



## **TUGAS AKHIR - ME141501**

### **PERANCANGAN MODEL OTOMATISASI SISTEM BALLAST BERBASIS PLC DENGAN SKALA LABORATORIUM**

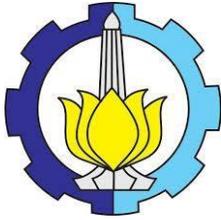
Nano Prabowo  
NRP. 0421144000060

Dosen Pembimbing 1  
Juniarko Prananda, S.T, M.T.

Dosen Pembimbing 2  
Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*



**FINAL PROJECT - ME141501**

**DESIGN OF AUTOMATIC MODEL BALLAST SYSTEM BASED  
PLC WITH LABORATORY SCALE**

Nano Prabowo  
NRP. 0421144000060

Supervisor I:  
Juniarko Prananda, S.T, M.T.

Supervisor I:  
Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng.,  
D.Eng

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING  
Faculty of Marine Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERANCANGAN MODEL OTOMATISASI SISTEM BALLAST  
BERBASIS PLC DENGAN SKALA LABORATORIUM**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada

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

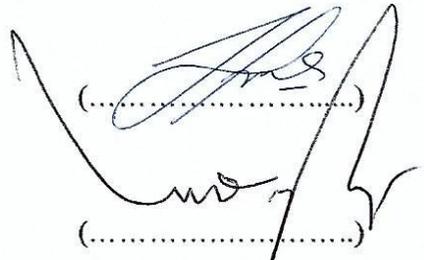
Oleh :

**Nano Prabowo**  
**NRP. 04211440000060**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Juniarko Prananda S.T. M.T.  
NIP. 1990 0605 2015 04 1001

Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng  
NIP. 1958 0807 1984 03 1004



(.....)

(.....)

SURABAYA  
30 Juli 2018

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERANCANGAN MODEL OTOMATISASI SISTEM BALLAST  
BERBASIS PLC DENGAN SKALA LABORATORIUM**

**SKRIPSI**

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 :

**Nano Prabowo**

**NRP. 0421144000060**

Disetujui oleh :

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## **PERANCANGAN MODEL OTOMATISASI SISTEM BALLAST BERBASIS PLC DENGAN SKALA LABORATORIUM**

Nama Mahasiswa : Nano Prabowo  
NRP : 0421144000060  
Dosen Pembimbing I : Juniarko Prananda, S.T, M.T.  
Dosen Pembimbing II : Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng

### **ABSTRAK**

Sistem *ballast* merupakan salah satu sistem yang sangat penting dalam kapal dimana sistem *ballast* ini berguna menjaga kestabilan pada kapal khususnya saat melakukan bongkar muatan. Dimana saat- saat itu kapal mengalami kondisi perubahan titik berat yang cukup tinggi akibat dari perpindahan atau pengambilan muatan saat bongkar bongkar, hal ini masih diperparah dengan sistem *ballast* yang dilakukan secara manual atau masih menggunakan tenaga manusia sebagai pengatur sistem *ballast* tersebut yang hal ini dapat menyebabkan sistem *ballast* tersebut kurang berfungsi atau mengalami keterlambatan keputusan saat melakukan *ballast*. Permasalahan ini yang menjadi dasar penulis untuk melakukan peneliti pembuatan prototipe dengan skala laboratorium, dalam perancangan sistem *ballast* otomatis ini saya menggunakan basis PLC sebagai lingkungan logic control. Dimana dari hasil pengujian menggunakan prototipe ini menghasilkan bahwa waktu respon PLC terhadap input sensor secara keseluruhan skema ballasting, PLC mampu berkerja kurang dari 3,5 detik pada setiap skema yang ada sehingga respon PLC dapat dianggap sangat baik.

Saat melakukan pengujian simulasi sistem ballast terdapat kendala pada sensor sistem gyroscope yang terlalu sensitif

**Kata Kunci : Perancangan Prototipe, Otomatisai Sistem *Ballast*, PLC**

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## **DESIGN OF AUTOMATIC MODEL BALLAST SYSTEM BASED PLC WITH LABORATORY SCALE**

Student Name : Nano Prabowo  
NRP : 0421144000060  
Supervisor I : Juniarko Prananda, S.T, M.T.  
Supervisor II : Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng

### **ABSTRACT**

Ballast system is one of the most important systems in the ship where the ballast system is useful to maintain the stability of the ship, especially when loading and unloading where the moment that the ship experienced a condition of change of gravity is quite high due to the movement or loading of loading during unloading, things this is still exacerbated by the ballast system is done manually or still use human power as a ballast system regulator that this can cause the ballast system is less functional or experiencing delay in the decision when ballast. This problem is the basis of the authors to do research prototype manufacture with a laboratory scale, in designing this automatic ballast system I use the base PLC as a logic control environment. Where from the test result using this prototype resulted that PLC response time to whole sensor input of ballasting scheme, PLC can work less than 3,5 second at each scheme so that PLC response can be considered very good.

***Key words : Design Prototype, Automatisai Ballast System, PLC***

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya curahkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas segala limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya maka penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“PERANCANGAN MODEL OTOMATISASI SISTEM BALLAST BERBASIS PLC DENGAN SKALA LABORATORIUM ”**.

Dalam proses penyusunan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan dan motivasi dari berbagai pihak dari awal pengerjaan hingga akhirnya terselesaikan. Maka dari itu , dengan setulus hati penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Ayah dan Ibu yang selalu memberikan bantuan baik dalam bentuk do'a , materi, maupun motivasi. Serta saudara dan segenap keluarga yang selalu memberikan motivasi dan do'a hingga tugas akhir ini selesai.
2. Bapak Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng dan Bapak Juniarko Prananda, S.T. M.Sc selaku dosen pembimbing tugas akhir. Terima kasih atas bimbingan dan nasehat yang bapak berikan selama pengerjaan tugas akhir ini.
3. Bapak Raja Oloan Saut Gurning, ST., M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing. Terima kasih atas segala motivasi dan bantuan yang telah bapak berikan selama kuliah di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ini.
4. Keluarga Mercusuar'14 yang selalu memberi semangat dan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. Seluruh teknisi, member dan grader Laboratorium Marine Electrical and Automation System (MEAS) yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis.
6. Kepada rekan – rekan dan serta semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu yang telah bersedia menemani saya untuk berdiskusi dan bertukar ide, gagasan dan pemikiran selama pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat kepada para pembaca , bangsa dan negara.

Surabaya, 21 Januari 2018

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	xiii
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR GAMBAR .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar belakang .....	1
1.2. Perumusan masalah .....	2
1.3. Batasan masalah .....	3
1.4. Tujuan .....	3
1.5. Manfaat .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
II.1. Teori Sistem <i>Ballast</i> .....	5
II.2. Stabilitas Kapal .....	5
II.3. Programmable Logic Control (PLC) .....	6
II.4. Sistem Kerja PLC .....	7
II.4.1. <i>Input</i> .....	8
II.4.2. CPU .....	8
II.4.3. <i>Output</i> .....	9
II.5. Diagram Tangga (Ladder) Dasar .....	9
II.6. Instruksi LOAD (LD) dan LOAD NOT (LD NOT) .....	10
II.6.1. Instruksi AND dan AND NOT .....	10
II.6.2. Instruksi OR dan OR NOT .....	11
II.6.3. Sensor Gyroscope .....	12
II.6.4. Arduino uno .....	12
II.6.5. Sensor <i>Water Level</i> .....	13
II.6.6. Relay .....	14
II.6.7. <i>Valve electric actuator</i> .....	15
II.6.8. <i>Power supply converter</i> .....	16
II.6.9. Pompa .....	16
II.7. Sistem otomasi <i>ballast</i> .....	16
II.8. Sistem Loop Terbuka (Non feedback System) .....	18
II.9. Sistem Loop Tertutup (Feedback Control system) .....	19
BAB III METODE PENELITIAN .....	21
BAB IV RANCANG BANGUN PROTOTIPE DAN PEMBAHASAN .....	23
IV.1. Umum .....	23
IV.2. Perancangan pemodelan tangki .....	23
IV.3. Sensor Gyroscope .....	23
IV.4. SENSOR WATER LEVEL .....	25
IV.5. DESAIN SISTEM <i>BALLAST</i> .....	26
IV.6. DESAIN SISTEM KONTROL .....	26
IV.7. Pengalamatan PLC .....	27

IV.8. Perancangan software PLC.....	28
IV.9. kapal pembanding.....	49
IV.10. Pembahasan.....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	57
V.1. Kesimpulan.....	57
V.2. Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

**DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1. *Output* PLC..... 27

Tabel 4.2. *input* PLC..... 28

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar. 1.1, Sistem otomasi <i>ballast</i> .....	2
Gambar 2.1 Teori Sistem <i>Ballast</i> .....	5
Gambar 2.2 PLC .....	6
Gambar 2.3 Perangkat PLC.....	7
Gambar 2.4 Prinsip kerja PLC (programmable logic <i>controller</i> ) .....	8
Gambar 2.5 Block diagram CPU pada PLC.....	8
Gambar. 2.6 Contoh Diagram Tangga .....	9
Gambar. 2.7 Contoh instruksi LD dan LD NOT .....	10
Gambar. 2.8 Contoh penggunaan AND dan AND NOT.....	11
Gambar. 2.9 Contoh penggunaan OR dan OR NOT.....	11
Gambar. 2.10 Contoh Sensor <i>Gyroscope</i> .....	12
Gambar. 2.11 arduino uno .....	12
Gambar. 2.12 ic ULN 2803.....	13
Gambar. 2.13 ic ULN 2803.....	13
Gambar. 2.14 Rangkaian ic ULN 2803 .....	14
Gambar. 2.15 Relay .....	14
Gambar. 2.16 <i>Valve electric actuator</i> .....	15
Gambar. 2.17 <i>Power supply converter</i> .....	16
Gambar. 2.18 Pompa.....	16
<i>Gambar. 2.19 Sistem otomasi ballast</i> .....	17
Gambar 2.20 Komponen dasar dari suatu sistem kontrol .....	17
Gambar 2.21 Blok Diagram Of Regulator .....	18
Gambar 2.22 <i>Elements of an open-loop control system</i> .....	18
Gambar 2.23 <i>Feedback Control system</i> .....	19
Gambar 3.1. Diagram alir tahapan skripsi .....	21
Gambar. 4.1, Perencanaan sistem <i>ballast</i> .....	23
Gambar.4.2, Sesnsor mpu6050 to arduino uno .....	24
Gambar.4.3, arduino uno ke relay.....	24
Gambar. 4.4, Rangkaian ic ULN 2803 .....	25
Gambar. 4.5 Rangkaian ic ULN 2803 .....	25
Gambar. 4.6 Diagram sistem control <i>ballast</i> .....	26
Gambar. 4.7 <i>Definition of ship motion</i> .....	28
Gambar 4.8 <i>Diagram Ladder</i> kondisi berat depan dengan kondisi tangki 1 atau tangki 3 akan di transfer ke tangki 6. ....	29
Gambar 4.9 skema perpindahan air dari tangki 1 atau tangki 3 akan di transfer ke tangki 6.....	30

Gambar 4.10 <i>Diagram Ladder</i> kondisi berat depan dengan kondisi tangki 2 atau tangki 4 akan di transfer ke tangki 5. ....	30
Gambar 4.11 skema perpindahan air dari tangki 2 atau tangki 4 akan di transfer ke tangki 5.....	31
Gambar 4.12 <i>Diagram Ladder</i> kondisi perpindahan air dari tangki 2 atau tangki 4 dan tangki 1 atau tangki 3 akan di transfer ke <i>overboard</i> . ....	32
Gambar 4.13 skema perpindahan air dari dari tangki 2 atau tangki 4 dan tangki 1 atau tangki 3 akan di transfer ke <i>overboard</i> . ....	33
Gambar 4.14 <i>Diagram ladder</i> kondisi <i>ballasting</i> dari <i>sea chest</i> akan di transfer ke tangki 5 atau tangki 6.....	33
Gambar 4.15 skema <i>ballasting</i> dari <i>sea chest</i> akan di transfer ke tangki 2 atau tangki 4 dan tangki 1 atau tangki 3. ....	34
Gambar 4.16 <i>Diagram Ladder</i> kondisi belakang dengan kondisi tangki 6 atau tangki 4 akan di transfer ke tangki 1.....	35
Gambar 4.17 skema perpindahan air dari tangki 6 atau tangki 4 akan di transfer ke tangki 1.....	36
Gambar 4.18 <i>Diagram Ladder</i> kondisi berat kiri depan dengan kondisi tangki 5 atau tangki 3 akan di transfer ke tangki 2. ....	36
Gambar 4.19 skema perpindahan air dari tangki 5 atau tangki 3 akan di transfer ke tangki 2.....	37
Gambar 4.20 <i>Diagram Ladder</i> kondisi perpindahan air dari tangki 5 atau tangki 3 dan tangki 6 atau tangki 4 akan di transfer ke <i>overboard</i> . ....	38
Gambar 4.21 skema perpindahan air dari dari tangki 6 atau tangki 4 dan tangki 5 atau tangki 3 akan di transfer ke <i>overboard</i> . ....	39
Gambar 4.22 <i>Diagram ladder</i> skema <i>ballasting</i> dari <i>sea chest</i> akan di transfer ke tangki 6 atau tangki 4 dan tangki 5 atau tangki 3. ....	39
Gambar 4.23 skema <i>ballasting</i> dari <i>sea chest</i> akan di transfer ke tangki 6 atau tangki 4 dan tangki 5 atau tangki 3. ....	40
Gambar 4.24 <i>Diagram ladder</i> perpindahan air <i>ballast</i> dari tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6 ke tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5. ....	41
Gambar 4.25 skema perpindahan air <i>ballast</i> dari tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6 ke tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5.....	42
Gambar 4.26 <i>Diagram ladder</i> saat <i>ballasting</i> dari <i>sea chest</i> ke tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5.....	42
Gambar 4.27 skema perpindahan air <i>ballast</i> dari tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6 ke tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5.....	43
Gambar 4.28 <i>Diagram ladder</i> saat <i>de-ballastin</i> dari tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6 ke <i>overboard</i> . ....	44

Gambar 4.29 skema perpindahan air <i>ballast</i> dari tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6 ke <i>overboard</i> . .....	45
Gambar 4.30 <i>Diagram ladder</i> perpindahan air <i>ballast</i> dari tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5 ke tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6.....	45
Gambar 4.31 skema perpindahan air <i>ballast</i> dari tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6 ke tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5.....	46
Gambar 4.32 <i>Diagram ladder</i> saat <i>ballasting</i> dari <i>sea chest</i> ke tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6.....	47
Gambar 4.33 skema perpindahan air <i>ballast</i> dari tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6 ke tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5.....	48
Gambar 4.34 <i>Diagram ladder</i> saat <i>de-ballastin</i> dari tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5 ke <i>overboard</i> . .....	48
Gambar 4.35 skema perpindahan air <i>ballast</i> dari tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6 ke <i>overboard</i> . .....	49
Gambar 4.36 diagram <i>line pipe</i> kapal pemandang. ....	50
Gambar 4.37 <i>Diagram ladder</i> kondisi <i>ballasting</i> dari <i>sea chest</i> akan di transfer ke tangki 5 atau tangki 6.....	53
Gambar. 4.8 <i>solenoid valve</i> saat tertutup .....	54
Gambar. 4.9 <i>Solenoid valve</i> saat terbuka.....	54

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## BAB I PENDAHULUAN

### I.1. Latar belakang

Sistem *ballast* adalah salah satu sistem dalam kapal yang sangat penting, dimana kapal memerlukan sistem *ballast* (sistem pemberat) untuk menjaga stabilitas kapal, sehingga kapal dapat mempertahankan stabilitasnya akibat gaya gelombang atau perubahan titik berat dalam kapal.

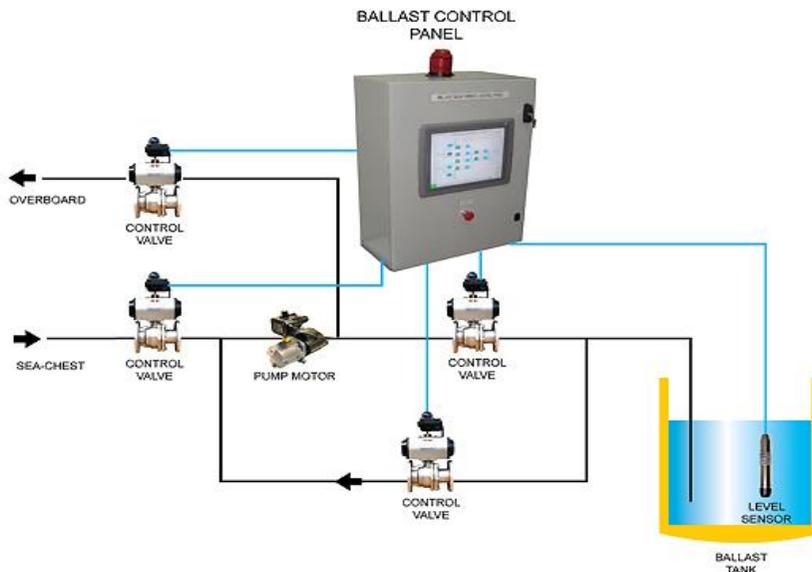
Dalam proses *ballasting* (air laut diambil masuk ke dalam kapal), biasanya air ballast diambil dari *sea chest* (saluran hisap pada kapal). Dan diteruskan melalui saluran pipa utama dan pipa cabang dan akhirnya dimasukkan ke dalam tangki *ballast* yang berada di dalam *tank top plating* (tangki yang berada pada pelat dasar) pada kapal. Dan ketika kapal membawa muatan, maka air ballast akan dikeluarkan dari tangki ballast pada kapal.

Perkembangan sistem *ballast* di Indonesia, untuk saat ini masih banyak yang menggunakan sistem manual atau tenaga manusia, dimana saat kapal akan melakukan *ballasting*, maka *crew* kapal yang berada dianjung kapal akan memerintahkan ABK yang berada di kamar mesin untuk membuka sistem *ballasting* dengan cara membuka *valve* dan menyalakan sistem perpompaannya secara manual.

Sehingga hal ini dapat mempengaruhi respon *ballasting* akibat lamanya tindakan ataupun human *error* akibat dari kesalahan melakukan pengaturan sistem perpipaan, hal ini dibuktikan dengan presentasi kecelakaan kapal menurut penyebab kelalaian manusia mencapai 62% pada kapal niaga secara umum (Boniface, 1996), dan 84-86% khususnya pada kapal tanker (Rothblum, 2000). Di Indonesia, kecelakaan kapal akibat kelalaian manusia mencapai 41% (PT. Trans Asia Consultants, 2009).

Sehingga dapat mempengaruhi stabilitas kapal dari perubahan pergantian sudut kemiringan kapal. Masalah ini dikarenakan, Indonesia untuk saat ini masih belum ada penelitian lebih lanjut, mengenai desain teknologi sistem ballast yang digerakkan secara otomatis. Sehingga industri perkapal di Indonesia masih banyak mengadopsi teknologi dari luar negeri.

Akibatnya teknologi ini sendiri masih sangatlah mahal dan belum terlalu menjadi teknologi yang diminati di karenakan untuk teknologi ini sendiri masih sangat mahal. Sehingga dari permasalahan ini menjadi dasar saya untuk melakukan pembuatan desain untuk prototipe sistem otomatis sistem ballast dengan skala laboratorium.



**Gambar. 1.1,** Sistem otomasi *ballast*  
 Sumber: [www.flotech.com.sg](http://www.flotech.com.sg)

Dimana keuntungan sistem otomatis *ballasts* ini bisa memotong alur proses *ballasting*, seperti cara manual, dimana *crew* kapal yang berada dianjung kapal akan melakukan perintah kepada ABK yang berada di kamar mesin untuk mekukan sistem *ballasting*.

Maka akan berbeda jika kita menggunakan sistem ballast otomatis dimana *crew* kapal yang berada dianjung kapal akan bisa melakukan *ballasting* secara langsung dengan bantuan sistem kontrol pada panel kemudi.

Sehingga tujuan akhirnya, dapat memperbaiki kurangnya merespon akibat lamanya proses *ballasting* ataupun gangguan akibat dari human *error* yang dapat mengganggu stabilitas kapal.

Dan perumusan masalah dari permasalahan di atas yaitu, untuk mengembangkan sistem *ballast* otomatis dan bagaimana performa sistem kontrol jika menggunakan basis PLC sebagai lingkungan *logic control*, yang bertujuan mengurangi kegagalan sistem ballast yang di akibatkan oleh terlambatnya respon sistem *ballast* yang dioperasikan secara manual.

Dan dalam perancangan sistem ballast otomatis ini penulis menggunakan basis PLC sebagai lingkungan *logic control* dan dasar- dasar program yang nantinya akan mengatur proses pengisian dan pengurasan tangki *ballast*.

## I.2. Perumusan masalah

Perumusan masalah yang akan diambil dalam tugas akhir ini berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat pemodelan sistem otomasi *ballast* berbasis PLC dengan skala *laboratorium* ?
2. Bagaimana performa dari sistem *automasi ballast* berbasis PLC?

### **I.3. Batasan masalah**

Adapun Batasan permasalahan pada tugas akhir ini adalah

1. Diasumsikan proses *ballast* dilakukan di laboratorium bukan pada kondisi riil di pelabuhan dengan kondisi air tenang. Dalam air laut yang tenang, jadi faktor gelombang dan cuaca diabaikan.
2. Model dan dimensi prototipe dibuat tidak berskala dengan sistem *ballast* pada kapal yang sebenarnya.
3. Aspek ekonomis dari sistem tidak dibahas dalam tugas akhir ini.

### **1.4. Tujuan**

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah

1. Membuat pemodelan dari sistem kontrol *ballast* untuk stabilitas kapal berbasis PLC dengan skala *laboratorium*.
2. Untuk mengetahui performa sistem kontrol pada sistem *ballast* berbasis PLC.

### **I.5. Manfaat**

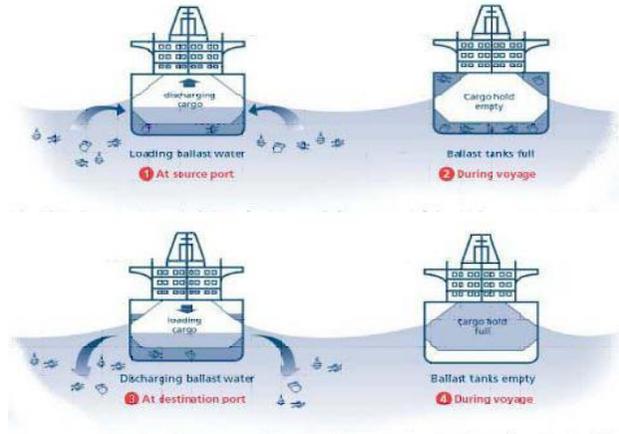
Manfaat tugas akhir ini adalah Untuk memberikan gambaran secara umum performansi sistem kontrol pada sistem *ballast* berbasis PLC.

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### II.1. Teori Sistem *Ballast*

Cara kerja sistem *ballast*, secara umum adalah untuk mengisi tangki *ballast* yang berada di *double bottom* dengan air laut yang diambil dari *sea chest*. Melalui saluran pipa utama dan pipa cabang dan masukan ke dalam tangki pemberat atau yang sering disebut tangki *ballast*, dengan tujuan menyesuaikan tingkat kemiringan dengan berat dari air yang berada di dalam tangki *ballast*, agar stabilitas kapal tetap terjaga.



**Gambar 2.1** Teori Sistem *Ballast*

Sumber: [www.maritimeworld.web.id](http://www.maritimeworld.web.id)

Selain itu sistem *ballast* merupakan sistem untuk memposisikan kapal dalam keadaan seimbang baik dalam keadaan *trim* depan maupun belakang akibat dari perubahan muatan kapal saat bongkar muat.

Dalam perencanaan di sini penulis menggunakan prototipe tangki *ballast* untuk menyeimbangkan posisi kapal dan untuk sistem pendukung seperti sistem perpipaan dan sistem perpompaan akan mengikuti ketersediaan barang dengan memperhatikan prinsip *ballasting*, diantaranya yaitu, Menentukan laju alir air dari pipa – pipa dengan menggunakan prototipe tangki *ballast* dengan prinsip *ballasting* pada umumnya.

### II.2. Stabilitas Kapal

Istilah "stabilitas" biasanya diartikan kecenderungan gerakan kapal ketika mengalami kemiringan dari posisi tegak lurus yang seimbang untuk kembali ke posisi semula. Pada teorinya, stabilitas diasumsikan kemampuan kapal kembali ke posisi vertical dan tegak lurus pada saat mengalami kemiringan. Pengaruh gerakan ini pada volume badan kapal yang terbenam air tidak berubah, dan kemiringan seperti ini disebut *equivolumetric inclinations* (L.K Kobylinski & S. Kastner dalam Hardianto,2007)

Akan tetapi penulis disini tidak akan membahas secara detail masalah stabilitas tersebut, tetapi penulis menekankan pada sistem kontrol dari stabilitas tersebut. Permasalahan untuk mengurangi gerakan rolling telah lama dibahas dan diteliti sejak lama. Pada kapal niaga gerakan rolling yang terlalu besar dapat mengakibatkan bergesernya muatan sehingga kapal menjadi tidak stabil dan pada kapal penumpang dapat mengurangi kenyamanan para penumpang dan pada kapal perang dapat mengurangi ketepatan pada saat menembak.

Pada semua kasus, rolling akan meningkatkan biaya perbaikan, dan dapat menurunkan kecepatan kapal dan juga dapat menyebabkan kerugian akibat kecelakaan yang parah

### II.3. Programmable Logic Control (PLC)



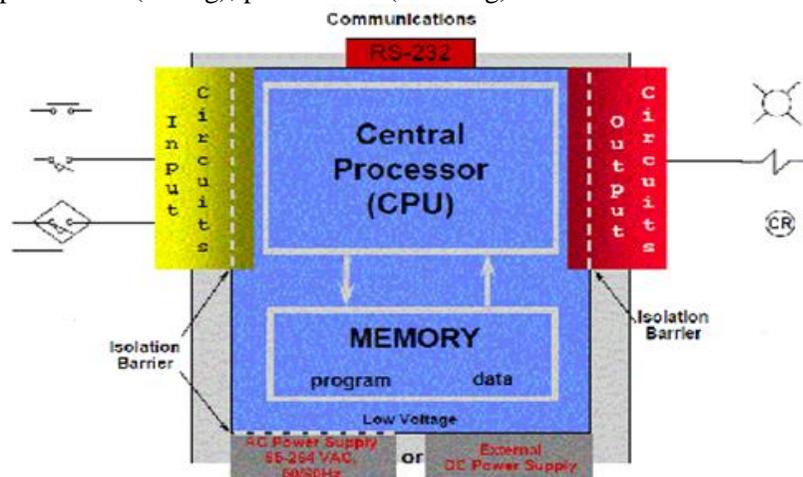
Gambar 2.2 PLC

Programmable Logic *Controller* (PLC) pada dasarnya adalah sebuah komputer yang khusus dirancang untuk mengontrol suatu proses atau mesin. Proses yang dikontrol ini dapat berupa regulasi variabel secara kontinyu seperti pada sistem-sistem servo atau hanya melibatkan kontrol dua keadaan (On/Off) saja tapi dilakukan secara berulang-ulang seperti umum kita jumpai pada mesin pengeboran, sistem konveyor, dan lain sebagainya. Gambar 2.2 adalah sebuah PLC. (*Programmable Logic Controller dan Teknik Perancangan Sistem Kontrol, Semarang, 2006, hlm.187*)

Pada awalnya, PLC adalah alat elektronik yang digunakan untuk mengganti panel relay. Pada saat itu PLC hanya bekerja sebagai ON-OFF untuk pengendalian motor listrik, *solenoid* dan actuator. Dan hasilnya alat ini memiliki kemampuan yang lebih baik dibandingkan relay biasa. PLC pertama-tama banyak digunakan pada bagian otomotif. Pada tahun 1978, penemuan chip mikrokontroler meningkatkan kemampuan komputer untuk segala jenis sistem otomatisasi dengan harga yang terjangkau. Mulai dari dunia robotika, komputer dan PLC berkembang dengan pesat sehingga program PLC makin mudah untuk dimengerti oleh banyak orang.

Pada awal tahun 1980, PLC semakin banyak digunakan. Beberapa perusahaan elektronik dan komputer membuat PLC dalam volume yang besar. PLC berkembang pada sistem otomatisasi building, security control system, dan industri peralatan mesin CNC. Sekarang sistem PLC sudah meluas hingga bidang perkapalan dan sistem kontrol yang dapat dikombinasikan dengan sistem kontrol feedback dan sistem monitor terpusat sehingga menjadi kebutuhan utama di industri perkapalan modern.

Selain itu, PLC juga sebagai alat yang dapat mengakuisisi data, menyimpan data, dan mengendalikan mesin dengan proses pengimplementasian fungsi logika, operasi pewaktuan (timing), pencacahan (counting) dan aritmatika.



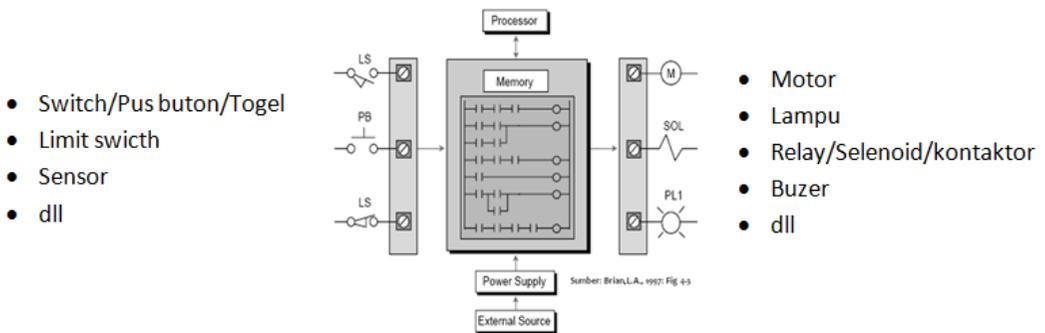
**Gambar 2.3** Perangkat PLC  
Sumber: [www.insinyoer.com](http://www.insinyoer.com)

Cara PLC mengontrol sistem adalah dengan cara menganalisa *input* kemudian mengatur kondisi *output* sesuai keinginan pengguna. *Input* PLC bisa berupa *switch*, *limited switch*, sensor elektrik, atau *input-input* lain yang dapat menghasilkan *sinyal* yang dapat masuk ke PLC. *Output* PLC pun beragam, contohnya *switch* yang menyalakan lampu indikator, relay yang mengatur jalannya motor, kontaktor magnet yang mengatur motor 3 phase, atau *output-output* lain yang dapat menerima *sinyal output* dari PLC.

Selain itu PLC juga memakai memori yang dapat diprogram untuk menjalankan intruksi-intruksi/perintah yang melaksanakan fungsi-fungsi khusus, berupa: gerbang logika, logika pewaktuan (*timer*), *sinyal* sekuensial dan perhitungan aritmatika yang dapat mengontrol mesin melalui modul-modul I/O digital maupun analog. (I/O = *Input/Output*)

#### II.4. Sistem Kerja PLC

PLC memiliki dua bagian dasar, yaitu: *Input/Output interface system* dan *Central Processing unit*.



