



BACHELOR THESIS & COLLOQUIUM – ME184834

**GREY WATER TREATMENT USING COAGULATION  
TECHNIQUES IN KM LABOBAR PASSENGER SHIP**

DIMAS ILHAM AKBAR  
NRP. 0421154000023

SUPERVISOR :  
Ir. Hari Prastowo, M.Sc.  
Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019





TUGAS AKHIR – ME184834

**GREY WATER TREATMENT DENGAN MENGGUNAKAN  
TEKNIK KOAGULASI PADA KAPAL PENUMPANG KM  
LABOBAR**

DIMAS ILHAM AKBAR  
NRP. 0421154000023

DOSEN PEMBIMBING :  
Ir. Hari Prastowo, M.Sc.  
Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019



## LEMBAR PENGESAHAN

### GREY WATER TREATMENT DENGAN MENGGUNAKAN TEKNIK KOAGULASI PADA KAPAL PENUMPANG KM LABOBAR

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik

pada



Bidang Studi *Marine Operational and Maintenance* (MOM)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Sepuluh Nopember  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

DIMAS ILHAM AKBAR  
NRP. 0421154000023

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Hari Prastowo, M.Sc.  
NIP. 196510301991021001

(   
( 

Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc  
NIP. 197603102000031001

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LEMBAR PENGESAHAN

### GREY WATER TREATMENT DENGAN MENGGUNAKAN TEKNIK KOAGULASI PADA KAPAL PENUMPANG KM LABOBAR

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Marine Operational and Maintenance* (MOM)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

DIMAS ILHAM AKBAR  
NRP. 0421154000023



Disetujui oleh  
Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T., M.T.  
NIP. 197708022008011007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



# **GREY WATER TREATMENT DENGAN MENGGUNAKAN TEKNIK KOAGULASI PADA KAPAL PENUMPANG KM LABOBAR**

Name : Dimas Ilham Akbar  
NRP : 0421154000023  
Department : Teknik Sistem Perkapalan  
Supervisor I : Ir. Hari Prastowo, M.Sc.  
Supervisor II : Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc.

## **ABSTRACT**

The passenger ship named KM. Labobar still needs fresh water. Fresh water will be available when the ship is leaning on the port, because at the time the ship was done filling of fresh water. If the fresh water in the passenger ship of KM. Labobar increases, the domestic grey water wastewater (non consumable) will be increase too. Basically, wastewater have to go through a treatment process to secure the future of such wastewater when discarded or during use. The advantage of this treatment is can reduce the impact of sea water pollution which can reduce the quality of sea water too. The existence of these probles must be recycled, recycle of water is a reprocessing of the grey water waste disposal system. So that treatment it can save the costs and save on refilling of fresh water in the ship. The topic in this thesis includes a wastewater treatment system specification, modifying the existing system and general arrangement in KM. Labobar, calculating the cost of processing sytem and analyzing economic feasibility if this grey water treatment system is applied in KM. Labobar. Based on data analysis, a treatment's tank can be made as much as 2 tank at frames 70-75 and the treatment's tank have a 100.758 m<sup>3</sup> per day. After that there are 2 holding tank at frames 132-142. The holding tank capacity is a 14,4 m<sup>3</sup> per tank. Economic analysis is also carried out using the Payback Period System. So that after being analyzed it will reach BEP (*Break Event Point*) in the second year.

Keywords: *Grey water, KM. Labobar, Treatment Koagulasi, Waste Treatment.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# **GREY WATER TREATMENT DENGAN MENGGUNAKAN TEKNIK KOAGULASI PADA KAPAL PENUMPANG KM LABOBAR**

Nama : Dimas Ilham Akbar  
NRP : 0421154000023  
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan  
Dosen Pembimbing I : Ir. Hari Prastowo, M.Sc.  
Dosen Pembimbing II : Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc.

## **ABSTRAK**

Kapal penumpang KM. Labobar membutuhkan air bersih. Air bersih akan tersedia jika kapal dalam keadaan bersandar di pelabuhan karena pada saat itu dilakukan pengisian air bersih yang ada di kapal. Jika kebutuhan air tawar di kapal penumpang KM. Labobar meningkat maka air limbah domestik *grey water (non consumable)* akan juga meningkat. Limbah pada dasarnya harus melalui suatu proses *treatment* agar nantinya limbah tersebut aman pada saat dibuang ataupun saat digunakan lagi. Proses *treatment* dilakukan untuk menghindari pencemaran laut dan menurunkan kualitas air laut. Adanya permasalahan tersebut maka harus dilakukan *recycle* yaitu suatu pengolahan kembali pada sistem pembuangan limbah *grey water* dengan menggunakan teknik koagulasi. *Treatment* ini dilakukan agar dapat menghemat kebutuhan biaya serta menghemat pengisian air tawar pada kapal. Koagulasi merupakan suatu proses destabilisasi partikel koloid dan kemudian mengendap selama selang waktu tertentu. Pembahasan yang ada pada tulisan ini meliputi mendesain sistem pengolahan air limbah, memodifikasi *existing system* dan *general arrangement* yang ada pada KM. Labobar, perhitungan biaya dari sistem pengolahan serta menganalisa kelayakan ekonomis jika sistem ini di aplikasikan di KM. Labobar. Berdasarkan analisa data dapat dibuat tangki *treatment* sebanyak 2 pada frame 70-75, *treatment* ini akan menghasilkan sebanyak 100,758 m<sup>3</sup> setiap harinya. Selain itu dibuat 2 tangki *holding tank* pada frame 132-142 yang bisa menampung sebesar 14,4 m<sup>3</sup> setiap tangki. Dilakukan juga analisa ekonomi menggunakan sistem *Payback Period*, sehingga akan mencapai BEP (*Break Event Point*) pada tahun kedua.

Kata kunci: *Grey water*, KM. Labobar, *Treatment* Koagulasi, *Waste Treatment*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan atas rahmat dan kuasa Alla SWT, karena dengan nikmat rahmat, berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik, lancar dan tepat waktu. Tugas akhir yang berjudul “Grey Water Treatment Dengan Menggunakan Teknik Koagulasi Pada Kapal Penumpang KM Labobar” ini diajukan sebagai salah satu persyaratan kelulusan program strata satu teknik di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam menulis tugas akhir ini, penulis banyak mendapat dukungan dari beberapa pihak sebagai berikut :

1. Allah Subhanahu Wata’ala atas segala nikmat dan kuasa-Nya, serta junjungan besar Nabi Muhammad SAW yang telah memimpin kita ke jalan yang benar,
2. Papa, Mama, Kakak dan keluarga besar penulis yang selalu memberikan semangat dan doanya setiap hari,
3. Bapak Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T, M.T. selaku kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS,
4. Bapak Ir. Hari Prastowo, M.Sc dan Bapak Taufik Fajar Nugroho, S.T, M.Sc. sebagai pembimbing tugas akhir saya dan selalu memberikan waktunya serta ajaran yang terbaik,
5. Bapak Dr. Eng. Trika Pitana, S.T, M.Sc selaku kepala dari laboratorium Marine Operation and Maintenance Laboratory,
6. Fira, Iqoh, Perwit, Raka, Anya, Sandy, Fauzan, serta semua anggota dari laboratorium Marine Operation and Maintenance Laboratory yang selalu memberikan semangat dan bantuan,
7. Keluarga dan teman seperjuangan Salvage yang telah memberikan banyak bantuan, doa, dan kasih sayang selama penulis kuliah,

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini terdapat banyak kendala dan keterbatasan ilmu pengetahuan serta wawasan penulis yang menjadikan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun diharapkan mampu membuat penulisan yang lebih baik di kemudian hari. Besar harapan penulis, bahwasanya tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis secara khusus, pembaca, serta nusa dan bangsa. Semoga Alla SWT melimpahkan Rahmat, Karunia dan kasih sayang-Nya kepada kita semua.

Terimakasih

Surabaya, July 2019

Author

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR ISI

ABSTRACT .....	v
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
BAB I	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat.....	2
1.5. Batasan Masalah .....	2
BAB II	
2.1. Sistem Pipa di Kapal.....	3
2.2. Sistem Air Tawar Di Kapal.....	4
2.3. Sistem Sanitari Air Tawar.....	5
2.4. Macam-Macam Limbah Domestik .....	6
2.4.1. Black Water:.....	6
2.4.2. Grey Water .....	6
2.5. Parameter Limbah Cair.....	7
2.5.1. BOD (Biological Oxygen Demand) .....	7
2.5.2. COD (Chemical Oxygen Demand) .....	7
2.5.3. Total Padatan Tersuspensi.....	8
2.5.4. pH.....	8
2.6. Persyaratan Kualitas Air .....	8
2.7. Pengolahan Air Limbah .....	8
2.8. Pengolahan Air Limbah Menggunakan Teknik Koagulasi.....	9
2.8.1. Koagulasi.....	9
2.8.2. Flokulasi .....	10
2.8.3. Koagulan .....	10

2.8.4.	Filtrasi.....	11
2.8.5.	Desinfeksi .....	12
2.9.	Komponen Pengolah Limbah.....	13
2.10.	Penelitian <i>Grey Water Treatment</i> Sebelumnya.....	14
<b>BAB III</b>		
3.1.	Pengumpulan Data.....	17
3.1.1.	Data Kapal .....	17
3.1.2.	Data Tangki Fresh Water.....	18
3.2.	Metodologi .....	19
3.2.1.	Identifikasi dan Perumusan Masalah .....	20
3.2.2.	Studi Literatur.....	20
3.2.3.	Tipe Kapal .....	20
3.2.4.	Perhitungan.....	20
3.2.5.	Perencanaan Sistem .....	20
3.2.6.	Analisa dan Pembahasan .....	20
3.2.7.	Penarikan Kesimpulan.....	21
3.3.	Jadwal Pengerjaan .....	21
<b>BAB IV</b>		
4.1.	Perhitungan <i>Fresh Water</i> di KM. Labobar .....	23
4.2.	Perhitungan <i>Grey Water</i> di KM. Labobar.....	24
4.3.	Peletakan Ruangan Di Kapal .....	25
4.3.1.	Letak Holding Tank.....	25
4.3.2.	Letak Pompa.....	26
4.3.3.	Letak <i>Pipa</i> .....	27
4.3.4.	Letak <i>Grey Water Treatment</i> .....	27
4.4.	Perencanaan Sistem <i>Grey Water Treatment</i> .....	28
4.4.1.	Perhitungan Debit Limbah.....	28
4.4.2.	Karakteristik Air Limbah.....	28
4.4.3.	Perhitungan Bak .....	29
4.4.4.	Spesifikasi Grease Trap.....	31



4.4.5.	Spesifikasi Dosing Pump.....	31
4.4.6.	Perhitungan Kadar Limbah.....	32
4.4.7.	Perhitungan Pipa.....	35
4.4.8.	Perhitungan Pompa.....	37
4.5.	Analisa dan Pembahasan Sistem Pengolahan Limbah.....	45
4.5.1.	Holding Tank.....	45
4.5.2.	Sistem Pengolah Limbah.....	45
4.5.3.	Sistem Pipa Pengolah Limbah.....	45
4.5.4.	Pompa Pengolah Limbah.....	46
4.6.	Analisa Ekonomi (Dalam Rupiah).....	47
4.6.1.	Biaya Operasional .....	48
<b>BAB V</b>		
5.1.	Kesimpulan .....	51
5.2.	Saran .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>53</b>
<b>LAMPIRAN I.....</b>		<b>55</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>		<b>67</b>

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1.</b> Instalasi Pipa .....	3
<b>Gambar 2. 2.</b> Diagram Sistem Air Tawar Kapal.....	4
<b>Gambar 2. 3.</b> Pompa Sentrifugal.....	5
<b>Gambar 2. 4.</b> Hydrophore .....	5
<b>Gambar 2. 5.</b> Instalasi Pipa .....	6
<b>Gambar 2. 6.</b> Proses Koagulasi.....	13
<b>Gambar 2. 7.</b> Filter Media Bertingkat.....	13
<b>Gambar 2. 8.</b> Mixer.....	14
<b>Gambar 2. 9.</b> Proses Pengolahan Kombinasi Biofilter Anaerob-aerob.....	14
<b>Gambar 3. 1.</b> Tampak Samping KM. Labobar.....	17
<b>Gambar 3. 2.</b> Flow Chart Pengerjaan.....	19
<b>Gambar 4. 1.</b> Tampak Samping Peletakan Tangki KM.Labobar.....	23
<b>Gambar 4. 2.</b> Tampak Atas Peletakan Tangki KM. Labobar.....	23
<b>Gambar 4. 3.</b> Tampak Atas Peletakan Tangki KM. Labobar (Deck 1).....	25
<b>Gambar 4. 4.</b> Tampak Atas Peletakan Tangki Holding Tank (Deck 1) .....	25
<b>Gambar 4. 5.</b> Tampak Atas Peletakan Pompa a. Deck 1; b. Deck 2.....	26
<b>Gambar 4. 6.</b> Tampak Atas Peletakan Tangki Treatment di Deck 2 .....	27

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1.</b> Tingkat BOD .....	7
<b>Tabel 3. 1.</b> Volume Tangki Spesifik .....	18
<b>Tabel 3. 2.</b> Jadwal Pengerjaan .....	21
<b>Tabel 4. 1.</b> Volume Tiap Tangki Fresh Water .....	24
<b>Tabel 4. 2.</b> Kadar Limbah Grey Water .....	28
<b>Tabel 4. 3.</b> Lama Waktu Treatment .....	29
<b>Tabel 4. 4.</b> Efisiensi Removal Koagulasi-Flokulasi .....	33
<b>Tabel 4. 5.</b> Efisiensi Removal Sedimentasi .....	33
<b>Tabel 4. 6.</b> Efisiensi Removal Filtrasi .....	34
<b>Tabel 4. 7.</b> Standar Air Bersih .....	34
<b>Tabel 4. 8.</b> Perhitungan Pipa 1 .....	35
<b>Tabel 4. 9.</b> Spesifikasi Pipa 1 .....	35
<b>Tabel 4. 10.</b> Perhitungan Pipa 2 .....	36
<b>Tabel 4. 11.</b> Spesifikasi Pipa 2 .....	36
<b>Tabel 4. 12.</b> Perhitungan Pipa 3 .....	36
<b>Tabel 4. 13.</b> Spesifikasi Pipa 3 .....	37
<b>Tabel 4. 14.</b> Rumus Pompa .....	37
<b>Tabel 4. 15.</b> Accesories Losses Suction 1 .....	38
<b>Tabel 4. 16.</b> Accesories Losses Discharge 1 .....	39
<b>Tabel 4. 17.</b> Spesifikasi Pompa 1 .....	39
<b>Tabel 4. 18.</b> Accessories Losses Suction 2 .....	40
<b>Tabel 4. 19.</b> Accesories Losses Discharge 2 .....	41
<b>Tabel 4. 20.</b> Spesifikasi Pompa 2 .....	42
<b>Tabel 4. 21.</b> Accessories Losses Suction 3 .....	43
<b>Tabel 4. 22.</b> Accesories Losses Discharge 3 .....	44
<b>Tabel 4. 23.</b> Spesifikasi Pompa 3 .....	44
<b>Tabel 4. 24.</b> Tangki Treatment 1 .....	45
<b>Tabel 4. 25.</b> Tangki Treatment 2 .....	45
<b>Tabel 4. 26.</b> Spesifikasi Pipa 1 .....	46
<b>Tabel 4. 27.</b> Spesifikasi Pipa 2 .....	46
<b>Tabel 4. 28.</b> Spesifikasi Pipa 3 .....	46
<b>Tabel 4. 29.</b> Spesifikasi Pompa .....	46
<b>Tabel 4. 30.</b> Biaya Instalasi Sistem Pengolah Limbah .....	47
<b>Tabel 4. 31.</b> Biaya Kebutuhan Listrik/tahun .....	48
<b>Tabel 4. 32.</b> Biaya Bahan Treatment .....	48
<b>Tabel 4. 33.</b> Biaya Maintenance .....	48
<b>Tabel 4. 34.</b> Total Biaya Operasional .....	49
<b>Tabel 4. 35.</b> Perhitungan Biaya Air Tawar .....	49

<b>Tabel 4. 36. Keuntungan Tahunan.....</b>	<b>50</b>
---	-----------

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kapal penumpang merupakan sarana transportasi yang menghubungkan antar pulau. Pada tugas akhir ini, saya akan menggunakan jenis kapal penumpang yaitu KM. Labobar dengan kapasitas penumpang sebanyak 3084 orang. Kapal KM. Labobar memerlukan air tawar yang layak pakai bagi para penumpangnya. Jika kebutuhan air tawar meningkat maka air limbah *domestic* meningkat pula. Air limbah di kapal ini dibagi menjadi dua jenis yaitu *grey water* dan *black water*. *Grey water* merupakan bagian dari limbah cair domestik yang proses pengalirannya atau sumbernya bukan dari toilet, misalnya seperti air bekas mencuci dan mandi. Sehingga kapal KM. Labobar diharapkan memiliki sistem pengolahan limbah *grey water* yang berfungsi mengolah kembali agar bisa digunakan untuk beraktifitas para penumpang.

Proses *water treatment* dibagi menjadi tiga jenis yaitu *physical water treatment plant*, *biological water treatment plant*, dan *chemical water treatment plant* (Adany, 2017). Pada proses fisika ini dilakukan cara penghilangan polutan seperti sedimentasi ataupun penyaringan (Bhargava, 2016). Lalu pada proses biologi terdapat peran mikroorganisme sebagai proses penghancuran atau penghilangan kontaminan. Hal ini dilakukan agar dapat menghilangkan dan mengurangi bahan organik dari air limbah sehingga dapat diterima sesuai dengan aturan yang telah ditentukan (Ir. Nusa Idaman Said, 2000). Sedangkan pada proses kimiawi dilakukan dengan cara penambahan bahan kimia untuk memecah konstituen padat (Fayza A. Nasr, 2007). Sehingga pada kapal penumpang harus mempunyai sistem *water treatment* yang paling optimal dengan mempertimbangkan biaya operasional, biaya investasi, ketersediaan ruang pada kapal, serta standar mutu dari *water treatment*.

Masalah yang terjadi jika tidak di *treatment* dengan benar dapat mengakibatkan pencemaran air laut dan menurunkan kualitas air laut. Keadaan lingkungan yang seperti itu juga dapat mempengaruhi kondisi habitat laut, serta kesehatan manusia yang ada (Babol, 2019). Hal ini dikarenakan semakin banyaknya jumlah penumpang yang diangkut. Sehingga akan semakin meningkat jumlah air limbah yang dihasilkan. Maka dari itu diperlukan perlakuan khusus pada apapun jenis air yang akan dibuang di laut.

