuk memecah suatu sistem menjadi beberapa subsistem.

Pada gambar 4.16. terdapat tab yang memuat sekuensial dari sistem yang akan diotomatisasikan. Pembuatan sekuensial dilakukan untuk memudahkan kru memonitoring sistem. Hasil dari pembuatan sekuensial dapat dilihat pada gambar 4.17. dimana sistem bahan bakar kapal sudah dibagi menjadi beberapa sekuensial.



Gambar 4.16. Pembuatan sequence.  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

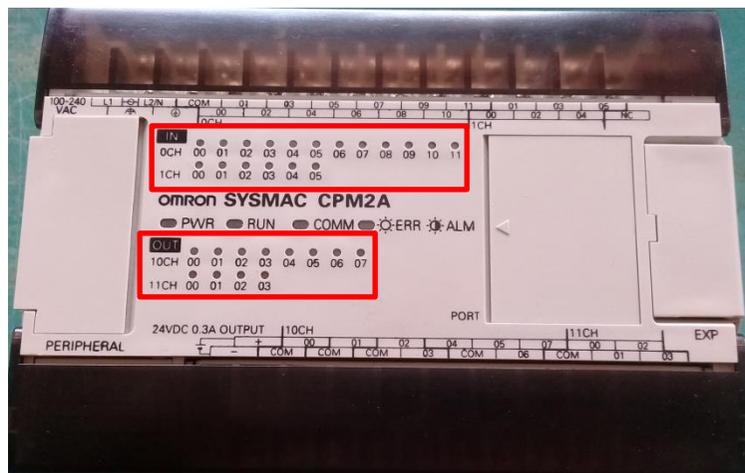


Gambar 4.17. Hasil sequence.  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

Buka tab NewProgram1 untuk memunculkan halaman sequence. Lakukan duplikasi pada sequence Section1 dengan menekan Ctrl+C dan Ctrl+V. Ganti nama setiap sequence sesuai dengan subsistem yang akan dibuat. Hal ini akan memudahkan pembuatan program berdasarkan subsistem yang ada.

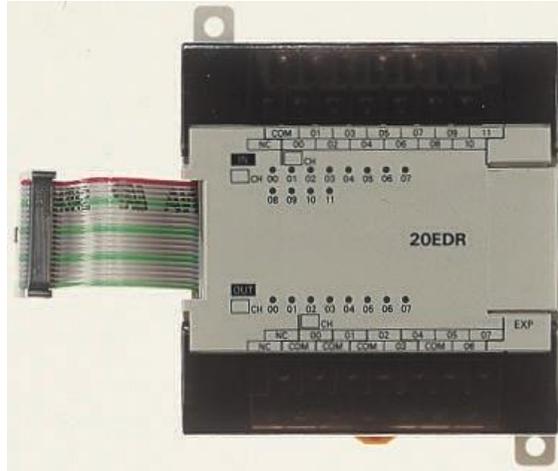
#### 4.6.5. Proses Addressing (Pengalamatan)

Proses pengalamatan atau addressing bertujuan untuk memberi alamat pada setiap perangkat yang akan dikontrol. Sederhananya proses pengalamatan dilakukan untuk merekam semua input dan output dari sistem yang dibuat. Input diberi lambang “I”, seperti I0.0, dan output diberi lambang “Q”, seperti Q10.00. Penomoran alamat input maupun output berdasarkan channel dan port yang tersedia pada perangkat keras. Penomoran alamat yang tidak ada pada modul I/O perangkat keras akan masuk kedalam memori dari PLC. Memori dapat digunakan pada pemrograman PLC. Namun untuk output dari PLC menuju peralatan yang digerakkan, harus melalui channel dan port yang terdapat pada perangkat keras. Contoh channel dan port yang terdapat pada perangkat keras dapat dilihat pada gambar 4.18.



Gambar 4.18. Channel dan port pada OMRON CPM2A.  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

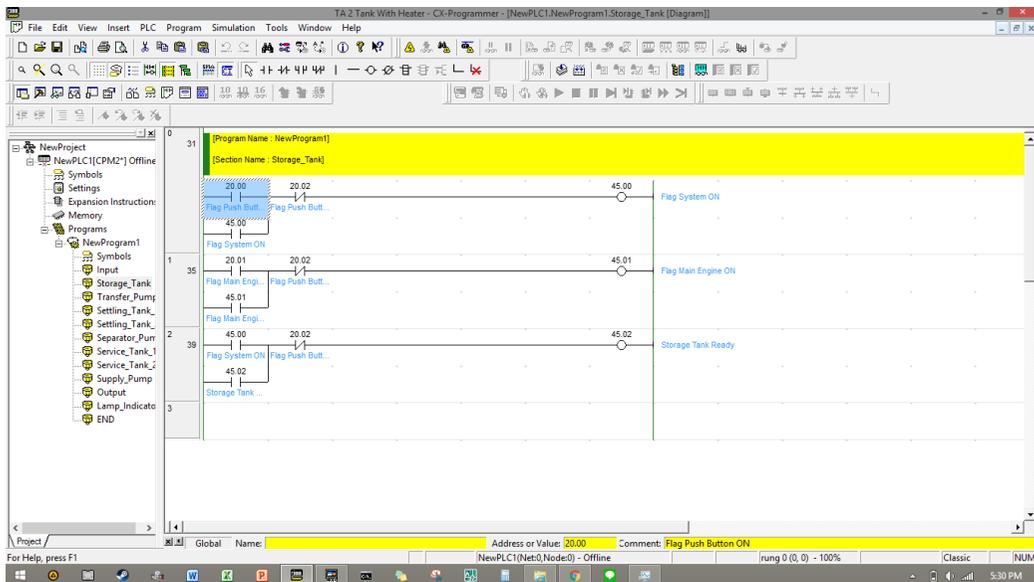
Pada tugas akhir ini digunakan PLC tipe OMRON CPM2A dengan channel 0 dan 1 pada modul input dan channel 10 dan 11 pada modul output. Saat dibutuhkan jumlah input dan output yang banyak, bisa menggunakan tipe PLC dengan modul I/O yang lebih banyak atau dengan menggunakan ekspansi modul I/O. Penggunaan ekspansi modul I/O dipilih berdasarkan tipe PLC yang digunakan. Ekspansi modul I/O hanya menambahkan channel dan port modul I/O. Contoh ekspansi modul I/O dapat dilihat pada gambar 4.19.



Gambar 4.19. Ekspansi modul I/O OMRON CPM2A.  
(Sumber : uk.rs-online.com)

#### 4.6.6. Proses Pemrograman pada PLC

Proses pemrograman PLC dilakukan pada halaman kerja CX-Programmer. Halaman kerja CX-Programmer tersedia untuk pembuatan bahasa pemrograman diagram tangga atau bahasa pemrograman yang lain. Untuk jenis-jenis instruksi terletak pada bagian toolbar atas seperti open contact, close contact, open coil, close coil, dan seterusnya. Tampilan dari halaman pemrograman ditampilkan pada gambar 4.20. Pemrograman dapat dilakukan dengan memilih fungsi yang ada pada toolbar dan sudah dilakukan pemikiran secara logika dari sistem yang akan dibuat.



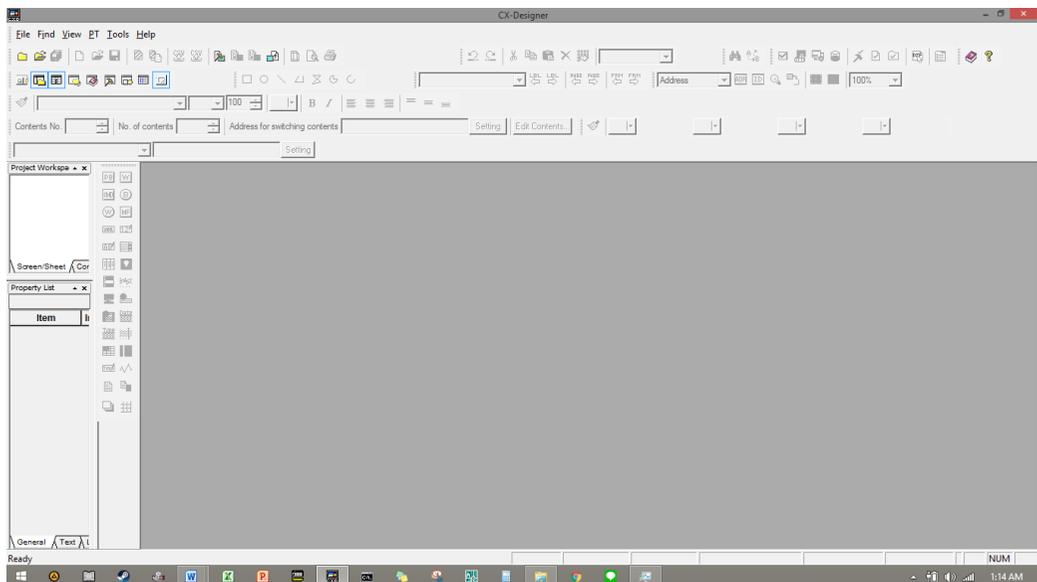
Gambar 4.20. Pemrograman Ladder Diagram pada PLC.  
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

#### 4.7. Proses Kerja CX-Designer sebagai HMI

Pada saat penginstalan software CX-One selesai, CX-Programmer dan CX-Designer akan menjadi satu paket yang dapat terhubung satu sama lain. Setelah pembuatan ladder diagram selesai dilakukan, HMI dibuat untuk memudahkan proses simulasi dari sistem yang ada di lapangan. Sehingga kru tidak perlu mengoperasikan tombol On atau Off sistem dari dalam kamar mesin. Hanya cukup dari engine control room dimana memungkinkan untuk meletakkan kendali dari sistem kontrol bahan bakar di kapal. Selain itu HMI juga berfungsi untuk mengetahui kondisi yang ada di kamar mesin tanpa harus melihatnya secara langsung. Kondisi dari pompa, katup, pemanas, suhu bahan bakar, dan sebagainya.

##### 4.7.1. Tampilan Awal CX-Designer

Setelah penginstalan selesai, program CX-Programmer 9.3 dapat diakses melalui desktop atau local disk C dimana program diinstall. Tampilan awal pada saat mengakses program dapat dilihat pada gambar 4.21.



Gambar 4.21. Tampilan Awal CX-Designer 3.2.

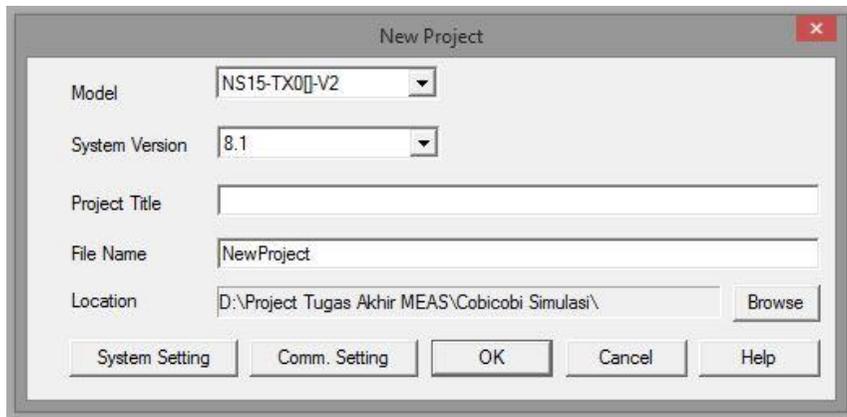
##### 4.7.2. Pembuatan Project Baru

Tahap awal pemrograman adalah membuat halaman kerja baru. Halaman kerja baru dapat dibuat dengan memilih menu New Project pada tampilan toolbar awal program atau dengan menekan menu File – New Project. Pada gambar 4.22. ditampilkan menu untuk membuat project baru pada program HMI CX-Designer.



Gambar 4.22. Menu New untuk membuat Project baru

Setelah pemilihan menu New Project dilakukan, akan muncul menu untuk memilih besar ukuran layar HMI, versi program, judul project, nama file, dan lokasi penyimpanan file. Ukuran layar HMI disesuaikan dengan hardware yang digunakan. Untuk versi software, pilih dengan versi yang paling terbaru. Penamaan judul project, nama file, dan lokasi penyimpanan dilakukan dengan bebas.

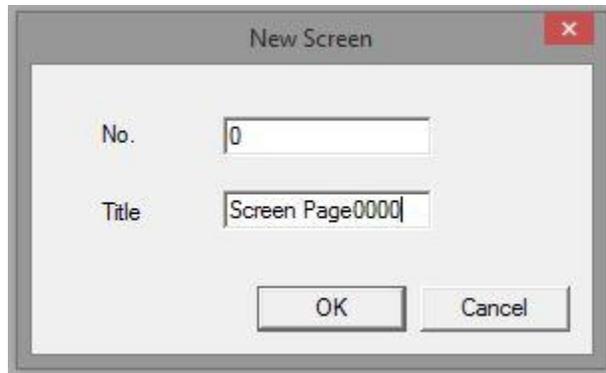


Gambar 4.23. Penentuan setting yang diinginkan

Pada gambar 4.23. memuat menu untuk memilih versi dari sistem, model HMI, judul project, dan lokasi penyimpanan. Menu ini berfungsi untuk membedakan dari setiap project yang dibuat agar tidak membingungkan.

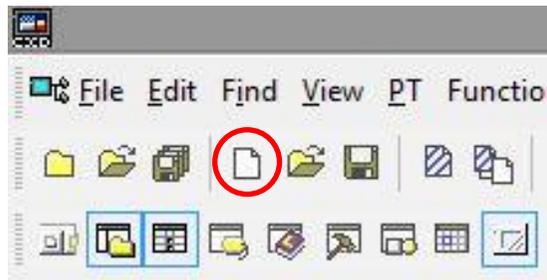
#### 4.7.3. Pembuatan Screen baru

Setelah pengaturan terhadap project dan file dilakukan, menu screen akan muncul untuk menentukan penomoran dan penamaan screen. Screen bertujuan untuk mempermudah tampilan dan membaginya menjadi beberapa sekuensial. Karena pada umumnya sistem yang digunakan sangat kompleks dan tidak ergonomis jika ditampilkan dalam satu layar secara penuh. Maka dari itu screen dibuat untuk membagi tampilan sistem menjadi beberapa sekuensial.



Gambar 4.24. Penomoran dan penamaan screen

Untuk penambahan jumlah screen bisa dilakukan dengan menekan menu New Screen yang ada di tool bar atau dengan menekan File – New Screen atau dengan shortcut Ctrl + N.

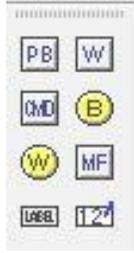


Gambar 4.25. Menu New untuk pembuatan screen baru

Pada gambar 4.24. ditampilkan penambahan dan penamaan pada screen untuk mempermudah pembagian sistem menjadi beberapa sekuensial berupa screen. Dan gambar 4.25. merupakan tampilan menu pembuatan screen baru yang terletak pada toolbar.

#### 4.7.4. Pembuatan Push Button, Command Button, Bit Lamp, dan Proses Pengalamatan

Pada program CX-Designer terdapat banyak sekali fungsi yang dapat dibuat. Pada tugas akhir ini dilakukan dengan tampilan sederhana untuk membantu memonitor proses kerja dari sistem kontrol suhu dan transfer bahan bakar HFO pada kapal. Komponen sederhana yang dibutuhkan berupa push button, bitlamp, dan command button. Pada gambar 4.26. terdapat simbol pembuatan push button, bitlamp, dan command button pada toolbar untuk mempercepat proses pembuatan.

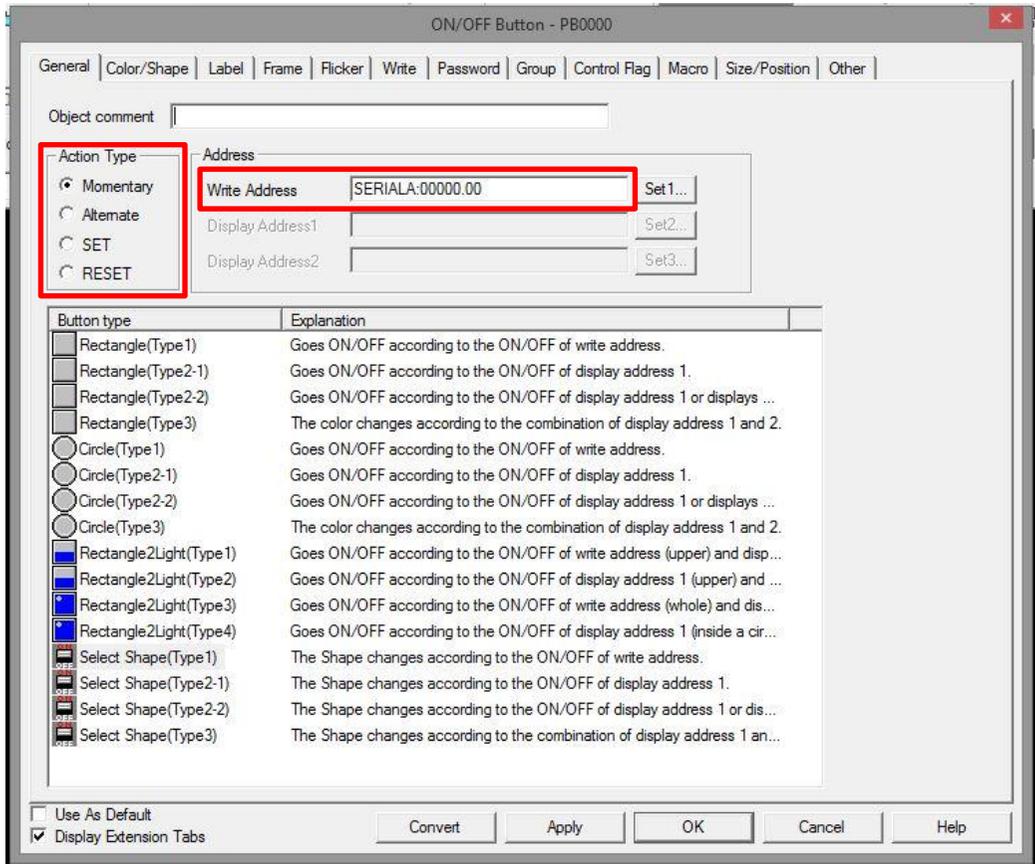


Gambar 4.26. Push button, Command button, dan bitlamp pada toolbar.

### 1. Push Button

Push button berfungsi sebagai input pada PLC. Pada umumnya membutuhkan trigger dari hardware seperti push button, switch, level sensor, kontaktor relay, dan sebagainya. Ada 2 tipe dari jenis input push button yaitu push button dan switch button. Push button akan menutup rangkaian dan mengalirkan aliran arus jika kita terus menekannya. Ketika terlepas, aliran akan terputus. Untuk switch button memiliki fungsi kerja seperti saklar hanya dengan sekali tekan, maka rangkaian akan selalu tertutup dan mengalirkan arus. Pada CX-Designer, push button diindikasikan dengan momentary dan switch button diindikasikan dengan alternate button. Klik 2x desain push button yang sudah dibuat untuk melakukan pengaturan terhadap jenis push button.