**Gambar 2.4** Prinsip kerja PLC (programmable logic *controller*)  
 Sumber: Panduan Pemrograman PLC Omron Menggunakan CX  
 Programammer V9.0.

### II.4.1. Input

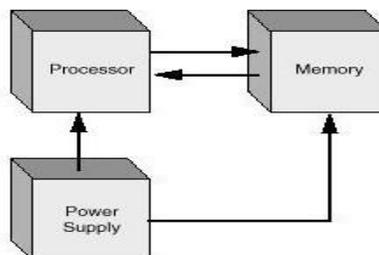
*Input* yang akan masuk ke dalam CPU berupa signal dari sensor atau tranducer. Signal sensor ini terdapat dua jenis, yaitu: discrete signal dan analog signal. Discrete signal berupa saklar biner dimana hanya sebuah ON atau OFF signal ( 1 atau 0, Benar atau salah), Contohnya: push button, limit switch dan level sensor. Sedangkan analog signal menggunakan prinsip rentang suatu nilai antara nol hingga skala penuh.

Contohnya dalam kehidupan sehari-hari adalah ketika Anda sedang memutar volume speaker atau radio Anda. Rentang nilai dari sensor ini akan diinterpretasikan sebagai nilai-nilai integer oleh CPU PLC. CPU PLC pada saat ini sering menggunakan 16 bit processor sehingga nilai integer nya memiliki rentang “-32768 hingga 32767”. Contoh dari analog signal ini adalah sensor tekanan, sensor temperature dan sensor aliran.

Analog signal dapat berupa tegangan atau arus listrik dan nilai ini akan diproposionalkan dengan nilai integer CPU, contohnya: sebuah analog 0-5 V atau 4–20 mA akan di-konversikan menjadi nilai integer 0 – 32767.

### II.4.2. CPU

Semua aktivitas atau pemrosesan data yang diambil dari sensor (data *input*) terjadi pada Central Processing Unit (CPU). CPU ini memiliki tiga bagian utama, yaitu: Processor, Memory System dan System Power Supply.



**Gambar 2.5** Block diagram CPU pada PLC  
 Sumber: [www.insinyoer.com](http://www.insinyoer.com)

Processor akan memproses signal *input* secara aritmatik dan logic, yaitu: melakukan operasi logika, sequential, timer, counter dan mengolah fungsi-fungsi yang diinginkan berdasarkan program yang telah ditentukan. Selain itu, processor juga mengolah program yang ada di dalam memori, serta mengatur komunikasi antara *input-output*, memori dengan processor itu sendiri.

### II.4.3. Output

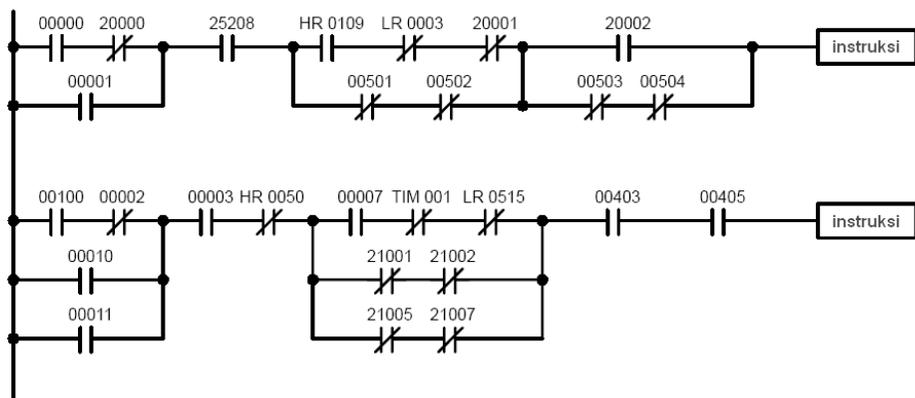
Hasil pemrosesan data yang diolah pada CPU akan berupa signal keluaran digital yang dikirim ke modul *output* untuk menjalankan actuator. Actuator ini dapat berupa motor listrik, *solenoid*, *heater*, *led display*, *injector*, *heater*, pompa dan lain-lain.

Actuator ini akan berfungsi sesuai instruksi dari CPU, jika pada CPU telah di-program timer ON dari lampu selama dua detik maka lampu pada aktuator akan menyala selama dua detik dan kemudian setelah dua detik lampu akan OFF.

### II.5. Diagram Tangga (Ladder) Dasar

PLC merupakan piranti yang untuk memerlukan programming untuk perintah gerbang logika sehingga dalam hal ini saya akan menggunakan Ladder Diagram (LD) yang akan di masukan program PLC. Dimana sebuah diagram tangga atau *ladder* diagram terdiri dari sebuah garis menurun ke bawah pada sisi kiri dengan garis-garis bercabang ke kanan.

Garis yang ada di sebelah sisi kiri disebut sebagai palang bis (*bus bar*), sedangkan garis-garis cabang (*the branching lines*) adalah baris instruksi atau anak tangga. Sepanjang garis instruksi ditempatkan berbagai macam kondisi yang terhubung ke instruksi lain di sisi kanan. Kombinasi logika dari kondisi-kondisi tersebut menyatakan kapan dan bagaimana instruksi yang ada di sisi kanan tersebut dikerjakan.



**Gambar. 2.6** Contoh Diagram Tangga  
Sumber: agfi.staff.ugm.ac.id

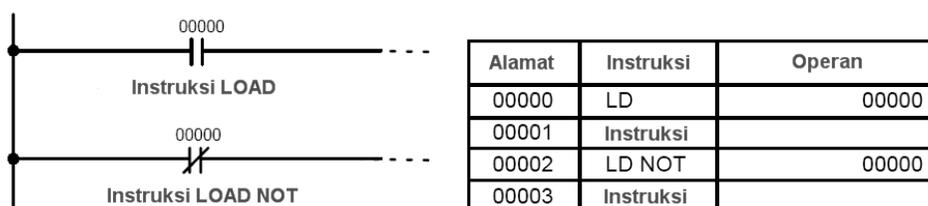
Sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3 tersebut, sepanjang garis instruksi bisa bercabang-cabang lagi kemudian bergabung lagi. Garis-garis pasangan vertikal (seperti lambang kapasitor) itulah yang disebut kondisi.

Pasangan garis vertikal yang tidak ada garis diagonalnya disebut sebagai Normal Terbuka – *Normally Open* atau NO serta terkait dengan instruksi LOAD (LD), AND atau OR. Sedangkan pasangan garis vertikal yang ada garis diagonalnya dinamakan Normal Tertutup – *Normally Close* atau NC serta terkait dengan instruksi-instruksi LD NOT, AND NOT atau OR NOT.

Angka-angka yang terdapat pada masing-masing kondisi di gambar 1 tersebut merupakan bit operan instruksi. Status bit yang berkaitan dengan masing-masing kondisi tersebut yang menentukan kondisi eksekusi dari instruksi berikutnya.

## II.6. Instruksi LOAD (LD) dan LOAD NOT (LD NOT)

Kondisi pertama yang mengawali sembarang blok logika di dalam diagram tangga berkaitan dengan instruksi LOAD (LD) atau LD NOT. (LD NOT). Masing-masing instruksi ini membutuhkan satu baris kode mnemonik. Contoh untuk instruksi ini ditunjukkan pada gambar. 2.7.



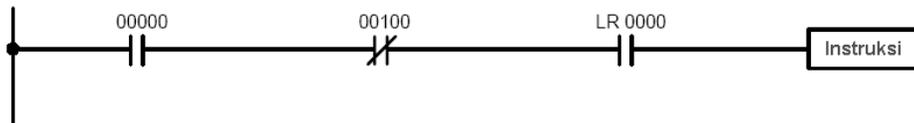
**Gambar. 2.7** Contoh instruksi LD dan LD NOT

Sumber: [http://agfi.staff.ugm.ac.id/blog/wp-content/uploads/gbr04\\_04.gif](http://agfi.staff.ugm.ac.id/blog/wp-content/uploads/gbr04_04.gif)

Sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.7, karena hanya instruksi LOAD atau LD NOT saja yang ada di garis instruksi (*instruction line*), maka kondisi eksekusi untuk instruksi yang di sebelah kanan-nya adalah ON jika kondisi-nya ON. Untuk contoh diagram tangga tersebut, instruksi LD (yaitu untuk normal terbuka), kondisi eksekusi akan ON jika IR000.00 juga ON; sebaliknya, untuk instruksi LD NOT (yaitu untuk normal tertutup), kondisi eksekusi akan ON jika IR000.00 dalam kondisi OFF.

### II.6.1. Instruksi AND dan AND NOT

Jika terdapat dua atau lebih kondisi yang dihubungkan secara seri pada garis instruksi yang sama, maka kondisi yang pertama menggunakan instruksi LD atau LD NOT dan sisanya menggunakan instruksi AND atau AND NOT. Pada gambar 3 ditunjukkan sebuah penggalan diagram tangga yang mengandung tiga kondisi yang dihubungkan secara seri pada garis instruksi yang sama dan berkaitan dengan instruksi LD, AND NOT dan AND. Dan sama seperti sebelumnya, masing-masing instruksi tersebut membutuhkan satu baris kode mnemonik.



Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD	00000
00001	AND NOT	00100
00002	AND	LR 0000
00003	Instruksi	

**Gambar. 2.8** Contoh penggunaan AND dan AND NOT  
 Sumber: agfi.staff.ugm.ac.id

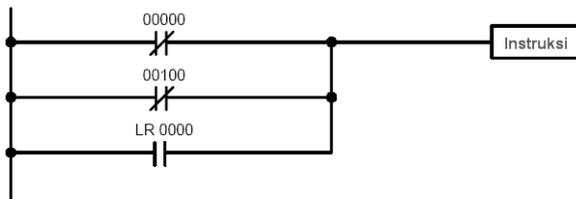
Instruksi yang digambarkan paling kanan sendiri pada gambar 2.8, akan memiliki kondisi eksekusi ON jika ketiga kondisi di kiri-nya semuanya ON, dalam hal ini IR000.00 dalam kondisi ON, IR010.00 dalam kondisi OFF dan LR00.00 dalam kondisi ON.

Instruksi AND dapat dibayangkan akan menghasilkan ON jika kedua kondisi yang terhubung dengan instruksi ini dalam kondisi ON semua, jika salah satu saja dalam kondisi OFF, apalagi dua-duanya OFF, maka instruksi AND akan selalu menghasilkan OFF juga.

**II.6.2. Instruksi OR dan OR NOT**

Jika dua atau lebih kondisi dihubungkan secara paralel, artinya dalam garis instruksi yang berbeda kemudian bergabung lagi dalam satu garis instruksi yang sama, maka kondisi pertama terkait dengan instruksi LD atau LD NOT dan sisanya berkaitan dengan instruksi OR atau OR NOT.

Pada gambar.6 ditunjukkan tiga buah kondisi yang berkaitan dengan instruksi LD NOT, OR NOT dan OR. Sekali lagi, masing-masing instruksi ini membutuhkan satu baris kode mnemonik.



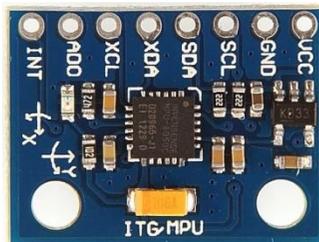
Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD NOT	00000
00001	OR NOT	00100
00002	OR	LR 0000
00003	Instruksi	

**Gambar. 2.9** Contoh penggunaan OR dan OR NOT  
 Sumber: agfi.staff.ugm.ac.id

Blok instruksi ini akan memiliki kondisi eksekusi ON jika cukup salah satu dari ketiga kondisi dalam keadaan ON, misalnya IR000.00 dalam kondisi OFF, IR0100.00 dalam kondisi OFF atau LR00.00 dalam kondisi ON.

Dalam hal ini instruksi OR dapat dibayangkan akan selalu menghasilkan kondisi eksekusi ON jika salah satu saja dari dua atau lebih kondisi yang terhubung dengan instruksi ini dalam kondisi ON.

### II.6.3. Sensor Gyroscope



**Gambar. 2.10** Contoh Sensor *Gyroscope*

Sumber: [hencrypted-tbn0.gstatic.com](http://hencrypted-tbn0.gstatic.com)

Sensor *Gyroscope* adalah perangkat untuk mengukur sudut kemiringan. Dalam bidang perkapalan sangatlah penting dimana tujuannya adalah untuk mengetahui sudut kemiringan pada kapal. mekanismenya adalah sebuah roda berputar dengan piringan di dalamnya yang tetap stabil untuk acuan sudutnya.

Namun dalam penelitian kali ini akan menggunakan sensor MPU 6050 yang terdapat pada gambar 2.10, dimana sensor ini berisi Accelerometer dan sebuah Gyro yang saling terintegrasi. Dan sensor ini menghasilkan *output* analog, sedangkan *input* PLC adalah digital, sehingga untuk menyesuaikan inputan dari PLC maka di perlukan alat converter dari sinyal analog ke sinyal digital yaitu menggunakan *microcontroller* arduino uno seperti pada gambar 2.11.

### II.6.4. Arduino uno



**Gambar. 2.11** arduino uno

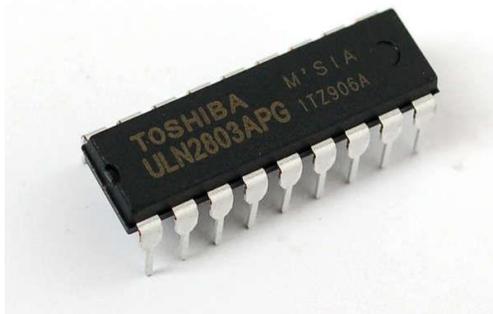
Sumber: [store.arduino.cc](http://store.arduino.cc)

Arduino Uno R3 adalah papan pengembangan (development board) mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328P. Disebut sebagai papan pengembangan karena board ini memang berfungsi sebagai arena prototyping sirkuit mikrokontroler.

Dengan menggunakan papan pengembangan, anda akan lebih mudah merangkai rangkaian elektronika mikrokontroler dibanding jika anda memulai merakit ATmega328 dari awal di breadboard. Arduino Uno memiliki 14 digital pin *input / output* atau biasa ditulis I/O, dimana 6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai *output input analog*

### II.6.5.Sensor Water Level

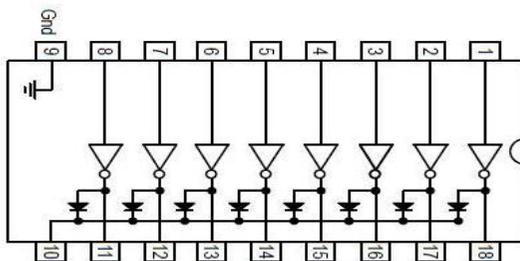
Pengertian *Water Level* sendiri adalah seperangkat alat yang digunakan untuk mengukur ketinggian air agar mendapatkan data perbandingan. Untuk sensor *Water Level* di sistem *ballast* pada kapal biasanya menggunakan sistem *sounding*, namun untuk percobaan kali ini menggunakan ic ULN 2803 dimana ic ini berfungsi untuk mengatur *level* air yang akan di jalankan.



**Gambar. 2.12** ic ULN 2803

Sumber: [www.electroschematics.com](http://www.electroschematics.com)

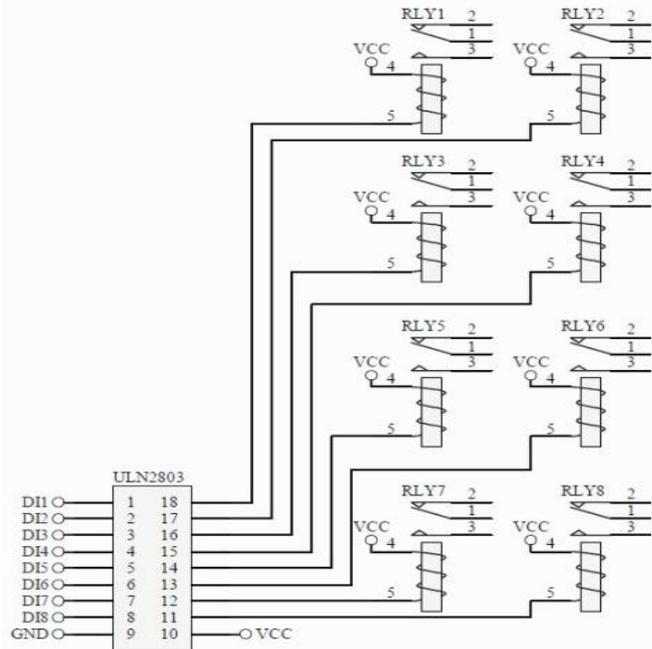
ULN2803 adalah chip Integrated Circuit (IC) berupa rangkaian transistor dari Darlington dengan prinsip seperti cara kerja pada ic 7805, dimana chip mengambil sinyal voltase rendah yang bertindak sebagai pembangkit transistor, untuk menyalakan atau mematikan aliran listrik.



**Gambar. 2.13** ic ULN 2803

Sumber: [www.electroschematics.com](http://www.electroschematics.com)

Salah satu aplikasinya adalah relay driver. Oleh itu, apabila memerlukan penggunaan relay yang banyak, penggunaan ULN2803 adalah sangat sesuai.



**Gambar. 2.14** Rangkaian ic ULN 2803

Sumber: <http://shahrulnizam.com>

Dimana pada gambar 2.14, di atas bottom probe dan salah satu pin probes dari 8 pin akan di masukan ke dalam air akan membuat pin 11 menghasilkan sinyal listrik sehingga akan menyalakan relay.

### II.6.6. Relay



**Gambar. 2.15** Relay

Sumber: <https://robotechshop.com>

Relay adalah suatu perangkat yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontaktor yang tersusun atau sebuah saklar elektronis yang dapat dikendalikan dari rangkaian elektronik lainnya dengan memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber energinya.

Kontaktor akan tertutup (menyala) atau terbuka (mati) karena efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan (induktor) ketika dialiri arus listrik. Berbeda dengan saklar, pergerakan kontaktor (on atau off) dilakukan manual tanpa perlu arus listrik. Relay yang paling sederhana ialah relay elektromekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik.

Sebagai komponen elektronika, relay mempunyai peran penting dalam sebuah sistem rangkaian elektronika dan rangkaian listrik untuk menggerakkan sebuah perangkat yang memerlukan arus besar tanpa terhubung langsung dengan perangkat pengendali yang mempunyai arus kecil. Dengan demikian relay dapat berfungsi sebagai pengaman.

Relay terdiri dari 3 bagian utama, yaitu:

- *Common*, merupakan bagian yang tersambung dengan *Normally Close* (dalam keadaan normal).
- *Koil* (kumparan), merupakan komponen utama relay yang digunakan untuk menciptakan medan magnet.
- Kontak, yang terdiri dari *Normally Close* dan *Normally Open*.

### II.6.7. Valve electric actuator



**Gambar. 2.16** Valve electric actuator  
Sumber: [www.leengatevalves.co.uk](http://www.leengatevalves.co.uk)

*Valve electric actuator* adalah mekanisme untuk membuka dan menutup katup yang dioperasikan secara otomatis dengan bantuan sebuah aktuatur elektrik yang dioperasikan dengan tenaga listrik

### II.6.8. Power supply converter



**Gambar. 2.17** Power supply converter  
Sumber: .dxcn.com

Pengertian *power supply converter* adalah suatu *hardware* komponen elektronika yg mempunyai fungsi sebagai supplier arus listrik dengan terlebih dahulu merubah tegangannya dari AC jadi DC. Jadi arus listrik PLN yang bersifat *Alternating Current (AC)* masuk ke *power supply*, dikomponen ini tegangannya diubah menjadi *Direct Current (DC)* baru kemudian dialirkan ke komponen lain yang membutuhkan. Proses peggubahan tegangan tersebut dilakukan karena hardware pada umumnya seperti Relay dan PLC, hanya bisa bekerja dengan menggunakan arus DC.

### II.6.9. Pompa

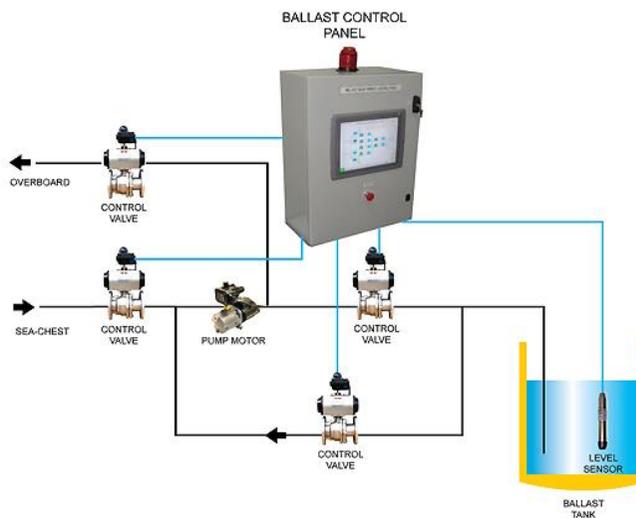


**Gambar. 2.18** Pompa  
Sumber: <http://www.jakartanotebook.com>

Pompa adalah mesin untuk menggerakkan *fluida*. Pompa menggerakkan *fluida* dari tempat bertekanan rendah ke tempat dengan tekanan yang lebih tinggi, untuk mengatasi perbedaan tekanan ini maka diperlukan tenaga (*energi*).

### II.7. Sistem otomasi *ballast*

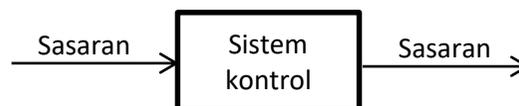
Sistem otomasi air *ballast* adalah sebuah cara untuk menjaga keseimbangan kapal secara *real time* dengan cara mengatur arah aliran pengisian di setiap tangki *ballast* dengan bantuan PLC untuk sistem kontrol sehingga dapat menghindari permasalahan – permasalahan keseimbangan.



**Gambar. 2.19** Sistem otomasi ballast  
Sumber: [www.flotech.com.sg](http://www.flotech.com.sg)

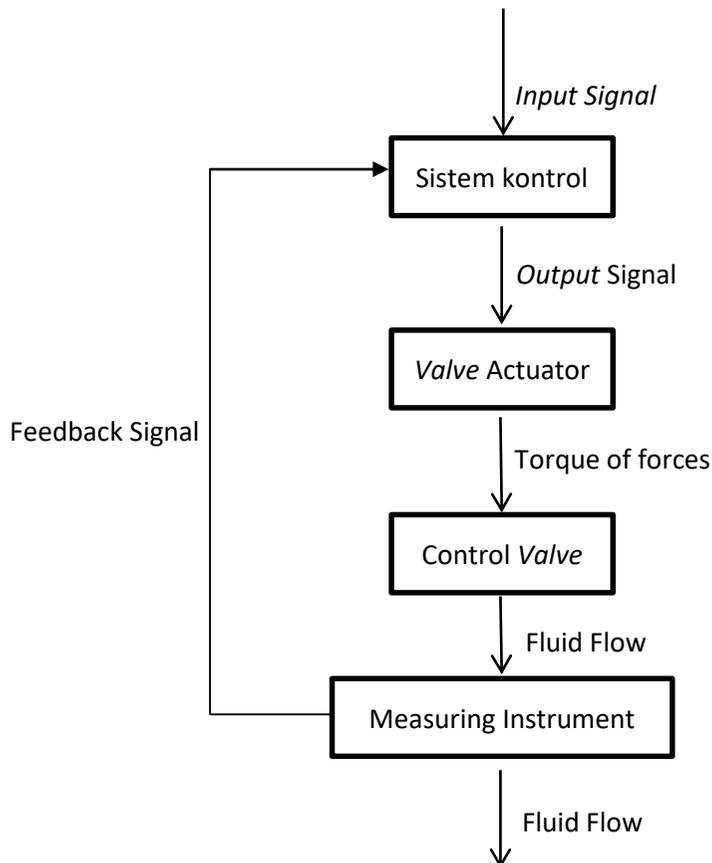
Sistem kontrol otomatis pada sistem *ballast* di harapkan mampu lebih baik di bandingkan sistem *ballast* manual. Dalam perancang sistem kontrol otomatis terdapat unsur – unsur dasar yaitu:

- a. Sasaran yang dikontrol.
- b. Sistem control komponen – komponen.
- c. Hasil.



**Gambar 2.20** Komponen dasar dari suatu sistem kontrol  
Sumber : Benjamin C Kuo, 1993 dalam Hardianto,2007

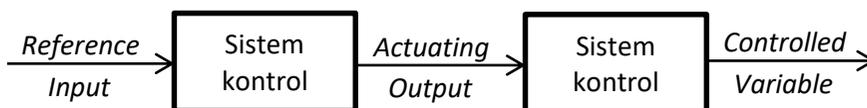
Dalam blok diagram, hubungan dasar antara tiga unsur ini digambarkan seperti diatas. (Benjamin C Kuo, 1993 dalam Hardianto,2007). Berikut ini adalah suatu contoh blok diagram dari sistem katup yang dikontrol secara otomatis: Empat komponen utama yang harus ada pada control *valve*, yaitu *controller*, *valve actuator* (dapat hidrolis, pneumatic, atau electric). control *valve*, dan measuring instrument, seperti ditunjukkan pada gambar 2.21.



**Gambar 2.21** Blok Diagram Of Regulator  
 Sumber :Stojkov Brend T,1997 dalam Hardianto,2007

## II.8. Sistem Loop Terbuka (Non feedback System)

Sistem loop terbuka bersifat lebih sederhana dan ekonomis dibandingkan dengan sistem loop tertutup. Secara garis besar, sistem loop terbuka dapat digambarkan seperti diagram dibawah ini :

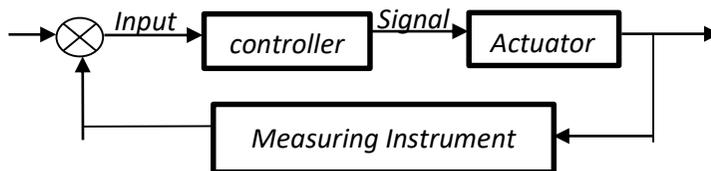


**Gambar 2.22** Elements of an open-loop control system  
 Sumber : Benjamin C Kuo, 1993 dalam dalam Hardianto,2007

Unsur dari sistem terbuka biasanya dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu pengontrol dan proses pengontrolan, ditunjukkan dari gambar Pengontrol diatas, tanda atau perintah disampaikan dari pengontrol, dimana keluaranya dinyatakan dengan *output*, kemudian kepada proses control *output* kan kepada proses control yang disebut control variable c akan membuat bentuk menurut standar yang ditentukan. (Benjamin C Kuo, 1993 dalam Hardianto,2007).

## II.9. Sistem Loop Tertutup (Feedback Control system)

Apa yang tidak didapat dari sistem control terbuka untuk keakuratan dan penyesuaian adalah hubungan atau feedback dari *output* ke *input* sistem tersebut. Untuk menghasilkan control yang lebih akurat, pengontrolan sinyal sebanding dengan perbedaan *input* dan *output* yang dikirim melalui system yang benar. Sistem dengan satu atau lebih feedback yang digambarkan dibawah ini disebut dengan "sistem loop tertutup"(Benjamin C Kuo, 1993 dalam Hardianto,2007).



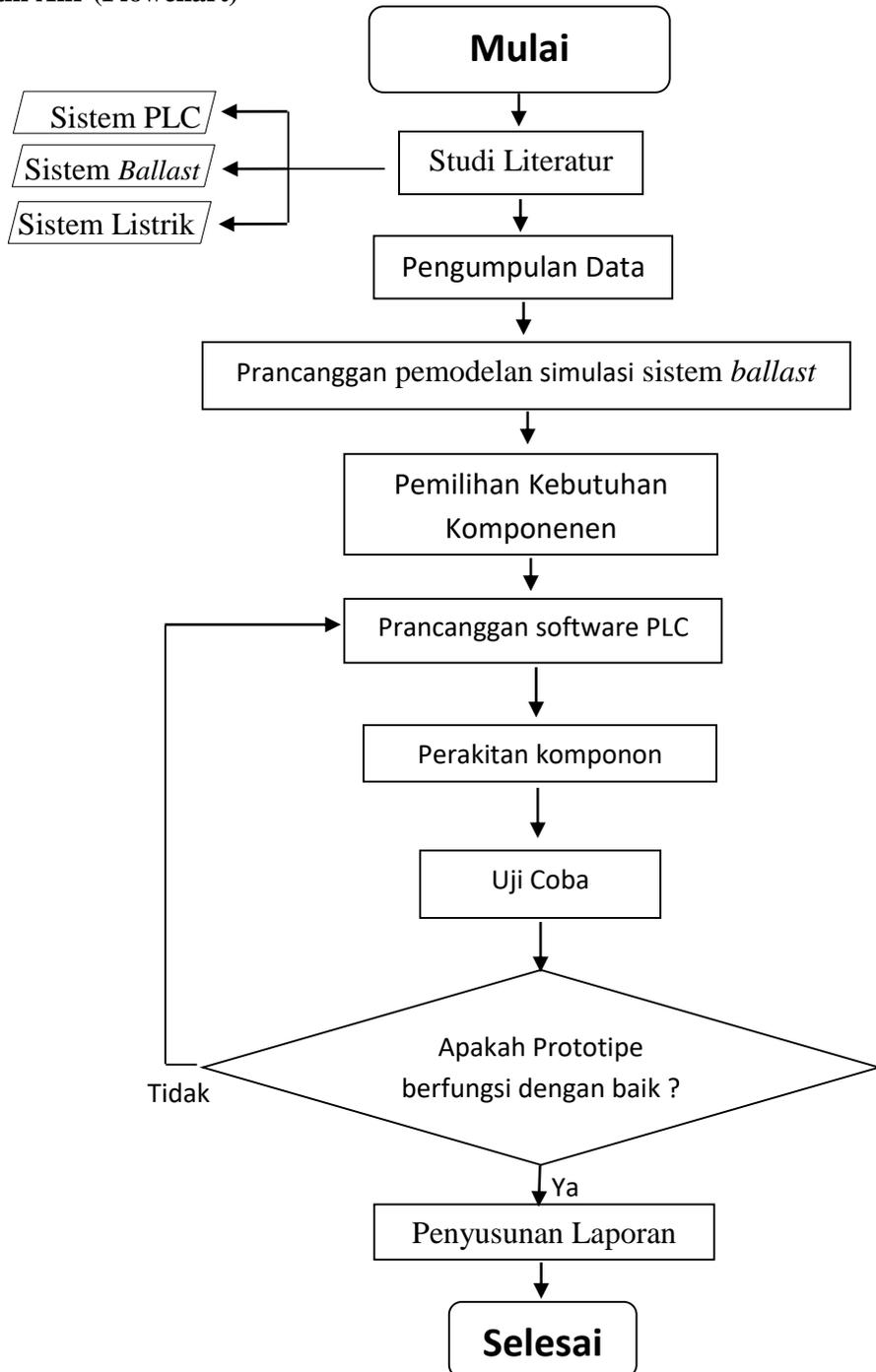
**Gambar 2.23** *Feedback Control system*

Sumber : Benjamin C Kuo, 1993 dalam dalam Hardianto,2007

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

### BAB III METODE PENELITIAN

#### Diagram Alir (Flowchart)



Gambar 3.1. Diagram alir tahapan skripsi

Gambar pada 3.1 adalah metode yang digunakan untuk Prancangan pemodelan simulasi sistem ballast. Dan dalam perencanaan eksperimen ini menggunakan tahapan-tahapan pengerjaan sebagai berikut :

**1. Studi Literatur**

Studi literatur adalah tahap pengumpulan informasi dari beberapa referensi berupa buku atau hasil penelitian dengan judul yang berkaitan dengan:

- I. Sistem PLC
- II. Sistem *Ballast*
- III. Sistem Listrik

Dengan demikian diharapkan penulis dapat mengerjakan tugas akhir dengan metode yang tepat

**2. Pengumpulan Data**

Pada tahap ini akan dikumpulkan data-data yang diperlukan dalam pembuatan Prototipe, seperti data spesifikasi setiap komponen yang akan di perlukan.