Pada kapal penumpang, sistem air tawar sangatlah penting. Air tawar mempunyai kegunaan yaitu untuk kebutuhan mendinginkan mesin, mencuci, mandi, serta minum (Dian Kurniawan, 2011). Pengisian air tawar dilakukan pada saat kapal bersandar di pelabuhan. Maka dari itu untuk menghemat kebutuhan biaya, perlu dilakukan *recycle* yaitu suatu pengolahan kembali pada sistem air tawar tersebut.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah yang ada pada penyusunan Tugas Akhir ini yaitu:

1. Bagaimana mekanisme sistem pengolahan air limbah domestik (*grey water*) bekerja?
2. Bagaimana modifikasi *existing system* pengolahan air limbah domestik (*grey water*)?
3. Bagaimana modifikasi *general arrangement* kapal KM.Labobar?
4. Bagaimana analisa biaya yang di dapat pada saat sistem pengolahan direalisasikan?
5. Bagaimana analisa kelayakan ekonomis dari sistem pengolahan air limbah domestik (*grey water*)?

## 1.3. Tujuan

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini yaitu:

1. Mendesain mekanisme sistem pengolahan air limbah domestik (*grey water*) menggunakan koagulan.
2. Memodifikasi *existing system* pada pengolahan air limbah domestik.
3. Memodifikasi *general arrangement* untuk peletakan tangki *existing*.
4. Menganalisa biaya dari sistem pengolahan air limbah domestik (*grey water*).
5. Menganalisa kelayakan ekonomis dari sistem pengolahan air limbah domestik (*grey water*).

## 1.4. Manfaat

Manfaat dari penyusunan Tugas Akhir ini yaitu:

1. Memberi gambaran sistem pengolahan air limbah domestik (*grey water*) yang digunakan untuk kapal penumpang.
2. Sebagai referensi dalam hal perencanaan sistem pengolahan air limbah domestik (*grey water*) pada kapal penumpang.
3. Menghemat kebutuhan air bersih (*non consumable*) untuk kapal penumpang dari segi ekonomis.

## 1.5. Batasan Masalah

Agar penyusunan Tugas Akhir ini dapat terlaksana dengan baik dan cepat serta mengingat luasnya ruang permasalahan maka penelitian ini dibatasi:

1. Kapal yang digunakan adalah jenis kapal penumpang KM. Labobar.
2. Pekerjaan ini tidak melakukan praktikum tentang hasil limbah dengan kesesuaian baku mutu.
3. Tidak memperhitungkan stabilitas kapal secara detail, tetapi tetap memperhatikan stabilitas dengan meletakkan tangki penambahan secara seimbang.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Sistem Pipa di Kapal

Pengertian sistem instalasi pipa yaitu suatu silinder berongga yang dapat digunakan untuk mengalirkan zat cair, gas, maupun uap. Sehingga pembuatan pipa sendiri harus disesuaikan dengan kebutuhan dan dibedakan dari batas ketebalan dinding, kebutuhan tekanan, temperatur zat, jenis material yang berkaitan dengan korosi (Raswari, 2007). Instalasi pipa di kapal tidak hanya pipa yang lurus, tetapi terdapat percabangan, naik, turun, dan belokan. Maka dari itu kita harus bisa mengenal beberapa jenis sambungan seperti flange, sambungan shock, sambungan ulir, dan sambungan las. Ada beberapa jenis belokan juga yaitu cabang T atau tee, cabang Y, reducer serta elbow. Kapal juga harus mempunyai pompa-pompa yang digunakan untuk membantu mengalirkan fluida di kapal.

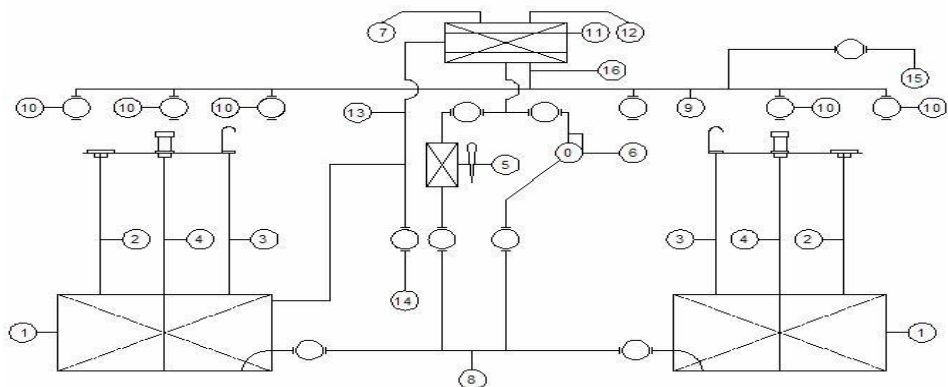
Pada sistem perpipaan ini juga harus bisa ditumpu atau dijepit sedemikian rupa untuk menghindari terjadinya kebakaran yang nantinya akan berakibat pada perubahan konstruksi atau memperkecil terjadinya hal yang tidak diinginkan. Terdapat hal yang penting saat peletakan pipa yang akan disambungkan dengan pipa lain, yaitu : susunan pipa yang kompleks dan panjang pipa yang berlebihan. Diagram pipa atau bisa juga disebut *piping diagram* merupakan sebuah diagram yang memperlihatkan mengenai penataan pipa-pipa, valve, suction, serta pompa yang ada di kapal. Diagram pipa ini juga menjelaskan secara detail tentang *flow process* suatu sistem kecuali parameter seperti tekanan, temperatur, serta besarnya arus.

**Gambar 2.1** Terlihat banyak sekali jenis sistem instalasi pipa yang ada di kapal yaitu sistem instalasi pipa air tawar, sistem instalasi pipa air laut, sistem instalasi pipa bahan bakar, sistem instalasi pipa air kotor atau (*sewage piping sytem*), dan sistem instalasi lainnya. Jenis-jenis instalasi pipa diatas ada karena disesuaikan dengan kebutuhannya masing-masing. Pada tugas akhir ini akan berfokus pada sistem instalasi air tawar yang digunakan untuk mengalirkan air tawar dari satu tanki ke sistem yang dibutuhkan, dari tanki ke katup-katup di daerah ruang akomodasi untuk kebutuhan orang di kapal.



**Gambar 2. 1.** Instalasi Pipa  
Sumber: [dimensipelaut.com](http://dimensipelaut.com)

## 2.2. Sistem Air Tawar Di Kapal



**Gambar 2. 2.** Diagram Sistem Air Tawar Kapal

Sumber: kapal-cargo.com

- |                         |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| 1. Tangki persediaan    | 9. Pipa pembagi            |
| 2. Pipa pengisian       | 10. Tempat penggunaan      |
| 3. Pipa udara           | 11. <i>Heating coil</i>    |
| 4. <i>Sounding pipe</i> | 12. Pipa udara             |
| 5. Pompa tangan         | 13. <i>Overflow pipe</i>   |
| 6. Pompa sentrifugal    | 14. Katup tes              |
| 7. Tangki dinas         | 15. Selang ( <i>hose</i> ) |
| 8. Pipa penghisap       | 16. Pipa utama             |

Sistem air tawar merupakan salah satu sistem di kapal yang berfungsi untuk memenuhi semua kebutuhan air tawar di kapal yang digunakan untuk pendingin mesin, mencuci, mandi para penumpang ataupun ABK kapal. Air yang digunakan adalah air yang bersih, sehat, serta bermutu sehingga peningkatan kualitas air sangat penting untuk kapal. Tangki persediaan (1) dilengkapi dengan *vent pipe* (3), *sounding pipe* (4), dan bisa diisi melalui pipa pengisian (2) yang terletak sampai menembus geladak. Melalui pipa penghisap (8), pompa sentrifugal (6), serta pompa tangan (5), air tawar dialirkan ke tangki dinas (7) yang dilengkapi oleh pipa udara (12) dan *heating coil* (11). Air juga dapat dialirkan menuju tempat penggunaan (10) melalui tangki dinas (7) melalui pipa utama (16). Di dalam tangki dinas (7) juga memiliki *overflow pipe* (13) dengan sebuah katup tes (14) agar dapat mengembalikan kelebihan air dan kembali ke tangki persediaan (1). Terdapat hubungan *overflow pipe* (13) pada cabang pipa dengan valve tes (14) yang menuju ke ruangan dimana pompa-pompa dipasang. Pada sistem ini dapat diisi air tawar di pelabuhan dengan menggunakan selang (15).

Dengan bantuan pompa kebutuhan air tawar yang ada di kapal pun bisa dialirkan menuju beberapa kompartemen yang ada di kapal. Pompa air tawar biasanya menggunakan jenis pompa sentrifugal disesuaikan dengan kebutuhannya serta biasanya dilengkapi sistem hydrophore, sehingga air yang keluar dapat dipertahankan tekanannya untuk kebutuhan di seluruh ruang geladak.



**Gambar 2. 3.** Pompa Sentrifugal  
Sumber: indotrading.com



**Gambar 2. 4.** Hydrophore  
Sumber: seimi equipments-marine.com

### 2.3. Sistem Sanitari Air Tawar

Jika kapal sudah siap beroperasi sudah seharusnya kapal tersebut juga harus dapat memenuhi kebutuhan air tawar yang sesuai dan bisa digunakan oleh para penumpang, maupun kebutuhan kapal itu sendiri. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomer 7 tahun 2000 Tentang Kepelautan pasal 24 ayat (3) menyatakan “Air tawar harus tetap tersedia di kapal dengan jumlah yang cukup dan memenuhi standar kesehatan”. Domestic water system adalah sistem distribusi air bersih (fresh water) di dalam kapal yang digunakan oleh ABK dalam memenuhi kebutuhan akan air minum dan memasak, untuk mandi, mencuci dan lain-lain. Maka dengan perencanaan sistem yang sama digunakan sistem air laut (sea water) yang di suplai ke setiap deck yang memiliki kamar mandi. Tentunya dalam mengalirkan fluida kedua sistem tersebut dibantu oleh pompa sentrifugal agar dapat mensuplai fluida ke tangki hydrophore yaitu tangki bertekanan yang disuplai dari sistem udara tekan. Udara tekan didesain agar dapat mempunyai nilai tekanan dan head yang memadai agar dapat mensuplai air ke tempat yang dituju, seperti kamar mandi, wash basin, laundry room galley. Hal penting yang harus diperhatikan dan dipertimbangkan dalam mendesain sistem sanitari yaitu toilet atau kamar mandi pada tiap deck diusahakan satu jalur pipa, untuk tujuan instalasi sederhana dan memudahkan dalam maintenance.

Pada sistem layanan air tawar harus terdapat komponen seperti pompa, tangki, dan tangki hydrophore, dimana pompa tersebut menggunakan dua buah pompa sentrifugal dengan penggerak elektromotor, sehingga jika pompa satunya bekerja maka pompa lain stand by. Pompa utama tersebut di start dan di stop pada saat pengisian hydrophore secara otomatis karena berkurangnya tekanan pada tangki. Adapun sistem air tawar ini terdiri dari sistem air tawar, sistem air minum, serta sistem pemanas air.



**Gambar 2. 5.** Instalasi Pipa  
Sumber: [dimensipelaut.com](http://dimensipelaut.com)

## 2.4. Macam-Macam Limbah Domestik

Dengan banyaknya penumpang serta kebutuhan di kapal. Limbah cair domestik bersumber dari buangan aktifitas penumpang di kapal yang berasal dari kamar mandi, mesin cuci, dapur, dan peralatan lain yang menggunakan air. Terdapat macam-macam limbah domestik yang dibedakan karena memiliki kandungan pencemar yang beda, yang dibagi menjadi dua jenis macam limbah yaitu black water dan grey water. Limbah-limbah domestik tersebut juga harus melalui proses treatment yang benar, sehingga tidak terlalu berdampak buruk pada lingkungan sekitar yang dapat merusak habitat laut ataupun mempengaruhi kehidupan manusia yang ada di sekitar. Berikut merupakan penjelasan dari kedua jenis limbah:

### 2.4.1. Black Water:

Limbah *black water* yaitu bagian dari limbah domestik yang sumbernya berasal dari buangan biologis seperti dari WC atau toilet. Biasanya limbah *black water* ini mengandung empat komponen berbahaya seperti mikroba dan bakteri salah satunya *Vibrio cholerae* yang dapat menyebabkan kolera serta hepatitis A. Biasanya *black water* ditangani menggunakan tangki septik. Sehingga jika keadaannya dikapal agar dapat dibuang harus mematuhi peraturan MARPOL dan tidak boleh langsung dibuang ke lautan agar dilakukan *treatment* terlebih dahulu.

### 2.4.2. Grey Water

Limbah *grey water* merupakan bagian dari limbah cair domestik yang proses pengalirannya atau sumbernya bukan dari toilet, misalnya seperti air bekas mencuci, mandi. Volume dari *grey water* yaitu sekitar 60-80% dari total volume kebutuhan air bersih akan menjadi limbah cair domestik (Mercalf, 2003). Bagian dari *grey water* adalah sekitar 75% dari total volume limbah cair domestik (Hansen & Kjellerup), dikutip dari (Eriksson et al, 2002). Dalam penanganan *grey water* di kapal-kapal saat ini yaitu langsung dibuang ke saluran drainase tanpa pengolahan sebelumnya.

## 2.5. Parameter Limbah Cair

Keadaan limbah cair ini jika tidak diolah secara baik dan langsung dibuang ke lingkungan tentu akan berpengaruh terhadap lingkungan. Parameter yang harus diperhatikan dalam limbah cair antara lain:

### 2.5.1. BOD (Biological Oxygen Demand)

BOD (*Biological Oxygen Demand*) merupakan suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurangi atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Metcalf, 2003). Semakin besar kadar BOD, maka merupakan indikasi bahwa air tersebut telah tercemar, ditegaskan lagi oleh (Boyd, 1990), bahwa bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi (*readily decomposable organic matter*). Sebagai contoh adalah kadar maksimum BOD yang diperkenankan untuk baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri golongan I adalah 50 mg/L dan golongan II adalah 150 mg/L berdasarkan Kep.51/MENKLH/10/1995. Berikut ini merupakan nilai BOD untuk tingkat pencemaran perairan:

**Tabel 2. 1.** Tingkat BOD  
Sumber: (Wirosarjono, 1974)

1	Rendah	0 – 10 ppm
2	Sedang	10 – 20 ppm
3	Tinggi	25 ppm

### 2.5.2. COD (Chemical Oxygen Demand)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air (Boyd, 1990). Hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat (Boyd, 1990); (Metcalf, 2003). Jika pada perairan terdapat bahan organik yang resisten oleh degradasi biologis misal fenol, polisakarida, tannin, maka lebih cocok dilakukan pengukuran COD daripada BOD.

Pada kenyatannya hampir semua zat organik dapat dioksidasi oleh oksidator kuat seperti kalium permanganat dalam suasana asam, perkiraan 95% - 100% bahan organik dapat dioksidasi. Jika nilai COD tinggi berarti menandakan bahwa air tersebut tercemar. Nilai COD pada air yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/L, sedangkan pada perairan tercemar dapat lebih dari 200 mg/L dan pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/L menurut (UNESCO/WHO/UNEP, 1992).

### 2.5.3. Total Padatan Tersuspensi

TTS merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk melakukan pengukuran kualitas air. Dalam air limbah terdapat dua kelompok zat yaitu zat padat terlarut dan zat padat tersumbat. Zat padat dalam bentuk suspensi menurut ukurannya dibedakan menjadi partikel tersuspensi (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa. Zat padat koloidal dan zat padat tersuspensi dapat berupa zat anorganik seperti tanah liat, pasir dan zat organik seperti protein dan sisa makanan. Di dalam air limbah, partikel koloid merupakan penyebab kekeruhan limbah. Oleh sebab itu kekeruhan dan padatan tersuspensi mempunyai kaitan yang erat dan saling mempengaruhi satu dengan yang lain. Zat padat tersuspensi dapat diklasifikasi menjadi zat padat terendap, yaitu zat padat dalam bentuk tersuspensi yang bila keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh beratnya. Keberadaan padatan tersuspensi masih dikategorikan bagus jika tidak melebihi toleransi sebaran suspensi baku mutu kualitas perairan yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup, yaitu 70 mg/L.

### 2.5.4. pH

Nilai pH limbah yaitu ukuran keasaman atau kebasaan limbah. Air yang tidak tercemar memiliki nilai pH antara 6,5 – 7,5. Sifat air tergantung pada kecilnya pH. Air yang memiliki pH lebih kecil dari pH normal akan bersifat asam, sedangkan air yang memiliki pH lebih besar dari pH normal akan bersifat basa. Air yang memiliki pH lebih kecil atau lebih besar dari kisaran pH normal tidak baik untuk kehidupan mikroorganisme.

## 2.6. Persyaratan Kualitas Air

Terdapat persyaratan yang harus dipenuhi jika membahas tentang air bersih. Salah satu syarat tersebut yaitu syarat mikrobiologis. Dimana syarat itu akan dijelaskan dibawah ini:

1. Tidak mengandung bakteri patogen, misalnya bakteri golongan coli. Kuman-kuman ini mudah tersebar melalui air.
2. Tidak mengandung bakteri non patogen seperti *Actinomycetes*, *Phytoplankton*, *Cladocera*, dll (Sujudi, 2001).

## 2.7. Pengolahan Air Limbah

Pengelolaan limbah adalah kegiatan terpadu yang meliputi kegiatan pengurangan (*minimization*), segregasi, penanganan, pemanfaatan dan pengolahan limbah. Pengolahan air limbah biasanya menerapkan 3 tahapan proses yaitu pengolahan pendahuluan (*pre-treatment*), pengolahan utama (*primary treatment*), dan pengolahan akhir (*post treatment*). Pengolahan pendahuluan ditujukan untuk mengkondisikan aliran, beban limbah dan karakter lainnya agar sesuai untuk masuk ke pengolahan utama. Pengolahan

utama adalah proses yang dipilih untuk menurunkan pencemar utama dalam air limbah. Selanjutnya pada pengolahan akhir dilakukan proses lanjutan untuk mengolah limbah agar sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan. Mengapa mengalami banyak proses dalam pengolahan limbah karena jika hasil limbah yang dikeluarkan tidak mengalami proses pengolahan terlebih dahulu maka akan menyebabkan kerugian-kerugian pada lingkungan sekitar termasuk air laut dan tanah disekitar, jika pengolahan ini efisien dan sesuai baku mutu maka air limbah domestik tersebut dapat digunakan kembali untuk kegiatan di kapal kecuali *non consumable*.