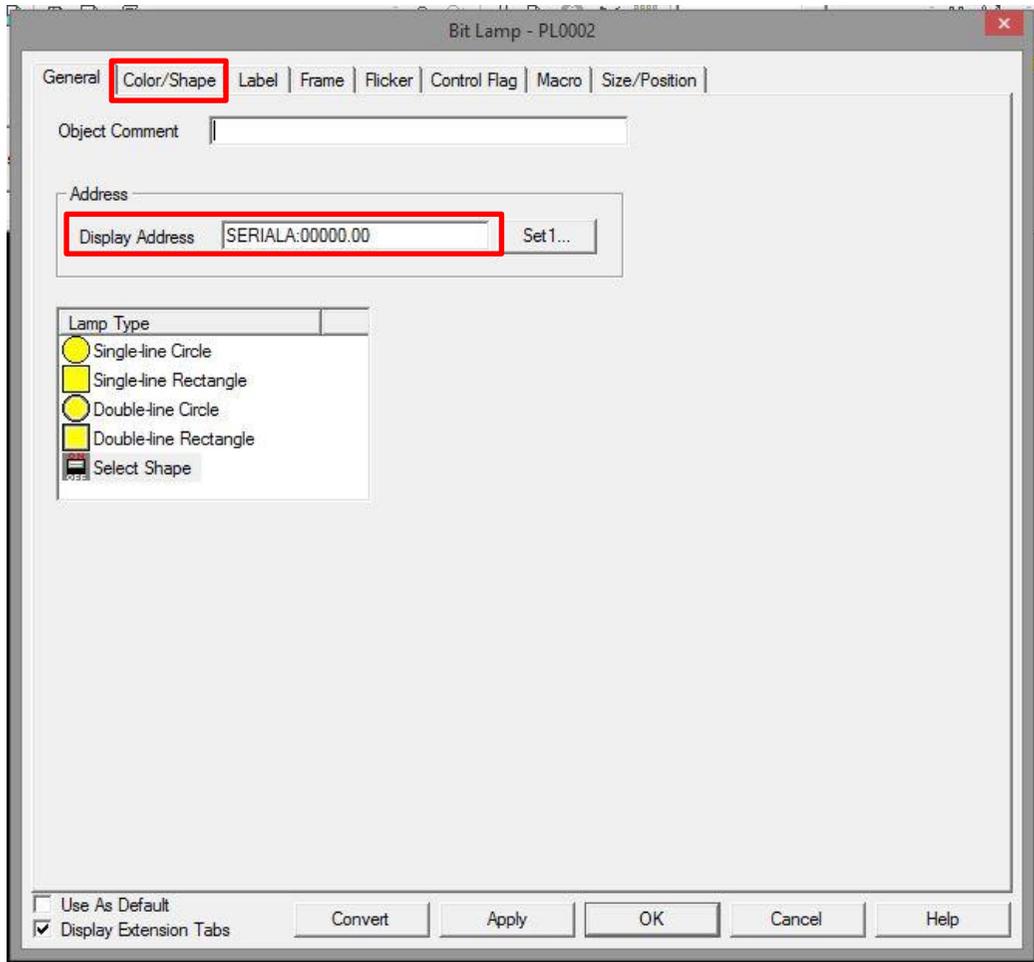
Untuk pengalamatan pada push button disesuaikan dengan ladder diagram yang sudah dibuat sebelumnya. Pengalamatan hanya dengan mengganti nomor serial dari push button sesuai dengan input yang diinginkan. Contoh dari push button dapat dilihat pada gambar 4.27.



Gambar 4.27. Pemilihan jenis dan pengalamatan dari push button

## 2. Bit Lamp

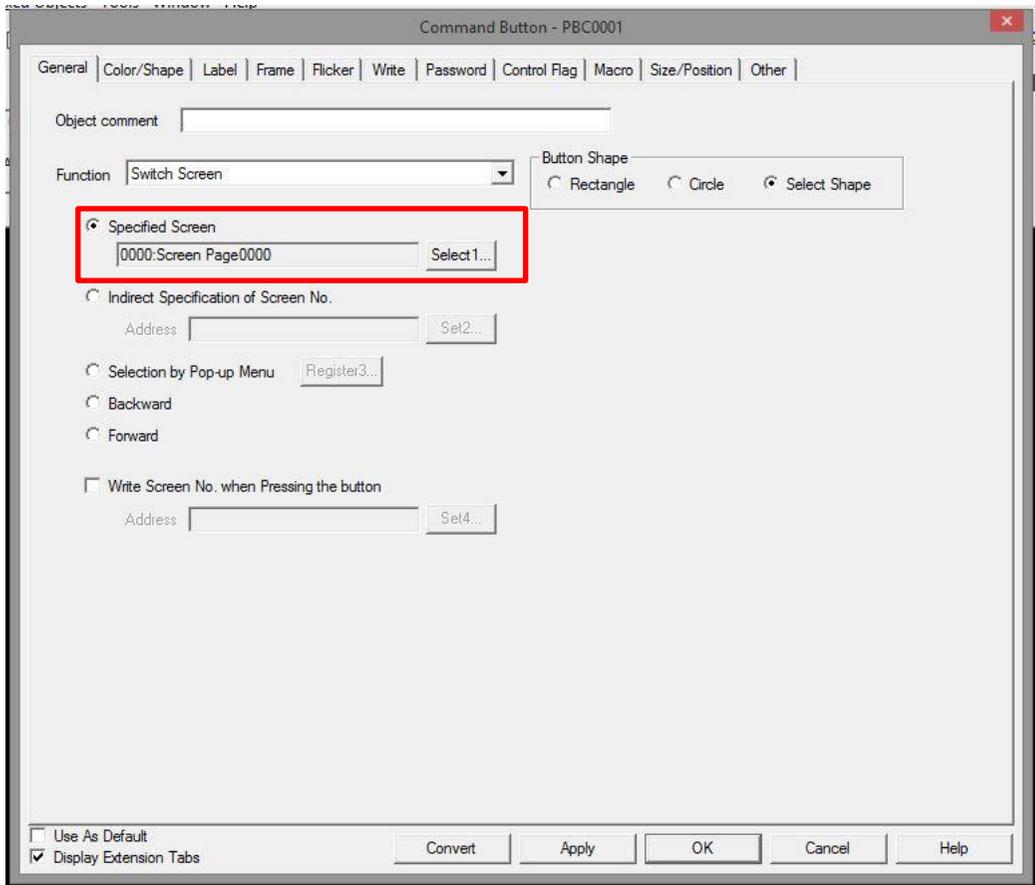
Bit lamp berfungsi sebagai indikator output pada HMI. Bitlamp bisa mewakili segala jenis output. Seperti lampu, motor, pompa, pemanas, dan sebagainya. Terdapat dua kondisi dari bitlamp. Saat on dan saat off yang dipengaruhi oleh ladder diagram yang sudah dibuat. Desain dari bitlamp dipilih dan disesuaikan dengan output yang ada. Seperti lampu atau pompa. Pemilihan desain dapat dilakukan pada tab color/shape dan pengalamatan diberikan sesuai dengan ladder diagram yang sudah dibuat sebelumnya. Contoh dari bitlamp dapat dilihat pada gambar 4.28.



Gambar 4.28. Pemilihan desain dan pengalamatan dari bitlamp

### 3. Command Button

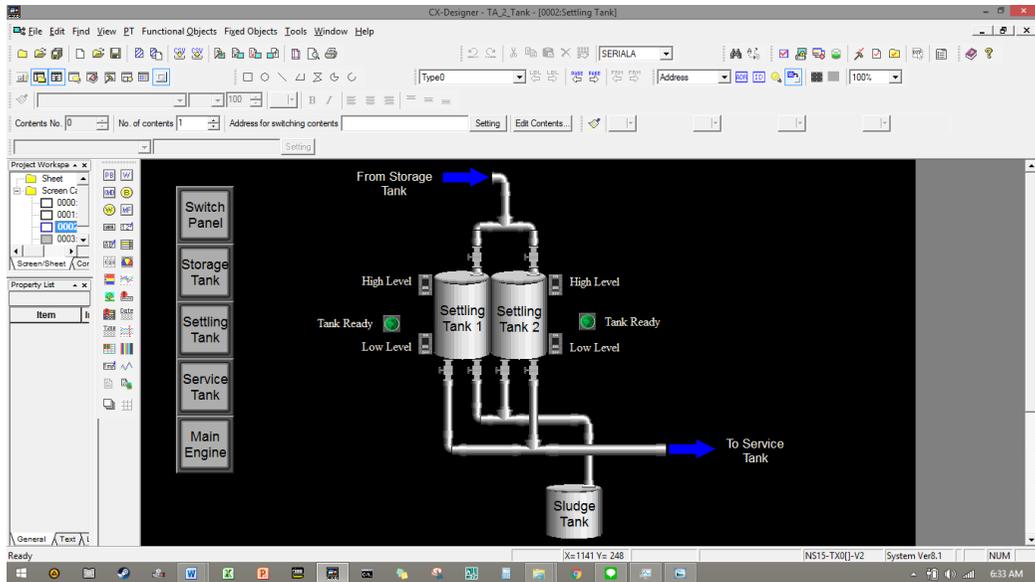
Command button berfungsi untuk berpindah antar screen. Tujuannya untuk mempermudah kru dalam memonitoring sistem yang sedang bekerja. Screen dibuat untuk memisahkan sistem menjadi beberapa sekuensial untuk menyederhanakan sistem yang kompleks. Pengalamatan dilakukan untuk menentukan screen mana yang akan dibuka jika kita menekan command button tersebut. Contoh dari comand button dapat dilihat pada gambar 4.29.



Gambar 4.29. Pengalamatan command button

#### 4.7.5. Proses Pemrograman pada HMI

Proses pemrograman dilakukan dengan membuka program CX-Designer yang terinstal bersamaan dengan CX-Programmer. Pembuatan desain dilakukan sesuai sistem yang akan dilakukan otomatisasi. Sistem yang kompleks akan dibagi menjadi beberapa sekuensial dan beberapa screen untuk mempermudah monitoring oleh kru kapal. Desain harus dibuat sedetail mungkin dan sesuai dengan ladder maupun hardware yang ada di lapangan. Tampilan dari salah satu screen dan sekuensial dari sistem ditampilkan pada gambar 4.30.



Gambar 4.30. Salah satu screen skensial sistem

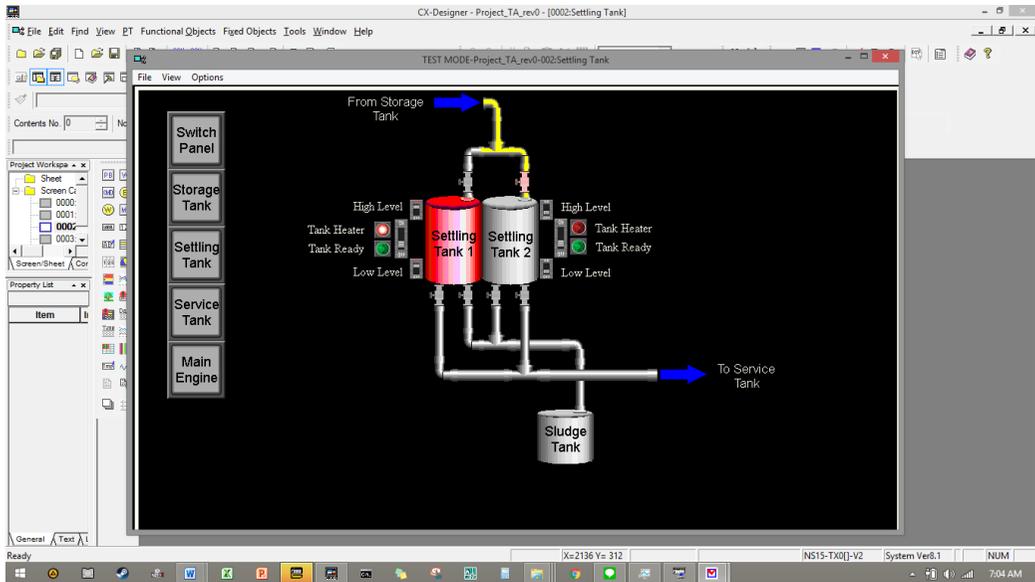
#### 4.7.6. Proses Simulasi Program dengan HMI

Simulasi dari program dengan HMI dilakukan untuk mengetahui apakah ladder diagram yang dibuat dan desain HMI yang digambar sudah sesuai atau belum dengan sistem yang kita inginkan. Saat melakukan perubahan terhadap desain HMI, harus selalu dilakukan penyimpanan untuk memastikan desain HMI selalu diperbarui oleh sistem. Untuk melakukan simulasi, tekan program Start PLC-PT Integrated Simulation pada CX-Programmer. Tampilan program dapat dilihat pada gambar 4.31.



Gambar 4.31. Simbol Start PLC-PT Integrated Simulation untuk melakukan simulasi HMI.

HMI akan dijalankan sesuai dengan ladder dan desain yang telah dibuat. HMI akan berjalan dengan baik apabila ladder sudah sesuai dan tidak terdeteksi error maupun peringatan. Selain itu juga pengalamatan pada HMI sudah sesuai dengan ladder diagram yang sudah dibuat. Tampilan simulasi program dengan HMI ditampilkan pada gambar 4.32.



Gambar 4.32. Tampilan simulasi program dengan HMI.

#### 4.8. Konversi Logika Kerja menjadi Ladder Diagram

Konversi logika kerja menjadi ladder diagram merupakan proses pembuatan program yang didasari dengan kinerja sistem. Kinerja sistem yang telah dipaparkan pada sub-bab 4.3 kemudian akan dibuat fungsi input-output yang mewakili sistem yang telah direncanakan. Pembuatan program otomatisasi sistem dibuat pada software CX

Programmer versi 9.3. selama proses pemrograman berlangsung, program akan disimulasikan dengan software CX-Designer versi 3.2 untuk memastikan semua fungsi kerja sebab akibat dan modul I/O sesuai dengan yang sudah direncanakan. Semua fungsi-fungsi dikerjakan secara sekuensial dan dibedakan sesuai kondisi pada setiap tangki. Semua fungsi secara utuh akan dimuat pada lampiran.

##### 4.8.1. Ladder Diagram untuk *Storage Tank to Settling Tank*

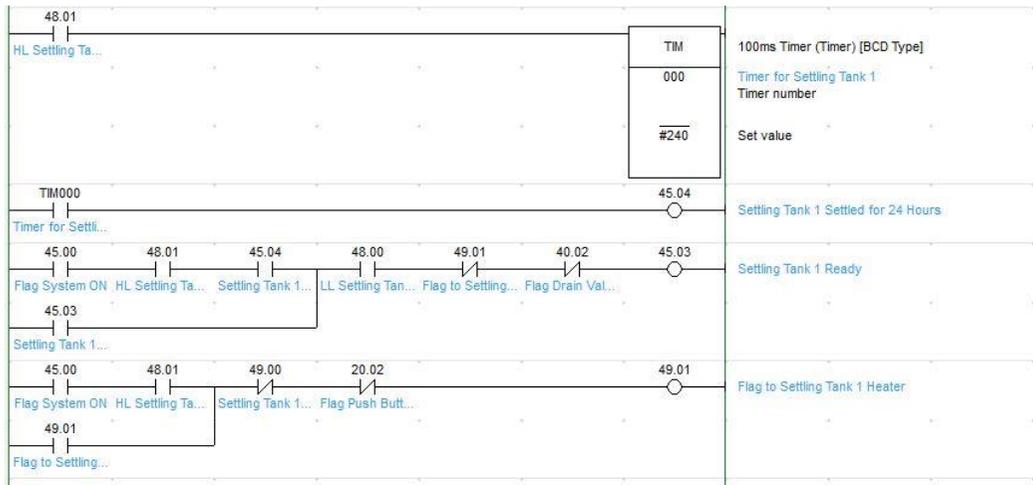
Ladder diagram storage tank to settling tank atau bisa disebut sistem transfer merupakan fungsi yang memungkinkan sistem transfer bahan bakar dari storage tank menuju settling tank dapat dijalankan secara sekuensial. Peralatan yang dikontrol berupa katup pada storage tank, heater pada storage tank, katup pada settling tank, pompa transfer. Kondisi yang menjadi dasar adalah kebutuhan dari settling tank serta ketersediaan bahan bakar di storage tank. Sehingga dibutuhkan input berupa ketercapaian suhu didalam storage tank serta low level dan high level sensor pada settling tank. Ladder diagram untuk sistem transfer akan ditampilkan pada gambar 4.33.



Gambar 4.33. Salah satu ladder diagram sistem transfer  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

**4.8.2. Ladder Diagram untuk *Settling Tank to Service Tank***

Ladder diagram settling tank to service tank atau disebut sistem separasi merupakan fungsi yang memungkinkan sistem separasi bahan bakar dari settling tank menuju service tank dapat dijalankan secara sekuensial. Peralatan yang dikontrol adalah katup pada settling tank, pemanas pada settling tank, katup pada service tank, katup sludge pada settling tank, pompa separator, pemanas separator, dan separator. Kondisi yang menjadi dasar adalah kebutuhan dari service tank, dan ketersediaan dari settling tank. Sehingga diperlukan input berupa low level dan high level pada settling tank, low level dan high level sensor pada service tank, serta ketercapaian suhu didalam settling tank. Ladder diagram untuk sistem separasi akan ditampilkan pada gambar 4.34.



Gambar 4.34. Salah satu diagram proses pengendapan pada settling tank  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

\*) *Time Set Value*#0240 menandakan waktu 24 detik untuk proses pengendapan pada simulasi. Untuk proses sebenarnya akan dilakukan selama 24 jam.

#### 4.8.3. Daftar Input Output setelah Pemrograman *Ladder Diagram*

Input dan output merupakan rincian peralatan apa saja yang akan dikontrol oleh PLC pada aplikasi otomatisasi kontrol suhu bahan bakar HFO pada kapal. Tujuannya untuk mempermudah dalam pengecekan trouble shooting serta penentuan jumlah modul I/O pada hardware PLC. Tabel input dan output yang akan diprogram dalam Ladder Diagram PLC ditampilkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Daftar Input dan Output Sistem

<b>Digital Input</b>		
No	Alamat	Nama Peralatan
1	I0.00	Tombol ON
2	I0.01	Tombol Main Engine ON
3	I0.02	Tombol OFF
4	I0.03	Low Level Settling Tank 1
5	I0.04	High Level Settling Tank 1
6	I0.05	Low Level Settling Tank 2
7	I0.06	High Level Settling Tank 2
8	I0.07	Low Level Service Tank 1
9	I0.08	High Level Service Tank 1
10	I0.09	Low Level Service Tank 2
11	I0.10	High Level Service Tank 2
12	I1.00	PID Thermometer Settling Tank 1
13	I1.01	PID Thermometer Settling Tank 2
14	I1.02	PID Thermometer Service Tank 1
15	I1.03	PID Thermometer Service Tank 2
<b>Digital Output</b>		
No	Alamat	Nama Peralatan
1	Q10.00	Katup sebelum settling tank 1
2	Q10.01	Katup sebelum settling tank 2
3	Q10.02	Katup pengurusan settling tank 1
4	Q10.03	Katup pengurusan settling tank 2
5	Q10.04	Katup setelah settling tank 1
6	Q10.05	Katup setelah settling tank 2
7	Q10.06	Katup sebelum service tank 1
8	Q10.07	Katup sebelum service tank 2
9	Q11.00	Katup setelah service tank 1
10	Q11.01	Katup setelah service tank 2
11	Q11.02	Pompa transfer
12	Q11.03	Pompa separator
13	Q11.04	Pompa suplai
14	Q11.05	Pemanas Settling Tank 1

15	Q11.06	Pemanas Settling Tank 2
16	Q11.07	Pemanas Service Tank 1
17	Q11.08	Pemanas Service Tank 2

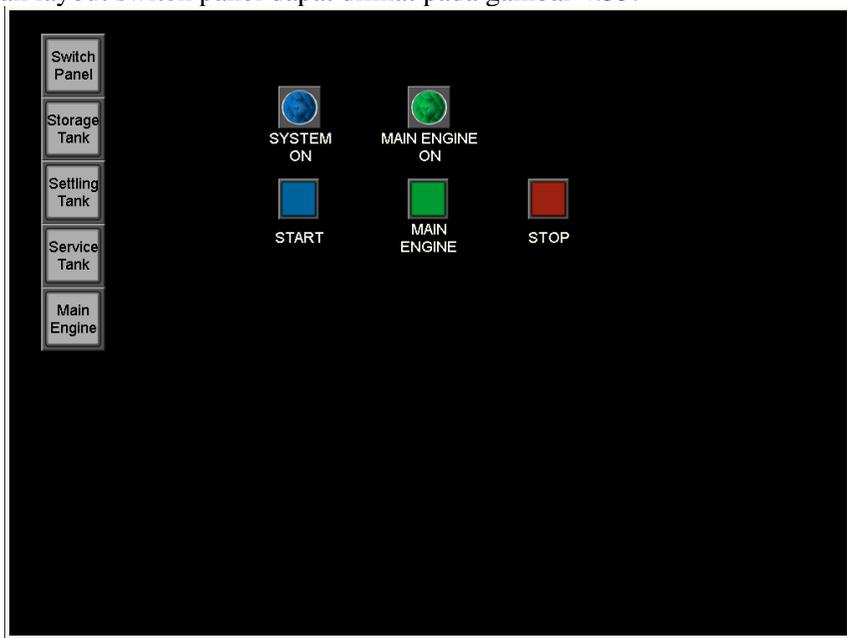
#### 4.9. Layout Human Machine Interface (HMI)

Layout Human Machine Interface (HMI) merupakan layout dari panel layar sentuh yang memungkinkan kru untuk mengendalikan dan memonitoring sistem bahan bakar di kapal. Tampilan dari HMI harus dibuat sesederhana mungkin untuk memudahkan kru dalam mengoperasikan sistem dan memonitoring apa yang sedang terjadi pada sistem bahan bakar. Karena sistem yang sangat kompleks, tampilan dari sistem bahan bakar dibagi menjadi beberapa sekuensial dan dibuat beberapa screen.