**3. Perancangan pemodelan simulasi sistem *ballast***

Pada tahap ini akan dilakukan perancangan pemodelan sistem *ballast* dengan merujuk pada teori-teori *ballasting* pada kapal sungguhnya.

**4. Pemilihan Kebutuhan Komponen**

Setelah selesai pembuatan desain yang akan dibuat maka akan di lakukan pemilihan komponen yang akan di pakai.

**5. Prancangan *software* PLC**

Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan desain ‘‘Diagram Tangga (*Ladder*)’’ yang ingin digunakan dengan merujuk pada teori-teori dasar serta acuan secara umum di bidang perkapalan.

**6. Perakitan**

perakitan komponen yang akan di pasang pada pemodelan simulasi otomasi *ballast* sistem.

**7. Uji Coba**

Pada tahap ini akan dilakukan uji coba, apakah pemodelan simulasi otomasi sistem *ballast* ini mampu mengatasi kondisi roll maupun pitch dan jika sistem tidak mampu mengatasi kondisi roll maupun pitch maka akan di lakukan analisa pada pembuatan *diagram Ladder* apakah ada kesalahan desain *diagram ladder* sampai diatur yang di inginkan dan jika pemodelan simulasi otomasi sistem *ballast* ini mampu sesuai keinginan, maka akan dilakukan analisa dari pembahasan.

**8. Penyusunan Laporan**

Tahap terakhir dari penulisan tugas akhir ini adalah penyusunan laporan, yaitu melaksanakan pembukuan terhadap seluruh data dan pengolahan data-data dalam bentuk laporan.

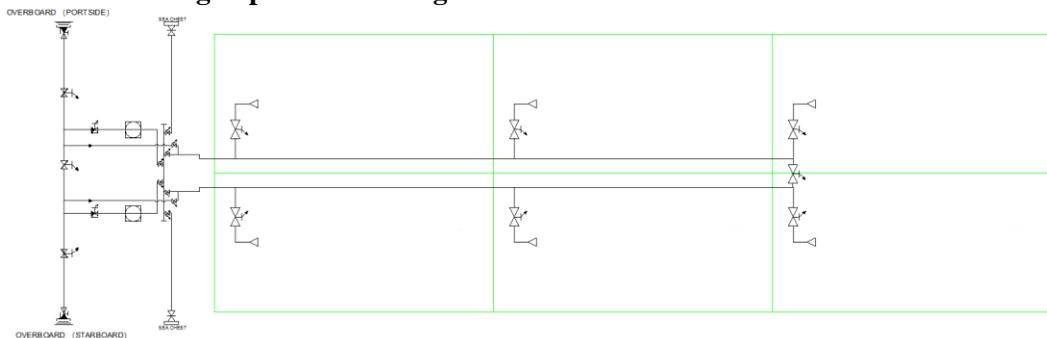
## BAB IV RANCANG BANGUN PROTOTIPE DAN PEMBAHASAN

### IV.1. Umum

Metode yang akan digunakan pada tahap ini akan dilakukan perancangan pemodelan sistem *ballast* dengan merujuk pada teori-teori *ballasting* pada kapal sesungguhnya, oleh karenanya pada sub IV.2 sampai dengan IV.8 ini akan membahas bagaimana langkah-langkah proses dari perencanaan dan pembuatan prototipe dari perancangan pemodelan simulasi sistem *ballast* pada kapal yang meliputi perancangan pemodelan tangki, perancangan sensor *gyroscope* dan perancangan sensor water level dan pada sub. IV.9 akan dilakukan pembahasan hasil uji coba pemodelan simulasi otomasi sistem *ballast*.

Dikarenakannya proses *ballast* dilakukan di laboratorium maka, diasumsikan proses *ballast* dilakukan di laboratorium bukan pada kondisi riil di pelabuhan dengan kondisi air tenang, jadi faktor gelombang dan cuaca diabaikan. Model dan dimensi prototipe dibuat tidak berskala dengan sistem *ballast* pada kapal yang sebenarnya. Dan tujuan utama dari percobaan ini adalah bagaimana cara pembuatan perancangan pemodelan simulasi otomasi sistem *ballast*.

### IV.2. Perancangan pemodelan tangki



**Gambar. 4.1,** Perencanaan sistem *ballast*

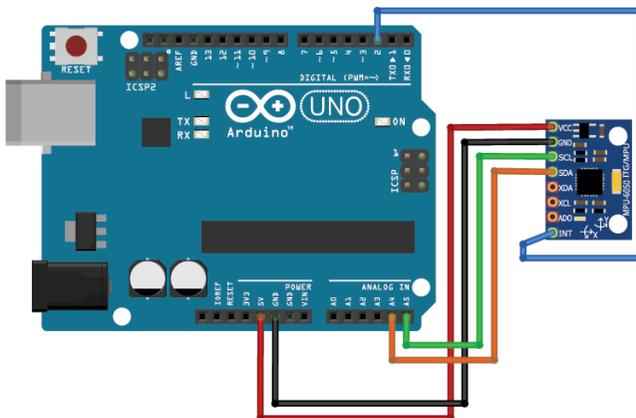
Dalam perencanaan pemodelan simulasi otomasi *ballast* sistem, penulis menggunakan pemodelan tangki kotak-kotak yang dapat dilihat pada gambar. Pada gambar 4.1 dimana untuk desain tangki *ballast* dan untuk sistem pendukung seperti sistem perpipaan dan sistem perpompaan akan dibuat tidak berskala pada kapal yang sebenarnya.

Dengan memperhatikan prinsip *ballasting*, diantaranya yaitu, Menentukan laju alir air dari pipa-pipa dengan menggunakan prototipe tangki *ballast* dengan prinsip *ballasting* pada kapal sebenarnya. Dan sistem-sistem pendukung seperti pompa dan *valve* akan di tempatkan di luar tangki dimana pipa-pipa penghubung akan di sambung melalui tube.

### IV.3. Sensor Gyroscope

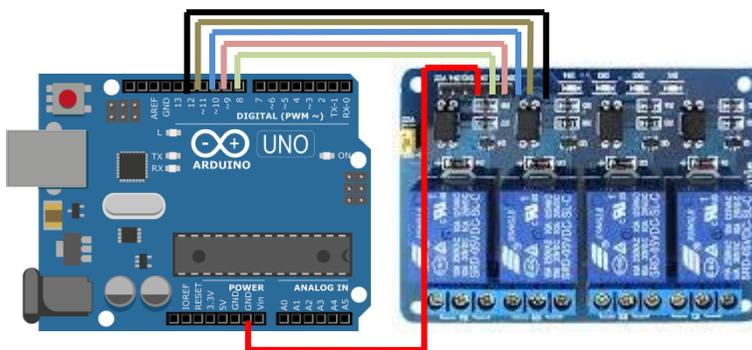
Sensor *gyroscope* pada penelitian kali ini akan menggunakan sensor MPU 6050, dimana sensor ini berisi Accelerometer dan sebuah Gyro yang saling

terintegrasi. Dan sensor ini menghasilkan *output* analog, sedangkan *input* PLC adalah digital, sehingga untuk menyesuaikan inputan dari PLC maka di perlukan alat converter dari sinyal analog ke sinyal digital yaitu menggunakan *microcontroller* arduino uno seperti pada gambar 4.2.



**Gambar.4.2,** Sesnor mpu6050 to arduino uno

Gambar 4.2. di atas adalah rangkaian dari sensor mpu6050 ke arduino uno, dimana, setelah sinyal analog di ubah ke sinyal digital maka arduino uno akan menyalakan komponen relay- relay yang selanjutnya akan dimasukan ke dalam inputan PLC. Dan rangkaian dapat dilihat pada gambar. 4.3.

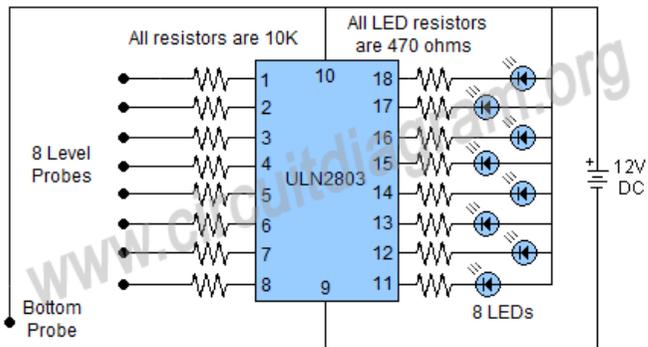


**Gambar.4.3,** arduino uno ke relay

Dimana pada gambar 4.3 di atas, adalah rangkaian arduino uno ke dalam relay 5 volt, untuk menggantikan sakelar, sedangkan sakelar sendiri adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk memutuskan jaringan listrik, atau untuk menghubungkannya. Jadi saklar pada dasarnya adalah alat penyambung atau pemutus aliran listrik.

### IV.4. SENSOR WATER LEVEL

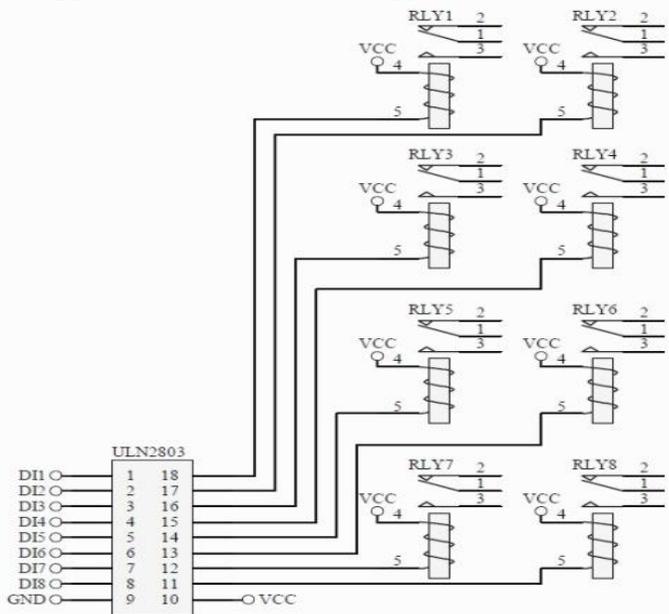
Pengertian Water Level sendiri adalah seperangkat alat yang digunakan untuk mengukur ketinggian air, Untuk sensor *Water Level* di sistem *ballast* pada kapal biasanya menggunakan sistem sounding, namun untuk percobaan kali ini menggunakan ic ULN 2803 dimana ic ini berfungsi untuk mengatur level air yang akan di jalankan.



**Gambar. 4.4,** Rangkaian ic ULN 2803

Sumber: <https://html&psig=AOvVaw1H0Mle0xfiG3PLZexD21rM&ust>

Dimana pada gambar 4.4 di atas, jika salah satu pin level probe (sebelah kiri pada gambar 4.4) di masukan ke dalam air yang akan diamati, maka air akan mengalikan arus listrik dari bottom probe ke pin level probe untuk menyalakan sinyal yang bertindak sebagai pembangkit transistor, Sehingga membuat pin sebelah kanan menghasilkn sinyal listrik sehingga akan menyalakan relay.



**Gambar. 4.5** Rangkaian ic ULN 2803

Sumber: shahrulnizam.com

Dimana pada gambar 4.5 di atas, adalah rangkaian ic ULN 2803 ke dalam relay 12 volt, untuk menggantikan sakelar, sedangkan sakelar sendiri adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk memutuskan jaringan listrik, atau untuk menghubungkannya. Jadi saklar pada dasarnya adalah alat penyambung atau pemutus aliran listrik.

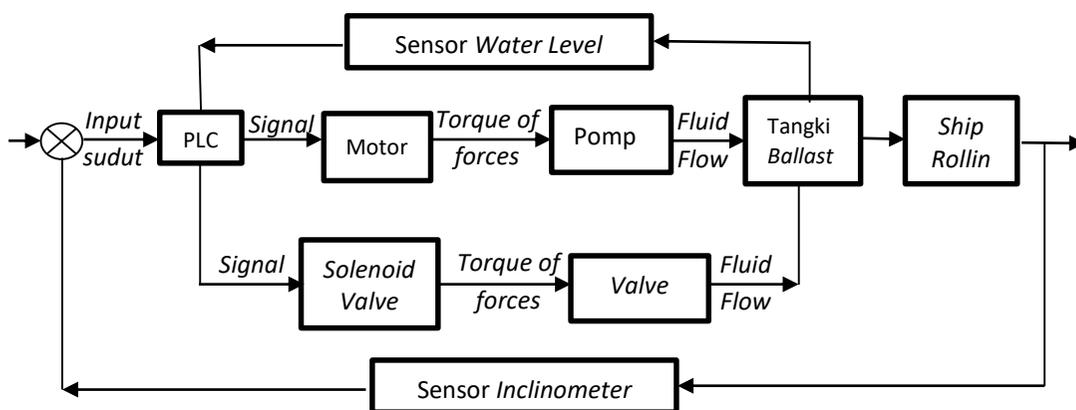
#### IV.5. DESAIN SISTEM BALLAST

Cara kerja sistem *ballast*, secara umum adalah untuk mengisi tangki *ballast* yang berada di *double bottom*, dengan air laut, yang diambil dari *sea chest*. Melalui saluran pipa utama dan pipa cabang dan dimasukkan ke dalam tangki pemberat atau yang sering disebut tangki *ballast*, dengan tujuan menyesuaikan tingkat kemiringan dengan berat dari air yang berada di dalam tangki *ballast*, agar stabilitas kapal tetap terjaga.

#### IV.6. DESAIN SISTEM KONTROL

Langkah pertama dalam analisis suatu model dinamis adalah menurunkan modelnya kedalam blok diagram. Dengan cara melakukan analisis setiap komponen yang bekerja pada alur sistem control *ballast*, sehingga nantinya dapat dibuat blok diagram yang tepat untuk mempermudah pembuatan atau perakitan dari sistem tersebut.

Dan untuk Blok diagram sistem control *ballast* nantinya akan mengikuti sistem yang sudah dibuat, dimana yang telah di jelaskan pada gambar 4.1 dengan mengikuti prinsip alur sistem *ballast* secara umum pada sistem balast pada kapal.



**Gambar. 4.6** Diagram sistem control *ballast*.

Pada Gambar. 4.2, dimana, untuk desain diagram sistem control *ballast*, PLC akan menerima *input* berupa sinyal digital dari sensor inclinometer (sensor perubahan sudut) dan sensor water level untuk *input* ke PL, sehingga PLC dapat melakukan tindakan automasi control *ballast*. Dan selajutnya PLC akan control sistem pompa dan sistem *valve* pada setiap tangki *ballast* untuk melawan kondisi rolling maupun pitch jika di perlukan.

#### IV.7. Pengalaman PLC

Setiap peralatan *input* (sensor) atau *output* (aktuator) yang terhubung dengan I/O PLC mempunyai alamat yang spesifik. Program yang dijalankan PLC berisi perintah membaca 'data' pada alamat *input*, memroses 'data' tersebut, dan memberikan 'data' pada alamat *output*. Jika perintah pada alamat *input* atau *output* tidak sesuai dengan peralatan yang dihubungkan, maka hasil pembacaan *input* salah atau perintah ke *output* tidak sesuai.

Di Omron CPM2A PLC, setiap alamat *input* selalu diawali 1 digit sementara setiap alamat *output* pada PLC ini selalu diawali 2 digit. Ini untuk membedakan antara alamat *input* dan *output*. Daftar peralatan pada *output* dalam sistem ini dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. *Output* PLC

No	Name	Address
1	<i>Valve 1</i>	11.05
2	<i>Valve 2</i>	10.01
3	<i>Valve 3</i>	10.02
4	<i>Valve 4</i>	10.03
5	<i>Valve 5</i>	10.04
6	<i>Valve 6</i>	10.05
7	<i>Valve 7</i>	10.06
8	<i>Valve sea chest</i>	10.07
9	<i>Valve 9</i>	11.01
10	<i>Valve 10</i>	11.02
11	<i>Valve 11</i>	11.03
12	<i>Valve 12</i>	11.04
13	Pompa	10.00
14	<i>Valve overboard</i>	11.06
15	<i>Valve 15</i>	11.07
16	<i>Valve 16</i>	12.00

Sedangkan pada daftar setiap peralatan *input* (sensor) pada PLC, dapat dilihat pada tabel 4.2.

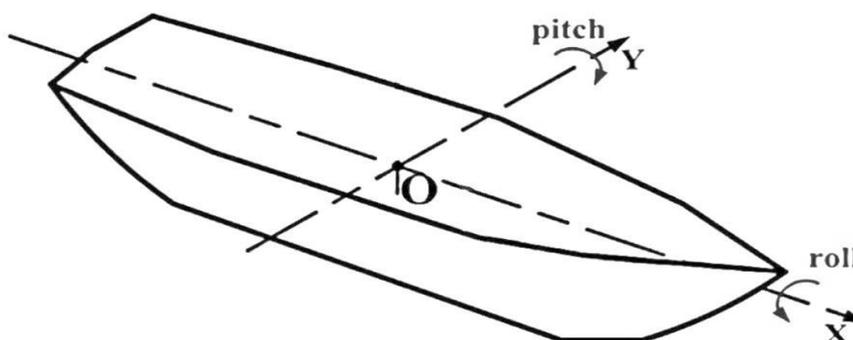
Tabel 4.2. *input* PLC

No	Name	Address
1	sensor <i>gyroscope</i> ke arah haluan	0.00
2	sensor <i>gyroscope</i> ke arah buritan	0.01
3	sensor <i>gyroscope</i> ke arah portside	0.02
4	sensor <i>gyroscope</i> ke arah starboard side	0.03
5	sensor level air low alarm tangki 1	0.04
6	sensor level air low alarm tangki 2	0.05
7	sensor level air low alarm tangki 3	0.06
8	sensor level air low alarm tangki 4	0.07
9	sensor level air low alarm tangki 5	0.08
10	sensor level air low alarm tangki 6	0.09
11	sensor level air alarm di luar tangki daerah haluan	0.10
12	sensor level air alarm di luar tangki daerah buritan	0.11
13	sensor level air alarm di luar tangki daerah <i>portside</i>	11.00
14	sensor level air alarm di luar tangki daerah <i>starboard side</i>	11.01
15	sensor level air high alarm tangki 1	11.02
16	sensor level air high alarm tangki 2	11.03
17	sensor level air high alarm tangki 3	11.04
18	sensor level air high alarm tangki 4	11.05
19	sensor level air high alarm tangki 5	11.06
20	sensor level air high alarm tangki 6	11.07

#### IV.8. Perancangan software PLC

Selanjutnya pada tahap ini akan dilakukan pembuatan desain Diagram Tangga (Ladder), dimana pada diagram blok di atas telah dibuat sebuah analisis suatu model dinamis untuk menurunkan modelnya agar dalam pembuatan Diagram Tangga untuk PLC dapat lebih memudahkan.

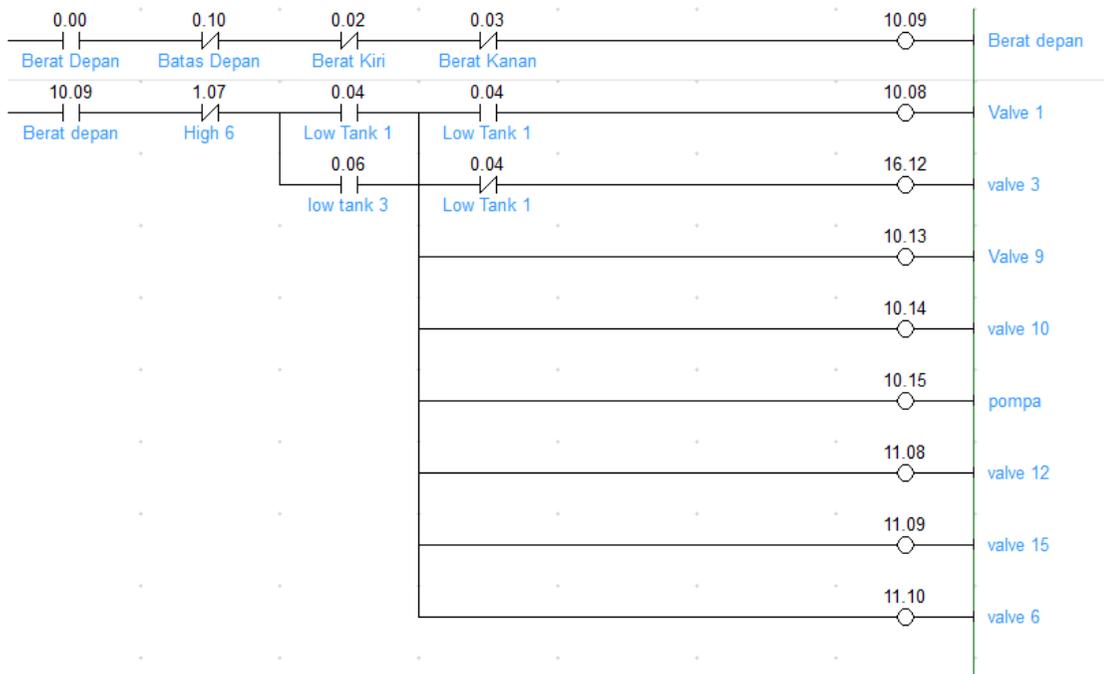
Dalam perancangan akan di lakukan pada 4 kondisi utama, yaitu kondisi roll (roll kanan dan roll kiri) dan kondisi pitch (*Trimmed by the stern* dan *trimmed by the bow*).



**Gambar. 4.7** *Definition of ship motion*

Sumber: [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)

Dan berikut ini adalah desain *diagram ladder* saat kondisi pitch dimana pemodelan tangki akan mengalami gerakan sudut pada sumbu Y (sumbu Y sebagai sumbu putar) berupa anggukan *by the bow* atau *by the stern*.



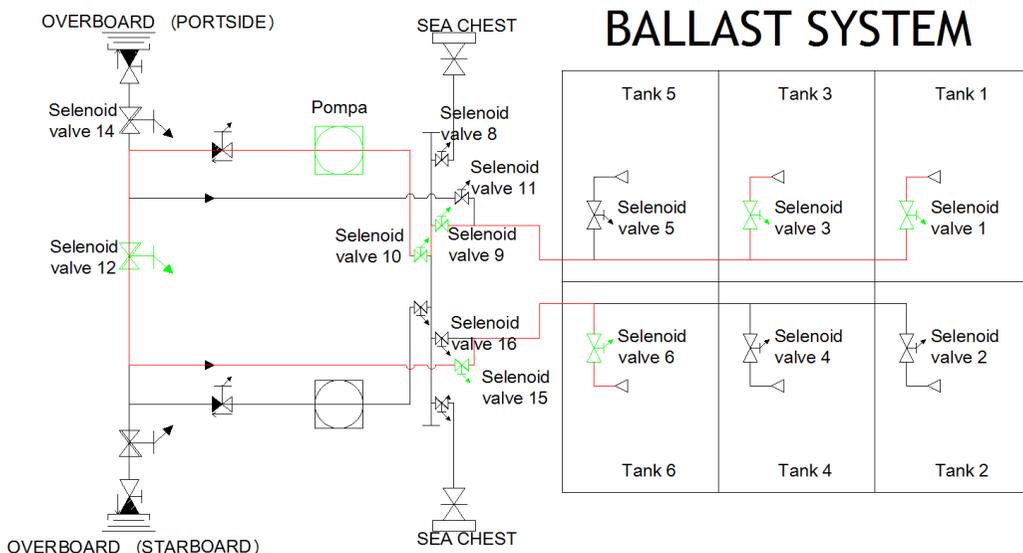
**Gambar 4.8** *Diagram Ladder* kondisi berat depan dengan kondisi tangki 1 atau tangki 3 akan di transfer ke tangki 6.

Pada gambar 4.8 adalah *diagram ladder* saat kondisi PLC menerima respon kondisi saat tangki pemodelan mengalami *trimmed by bow* pada dan kondisi tangki 1 dan tangki 3 terdapat air *ballast*, maka sistem akan melakukan perpindahan air *ballast* pada tangki 1 dan tangki 3 ke tangki 6.

Dan dimana dari sensor *gyroscope* mengindikasikan bahwa tangki pemodelan mengalami kemiringan maka sensor *gyroscope* akan menghasilkan sinyal analog dan sinyal analog ini akan diolah arduino uno menjadi sinyal digital.

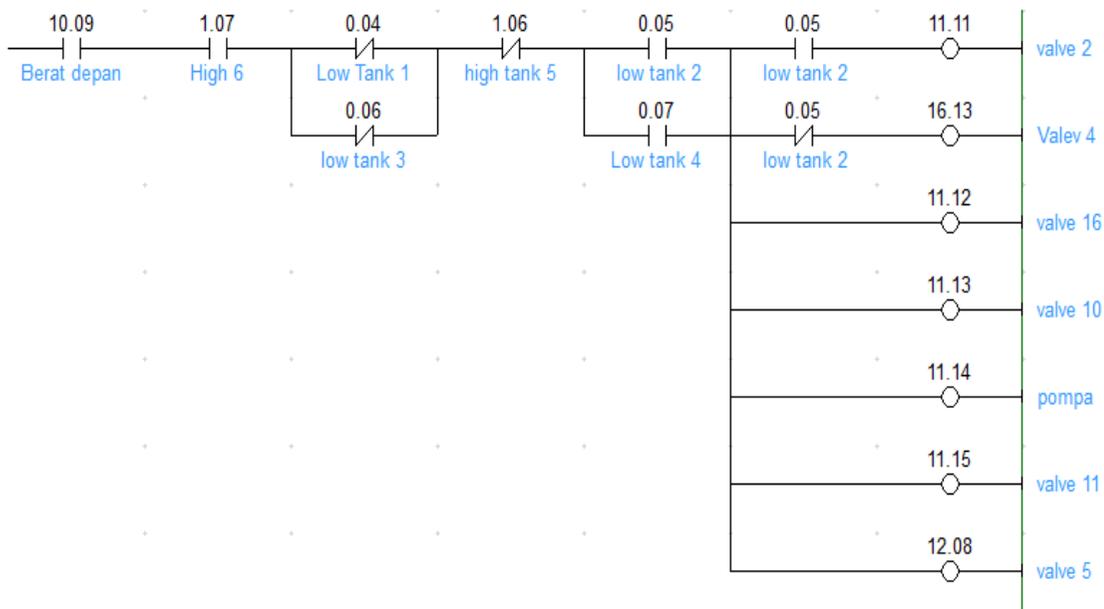
Dan sinyal digital ini masuk ke dalam terminal *input* PLC, yang beralamat 0.00, sehingga PLC mengindikasikan tangki pemodelan mengalami kondisi berat ke depan dan PLC juga membaca bahwa sensor beralamat 0.04 pada tangki 1 dan sensor beralamat 0.06 tangki 3 terdapat air *ballast*, maka akan melakukan *ballasting* dari tangki 1 dan tangki 3 menuju ke tangki 6 untuk mengkondisikan kemiringan tangki pemodelan.

Setelah itu air *ballast* dari tangki 1 dan tangki 3 akan dialirkan melalui *valve* 1 dan *valve* 3 yang akan diteruskan ke *valve* 9 dan *valve* 10 untuk di pompa menuju ke *valve* 12 dan *valve* 15 untuk kebutuhan *ballast* pada tangki 6, jika kondisi tangki 6 sudah penuh maka sistem mati dan akan dilanjutkan pada skema *diagram ladder* selanjutnya, dan berikut ini adalah gambaran yang akan terjadi.



**Gambar 4.9** skema perpindahan air dari tangki 1 atau tangki 3 akan di transfer ke tangki 6

Pada gambar 5.9, adalah skema perpindahan aliran air, dimana pada garis yang berwarna merah adalah alur *ballast* yang akan dilakukan pada skema PLC di gambar 4.8.



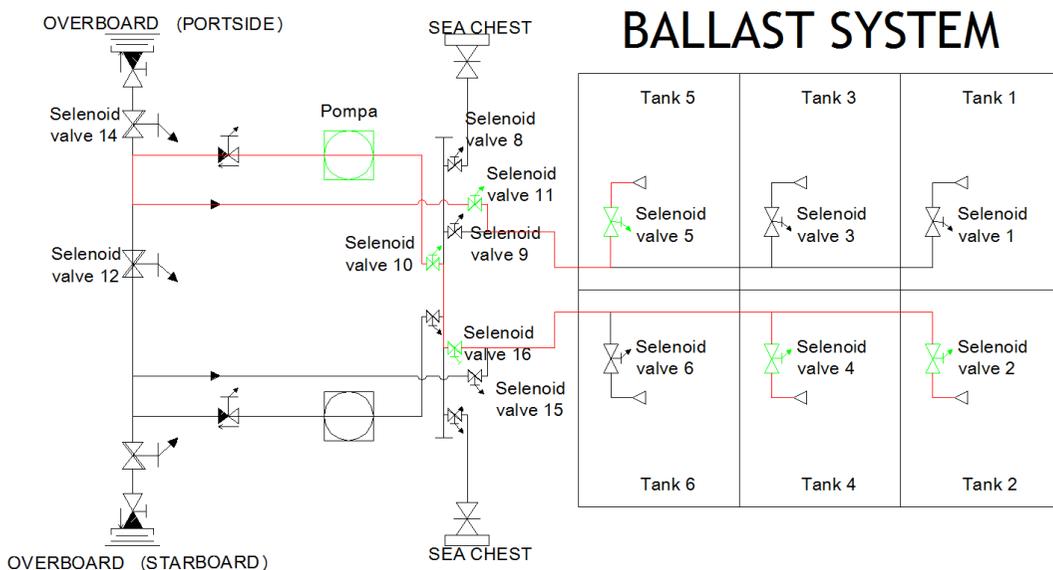
**Gambar 4.10** Diagram Ladder kondisi berat depan dengan kondisi tangki 2 atau tangki 4 akan di transfer ke tangki 5.

Pada gambar 4.10 adalah *diagram ladder* saat kondisi PLC menerima respon kondisi saat tangki pemodelan mengalami *trimmed by bow* dan kondisi tangki 2 dan tangki 4 terdapat air *ballast*, maka sistem akan melakukan perpindahan air *ballast* pada tangki 4 ke tangki 2 dan tangki 4 ke tangki 5.

Dan berikut dari sensor *gyroscope* mengindikasikan bahwa tangki pemodelan mengalami kemiringan maka sensor *gyroscope* akan menghasilkan sinyal analog dan sinyal analog ini akan diolah arduino uno menjadi sinyal digital.