## **2.8. Pengolahan Air Limbah Menggunakan Teknik Koagulasi**

### **2.8.1. Koagulasi**

Koagulasi adalah suatu proses pengurangan suatu gaya tertentu yang menjaga partikel terlarut tetap terpisah satu sama lain. Dengan kata lain yaitu suatu proses destabilisasi partikel koloid, secara esensial partikel dilapisi dengan lapisan perekat yang menyebabkan partikel tersebut berflokulasi dan kemudian mengendap selama selang waktu tertentu. Terdapat dua tipe umum dispersi partikel padat dalam air, yaitu hidrofobik dan hidrofilik. Pembagian dua tipe ini berdasarkan gaya tarik permukaan air terhadap partikel, partikel hidrofobik mempunyai gaya tarik lebih kecil terhadap air sementara partikel hidrofilik mempunyai gaya tarik yang besar terhadap air. Faktor penting dalam stabilitas koloid adalah kehadiran muatan permukaan. Stabilitas diperoleh dengan berbagai cara, tergantung pada komposisi medium dan koloid. Stabilitas ini harus dilawan apabila partikel ini akan membentuk agregat (berflokulasi) partikel yang lebih besar sampai pada ukuran dimana partikel ini dapat dengan mudah diendapkan.

Proses ini terjadi ketika ada penambahan zat kimia berupa koagulan didalam air yang dicampurkan dengan kecepatan tinggi sekitar 100rpm pada tangki pencampur. Proses koagulasi dalam air limbah akan mengurangi konsentrasi padatan terlarut, padatan halus yang muncul sebagai kekeruhan dan warna, serta materi koloid lainnya sampai mencapai pada limit yang dapat ditolerir. Pada umumnya warna pada air disebabkan oleh zat terlarut yang dapat menyerap sinar putih matahari dan memantulkan sinar dengan panjang gelombang tertentu. Warna air juga dipengaruhi oleh kekeruhannya untuk menghilangkan partikel-partikel penyebab kekeruhan yang mempunyai ukuran yang beragam biasanya dilakukan sedimentasi. Partikel yang ukurannya besar memerlukan waktu yang sebentar untuk mengendap sedangkan partikel yang ukurannya sangat kecil memerlukan waktu yang lama untuk mengendap. Agar partikel yang ukurannya sangat kecil ini bisa mengendap dengan cepat maka partikelnya perlu diperbesar dan hal tersebut dapat dilakukan dengan proses koagulasi – flokulasi.

### 2.8.2. Flokulasi

Agar partikel-partikel koloid dapat menggumpal, gaya tolak menolak elektrostatis antara partikelnya harus dikurangi dan transportasi partikel harus menghasilkan kontak diantara partikel yang mengalami destabilisasi. Setelah partikel-partikel koloid mengalami destabilisasi adalah penting untuk membawa partikel-partikel tersebut ke dalam suatu kontak antara satu dengan yang lainnya sehingga dapat menggumpal dan membentuk partikel yang lebih besar yang disebut flok. Proses kontak ini disebut flokulasi dan biasanya dilakukan dengan pengadukan lambat secara hati-hati. Flokulasi merupakan faktor paling penting yang mempengaruhi efisiensi penghilang partikel. Tujuan flokulasi adalah untuk membawa partikel-partikel ke dalam kontak sehingga mereka bertubrukan, tetap bersatu, dan tumbuh menjadi satu ukuran yang siap mengendap. Pengadukan yang cukup harus diberikan untuk membawa flok ke dalam kontak. Terlalu banyak pengadukan dapat membubarkan flok sehingga ukurannya menjadi kecil dan terdispersi halus.

### 2.8.3. Koagulan

Dalam proses koagulasi, peran koagulan sangat penting. Koagulan yang sering digunakan dalam pengolahan air adalah aluminium sulfat atau garam-garam besi. Kadang-kadang koagulan pembantu, seperti polielektrolit dibutuhkan untuk memproduksi flok yang lebih besar atau lebih cepat mengendap. Polielektrolit digunakan secara luas, baik untuk pengolahan air proses maupun untuk pengolahan air limbah. Polielektrolit dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu nonionik, kationik, anionik biasanya bersifat larut air. Sifat yang menguntungkan dari penggunaan polielektrolit adalah volume lumpur yang terbentuk relatif lebih kecil, mempunyai kemampuan untuk menghilangkan warna, dan efisien untuk proses pemisahan air dari lumpur (*dewatering*). Berikut merupakan jenis-jenis koagulan yang sering dipakai adalah:

#### a. Aluminium Sulfat (Alum)

Aluminium Sulfat [ $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ] adalah salah satu koagulan umum yang digunakan karena harganya murah dan mudah didapat. Alkalinitas yang ada didalam air bereaksi dengan aluminium sulfat (alum) menghasilkan aluminium hidroksida. Bila air tidak mengandung alkalinitas untuk bereaksi dengan alum, maka alkalinitas perlu ditambah. Biasanya alkalinitas dalam bentuk ion hidroksida ( $Ca(OH)_2$ ). Alkalinitas bisa juga ditambahkan dalam bentuk ion karbonat dengan penambahan natrium karbonat. Nilai pH optimum untuk alum sekitar 4,5-8,0.

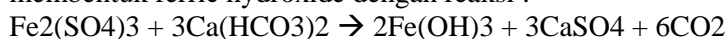


b. Ferrous Sulfate (FeSO<sub>4</sub>)

*Ferrous Sulfate* membutuhkan alkalinitas dalam bentuk ion hidroksida agar menghasilkan reaksi yang cepat. Senyawa Ca(OH)<sub>2</sub> dan NaOH biasanya ditambahkan untuk meningkatkan pH sampai titik tertentu dimana ion Fe<sup>2+</sup> diendapkan sebagai Fe(OH)<sub>3</sub>. Agar reaksinya terjadi maka pH harus dinaikkan menjadi 7,0 sampai dengan 9,5. Tetapi jika bereaksi dengan klorin akan beraksi pada pH rendah sekitar 4,0.

c. Ferric Sulfate dan Ferric Chloride

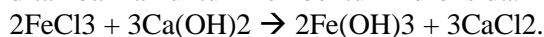
Reaksi sederhana ferric sulfate dengan alkalinitas bikarbonat alam membentuk ferric hydroxide dengan reaksi :



Sedangkan reaksi ferric chloride dengan alkalinitas bikarbonat alami yaitu :



Apabila alkalinitas alami tidak cukup untuk bereaksi, Ca(OH)<sub>2</sub> ditambahkan untuk membentuk hidroksida. Reaksinya adalah :



#### 2.8.4. Filtrasi

Filtrasi merupakan suatu proses pemisahan zat padat dari fluida (cair maupun gas) yang membawanya menggunakan suatu medium berpori atau bahan berpori lain untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan koloid. Pada pengolahan air, filtrasi digunakan untuk menyaring air hasil dari proses koagulasi flokulasi sedimentasi sehingga dihasilkan air yang berkualitas tinggi. Disamping mereduksi kandungan zat padat filtrasi dapat pula mereduksi kandungan bakteri, menghilangkan warna, rasa bau, besi dan mangan. Pada filtrasi dengan media berbutir terdapat tiga proses yaitu:

8. Transportasi : meliputi proses gerak brown, sedimentasi, dan gaya tarik antar partikel.
9. Kemampuan menempel : meliputi mechanical straining, adsorpsi (fisik-kimia), biologis.
10. Kemampuan menolak : meliputi tumbukan antar partikel dan gaya tolak menolak.

Berdasarkan pada kapasitas produksi air yang terolah, saringan pasir dapat dibedakan menjadi dua yaitu saringan pasir cepat dan saringan pasir lambat. Saringan pasir cepat dapat dibedakan dalam beberapa kategori :

1. Menurut jenis media yang dipakai
2. Menurut sistem kontrol kecepatan filtrasi
3. Menurut arah aliran
4. Menurut kaidah grafitas dengan tekanan
5. Menurut pretreatment yang diperlukan

Terdapat beberapa jenis media yang bisa digunakan dalam filtrasi yaitu :

1. Single media : Satu jenis media seperti pasir silika,
2. Dual media : Misalnya digunakan pasir silica dan anthrasit
3. Multi Media : menggunakan pasir, anthrasit dan garnet.

Perbedaan dari masing masing jenis media diatas yaitu :

1. Filter single media, filter cepat tradisional biasanya menggunakan pasir kwarsa, Pada sistem ini penyaringan terjadi pada lapisan paling atas sehingga dianggap kurang efektif karena sering dilakukan pencucian.
2. Filter dual media, sering digunakan filter dengan media pasir kwarsa di lapisan bawah dan anthrasit pada lapisan atas. Keuntungan dari dual media yaitu kecepatan filtrasi lebih tinggi (10-15 m/jam), periode pencucian lebih lama, merupakan peningkatan filter single media (murah).
3. Multi Media filter terdiri dari anthrasit, pasir, dan garnet atau dolomit, fungsi multi media adalah untuk memfungsikan seluruh lapisan filter agar berperan sebagai penyaring.

### **2.8.5. Desinfeksi**

Proses yang paling sering digunakan untuk proses desinfeksi pada air yaitu proses klorinasi. Klorinasi merupakan salah satu bentuk pengolahan air yang bertujuan untuk membunuh kuman dan mengoksidasi bahan-bahan kimia dalam air. Klorinasi adalah proses dimana pemberian klorin ke dalam air yang telah menjalani proses filtrasi dan merupakan langkah maju dalam proses purifikasi air. Klorin ini banyak digunakan dalam pengolahan limbah, air kolam renang, air minum di negara-negara sedang berkembang karena sebagai desinfektan, harga dari klorin ini sendiri juga relatif murah, efektif, dan mudah didapat. Senyawa – senyawa klorin yang umum digunakan dalam proses klorinasi, antara lain gas klorin, senyawa hipoklorit, klor dioksida, bromine klorida, dihidrososianurate dan kloramin. Cara kerja dari proses klorin ini yaitu air yang berasal dari bak penjernih akan mengalami klorinasi atau desinfeksi, dimana air yang masuk secara overflow kedalam bak

klorinasi, selanjutnya klorin *metering pump* akan memompakan larutan klorin kedalam bak klorinasi.

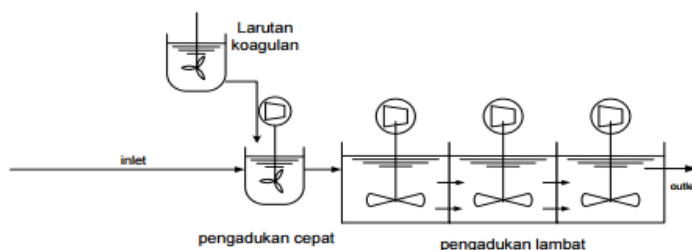
Prinsip-prinsip pemberian klorin :

1. Air harus jernih, karena jika keruh akan bisa menghambat proses klorinasi.
2. Kebutuhan klorin harus diperhitungkan secara cermat agar dapat dengan efektif mengoksidasi bahan-bahan organik dan dapat membunuh kuman patogen.

## 2.9. Komponen Pengolah Limbah

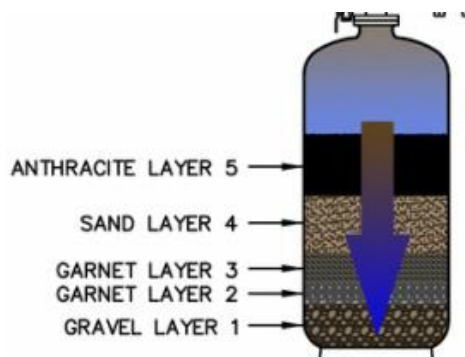
Dalam proses pengolahan limbah tentu terdapat suatu sistem yang terdiri dari beberapa komponen sebagai penunjang kebersihan air sehingga bisa dipakai lagi. Berikut beberapa komponen yang perlu di susun, antara lain :

1. Holding tank
2. Pipa
3. Pompa
4. Mixer
5. Filter Media Bertingkat
6. Tangki penampung akhir



**Gambar 2. 6.** Proses Koagulasi

Sumber: chem-envi.com



**Gambar 2. 7.** Filter Media Bertingkat

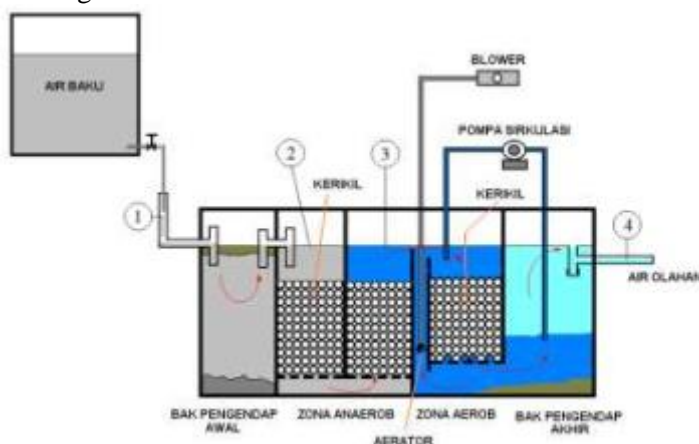
Sumber: kelolaair.com



**Gambar 2. 8.** Mixer  
Sumber: globalsources.com

## 2.10. Penelitian *Grey Water Treatment* Sebelumnya

Pada penelitian sebelumnya yang bersumber dari skripsi (Arifin, 2016) dilakukan *grey water treatment* dengan menggunakan sistem pengolahan air limbah Biofilter Aerob – Anaerob yang dapat dilihat dan dijelaskan pada gambar sebagai berikut :



**Gambar 2. 9.** Proses Pengolahan Kombinasi Biofilter Anaerob-aerob  
Sumber: PPT Teknik Lingkungan

Tahap awal yaitu dilakukan pengumpulan air limbah dari kapal yang akan diolah yaitu air limbah yang berasal dari kegiatan yaitu cuci serta mandi yang di jadikan satu melalui pipa dan diletakkan pada suatu tempat yaitu suatu *holding tank*. Jenis air limbah yang diolah ini yaitu merupakan jenis air limbah *grey water*. Setelah di kumpulkan di *holding tank* air limbah dimasukkan ke lubang inlet bak pengendapan awal. Setelah itu air yang berasal dari bak pengendapan awal dialirkan menuju zona anaerob. Dimana zona anaerob ini terdiri dari dua bagian ruangan yang diisi dengan media dari bahan plastik sarang tawon yang difungsikan sebagai pembiakan mikroba. Pada saat di zona

anaerob pertama air limbah mengalir dengan arah aliran dari atas ke bawah, sedangkan saat berada di zona anaerob kedua air limbah mengalir dengan arah aliran sebaliknya. Proses selanjutnya yaitu air hasil dari zona anaerob menuju ke zona aerob melalui lubang (*weir*). Pada proses ini air limbah dialirkan menuju unggun media plastik sarang tawon dengan arah aliran bawah ke atas, sambil dibantu oleh udara. Setelah itu air limbah dari zona aerob masuk ke bak pengendapan akhir melalui saluran yang berada di bawah. Air limbah yang berada pada bak pengendapan akhir disirkulasikan ke zona anaerob pertama. Setelah itu untuk membunuh sisa bakteri yang masih ada di dalam air limbah tersebut yaitu air limbah melalui proses khlor. Sehingga air limbah tadi bisa di gunakan kembali (*Non Consumable*). Sehingga diperoleh hasil air limbah yang bisa digunakan kembali yaitu sebagai berikut :

**Tabel 2.2.** Kadar limbah setelah proses Biofilter Anaerob-aerob

Beban Limbah	Kadar Limbah (mg/l)		
	L	M	H
BOD	35	20,3	7,5
COD	41	28,3	17
TSS	30	16,0	7
N	9	6,8	4,8
P	0,7	0,7	0,7

Keterangan :

L : Low removal efisien

M : Medium removal efisien

H : High removal efisien

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

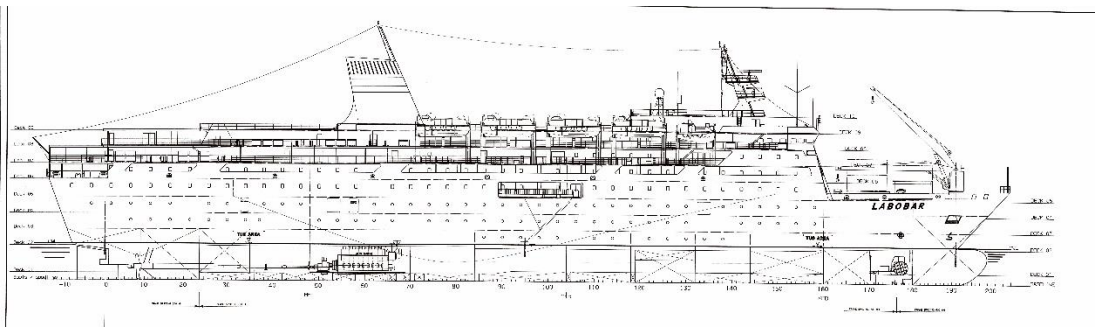
## BAB III METODOLOGI

### 3.1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan untuk Tugas Akhir ini yaitu rencana umum kapal yang digunakan untuk mengetahui dimensi kapal dan dimensi ruang yang akan digunakan dalam penyusunan serangkaian sistem ini.