Pertimbangannya dengan layar sentuh yang tidak terlalu besar dan banyaknya peralatan yang harus dimonitoring oleh kru membuat sistem harus dibagi menjadi beberapa subsistem yaitu subsistem transfer, separasi, dan suplai. Tampilan direncanakan sesuai dengan jalannya sistem dan pertimbangan kemudahan akses bagi kru kapal.

##### 4.9.1. Layout Switch Panel

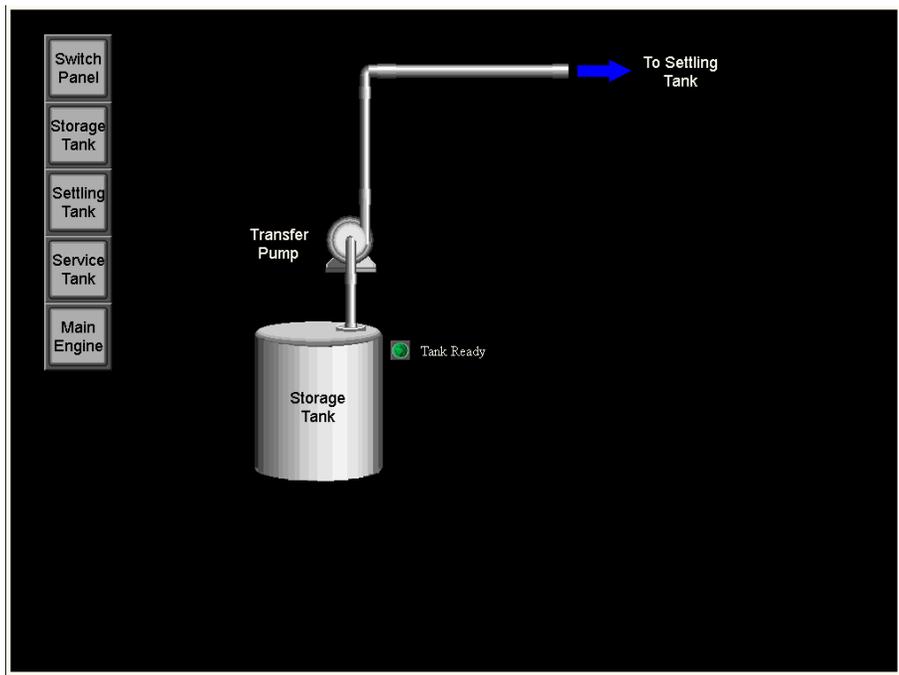
Layout switch panel merupakan tampilan awal dari HMI. Pada saat awal pengoperasian sistem, layout ini yang akan muncul pertama. Pada layout switch panel terdapat tombol ON untuk sistem, ON untuk main engine, dan OFF. Selain itu terdapat indikator lampu untuk mengetahui apakah sistem dan main engine sudah menyala. Untuk mengoperasikan dan memonitoring sub sistem yang lain, kru dapat berpindah screen dengan menekan command button yang terdapat disebelah kiri dari layar. Tampilan layout switch panel dapat dilihat pada gambar 4.35.



Gambar 4.35. Tampilan layout switch panel

#### 4.9.2. Layout Sistem Transfer

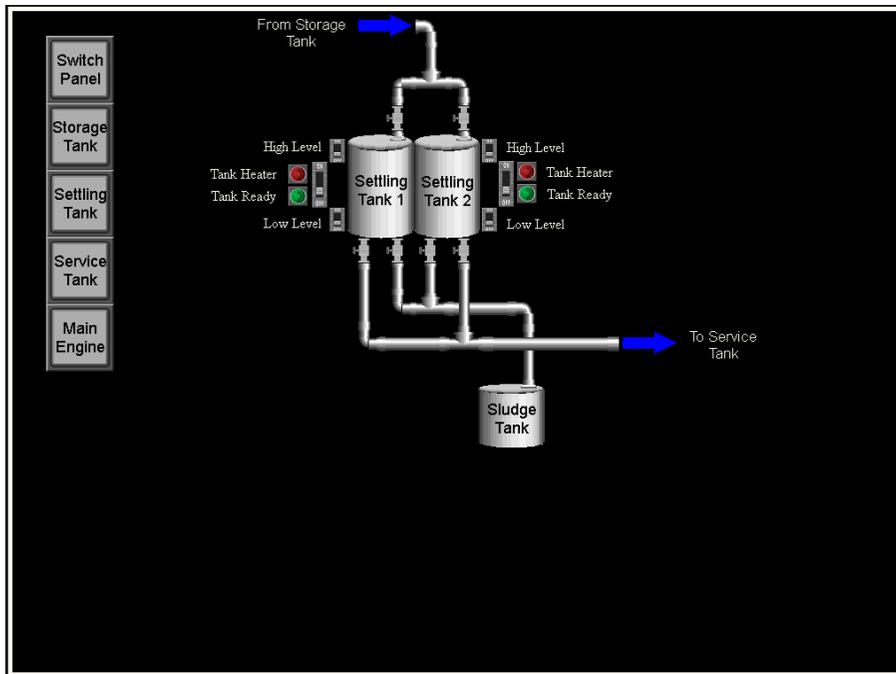
Layout sistem transfer menampilkan sistem transfer bahan bakar dari storage tank menuju settling tank. Pada layout sistem transfer, kru dapat melihat storage tank, pompa transfer yang menuju settling tank. Semua perangkat diintegrasikan satu sama lain sehingga menampilkan proses transfer yang sedang berjalan. Saat sistem dijalankan dan kondisi settling tank kosong, pompa akan menyala dan mengalirkan bahan bakar dari storage menuju settling tank. Tampilan layout sistem transfer dapat dilihat pada gambar 4.36.



Gambar 4.36. Tampilan layout sistem transfer

#### 4.9.3. Layout Sistem Separasi

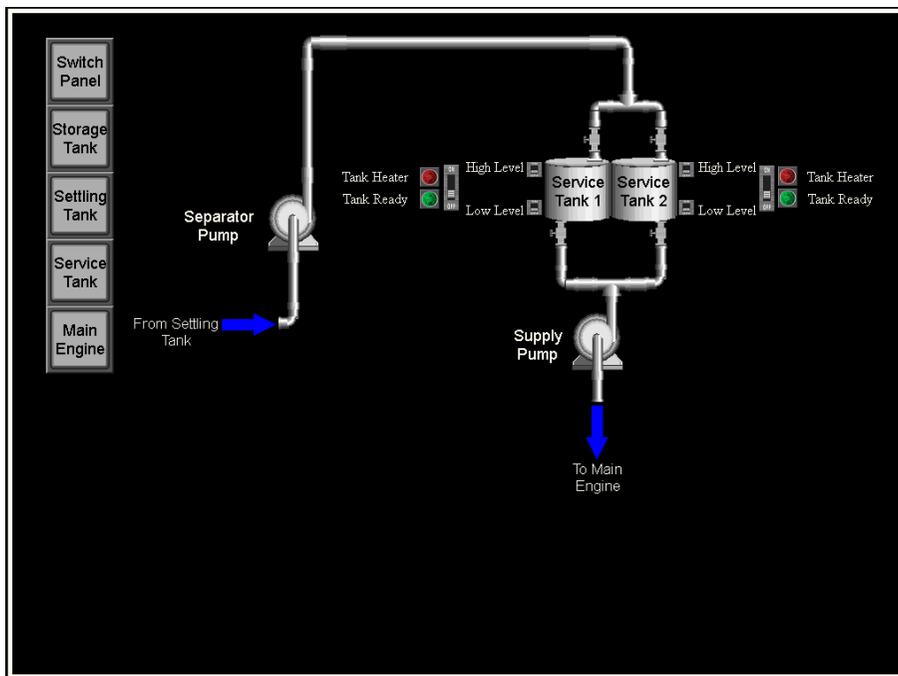
Layout sistem separasi menampilkan sistem separasi bahan bakar dari settling tank menuju service tank. Pada layout sistem separasi, kru dapat melihat dua buah settling tank, satu buah sludge tank, pompa separasi yang menuju service tank, indikator pemanas, dan katup-katup. Semua peralatan yang ada bekerja sesuai dengan logika kerja yang sudah dibuat untuk memenuhi kebutuhan dari service tank melalui beberapa treatment bahan bakar. Saat sistem diaktifkan, layout akan menunjukkan tangki dan katup mana yang akan dialiri oleh bahan bakar sesuai dengan urutan kerja pada ladder diagram. Layout ini juga menampilkan ketersediaan bahan bakar pada settling tank, waktu pengendapan, proses pengisian settling tank, proses pemanasan bahan bakar settling tank, dan proses pembuangan endapan atau sludging. Tampilan layout sistem separasi dapat dilihat pada gambar 4.37.



Gambar 4.37. Tampilan layout sistem separasi

#### 4.9.4. Layout Sistem Suplai

Layout sistem suplai menampilkan sistem suplai bahan bakar dari service tank menuju main engine. Pada layout sistem suplai, kru dapat melihat dua buah service tank, pompa, dan katup-katup. Semua peralatan yang ada bekerja sesuai dengan logika kerja yang sudah dibuat untuk memenuhi kebutuhan dari main engine. Saat sistem diaktifkan, layout akan menunjukkan tangki dan katup mana yang akan dialiri oleh bahan bakar sesuai dengan urutan kerja pada ladder diagram. Layout ini juga menampilkan ketersediaan bahan bakar pada service tank, proses pengisian service tank, dan proses pengaliran bahan bakar menuju main engine. Tampilan layout sistem suplai dapat dilihat pada gambar 4.38.



Gambar 4.38. Tampilan layout sistem suplai.

#### 4.10. Komponen Perangkat Keras Sistem Transfer dan Kontrol Suhu Bahan Bakar HFO

Pada perancangan desain prototype sistem kontrol suhu dan transfer bahan bakar dibutuhkan beberapa peralatan yang menunjang terbentuknya suatu prototype dari sistem. Peralatan tersebut bisa berupa input, output, maupun prosesor. Jenis dan jumlah dari hardware disesuaikan dengan input output ladder diagram yang sudah dibuat. Tabel jumlah hardware yang akan digunakan sesuai dengan sistem yang telah direncanakan akan ditampilkan pada tabel 4.3.

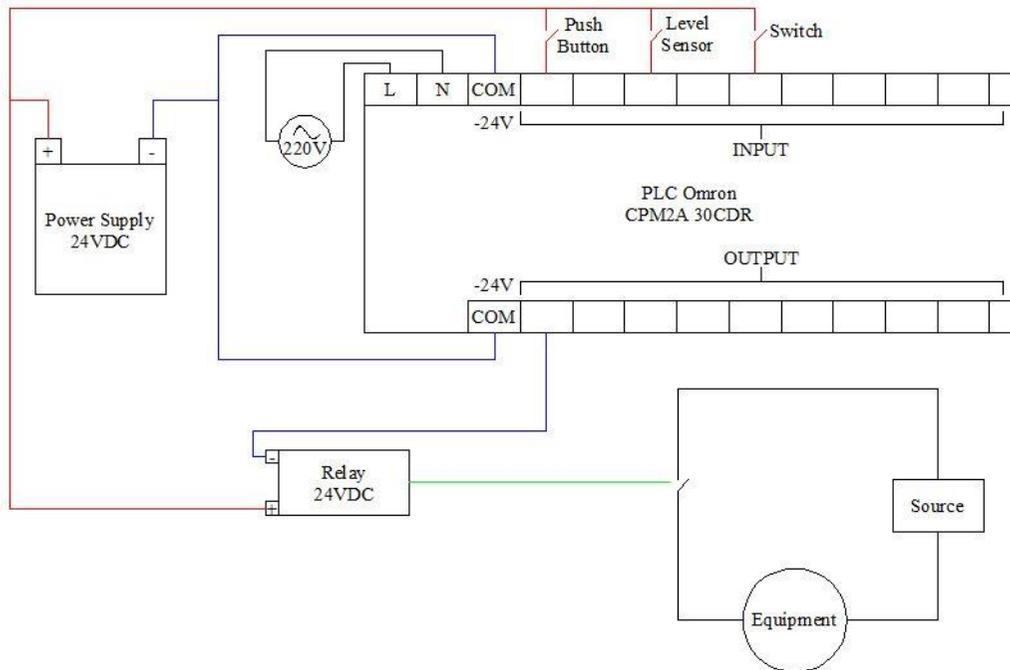
Tabel 4.3. Perangkat keras penunjang permodelan sistem

No	Alat	Spesifikasi	Jumlah
1	PLC	Omron CPM2A 30CDR	1
2	Power Supply	Omron 24VDC	1
3	Power Supply	Tanaka 12VDC 3A	1
4	MCB	1 Phase, 2A	2
5	Relay	Omron LY2 24VDC	13
6	Level Sensor	24VDC	8
7	Solenoid Valve	220VAC	8
8	Solenoid Valve	24VDC	2
9	Pompa	12VDC; 4 L/menit	3
10	CIF	CIF-02	1

#### 4.11. Wiring Diagram Perangkat Keras

Pembuatan desain prototype dilakukan dengan mempertimbangkan wiring diagram yang akan dirangkai pada papan. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan antara lain keamanan untuk PLC, keamanan untuk kru kapal, keamanan alat-alat yang dikontrol oleh PLC, dan keamanan generator di kapal sebagai sumber utama.

Pada desain prototype tugas akhir ini, relay digunakan sebagai pengaman dari PLC maupun peralatan yang dikontrol oleh PLC. Pada prinsipnya, lebih baik relay yang diganti karena terjadi kerusakan jika dibandingkan dengan PLC yang harus diganti karena dari segi biaya, relay jauh lebih murah dari PLC. Tampilan sketsa dari wiring diagram dapat dilihat pada gambar 4.39.



Gambar 4.39. Wiring diagram antara hardware dengan PLC.

Kebutuhan daya dari PLC ada 2 tipe. 220V AC dan 24V DC. Tegangan 220VAC dibutuhkan untuk membangkitkan sistem yang ada di dalam PLC. Sedangkan tegangan 24V DC dibutuhkan untuk membangkitkan modul input output yang ada dan berguna untuk menjalankan peralatan input dan output yang akan dikontrol. Peralatan input atau kontaktor dihubungkan langsung dengan sumber 24VDC positif. Kontaktor pada umumnya hanya berupa switch atau button yang berfungsi memutus atau menyambung arus dan dipengaruhi oleh kondisi yang ada di lapangan. Seperti switch atau button yang dipengaruhi oleh kru dengan menekan tombol. Level sensor dipengaruhi oleh tinggi air yang ada pada tangki.

Relay berfungsi untuk memutus atau menghubungkan rangkaian tertutup pada peralatan. Relay juga berfungsi sebagai pengaman dari PLC jika terjadi lonjakan arus atau arus balik yang berasal dari peralatan. Peralatan yang dikontrol oleh PLC memiliki

rangkaian tertutup tersendiri yang dihubungkan dengan relay pada PLC. Jadi ketika program memerintahkan untuk menyalakan relay, otomatis rangkaian pada peralatan akan tertutup dan peralatan yang dikontrol akan berjalan. Tegangan 24VDC negatif dari modul output PLC masuk menuju magnet relay kutub negatif dan tegangan 24VDC positif dari power supply masuk menuju magnet relay kutub positif. Ketika ada tegangan keluar dari port output PLC, maka magnet akan bangkit dan menyambung rangkaian peralatan untuk menyala.

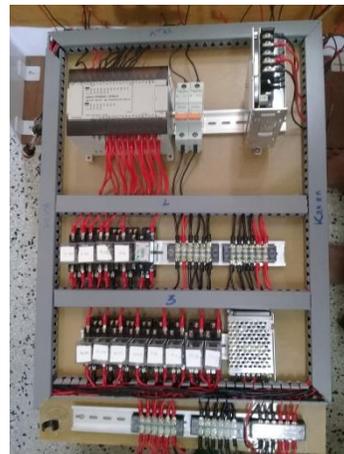
#### 4.12. Pengoperasian Program Perangkat Lunak pada Perangkat Keras Sistem Kontrol Suhu dan Transfer Bahan Bakar HFO

Setelah pemrograman PLC dan HMI dari sistem kontrol suhu dan transfer bahan bakar HFO di kapal selesai dikerjakan, selanjutnya adalah merangkai prototype dari sistem. Peralatan yang dibutuhkan seperti tangki, pompa, katup-katup, panel kontrol PLC, dan wiring diagram. Setelah prototype selesai dikerjakan, tahap selanjutnya adalah ujicoba alat dengan program dan HMI yang sudah dibuat. Program akan bekerja pada 2 tampilan. Tampilan pertama berupa desain Human Machine Interface dan tampilan kedua berupa prototype dari sistem yang sudah ada.

Prototype yang dibuat merupakan skala laboratorium dengan ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan sistem yang sebenarnya. Pembuatan panel PLC dan prototype menggunakan bahan dasar akrilik dengan tambahan beberapa aksesoris. Tampilan dari panel PLC dan prototype dapat dilihat pada gambar 4.40.



(a)



(b)

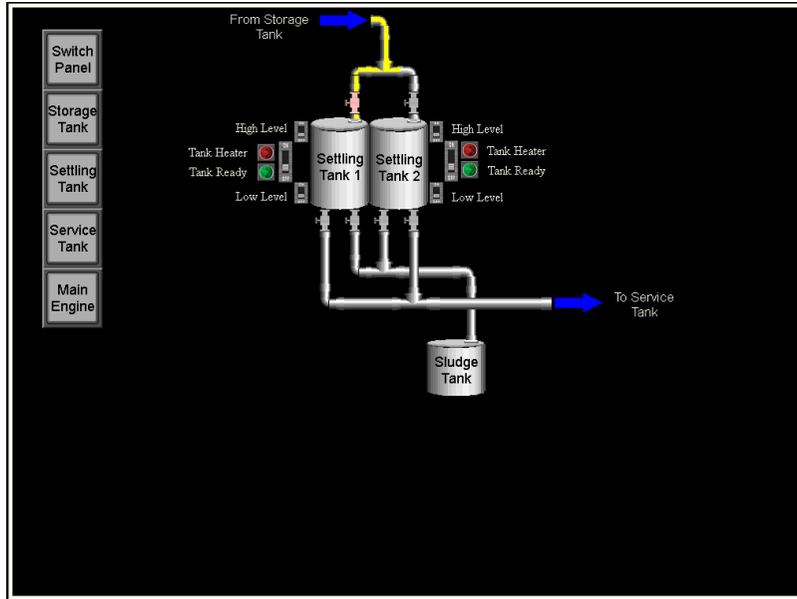
Gambar 4.40. (a) Prototype sistem kontrol suhu dan transfer bahan bakar HFO di kapal, (b) Panel kontrol PLC dan peralatan pendukung lainnya.

##### 4.12.1. Sistem Transfer

Sistem transfer merupakan kinerja dari proses transfer bahan bakar dari storage tank menuju settling tank. Terdapat beberapa kondisi yang akan terjadi sebagai output dari pemrograman pada PLC selama proses berlangsung.

### 1. Kondisi seluruh settling tank kosong

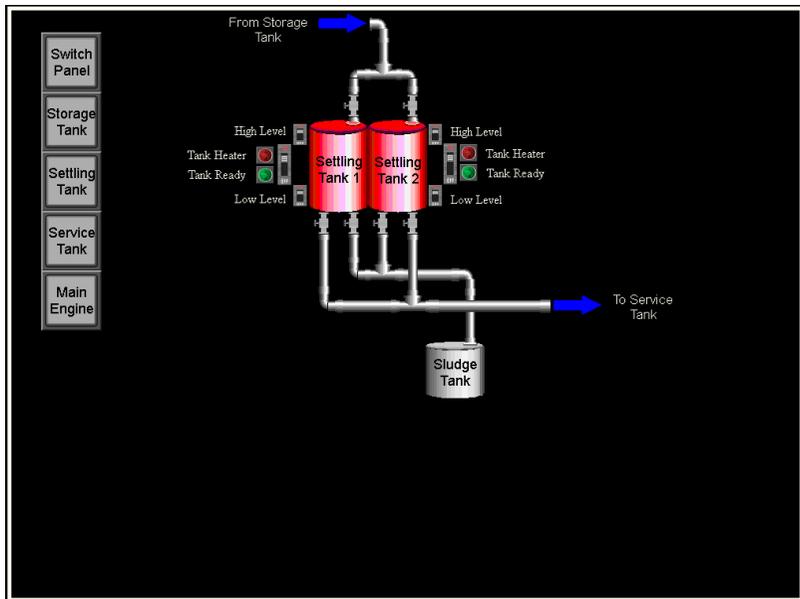
Pada kondisi settling tank kosong, pengisian akan dilakukan pada settling tank 1 terlebih dahulu. Setelah settling tank 1 penuh, selanjutnya akan dilakukan pengisian pada settling tank 2. Berikut tampilan kondisi pada gambar 4.41.