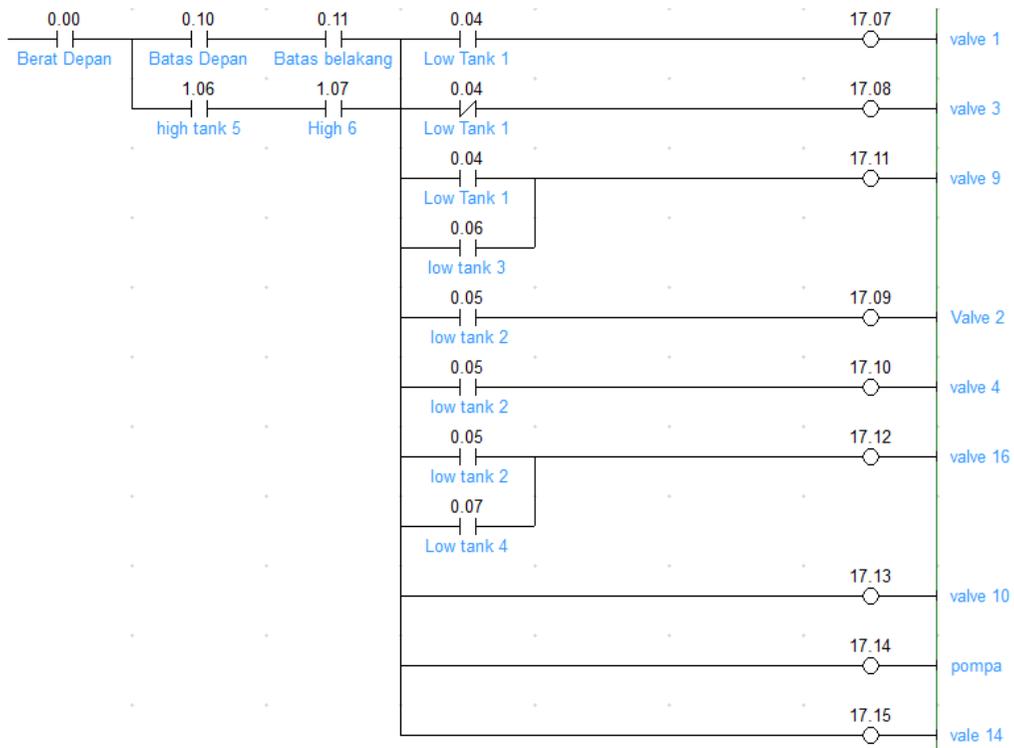
Dan sinyal digital ini masuk ke dalam terminal *input* PLC, yang beralamat 0.00, sehingga PLC mengindikasikan tangki pemodelan mengalami kondisi berat ke depan dan PLC juga membaca bahwa sensor beralamat 0.05 pada tangki 2 dan sensor beralamat 0.07 tangki 4 terdapat air *ballast*, maka akan melakukan *ballasting* dari tangki 1 dan tangki 3 menuju ke tangki 6 untuk mengkondisikan kemiringan tangki pemodelan.

Setelah itu air *ballast* dari tangki 1 dan tangki 3 akan dialirkan melalui *valve* 2 dan *valve* 4 yang akan diteruskan ke *valve* 16 dan *valve* 10 untuk di pompa menuju ke *valve* 11 dan *valve* 5 untuk kebutuhan *ballast* pada tangki 5, jika kondisi tangki 5 sudah penuh maka sistem mati dan akan dilanjutkan pada skema *diagram ladder* selanjutnya, dan berikut ini adalah gambaran yang akan terjadi.



**Gambar 4.11** skema perpindahan air dari tangki 2 atau tangki 4 akan di transfer ke tangki 5.

Pada gambar 4.11, adalah skema perpindahan aliran air, dimana pada garis yang berwarna merah adalah alur *ballast* yang akan dilakukan pada skema PLC di gambar 4.10.



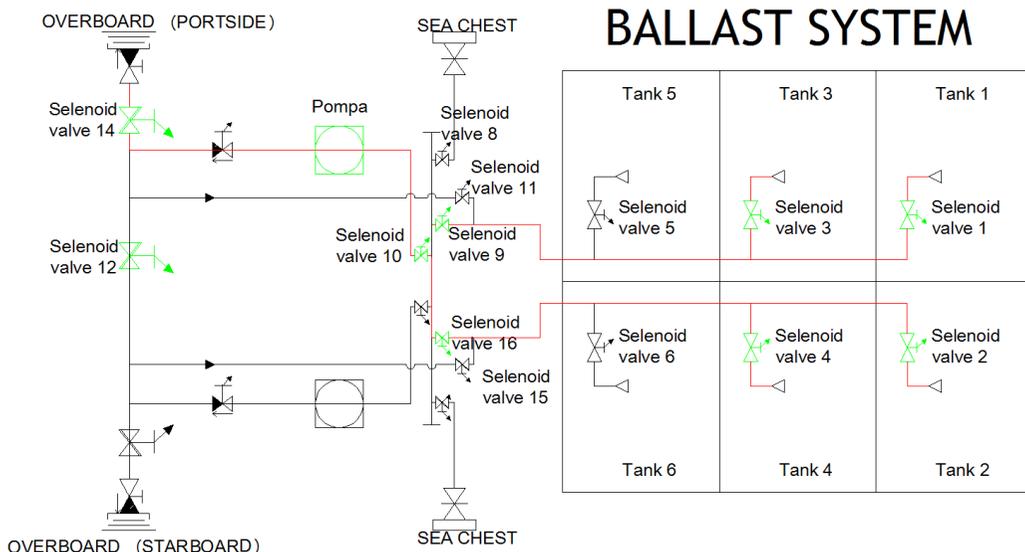
**Gambar 4.12** Diagram Ladder kondisi perpindahan air dari tangki 2 atau tangki 4 dan tangki 1 atau tangki 3 akan di transfer ke *overboard*.

Pada gambar 4.12 adalah *diagram ladder* saat kondisi PLC menerima respon kondisi saat tangki pemodelan mengalami *trimmed by bow* dan kondisi tangki kanan dan kiri atau tangki 2 atau tangki 4 dan 1 atau tangki 3 terdapat air *ballast*, maka sistem akan melakukan *de-ballasting* air *ballast* pada tangki 2 atau tangki 4 dan tangki 1 atau tangki 2 ke *overboard*.

Dan berikut dari sensor *gyroscope* mengindikasikan bahwa tangki pemodelan mengalami kemiringan maka sensor *gyroscope* akan menghasilkan sinyal analog dan sinyal analog ini akan diolah arduino uno menjadi sinyal digital.

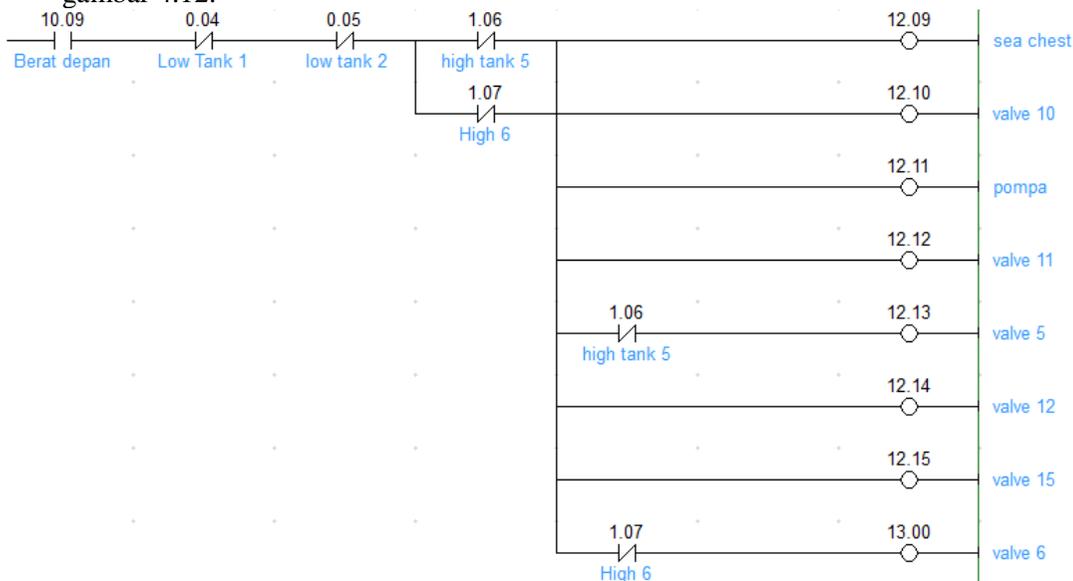
Dan sinyal digital ini masuk ke dalam terminal *input* PLC, yang beralamat 0.00, sehingga PLC mengindikasikan tangki pemodelan mengalami kondisi berat ke depan dan PLC juga membaca bahwa sensor beralamat 0.05 pada tangki 2 dan sensor beralamat 0.07 tangki 4 dan sensor beralamat 0.04 pada tangki 1 dan sensor beralamat 0.06 tangki 3 terdapat air *ballast*, maka akan melakukan *de-ballasting* ke *overboard* untuk mengkondisikan kemiringan tangki pemodelan.

Setelah itu air *ballast* dari tangki 1 dan tangki 3 akan dialirkan melalui *valve 2* dan *valve 4* yang akan diteruskan ke *valve 16* dan tangki 1 dan tangki 3 akan dialirkan melalui *valve 1* dan *valve 3* yang akan diteruskan ke *valve 9* dan *valve* dan dari tangki kiri dan tangki kanan akan masuk *valve10* untuk di pompa menuju ke *overboard*, jika tangki pemodelan sudah seimbang maka sistem akan berhenti, berikut ini adalah gambaran yang akan terjadi.



**Gambar 4.13** skema perpindahan air dari dari tangki 2 atau tangki 4 dan tangki 1 atau tangki 3 akan di transfer ke *overboard*.

Pada gambar 4.13, adalah skema perpindahan aliran air, dimana pada garis yang berwarna merah adalah alur *ballast* yang akan dilakukan pada skema PLC di gambar 4.12.

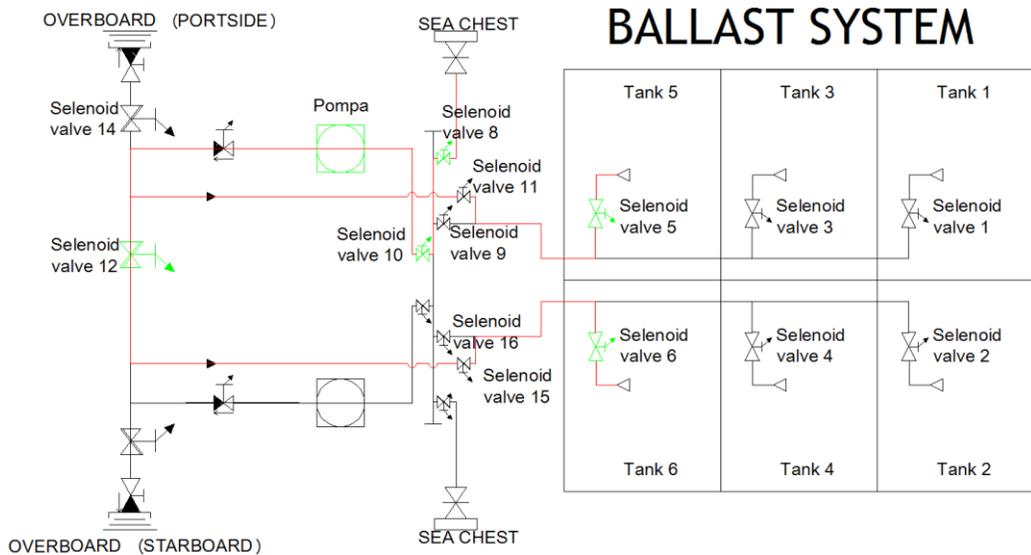


**Gambar 4.14** Diagram ladder kondisi ballasting dari sea chest akan di transfer ke tangki 5 atau tangki 6.

Pada gambar 4.14 adalah *diagram ladder* saat kondisi PLC menerima respon kondisi saat tangki pemodelan mengalami *trimmed by bow* dan kondisi tangki kanan dan kiri atau tangki 2 atau tangki 4 dan 1 atau tangki 3 tidak terdapat air *ballast*, maka sistem akan melakukan *ballasting* air *ballast* pada *sea chest* untuk mengisi tangki 5 dan tangki 6.

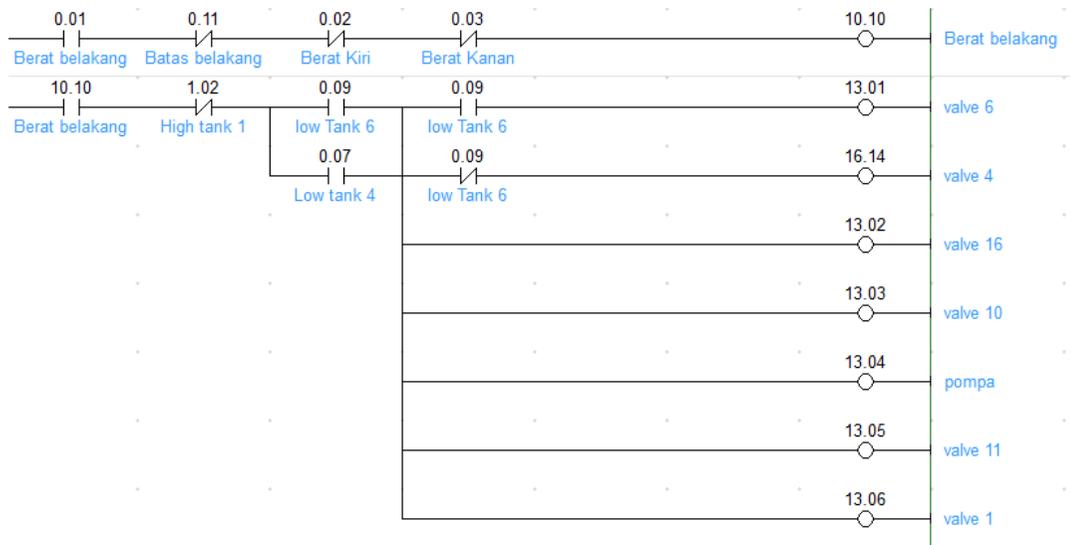
Dan berikut dari sensor *gyroscope* mengindikasikan bahwa tangki pemodelan mengalami kemiringan maka sensor *gyroscope* akan menghasilkan sinyal analog dan sinyal analog ini akan diolah arduino uno menjadi sinyal digital.

Dan sinyal digital ini masuk ke dalam terminal *input* PLC, yang beralamat 0.00, sehingga PLC mengindikasikan tangki pemodelan mengalami kondisi berat ke depan dan PLC juga membaca bahwa sensor beralamat 0.05 pada tangki 2 dan sensor beralamat 0.07 tangki 4 dan sensor beralamat 0.04 pada tangki 1 dan sensor beralamat 0.06 tangki 3 tidak terdapat air *ballast*, maka akan melakukan *ballasting* untuk mengkondisikan kemiringan tangki pemodelan.



**Gambar 4.15** skema *ballasting* dari *sea chest* akan di transfer ke tangki 2 atau tangki 4 dan tangki 1 atau tangki 3.

Pada gambar 4.15, adalah skema perpindahan aliran air, dimana pada garis yang berwarna merah adalah alur *ballast* yang akan dilakukan pada skema PLC di gambar 4.13.



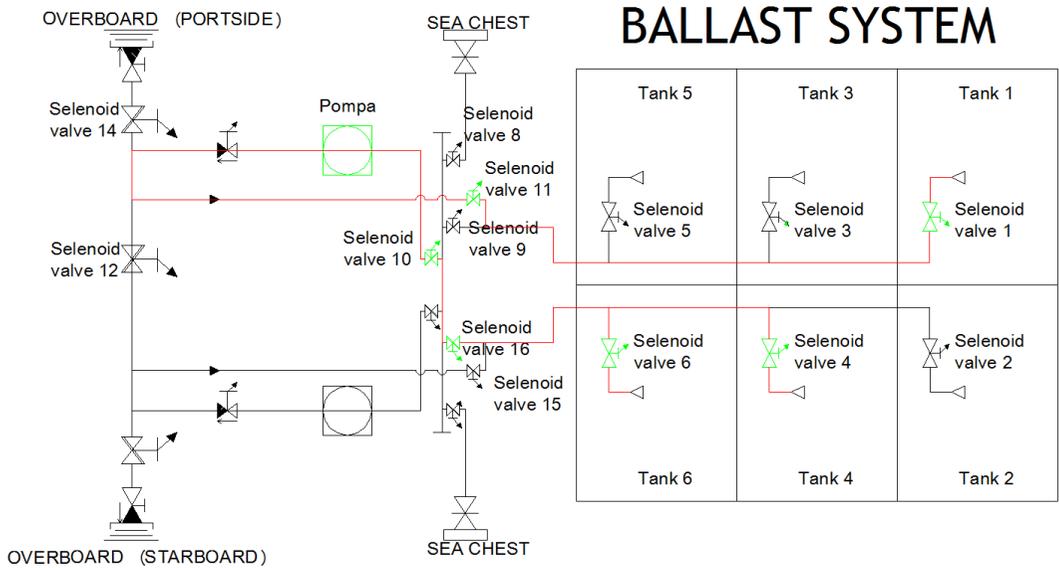
**Gambar 4.16** *Diagram Ladder* kondisi belakan dengan kondisi tangki 6 atau tangki 4 akan di transfer ke tangki 1.

Pada gambar 4.16 adalah *diagram ladder* saat kondisi PLC menerima respon kondisi saat tangki pemodelan mengalami *trimmed by the stern* dan kondisi tangki 6 dan tangki 4 terdapat air *ballast*, maka sistem akan melakukan perpindahan air *ballast* pada tangki 6 dan tangki 4 ke tangki 1.

Dan dimana dari sensor *gyroscope* mengindikasikan bahwa tangki pemodelan mengalami kemiringan maka sensor *gyroscope* akan menghasilkan sinyal analog dan sinyal analog ini akan diolah arduino uno menjadi sinyal digital.

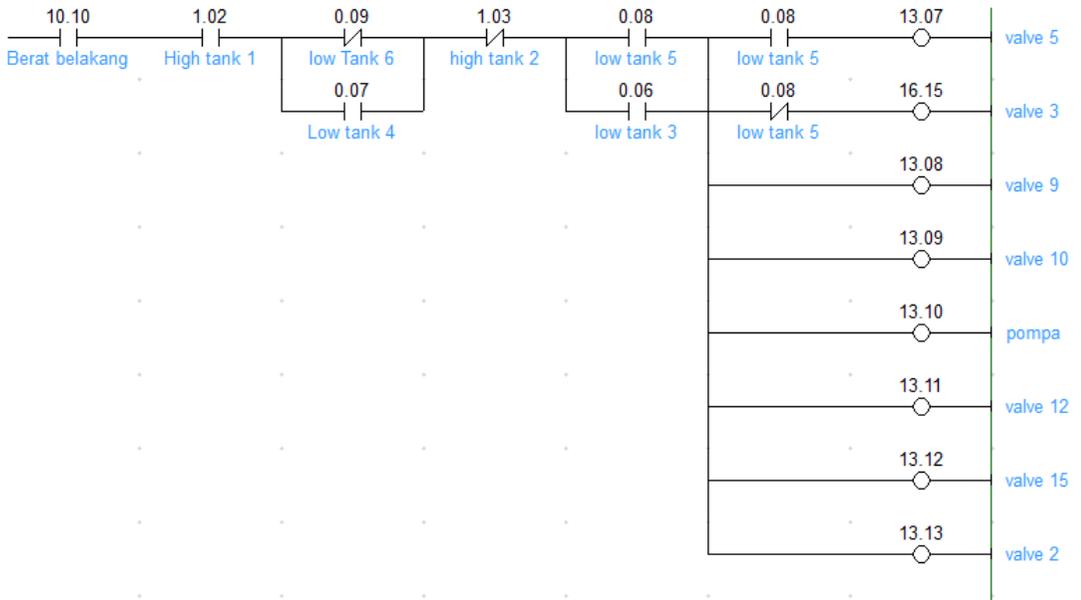
Dan sinyal digital ini masuk ke dalam terminal *input* PLC, yang beralamat 0.01, sehingga PLC mengindikasikan tangki pemodelan mengalami kondisi berat ke depan dan PLC juga membaca bahwa sensor beralamat 0.09 pada tangki 6 dan sensor beralamat 0.07 tangki 4 terdapat air *ballast*, maka akan melakukan *ballasting* dari tangki 6 dan tangki 4 menuju ke tangki 1 untuk mengkondisikan kemiringan tangki pemodelan.

Setelah itu air *ballast* dari tangki 6 dan tangki 4 akan dialirkan melalui *valve* 4 dan *valve* 6 yang akan diteruskan ke *valve* 16 dan *valve* 10 untuk di pompa menuju ke *valve* 11 dan *valve* 1 untuk kebutuhan *ballast* pada tangki 1, jika kondisi tangki 6 sudah penuh maka sistem berhenti dan akan dilanjutkan pada skema *diagram ladder* selanjutnya, dan berikut ini adalah gambaran yang akan terjadi.



**Gambar 4.17** skema perpindahan air dari tangki 6 atau tangki 4 akan di transfer ke tangki 1

Pada gambar 4.17, adalah skema perpindahan aliran air, dimana pada garis yang berwarna merah adalah alur *ballast* yang akan dilakukan pada skema PLC di gambar 4.16.



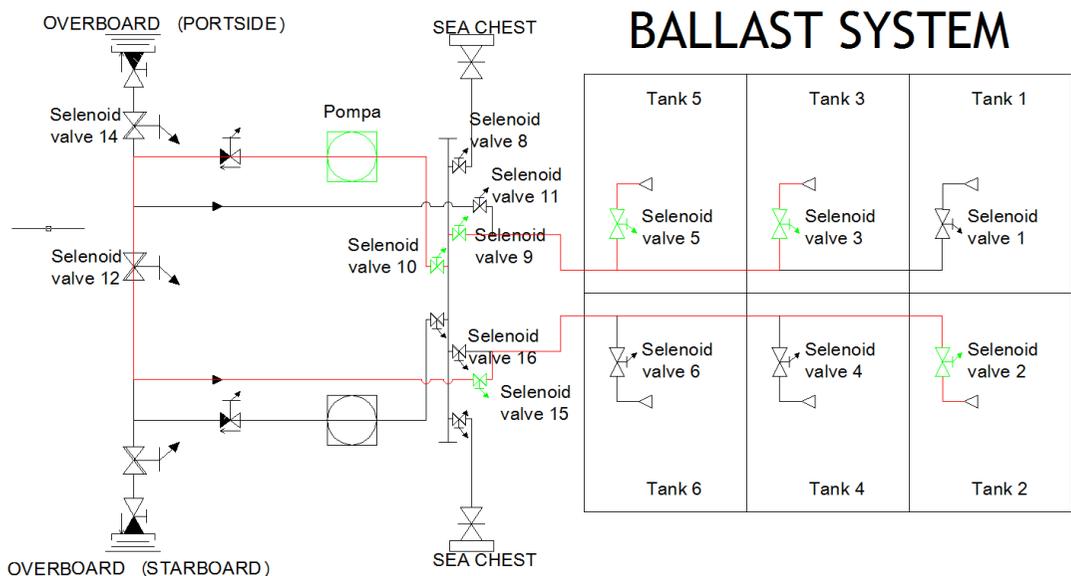
**Gambar 4.18** Diagram Ladder kondisi berat kiri depan dengan kondisi tangki 5 atau tangki 3 akan di transfer ke tangki 2.

Pada gambar 4.18 adalah *diagram ladder* saat kondisi PLC menerima respon kondisi saat tangki pemodelan mengalami *trimmed by the stern* dan kondisi tangki 5 dan tangki 3 terdapat air *ballast*, maka sistem akan melakukan perpindahan air *ballast* pada tangki 5 dan tangki 3 ke tangki 2.

Dan berikut dari sensor *gyroscope* mengindikasikan bahwa tangki pemodelan mengalami kemiringan maka sensor *gyroscope* akan menghasilkan sinyal analog dan sinyal analog ini akan diolah arduino uno menjadi sinyal digital.

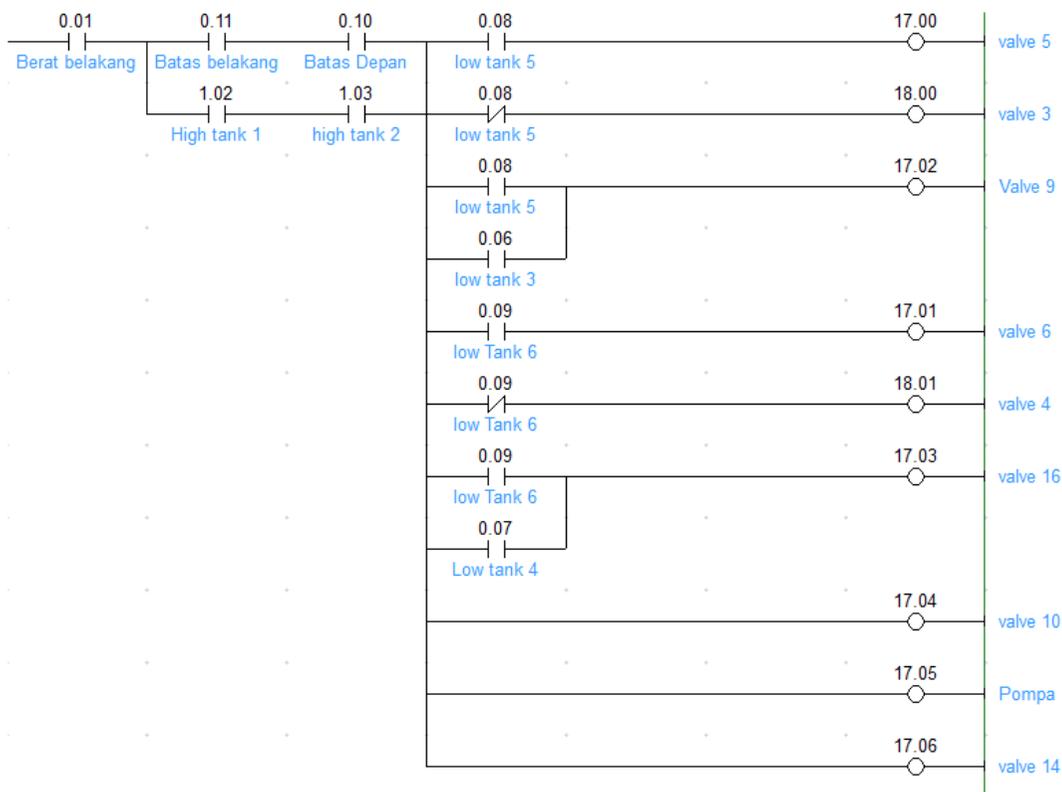
Dan sinyal digital ini masuk ke dalam terminal *input* PLC, yang beralamat 0.01, sehingga PLC mengindikasikan tangki pemodelan mengalami kondisi berat belakang dan PLC juga membaca bahwa sensor beralamat 0.08 pada tangki 5 dan sensor beralamat 0.06 tangki 3 terdapat air *ballast*, maka akan melakukan *ballasting* dari ke tangki 5 dan tangki 3 menuju ke tangki 2 untuk mengkondisikan kemiringan tangki pemodelan.

Setelah itu air *ballast* dari tangki 5 dan tangki 3 akan dialirkan melalui *valve* 5 dan *valve* 3 yang akan diteruskan ke *valve* 9 dan *valve* 10 untuk di pompa menuju ke *valve* 12 dan *valve* 15 untuk kebutuhan *ballast* pada tangki 2, jika kondisi tangki 2 sudah penuh maka sistem berhenti dan akan dilanjutkan pada skema *diagram ladder* selanjutnya, dan berikut ini adalah gambaran yang akan terjadi.



**Gambar 4.19** skema perpindahan air dari tangki 5 atau tangki 3 akan di transfer ke tangki 2.

Pada gambar 4.19, adalah skema perpindahan aliran air, dimana pada garis yang berwarna merah adalah alur *ballast* yang akan dilakukan pada skema PLC di gambar 4.18.



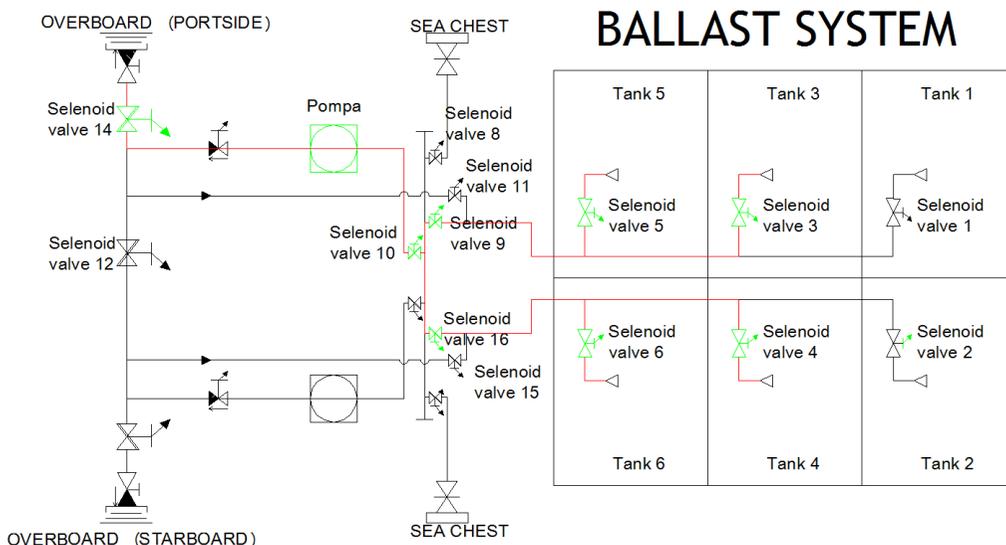
**Gambar 4.20** Diagram Ladder kondisi perpindahan air dari tangki 5 atau tangki 3 dan tangki 6 atau tangki 4 akan di transfer ke *overboard*.

Pada gambar 4.20 adalah *diagram ladder* saat kondisi PLC menerima respon kondisi saat tangki pemodelan mengalami *trimmed by the stern* dan kondisi tangki kanan dan kiri atau tangki 2 atau tangki 4 dan 1 atau tangki 3 terdapat air *ballast*, maka sistem akan melakukan *de-ballasting* air *ballast* pada tangki 2 atau tangki 4 dan tangki 1 atau tangki 2 ke *overboard*.

Dan berikut dari sensor *gyroscope* mengindikasikan bahwa tangki pemodelan mengalami kemiringan maka sensor *gyroscope* akan menghasilkan sinyal analog dan sinyal analog ini akan diolah arduino uno menjadi sinyal digital.