#### 3.1.1. Data Kapal

Data kapal yang akan digunakan dalam tugas akhir ini adalah data kapal penumpang PELNI dengan data sebagai berikut :



**Gambar 3. 1.** Tampak Samping KM. Labobar  
Sumber: KM. Labobar

Name of ship	:	KM. Labobar	
Length O.A	:	146,5	m
Length between PP	:	130	m
Breadth Moulded	:	23,4	m
Depth Moulded	:	13,4	m
Draught Moulded	:	5,90	m
Design Speed	:	22,4	m
Deadweight	:	3350	m
Gross Tonnage	:	15.200	m
Total Pax	:	3084	Persons
Jarak Pelayaran	:	2196	Nm
Lama berlayar & labuh	:	10	hari

### 3.1.2. Data Tangki Fresh Water

**Tabel 3. 1.** Volume Tangki Spesifik

Sumber: KM.Labobar

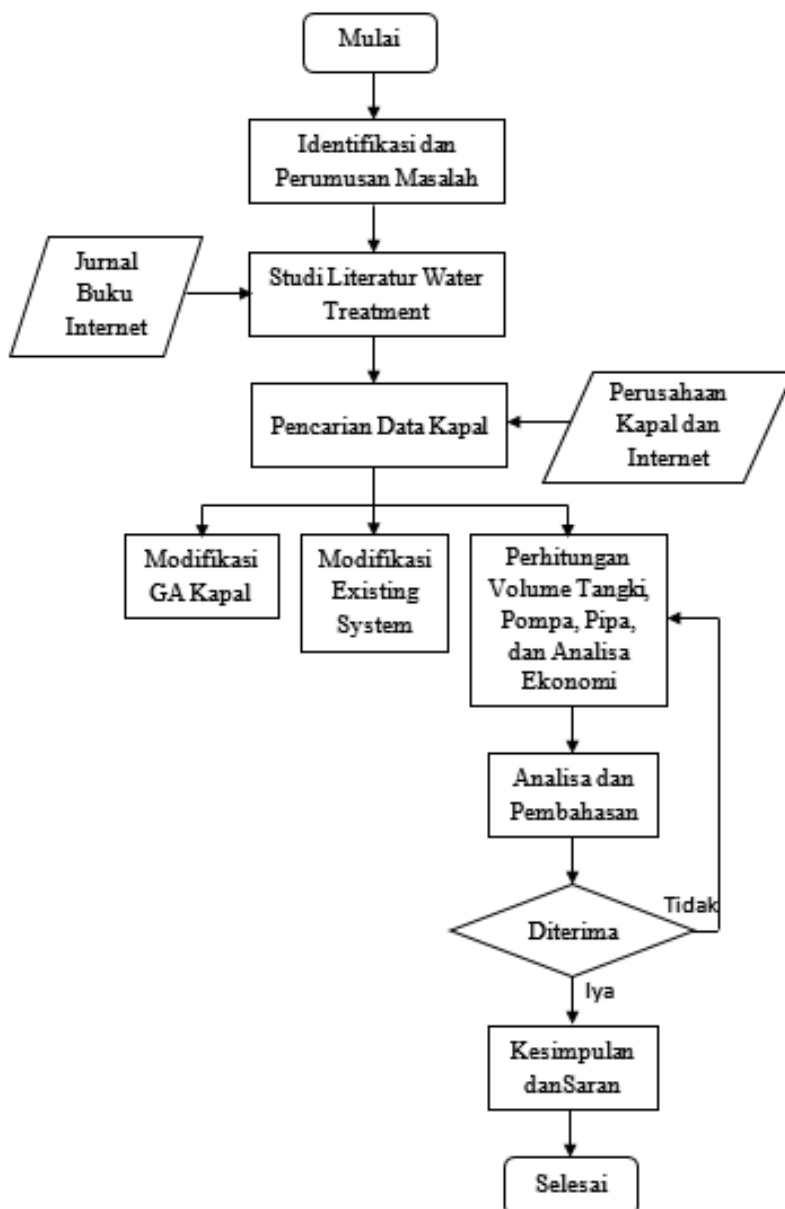
Kode	Nama	Volume
T4	FW Tank 31 P	119,83
T5	Fw Tank 31 S	119,83
T6	FW Tank 31 C	171,98
T9	FW Tank 50 C	367,34
T43	FW Tank 111 P	221,58
T44	FW Tank 111 S	221,58
T42	FW Tank 111 C	242,59
Total		1464,92

Data tangki *fresh water* **Tabel 3.1** digunakan dalam menentukan konsumsi dari kapal penumpang KM. Labobar selama berlayar, sehingga dapat menentukan berapa limbah yang dihasilkan selama kapal berlayar.



### 3.2. Metodologi

Dalam penyusunan tugas akhir ini terdapat langkah-langkah yang akan digunakan dalam proses pengerjaan. Fungsi dari metodologi ini yaitu memudahkan dalam melakukan urutan pekerjaan apa yang harus dikerjakan.



Gambar 3. 2. Flow Chart Pengerjaan

Berikut adalah metodologi penulisan yang berisi langkah-langkah penulisan dan penyusunan tugas akhir sesuai flowchart di bab 3.1 diatas:

### **3.2.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah**

Melakukan pengamatan masalah yang terjadi sebagai objek penelitian. Permasalahan yang terjadi dalam penulisan tugas akhir ini adalah bagaimana cara mendesain sistem water *treatment* yang efektif untuk pengolahan pada kapal penumpang untuk menghemat kebutuhan air bersih dengan mengolah kembali limbah *grey water*. Disisi lain hal ini perlu mengetahui berapa banyak limbah yang dihasilkan oleh kapal.

### **3.2.2. Studi Literatur**

Studi literatur yang direncanakan yaitu mencari referensi yang berhubungan dengan *water treatment* baik melalui jurnal, tugas akhir, internet, maupun paper. Hal ini bertujuan untuk dapat menambah wawasan dalam pengerjaan *water treatment* ini.

### **3.2.3. Tipe Kapal**

Perencanaan sistem disini yaitu dapat membuat gambaran dan menentukan beberapa komponen apa saja yang dibutuhkan dalam penyusunan sistem ini untuk kapal penumpang. Sehingga nanti akan kita dapat berapa jumlah limbah yang dihasilkandan bisa menentukan pula spesifikasi dari sistem. Hal tersebut dapat dilihat dari kondisi ruangan dalam kapal.

### **3.2.4. Perhitungan**

Perhitungan dilakukan setelah mengetahui tipe kapal serta jumlah air yang dikeluarkan oleh tipe kapal penumpang tersebut. Perhitungan ini dilakukan untuk melakukan pendekatan terhadap kadar limbah yang didegradasi tiap proses *treatment*. Menghitung spesifikasi apa saja yang dibutuhkan oleh sistem tersebut.

### **3.2.5. Perencanaan Sistem**

Setelah kita mempelajari beberapa referensi maka dapat kita rencanakan bagaimanakah sistem yang akan kita susun serta pemilihan spek yang dibutuhkan berdasarkan hasil perhitungan yang sudah dilakukan.

### **3.2.6. Analisa dan Pembahasan**

Analisa yang dilakukan yaitu bagaimana jalannya sistem yang kita susun, mencari berbagai kemungkinan yang bisa terjadi di sistem dengan menganalisa sistem kerjanya melalui gambar desain sistem. Menganalisa tentang keefektifan sistem tersebut jika dipasang pada kapal penumpang. Menganalisa ketersediaan ruangan sistem tersebut

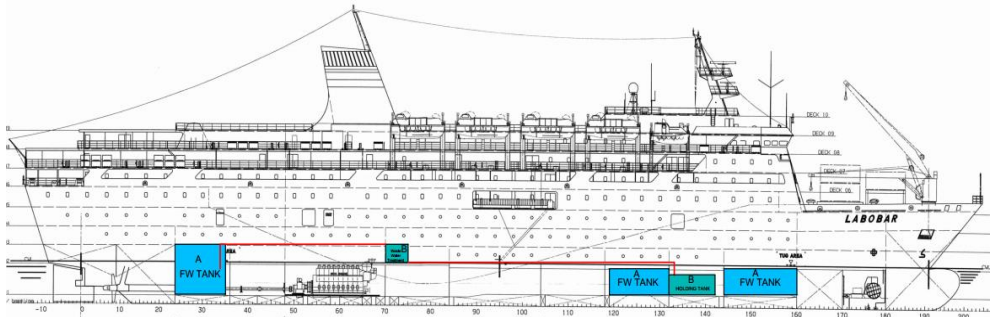


“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Perhitungan *Fresh Water* di KM. Labobar

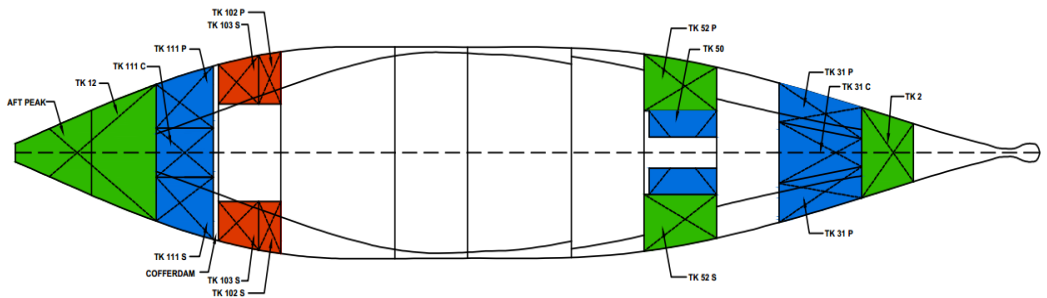
Sebelum mengetahui jumlah limbah grey water yang ada di kapal penumpang KM. Labobar, sebaiknya kita mengetahui letak posisi tanki yang ada pada *general arrangement* kapal penumpang ini. Berikut merupakan posisi tanki tampak samping yang sudah saya modifikasi dengan menambahkan kompartemen *holding tank* dan *treatment* dari grey water itu sendiri yaitu :



**Gambar 4. 1.** Tampak Samping Peletakan Tangki KM.Labobar

Sumber: GA KM. Labobar

Setelah mengetahui perencanaan posisi tanki dari tampak samping. Pada laporan ini disertakan juga perencanaan tanki tampak atas. Hal ini dikarenakan agar lebih memperjelas dari peletakan tersebut. Berikut merupakan gambar tampak atas dari kapal penumpang KM. Labobar :



**Gambar 4. 2.** Tampak Atas Peletakan Tangki KM. Labobar

Sumber: GA KM. Labobar

Pada kapal penumpang KM. Labobar di desain mempunyai 3 tangki *fresh water*. Hal ini dikarenakan KM. Labobar merupakan kapal penumpang dimana harus membutuhkan lebih banyak *fresh water* sebagai konsumsi untuk keperluan dari penumpang, ABK, maupun keperluan kapal. Sehingga dari gambar peletakan tanki diatas dapat diketahui berapa jumlah *fresh water* dari masing-masing tangki yaitu:

**Tabel 4. 1.** Volume Tiap Tangki *Fresh Water*  
Sumber: KM. Labobar

Nama Tangki	Volume (m <sup>3</sup> )
FW TK 31 S	119,83
FW TK 31 C	171,98
FW TK 31 P	119,83
FW TK 50	367,34
FW TK 111 S	221,58
FW TK 111C	121,3
FW TK 111 P	221,58
Total	1343,44

Pada **Tabel 4.1** yaitu merupakan data *fresh water* yang ada pada kapal penumpang KM. Labobar. Data tersebut diambil dari dokumen kapal dengan total *fresh water* 1343,44 m<sup>3</sup> dengan waktu berlayar selama 10 hari.

#### 4.2. Perhitungan *Grey Water* di KM. Labobar

Seperti yang kita ketahui, air dibagi menjadi dua macam yaitu *black water* dan *grey water*. Jika *black water* itu yang bersumber dari WC atau toilet dan untuk membuang limbah jenis ini harus mematuhi peraturan MARPOL sehingga tidak boleh dibuang langsung ke laut. Sedangkan berbeda dengan *grey water* yang sumbernya didapat bukan dari toilet, melainkan dari air bekas mandi, mencuci. Menurut (*Hansen & Kjellerup (1994)* dikutip dari *Eriksson et al (2001)*), bagian dari *grey water* adalah sekitar 75% dari total volume limbah cair domestik. Sedangkan jika menurut (*Mercalf, 1991*), 60-80% dari total volume kebutuhan air bersihlah yang akan menjadi limbah cair domestik.

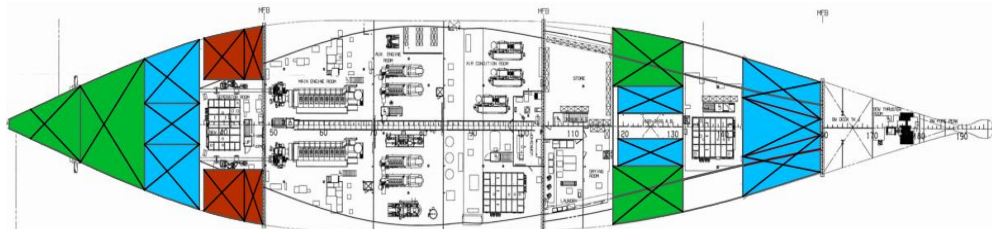
Jadi kita sekarang bisa menghitung banyaknya *grey water* yang dapat dihasilkan dari kapal penumpang KM. Labobar ini yaitu :

Volume Air Tawar	: 1343,44	m <sup>3</sup>
Asumsi <i>Grey Water</i>	: (60-85%)	
	: 75%	
Volume <i>Grey Water</i>	: 75% x 1343,44	
Volume <i>Grey Water</i>	: 1007,58	m <sup>3</sup>

Nilai volume di atas itu merupakan nilai *grey water* yang dapat dihasilkan kapal dalam keadaan penumpang penuh dengan rute pelayaran selama 10 hari. Jadi jika dihitung dalam waktu per hari volume *grey water* ini sendiri yaitu :

Volume <i>Grey Water</i>	: 1007,58/10	
Volume <i>Grey Water</i> /hari	: 100,758	m <sup>3</sup>

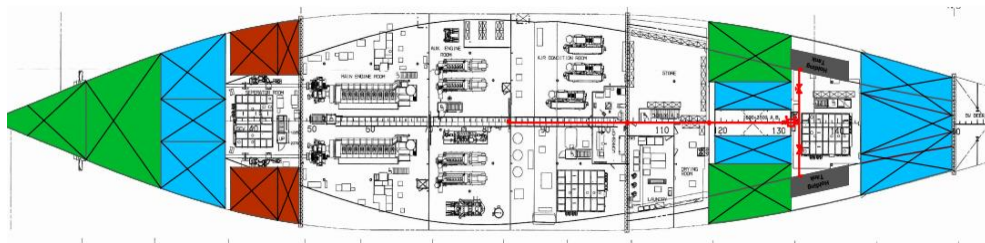
### 4.3. Peletakan Ruang Di Kapal



**Gambar 4. 3.** Tampak Atas Peletakan Tangki KM. Labobar (*Deck 1*)  
Sumber: GA KM. Labobar

*General Arrangement* yaitu suatu gambar perencanaan kapal secara umum, dimana kapal bisa dilihat dari pandangan samping, atas, dan depan (Suhardjito, 2006). Tentunya dengan suatu perencanaan secara umum seperti tanki, pompa, serta sistem peralatan lainnya yang ada di atas kapal. Setiap perancangan kapal itu harus memiliki pengaturan sehingga kapal yang dibangun nantinya dapat memenuhi regulasi-regulasi yang ada. Tetapi di dalam *General Arrangement* tentu masih terdapat beberapa ruang kosong. Sehingga ruang kosong ini bisa di perlukan untuk penambahan beberapa komponen atau peralatan lain. Sehingga untuk menentukan peletakan ruang di kapal harus menganalisa ruangan kosong yang bisa digunakan dalam menyusun sistem ini yaitu sebagai berikut:

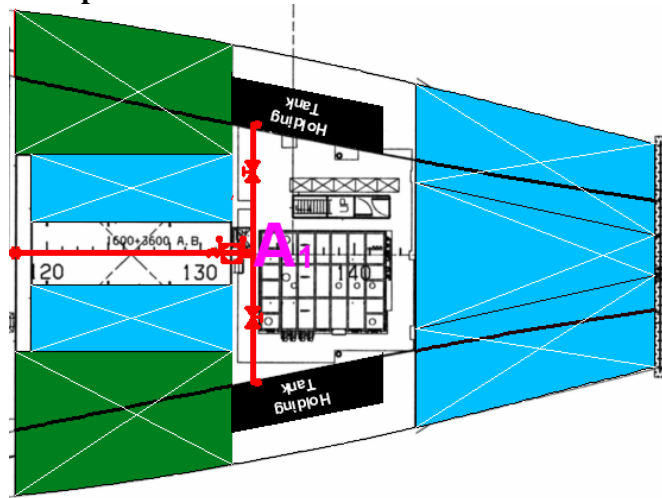
#### 4.3.1. Letak Holding Tank



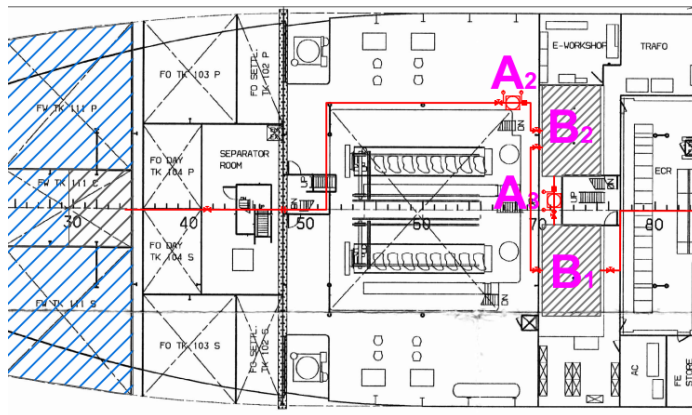
**Gambar 4. 4.** Tampak Atas Peletakan Tangki Holding Tank (*Deck 1*)  
Sumber: GA KM. Labobar

Hal yang paling penting yaitu menentukan letak holding tank atau yang disebut dengan *collected waste water*. Tanki ini harus diletakkan dimana dek tersebut tidak ada aktifitas dari penumpang kapal. Volume dari *collected waste water* ini yaitu  $14,4 \text{ m}^3$ . Sedangkan sesuai yang diharapkan letak dari holding tank ini harus dengan metode gravitasi, sehingga tidak ada penambahan pompa. Jika dilihat dari analisis *General Arrangement* dari kapal KM. Labobar ini letak tangki *holding tank* berada diatas *double bottom*, dimana terdapat ruangan kosong pada bagian *Portside & Starboard* tepatnya pada frame 132-142.

### 4.3.2. Letak Pompa



(a)



(b)

**Gambar 4. 5.** Tampak Atas Peletakan Pompa a. Deck 1; b. Deck 2  
Sumber: GA KM. Labobar

Fungsi pompa disini yaitu untuk membantu dalam memindahkan fluida cair yaitu air (Sularso, 2000), pompa yang di pakai dalam instalasi *grey water treatment* ini yaitu jenis pompa sentrifugal. Pompa pada instalasi ini diletakkan di posisi yang jauh dari lalu lalang manusia dan dapat dijangkau ABK kapal. Agar nilai NPSH (*Net Positive Suction Head*) kecil maka pompa diletakkan dekat dengan suction. Maka dari itu pompa pada instalasi ini diletakkan di *Deck 1 & Deck 2* dan ditandai dengan huruf A.



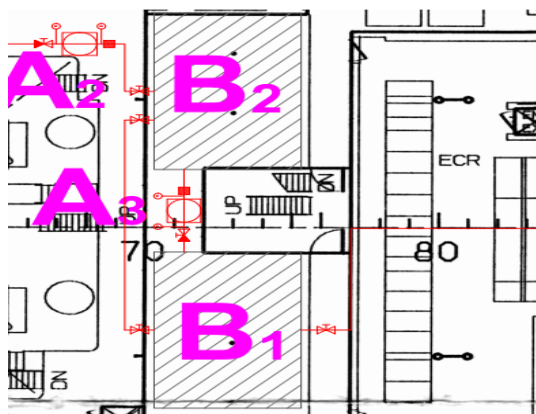
### 4.3.3. Letak Pipa

Jika hendak mentransfer fluida dari suatu tempat menuju tempat lain ada beberapa komponen yang penting salah satunya yaitu pipa. Pemilihan bahan atau jenis dari pipa ini juga sangat penting. Hal itu bisa dilihat dari jenis fluida cair yang mau dialirkan. Sedangkan untuk panjang pipa sendiri dapat diukur dari sumber menuju tempat penampungan akhirnya. Untuk pipa dari *grey water treatment* ini sendiri sudah melalui beberapa analisa *general arrangement* kapal. Hal tersebut bisa dilihat pada gambar 4.5. Dari analisa gambar tersebut, pipa dialirkan dari holding tank menuju ke tangki penampungan atau *waste water treatment*. Setelah dihitung panjang pipa yang ada pada gambar tersebut yaitu :

1. Dari Holding Tank – Waste Water Treatment sepanjang 53,13 m.
2. Dari *Waste Water Treatment* – Tangki penampung air bersih sepanjang 40,71 m.

