



TUGAS AKHIR – ME 184834

PERENCANAAN DAN STUDI KELAYAKAN *RECEPTION FACILITY* UNTUK AIR BALLAST DAN *SLUDGE* DI TERMINAL CILACAP

Mukhamad Anas Ardiansyah
NRP 0421154000093

Dosen Pembimbing 1

Nama : Ir. Hari Prastowo. M.Sc.

NIP : 196510301991021001

Dosen Pembimbing 2

Nama : Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.

NIP : 19760310200031001

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BACHELOR THESIS – ME 184834

**PLANNING AND FEASIBILITY STUDY OF RECEPTION
FACILITY FOR BALLAST WATER AND SLUDGE AT
TERMINAL CILACAP**

Mukhamad Anas Ardiansyah
NRP 0421154000093

SUPERVISOR

Nama : Ir. Hari Prastowo. M.Sc.

NIP : 196510301991021001

Nama : Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.

NIP : 19760310200031001

MARINE ENGINEERING DEPARTMENT

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN DAN STUDI KELAYAKAN *RECEPTION FACILITY* UNTUK
AIR BALLAST DAN *SLUDGE* DI TERMINAL CILACAP**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Marine Fluid Machinery and System (MMS)*

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Mukhamad Anas Ardiansyah

NRP. 0421154000093

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi:

Ir. Hari Prastowo, M.Sc.



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



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN DAN STUDI KELAYAKAN *RECEPTION FACILITY* UNTUK AIR BALLAST DAN *SLUDGE* DI TERMINAL CILACAP

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Marine Fluid Machinery and System (MMS)*

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

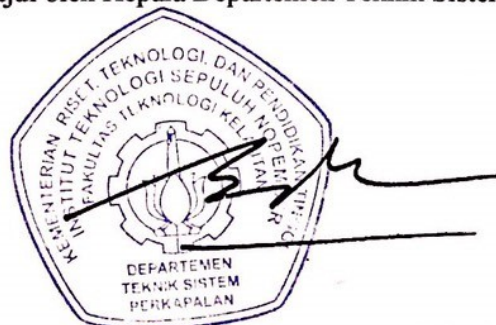
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Mukhamad Anas Ardiansyah

NRP. 0421154000093

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman., ST., MT

NIP. 197708022008011007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERENCANAAN DAN STUDI KELAYAKAN RECEPTION FACILITY UNTUK AIR BALLAST DAN SLUDGE DI TERMINAL CILACAP

Nama Mahasiswa : Mukhamad Anas Ardiansyah
NRP : 0421154000093
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Hari Prastowo, M.Sc
Dosen Pembimbing 2 : Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc

ABSTRAK

Reception Facility adalah fasilitas penampungan di pelabuhan yang tidak hanya digunakan untuk menampung kotoran, tetapi digunakan juga untuk menampung sisa-sisa minyak, zat cairan beracun, dan sampah yang berasal dari kapal. Negara konvensi MARPOL 73/78 diwajibkan untuk menyiapkan dan memelihara fasilitas penampungan yang cukup didarat karena hasil semua jenis air buangan yang berasal dari kapal tidak bisa langsung dibuang karena akan merusak ekosistem laut. Juga berdasarkan konvensi internasional yang dibuat IMO untuk menjaga keseimbangan ekosistem laut, dari Annex I sampai dengan Annex VI, semua diatur sedemikian rupa agar kapal saat berlayar maupun pada saat bersandar di pelabuhan tidak membuang limbah sembarangan seperti oli, bahan kimia, muatan berbahaya, air limbah/sewage, sampah, emisi gas berbahaya, dan tentunya air ballast. Dengan adanya beberapa persyaratan dan peraturan, kapal seharusnya dipasangkan sebuah alat *Water Treatment Plant* untuk dapat mengelolah limbah cair yang ada di kapal agar tidak merusak ekosistem laut sekitar. Akan tetapi penambahan alat untuk *water treatment plant* merupakan investasi yang cukup mahal dan efisiensi pemanfaatan ruangan yang ada di kapal menjadi faktor pertimbangan. *Port-Based Water Treatment Plant* di pelabuhan untuk mempermudah kapal-kapal yang akan bersandar agar tidak harus memasang *Water Treatment Plant* di atas kapal, sehingga dapat tetap melakukan pembuangan melalui *reception facility* dan tetap memenuhi kriteria IMO untuk melindungi ekosistem laut. Sehingga penelitian ini dilakukan untuk merencanakan *reception facility* untuk sistem treatment air ballast dan sludge. Lalu, membandingkan biaya investasi dan operasional dari 2 sistem yang direncanakan. Metode treatment air ballast yang digunakan adalah injeksi biosida kimia ClO_2 dan *ozone side stream injection*, Sedangkan treatment sludge yang digunakan adalah metode sentrifugal dan solvent extraction. Estimasi total biaya pemasangan *reception facility* untuk air ballast dan sludge treatment yang direncanakan adalah sebesar Rp40.333.574.270 dan biaya operasional *reception facility* untuk 5 tahun kedepan adalah sebesar Rp3.486.922.207.