Gambar 4.41. Pengisian settling tank 1 dilakukan terlebih dahulu

### 2. Kondisi seluruh settling tank terisi penuh

Pada kondisi semua settling tank terisi penuh, proses transfer bahan bakar dari storage tank menuju settling tank akan dihentikan. Pompa transfer akan mati dan katup-katup sebelum settling tank akan menutup selama proses treatment bahan bakar. Berikut tampilan kondisi pada gambar 4.42.



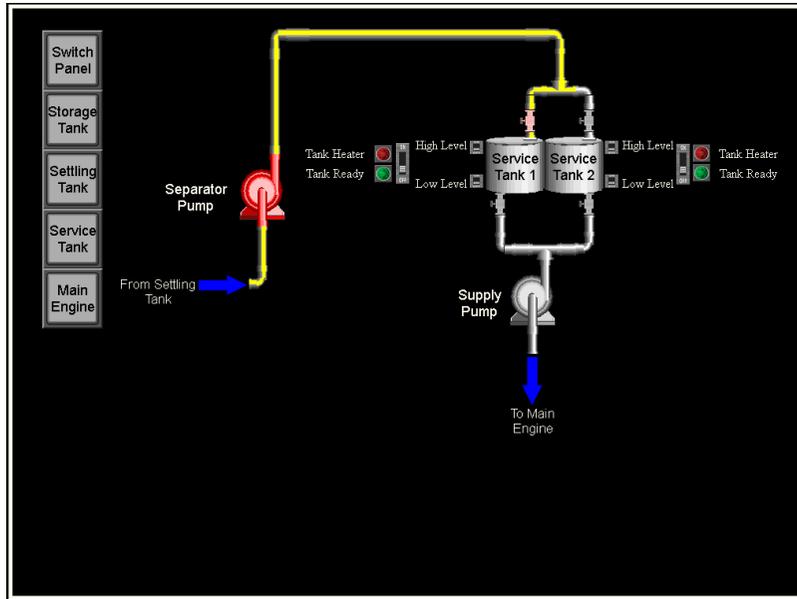
Gambar 4.42. Kondisi kedua settling tank terisi penuh dan dalam proses treatment.

#### 4.12.2. Sistem Separasi

Sistem separasi merupakan kinerja dari proses separasi bahan bakar dari settling tank menuju service tank. Terdapat beberapa kondisi yang akan terjadi sebagai output dari pemrograman pada PLC selama proses berlangsung.

##### 1. Kondisi seluruh service tank kosong

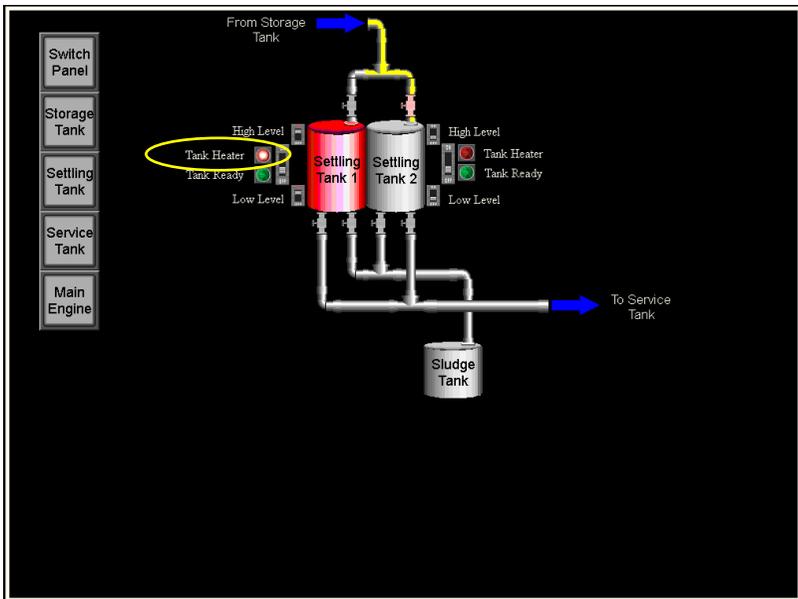
Pada kondisi seluruh service tank kosong, pengisian akan dilakukan pada service tank nomor 1 terlebih dahulu. Setelah service tank 1 penuh, pengisian selanjutnya akan dilakukan pada service tank 2 hingga penuh. Berikut tampilan kondisi pada gambar 4.43.



Gambar 4.43. Pengisian service tank 1 dilakukan terlebih dahulu.

## 2. Proses pengendapan dan pemanasan

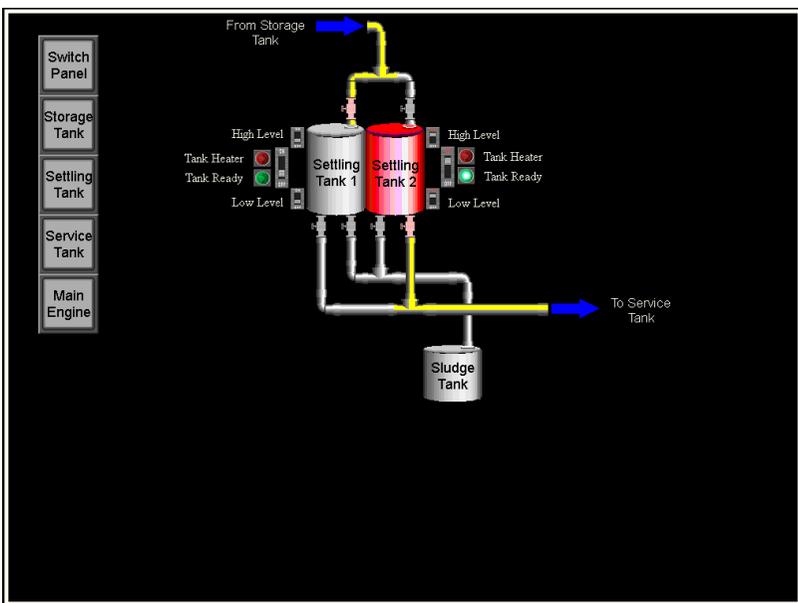
Setelah settling tank terisi penuh, proses pengendapan selama 24 jam dan proses pemanasan bahan bakar akan dilakukan. Proses pemanasan ditandai dengan indikator pemanas yang menyala. Saat bahan bakar telah dipanaskan dan diendapkan selama 24 jam, indikator dari bahan bakar yang telah siap pada settling tank akan menyala. Proses pemanasan dan pengendapan akan dilakukan secara paralel pada kedua settling tank jika waktu pengisian secara penuh terjadi hampir berdekatan. Tentunya proses dimulai pada settling tank 1 dimana pengisian diawali pada settling tank 1 dan akan dilanjutkan pada settling tank 2. Berikut tampilan kondisi pada gambar 4.44.



Gambar 4.44. Proses pengendapan dan pemanasan ditandai dengan indikator pemanas yang masih menyala dan indikator “Tank Ready” yang masih mati.

### 3. Kondisi settling tank terisi penuh

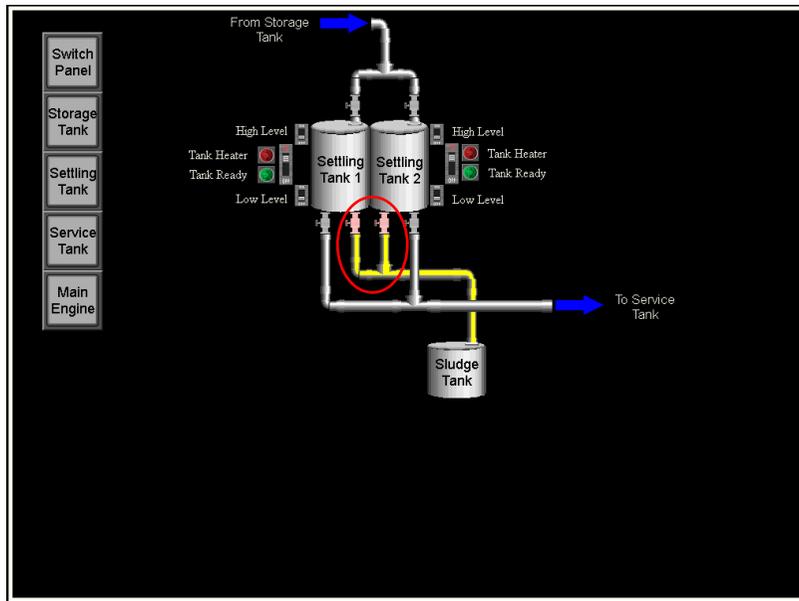
Pada saat awal pengisian service tank 1, bahan bakar akan dialirkan dari settling tank 1 menuju service tank 1. Ketika bahan bakar pada settling tank 1 habis, bahan bakar akan diambil dari settling tank 2 secara otomatis. Berikut tampilan kondisi pada gambar 4.45.



Gambar 4.45. Pengisian service tank dari settling tank 2.

#### 4. Kondisi settling tank kosong

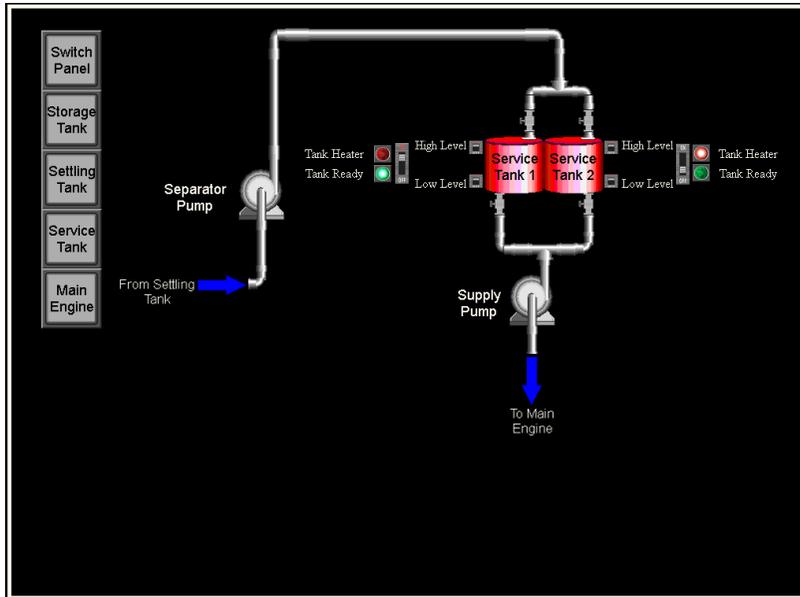
Sistem separasi yang mengalirkan bahan bakar dari settling tank menuju service tank terjadi ketika ada permintaan dari service tank, kondisi bahan bakar tersedia di dalam settling tank, termasuk telah dilakukan pengendapan selama 24 jam dan pemanasan. Apabila kondisi dari settling tank telah kosong atau tidak adanya sinyal dari low level sensor settling tank, maka pengisian bahan bakar akan ditunda karena proses drain harus dilakukan guna membuang residu hasil dari proses pengendapan selama 24 jam. Proses drain dilakukan dengan timer pada waktu tertentu. Settling tank 1 dan settling tank 2 memiliki proses drain yang berbeda namun dengan tangki sludge yang sama. Berikut tampilan kondisi pada gambar 4.46.



Gambar 4.46. Proses drain saat settling tank kosong.

#### 5. Kondisi service tank terisi penuh

Pada kondisi service tank 1 dan service tank 2 terisi penuh yang ditandai dengan adanya sinyal dari high level sensor dari kedua tangki, maka proses sistem separasi bahan bakar akan dihentikan. Bahan bakar di dalam service tank akan dipanaskan yang ditandai dengan indikator pemanas yang menyala. Selanjutnya bahan bakar di dalam service tank akan siap ketika indikator pemanas mati dan indikator tangki siap menyala. Bahan bakar akan tetap dalam kondisi standby saat mesin masih belum memberikan sinyal untuk kebutuhan bahan bakar. Berikut tampilan kondisi pada gambar 4.47.



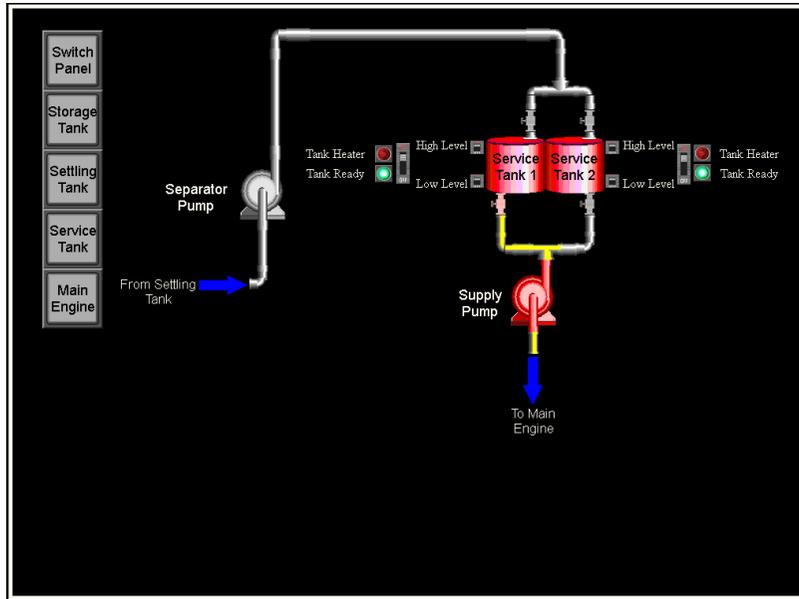
Gambar 4.47. Kondisi saat service tank penuh dan siap untuk menyuplai main engine.

#### 4.12.3. Sistem Servis

Sistem servis merupakan kinerja dari proses servis bahan bakar dari service tank menuju ke main engine. Kondisi yang akan terjadi sebagai output dari sistem ini adalah pompa HFO supply pump akan menyala dan katup setelah service tank akan terbuka untuk mengalirkan bahan bakar dari service tank menuju ke main engine.

##### 1. Kondisi permintaan dari main engine

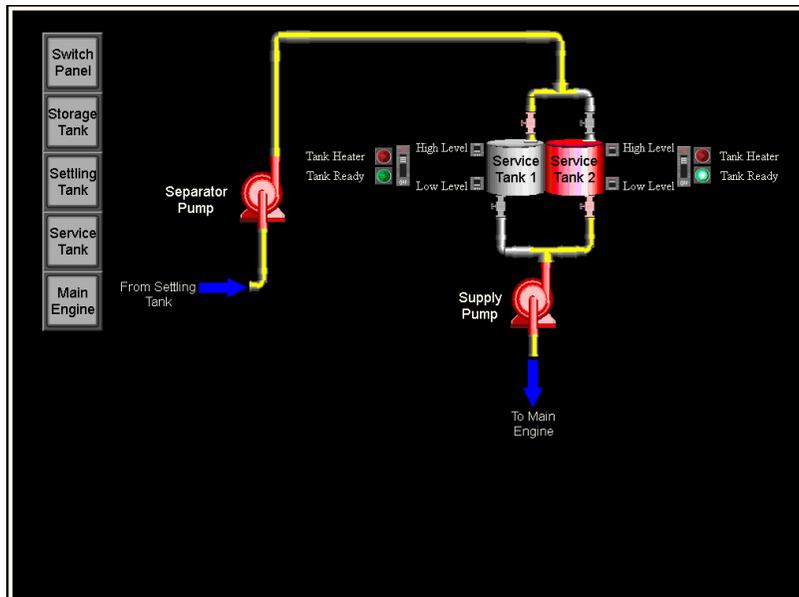
Proses suplai bahan bakar dari service tank menuju main engine akan terjadi apabila ada permintaan bahan bakar dari main engine. Sebelum mesin dihidupkan, bahan bakar akan disirkulasikan melewati mesin dan kembali menuju service tank guna mencapai suhu bahan bakar yang dibutuhkan mesin sesuai dengan project guide. Proses suplai terjadi dan ditandai dengan pompa supply yang menyala. Tentunya bahan bakar akan dialirkan mulai dari service tank 1 hingga kosong dan beralih dari service tank 2. Berikut tampilan kondisi pada gambar 4.48.



Gambar 4.48. Kondisi suplai bahan bakar dari service tank menuju main engine.

## 2. Kondisi salah satu service tank kosong

Pada saat kondisi service tank 1 kosong, yang ditandai dengan tidak adanya sinyal dari low level sensor service tank 1, otomatis katup setelah service tank 1 akan tertutup. Setelah itu proses suplai bahan bakar menuju main engine dialirkan dari service tank 2 yang ditandai dengan katup setelah service tank 2 terbuka. Berikut tampilan kondisi pada gambar 4.49.



Gambar 4.49. Kondisi suplai bahan bakar dari service tank 2 menuju main engine.

### 3. Kondisi semua service tank kosong

Sistem servis akan terjadi apabila terdapat permintaan bahan bakar dari main engine dan bahan bakar tersedia pada service tank. Apabila kondisi mesin membutuhkan bahan bakar sedangkan bahan bakar didalam service tank tidak tersedia, maka proses servis akan dihentikan dan mesin akan mati. Apabila terjadi saat berlayar, tentu akan sangat merugikan perusahaan terlebih lagi karena masalah waktu.

Maka dari itu proses treatment bahan bakar harus dilakukan sedetail dan seefektif mungkin sehingga bahan bakar selalu tersedia di dalam service tank kapanpun mesin membutuhkan bahan bakar untuk bekerja. Sebagai contoh, saat service tank 1 kosong, otomatis bahan bakar yang mensuplai mesin akan dialirkan dari service tank 2. Pada saat service tank 2 mengalirkan bahan bakar menuju mesin, pada saat yang bersamaan service tank 1 dalam proses pengisian bahan bakar dari settling tank.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Setelah dilakukan simulasi dan perancangan desain sistem kontrol suhu bahan bakar HFO pada kapal dengan menggunakan PLC Omron, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa,

1. Sistem transfer dan kontrol suhu bahan bakar HFO di kapal pada prototype skala laboratorium saat ini.
  - a. Permodelan sistem kontrol suhu dan transfer bahan bakar jenis HFO di kapal pada skala laboratorium dapat beroperasi sesuai dengan ketentuan klasifikasi dan manual book mesin. Proses transfer, settling, dan service dijalankan secara otomatis sesuai dengan setting waktu yang dibuat pada ladder diagram.
  - b. Keterbatasan jumlah modul I/O pada tipe PLC Omron cpm2a 30cdr menyebabkan sedikitnya komponen yang dapat dikontrol oleh PLC. Beberapa komponen yang tidak terdapat pada sistem seperti drain pada service tank, heater pada storage dan service, dan heater pada proses sebelum masuk mesin utama.
  - c. Kendala modul I/O juga berpengaruh terhadap jumlah pemanas dan termometer yang dapat dikontrol oleh PLC. Hanya pada settling tank 1 yang dapat digunakan sehingga pemanas pada sistem HFO kurang sesuai dengan aturan klasifikasi maupun manual book mesin.
  - d. Secara kompleks, parameter bahan bakar yang dikontrol tidak hanya sistem transfer dan kontrol suhu bahan bakar. Masih banyak komponen-komponen yang harus dipenuhi agar bahan bakar dapat digunakan sesuai kriteria kebutuhan mesin. Meliputi viskositas, kandungan air, kandungan residu, kecepatan aliran, massa jenis.
2. Peralatan yang dikontrol pada sistem transfer dan kontrol suhu bahan bakar HFO saat diotomatisasikan dengan PLC.
  - a. Otomatisasi sistem transfer dan kontrol suhu bahan bakar HFO pada kapal akan memanfaatkan peralatan yang ada pada storage tank, settling tank, dan service tank sebagai pemicu untuk menggerakkan peralatan output seperti pompa, katup, dan pemanas. Peralatan yang terdapat pada setiap tangki berupa sensor level. Sensor level yang ada pada setiap tangki akan berfungsi sebagai input. Selain sensor level, terdapat termometer yang mendeteksi suhu pada setiap tangki. Sinyal dari termometer akan menjadi sinyal input pada PLC dan sebagai pemicu untuk menggerakkan peralatan yang lain.
  - b. Peralatan yang dikontrol oleh PLC sebagai output sistem meliputi pompa transfer, pompa separator, pompa servis, katup-katup, dan pemanas.
  - c. Sistem pada tugas akhir ini hanya sebatas transfer dan kontrol suhu. Untuk sistem bahan bakar yang lebih kompleks, peralatan yang dikontrol oleh PLC lebih banyak. Seperti flow meter, viskometer, separator, filter, dan purifier.