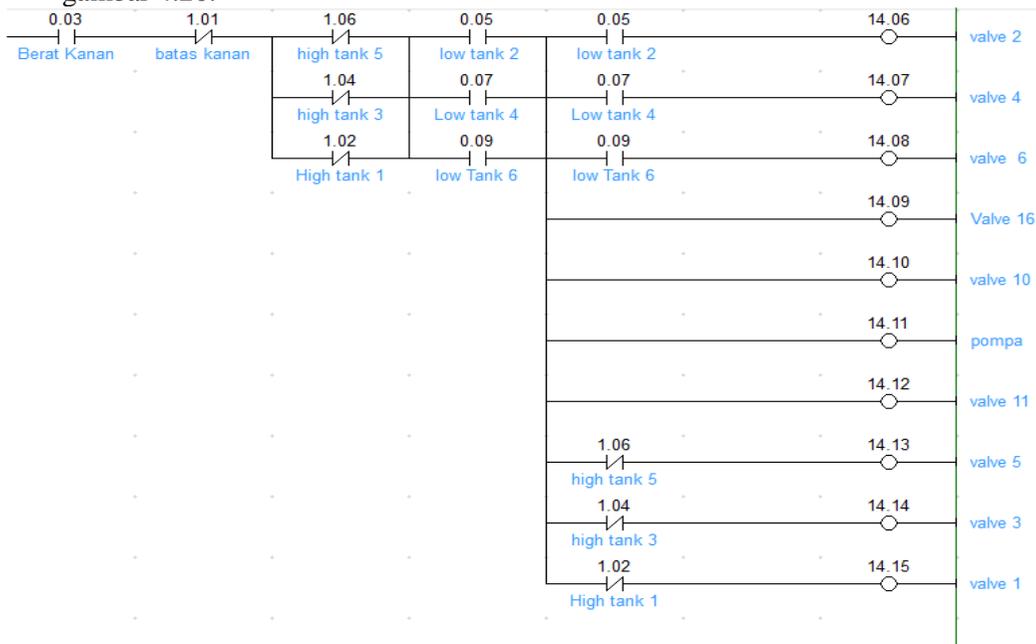
Dan sinyal digital ini masuk ke dalam terminal *input* PLC, yang beralamat 0.01, sehingga PLC mengindikasikan tangki pemodelan mengalami kondisi berat belakang dan PLC juga membaca bahwa sensor beralamat 0.09 pada tangki 6 dan sensor beralamat 0.07 tangki 4 dan sensor beralamat 0.08 pada tangki 5 dan sensor beralamat 0.06 tangki 3 terdapat air *ballast*, maka akan melakukan *de-ballasting* ke *overboard* untuk mengkondisikan kemiringan tangki pemodelan.

Setelah itu air *ballast* dari tangki 5 dan tangki 3 akan dialirkan melalui *valve* 9 dan *valve* 4 yang akan diteruskan ke *valve* 16 dan akan masuk *valve* 10 untuk di pompa menuju ke *overboard*, jika tangki pemodelan sudah seimbang maka sistem akan berhenti, berikut ini adalah gambaran yang akan terjadi.



**Gambar 4.21** skema perpindahan air dari dari tangki 6 atau tangki 4 dan tangki 5 atau tangki 3 akan di transfer ke *overboard*.

Pada 4.21, adalah skema perpindahan aliran air, dimana pada garis berwarna merah adalah alur *ballast* yang akan dilakukan pada skema PLC di gambar 4.20.

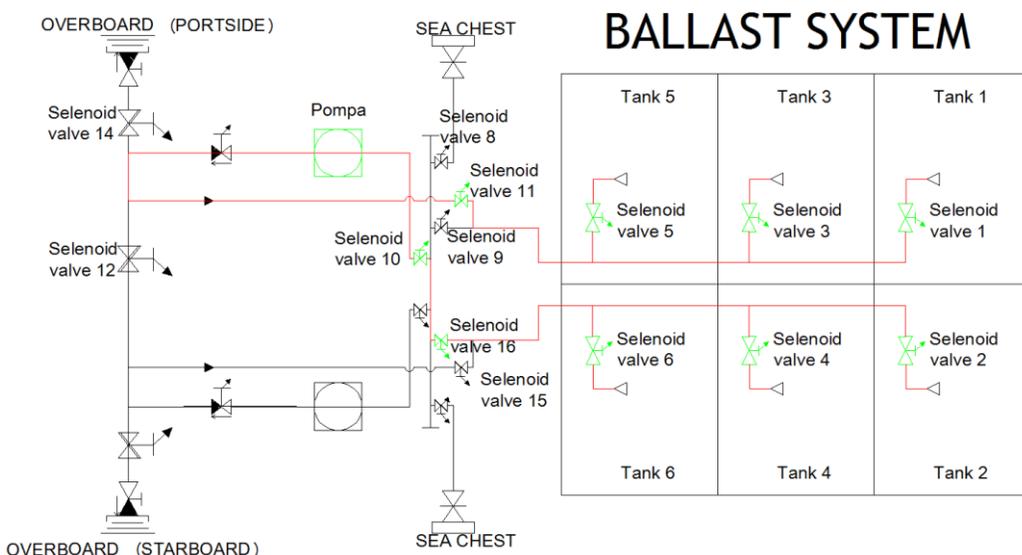


**Gambar 4.22** Diagram ladder skema ballasting dari sea chest akan di transfer ke tangki 6 atau tangki 4 dan tangki 5 atau tangki 3.

Pada gambar 4.22 adalah *diagram ladder* saat kondisi PLC menerima respon kondisi saat tangki pemodelan mengalami *trimmed by the stern* dan kondisi tangki kanan dan kiri atau tangki 6 atau tangki 4 dan 5 atau tangki 3 tidak terdapat air *ballast*, maka sistem akan melakukan *ballasting* air *ballast* pada *sea chest* untuk mengisi tangki 5 dan tangki 6.

Dan berikut dari sensor *gyroscope* mengindikasikan bahwa tangki pemodelan mengalami kemiringan maka sensor *gyroscope* akan menghasilkan sinyal analog dan sinyal analog ini akan diolah arduino uno menjadi sinyal digital.

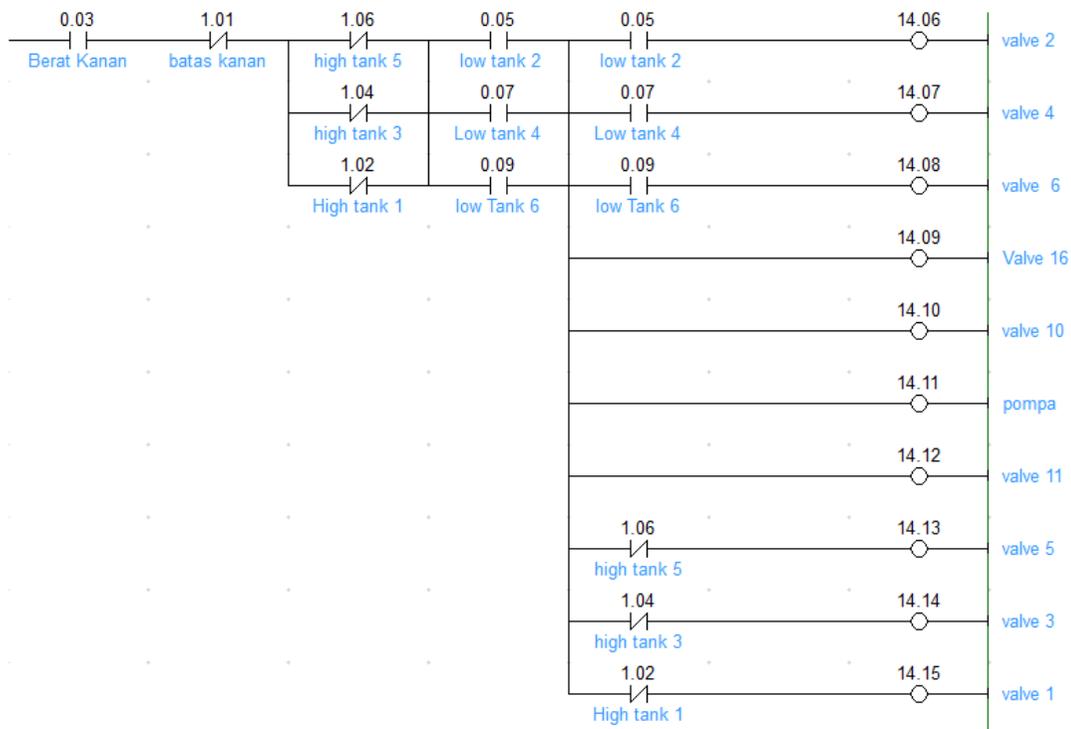
Dan sinyal digital ini masuk ke dalam terminal *input* PLC, yang beralamat 0.01, sehingga PLC mengindikasikan tangki pemodelan mengalami kondisi berat belakang dan PLC juga membaca bahwa sensor beralamat 0.09 pada tangki 6 dan sensor beralamat 0.07 tangki 4 dan sensor beralamat 0.08 pada tangki 5 dan sensor beralamat 0.06 tangki 3 tidak terdapat air *ballast*, maka akan melakukan *ballasting* ke *overboard* untuk mengkondisikan kemiringan tangki pemodelan.



**Gambar 4.23** skema *ballasting* dari *sea chest* akan di transfer ke tangki 6 atau tangki 4 dan tangki 5 atau tangki 3.

Pada gambar 4.23, adalah skema perpindahan aliran air, dimana pada garis yang berwarna merah adalah alur *ballast* yang akan dilakukan pada skema PLC di gambar 4.22.

Dan selanjutnya adalah desain *diagram ladder* saat kondisi roll dimana pemodelan tangki akan mengalami gerakan sudut pada sumbu X (sumbu X sebagai sumbu putar) berupa rolling ke arah starboard side atau ke arah port side.

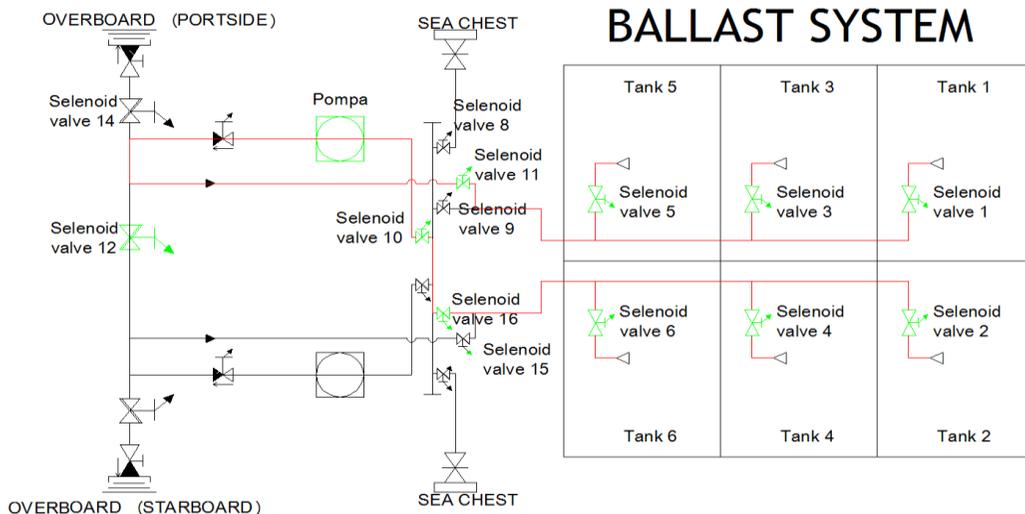


**Gambar 4.24** Diagram ladder perpindahan air ballast dari tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6 ke tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5.

Pada gambar 5.18 adalah *diagram ladder* saat kondisi PLC menerima respon kondisi saat tangki pemodelan mengalami rolling ke arah starboard side dan kondisi tangki kanan, yaitu tangki 6 atau tangki 4 dan 2 terdapat air *ballast*, maka sistem akan melakukan *ballasting* air *ballast* dari tangki 6 atau tangki 4 dan 2 untuk mengisi tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5.

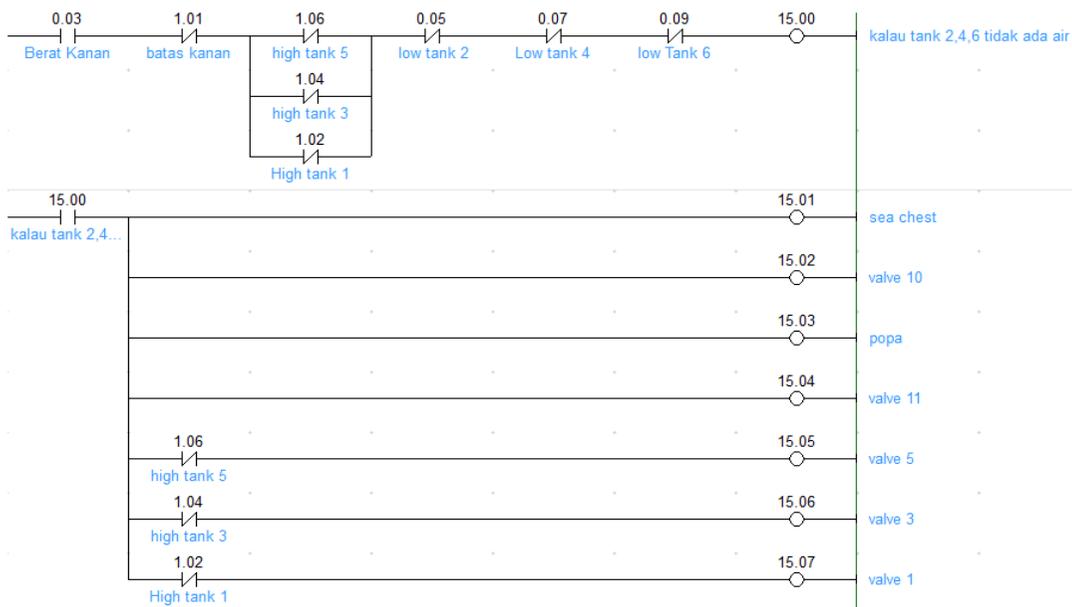
Dan berikut dari sensor *gyroscope* mengindikasikan bahwa tangki pemodelan mengalami kemiringan maka sensor *gyroscope* akan menghasilkan sinyal, sinyal digital ini masuk ke dalam terminal *input* PLC, yang beralamat 0.03.

Sehingga PLC mengindikasikan tangki pemodelan mengalami kondisi berat pada bagian kanan dan PLC juga membaca bahwa sensor beralamat 0.09 pada tangki 6 dan sensor beralamat 0.07 tangki 4 dan sensor beralamat 0.05 pada tangki 2 terdapat air *ballast*, maka akan melakukan perpindahan air *ballast* ke tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5, untuk mengkondisikan kemiringan tangki pemodelan.



**Gambar 4.25** skema perpindahan air *ballast* dari tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6 ke tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5.

Pada gambar 4.25, adalah skema perpindahan aliran air, dimana pada garis yang berwarna merah adalah alur *ballast* yang akan dilakukan pada skema PLC di gambar 4.24.

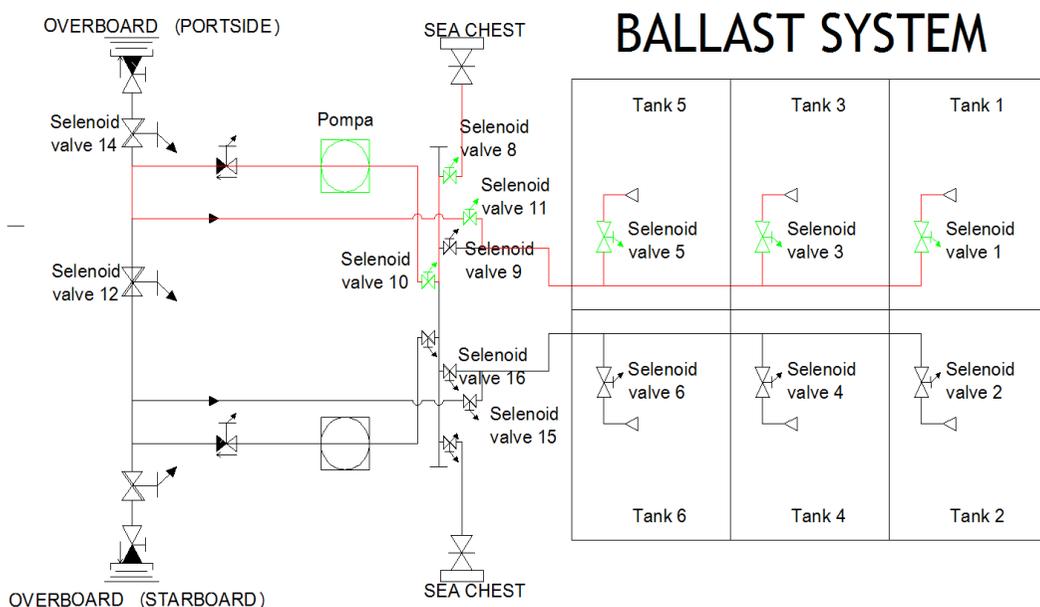


**Gambar 4.26** Diagram ladder saat ballasting dari sea chest ke tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5.

Pada gambar 4.26 adalah *diagram ladder* saat kondisi PLC menerima respon kondisi saat tangki pemodelan mengalami rolling ke arah starboard side dan kondisi tangki kanan, yaitu tangki 6 atau tangki 4 dan 2 tidak terdapat air *ballast*, maka sistem akan melakukan *ballasting* air *ballast* dari *sea chest* untuk mengisi tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5.

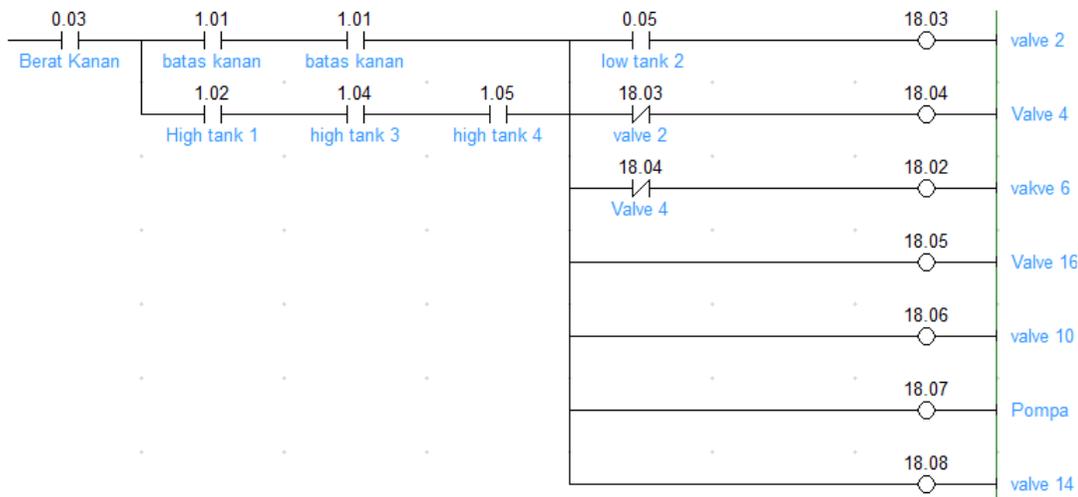
Dan berikut dari sensor *gyroscope* mengindikasikan bahwa tangki pemodelan mengalami kemiringan maka sensor *gyroscope* akan menghasilkan sinyal, sinyal digital ini masuk ke dalam terminal *input* PLC, yang beralamat 0.03.

Sehingga PLC mengindikasikan tangki pemodelan mengalami kondisi berat pada bagian kanan dan PLC juga membaca bahwa sensor beralamat 0.09 pada tangki 6 dan sensor beralamat 0.07 tangki 4 dan sensor beralamat 0.05 pada tangki 2 tidak terdapat air *ballast*, maka akan melakukan perpindahan air *ballast* dari *sea chest* ke tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5, untuk mengkondisikan kemiringan tangki pemodelan.



**Gambar 4.27** skema perpindahan air *ballast* dari tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6 ke tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5.

Pada gambar 4.27, adalah skema perpindahan aliran air, dimana pada garis yang berwarna merah adalah alur *ballast* yang akan dilakukan pada skema PLC di gambar 4.26.

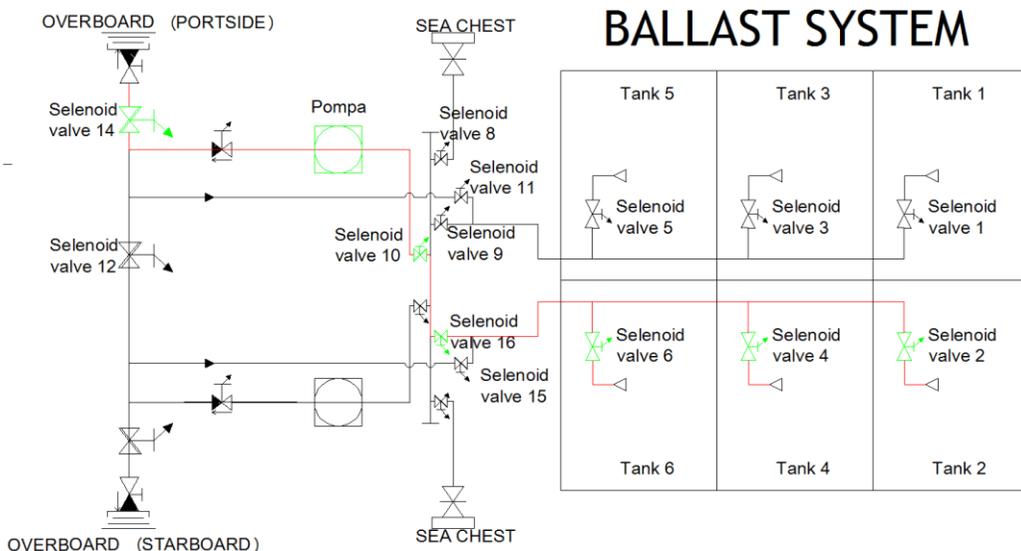


**Gambar 4.28** Diagram ladder saat de-ballastin dari tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6 ke overboard.

Pada gambar 4.28 adalah *diagram ladder* saat kondisi PLC menerima respon kondisi saat tangki pemodelan mengalami rolling ke arah starboard side dan kondisi tangki kanan, yaitu tangki 6 atau tangki 4 dan 2 terdapat air *ballast*, dan tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5 terdapat air *ballast* maka sistem akan melakukan *de-ballastin* air *ballast* dari tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6 ke *overboard*.

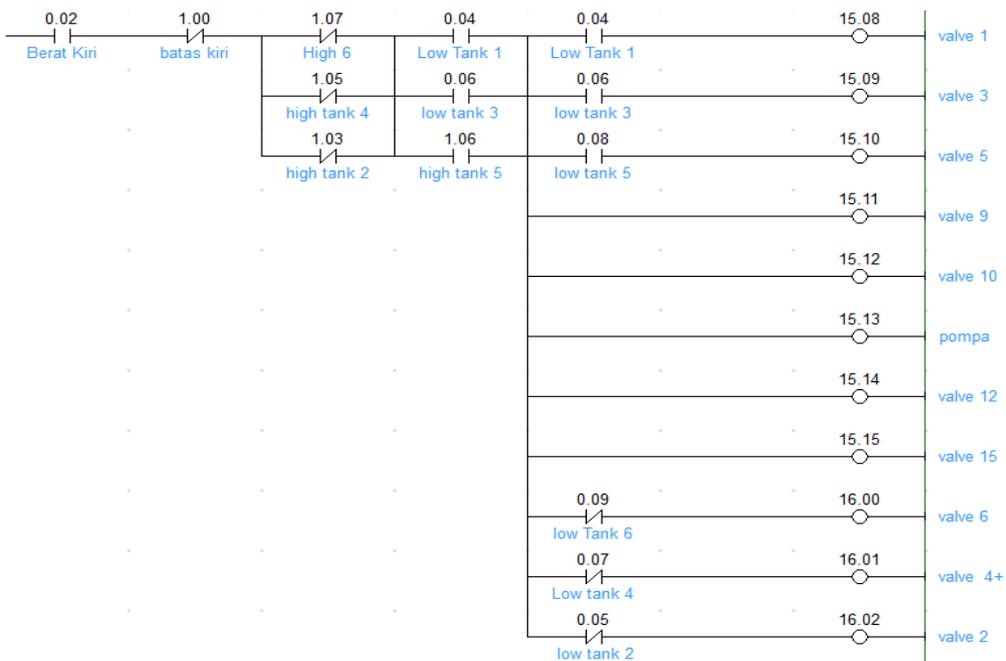
Dan berikut dari sensor *gyroscope* mengindikasikan bahwa tangki pemodelan mengalami kemiringan maka sensor *gyroscope* akan menghasilkan sinyal, sinyal digital ini masuk ke dalam terminal *input* PLC, yang beralamat 0.03.

Sehingga PLC mengindikasikan tangki pemodelan mengalami kondisi berat pada bagian kanan dan PLC juga membaca bahwa sensor beralamat 0.09 pada tangki 6 dan sensor beralamat 0.07 tangki 4 dan sensor beralamat 0.05 pada tangki 2 terdapat air *ballast* dan sensor beralamat 0.08 pada tangki 5 dan sensor beralamat 0.06 tangki 3 dan sensor beralamat 0.04 pada tangki 1 terdapat air *ballast*, maka akan melakukan perpindahan air *ballast* dari tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6, ke *overboard* untuk mengkondisikan kemiringan tangki pemodelan.



**Gambar 4.29** skema perpindahan air *ballast* dari tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6 ke *overboard*.

Pada gambar 4.29, adalah skema perpindahan aliran air, dimana pada garis yang berwarna merah adalah alur *ballast* yang akan dilakukan pada skema PLC di gambar 4.28.

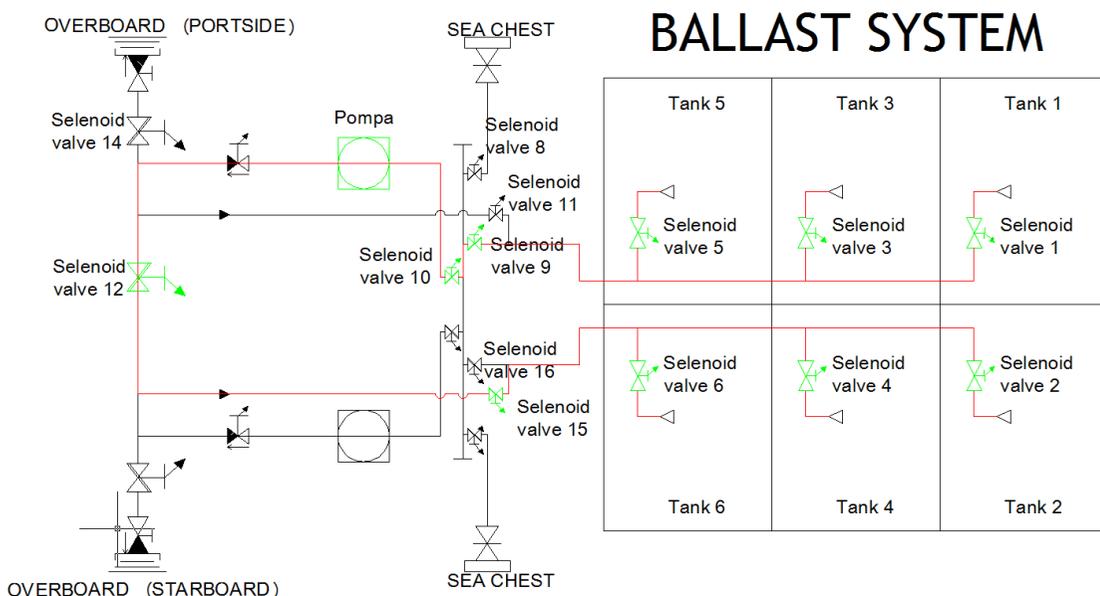


**Gambar 4.30** Diagram ladder perpindahan air *ballast* dari tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5 ke tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6.

Pada gambar 4.30 adalah *diagram ladder* saat kondisi PLC menerima respon kondisi saat tangki pemodelan mengalami rolling ke arah port side dan kondisi tangki kanan, yaitu tangki 1 atau tangki 3 dan 5 terdapat air *ballast*, maka sistem akan melakukan *ballasting* air *ballast* dari tangki 1 atau tangki 3 dan 5 untuk mengisi tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6.

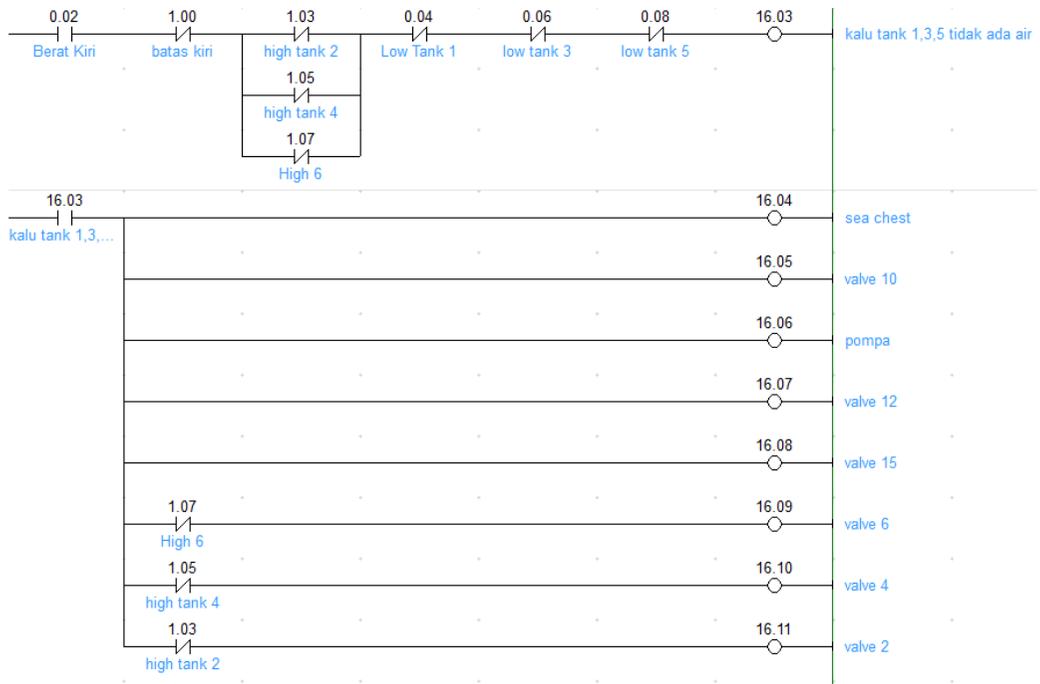
Dan berikut dari sensor *gyroscope* mengindikasikan bahwa tangki pemodelan mengalami kemiringan maka sensor *gyroscope* akan menghasilkan sinyal, sinyal digital ini masuk ke dalam terminal *input* PLC, yang beralamat 0.04.

Sehingga PLC mengindikasikan tangki pemodelan mengalami kondisi berat pada bagian kanan dan PLC juga membaca bahwa sensor beralamat 0.08 pada tangki 5 dan sensor beralamat 0.06 tangki 3 dan sensor beralamat 0.04 pada tangki 1 terdapat air *ballast*, maka akan melakukan perpindahan air *ballast* ke tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6, untuk mengkondisikan kemiringan tangki pemodelan.



**Gambar 4.31** skema perpindahan air *ballast* dari tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6 ke tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5.

Pada gambar 4.31, adalah skema perpindahan aliran air, dimana pada garis yang berwarna merah adalah alur *ballast* yang akan dilakukan pada skema PLC di gambar 4.30.