Kata kunci : Ballast, Sludge, Ballast Water Treatment, Sludge Treatment, IMO, Reception Facility, Ozon, Klorin dioksida, Sentrifugal, solvent extraction

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PLANNING AND FEASIBILITY STUDY OF RECEPTION FACILITY FOR BALLAST WATER AND SLUDGE AT TERMINAL CILACAP

Student Name : Mukhamad Anas Ardiansyah
NRP : 0421154000093
Department : Teknik Sistem Perkapalan
Supervisor 1 : Ir. Hari Prastowo, M.Sc
Supervisor 2 : Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc

ABSTRACT

Reception Facility is a facility in the port that is not only used to store dirt, but is also used to accommodate the remaining oil, toxic liquid substances, and garbage originating from ships. The state of convention MARPOL 73/78 is required to prepare and maintain shelter facilities that are sufficiently landed because the results of all types of wastewater originating from ships cannot be directly disposed. Also based on international conventions made by IMO to maintain the balance of marine ecosystems, from Annex I to Annex VI, all are arranged in such a way that ships when sailing or when leaning on ports do not dispose of careless waste such as oil, chemicals, dangerous cargo, waste water / sewage, garbage, harmful gas emissions, and of course ballast water. With the existence of several requirements and regulations, the vessel should have a Water Treatment Plant tool installed to be able to manage liquid waste on the ship so as not to damage the surrounding marine ecosystem. However, the addition of equipment for the water treatment plant is an investment that is quite expensive and the efficiency of the utilization of existing space on the ship is a factor of consideration. The Port-Based Water Treatment Plant at the port is to make it easier for ships that will berth so that they do not have to install a Water Treatment Plant on board, so they can continue to discharge through the reception facility and still fulfill the IMO criteria to protect the marine ecosystem. So that this research is conducted to plan reception facilities for ballast water and sludge treatment systems. Then, compare the investment and operational costs of the 2 planned systems. The ballast water treatment methods which is used are injection of chemical biocide ClO_2 and ozone side stream injection, while the sludge treatment which is used are the centrifuge method and solvent extraction. The estimated total cost of reception facility installation for planned ballast and sludge treatment is Rp. 40,333,574,270 and reception facility operating costs for the next 5 years are Rp3.486.922.207.