Panjang pipa diatas termasuk salah satu pipa terpanjang. Pengukuran ini di fungsikan agar dapat mengetahui juga nilai head dari pompa yang akan digunakan.

### 4.3.4. Letak Grey Water Treatment



**Gambar 4. 6.** Tampak Atas Peletakan Tangki *Treatment* di *Deck 2*  
Sumber: GA KM. Labobar

Dari gambar tampak atas pada kapal KM. Labobar diatas, telah dianalisa *General Arrangementnya* dari data kapal yang sudah ada, dimana tangki ini memerlukan space yang besar dari beberapa macam komponen yang lainnya. Desain dari tangki *treatment* sendiri memiliki 2 tangki *treatment* untuk *grey water* di bagian *deck 2*. Tangki *treatment* ini berfungsi sebagai pembersih dari *grey water* agar air bisa digunakan lagi. Tangki *treatment* ditandai dengan huruf B.

#### 4.4. Perencanaan Sistem *Grey Water Treatment*

##### 4.4.1. Perhitungan Debit Limbah

Debit limbah yang akan diolah dengan menggunakan alat *Grey Water Treatment* ini yaitu sesuai dengan buku (*Hansen & Kjellerup* (1994) dikutip dari (Eriksson, 2002), bagian dari *grey water* adalah sekitar 75% dari total volume limbah cair domestik. Sedangkan jika menurut (Metcalf, 2003), 60-80% dari total volume kebutuhan air bersihlah yang akan menjadi limbah cair domestik. Dengan perhitungan sebagai berikut :

Volume Air Tawar	: 1343,44	m <sup>3</sup>
Asumsi <i>Grey Water</i>	: (60-85%)	
	: 75%	
Volume <i>Grey Water</i>	: 75% x 1343,44	
Volume <i>Grey Water</i>	: 1007,58	m <sup>3</sup>

Nilai volume di atas itu merupakan nilai *grey water* yang dapat dihasilkan kapal dalam keadaan penumpang penuh dengan rute pelayaran selama 10 hari. Jadi jika dihitung dalam waktu per hari volume *grey water* ini sendiri yaitu :

Volume <i>Grey Water</i>	: 1007,58/10	
Volume <i>Grey Water</i> /hari	: 100,758	m <sup>3</sup>
	: 1,17 l/s	

##### 4.4.2. Karakteristik Air Limbah

Sebelum merencanakan sistem *grey water treatment*, sudah seharusnya mengetahui kadar air limbah yang ada pada kapal KM. Labobar. Dimana kadar limbah ini nanti yang akan melalui proses *treatment* menggunakan koagulasi. Sehingga air limbah *grey water* yang ada di kapal penumpang KM. Labobar ini dapat digunakan kembali (*non consumable*). Berdasarkan penelitian sebelumnya, kadar limbah *grey water* telah didapat data sebagai berikut :

**Tabel 4. 2.** Kadar Limbah Grey Water

pH =	6,5	
Nilai BOD =	250	mg/l
Nilai COD =	290	mg/l
Nilai TSS =	200	mg/l
Nilai N =	40	mg/l
Nilai P =	8	mg/l
<i>Surfactant</i> =	36,5	mg/l

Pada **Tabel 4.2** merupakan data dari kadar limbah *grey water* yang diambil dari penelitian sebelumnya (Samsul,

Dengan adanya sistem *treatment* dengan menggunakan koagulasi-flokulasi ini bisa mengurangi kadar pH, BOD, COD, TSS, N, P secara drastis sehingga air tersebut dapat digunakan kembali. Dimana untuk rangkaian proses koagulasi-flokulasi bisa mengurangi kadar limbah sebesar 75% COD, 79% BOD, 76% TSS, 18% Nitrogen, 89% Fosfat, serta 75% kandungan sabun (*surfactant*). Sedangkan untuk proses selanjutnya yaitu sedimentasi membantu juga mengurangi kadar sebesar 55% COD, 61% BOD, 81% TSS.

#### 4.4.3. Perhitungan Bak

Setelah melihat analisa dikawal bak penampung hasil yang cocok diletakkan di FW Tank 111C di *after peak* (deck 2). Selain bak penampung hasil ada juga perhitungan dari setiap bak *treatment* itu sendiri yaitu sebagai berikut :

Data debit *grey water*/hari : 100,758 m<sup>3</sup>/hari

Data debit *grey water*/jam : 4,19 m<sup>3</sup>/jam

Data debit *grey water*/detik : 0,001166 m<sup>3</sup>/detik

Waktu pengerjaan/*treatment* :

**Tabel 4. 3.** Lama Waktu Treatment

Saringan Kasar =	0,5 jam
Koagulasi =	1 jam
Flokulasi =	1 jam
Sedimentasi =	2 jam
Filtrasi =	2 jam
Total =	6,5 jam

Jadi berikut merupakan perhitungan tangki *treatment* :

a. Bak Saringan Kasar

$$\begin{aligned}
 Q &= 4,19825 \\
 t_d \text{ (waktu tinggal)} &= 0,5 \text{ jam} \\
 \text{Volume} &= Q \times t_d \\
 &= 4,19825 \times 0,5 \text{ jam} \\
 \text{Volume} &= 2,099125 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi Bak} &: \\
 \text{Panjang} &= 5,5 \\
 \text{Lebar} &= 3,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= P \times L \times H \\
 2,099125 &= 5,5 \times 3,5 \times H \\
 0,109045 &= H \\
 H &= \sim 0,11
 \end{aligned}$$

## b. Bak Koagulasi

$$\begin{aligned}
 Q &= 4,19825 \\
 \text{td (waktu tinggal)} &= 1 \text{ jam} \\
 \text{Volume} &= Q \times \text{td} \\
 &= 4,19825 \times 1 \text{ jam} \\
 \text{Volume} &= 4,19825 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi Bak} &: \\
 \text{Panjang} &= 5,5 \\
 \text{Lebar} &= 3,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= P \times L \times H \\
 4,19825 &= 5,5 \times 3,5 \times H \\
 0,218 &= H \\
 H &= \sim 0,22
 \end{aligned}$$

## c. Bak Flokulasi

$$\begin{aligned}
 Q &= 4,19825 \\
 \text{td (waktu tinggal)} &= 1 \text{ jam} \\
 \text{Volume} &= Q \times \text{td} \\
 &= 4,19825 \times 1 \text{ jam} \\
 \text{Volume} &= 4,19825 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi Bak} &: \\
 \text{Panjang} &= 5,5 \\
 \text{Lebar} &= 3,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= P \times L \times H \\
 4,19825 &= 5,5 \times 3,5 \times H \\
 0,218 &= H \\
 H &= \sim 0,22
 \end{aligned}$$

## d. Bak Sedimentasi

$$\begin{aligned}
 Q &= 4,19825 \\
 \text{td (waktu tinggal)} &= 2 \text{ jam} \\
 \text{Volume} &= Q \times \text{td} \\
 &= 4,19825 \times 2 \text{ jam} \\
 \text{Volume} &= 8,3965 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi Bak} &: \\
 \text{Panjang} &= 5,5 \\
 \text{Lebar} &= 3,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= P \times L \times H \\
 8,3965 &= 5,5 \times 3,5 \times H
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0,436182 &= H \\
 H &= \sim 0,44 \\
 \text{e. Bak Filtrasi} & \\
 Q &= 4,19825 \\
 \text{td (waktu tinggal)} &= 2 \text{ jam} \\
 \text{Volume} &= Q \times \text{td} \\
 &= 4,19825 \times 2 \\
 &\quad \text{jam} \\
 \text{Volume} &= 8,3965 \text{ m}^3 \\
 \\ 
 \text{Dimensi Bak} &: \\
 \text{Panjang} &= 5,5 \\
 \text{Lebar} &= 3,5 \\
 \\ 
 \text{Volume} &= P \times L \times H \\
 8,3965 &= 5,5 \times 3,5 \times H \\
 0,436182 &= H \\
 H &= \sim 0,44
 \end{aligned}$$

#### 4.4.4. Spesifikasi Grease Trap

Grease trap merupakan alat yang dapat membantu untuk proses pemisahan antara minyak dan air, sehingga nantinya minyak tidak menyebabkan menggumpal serta membeku pada pipa agar tidak tersumbat juga. Berikut merupakan spesifikasi dari grease trap yang dipasang pada proses pengolahan air limbah ini yaitu :

$$\begin{aligned}
 Q &= 4,19825 \quad \text{m}^3/\text{jam} \\
 Q &= 70 \quad \text{l/min}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi grease trap :

$$\begin{aligned}
 \text{Merk} &= \text{Zurn} \\
 \text{Type} &= \text{GT2700} - 20 \text{ (76 l/min)} \\
 \text{Dim} &= 3'' \text{ (A)}
 \end{aligned}$$

#### 4.4.5. Spesifikasi Dosing Pump

Dosing Pump biasanya digunakan untuk membantu dalam penginjeksian bahan kimia yang dibutuhkan untuk proses pengolahan air. Pompa ini harus selalu dirawat serta dijaga sehingga bisa beroperasi dengan baik agar bahan kimia yang diinjeksikan sesuai dengan ketentuannya. Agar dapat menetralsisir 1.000 l air maka menggunakan antara 6-10 gram klorin. Sehingga diambil nilai pasti dan tetap sebesar 9 gram dengan kaporit berkonsentrasi sebesar 65%, Jadi perhitungan dosing pump yaitu:

Menetralisir (l) air	1.000	=	$(100/65) \times 9$	
		=	13,8	gram
Limbah/hari		=	100.700	liter
Jumlah kaporit/hari		=	$13,8 \times 100.700$	
		=	1389,6	gram
Spesifikasi dari dosing pump yang digunakan : 58x stroke/detik				
Volume/hari		=	$100.700/(24 \times 60)$	
		=	70	l
Kaporit/hari		=	$(70 : 1000) \times 12,3$	
		=	0,861	gram
Kaporit/stroke		=	$0,861/58$	
		=	0,014	gram
Dosing Tank		=	500	L
Flowrate Dosing P.		=	5,5	l/jam
Kaporit/jam		=	$0,861 \times 60$	
		=	51,66	gram
Jadi pengisian tangki		=	$500 \text{ l} : (5,5 \text{ l/jam} \times 24)$	
		=	3,78	hari

Merk =	Seiko MS1 Series
Type =	Dosing Pump
Model =	MS1A064A
Panjang Stroke =	2 mm
Stroke/min =	58
Flowrate =	5,51 l/h
Max Press =	10 bar
Motor =	3Phase (0,18 kW)
Dosing tank =	500 l

#### 4.4.6. Perhitungan Kadar Limbah

Volume limbah yang akan di olah dengan menggunakan *treatment* ini yaitu sebesar 107,58 m<sup>3</sup>/hari. Volume tersebut lah yang akan berlanjut menuju proses pengolahan limbah dengan menggunakan metode koagulasi. Kandungan dari air limbah *grey water* yang akan di proses yaitu sebesar :

pH	=	6,5	
Nilai BOD	=	250	mg/l
Nilai COD	=	290	mg/l
Nilai TSS	=	200	mg/l
Nilai N	=	40	mg/l
Nilai P	=	8	mg/l
<i>Surfactant</i>	=	36,5	mg/l

Kadar limbah diatas akan otomatis turun sampai bisa menjadi air bersih yang layak jika menggunakan proses ini. Perhitungan penurunan kadar limbah dari proses pengolahan air menggunakan metode koagulasi yaitu :

a. Koagulasi – Flokulasi

**Tabel 4. 4.** Efisiensi Removal Koagulasi-Flokulasi

Parameter	Sebelum (mg/l)	Removal (%)	Sesudah (mg/l)
pH	6,5	-	6,5
COD	290	75%	72,5
BOD	250	78,5%	53,75
TSS	200	76,2%	47,6
N	40	30%	28
P	8	89,7%	0,87
<i>Surfactant</i>	36,5	75%	9,05

Menurut jurnal (Matthaios P. Kavvalakis, 2016), untuk proses koagulasi-flokulasi bisa mengurangi kadar limbah sebesar 75% COD, 79% BOD, 76% TSS, 18% Nitrogen, 89% Phospat, serta 75% kandungan sabun (*surfactant*). Sehingga hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 4.4** diatas.

b. Sedimentasi

**Tabel 4. 5.** Efisiensi Removal Sedimentasi

Parameter	Sebelum (mg/l)	Removal (%)	Sesudah (mg/l)
pH	6,5	-	6,5
COD	72,5	55%	32,63
BOD	53,75	61%	20,96
TSS	47,6	81%	9,04
N	32,88	-	28
P	0,87	-	0,87
<i>Surfactant</i>	9,05	-	9,05

Menurut jurnal (Dipu, 2015), untuk proses koagulasi-flokulasi bisa mengurangi kadar limbah sebesar 55% COD, 61% BOD, 81% TSS. Sehingga hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 4.5** diatas.

## c. Filtrasi

**Tabel 4. 6.** Efisiensi Removal Filtrasi

Parameter	Sebelum (mg/l)	Removal (%)	Sesudah (mg/l)
pH	6,5	-	6,5
COD	32,63	15%	27,73
BOD	20,96	39%	12,89
TSS	9,04	32%	6,14
N	32,88	-	28
P	0,87	-	0,87
Surfactant	9,05	99,89%	0,01

Menurut jurnal (Ida Bagus Wayan Gunam, 2016), untuk proses koagulasi-flokulasi bisa mengurangi kadar limbah sebesar 15% COD, 39% BOD, 32% TSS serta 99,89% *surfactant*. Sehingga hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 4.6** diatas.

Adapula standar air bersih yang digunakan dalam pengolahan air limbah *grey water* ini yaitu :

Bisa di analisa bahwa hasil dari rangkaian proses koagulasi ini dapat membuat air menjadi bersih dengan adanya standar air bersih yang ada pada **Tabel 4.7**.

**Tabel 4. 7.** Standar Air Bersih

Parameter	Batas Maksimal (mg/l)	Sumber
COD	50	Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Th. 2013
BOD	30	Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Th. 2013
TSS	50	Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Th. 2013
N	30	Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Th. 2014
P	1	PP No. 82 Th. 2001 hal. 1
Surfactant	10	Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Th. 2013

Setelah diketahui hasil akhir dari proses *treatment* koagulasi ini. Maka masih akan ada sisa-sisa kandungan yang ada di air limbah ini. Sehingga akan dilakukan penampungan kembali untuk proses selanjutnya yaitu proses klorinasi, sebelum air hasil olahan di alirkan menuju tangki hasil. Tujuan dari klorinasi sendiri yaitu untuk membunuh mikroorganisme ataupun bakteri serta mengoksidasi bahan-bahan kimia dalam air. Klorin ini termasuk mudah sekali didapatkan dalam bentuk kaporit atau *calcium hypochlorite* ( $\text{CaOCl}_2$ ). Pada



umumnya proses ini dapat dilakukan dengan memasukkan sebanyak 3-5 ppm ke dalam air olahan. Menurut buku Mulyantono dan Isman, 2008 Terdapat 2 jenis kaporit yaitu kaporit murni dan kaporit yang hanya berkonsentrasi 50%. Jika kaporit tersebut murni, maka tiap 1.000 liter air akan diberikan sebesar 6-10 gram kaporit. Sedangkan jika kaporit tersebut berkonsentrasi 50% maka setiap 1.000 liter air akan diberikan 2 kali lipat, yaitu antara 12-29 gram.