Tentunya dibutuhkan modul I/O yang lebih banyak untuk skala kapal sesungguhnya dikarenakan banyaknya peralatan yang harus dikontrol.

## 5.2. Saran

1. Penelitian mengenai otomatisasi sistem yang ada dikapal dalam prototype skala laboratorium hendaknya dikembangkan untuk sistem lainnya seperti sistem pemadam kebakaran, sistem ballast, sistem pemisah minyak, sistem pendinginan, dan lain-lain. Pengembangan penelitian bertujuan untuk mengasah kemampuan berfikir logika mahasiswa dan pemahaman terhadap sistem yang ada di kapal.
2. Penelitian mengenai permodelan skala laboratorium otomatisasi sistem transfer dan kontrol suhu bahan bakar hendaknya dikembangkan untuk parameter-parameter yang lain seperti viskositas, laju aliran, kontrol kontaminan bahan bakar, dan masih banyak untuk sistem bahan bakar. Diharapkan juga dilakukannya pengaplikasian otomatisasi bahan bakar tidak hanya sebatas prototipe saja. Namun juga aplikasi pada kapal yang sesungguhnya agar realisasi dari otomatisasi dapat dijalankan secara riil.
3. Pada saat pengaplikasian sistem, perencanaan terhadap komponen-komponen yang akan dikontrol harus dilakukan dengan detail. Penentuan jumlah komponen untuk input dan output, penentuan jenis sumber setiap peralatan, serta penentuan jenis PLC dan jumlah modul I/O. Hal ini bertujuan untuk mempermudah penginstallan dan mempersingkat waktu pengerjaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Bureau of Shipping. 2001. *Notes on : Heavy Fuel Oil*. New York : American Bureau of Shipping.
- Anonim. 2018. Modul Pelatihan PLC. Surabaya : ITS.
- Cahyagi, Danang. 2016. Simulasi Otomatisasi Sistem Transfer dan Separasi Bahan Bakar Kapal HFO dengan Menggunakan PLC Siemens. Surabaya : ITS.
- MAN B&W. 2009. MAN B&W L60MC – C8 Project Guide. Denmark : MAN Diesel.
- Omron. 1999. Sysmac CPM2A Operation Manual. Japan : Omron.
- Risnanto, Arma N. 2015. *Analisa Modernisasi Sistem Otomasi Pada Container Crane Dengan Menggunakan PLC Siemens*. Surabaya : ITS.
- World, M. 2015. *Sistem Bahan Bakar Pada Kapal*. Retrieved from [www.maritimeworld.web.id](http://www.maritimeworld.web.id) : <http://www.maritimeworld.web.id/2011/05/fuel-oil-system-sistem-bahan-bakar-in.html>

[Program Name : NewProgram1]

[Section Name : Input]

000000 (000000)	0.00 Push Button ON	20.00	Flag Push Button ON <20.00> a023
000001 (000002)	0.01 Push Button Main Engine ON	20.01	Flag Main Engine ON <20.01> a027
000002 (000004)	0.02 Push Button OFF	20.02	Flag Push Button OFF <20.02> b025 b029 b033
000003 (000006)	0.03 LL Settling Tank 1	48.00	LL Settling Tank 1 <48.00> a054 b060 a078
000004 (000008)	0.04 HL Settling Tank 1	48.01	HL Settling Tank 1 <48.01> a052 a056 a070 a075 a083
000005 (000010)	0.05 LL Settling Tank 2	48.02	LL Settling Tank 2 <48.02> b084 a097 b103 a121
000006 (000012)	0.06 HL Settling Tank 2	48.03	HL Settling Tank 2 <48.03> a095 a099 a113 a118
000007 (000014)	0.07 LL Service Tank 1	48.04	LL Service Tank 1 <48.04> a154 a159
000008 (000016)	0.08 HL Service Tank 1	48.05	HL Service Tank 1 <48.05> a152 a157 a163
000009 (000018)	0.09 LL Service Tank 2	48.06	LL Service Tank 2 <48.06> b164 a175 a180
000010 (000020)	0.10 HL Service Tank 2	48.07	HL Service Tank 2 <48.07> a173 a178

[Program Name : NewProgram1]

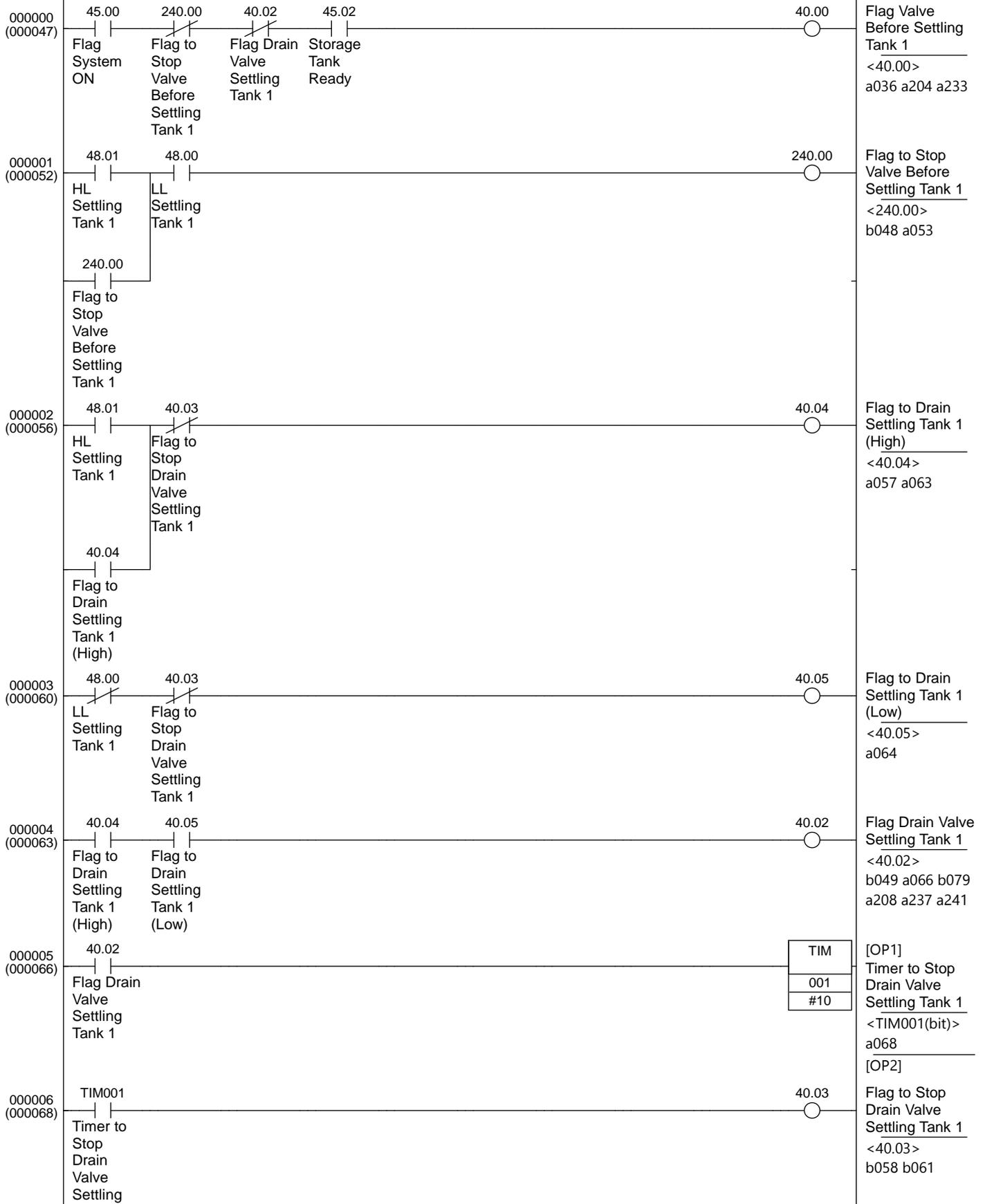
[Section Name : Storage\_Tank]

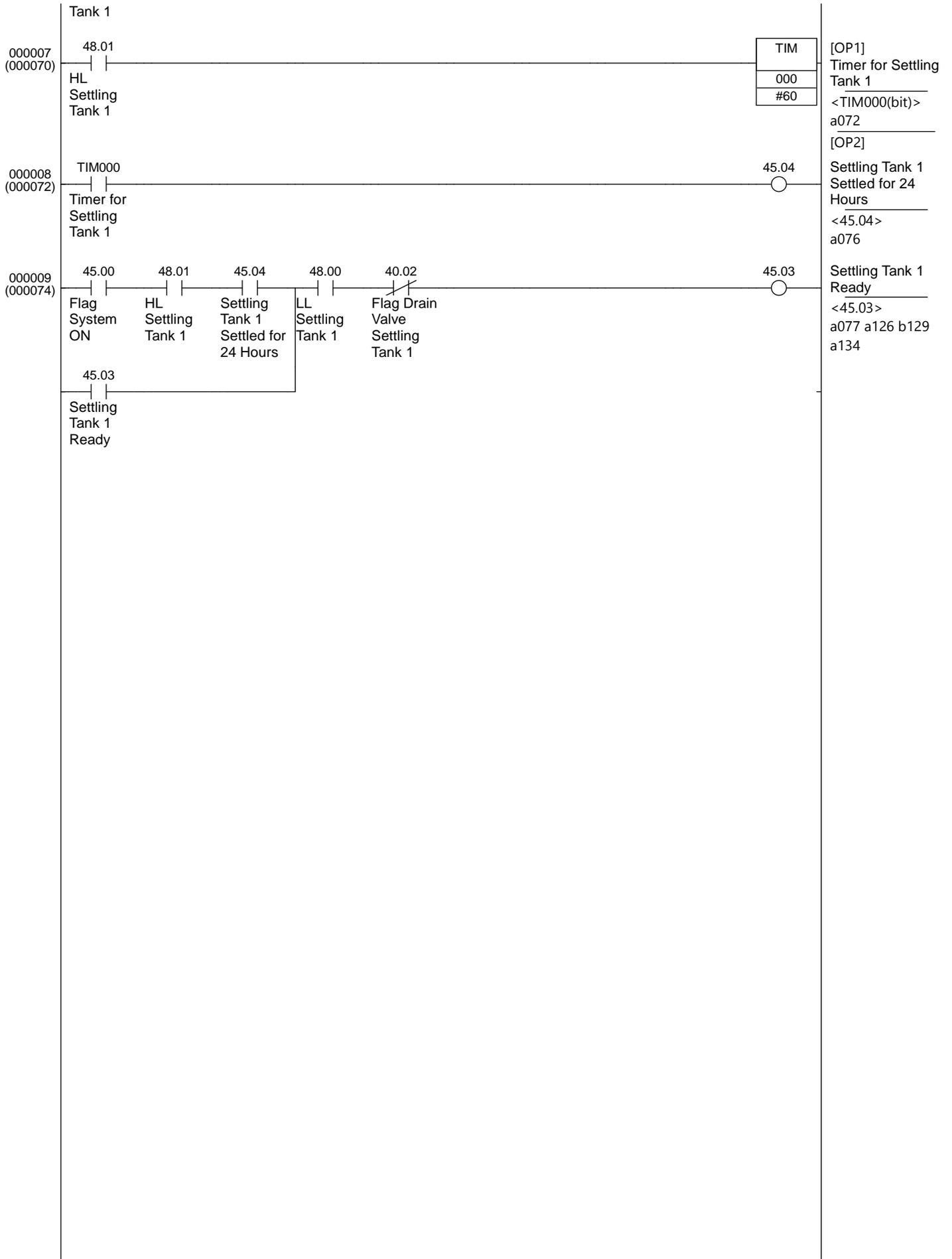




[Program Name : NewProgram1]

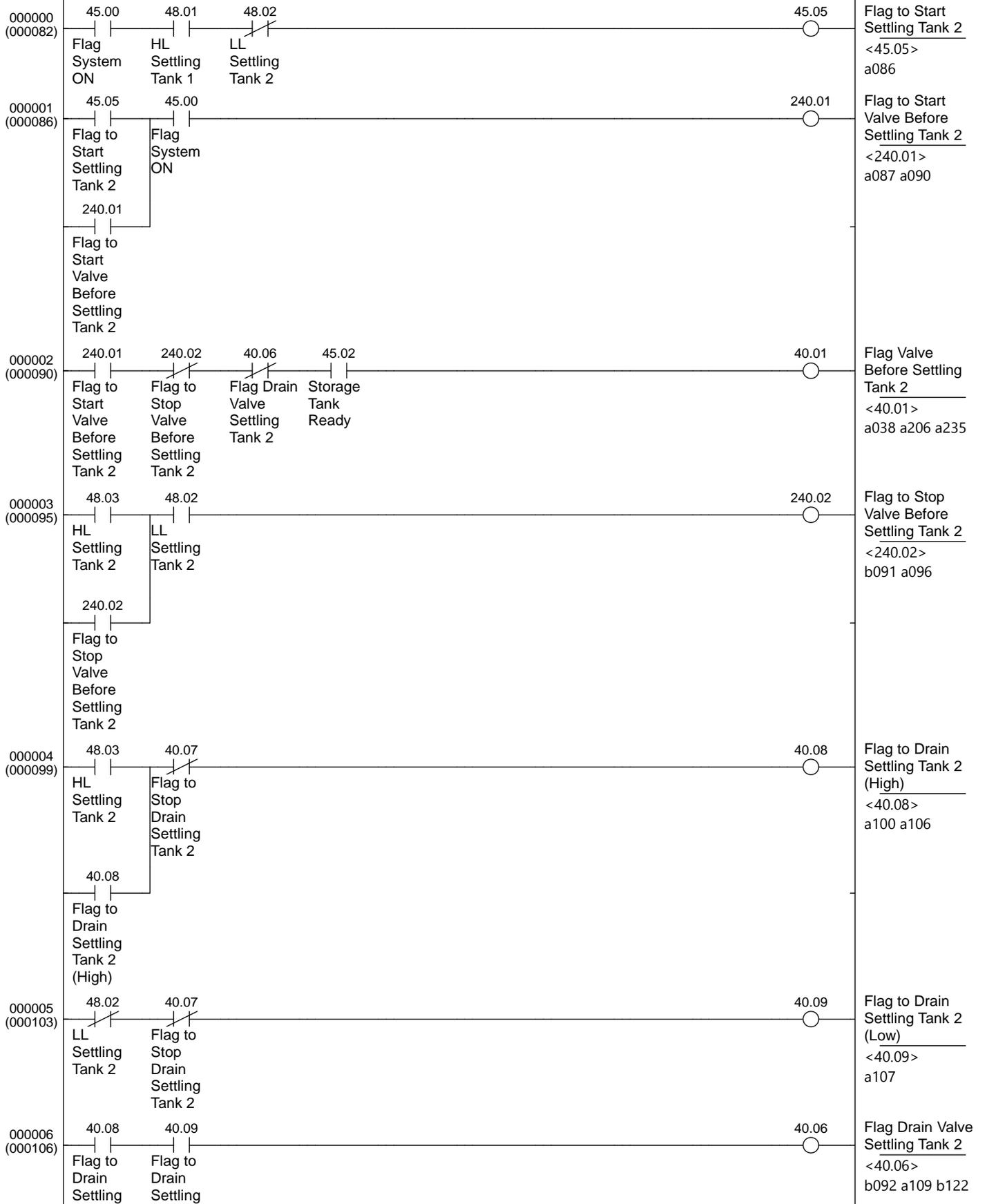
[Section Name : Settling\_Tank\_1]





[Program Name : NewProgram1]

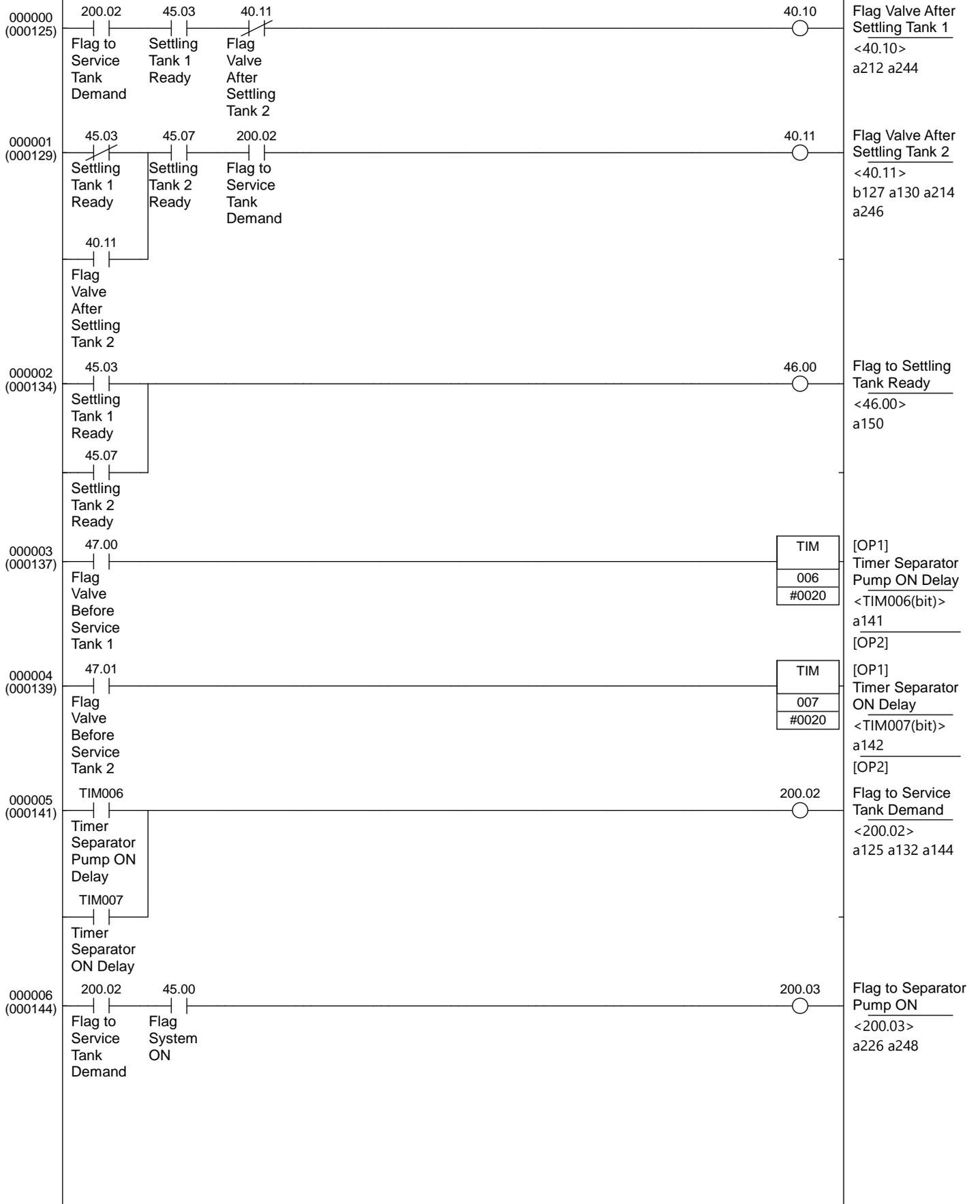
[Section Name : Settling\_Tank\_2]