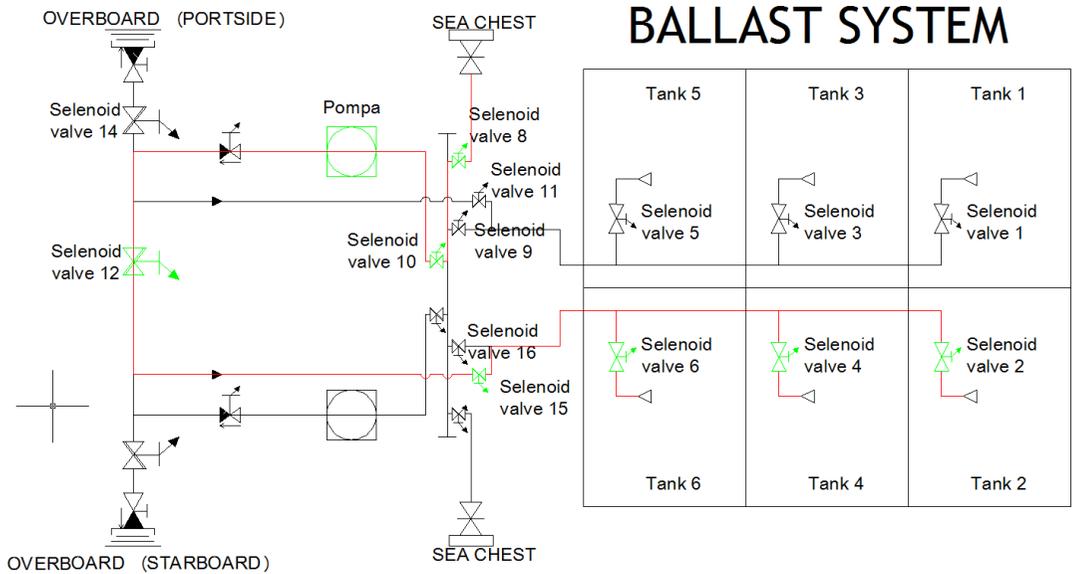


**Gambar 4.32** Diagram ladder saat ballasting dari sea chest ke tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6.

Pada gambar 4.32 adalah *diagram ladder* saat kondisi PLC menerima respon kondisi saat tangki pemodelan mengalami rolling ke arah port side dan kondisi tangki kanan, yaitu tangki 1 atau tangki 3 dan 5 tidak terdapat air *ballast*, maka sistem akan melakukan *ballasting* air *ballast* dari *sea chest* untuk mengisi tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6.

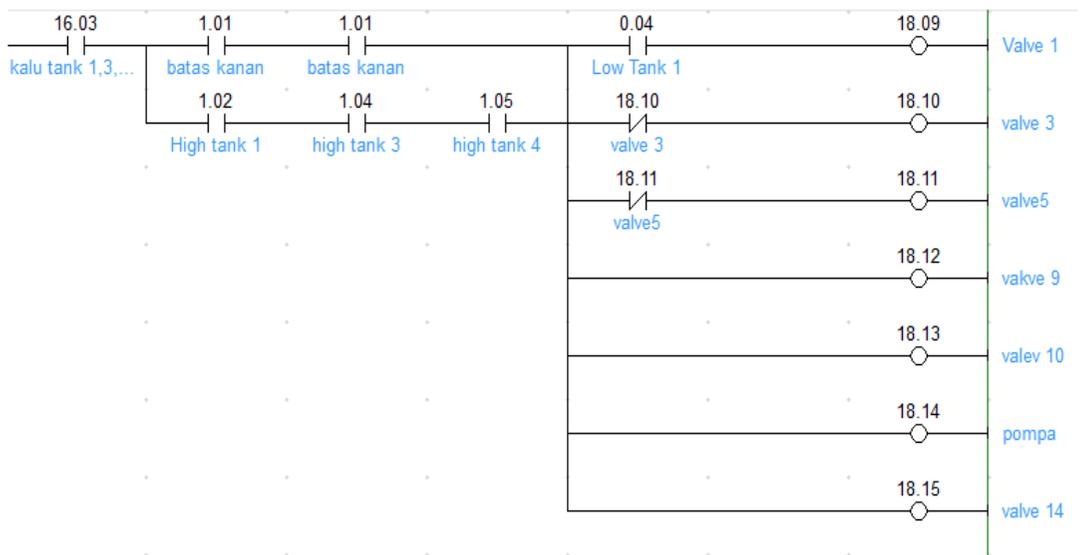
Dan berikut dari sensor *gyroscope* mengindikasikan bahwa tangki pemodelan mengalami kemiringan maka sensor *gyroscope* akan menghasilkan sinyal, sinyal digital ini masuk ke dalam terminal *input* PLC, yang beralamat 0.04.

Sehingga PLC mengindikasikan tangki pemodelan mengalami kondisi berat pada bagian kanan dan PLC juga membaca bahwa sensor beralamat 0.08 pada tangki 5 dan sensor beralamat 0.06 tangki 3 dan sensor beralamat 0.04 pada tangki 1 tidak terdapat air *ballast*, maka akan melakukan perpindahan air *ballast* dari *sea chest* ke tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6, untuk mengkondisikan kemiringan tangki pemodelan.



**Gambar 4.33** skema perpindahan air *ballast* dari tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6 ke tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5.

Pada gambar 4.33, adalah skema perpindahan aliran air, dimana pada garis yang berwarna merah adalah alur *ballast* yang akan dilakukan pada skema PLC di gambar 4.32.

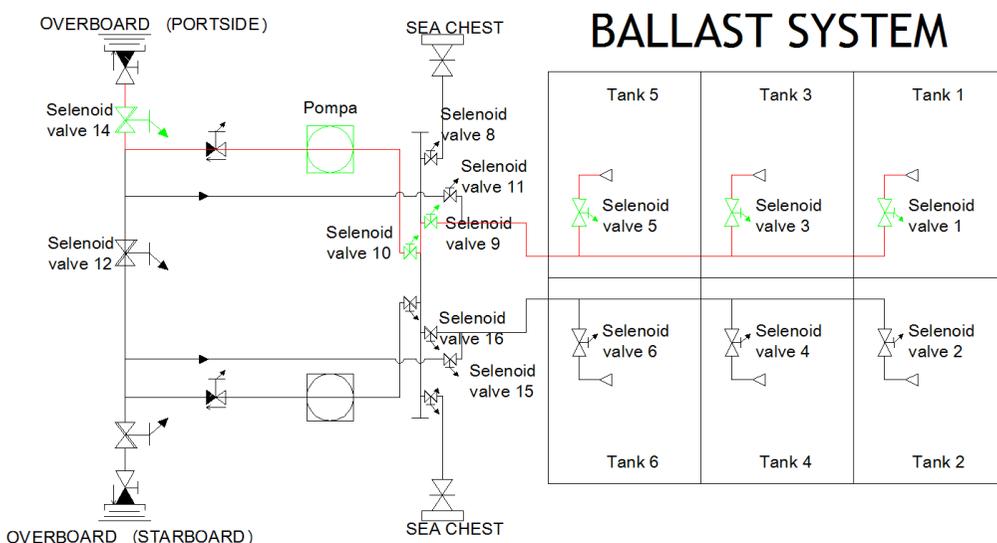


**Gambar 4.34** Diagram ladder saat de-ballastin dari tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5 ke overboard.

Pada gambar 4.34 adalah *diagram ladder* saat kondisi PLC menerima respon kondisi saat tangki pemodelan mengalami rolling ke arah port side dan kondisi tangki kanan, yaitu tangki 1 atau tangki 3 dan 5 terdapat air *ballast*, dan tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6 terdapat air *ballast* maka sistem akan melakukan *de-ballastin* air *ballast* dari tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5 ke *overboard* .

Dan berikut dari sensor *gyroscope* mengindikasikan bahwa tangki pemodelan mengalami kemiringan maka sensor *gyroscope* akan menghasilkan sinyal, sinyal digital ini masuk ke dalam terminal *input* PLC, yang beralamat 0.04.

Sehingga PLC mengindikasikan tangki pemodelan mengalami kondisi berat pada bagian kiri dan PLC juga membaca bahwa sensor beralamat 0.09 pada tangki 6 dan sensor beralamat 0.07 tangki 4 dan sensor beralamat 0.05 pada tangki 2 terdapat air *ballast* dan sensor beralamat 0.08 pada tangki 5 dan sensor beralamat 0.06 tangki 3 dan sensor beralamat 0.04 pada tangki 1 terdapat air *ballast* , maka akan melakukan perpindahan air *ballast* dari tangki 1 dan tangki 3 dan tangki 5 ke *overboard* untuk mengkondisikan kemiringan tangki pemodelan.



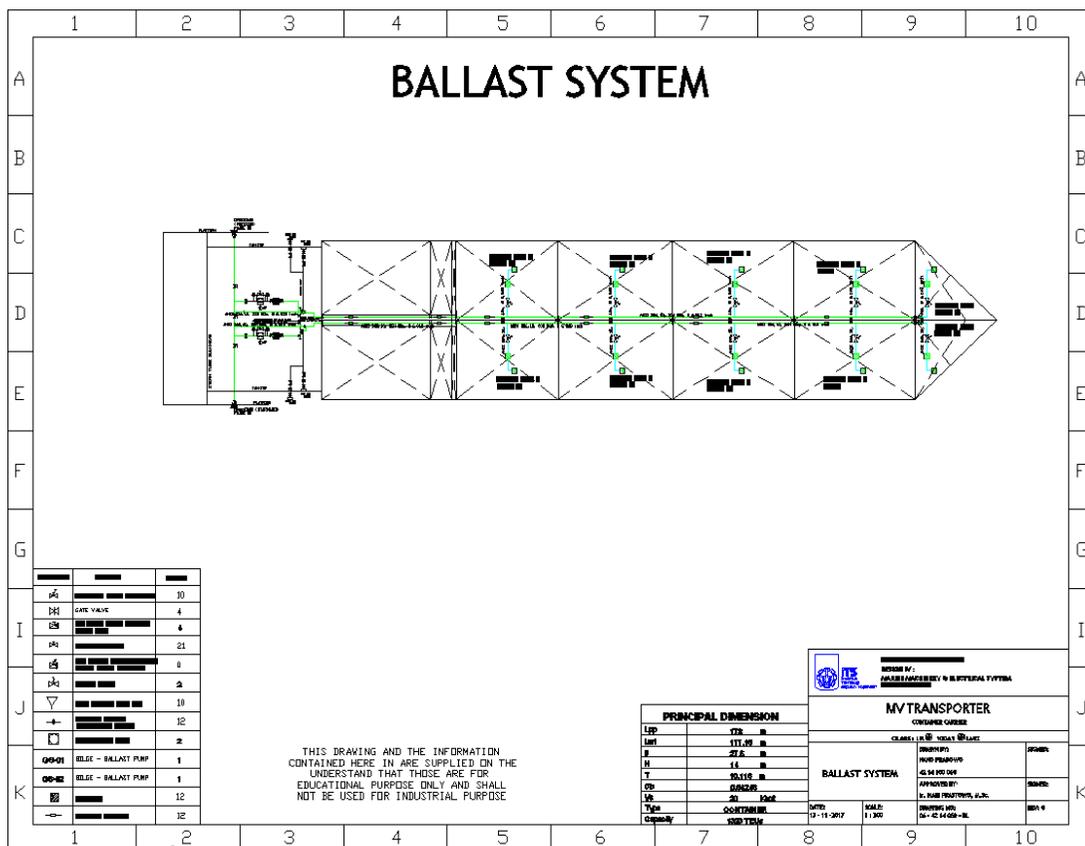
**Gambar 4.35** skema perpindahan air *ballast* dari tangki 2 dan tangki 4 dan tangki 6 ke *overboard*.

Pada gambar 4.35, adalah skema perpindahan aliran air, dimana pada garis yang berwarna merah adalah alur *ballast* yang akan dilakukan pada skema PLC di gambar 4.34.

#### IV.9. kapal pembanding

Metode kapal pembanding digunakan untuk menentukan tipe perpipaan balast yang akan di buat Perancangan prototipe otomatisai sistem ballast dengan bantuan kapal pembanding. Adapun yang terpenting adalah kapal yang akan kita tentukan sistem perpipana dan sistem perpomaan kapal pembanding yang kita gunakan untuk memecahkan masalah.

Kapal yang akan gunakan adalah kapal tipe *container ship* dimana kapal ini menggunakan sistem perpipaan tipe O ring.



Gambar 4.36 diagram *line pipe* kapal pelayaran.

• Data ukuran

- Lpp : 172,0 m
- Lwl : 177,2 m
- Bmld : 27,6 m
- Hmld : 14,0 m
- Lcb : 0,339166696 m (di belakang midship)
- T : 10,116 m
- Vs : 20,0 knot  
:10,288 m/s

• Perhitungan Volume labung kapal (▼)

$$\begin{aligned} \nabla &= L \times B \times T \times C_b \\ &= 177,2 \times 27,6 \times 10,116 \times 0,64246 \\ &= 33140,448 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Perhitungan displacement (  $\Delta$  )

$$\begin{aligned}\Delta &= \nabla \times \rho \\ &= 33140,448 \times 1.025 \\ &= 33968,959 \text{ Ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ballast (Wb)} &= (9 - 20\%) \times \nabla \\ \text{Wb} &= 9\% \times 23174,987 \\ \text{Wb} &= 20\% \times 5145.64 \\ &= 2982,640 \text{ m}^3 \\ &= 6628,090 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Jadi, nilai volume tangki ballast adalah antara 3314,045 ~ 6296,685 m<sup>3</sup>, berdasarkan persyaratan kondisi kekeringan yang kosong, tangki ballast diambil 10% dari volume Displacement, sehingga volume tangki ballast : 2982,640 m<sup>3</sup>

- Perhitungan kapasitas pompa ballast

Waktu yang direncanakan untuk mengkosongkan tangki = 7 jam

Jadi kapasitas ini

$$\begin{aligned}Q &= V / t \\ &= 3314 / 7 \\ &= 474 \text{ m}^3/\text{hr} = 0,829 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

- Perhitungan diameter ballast pipa utama

$$Q = A \times v$$

yang mana:

- ❖  $A = \text{luasan area pipa} = \pi \times D^2/4$
- ❖  $v = \text{velocity (2 - 4) m/s, we use} = 2 \text{ m/s}$

$$\begin{aligned}Q &= A \times v \\ &= \pi \times dH^2 / 4 \times v\end{aligned}$$

$$dH = \sqrt[3]{\frac{(Q \times 4)}{\pi \times v}}$$

$$\begin{aligned}&= ((0.034 \times 4) / (3,14 \times 3))^{0.5} \\ &= 0,726 \text{ m} \\ &= 726,44 \text{ mm} \\ &= 72,64 \text{ cm} \\ &= 28,60 \text{ inch (sebagai ukuran minimum)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\circ 1 \text{ inch} &= 2,54 \text{ cm} \\ \circ 1 \text{ cm} &= 0,393700787 \text{ inch}\end{aligned}$$

- Perhitungan pompa balas

o Instalasi perhitungan di ruang mesin

*Head static* (Hs) = distance from ballast tank to overboard

$$H_s = 20,20 \text{ m}$$

$$\text{Head pressure (Hp)} = (P_{\text{dis}} - P_{\text{suc}}) / \gamma$$

$$H_p = 0 \text{ m}$$

“dimana : (1 atm - 1 atm)”

Head Velocity (Hv) karena kecepatan antara sisi hisap dan keluar sama sehingga:

$$H_v = (v_{2\text{dis}}^2 - v_{2\text{suc}}^2) / 2g$$

$$= 0 \text{ m}$$

“dimana : (v dis = v suc)”

○ Perhitungan head losses pada pipa hisap

Perhitungan losses karena gesekan di pipa sisi hisap

Reynold number (Rn) :

$$\text{Viscosity} = 0,822$$

“cst on 30oC = 0,0000008 m<sup>2</sup>/s”

$$d_s = 547,7 \text{ mm}$$

$$R_n = (V_s \times d_s) / \nu$$

$$= (2 \times (0,54768)) / 0,0000008$$

$$= 1332544,8 ;$$

jenis lalu alirannya : turbulen

Maka menggunakan rumus  $f = 0,02 + 0,0005/D$

Sehingga dapat diketahui kerugian gesekan  $f = 0,0209$

$$\text{Mayor losses (hf)} = f \times L \times v^2 / (D \times 2g)$$

Perkiraan panjang sisi hisap pipa (L) adalah = 138 m

$$\begin{aligned} \text{Mayor losses (hf1)} &= 0,0209 \times 138 \times 22^2 / (0,5477 \times 2 \times 9,8) \\ &= 1,078 \text{ m} \end{aligned}$$

○ Perhitungan kepala pada pipa pembuangan

Head Kepala karena gesekan di pipa sisi keluar

Reynold number (Rn) :

$$\text{Viscosity} = 0,822$$

“cst on 40oC = 0,0000008 m<sup>2</sup>/s”

$$R_n = (V_s \times d_s) / \nu$$

$$= (2 \times (0,547676)) / 0,0000008$$

$$= 1332544,8 ;$$

jenis lalu alirannya : turbulen

Maka menggunakan rumus  $f = 0,02 + 0,0005/D$

Sehingga dapat diketahui kerugian gesekan  $f = 0,0201$

$$\text{Mayor losses (hf)} = f \times L \times v^2 / (D \times 2g)$$

Perkiraan panjang sisi hisap pipa (L) adalah = 16,44 m

$$\begin{aligned} \text{Mayor losses (hf2)} &= 0,0209 \times 16,44 \times 22^2 / (0,5477 \times 2 \times 9,8) \\ &= 0,128 \text{ m} \end{aligned}$$

• Perhitungan total kepala head

$$\text{Total head losses (Hl)} = h_s + h_v + h_p + h_{f1} + h_{f2}$$

$$= 20,20 + 0 + 0 + 1,078 + 0,125$$

$$= 21,403 \text{ m}$$

• Spesifikasi pompa ballast

○ Capacity = 474 m<sup>3</sup>/hr

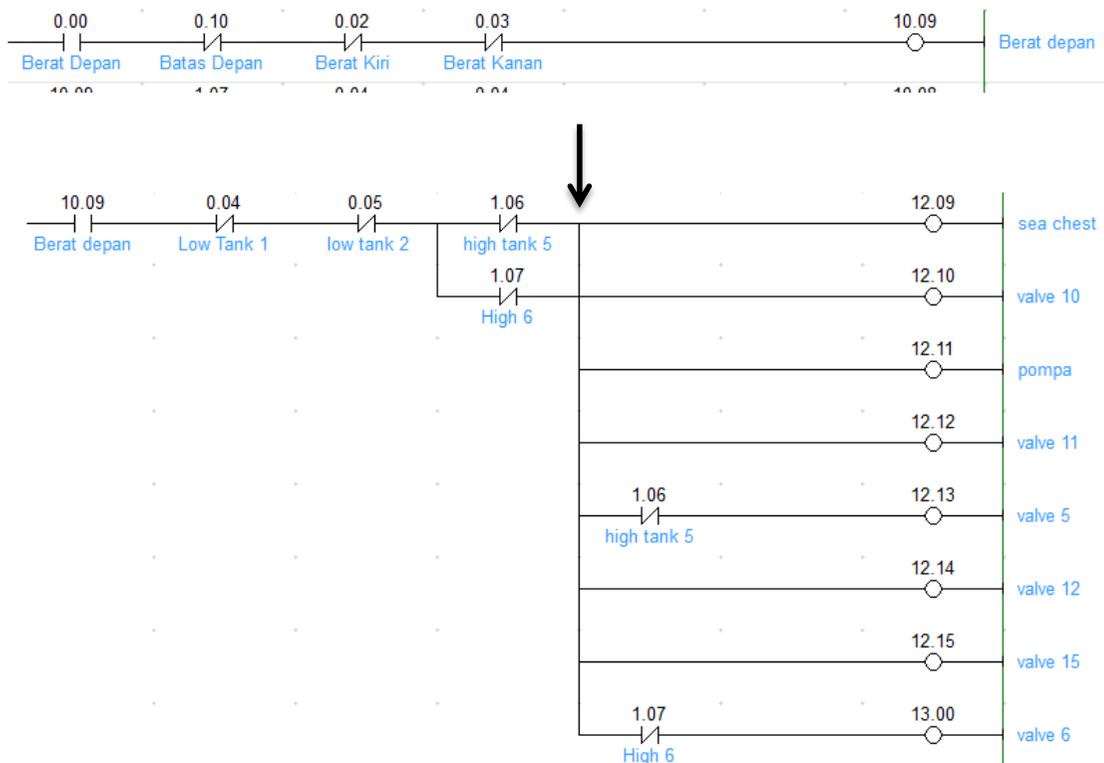
○ Head = 21,403 m

**IV.10. Pembahasan**

Dari hasil pengujian pemodelan otomatisasi sistem *ballast*, terdapat beberapa kendala dimana salah satunya terdapat pada sistem sensor *gyroscope* yang terlalu sensitif terhadap perubahan gerak, sehingga mempengaruhi hasil-hasil pengujian pemodelan otomatisasi sistem *ballast*, sehingga untuk mengurangi sensitifitasnya maka inputan sensor ke plc ada yang harus di putus.

Salah satu contohnya, saat akan melakukan skema tangki permodelan *trimmed by bow*, dimana air *ballast* dari *sea chest* akan dilakukan *ballasting* air *ballast* pada *sea chest* untuk mengisi tangki 5 dan tangki 6, maka sensor *gyroscope* yang beralamat 0.00 *trimmed by bow* (jika di gambar 4.36, bernama berat depan) akan menyala dan sensor *gyroscope* yang ke arah portside yang beralamat 0.02 (jika di gambar 4.36, berat kiri) dan ke arah starboard side beralamat 0.03 (jika di gambar 4.36, berat kanan) mati.

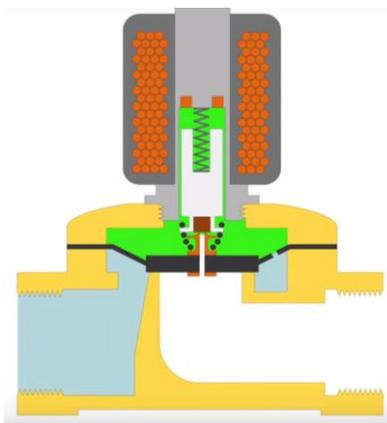
Dan saat percobaan sensor *gyroscope* 0.00 *trimmed by bow* menyala dan sosnro *gyroscope* yang ke arah portside yang beralamat 0.02 terkadang masih menyala. Sehingga untuk mengurangi sensitifitasnya maka inputan sensor ke plc yang beralamat 0.02 harus di putus.



**Gambar 4.37** Diagram ladder kondisi ballasting dari sea chest akan di transfer ke tangki 5 atau tangki 6

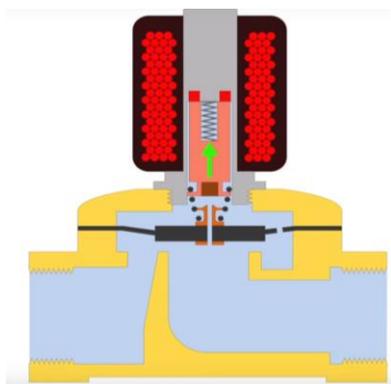
Dan permasalahan kedua terdapat pada ke salah satu tipe dari *valve* dimana tipe yang digunakan adalah tipe *solenoid valve* membran, dimana tipe ini berkerja menggunakan perbedaan tekanan untuk membuka dan menutup katup. Saluran masuk dan saluran keluar dipisahkan oleh membran karet, juga disebut diafragma.

Membran memiliki lubang kecil sehingga media dapat mengalir ke kompartemen atas (jika di gambar 4.37, berwarna hijau) . Tekanan dan pegas di atas membran akan memastikan bahwa katup tetap tertutup. Ruang di atas membran dihubungkan oleh saluran kecil ke port tekanan rendah. Koneksi ini diblokir dalam posisi tertutup oleh *solenoid*.



**Gambar. 4.8** *solenoid valve* saat tertutup  
Sumber: tameson.com

Dan diameter lubang "pilot" ini lebih besar dari diameter lubang di membran. Ketika *solenoid* diberi arus listrik, maka lubang pilot terbuka, yang menyebabkan tekanan di atas membran menurun. Karena perbedaan tekanan pada kedua sisi membran, membran akan terangkat dan air dapat mengalir dari port inlet ke port outlet.



**Gambar. 4.9** *Solenoid valve* saat terbuka.  
Sumber: tameson.com

Tipe *solenoid valve* membran ini yang membuat aliran air menjadi terhambat, sehingga untuk memperlancar aliran air *ballast* maka saya membuat aliran langsung dari pipa *sea chest* menuju saluran masuk pompa.

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### V.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian permodelan simulasi sistem *ballast* yang telah dibuat adalah sebagai berikut :

1. Hasil pengujian menggunakan prototipe ini menghasilkan bahwa waktu respon PLC terhadap *input* sensor secara keseluruhan skema *ballasting*, PLC mampu berkerja kurang dari 3,5 detik pada setiap skema yang ada sehingga respon PLC dapat dianggap sangat baik.
2. Saat melakukan pengujian simulasi sistem *ballast* terdapat kendala pada sensor sistem *gyroscope* yang terlalu sensitif terhadap perubahan gerak, sehingga mempengaruhi hasil-hasil pengujian pemodelan otomatisasi sistem *ballast*, dan pada penelitian ini, juga terdapat kendala pada tipe *valve* yang salah, dimana tipe *solenoid valve* membran ini berkerja menggunakan perbedaan tekanan untuk membuka dan menutup katup kedua sisi membran.
3. Dari 12 skema *ballasting* yang telah di buat. Ada 3 yang bisa berjalan, dimana skema yang tidak bisa berjalan ini disebabkan pada sensor sistem *gyroscope* yang terlalu sensitif dan tipe *solenoid valve* yang tidak sesuai.

### V.2. Saran

Untuk menyempurnakan penelitian ini maka terdapat beberapa saran yang dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya, antara lain :

1. Dikarenakan pada pengujian ini masih berskala laboratorium, maka perlu dilakukan kajian teknis lebih jauh mengenai sistem otomasi *ballast* berbasis PLC, sehingga dapat digunakan untuk skala industri.
2. Perlu dilakukan kajian teknis mengenai penempatan dan peletakan sistem pengolah balas pada kapal yang akan digunakan. Selain itu juga diperlukan pengamatan lebih jauh mengenai sensor-sensor yang sesuai untuk skala industri
3. Perlu dilakukan pengamatan lebih jauh mengenai tipe *valve* diatur besaran bukaannya, sehingga debit air bisa diatur sesuai dengan kebutuhan.
4. Perlu dilakukan kajian khusus mengenai tentang sensor sistem *gyroscope* dan sensor sistem level air yang sesuai pada industri perkapalan.

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

**DAFTAR PUSTAKA**

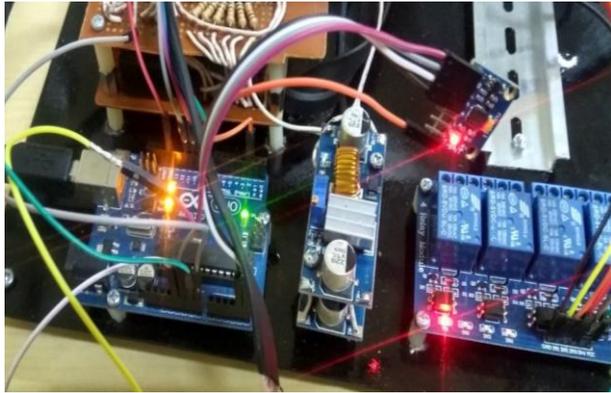
- Hardianto. 2007 “Simulasi Sistem Kontrol Ballast Secara Langsung [skripsi]. Surabaya (ID): Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Setiawan, Iwan. 2006. rogrammable Logic Controller dan Tenik Perancangan Sistem Kontrol. Semarang: Penerbit Andi Yogyakarta.
- Eko, Agfianto 2007 “PLC.kosep pemrograman dan aplikasi”.
- Muttaqin, Ilham. 2012. “Perancangan Aplikasi PLC Omron Sysmac CP1L pada Sistem Otomasi Ice Compactor untuk Pemadatan Ice Flag”, Semarang: Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- D.E., Bea, R.G., Boniface, Assessing the Risks of and Countermeasures for Human and Organizational Error. United States: SNAME Transactions, 1996.
- A.M., Rothblum, Human Error and Marine Safety. Maryland, USA: Proceedings of the Maritime Human Factors Conference, 2000.
- PT. Trans Asia Consultants, Kajian Analisis Trend Kecelakaan Transportasi Laut Tahun 2003 - 2008. Jakarta: Komisi Nasional Keselamatan Transportasi., 2009.