#### 4.4.7. Perhitungan Pipa

##### ❖ Main Pipe ( *Holding Tank ke Kompartemen B<sub>1</sub>*)

*Tabel 4. 8.* Perhitungan Pipa 1

Sumber: Author

Q	=	0,001166	m <sup>3</sup> /detik
v	=	2	m/s

Q	=	A x v	
A	=	Q/v	
	=	0,000583	m <sup>2</sup>

$\Pi \times d^2/4$	=	A
$3,14 \times d^2/4$	=	A
d <sup>2</sup>	=	(A x 4) / 3,14
d <sup>2</sup>	=	0,000742
d	=	0,027246
d	=	27,2

Jadi, spesifikasi pipa yaitu:

*Tabel 4. 9.* Spesifikasi Pipa 1

Sumber: Author

<b>Galvanised Carbon Steel Pipe by JIS G 3452</b>			
Inside diameter	=	27,6	mm
Thickness	=	3,2	mm
Outside diameter	=	34	mm
Nominal pipe size	=	25A	
Ukuran	=	1	inch

❖ **Kompartemen B<sub>1</sub> ke B<sub>2</sub>****Tabel 4. 10.** Perhitungan Pipa 2

Sumber: Author

Q 2 sistem	=	0,002331	m <sup>3</sup> /jam
v	=	2	m/jam

Q	=	A x v	
A	=	Q/v	
	=	0,001166	m <sup>2</sup>

$\Pi \times d^2/4$	=	A
3,14 x d <sup>2</sup> /4	=	A
d <sup>2</sup>	=	(A x 4) /3,14
d <sup>2</sup>	=	0,001485
d	=	0,038532
d	=	38,5

Jadi, spesifikasi pipa yaitu:

**Tabel 4. 11.** Spesifikasi Pipa 2

Sumber: Author

<b>Galvanised Carbon Steel Pipe by JIS G 3454</b>			
Inside diameter	=	39,6	mm
Thickness	=	4,5	mm
Outside diameter	=	48,6	mm
Nominal pipe size	=	40A	Sch60
Ukuran	=	1.1/2	inch

❖ **Menuju Tangki Air Hasil Olah****Tabel 4. 12.** Perhitungan Pipa 3

Sumber: Author

Q	=	0,003497	m <sup>3</sup> /detik
v	=	2	m/s

Q	=	A x v	
A	=	Q/v	
	=	0,001748	m <sup>2</sup>

$\Pi \times d^2/4$	=	A
$3,14 \times d^2/4$	=	A
d <sup>2</sup>	=	$(A \times 4) / 3,14$
d <sup>2</sup>	=	0,002227
d	=	0,047192
d	=	47,1

Jadi, spesifikasi pipa yaitu:

**Tabel 4. 13.** Spesifikasi Pipa 3  
Sumber: Author

<b>Galvanised Carbon Steel Pipe by JIS G 3454</b>			
Inside diameter	=	49,5	mm
Thickness	=	5,5	mm
Outside diameter	=	60,5	mm
Nominal pipe size	=	50A	Sch80
Ukuran	=	2	inch

#### 4.4.8. Perhitungan Pompa

Perhitungan pompa bisa dilakukan dengan rumus dibawah ini yaitu:

**Tabel 4. 14.** Rumus Pompa

$$\mathbf{H = H_s + H_p + H_v + H_{total}}$$

#### ❖ Pompa 1 (*Holding Tank* – B1)

H :  $H_s + H_p + H_v + \text{Total Head Loss}$

$H_s$  : 7 m

$H_p$  : 0 m

$H_v$  : 0 m

D : 27,6 mm = 0,0276 m

v : 2 m/s

$\nu$  : 0,76 cst 32o : 0,000000764

#### **Sisi Suction**

Re:  $(D \times V) / \nu$

Re: 72251,3089 Turbulen

$$\lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g)$$

$$\lambda = 0.02 + 0.0005/dH$$

$$= 0,038$$

$$L = \text{Length of Suction Side}$$

$$= 6,56 \text{ m}$$

$$v = 2,000 \text{ m/s}$$

$$D = dH \text{ by JIS G 3452}$$

$$= 27,60 \text{ mm}$$

$$\text{Frict Losses (hf)} : \lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g)$$

$$: 0,038 \times 6,56 \times 2^2 / (0,0276 \times (2 \times 9.8))$$

$$: 1,85 \text{ m}$$

**Tabel 4. 15.** Accesories Losses Suction 1

No.	Equipments	n	k	n x k
1	Elbow 90°	2	1	2
2	Butterfly valve	2	0,3	0,6
3	T joint	1	1	1
4	Bellmounted pipe end	0	0,05	0
5	SDNRV	0	2	0
6	Bulkhead Fitting Watertight	0	0,02	0
7	Filter or strainer	1	2,5	2,5
8	Flexible Coupling	0	0,46	0
			Σ	6,1

$$\text{Accessories losses} : (\Sigma n.k) \times v^2 / 2g$$

$$: 8,5 \times 2^2 / (2 \times 9.8)$$

$$: 1,24 \text{ m}$$

$$\text{Ht.suction} : \text{Friction H. Loss} + \text{Accessories H. Loss}$$

$$: 3,09 \text{ m}$$

### Sisi Discharge

$$\lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g)$$

$$\lambda = 0.02 + 0.0005/dH$$

$$= 0,033$$

$$L = \text{Length of Discharge Side}$$

$$= 46,57 \text{ m}$$

$$v = 2,000 \text{ m/s}$$

$$D = dH \text{ by JIS G 3454}$$

$$= 39,60 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Frict losses}(hf) &: \lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g) \\ &: 0,033 \times 46,57 \times 2^2 / (0,0396 \times (2 \times 9.8)) \\ &: 7,83 \text{ m} \end{aligned}$$

**Tabel 4. 16.** Accessories Losses Discharge 1

No.	Equipments	n	k	n x k
1	Elbow 90°	4	1	4
2	Butterfly valve	1	0,3	0,3
3	T joint	2	1	2
4	Bellmounted pipe end	0	0,05	0
5	SDNRV	1	2	2
6	Bulkhead Fitting Watertight	4	0,02	0,08
7	Filter or strainer	0	2,5	0
8	Flexible Coupling	0	0,46	0
			$\Sigma$	8,38

$$\begin{aligned} \text{Accessories losses} &: (\Sigma n.k) \times v^2 / 2g \\ &: 8,38 \times 2^2 / (2 \times 9.8) \\ &: 1,71 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ht. discharge} &: \text{Friction H. Loss} + \text{Accessories H. Loss} \\ &: 9,54 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, Head total dari pompa 1 yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Head Total} &= H_s + H_p + H_v + \Sigma \text{ head losses} \\ &= 7 + 0 + 0 + 3,09 + 9,54 \\ &= 19,63 \end{aligned}$$

$$\text{Kapasitas Pompa} = 4,195 \text{ m}^3/\text{jam}$$

**Tabel 4. 17.** Spesifikasi Pompa 1

Merk =	EBARA
Type =	Centrifugal Pump
Model =	CDXM 90/10
Head =	22,3 m
Kapasitas =	5,4 m <sup>3</sup> /jam
Power =	3 phase 230V (0,75kW; 50Hz)
Sealing =	Carbon/Ceramic
Body, Impeler =	AISI 304 Stainless

❖ **Pompa 2**

$H : H_s + H_p + H_v + \text{Total Head Loss}$

$H_s : 0,8 \text{ m}$

$H_p : 0 \text{ m}$

$H_v : 0 \text{ m}$

$D : 39,6 \text{ mm} = 0,0396 \text{ m}$

$v : 2 \text{ m/s}$

$v : 0,76 \text{ cst } 320 : 0,000000764$

**Sisi Suction**

$Re: (D \times V) / \nu$

$Re: 103664,92 \text{ Turbulen}$

$\lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g)$

$\lambda = 0.02 + 0.0005/dH$

$= 0,033$

$L = \text{Length of Suction Side}$

$= 1,04 \text{ m}$

$v = 2,000 \text{ m/s}$

$D = dH \text{ by JIS G 3454}$

$= 39,60 \text{ mm}$

$\text{Frict Losses (hf)} : \lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g)$

$: 0,033 \times 1,04 \times 2^2 / (0,0396 \times (2 \times 9.8))$

$: 0,17 \text{ m}$

**Tabel 4. 18.** Accessories Losses Suction 2

No.	Equipments	n	k	n x k
1	Elbow 90°	0	1	0
2	Butterfly valve	0	0,3	0
3	T joint	0	1	0
4	Bellmounted pipe end	0	0,05	0
5	SDNRV	1	2	2
6	Bulkhead Fitting Watertight	0	0,02	0
7	Filter or strainer	0	2,5	0
8	Flexible Coupling	0	0,46	0
			$\Sigma$	2

$\text{Accessories losses} : (\Sigma n.k) \times v^2 / 2g$

$: 2 \times 2^2 / (2 \times 9.8)$

$: 0,41 \text{ m}$

Ht.suction : Friction H. Loss + Accessories H. Loss  
: 0,58 m

### Sisi Discharge

$$\lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g)$$

$$\lambda = 0.02 + 0.0005/dH$$

$$= 0,030$$

$$L = \text{Length of Discharge Side}$$

$$= 1,04 \text{ m}$$

$$v = 2,000 \text{ m/s}$$

$$D = dH \text{ by JIS G 3454}$$

$$= 49,50 \text{ mm}$$

$$\text{Frict losses}(hf) : \lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g)$$

$$: 0,030 \times 1,04 \times 2^2 / (0,0495 \times (2 \times 9.8))$$

$$: 0,13 \text{ m}$$

**Tabel 4. 19.** Accesories Losses Discharge 2

No.	Equipments	n	k	n x k
1	Elbow 90°	0	1	0
2	Butterfly valve	0	0,3	0
3	T joint	0	1	0
4	Bellmounted pipe end	0	0,05	0
5	SDNRV	0	2	0
6	Bulkhead Fitting Watertight	0	0,02	0
7	Filter or strainer	1	2,5	2,5
8	Flexible Coupling	0	0,46	0
			Σ	2,5

$$\text{Accessories losses} : (\Sigma n.k) \times v^2 / 2g$$

$$: 2,5 \times 2^2 / (2 \times 9.8)$$

$$: 0,51 \text{ m}$$

Ht.discharge : Friction H. Loss + Accessories H. Loss  
: 0,64 m

Jadi, Head total dari pompa 2 yaitu:

$$\text{Head Total} = H_s + H_p + H_v + \Sigma \text{ head losses}$$

$$= 0,8 + 0 + 0 + 0,58 + 0,64$$

$$= 2,02$$

$$\text{Kapasitas Pompa} = 4,195 \text{ m}^3/\text{jam}$$

**Tabel 4. 20.** Spesifikasi Pompa 2

Merk =	EBARA
Type =	Centrifugal Pump
Model =	CDXM 90/10
Head =	22,3 m
Kapasitas =	5,4 m <sup>3</sup> /jam
Power =	3 phase 230V (0,75kW; 50Hz)
Sealing =	Carbon/Ceramic
Body, Impeler =	AISI 304 Stainless

❖ **Pompa 3**

$H : H_s + H_p + H_v + \text{Total Head Loss}$

$H_s : 2,2 \text{ m}$

$H_p : 0 \text{ m}$

$H_v : 0 \text{ m}$

$D : 49,5 \text{ mm} = 0,0495 \text{ m}$

$v : 2 \text{ m/s}$

$v : 0,76 \text{ cst } 320 : 0,000000764$

**Sisi Suction**

$Re : (D \times V) / \nu$

$Re : 129581,15 \quad \text{Turbulen}$

$\lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g)$

$\lambda = 0,02 + 0,0005/dH$

$= 0,030$

$L = \text{Length of Suction Side}$

$= 3,03 \text{ m}$

$v = 2,000 \text{ m/s}$

$D = dH \text{ by JIS G } 3454$

$= 49,50 \text{ mm}$

$\text{Frict Losses (hf)} : \lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g)$

$: 0,030 \times 3,03 \times 2^2 / (0,0495 \times (2 \times 9,8))$

$: 0,38 \text{ m}$



**Tabel 4. 21.** Accessories Losses Suction 3

No.	Equipments	n	k	n x k
1	Elbow 90°	2	1	2
2	Butterfly valve	1	0,3	0,3
3	T joint	0	1	0
4	Bellmounted pipe end	0	0,05	0
5	SDNRV	0	2	0
6	Bulkhead Fitting Watertight	0	0,02	0
7	Filter or strainer	1	2,5	2,5
8	Flexible Coupling	0	0,46	0
			Σ	4,8

$$\begin{aligned} \text{Accessories losses} & : (\Sigma n.k) \times v^2 / 2g \\ & : 4,8 \times 2^2 / (2 \times 9.8) \\ & : 0,98 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ht.suction} & : \text{Friction H. Loss} + \text{Accessories H. Loss} \\ & : 1.36 \text{ m} \end{aligned}$$

**Sisi Discharge**

$$\lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g)$$

$$\begin{aligned} \lambda & = 0.02 + 0.0005/dH \\ & = 0,030 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L & = \text{Length of Discharge Side} \\ & = 28,82 \text{ m} \end{aligned}$$

$$v = 2,000 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} D & = dH \text{ by JIS G 3454} \\ & = 49,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Frict losses}(hf) & : \lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g) \\ & : 0,030 \times 28,82 \times 2^2 / (0,0495 \times (2 \times 9.8)) \\ & : 3,58 \text{ m} \end{aligned}$$

**Tabel 4. 22.** Accesories Losses Discharge 3

No.	Equipments	n	k	n x k
1	Elbow 90°	2	1	2
2	Butterfly valve	1	0,3	0,3
3	T joint	0	1	0
4	Bellmounted pipe end	0	0,05	0
5	SDNRV	1	2	2
6	Bulkhead Fitting Watertight	1	0,02	0,02
7	Filter or strainer	0	2,5	0
8	Flexible Coupling	0	0,46	0
			Σ	4,32

$$\begin{aligned} \text{Accessories losses} &: (\Sigma n.k) \times v^2 / 2g \\ &: 4,32 \times 2^2 / (2 \times 9,8) \\ &: 0,88 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ht. discharge} &: \text{Friction H. Loss} + \text{Accessories H. Loss} \\ &: 4,46 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, Head total dari pompa 3 yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Head Total} &= H_s + H_p + H_v + \Sigma \text{ head losses} \\ &= 2,2 + 0 + 0 + 1,36 + 4,46 \\ &= 8,01 \end{aligned}$$

$$\text{Kapasitas Pompa} = 4,195 \text{ m}^3/\text{jam}$$

**Tabel 4. 23.** Spesifikasi Pompa 3

Merk =	EBARA
Type =	Centrifugal Pump
Model =	CDXM 90/10
Head =	22,3 m
Kapasitas =	5,4 m <sup>3</sup> /jam
Power =	3 phase 230V (0,75kW; 50Hz)
Sealing =	Carbon/Ceramic
Body, Impeler =	AISI 304 Stainless

#### 4.5. Analisa dan Pembahasan Sistem Pengolahan Limbah

Dari penjelasan diatas dilakukan perancangan serta perhitungan sistem pengolahan limbah *grey water*. Maka bisa disimpulkan serta dianalisa penambahan beberapa komponen serta tangki yang ada di kapal KM.Labobar.

##### 4.5.1. Holding Tank

Tanki holding tank harus diletakkan dimana dek tersebut tidak ada aktifitas dari penumpang kapal. Volume dari *holding tank* ini yaitu 14,4 m<sup>3</sup>. Sedangkan sesuai yang diharapkan letak dari holding tank ini harus dengan metode gravitasi, sehingga tidak ada penambahan pompa. Jika dilihat dari analisis *General Arrangement* dari kapal KM. Labobar ini letak tangki *holding tank* berada diatas *double bottom*, dimana terdapat ruangan kosong pada bagian *Portside & Starboard* tepatnya pada frame 132-142. Holding tank ini berfungsi sebagai tempat penampungan pertama dari limbah *grey water*.

##### 4.5.2. Sistem Pengolah Limbah

Tabel 4. 24. Tangki Treatment 1

Panjang	=	5500	mm
Lebar	=	3500	mm
Kedalaman	=	300	mm
Total Volume Efektif	=	5,775	m <sup>3</sup>
Waktu tinggal rata-rata	=	1,5	jam
Diameter inlet/outlet	=	3	inch

Tabel 4. 25. Tangki Treatment 2

Panjang	=	5500	mm
Lebar	=	3500	mm
Kedalaman	=	1000	mm
Total Volume efektif	=	19,25	m <sup>3</sup>
Waktu tinggal rata-rata	=	5	jam
Diameter inlet/outlet	=	3,5	inch

##### 4.5.3. Sistem Pipa Pengolah Limbah

Pipa pada sistem ini digunakan sebagai media transfer pada saat terjadinya proses pengolahan limbah *grey water* di kapal KM.Labobar. Sehingga desain pipa sistem pengolahan limbah dapat disimpulkan sebagai berikut:

**Tabel 4. 26.** Spesifikasi Pipa 1

<b>Galvanised Carbon Steel Pipe by JIS G 3452</b>			
Inside diameter	=	27,6	mm
Thickness	=	3,2	mm
Outside diameter	=	34	mm
Nominal pipe size	=	25A	
Ukuran	=	1	inch

**Tabel 4. 27.** Spesifikasi Pipa 2

<b>Galvanised Carbon Steel Pipe by JIS G 3454</b>			
Inside diameter	=	39,6	mm
Thickness	=	4,5	mm
Outside diameter	=	48,6	mm
Nominal pipe size	=	40A	Sch60
Ukuran	=	1.1/2	inch

**Tabel 4. 28.** Spesifikasi Pipa 3

<b>Galvanised Carbon Steel Pipe by JIS G 3454</b>			
Inside diameter	=	49,5	mm
Thickness	=	5,5	mm
Outside diameter	=	60,5	mm
Nominal pipe size	=	50A	Sch80
Ukuran	=	2	inch

#### 4.5.4. Pompa Pengolah Limbah

Fungsi pompa disini yaitu untuk membantu dalam memindahkan fluida cair yaitu air, pompa yang di pakai dalam instalasi *grey water treatment* ini yaitu jenis pompa sentrifugal. Sehingga dalam perhitungan diatas didesain sebanyak 3 pompa yang sama. Dengan spesifikasi pompa sebagai berikut :

**Tabel 4. 29.** Spesifikasi Pompa

Merk =	EBARA
Type =	Centrifugal Pump
Model =	CDXM 90/10
Head =	22,3 m
Kapasitas =	5,4 m <sup>3</sup> /jam
Power =	3 phase 230V (0,75kW; 50Hz)
Sealing =	Carbon/Ceramic
Body, Impeler =	AISI 304 Stainless

#### 4.6. Analisa Ekonomi (Dalam Rupiah)

Agar tau sistem *grey water treatment* ini dapat membawa keuntungan atau kerugian maka dilakukan suatu analisa secara ekonomi yaitu melalui instalasi alat, biaya operasional, dan menghitung biaya yang akan dihemat untuk suatu sistem lainnya. Berikut merupakan analisa secara ekonominya yaitu:

**Tabel 4. 30.** Biaya Instalasi Sistem Pengolah Limbah

No	Items	Spesifikasi	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Total
1	Pompa Limbah	Head: 22,3m; Q: 5,4 m <sup>3</sup> /jam	3	buah	Rp 7.250.000	Rp 21.750.000
2	Pipa 25A 1"	25A 1"	66,9	m	Rp 403.000	Rp 26.960.700
3	Pipa Sch 60 1.1/2"	Sch 60 1.1/2"	2,08	m	Rp 521.000	Rp 1.083.680
4	Pipa Sch 80 2"	Sch 60 1.1/2"	32,3	m	Rp 702.000	Rp 22.674.600
5	Plat Tangki 1		1450,08	kg	Rp 30.000	Rp 87.004.800
6	Mixer		5	buah	Rp 2.450.000	Rp 12.250.000
7	Grease Trap	76 l/min; 3" (A)	1	buah	Rp 1.525.000	Rp 1.525.000
8	Strainer		3	buah	Rp 3.564.500	Rp 10.693.500
9	Non return valve		9	buah	Rp 4.250.400	Rp 38.253.600
10	Butterfly valve		7	buah	Rp 396.000	Rp 2.772.000
11	Pressure Indicator		6	buah	Rp 308.880	Rp 1.853.280
12	Elbow 90		11	buah	Rp 83.000	Rp 913.000
13	T Joint		1	buah	Rp 110.000	Rp 110.000
14	Dosing pump		1	buah	Rp 4.250.000	Rp 4.250.000
15	Dosing tank		1		Rp 2.500.000	Rp 2.500.000
18	Fee Transfer		1		Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
16	Desain		10%		Rp 234.594.160	Rp 23.459.416
17	Instalation		15%		Rp 218.844.160	Rp 32.826.624
Total Investasi (Rp)						Rp 296.880.200
Jadi, Total Investasi						Rp 297.000.000

#### 4.6.1. Biaya Operasional

Pada sistem ini dilakukan perhitungan kebutuhan listrik serta biaya yang akan dikeluarkan dalam proses *treatment* ini. Berikut merupakan rincian kebutuhan serta biaya listrik yaitu:

**Tabel 4. 31.** Biaya Kebutuhan Listrik/tahun

No	Item	Jumlah	Daya (kW)	Total Daya (kW)
1	Pompa Limbah 1	1	0,75	0,75
2	Pompa Limbah 2	1	0,75	0,75
3	Pompa Limbah 3	1	0,75	0,75
4	Dosing pump	1	0,18	0,18
Total Daya				2,43