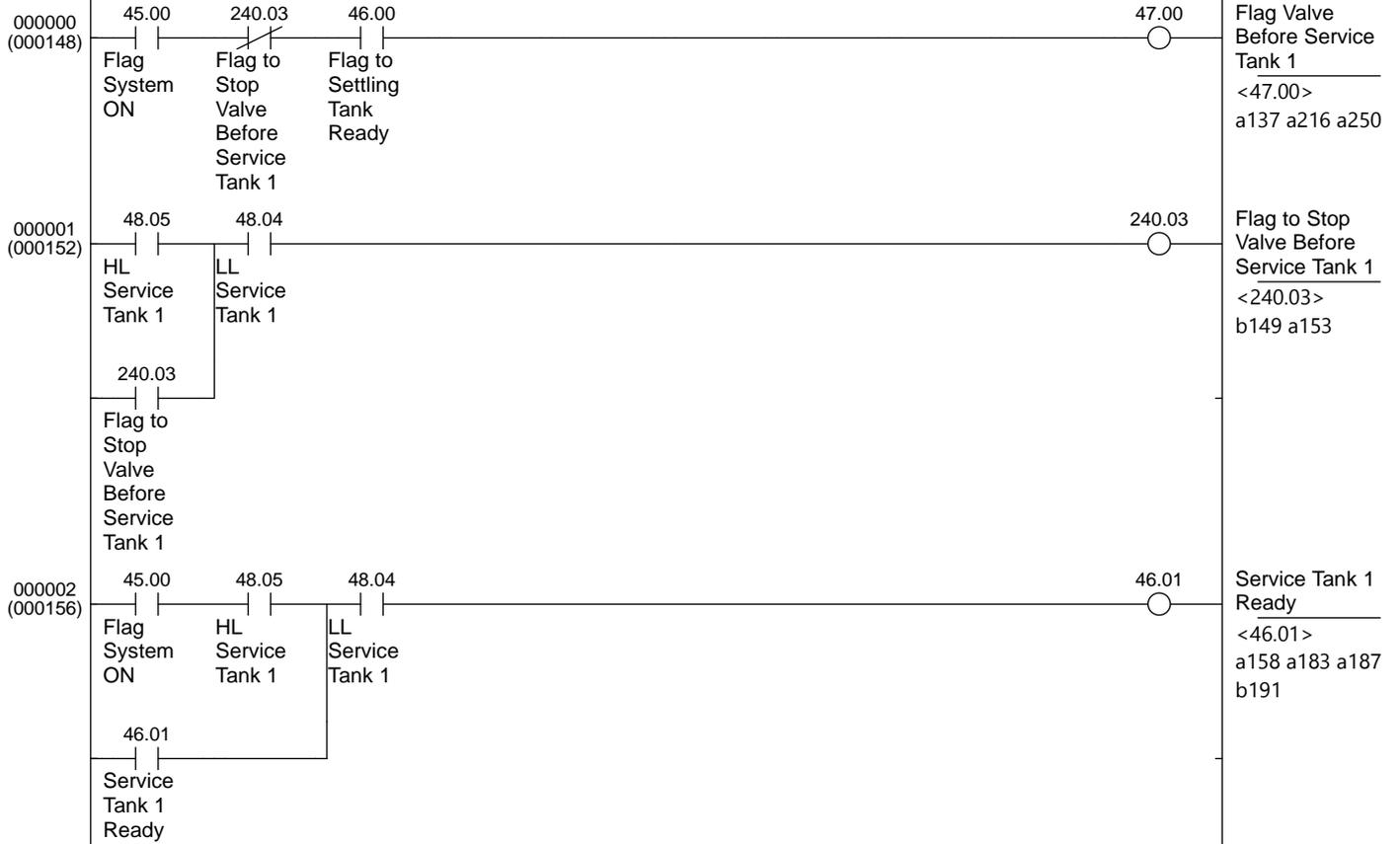
[Program Name : NewProgram1]

[Section Name : Separator\_Pump]



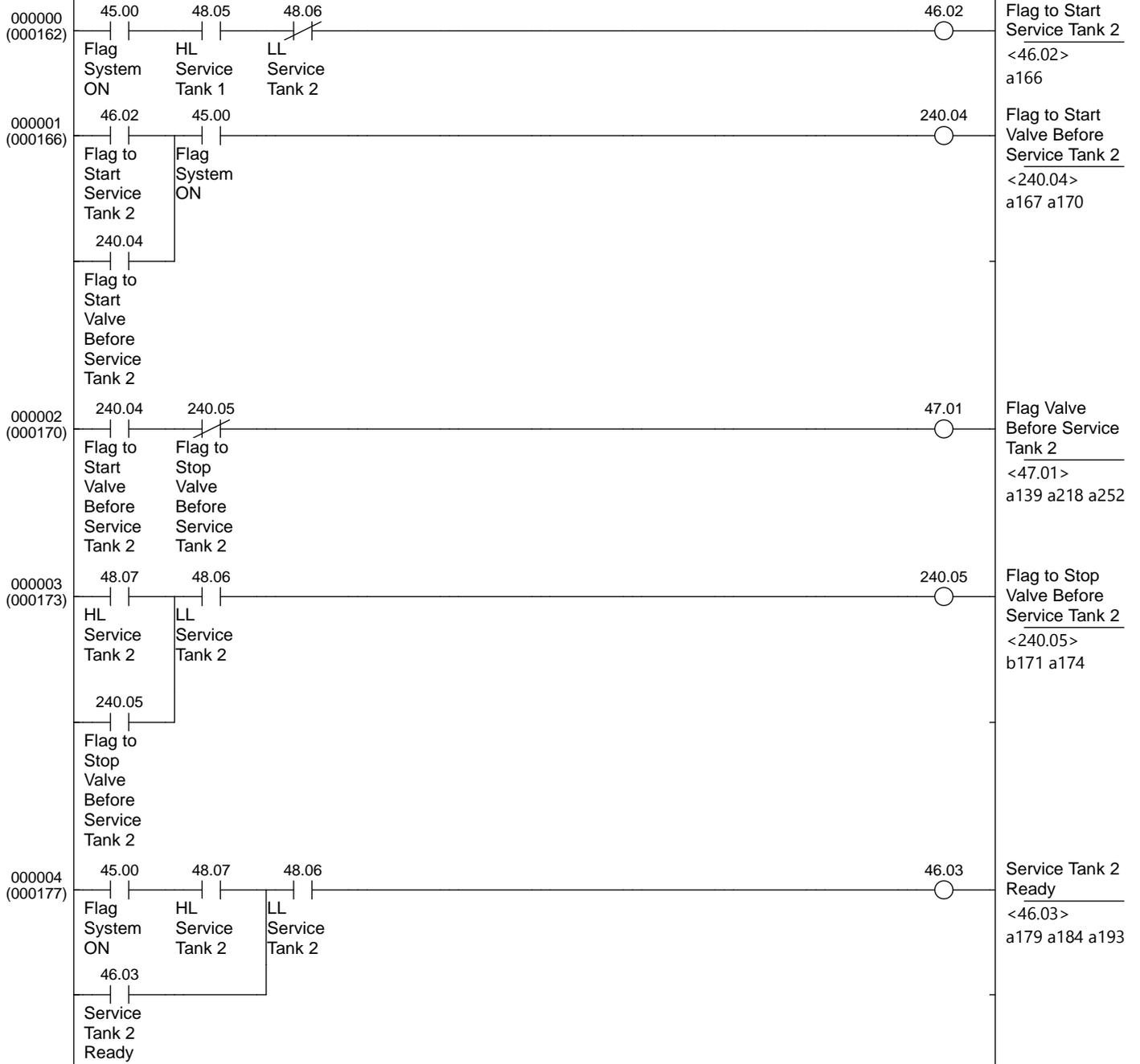
[Program Name : NewProgram1]

[Section Name : Service\_Tank\_1]



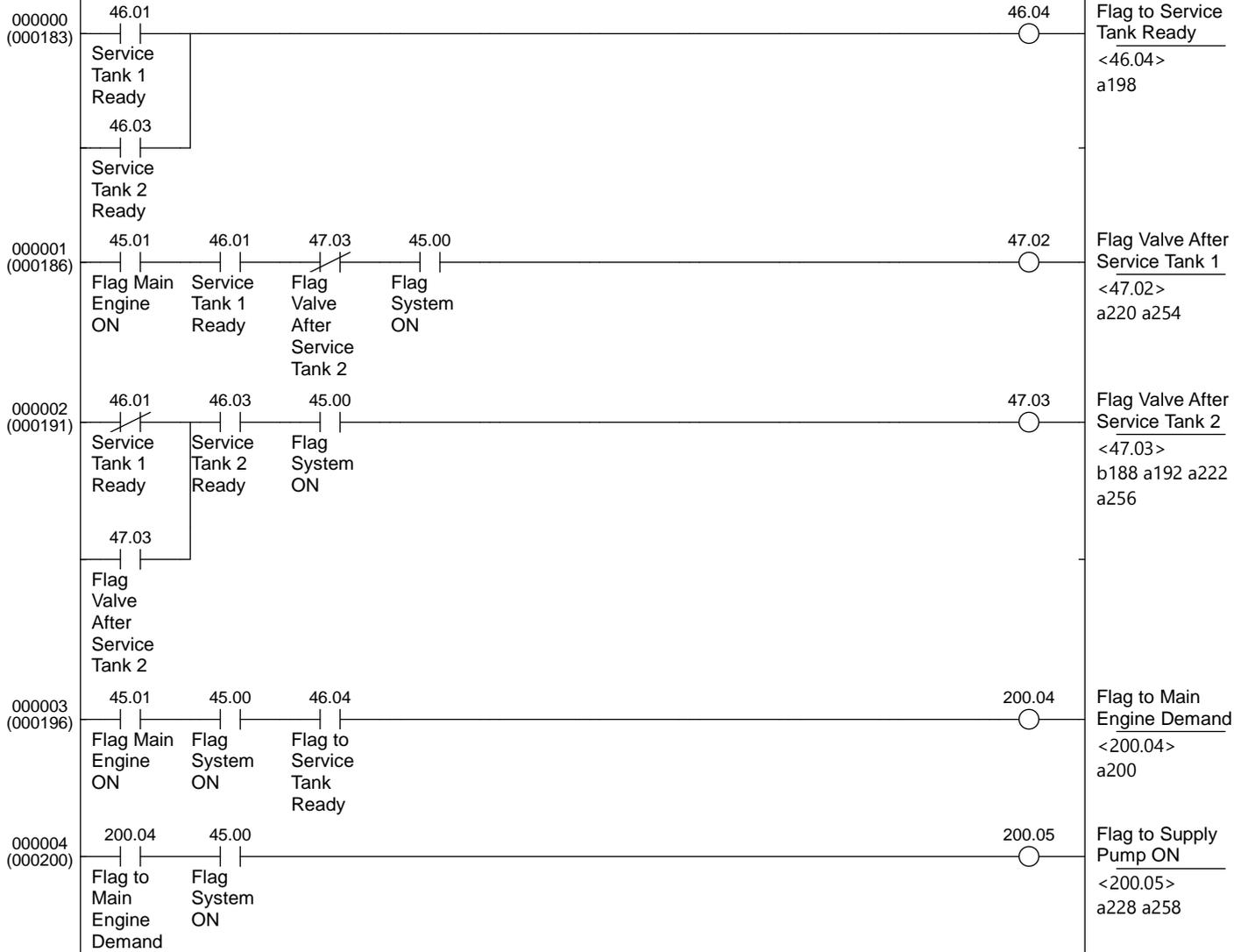
[Program Name : NewProgram1]

[Section Name : Service\_Tank\_2]



[Program Name : NewProgram1]

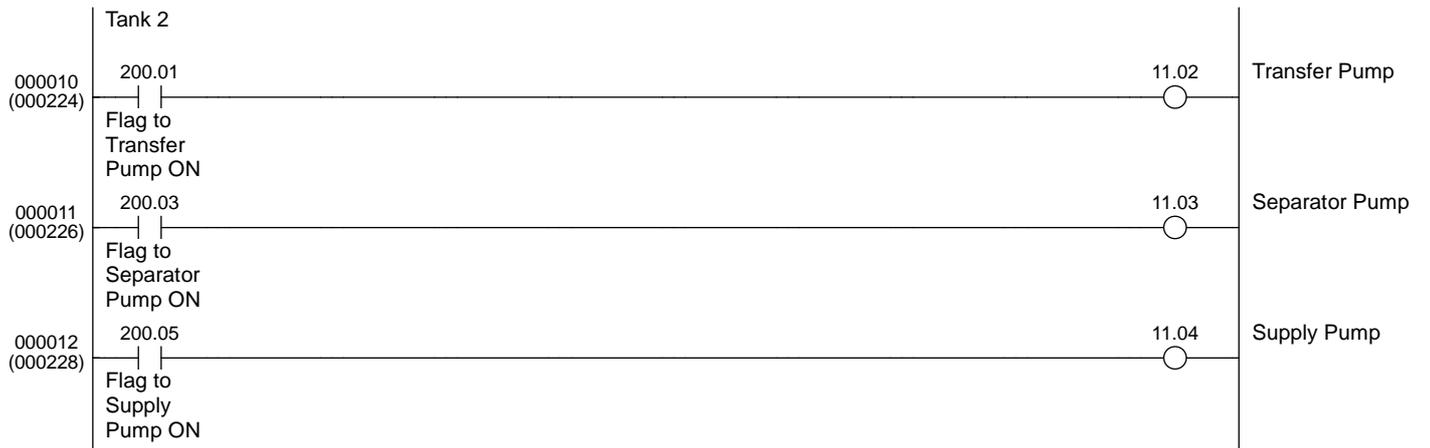
[Section Name : Supply\_Pump]



[Program Name : NewProgram1]

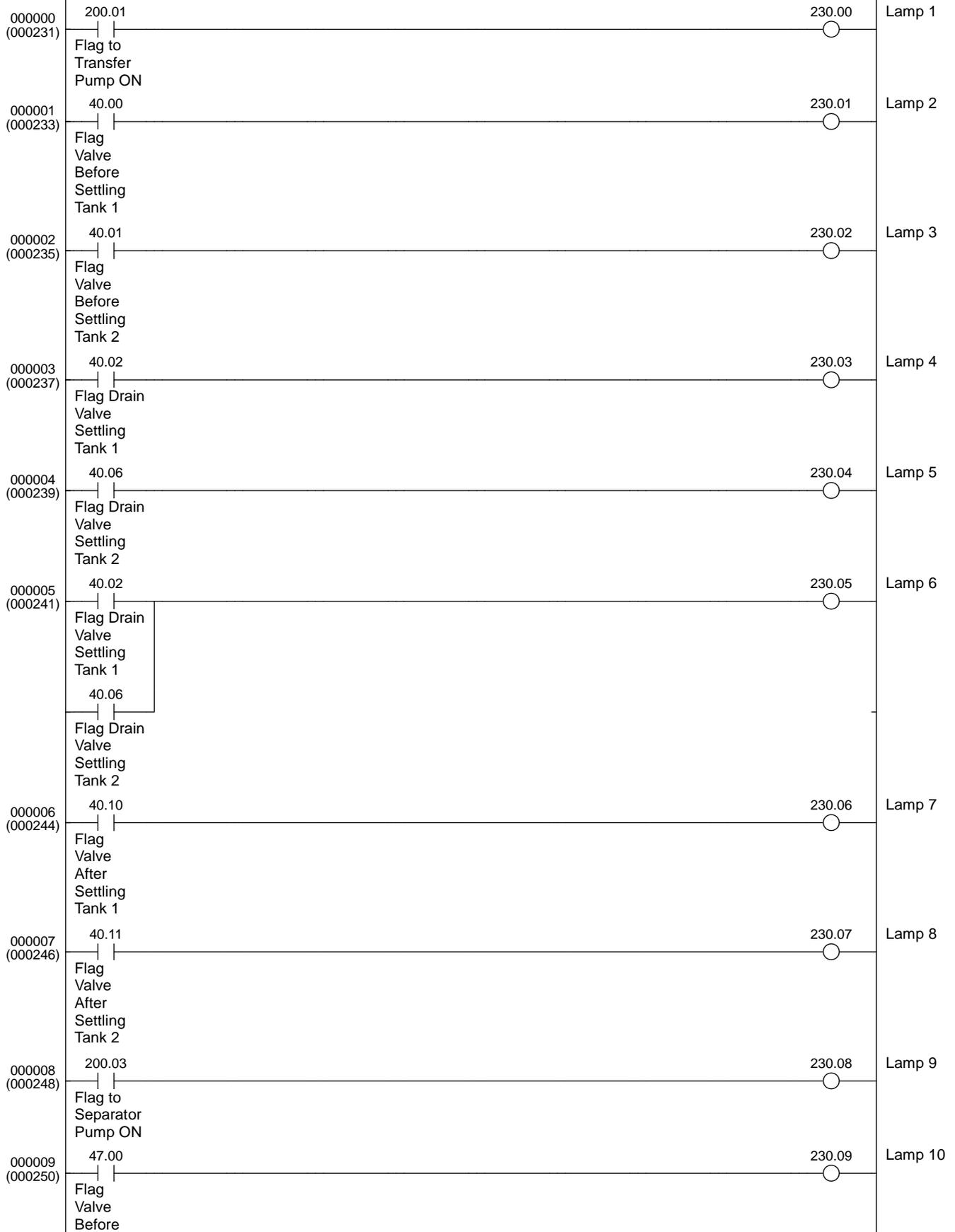
[Section Name : Output]

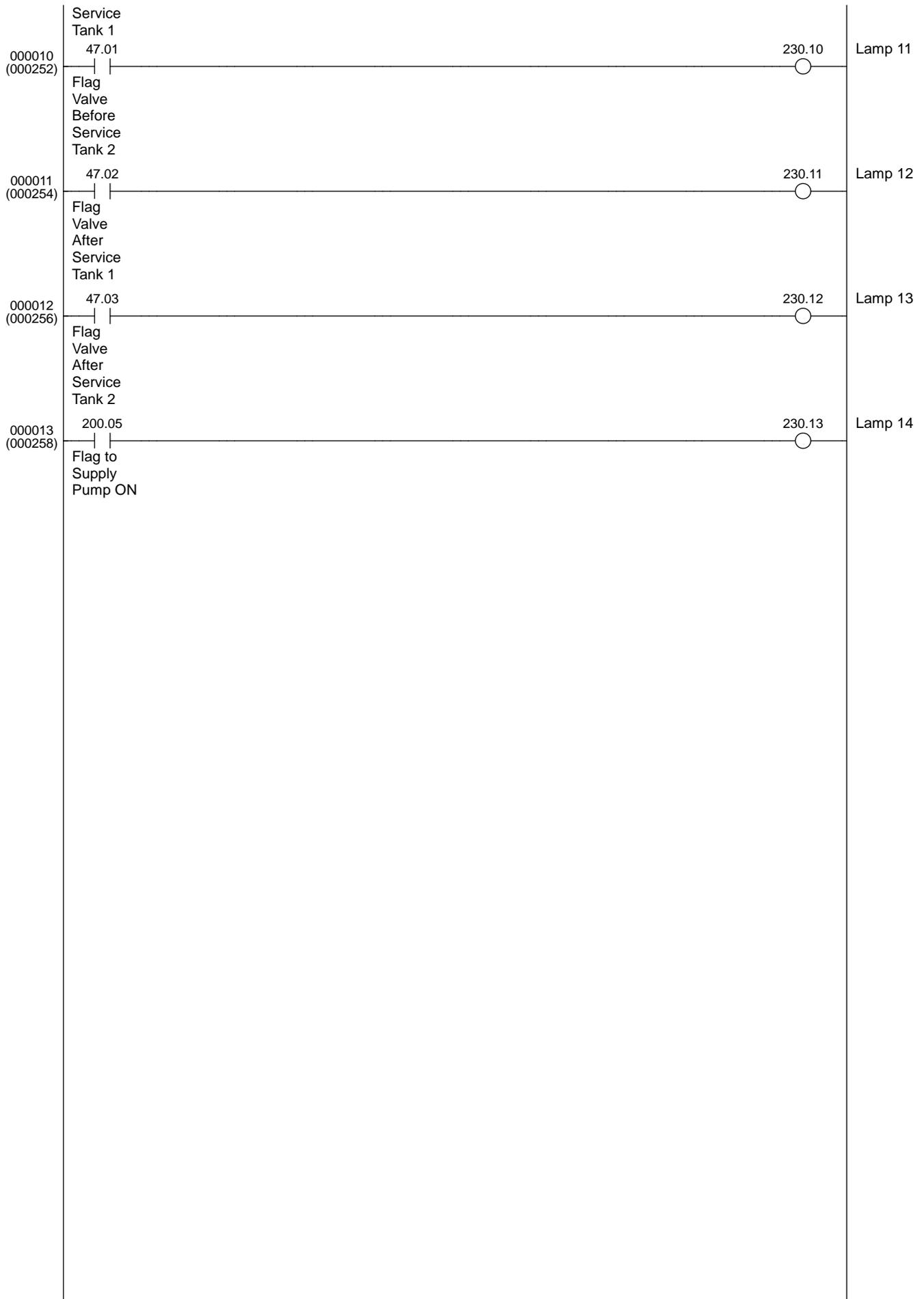
000000 (000204)	40.00     Flag Valve Before Settling Tank 1	10.00	Valve Before Settling Tank 1
000001 (000206)	40.01     Flag Valve Before Settling Tank 2	10.01	Valve Before Settling Tank 2
000002 (000208)	40.02     Flag Drain Valve Settling Tank 1	10.02	Drain Valve Settling Tank 1
000003 (000210)	40.06     Flag Drain Valve Settling Tank 2	10.03	Drain Valve Settling Tank 2
000004 (000212)	40.10     Flag Valve After Settling Tank 1	10.04	Valve After Settling Tank 1
000005 (000214)	40.11     Flag Valve After Settling Tank 2	10.05	Valve After Settling Tank 2
000006 (000216)	47.00     Flag Valve Before Service Tank 1	10.06	Valve Before Service Tank 1
000007 (000218)	47.01     Flag Valve Before Service Tank 2	10.07	Valve Before Service Tank 2
000008 (000220)	47.02     Flag Valve After Service Tank 1	11.00	Valve After Service Tank 1
000009 (000222)	47.03     Flag Valve After Service	11.01	Valve After Service Tank 2