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

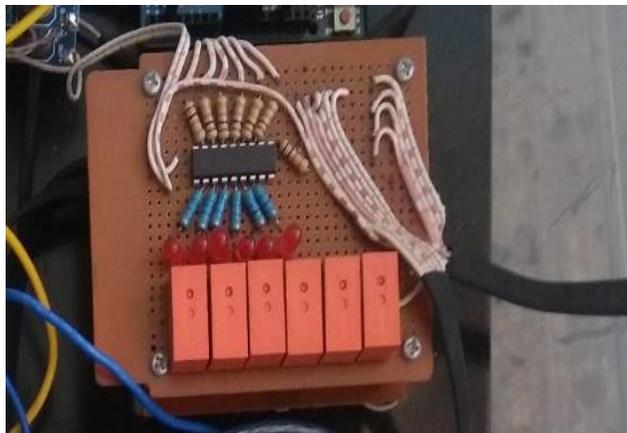
## **LAMPIRAN**

### **Pembuatan Prototipe dan Spesifikasi Alat yang Digunakan dan Desain Diagram Ladder**

### 1.1 Pembuatan Prototipe



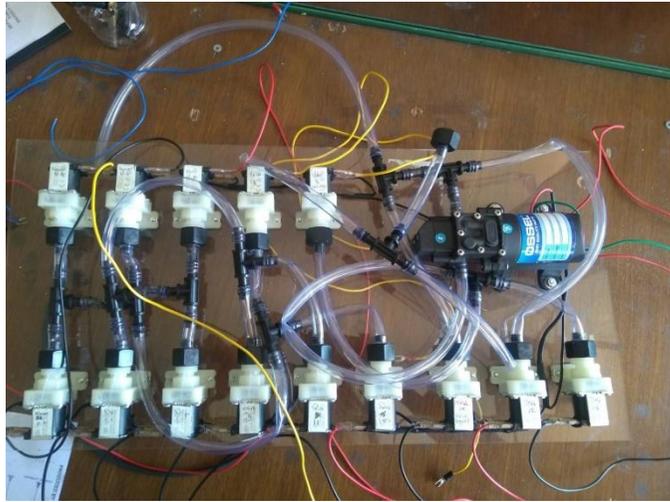
Gambar 1. Perakitan sensor sistem gyroscope



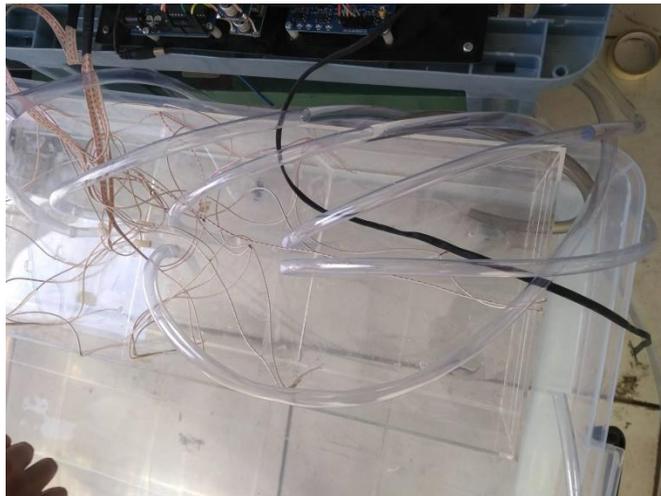
Gambar 1.2 Perakitan sensor water level



Gambar 1.3 Perakitan sensor-sensor ke PLC



Gambar 1.4 Perakitan *valve* dan *pipe*



Gambar 1.5 Perakitan *pipe* dan sensor *level* air ke tangki

## 1.2. Spesifikasi Alat yang Digunakan

### 1.2.1. *Power supply*

Merk	: JPN_S
Type	: PS.STD24V10A (BRX)
voltase <i>output</i>	: 24 volt
Kapasitas	: 10 amper
Ukuran	: 22 cm x 10.5 cm x 5 cm



Gambar 2.1 *Power supply*

### 1.2.2. **Pompa**

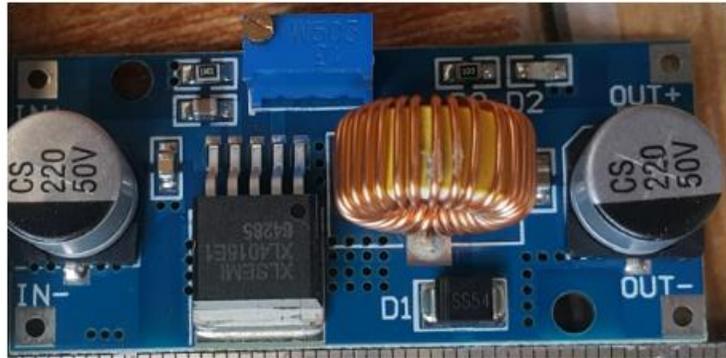
Merk	: Ossel
Type	: -
voltase <i>output</i>	: 12 volt
Kapasitas	: 3.1 liter per menit
Pressure	: 4.88 bar



Gambar 2.2 **Pompa**

**1.2.3. Step Down**

Merk : MBR  
Type : Dc XL4015  
Kapasitas : 5 amper



Gambar 2.3 Step Down

**1.2.4. Solenoid valve**

Merk : -  
Type : -  
Diameter Pipa : ½ inch



Gambar 2.4 solenoid valve

**1.2.5. Female Connector Pipa 1 2 Inch X 7 Mm Ke Nepel 4 Mm 7 Mm**

Merk : -  
 Type : -  
 Diameter Pipa : ½ inch ke nepel 4 mm



Gambar 2.5 Female Connector

**1.2.6. PLC**

Merk : OMRON  
 Type : CPM2A 60 CDR  
 POWER SUPPLY : 220VAC



Gambar 2.6 PLC

### 1.2.7. ARDUINO

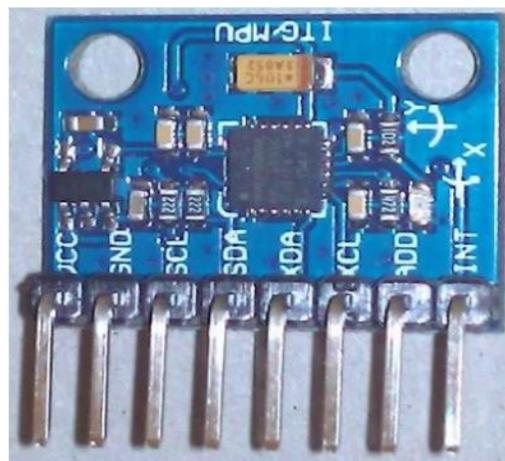
Merk : Arduino  
 Type : Uno  
 POWER SUPPLY : 12 VDC  
 CPU : ATmega328P



Gambar 2.7 PLC

### 1.2.8. MPU-6050

Supply daya : 3-5V  
 Gyroscope range : +250 500 1000 2000 ° / s  
 Acceleration range : ± 2 ± 4 ± 8 ± 16 g  
 Communication standard : I2C  
 Chip built-in : 16 bit AD converter, 16 bits data *output*  
 Dimensi : 20.3mm x 15.6mm

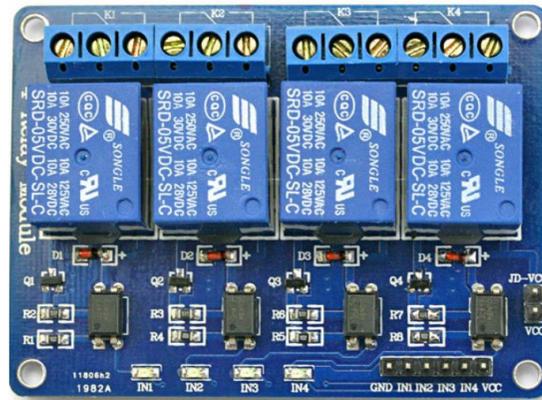


Gambar 2.8 MPU-6050

### 1.2.9. Relay module 4 channel

Supply daya : 5V

Standard interface :(Arduino , 8051, AVR, PIC, DSP, ARM, ARM)