Ket : 1 hari = 24 jam  
1 tahun = 365 hari

Nilai kWh perhari yaitu = Total Daya x 24 jam  
= 2,43 x 24  
= 58,32 kWh

Harga/kWh = 1500

Biaya pengeluaran per tahun = Jumlah kWh x harga per hari x 365

Biaya pengeluaran per tahun = 72 x 1500 x 365

Biaya pengeluaran per tahun = Rp 31.930.200

**Tabel 4. 32.** Biaya Bahan *Treatment*

No	Item	Spesifikasi	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Total
1	Kaporit		423 kg (5buah)	buah	Rp 350.000	Rp 1.750.000
2	Gravel	D = 12-18mm	165 kg	kg	Rp 290.000	Rp 47.850.000
3	Silica	D= 8-12mm	165 kg	kg	Rp 310.000	Rp 51.150.000
4	karbon aktif	D=4-8mm	165 kg	kg	Rp 355.000	Rp 58.575.000
5	Al(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>		109,5 kg	kg	Rp 2.247.500	Rp 246.101.250
Total						Rp 405.426.250

Biaya Operasional = Biaya Kebutuhan Listrik + Biaya Bahan

Biaya Operasional = Rp 438.000.000

Setelah menghitung total biaya operasional maka selanjutnya yaitu dilakukan perhitungan biaya maintenance dimana setiap tahun akan dikenakan inflasi sebesar 5% dengan perhitungan sebagai berikut:

**Tabel 4. 33.** Biaya Maintenance

Maintenance tahun ke 1	Rp 297.000.000
Maintenance tahun ke 2	Rp 14.850.000
Maintenance tahun ke 3	Rp 15.592.500
Maintenance tahun ke 4	Rp 16.372.125

Maintenance tahun ke 5	Rp	17.190.731
Maintenance tahun ke 6	Rp	18.050.268
Maintenance tahun ke 7	Rp	18.952.781
Maintenance tahun ke 8	Rp	19.900.420
Maintenance tahun ke 9	Rp	20.895.441
Maintenance tahun ke 10	Rp	21.940.213

Setelah langkah menghitung biaya maintenance selanjutnya yaitu melakukan perhitungan total biaya operasional, dimana biaya tersebut merupakan jumlah operasional keseluruhan ditambahkan dengan jumlah maintenance. Berikut merupakan total biaya operasional yaitu:

**Tabel 4. 34.** Total Biaya Operasional

Tahun ke	Biaya Operasional	Biaya Maintenance	Total operasional
Tahun ke 1	Rp 438.000.000	Rp 297.000.000	Rp 735.000.000
Tahun ke 2	Rp 459.900.000	Rp 14.850.000	Rp 474.750.000
Tahun ke 3	Rp 482.895.000	Rp 15.592.500	Rp 498.487.500
Tahun ke 4	Rp 507.039.750	Rp 16.372.125	Rp 523.411.875
Tahun ke 5	Rp 532.391.738	Rp 17.190.731	Rp 549.582.469
Tahun ke 6	Rp 559.011.324	Rp 18.050.268	Rp 577.061.592
Tahun ke 7	Rp 586.961.891	Rp 18.952.781	Rp 605.914.672
Tahun ke 8	Rp 616.309.985	Rp 19.900.420	Rp 636.210.405
Tahun ke 9	Rp 647.125.484	Rp 20.895.441	Rp 668.020.926
Tahun ke 10	Rp 679.481.759	Rp 21.940.213	Rp 701.421.972

Selanjutnya yaitu menghitung penghematan air yang sedang di *treatment* yaitu sebagai berikut :

**Tabel 4. 35.** Perhitungan Biaya Air Tawar

Penghematan dalam hari	Jumlah Air Olahan	Satuan	Harga/m <sup>3</sup>	Total
10 hari	1007,58	m <sup>3</sup>	Rp 75.000	Rp 75.568.500
1 bulan	3022,74	m <sup>4</sup>	Rp 75.000	Rp 226.705.500
1 tahun	36776,67	m <sup>5</sup>	Rp 75.000	Rp 2.758.250.250

Jumlah keuntungan yang didapatkan dengan instalasi sistem *treatment* ini yaitu:

**Tabel 4. 36.** Keuntungan Tahunan

Tahun	Investasi	Total Operation	Pendapatan	Pemasukan
1	Rp 297.000.000	Rp 735.000.000	Rp 2.758.250.250	Rp -1.032.000.000
2		Rp 474.750.000	Rp 2.758.250.250	Rp 2.283.500.250
3		Rp 498.487.500	Rp 2.758.250.250	Rp 2.259.762.750
4		Rp 523.411.875	Rp 2.758.250.250	Rp 2.234.838.375
5		Rp 549.582.469	Rp 2.758.250.250	Rp 2.208.667.781
6		Rp 577.061.592	Rp 2.758.250.250	Rp 2.181.188.658
7		Rp 605.914.672	Rp 2.758.250.250	Rp 2.152.335.578
8		Rp 636.210.405	Rp 2.758.250.250	Rp 2.122.039.845
9		Rp 668.020.926	Rp 2.758.250.250	Rp 2.090.229.324
10		Rp 701.421.972	Rp 2.758.250.250	Rp 2.056.828.278

Dapat kita lihat bahwa jika kapal penumpang KM.Labobar menggunakan alat sistem pengolahan limbah *grey water* ini maka akan menguntungkan, karena akan mencapai BEP (*Break Event Point*) pada tahun kedua dengan keuntungan sebanyak Rp 2.284.000.000 dan dapat menyimpan pengeluaran tersebut untuk digunakan di sistem lainnya.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, dimana analisa ini didasarkan pada beberapa data yang diperoleh dari kapal penumpang KM. Labobar. Data yang digunakan dalam analisa seperti *general arrangement* KM Labobar, dapat disimpulkan bahwa:

1. Cara kerja sistem ini yaitu air grey water menuju *holding tank* dengan gravitasi. Selanjutnya air tersebut di pompa menuju bak treatment pertama. Bak treatment pertama ini terdiri dari bak saringan kasar dan bak koagulasi. Setelah proses pada bak treatment pertama, lalu air di pompa pada bak treatment kedua yang terdiri dari bak flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi. Setelah melewati tahap tersebut air akan di pompa menuju ke bak penampung air bersih. Pada saat itulah dilakukan pemberian kaporit/klorin sehingga air aman dari bakteri patogen.
2. Spesifikasi tangki dari modifikasi existing system yaitu holding tank sebesar 28,2 m<sup>3</sup>, saringan kasar sebesar 2 m<sup>3</sup>, koagulasi sebesar 4 m<sup>3</sup>, flokulasi sebesar 4 m<sup>3</sup>, sedimentasi sebesar 8 m<sup>3</sup>, dan filtrasi sebesar 8 m<sup>3</sup>. Dengan pipa pada tangki modifikasi sistem pengolahan air limbah yaitu berstandar JIS dengan spesifikasi 25 A 1", Sch 60 1.1/2", dan Sch 80 2". Sedangkan pompa dibuat menjadi 3 pompa dengan spesifikasi yang sama yaitu Head : 22,3 m, Kapasitas 5,4 m<sup>3</sup>/jam dengan sealing berbahan karbon atau keramik.
3. Modifikasi general arrangement dilakukan pada frame 132-142 untuk holding tank serta frame 70-75 untuk tangki treatment.
4. Jika sistem pengolahan limbah ini diterapkan maka akan membutuhkan biaya awal untuk memasang treatment sebesar Rp 297.000.000. Sehingga akan mencapai BEP pada tahun kedua.
5. Berdasarkan analisa, alat ini akan sangat efektif jika digunakan. Karena jika alat treatment ini terpasang maka dapat menghemat suatu pengeluaran untuk pembelian air tawar pada tahun kedua. Berbeda jika alat ini tidak digunakan yaitu akan selalu membeli air tawar dengan harga Rp 2.758.250.250/tahun.

#### **5.2. Saran**

Perlunya dikaji ulang dengan melakukan praktikum pengolahan air limbah untuk mengetahui kadar air limbah. Sehingga akan diketahui lebih jelas air tersebut layak untuk digunakan oleh para penumpang serta ABK kapal penumpang KM. Labobar.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR PUSTAKA

- Adany, F., 2017. Proses Pengolahan Air Limbah Secara Fisika, Kimia, dan Biologi. *Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, pp. 1-7.
- Arifin, S., 2016. *Desain Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik (Grey Water) Untuk Menghemat Kebutuhan Air Bersih (Non Consumable) Pada Kapal Penumpang*, Surabaya: Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
- Babol, A., 2019. Pentingnya Menjaga Kebersihan Laut Demi Kesehatan dan Kelangsungan Biota Laut. pp. 1-9.
- Bhargava, D. A., 2016. Physico-Chemical Waste Water Treatment Technologies: An Overview. *International Journal of Scientific Research and Education*, IV(05), pp. 5308-5319.
- Boyd, C., 1990. *Water Quality in Ponds For Aquaculture*. Birmingham, Alabama: Birmingham Publishing Co.
- Dian Kurniawan, A. B., 2011. Studi Kebutuhan Air Tawar Pada Pengembangan Landing Shiptank (LST) 128 Meter Berdasarkan Perilaku Manusia. *ITS Library*, pp. 1-10.
- Dipu, S., 2015. Performance Evaluation of Prevailing Biological Wastewater Treatment Systems in West Bengal, India. *Science and Education Publishing*, III(01), pp. 1-4.
- Eriksson, M. H., 2002. Characteristics of Grey Wastewater. *Urban Water*, Volume IV, pp. 85-104.
- Fayza A. Nasr, H. A.-H. H. D. S. A. E.-S., 2007. Chemical Industry Wastewater Treatment. *The Environmentalist*, Issue 27, pp. 275-286.
- Ida Bagus Wayan Gunam, I. W. A. F. E. L. N. C. P., 2016. Combination of Filter Media To Reduce Total Suspended Solids, Biochemical and Chemical Oxygen Demand In Wastewater Using Installation of Horizontal Roughing Filter. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*, XVIII(04), pp. 867-873.
- Ir. Nusa Idaman Said, M., 2000. Teknologi Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biofilm Tercelup. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, I(02), pp. 101-113.
- Matthaios P. Kavvalakis, E. G. D. G. E. D., 2016. Advanced Treatment of Laundry Wastewater With Coagulation and Flocculation. *DIALYNAS*, Issue 1, pp. 1-10.

- Metcalf, E., 2003. *Wastewater Engineering: Treatment Disposal and Reuse*. 5th penyunt. Europe: McGraw-Hill Book Education.
- Raswari, 2007. *Perencanaan dan Penggambaran Sistem Perpipaan*. 1st penyunt. Jakarta: UI Press.
- Suhardjito, G., 2006. *Tentang Rencana Umum*. 1st penyunt. Surabaya: Archimedia.
- Sujudi, A., 2001. Cacingan Turunkan Kualitas Masyarakat. *Cermin Dunia Kedokteran*, pp. 5-8.
- Sularso, H. T., 2000. *Pompa dan Kompresor*. 7th penyunt. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- UNESCO/WHO/UNEP, 1992. *Water Quality Assessments*, London: D Chapman and Hall.
- Wirosarjono, S., 1974. *Masalah-Masalah Yang Dihadapi dalam Penyusunan Kriteria Kualitas Air Guna Berbagai Peruntukan PPMKL-DKI Jaya*. Bandung, Lembaga Ekologi Universitas Padjajaran.

## **LAMPIRAN I**

Parameter	Batas Maksimal (mg/l)	Sumber
COD	50	Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Th. 2013
BOD	30	Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Th. 2013
TSS	50	Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Th. 2013
N	30	Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Th. 2014
P	1	PP No. 82 Th. 2001 hal. 1
Surfactant	10	Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Th. 2013

pH =	6,5
Nilai BOD =	250 mg/l
Nilai COD =	290 mg/l
Nilai TSS =	200 mg/l
Nilai N =	40 mg/l
Nilai P =	8 mg/l
<i>Surfactant</i> =	36,5 mg/l

Parameter	Sebelum (mg/l)	<i>Removal</i> (%)	Sesudah (mg/l)
pH	6,5	-	6,5
COD	290	75%	72,5
BOD	250	78,5%	53,75
TSS	200	76,2%	47,6
N	40	30%	28
P	8	89,7%	0,87
<i>Surfactant</i>	36,5	75%	9,05

Parameter	Sebelum (mg/l)	Removal (%)	Sesudah (mg/l)
pH	6,5	-	6,5
COD	72,5	55%	32,63
BOD	53,75	61%	20,96
TSS	47,6	81%	9,04
N	32,88	-	28
P	0,87	-	0,87
Surfactant	9,05	-	9,05

Parameter	Sebelum (mg/l)	Removal (%)	Sesudah (mg/l)
pH	6,5	-	6,5
COD	32,63	15%	27,73
BOD	20,96	39%	12,89
TSS	9,04	32%	6,14
N	32,88	-	28
P	0,87	-	0,87
Surfactant	9,05	99,89%	0,01



## CENTRIFUGAL PUMPS - in AISI 304

**CDX**

**CDX**



### SPECIFICATIONS

- Maximum working pressure : 8 bar
- Maximum liquid temperature :  
35°C according EN 60335-2-41 for domestic uses  
60°C for other uses of CDX 70/05-70/07-90/10  
90°C for other uses  
110°C for H version

### APPLICATIONS

Single impeller centrifugal pumps with hydraulic components manufactured from stainless steel AISI 304, suitable for pressure boosting, water supply, treatment & irrigation, air conditioning system and general water pumping including moderately aggressive liquids.

### MATERIALS

- Pump body, impeller, diffuser and casing cover in AISI 304
- Shaft in AISI 303
- Bracket and motor casing in aluminium
- Mechanical seal in carbon/ceramic/NBR
- Special mechanical seal are available on demand

### TECHNICAL DATA

- T.E.F.C. 2 pole motor
- Insulation: Class F
- Protection degree: IP55
- 1~230V ± 10% 50Hz, 3~230/400V ± 10% 50Hz
- Permanent split capacitor and automatic thermal overload protection for single-phase version
- Thermal protection to be provided by the user for three-phase version.
- DNM 1"

Pipa baja: JIS G3452 / G3454

Ukuran nominal		Diameter luar (mm)	Pipa baja karbon untuk pemipaan biasa <SGP> (JIS G3452)	Pipa baja karbon untuk layanan tekanan <STPG> (JIS G3454)					
				Ketebalan nominal					
SEBUAH	B		Ketebalan (mm)	Sch10	Sch20	Sch30	Sch40	Sch60	Sch80
6	1/8	10.5	2.0	-	-	-	1.7	2.2	2.4
8	1/4	13.8	2.3	-	-	-	2.2	2.4	3.0
10	3/8	17.3	2.3	-	-	-	2.3	2.8	3.2
15	1/2	21.7	2.8	-	-	-	2.8	3.2	3.7
20	3/4	27.2	2.8	-	-	-	2.9	3.4	3.9
25	1	34.0	3.2	-	-	-	3.4	3.9	4.5
32	1.1/4	42.7	3.5	-	-	-	3.6	4.5	4.9
40	1.1/2	48.6	3.5	-	-	-	3.7	4.5	5.1
50	2	60.5	3.8	-	3.2	-	3.9	4.9	5.5
65	2.1/2	76.3	4.2	-	4.5	-	5.2	6.0	7.0
80	3	89.1	4.2	-	4.5	-	5.5	6.6	7.6
90	3.1/2	101.6	4.2	-	4.5	-	5.7	7.0	8.1
100	4	114.3	4.5	-	4.9	-	6.0	7.1	8.6
125	5	139.8	4.5	-	5.1	-	6.6	8.1	9.5
150	6	165.2	5.0	-	5.5	-	7.1	9.3	11.0
200	8	216.3	5.8	-	6.4	7.0	8.2	10.3	12.7
250	10	267.4	6.6	-	6.4	7.8	9.3	12.7	15.1
300	12	318.5	6.9	-	6.4	8.4	10.3	14.3	17.4
350	14	355.6	7.9	6.4	7.9	9.5	11.1	15.1	19.0
400	16	406.4	7.9	6.4	7.9	9.5	12.7	16.7	21.4



# MS1 Series

MS1 pumps are mechanical diaphragm metering pumps featuring a spring return mechanism in an aluminium housing.