[Program Name : NewProgram1]

[Section Name : Lamp\_Indicator]





[Program Name : NewProgram1]

[Section Name : END]

000000  
(000261)

END  
(01)

0.00	Push Button ON Input IN: a000
0.01	Push Button Main Engine ON Input IN: a002
0.02	Push Button OFF Input IN: a004
0.03	LL Settling Tank 1 Input IN: b006
0.04	HL Settling Tank 1 Input IN: b008
0.05	LL Settling Tank 2 Input IN: b010
0.06	HL Settling Tank 2 Input IN: b012
0.07	LL Service Tank 1 Input IN: b014
0.08	HL Service Tank 1 Input IN: b016
0.09	LL Service Tank 2 Input IN: b018
0.10	HL Service Tank 2 Input IN: b020
10.00	Valve Before Settling Tank 1 Output OUT: a205
10.01	Valve Before Settling Tank 2 Output OUT: a207
10.02	Drain Valve Settling Tank 1 Output OUT: a209
10.03	Drain Valve Settling Tank 2 Output OUT: a211
10.04	Valve After Settling Tank 1 Output OUT: a213
10.05	Valve After Settling Tank 2 Output OUT: a215
10.06	Valve Before Service Tank 1 Output OUT: a217
10.07	Valve Before Service Tank 2 Output OUT: a219
11.00	Valve After Service Tank 1 Output OUT: a221

11.01	Valve After Service Tank 2 Output OUT: a223
11.02	Transfer Pump Output OUT: a225
11.03	Separator Pump Output OUT: a227
11.04	Supply Pump Output OUT: a229
20.00	Flag Push Button ON Input OUT: a001 Storage_Tank IN: a023
20.01	Flag Main Engine ON Input OUT: a003 Storage_Tank IN: a027
20.02	Flag Push Button OFF Input OUT: a005 Storage_Tank IN: b025 b029 b033
40.00	Flag Valve Before Settling Tank 1 Transfer_Pump IN: a036 Settling_Tank_1 OUT: a051 Output IN: a204 Lamp_Indicator IN: a233
40.01	Flag Valve Before Settling Tank 2 Transfer_Pump IN: a038 Settling_Tank_2 OUT: a094 Output IN: a206 Lamp_Indicator IN: a235
40.02	Flag Drain Valve Settling Tank 1 Settling_Tank_1 OUT: a065 IN: b049 a066 b079 Output IN: a208 Lamp_Indicator IN: a237 a241
40.03	Flag to Stop Drain Valve Settling Tank 1 Settling_Tank_1 OUT: a069 IN: b058 b061
40.04	Flag to Drain Settling Tank 1 (High) Settling_Tank_1 OUT: a059 IN: a057 a063

40.05	Flag to Drain Settling Tank 1 (Low) Settling_Tank_1 OUT: a062 IN: a064	45.01	Supply_Pump IN: a186 a196
40.06	Flag Drain Valve Settling Tank 2 Settling_Tank_2 OUT: a108 IN: b092 a109 b122 Output IN: a210 Lamp_Indicator IN: a239 a242	45.02	Storage Tank Ready Storage_Tank OUT: a034 IN: a032 Settling_Tank_1 IN: a050 Settling_Tank_2 IN: a093
40.07	Flag to Stop Drain Settling Tank 2 Settling_Tank_2 OUT: a112 IN: b101 b104	45.03	Settling Tank 1 Ready Settling_Tank_1 OUT: a080 IN: a077 Separator_Pump IN: a126 b129 a134
40.08	Flag to Drain Settling Tank 2 (High) Settling_Tank_2 OUT: a102 IN: a100 a106	45.04	Settling Tank 1 Settled for 24 Hours Settling_Tank_1 OUT: a073 IN: a076
40.09	Flag to Drain Settling Tank 2 (Low) Settling_Tank_2 OUT: a105 IN: a107	45.05	Flag to Start Settling Tank 2 Settling_Tank_2 OUT: a085 IN: a086
40.10	Flag Valve After Settling Tank 1 Separator_Pump OUT: a128 Output IN: a212 Lamp_Indicator IN: a244	45.06	Settling Tank 2 Settled for 24 Hours Settling_Tank_2 OUT: a116 IN: a119
40.11	Flag Valve After Settling Tank 2 Separator_Pump OUT: a133 IN: b127 a130 Output IN: a214 Lamp_Indicator IN: a246	45.07	Settling Tank 2 Ready Settling_Tank_2 OUT: a123 IN: a120 Separator_Pump IN: a131 a135
45.00	Flag System ON Storage_Tank OUT: a026 IN: a024 a031 Transfer_Pump IN: a044 Settling_Tank_1 IN: a047 a074 Settling_Tank_2 IN: a082 a088 a117 Separator_Pump IN: a145 Service_Tank_1 IN: a148 a156 Service_Tank_2 IN: a162 a168 a177 Supply_Pump IN: a189 a194 a197 a201	46.00	Flag to Settling Tank Ready Separator_Pump OUT: a136 Service_Tank_1 IN: a150
45.01	Flag Main Engine ON Storage_Tank OUT: a030 IN: a028	46.01	Service Tank 1 Ready Service_Tank_1 OUT: a160 IN: a158 Supply_Pump IN: a183 a187 b191
		46.02	Flag to Start Service Tank 2 Service_Tank_2 OUT: a165 IN: a166
		46.03	Service Tank 2 Ready Service_Tank_2 OUT: a181 IN: a179 Supply_Pump IN: a184 a193
		46.04	Flag to Service Tank Ready Supply_Pump OUT: a185 IN: a198

47.00	Flag Valve Before Service Tank 1
	Separator_Pump IN: a137
	Service_Tank_1 OUT: a151
	Output IN: a216
47.01	Lamp_Indicator IN: a250
	Flag Valve Before Service Tank 2
	Separator_Pump IN: a139
	Service_Tank_2 OUT: a172
47.02	Output IN: a218
	Lamp_Indicator IN: a252
	Flag Valve After Service Tank 1
	Supply_Pump OUT: a190
47.03	Output IN: a220
	Lamp_Indicator IN: a254
	Flag Valve After Service Tank 2
	Supply_Pump OUT: a195 IN: b188 a192
48.00	Output IN: a222
	Lamp_Indicator IN: a256
	LL Settling Tank 1
	Input OUT: a007
48.01	Settling_Tank_1 IN: a054 b060 a078
	HL Settling Tank 1
	Input OUT: a009
	Settling_Tank_1 IN: a052 a056 a070 a075
48.02	Settling_Tank_2 IN: a083
	LL Settling Tank 2
	Input OUT: a011
	Settling_Tank_2 IN: b084 a097 b103 a121
48.03	HL Settling Tank 2
	Input OUT: a013
	Settling_Tank_2 IN: a095 a099 a113 a118
	LL Service Tank 1
48.04	Input OUT: a015
	Service_Tank_1 IN: a154 a159
	HL Service Tank 1
	Input OUT: a017
48.05	Service_Tank_1 IN: a152 a157
	Service_Tank_2 IN: a163
	LL Service Tank 2
	Input OUT: a019
48.06	Service_Tank_2 IN: b164 a175 a180
	HL Service Tank 2
	Input OUT: a021
	Service_Tank_2 IN: a173 a178
200.00	Flag to Settling Tank Demand
	Transfer_Pump OUT: a042 IN: a043
	Flag to Transfer Pump ON
	Transfer_Pump OUT: a045
200.01	Output IN: a224
	Lamp_Indicator IN: a231
	Flag to Service Tank Demand
	Separator_Pump OUT: a143 IN: a125 a132 a144
200.02	Flag to Separator Pump ON
	Separator_Pump OUT: a146
	Output IN: a226
	Lamp_Indicator IN: a248
200.03	Flag to Main Engine Demand
	Supply_Pump OUT: a199 IN: a200
	Flag to Supply Pump ON
	Supply_Pump OUT: a202
200.04	Output IN: a228
	Lamp_Indicator IN: a258
	Lamp 1
	Lamp_Indicator OUT: a232
230.00	Lamp 2
	Lamp_Indicator OUT: a234
	Lamp 3
	Lamp_Indicator OUT: a236
230.01	Lamp 4
	Lamp_Indicator OUT: a238
	Lamp 1
	Lamp_Indicator OUT: a232
230.02	Lamp 2
	Lamp_Indicator OUT: a234
	Lamp 3
	Lamp_Indicator OUT: a236
230.03	Lamp 4
	Lamp_Indicator OUT: a238
	Lamp 1
	Lamp_Indicator OUT: a232

230.04	Lamp 5 Lamp_Indicator OUT: a240
230.05	Lamp 6 Lamp_Indicator OUT: a243
230.06	Lamp 7 Lamp_Indicator OUT: a245
230.07	Lamp 8 Lamp_Indicator OUT: a247
230.08	Lamp 9 Lamp_Indicator OUT: a249
230.09	Lamp 10 Lamp_Indicator OUT: a251
230.10	Lamp 11 Lamp_Indicator OUT: a253
230.11	Lamp 12 Lamp_Indicator OUT: a255
230.12	Lamp 13 Lamp_Indicator OUT: a257
230.13	Lamp 14 Lamp_Indicator OUT: a259
240.00	Flag to Stop Valve Before Settling Tank 1 Settling_Tank_1 OUT: a055 IN: b048 a053
240.01	Flag to Start Valve Before Settling Tank 2 Settling_Tank_2 OUT: a089 IN: a087 a090
240.02	Flag to Stop Valve Before Settling Tank 2 Settling_Tank_2 OUT: a098 IN: b091 a096
240.03	Flag to Stop Valve Before Service Tank 1 Service_Tank_1 OUT: a155 IN: b149 a153
240.04	Flag to Start Valve Before Service Tank 2 Service_Tank_2 OUT: a169 IN: a167 a170
240.05	Flag to Stop Valve Before Service Tank 2 Service_Tank_2 OUT: a176 IN: b171 a174
TIM000(bit)	Timer for Settling Tank 1 Settling_Tank_1 OUT: a071 IN: a072
TIM001(bit)	Timer to Stop Drain Valve Settling Tank 1 Settling_Tank_1 OUT: a067 IN: a068

TIM002(bit)	Timer for Settling Tank 2 Settling_Tank_2 OUT: a114 IN: a115
TIM003(bit)	Timer to Stop Drain Valve Settling Tank 2 Settling_Tank_2 OUT: a110 IN: a111
TIM004(bit)	Timer Transfer Pump ON Delay Transfer_Pump OUT: a037 IN: a040
TIM005(bit)	Timer Transfer Pump ON Delay Transfer_Pump OUT: a039 IN: a041
TIM006(bit)	Timer Separator Pump ON Delay Separator_Pump OUT: a138 IN: a141
TIM007(bit)	Timer Separator ON Delay Separator_Pump OUT: a140 IN: a142

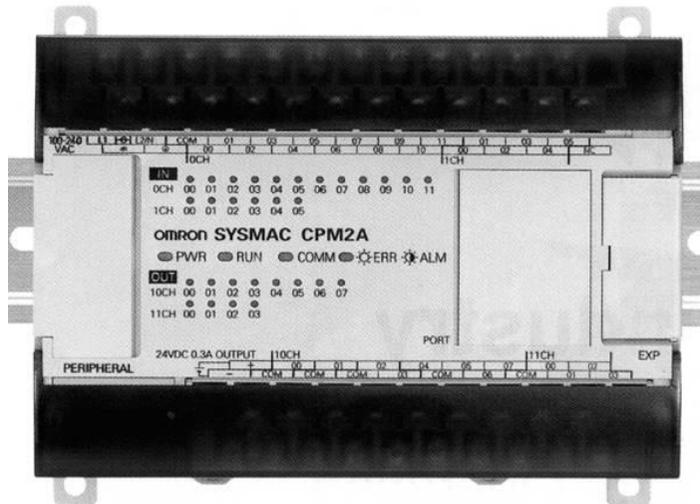
PLC Name	Program Name	Section Name	Start Step Num.	End Step Num.	Pages
NewPLC1					16
	NewProgram1				16
		Input	0	21	1
		Storage_Tank	23	34	1
		Transfer_Pump	36	45	1
		Settling_Tank_1	47	80	2
		Settling_Tank_2	82	123	2
		Separator_Pump	125	146	1
		Service_Tank_1	148	160	1
		Service_Tank_2	162	181	1
		Supply_Pump	183	202	1
		Output	204	229	2
		Lamp_Indicator	231	259	2
		END	261	261	1

## B.1. Programmable Logic Controller (PLC)

### B.1.1. Pengertian PLC

PLC adalah suatu mikroprosesor yang digunakan untuk otomatisasi proses industri seperti pengawasan dan pengontrolan mesin di jalur perakitan suatu pabrik. PLC memiliki perangkat masukan dan keluaran yang digunakan untuk berhubungan dengan perangkat luar seperti sensor, relai, contactor dll. Bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengoperasikan PLC berbeda dengan bahasa pemrograman biasa. Bahasa yang digunakan adalah Ladder, yang hanya berisi input-proses-output. Disebut Ladder, karena bentuk tampilan bahasa pemrogramannya memang seperti tampilan tangga. Disamping menggunakan pemrograman ladder, PLC juga dapat diprogram dengan pemrograman SFC dan pemrograman ST, untuk bahasa ST sudah jarang digunakan lagi. (E.A. Parr, 1999).

Gambar 1. merupakan salah satu contoh PLC modern dengan jenis compact dengan pabrikan omcon tipe cpm2a 30cdr.



Gambar 1. PLC Omron CPM2A  
(Sumber : artisantg.com)

### B.1.2. Komponen PLC

Ada beberapa jenis hardware penyusun PLC antara lain :

#### a. CPU

Central Processing Unit (CPU) adalah unsur yang paling penting dari Programmable controller. CPU merupakan otak bagi sistem. Komponen-komponen pembentuk CPU adalah:

- Prosesor
- Memori
- Power Supply

#### b. Prosesor

Kecerdasan PLC ditentukan oleh mikroprosesor, dimana bentuk dari mikroprosesor adalah sangat kecil. Mikro prosesor ini bertugas melakukan semua pekerjaan

matematika, penanganan data, dan diagnostik. Fungsi utama dari prosesor adalah untuk memerintah dan mengontrol kegiatan-kegiatan di seluruh sistem.

Selama satu kali proses scan, prosesor mengerjakan fungsi-fungsi sebagai berikut :

- Memeriksa kondisi semua masukan baik yang benar maupun yang salah didalam lokasi yang disebut I/O image table.
- Membaca instruksi dan data dari semua bagian memori dan menjalankan pekerjaan berdasarkan instruksi-instruksi tersebut.
- Melakukan diagnosa internal.
- Mengirim dan menerima informasi dari perangkat pemrograman.
- Mengatur semua output agar sesuai dengan keluaran hasil eksekusi program.

### **c. Memori**

Sistem memori di dalam PLC berada dalam dua bagian. Pertama sistem boot/executive dan yang kedua adalah user memory/application memory.

1. Executive memory merupakan kumpulan program yang disimpan secara permanen berupa instructional software. Yaitu relay instruction, block transfer, dan math instruction. Lokasi memori ini tidak tersedia bagi pemakai, bagian memori inilah yang nantinya bekerja untuk menjalankan sistem.
2. Application memory berfungsi untuk memberikan lokasi penyimpanan untuk user program, yaitu berupa area yang menyimpan ladder diagram, timer, counter, dan lain-lain.

Berdasarkan jenisnya, memori dibagi menjadi beberapa jenis. Antara lain :

#### **1. ROM (Read Only Memory)**

ROM dirancang untuk menyimpan secara permanen data yang telah dibuat. Isinya masih bisa di uji dan dibaca tetapi tidak bisa di ubah. ROM tidak memerlukan back up power untuk menjaga eksistensi dari memorinya.

#### **2. RAM (Random Access Memory)**

RAM dikenal sebagai read/write memori dan dirancang supaya informasi dapat ditulis dan dibaca dari lokasi manapun.

#### **3. PROM (Programmable Read Only Memory)**

Setelah sebuah program selesai digunakan dan teknisi yakin benar, program tersebut kemudian diupload kedalam PROM. Jika dibutuhkan perubahan dikemudian hari, PROM harus diganti dan program baru dibuat dan diupload lagi menuju PROM. PROM bisa digunakan sebagai backup permanen untuk user program, karena tidak memerlukan backup power.

### **d. Power Supply**

Power supply digunakan untuk memasok daya ke modul I/O serta CPU. Power supply merupakan modul terbesar dan terberat dalam sistem modular. Didalamnya juga tersedia arus yang berbeda-beda dan digunakan untuk mensupply arus yang dibutuhkan dalam PLC.



Gambar 2. Power Supply Mitsubishi  
(Sumber : uk.rs-online.com)

Gambar 2. merupakan contoh power supply untuk PLC tipe modular. Biasanya semua model menerima pasokan AC 240 V atau 120 V yang diatur dengan saklar atau jumper. Jenis ini berada didalam rak I/O. biasanya ia mengambil satu slot dan power supply harus memenuhi persyaratan sistem yang sudah menjadi bagiannya.

#### e. Perangkat Pemrograman

Perangkat yang dapat memasukkan instruksi program kedalam PLC ada 2. Antara lain :

##### 1. Miniprogrammer / console

Miniprogrammer atau programming console adalah sebuah perangkat seukuran kalkulator saku yang berfungsi untuk memasukkan instruksi-instruksi program ke dalam PLC.



Gambar 3. Console tipe OMRON  
(Sumber : shopcross.com)

Gambar 3. menunjukkan contoh console untuk menginput program PLC pabrikan dari OMRON. Umumnya instruksi-instruksi program dimasukkan dengan mengetikkan simbol-simbol ladder diagram dengan menggunakan kode mnemonic (nematic code).

##### 2. Komputer

Selain console, komputer merupakan salah satu perangkat yang dapat melakukan input bahasa pemrograman kedalam PLC. Penggunaan komputer dibantu oleh perangkat lunak atau software dari pabrikan masing-masing PLC. Keuntungan dari komputer adalah satu komputer bisa dipakai pada bermacam-macam jenis PLC yang berbeda-beda dengan program pabrik pembuat PLC. Selain itu, tampilan dari bahasa pemrograman di dalam komputer lebih nyaman dibandingkan dengan console. Serta

input program lebih mudah dilakukan daripada dengan console. Namun ukuran komputer atau laptop yang relatif besar menyulitkan quality control saat melakukan maintenance pada tempat-tempat yang sulit terjangkau oleh manusia.

#### f. Jenis PLC

PLC dibagi dalam 2 tipe dan beberapa ukuran. Hal ini tentu berpengaruh terhadap jumlah modul I/O, terutama harga dari masing-masing PLC. Berikut tipe dari PLC :

##### 1. PLC Modular System

Programmable controller tipe modular system mampu mengontrol sistem yang sangat besar dan kompleks.

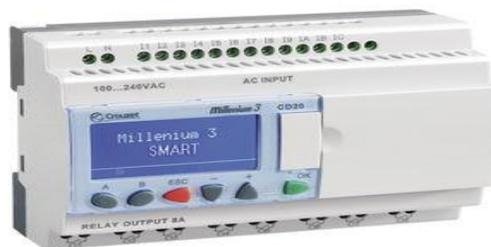


Gambar 4. PLC tipe Modular  
(Sumber : indiamart.com)

Gambar 4. merupakan contoh dari PLC tipe modular dengan beberapa socket input output. Modular system terdiri dari sebuah rak dengan serangkaian slot-slot yang dapat diisi dengan CPU, power supply, modul I/O, serta modul khusus lain seperti modul komunikasi yang memungkinkan PLC berkomunikasi dengan lebih dari satu PLC dan membentuk jaringan.

##### 2. PLC Compact System

PLC compact mempunyai kapasitas memori yang terbatas dan memiliki kemampuan lebih sedikit dalam mengawasi sistem yang besar serta jumlah modul I/O yang permanen dan tidak dapat di expand.



Gambar 5. PLC tipe Compact  
(Sumber : directindustry.com)

Gambar 5. merupakan contoh dari PLC tipe compact dengan jumlah input dan output yang terbatas. Keuntungan dari tipe PLC compact adalah desain yang lebih sederhana dengan hanya menampilkan terminal-terminal modul I/O, lampu indikator, dan port untuk dihubungkan dengan console atau komputer.