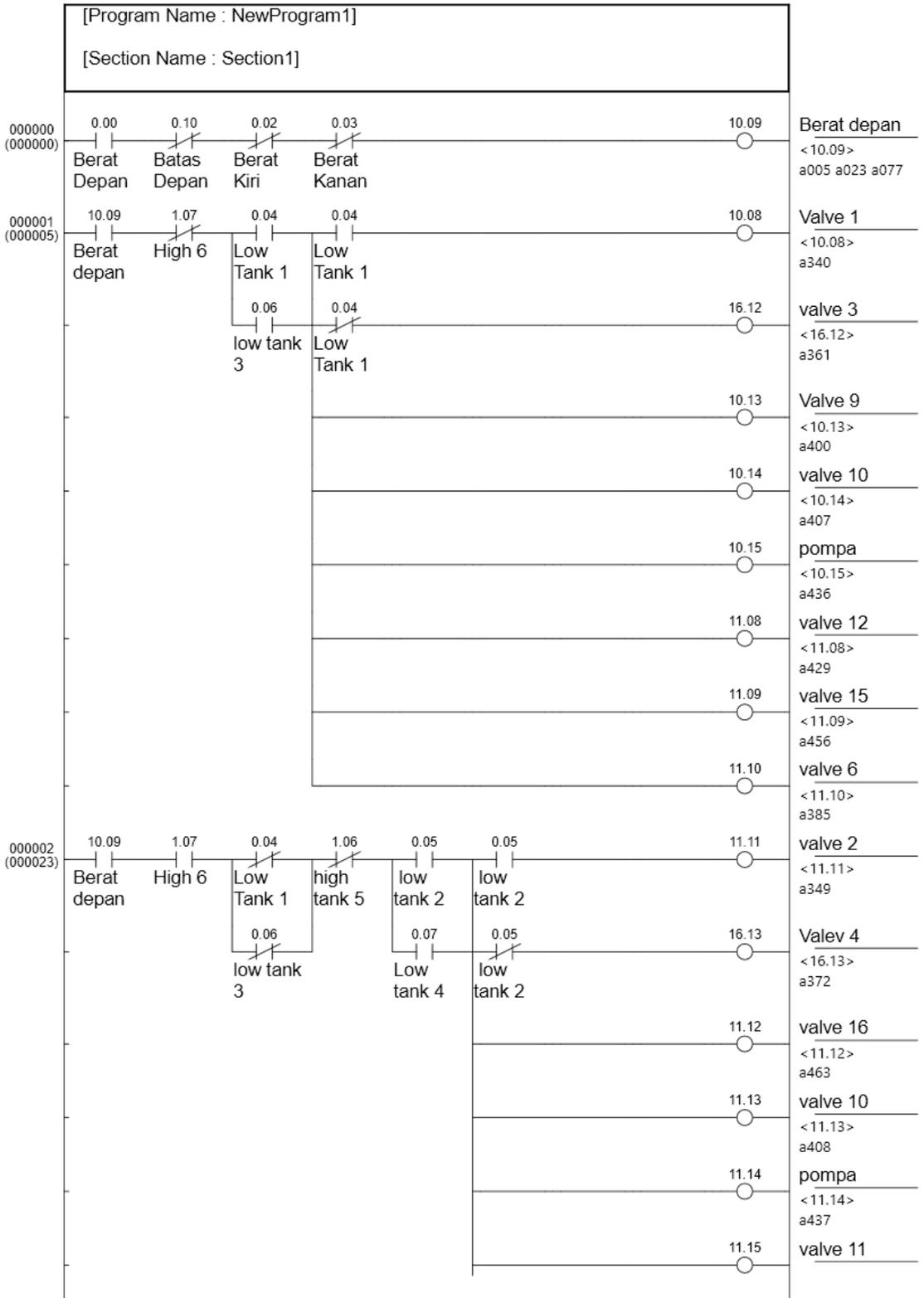
Gambar 2.9 Relay module 4 channel

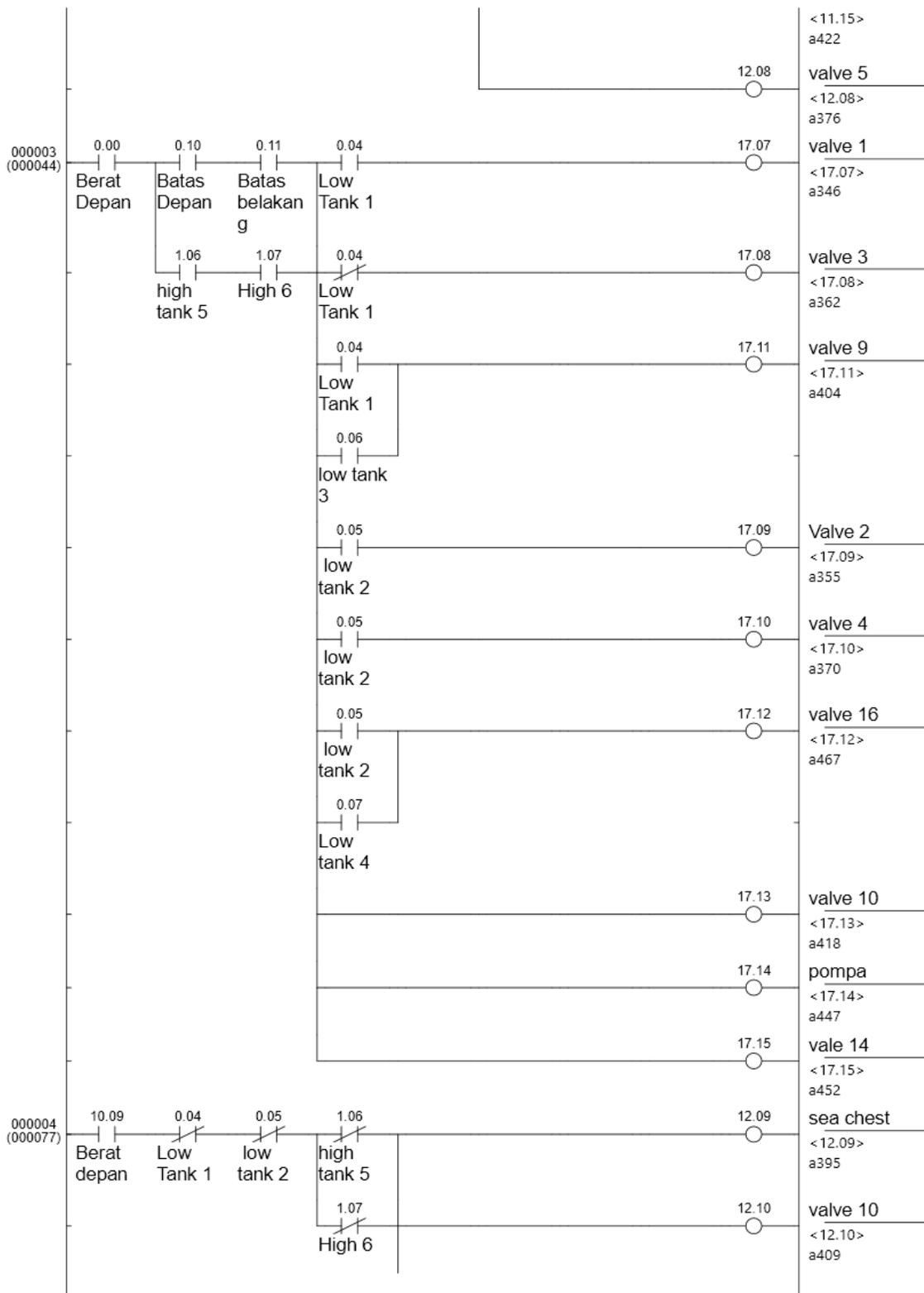
### 1.2.10. ULN2803

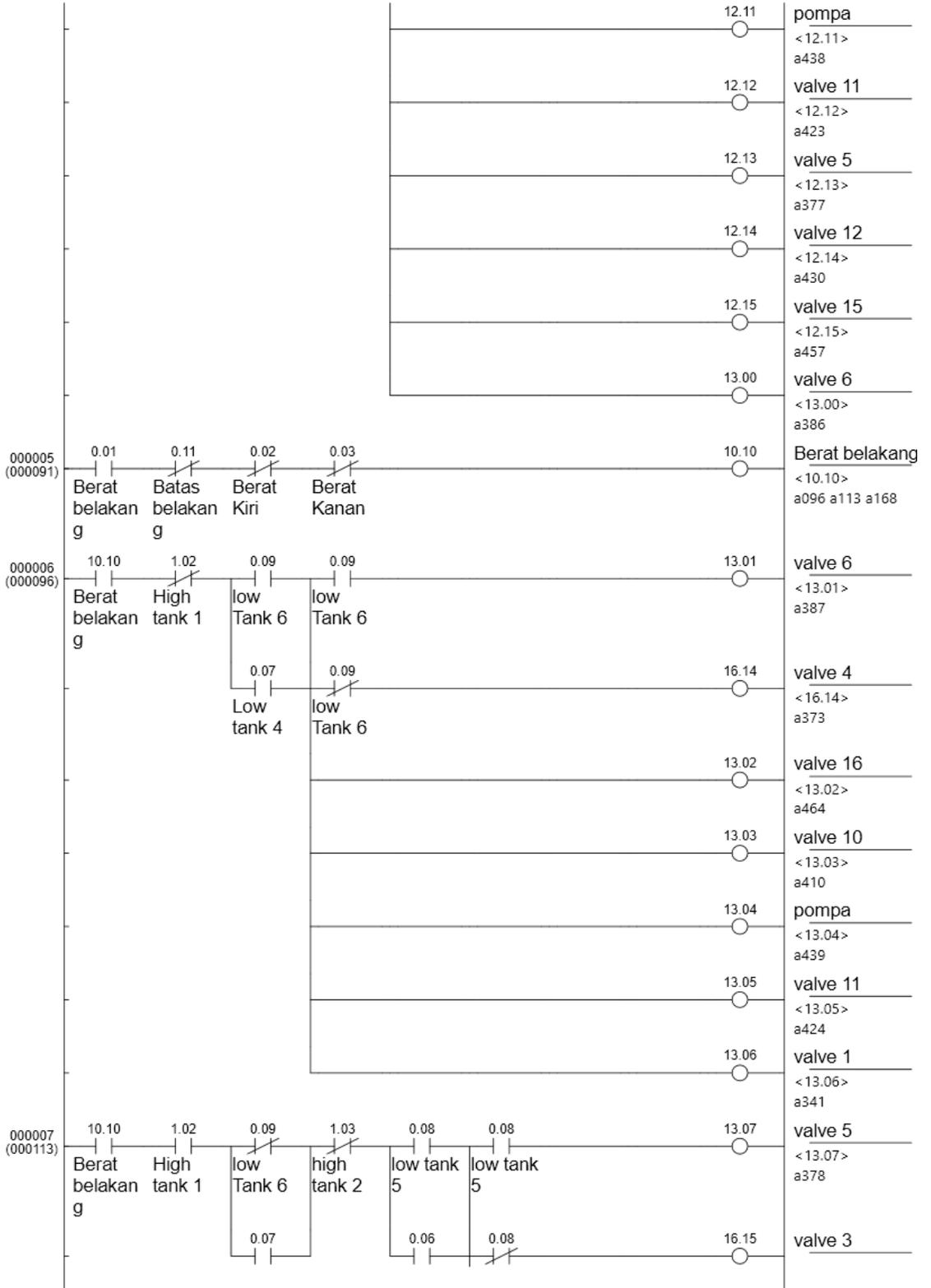
Supply daya : 12 Volt

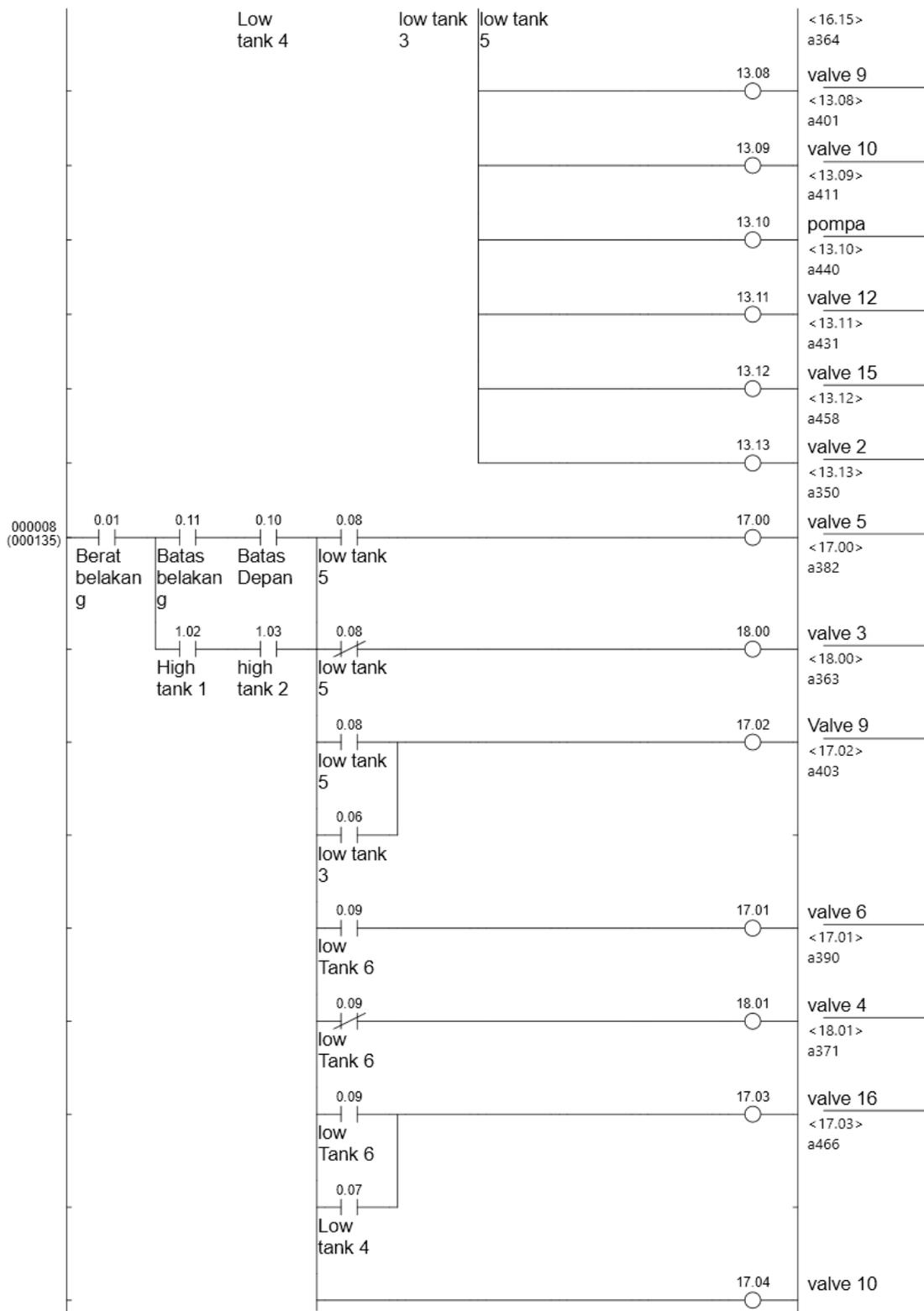


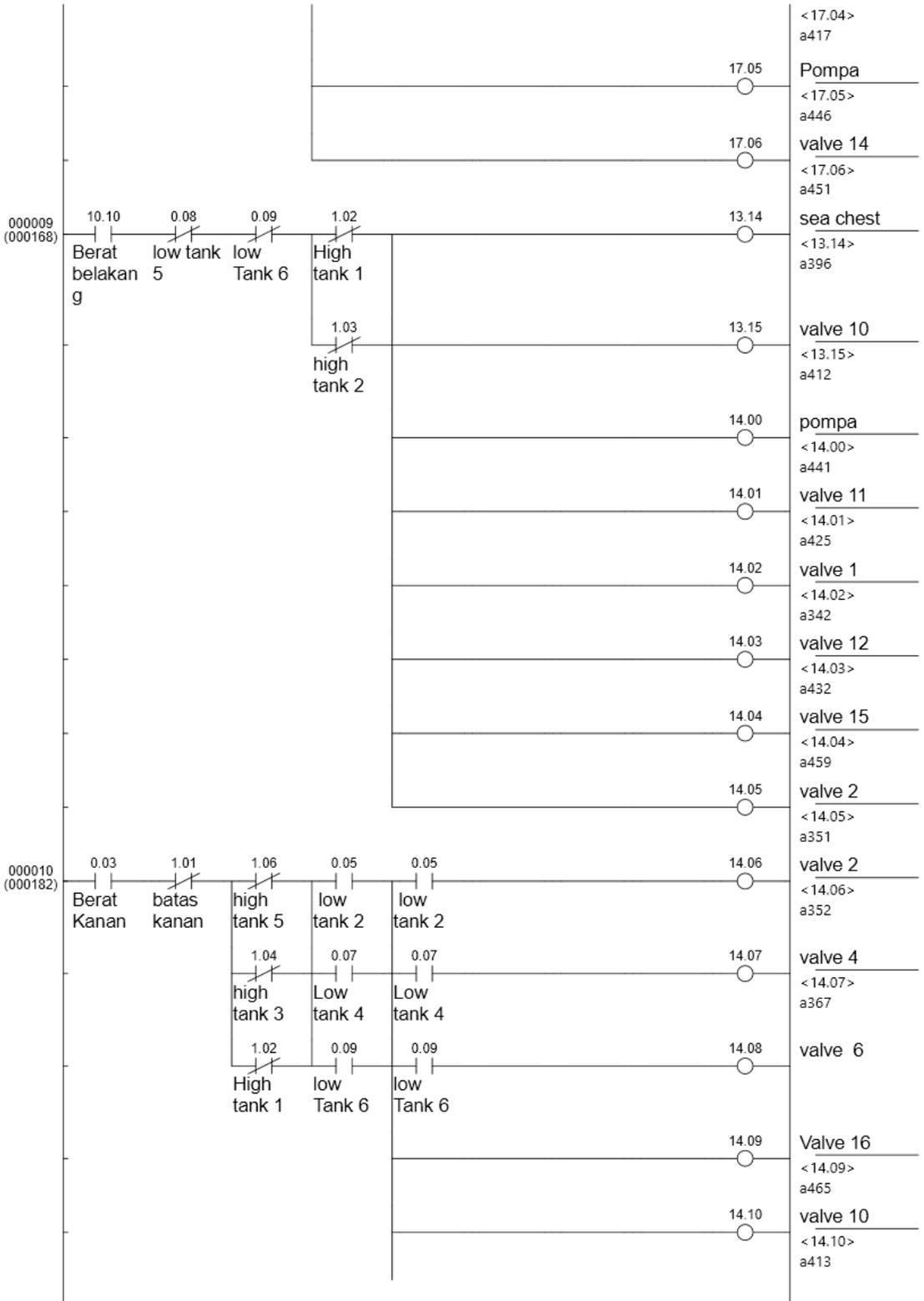
Gambar 2.9 ULN2803

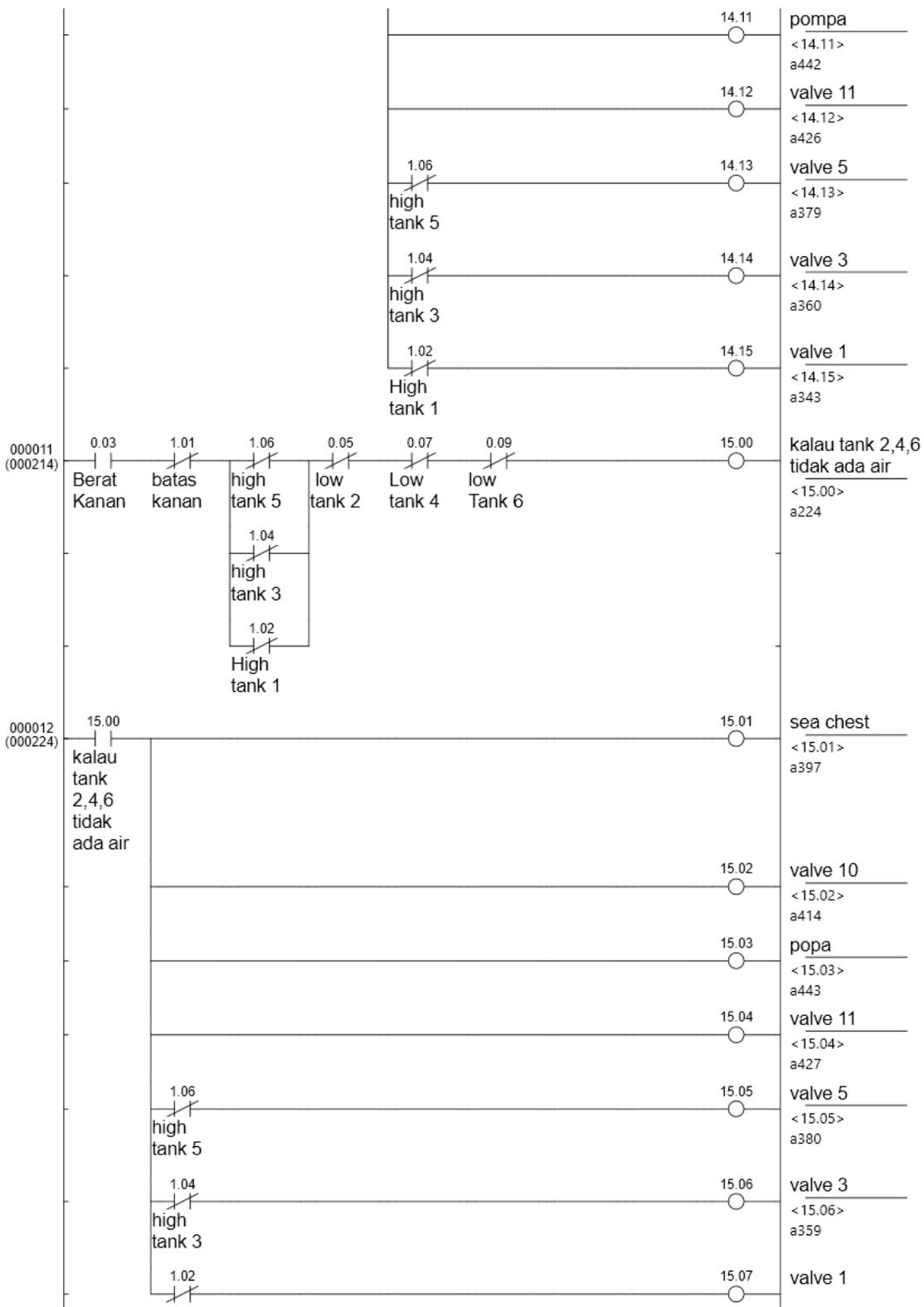


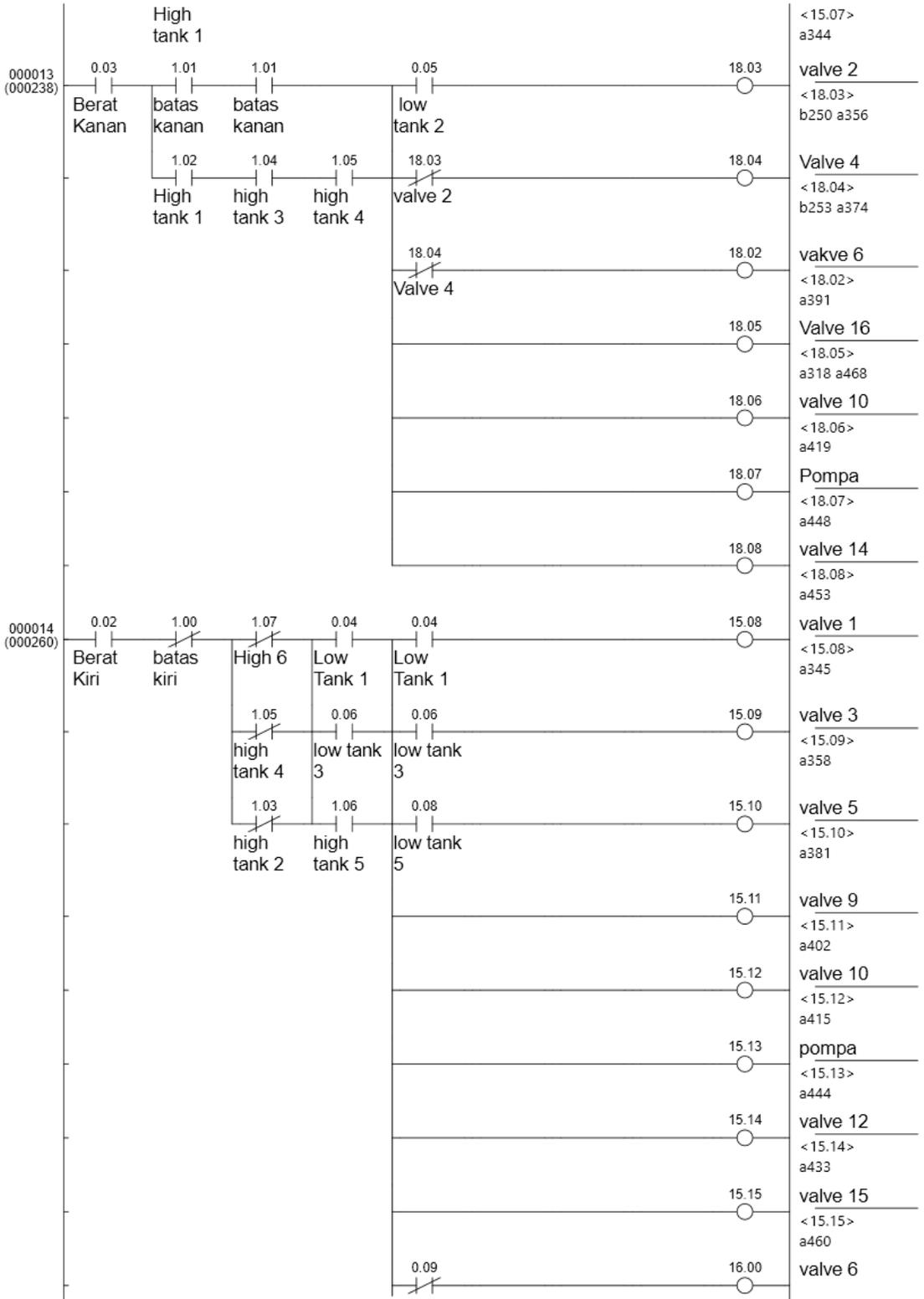


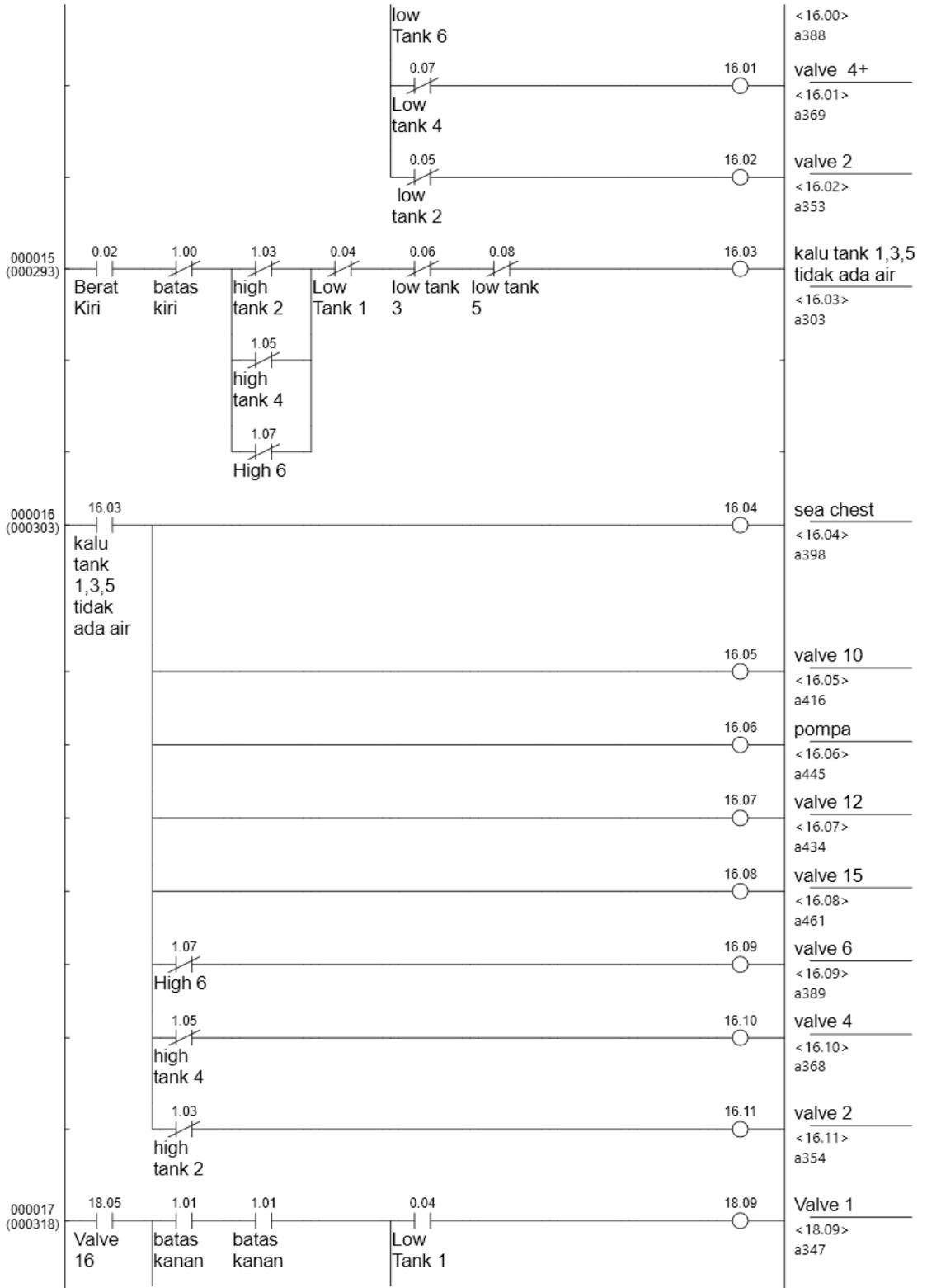


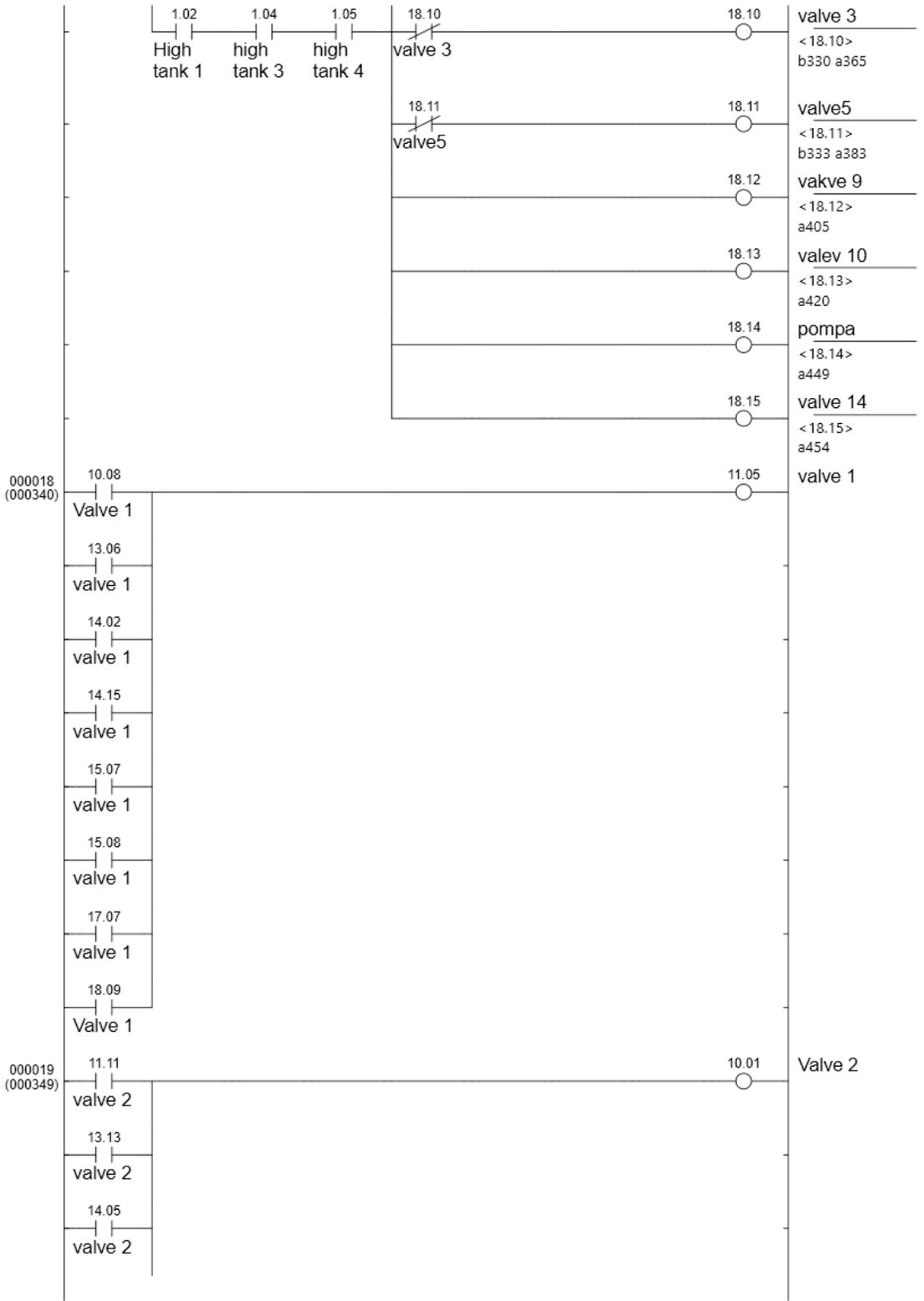


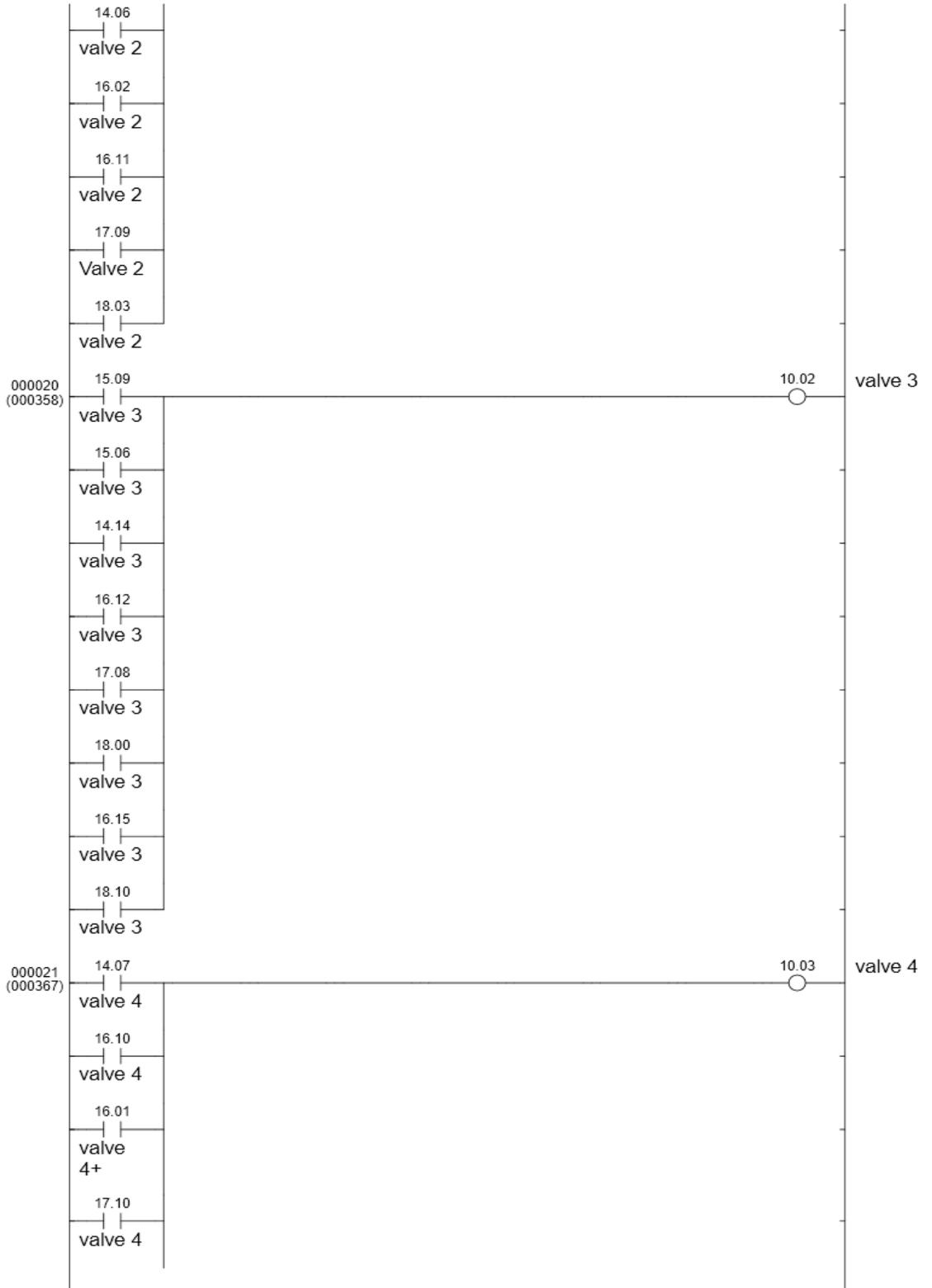


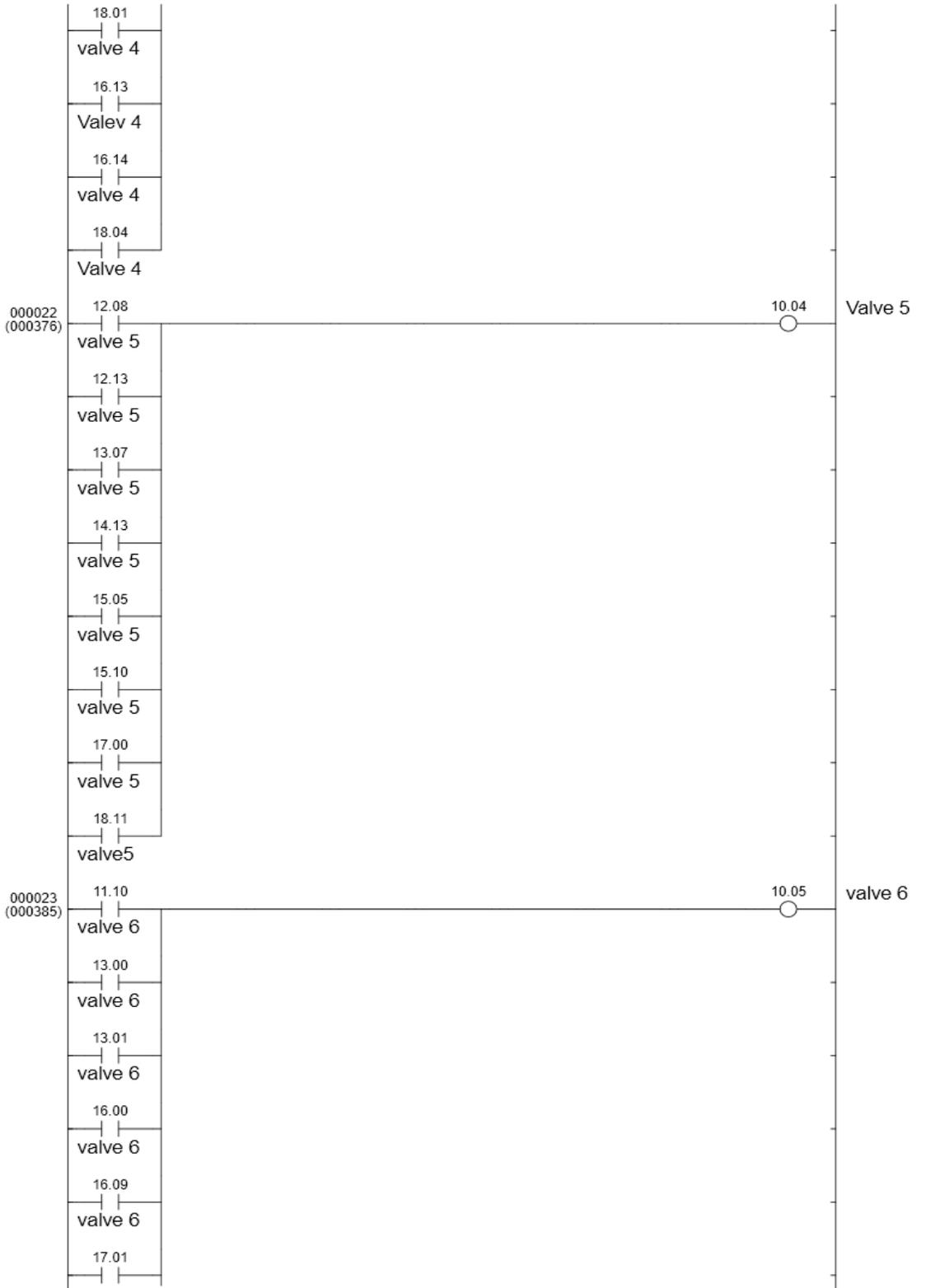


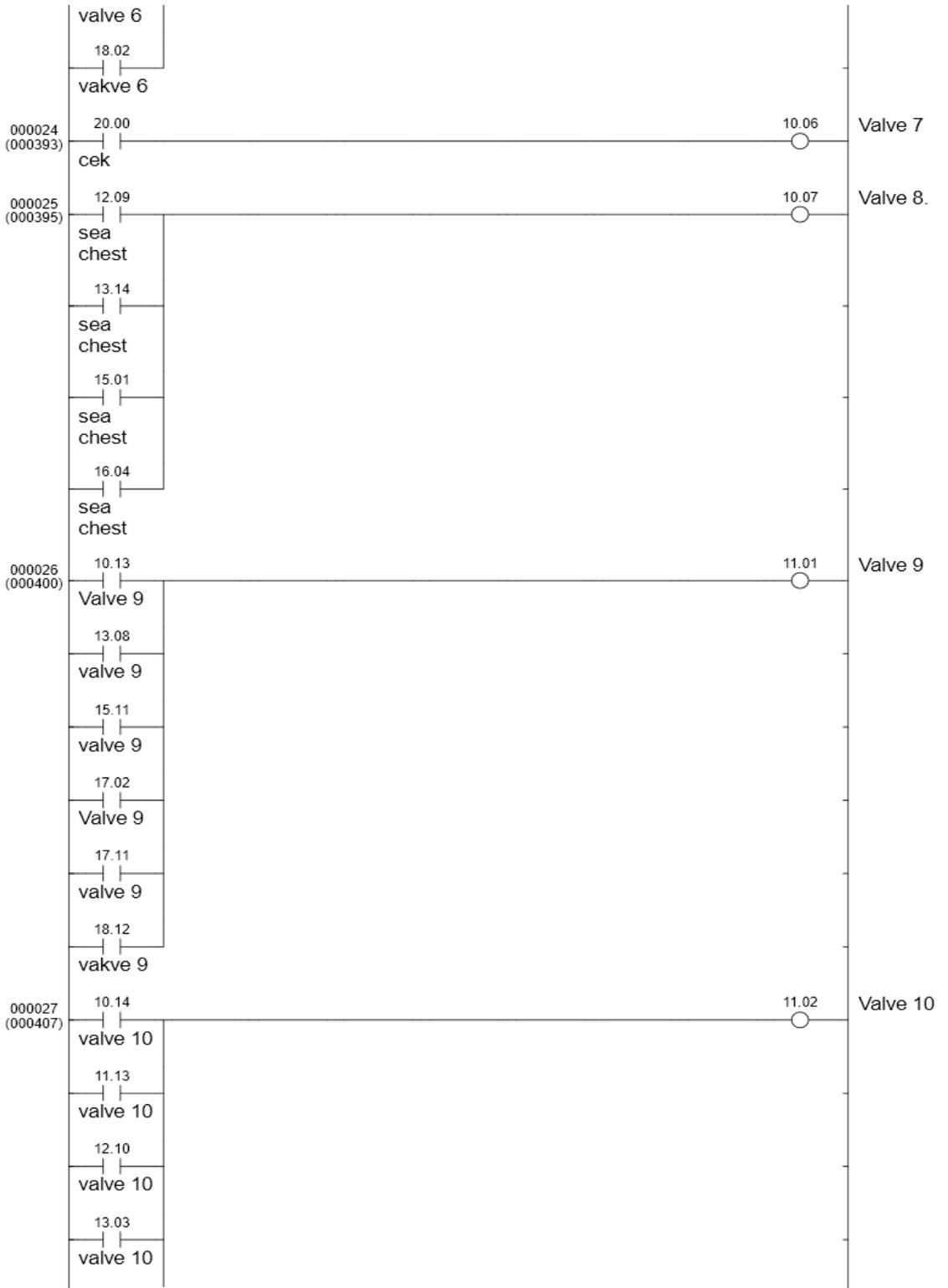


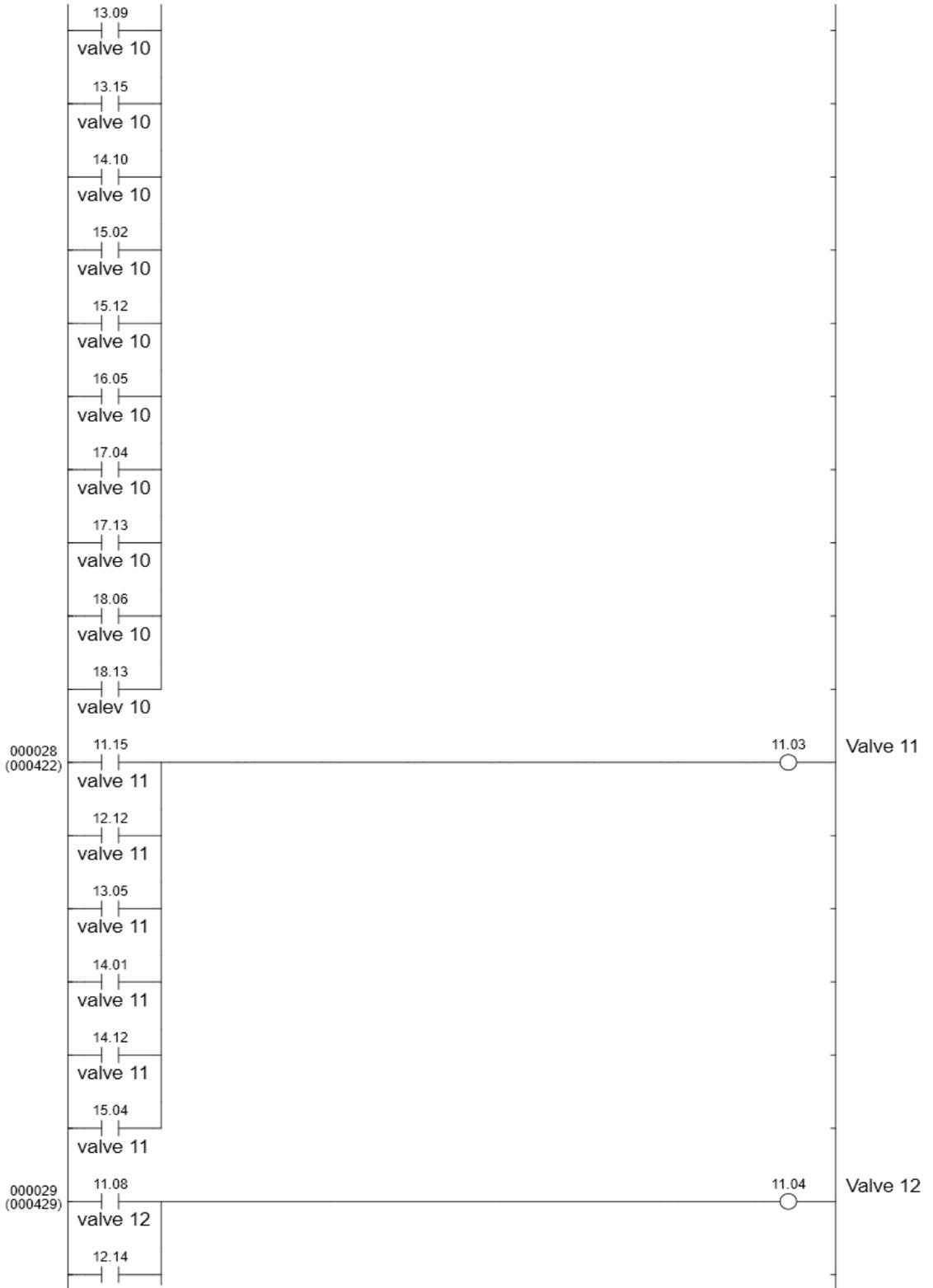


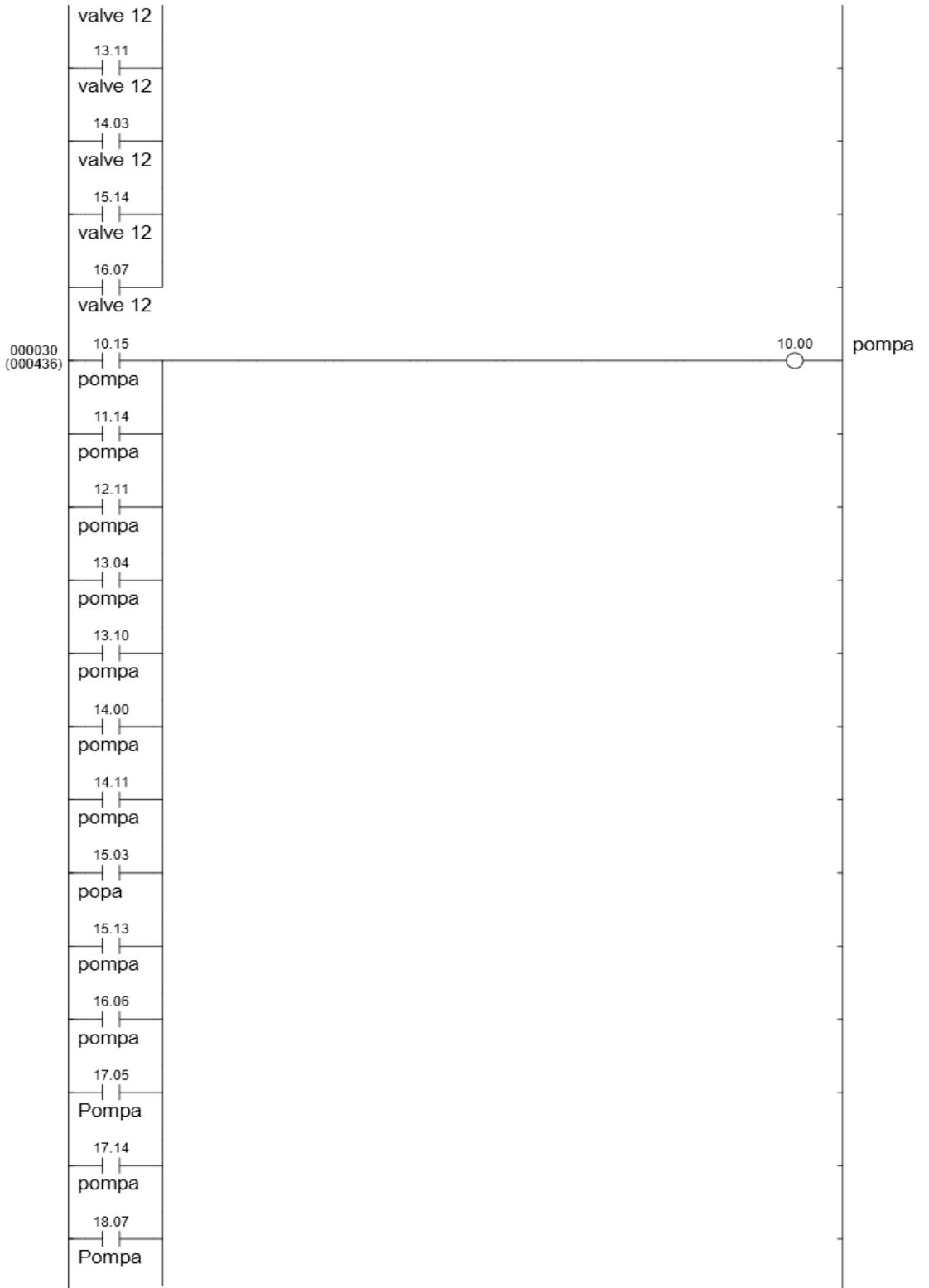


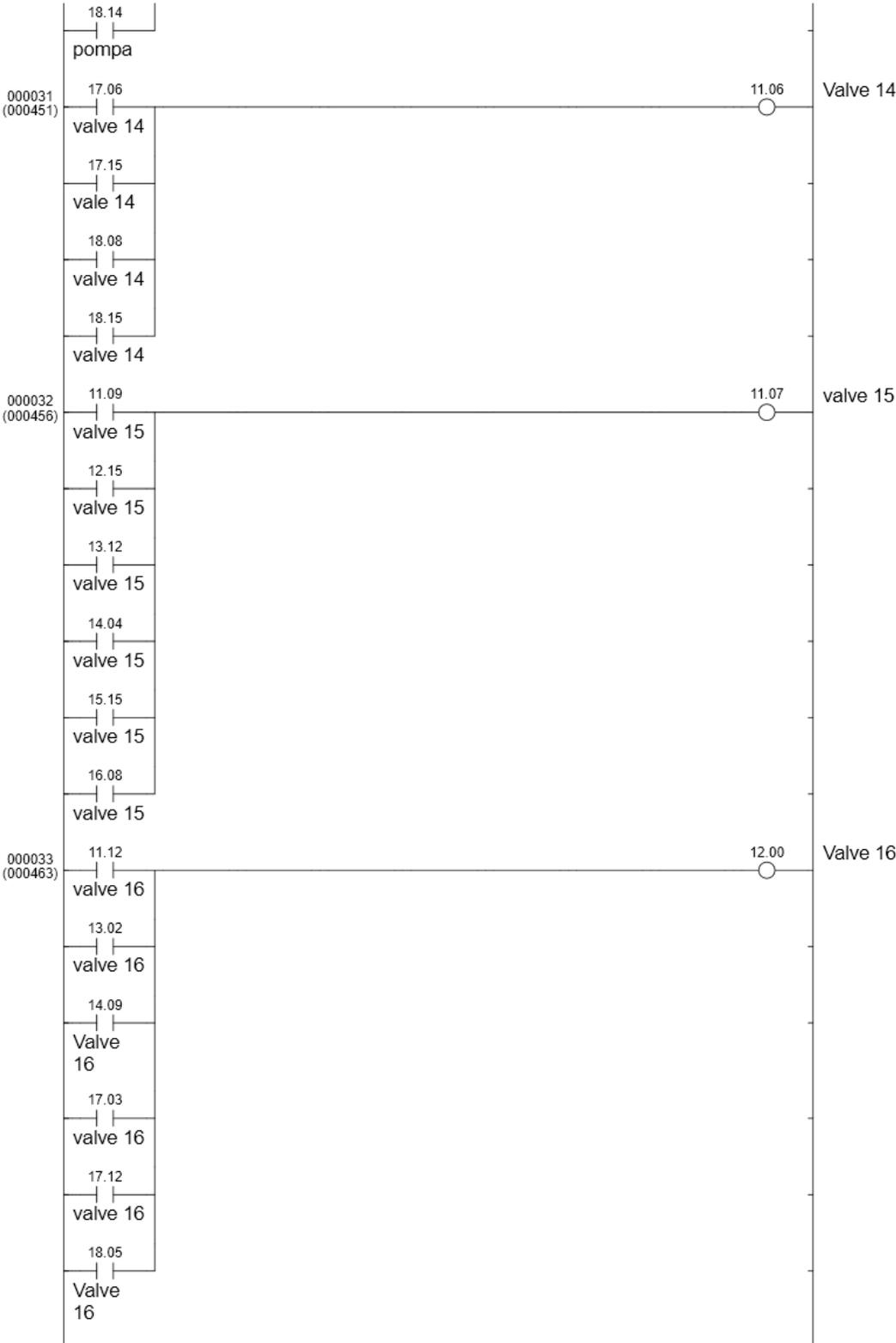












*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Surabaya pada tanggal 1 Maret 1996 dengan nama Nanao Prabowo dan merupakan anak kedua dari pasangan Drs. Ec. Suparno dan Dra. Endah Sriwiludjeng. Penulis menempuh jenjang mulai dari SDN Panjang Jiwo I, Surabaya (2002 – 2008), SMP Dr. Soetomo, Surabaya, Jawa Timur (2009 – 2011) dan SMA Dr. Soetomo, Surabaya, Jawa Timur (2012 – 2014). Setelah lulus dari bangku Sekolah Menengah Atas (SMA), penulis diterima di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama menempuh masa studi, penulis aktif di berbagai kegiatan dan organisasi. Diantaranya masuk kedalam, panitia Marine Icon 2015 sampai dengan 2017 dan anggota dari Marine Electrical and Automatical System Laboratory DTSP ITS. Selama masa perkuliahan, penulis juga pernah mengikuti PKM-P yang diselenggarakan oleh DIKTI dan lolos sampai tahap PKM yang didanai. Selain itu, penulis juga pada masa perkuliahan melakukan kerja praktik di dua tempat yaitu di PT. Dumas Tanjung Perak Shipyards dan PT. Pertamina (Persero) MOR V Surabaya.