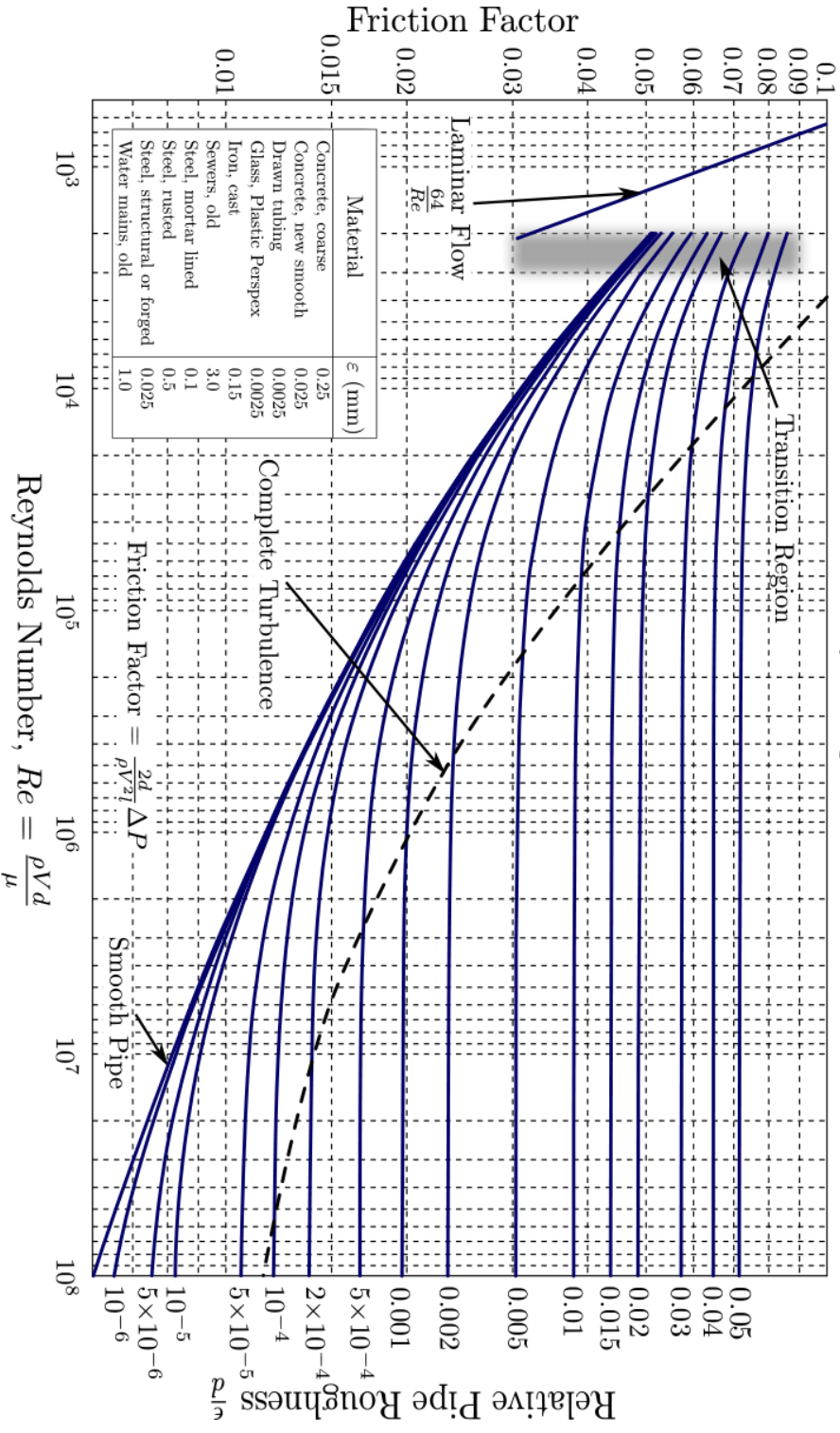
## FEATURES

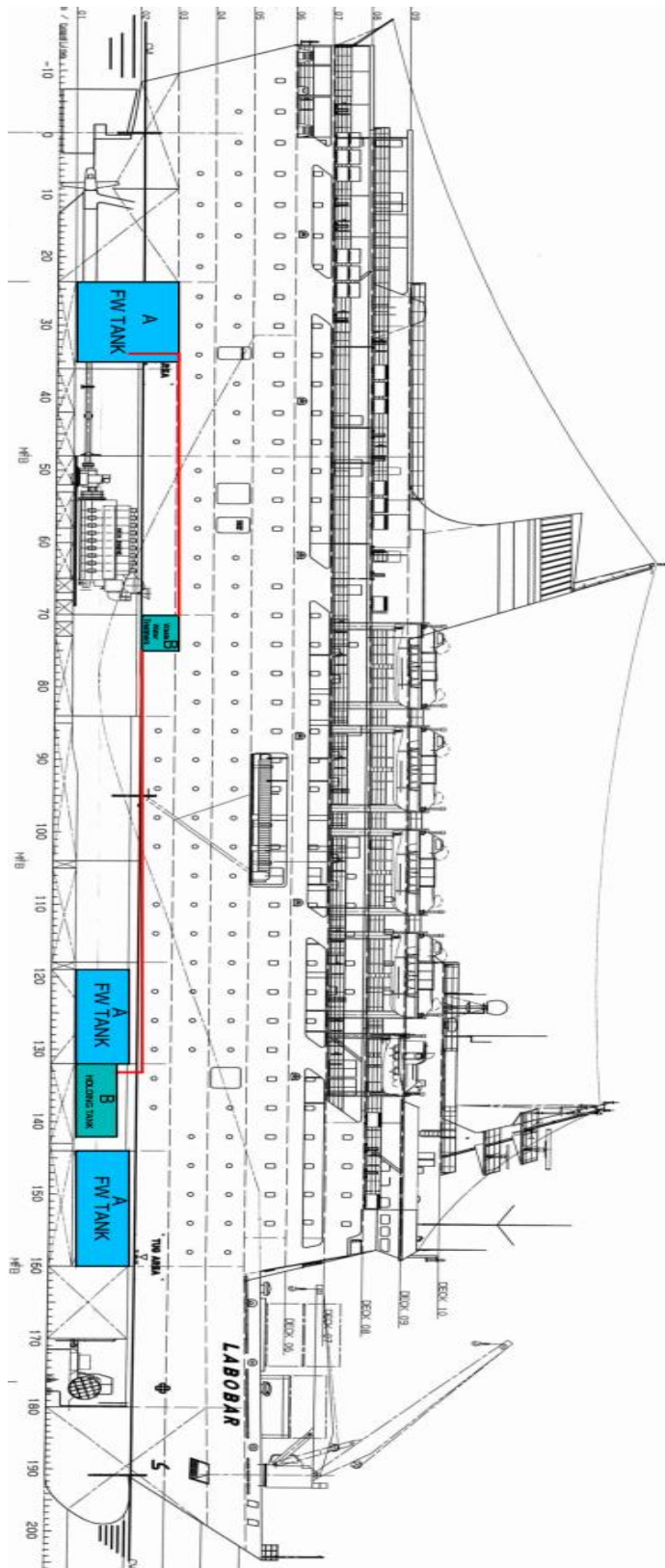
Capacity:	from 5,5 to 460 L/h
Max pressure:	10 BAR
Stroke rate:	58 • 78 • 116 strokes/minute
Diaphragm diameter:	from 64 to 165 mm
Motor:	standard 0,18 • 0,25 • 0,37 Kw (IP 55)
Stroke length:	2 mm • 4 mm • 6 mm

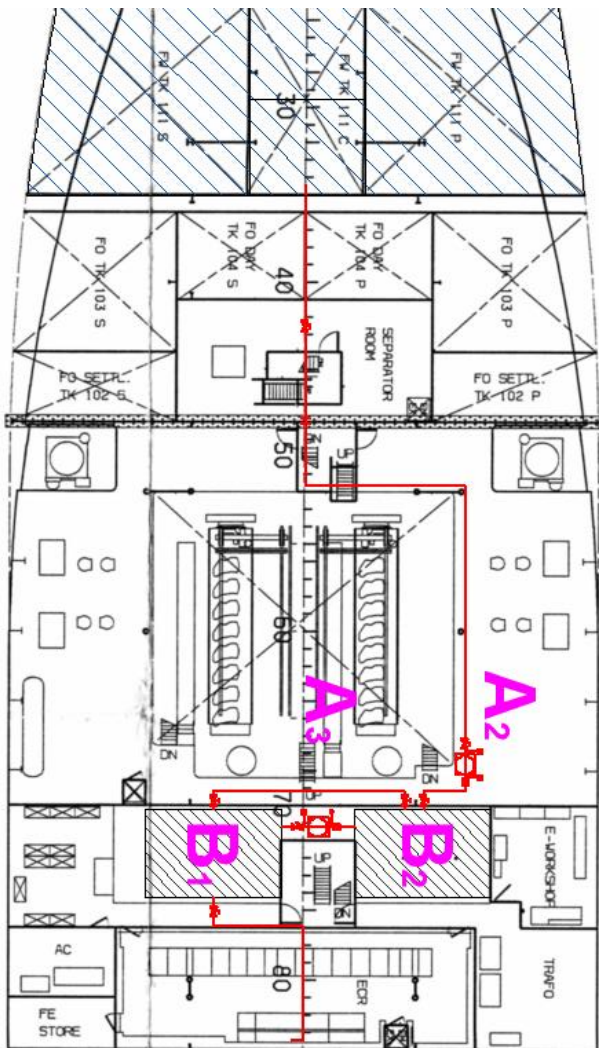


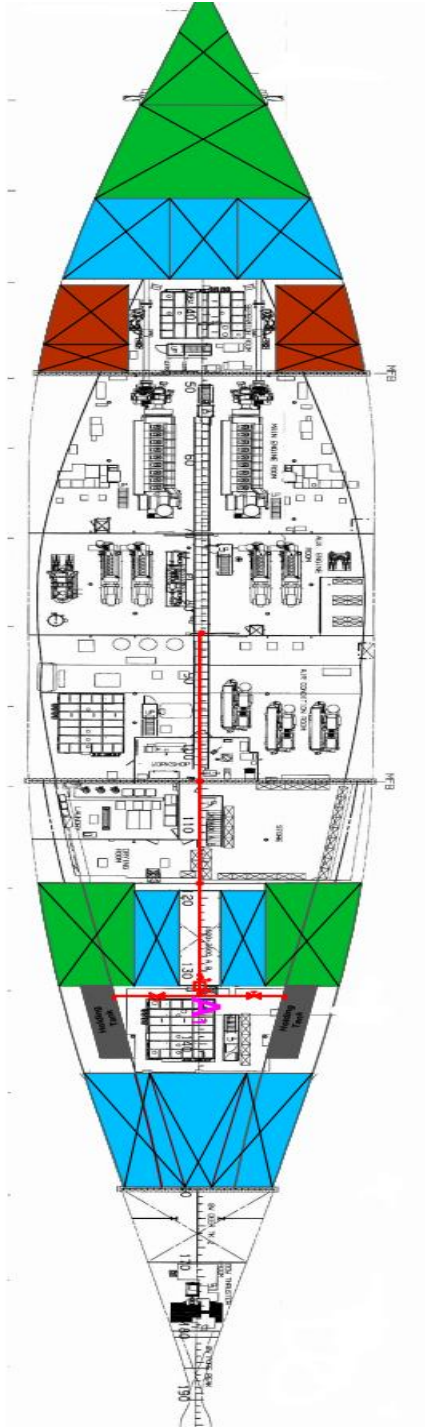
MODEL	DIAPHRAGM DIAMETER	STROKE LENGTH (mm)	STROKES/min	FLOW RATE (l/h)	MAX PRESSURE				CONNECTIONS		3phases Motor (kw)
					bar		psi		SS 316	PP	
					SS 316	PP	SS 316	PP			
MS1A064A	64	2	58	5,5	10	10	145	145	1/4 g f	1/4 g f	0,18
MS1A064B			78	8							
MS1A064C			116	11							

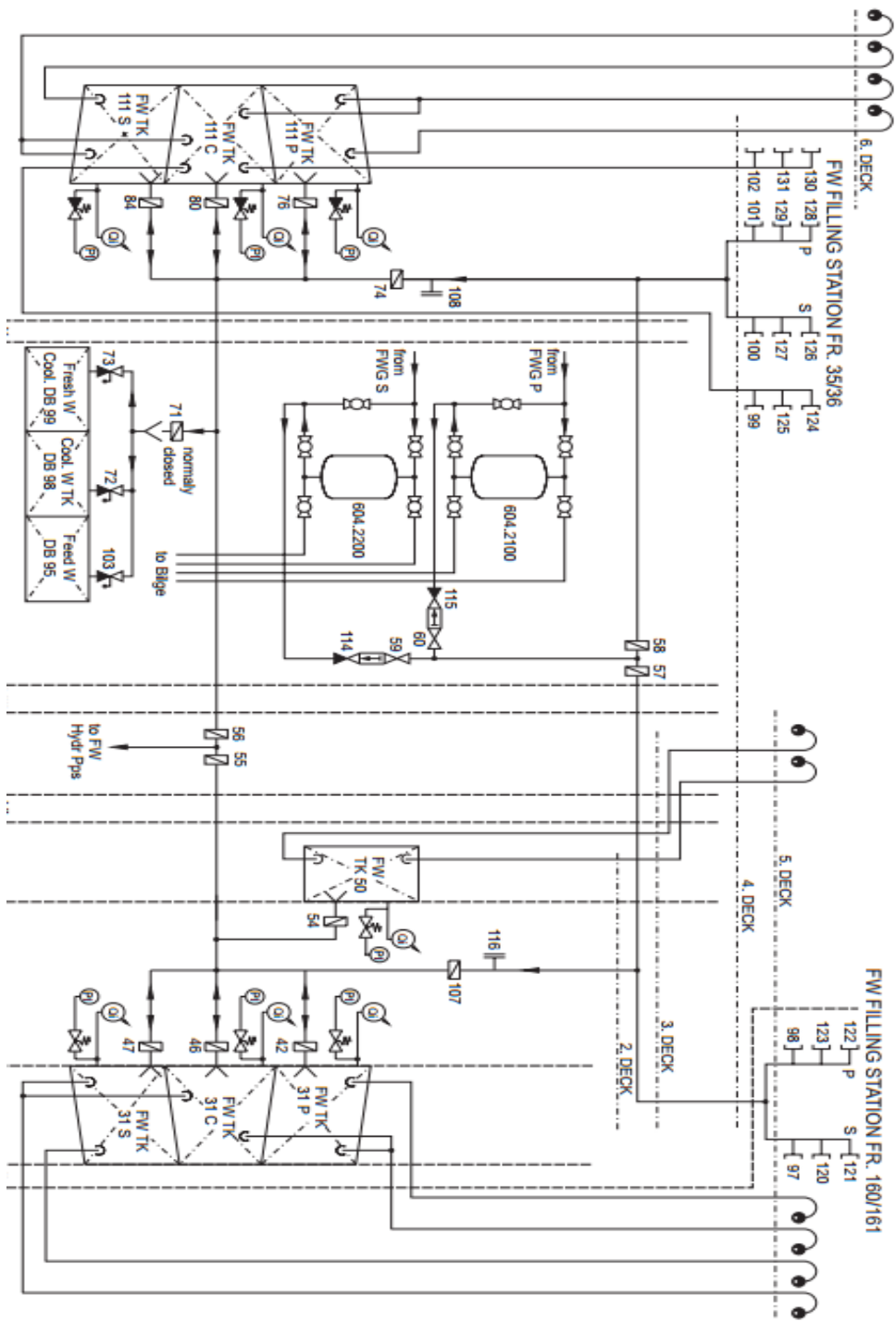
# Moody Diagram



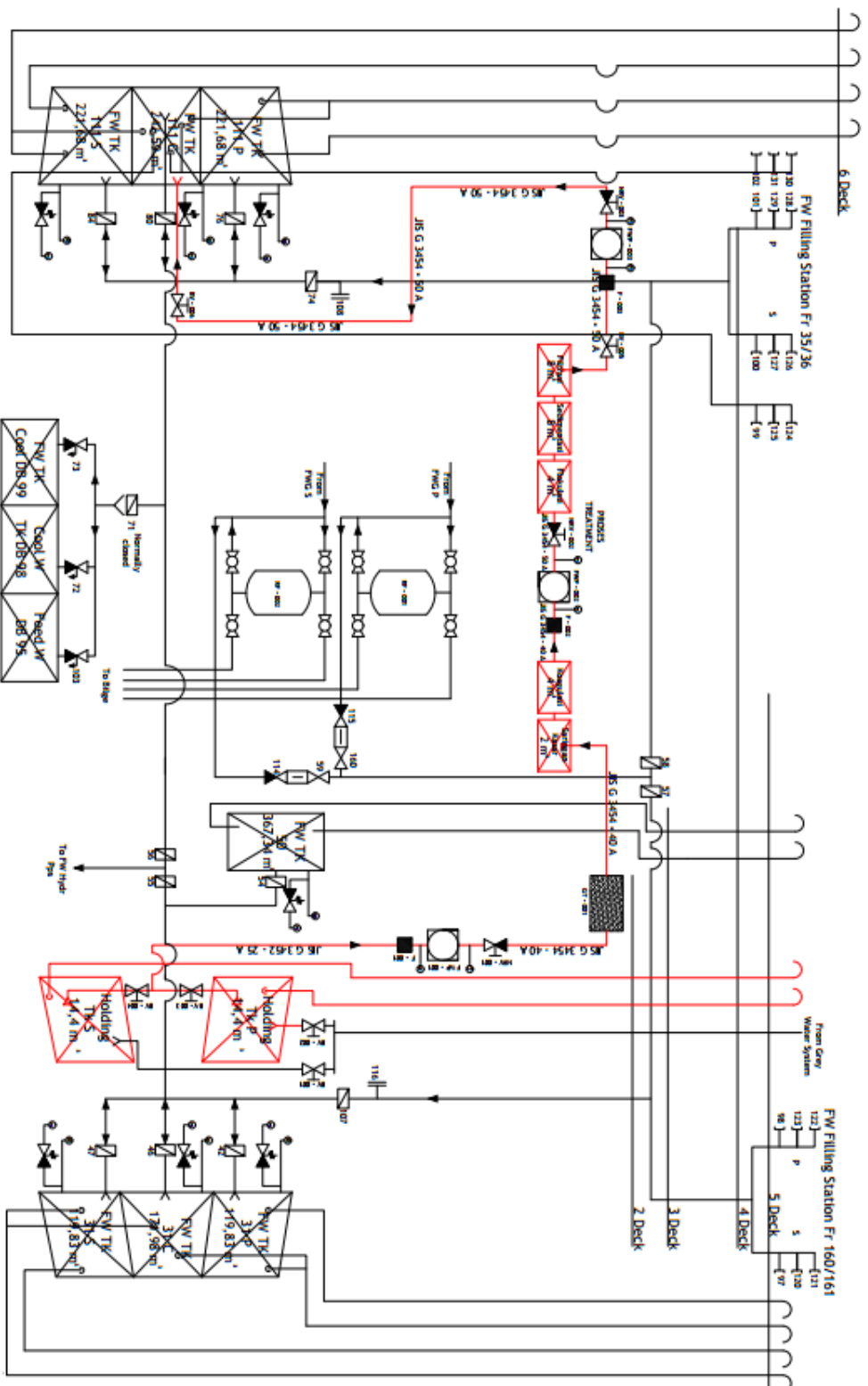












“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Dimas Ilham Akbar, lahir di Surabaya 24 April 1997. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis merupakan anak kandung dari bapak bernama Idrus serta ibu bernama Erina. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu mulai dari SD Negeri Manukan Kulon Kawasan (2003-2009), SMP Negeri 26 Surabaya (2009-2012), dan SMA Negeri 6 Surabaya (2012-2015). Penulis melanjutkan kuliah di kampus perjuangan yang berada di Surabaya yaitu sebagai mahasiswa di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2015-2019. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek 1 di PT. Samudra Marine Indonesia, Banten dan kerja praktek 2 di PT. TBBM Pertamina, Surabaya. Dalam kegiatan akademik penulis terdaftar sebagai member *Marine Operation and Maintenance Laboratory*. Dalam kegiatan non-akademik penulis juga aktif sebagai anggota bidang keolahragaan di Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan selama satu periode kepengurusan, aktif sebagai anggota *METIC (Marine Technology and Innovation Club)* pada tahun 2015 dan kepanitiaan kegiatan departemen teknik sistem perkapalan *Marine Icon* maupun kegiatan kampus GERIGI ITS. Dengan segala pengalaman dan bimbingan dari beberapa dosen, kakak-kakak angkatan atas saya, maupun teman-teman seperjuangan saya selama menempuh pendidikan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS, penulis mengharapkan selalu menjadi pribadi yang tangguh, rendah hati, serta bermanfaat bagi keluarga, agama, bangsa, serta orang disekitarnya.

**Dimas Ilham Akbar**

[dimasilhmakbr@gmail.com](mailto:dimasilhmakbr@gmail.com)

Motto: “*there is no limit of struggling*”

“Halaman ini sengaja dikosongkan”