Untuk ukuran dari PLC ditentukan berdasarkan jumlah dari modul I/O yang terletak pada hardware. Antara lain :

- Micro PLC : I/O sampai 32 point
- Small PLC : I/O sampai 128 point
- Medium PLC : I/O sampai 1024 point
- Large PLC : I/O sampai 4096 point
- Very Large PLC : I/O sampai 8192 point

### **g. Sistem I/O**

Sistem input dan output berfungsi sebagai sensor dan aktuator. Fungsi dari input juga dapat diibaratkan sebagai trigger untuk memicu menyalanya output. Ada 2 jenis input dan output. Jenis digital dan jenis analog. Berikut penjelasannya.

#### **1. Digital Input (DI)**

Digital input hanya mampu mengenali dua kondisi yaitu on atau off. Kondisi tersebut dapat diperoleh dari switch atau sensor digital. Sehingga dibutuhkan analog input untuk mendapatkan data input selain kondisi on atau off. Seperti counter, suhu, tekanan.

#### **2. Digital Output (DO)**

Secara umum DO digunakan untuk menyalakan atau mematikan, membuka atau menutup peralatan digital seperti digital valve, buzzer, lampu dan lain-lain. Pengklasifikasian lebih jauh dapat dibedakan berdasarkan kebutuhan tegangan dari peralatan, kebutuhan arus peralatan, dan high density. Modular system memungkinkan adanya variasi tegangan output dari PLC yang sama. Jenis output yang paling umum adalah sebagai berikut :

- Relay contact (maksimal 250 volt)
- Trias AC 12 sampai 250 volt.
- Transistor DC 12 sampai 48 volt.
- Input dan output pada modul yang sama.

Sinyal analog adalah sinyal yang secara kontinyu besarnya terus bervariasi atau tidak mempunyai nilai diskrit yang tetap. Contohnya, input analog dari satu speed drive membaca tachometer memasok sebesar 5 volt ke input pada kecepatan 50 rpm. Ketika kecepatan motor dan tachometer meningkat menjadi 500 rpm, tegangan input ini juga akan meningkat menjadi 50 volt. Sejumlah sistem menggunakan sinyal 4 hingga 20 mA untuk pengontrolan yang akurat. Misalnya adalah pada transduser berat atau kecepatan, yang akan mengubah berat atau kecepatan ke dalam sinyal arus dalam satuan mA. Contohnya sebuah paket berat 1 kg mengirimkan sinyal input sebesar 5 mA. Jika sebuah paket dengan 10 kg ditimbang, sinyal input akan meningkat sebesar 14 mA.

### 1. Analog Input

Sinyal analog diubah di dalam modul analog input ke sinyal digital dengan Analog to Digital Converter (ADC). Analog input modul tersedia dengan 8 saluran. Perkembangan terbaru adalah analog input dan output tergabung dalam satu modul. Beberapa pabrikan PLC dapat menyediakan 4 input dan 2 output analog tergabung dalam satu modul. PLC mempunyai kemampuan untuk membaca signal analog yang berbeda-beda sebagai nilai numerik yang berbeda-beda. Hal tersebut memungkinkan PLC memonitor keadaan-keadaan variabel yang banyak yang di dalam lingkungan industri meliputi Tekanan, Temperatur, Kecepatan, Intensitas Cahaya dan lain-lain.

### 2. Analog Output

Sinyal digital dari CPU berubah menjadi sinyal analog lewat Digital to Analog Converter (D/A). prinsip modul analog berlawanan dari input analog modul. Disini analog modul mengubah nilai numerik, yang berada di dalam lokasi yang dialokasikan ke dalam analog signal variabel melalui sebuah konverter digital ke analog.

## **B.1.3. Bahasa Pemrograman**

### **a. Bahasa Pemrograman PLC**

Dalam pemrograman PLC, terdapat beberapa metode pemrograman yang dilakukan oleh PLC agar dapat beroperasi. Metode yang umum terdapat dalam pilihan antara lain metode pemrograman dengan diagram logika tangga (ladder logic diagram), mnemonic (statement list), dan diagram fungsi blok (function block diagram). Adanya pilihan metode tersebut dimaksudkan agar pengguna bisa membuat program dengan mudah sesuai dengan keahlian atau metode pemrograman yang disukainya. Berdasarkan Standar Internasional IEC-61131-3, bahasa pemrograman PLC ada 5 macam.

#### 1. Ladder Diagram

Pemrograman ini merupakan salah satu metode yang sangat umum digunakan. Metode ini praktis dan cukup mudah dimengerti. Diagram ini sendiri terdiri atas dua buah garis vertikal yang melambangkan daya. Komponen-komponen rangkaian kemudian disambungkan sebagai garis-garis horizontal yang merupakan anak tangga. Komponen yang dimaksud ditempatkan diantara kedua garis vertikal.

#### 2. Function Block Diagram

Bahasa pemrograman ini menitikberatkan pada hubungan antara variabel input dengan output berupa gambar blok-blok diagram dan dalam blok-blok tersebut terdapat fungsi-fungsi tertentu.

#### 3. Structure Text

Bahasa pemrograman ini termasuk high level language dimana biasa digunakan untuk beberapa prosedur yang kompleks menggunakan bahasa baku untuk menyatakan kondisi dari step yang berbeda. Bahasa yang digunakan mirip dengan bahasa pemrograman pascal.

#### 4. Mnemoic / Statement List

Bahasa pemrograman ini termasuk low level language, dimana pemrograman ini menggunakan statement variabel (huruf) sebagai input dan sangat efektif untuk aplikasi-aplikasi yang kecil dimana terdapat perintah-perintah yang sudah baku.

#### 5. Sequential Function Chart

Bahasa pemrograman ini dibuat dengan sistem chart yang mempresentasikan setiap step kedalam hubungan-hubungan transisi. Didalam chartnya sudah terdapat urutan langkah-langkah, transisi dan percabangan.

### **b. Pengenalan Ladder Diagram**

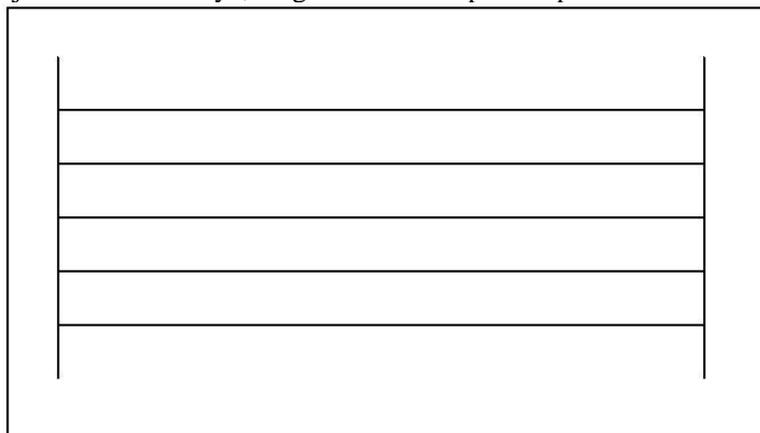
Ladder Diagram (diagram tangga) menggambarkan program dalam bentuk grafik. Diagram ini dikembangkan dari kontak-kontak relay terstruktur yang menggambarkan aliran arus listrik. Dalam diagram ladder terdapat dua buah garis vertical dimana garis vertical sebelah kiri dihubungkan dengan sumber tegangan positif catu daya dan garis sebelah kanan dihubungkan dengan sumber tegangan negatif catu daya.

Program ladder ditulis menggunakan bentuk pictorial atau simbol yang secara umum mirip dengan rangkaian kontrol relay. Program ditampilkan pada layar dengan elemen-elemen seperti normally open contact, normally closed contact, timer, counter, sequencer dll ditampilkan seperti dalam bentuk pictorial.

Dibawah kondisi yang benar, listrik dapat mengalir dari rel sebelah kiri ke rel sebelah kanan, jalur rel seperti ini disebut sebagai ladder line (garis tangga). Peraturan secara umum di dalam menggambarkan program ladder diagram adalah:

- Daya mengalir dari rel kiri ke rel kanan.
- Output coil tidak boleh dihubungkan secara langsung di rel sebelah kiri.
- Tidak ada kontak yang diletakkan disebelah kanan output coil.
- Hanya diperbolehkan satu alamat output coil pada ladder line.

Dengan penjelasan sebelumnya, diagram ladder dapat direpresentasikan menjadi,

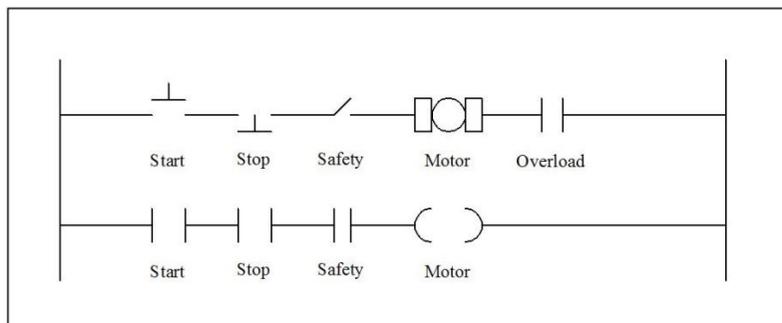


Gambar 6. Ladder Diagram (diagram tangga)  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

Gambar 6. menampilkan gambar seperti tangga yang merupakan bentuk dari diagram tangga. Diantara dua garis ini dipasang kontak-kontak yang menggambarkan kontrol dari switch, sensor atau output. Satu baris dari diagram disebut dengan satu rung. Sederhananya, input menggunakan simbol [ ] untuk kontak normally open dan [/] untuk kontak normally close. Sedangkan output menggunakan simbol ( ) untuk coil yang terletak paling kanan.

### c. Prinsip-prinsip Ladder Diagram PLC

Untuk memperlihatkan hubungan antara satu rangkaian fisik dengan ladder diagram yang mempresentasikannya, berikut akan ditampilkan rangkaian motor listrik pada gambar 7,



Gambar 7. Rangkaian start-stop motor.  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

Motor dihubungkan ke sumber daya melalui 3 saklar yang dirangkai secara seri ditambah saklar over load sebagai pengaman. Motor akan menyala bila seluruh saklar dalam kondisi menutup.

Diantara garis vertikal tersebut disusun garis horizontal yang disebut rung (anak tangga) yang berfungsi untuk menempatkan komponen kontrol sistem. Pada dasarnya ladder diagram tersusun dari dua garis vertical yang mewakili rel daya dan minimal 1 garis horizontal yang mewakili rung (anak tangga) untuk penempatan komponen kontrol sistem.

### d. Instruksi Dasar Ladder Diagram

Terdapat beberapa instruksi dasar PLC yang sering digunakan dalam pembuatan suatu sistem sederhana bahkan sulit. Beberapa instruksi akan sering terlihat pada setiap rung atau bahkan dalam sebuah sequence. Berikut beberapa instruksi dasar PLC yang sering digunakan,

#### 1. Normally Open (NO) Contact

Simbol



## Deskripsi

Instruksi NO akan bernilai “1” ketika dia aktif dan akan bernilai “0” ketika dia tidak aktif.

### 2. Normally Close (NC) Contact

#### Simbol



#### Deskripsi

Instruksi NC akan bernilai “0” ketika dia aktif dan akan bernilai “1” ketika dia tidak aktif.

### 3. Normally Open Coil

#### Simbol



#### Deskripsi

Ketika RLO (Result of Logic Operation) atau hasil dari operasi logika bernilai “1” maka NO coil akan bernilai “1”. Ketika RLO bernilai “0” maka NO coil akan bernilai “0”.

### 4. Normally Close Coil

#### Simbol



#### Deskripsi

Ketika RLO (Result of Logic Operation) atau hasil dari operasi logika bernilai “1” maka NO coil akan bernilai “0”. Ketika RLO bernilai “0” maka NO coil akan bernilai “1”.

### 5. End(01)

#### Simbol

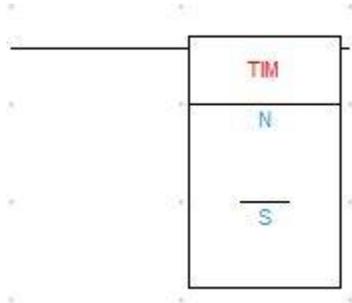


#### Deskripsi

END(01) diperlukan sebagai instruksi terakhir dalam program apapun. Tidak ada instruksi tertulis setelah END(01) akan dieksekusi. Jika tidak ada END(01) dalam program, maka tidak ada instruksi yang dijalankan dan akan muncul pesan “NO INST END”.

## 6. TIM (Timer)

Simbol

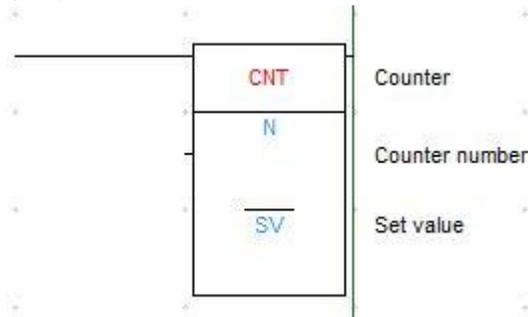


Deskripsi

Timer akan aktif ketika RLO sebelumnya bernilai “1” dan nilai SV akan direset ketika bernilai “0”. Keluaran dari TIM akan aktif ketika nilai SV=0 dan akan menahannya sampai timer direset.

## 7. CNT (Counter)

Simbol



Deskripsi

Ketika nilai RLO sebelum instruksi CNT berubah dari “0” ke “1” maka nilai PV (Present Value) akan dikurangi 1, ketika nilai PV = 0 maka keluaran CNT akan bernilai “1”. Ketika input R berubah dari “0” ke “1” maka nilai PV akan direset dengan nilai SV.

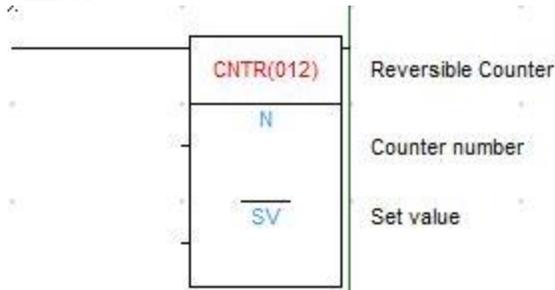
N = TC Number (000 – 511)

SV = Set Value

PV = Present Value

## 8. CNTR (12)

Simbol



Deskripsi

Ketika nilai RLO sebelum instruksi II (Increment Input) berubah dari “0” ke “1” maka nilai PV (Present Value) akan ditambah 1. Ketika nilai RLO sebelum instruksi DI (Decrement Input) berubah dari “0” ke “1” maka nilai PV akan dikurangi 1. Ketika nilai PV = 0 maka keluaran CNTR akan bernilai “1”. Ketika masukan R berubah dari “0” ke “1” maka nilai PV akan direset dengan nilai SV.

N = TC Number (000 – 511)

SV = Set Value

PV = Present Value

### e. Memory Circuit (Latch) atau Self Holding

Rangkaian yang bersifat mengingat kondisi sebelumnya seringkali dibutuhkan dalam kontrol logik. Pada rangkaian ini hasil keluaran dikunci (latching) dengan menggunakan kontak hasil keluaran itu sendiri, sehingga walaupun input sudah berubah, kondisi output tetap. Rangkaian ini juga sering disebut dengan rangkaian self-holding. Contoh rangkaian latch atau self holding dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Latching Circuit atau Self-holding.

(Sumber : dokumentasi pribadi)

### f. Operasi Logika

Terdapat beberapa operasi logika yang sering digunakan dalam pembuatan otomasi suatu sistem. Pada dasarnya PLC merupakan program yang mengandalkan operasi logika sebagai bahasa pemrogramannya. Jadi perlu penguasaan logika-logika dasar agar mampu mengoperasikan program PLC dengan baik dan benar. Berikut beberapa operasi logika dasar dari PLC yang dapat digunakan,

#### 1. OR

Logika kerja OR dapat diartikan nilai RLO akan bernilai “1” ketika salah satu contact pada rangkaian paralel tertutup dan mengalirkan arus dari kutub positif (garis vertikal kanan) ke kutub negatif (garis vertikal kiri). Logika kerja OR dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Logika kerja OR  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

## 2. AND

Logika kerja AND dapat diartikan nilai RLO akan bernilai “1” ketika seluruh contact pada rangkaian seri tertutup dan mengalirkan arus listrik. Logika kerja AND dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Logika kerja AND  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

## 3. NOR

Logika kerja NOR (Negative OR) dapat diartikan nilai RLO akan bernilai “0” ketika salah satu contact pada rangkaian seri terbuka dan memutus aliran arus. Logika kerja NOR dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Logika kerja NOR  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

## 4. XOR

Logika kerja XOR dapat diartikan nilai RLO akan bernilai “1” ketika hanya salah satu contact menutup dan mengalirkan arus. Ketika salah satu contact menutup, hal tersebut akan memutus aliran arus dari rangkaian parallel yang lain. Logika kerja XOR dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Logika kerja XOR  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

## 5. XNOR

Logika kerja XNOR dapat diartikan nilai RLO akan bernilai “0” ketika salah satu dari contact ditutup dan memutus aliran arus dari rangkaian parallel. Namun nilai RLO akan

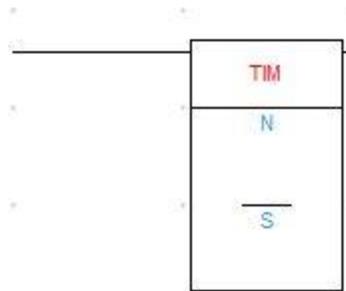
bernilai “1” lagi ketika seluruh contact pada rangkaian seri ditutup atau dibuka. Logika kerja XNOR dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Logika kerja XNOR  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

### 6. Timer

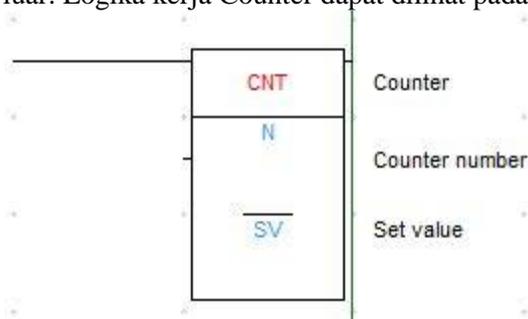
Timer berfungsi untuk mengaktifkan suatu keluaran dengan interval waktu yang dapat diatur. Pengaturan waktu dilakukan melalui nilai setting (preset value). Timer tersebut akan bekerja bila diberi input dan mendapat pulsa clock. Untuk pulsa clock sudah disediakan oleh pembuat PLC. Besarnya nilai pulsa clock pada setiap timer tergantung pada nomor timer yang digunakan. Saat input timer ON maka timer mulai mencacah pulsa dari 0 sampai preset value. Bila sudah mencapai preset value maka akan mengaktifkan output yang telah ditentukan. Logika kerja Timer dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Logika kerja Timer  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

### 7. Counter

Fungsi counter adalah mencacah pulsa yang masuk. Sepintas cara kerja counter dan timer mirip. Perbedaannya adalah timer mencacah pulsa internal sedangkan counter mencacah pulsa dari luar. Logika kerja Counter dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Logika kerja Counter  
(Sumber : dokumentasi pribadi)

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Kuala Tungkal, Propinsi Jambi pada tanggal 30 Juni 1996 dengan nama M. Arif Fachruddin dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh jenjang mulai dari TK Muslimat NU 86, Tumpeng (1999 – 2002), SD Islam Tompokersan, Lumajang (2002 – 2008), SMP Negeri 1 Sukodono, Lumajang (2008 – 2011) dan SMA Negeri 2 Lumajang (2011 – 2014). Setelah lulus dari bangku Sekolah Menengah Atas (SMA), penulis diterima di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur SBMPTN pada tahun 2014. Selama menempuh masa studi, penulis aktif di berbagai kegiatan dan organisasi. Diantaranya menjadi panitia acara peringatan 32 tahun Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS, pengurus aktif Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan (2015 – 2017), Panitia Marine Icon (2015, 2016, 2017), dan anggota dari Marine Electrical and Automation System (MEAS) Laboratory DTSP ITS. Selama masa perkuliahan, penulis juga pernah menjuarai turnamen flag football antar universitas tingkat nasional pada tahun 2016 dan 2017. Pada masa perkuliahan, penulis melakukan kerja praktik di dua tempat yaitu di PT. Orela Shipyards dan PT. Indonesia Power UPJP Priok.