Keywords : Ballast, Sludge, Ballast Water Treatment, Sludge Treatment, IMO, Reception Facility, Ozone, Chlorine Dioxide, Centrifuges, Solvent extraction.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Allah S.W.T karena berkat rahmat dan Karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusuna Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan dan Studi Kelayakan *Reception Facility* Untuk Air Ballast dan *Sludge* di Terminal Cilacap” dengan baik untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana dari Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih pada:

1. Bapak Hasan, Ibu Maisun, Ibu Siamah, Mas Fuad, Mas Affan, Mas Rudi, dan Adek saya Fahrul, beserta keluarga besar saya yang selalu mendoakan saya dan mendukung saya baik moral maupun material.
2. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zama, ST., MT selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan, FTK - ITS.
3. Prof. Dr. Ir. Ketut Buda Artana, M.Sc selaku dosen wali saya yang memberikan saran kepada saya untuk menyelesaikan studi di Departemen Teknik Sistem Perkapal, FTK – ITS.
4. Bapak Ir. Hari Prastowo, M.Sc dan Bapak Taufik Fajar Nugroho, ST., MT. selaku dosen pembimbing dalam mengerjakan Tugas Akhir yang telah memberikan ilmu, masukan, saran, dan juga nasihat yang baik.
5. Kepada teman-teman saya SALVAGE’15 yang selalu mendukung dan membantu saya baik dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, maupun bertahan menjalani masa perkuliahan dari tahun 2015. Dan juga tak lupa adik-adik saya VOYAGE’16 dan BADRIKARA’17 yang juga selalu memberikan dukungan.
6. Kepada teman-teman saya yang selalu senantiasa menemani dan membantu saya setiap saat Atfal Afandi, Febrian Rohiim, Ardi Pangestu, Affifudin Zuhri, Zeka Angger, Arie Nanda, Luqmanul Hakim, dan Faisal
7. Teman-teman lab yang telah menemani dan membantu menyelesaikan Tugas Akhir saya, yaitu Youri, Faroq, Merbie, Irwan, Rijal, Salva, dan Timothy.
8. Teman-teman saya Rayzeeladita Agustin Witlandarie, Nurkhairana, dan Herdira yang telah selesai melakukan studi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, tetapi tetap membantu saya dalam mengerjakan Tugas Akhir dengan memberikan pengalaman dan saran.
9. Juga turut berterimakasih kepada teman-teman saya dari “akmrch”, MadeAyu, Yoga Penangsang, Dhany Zainur, Fridianty, Vivi Atikasari, Sabrina Herdidestiamurti, Diavita Septa, Deny Indra, Fiqry Prariadintya, dan Galih Novtrian.
10. Teman-teman saya dari “kasih Ibu” yang selalu mendoakan kelancaran saya dalam mengerjakan Nana, Angga, Farah Dilla, Wiem, Arfian, Nadira, dan Ina.
11. Teman-teman bimbingan Skripsi Bapak Hari dan Bapak Taufik yang selalu berbagi informasi dan membantu selama proses menyelesaikan Tugas Akhir ini yaitu, Ananta, Nanang, Sandy, Linggar, dan Ebil.

12. Seluruh member laboratorium Marine Fluid Machinery and System, laboratorium Marine Power plant, dan laboratorium Marine Operation and Maintenance yang telah mem-fasilitasi dan membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih belum sempurna, oleh karena itu penulis akan menghargai kritik dan saran yang membangun terkait penelitian tersebut pada masa mendatang. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini memberikan manfaat bagi semua pihak utamanya pembaca.

Surabaya, Juli 2019

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR – ME 184834	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK	ix
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat.....	2
BAB II	3
2.1 Aktivitas peelabuhan	3
2.2 <i>Reception Facility</i>	4
2.2.1 <i>Sludge</i>	4
2.2.2 <i>Ballast Water System</i>	4
2.3 Metode Treatment <i>Sludge</i>	6
2.3.1 <i>Solvent Extraction Method</i>	7
2.3.2 <i>Centrifugation Method</i>	8
2.3.3 <i>Ultra High Temperature Gasification</i>	8

2.4 Metode Pembuangan <i>Sludge</i>	9
2.4.1 Pembakaran / <i>Incineration</i>	9
2.4.2 Stabilisasi/Pembekuan	9
2.4.3 Oksidasi	9
2.5 Sistem Manajemen Air Ballast di Pelabuhan	9
2.5.1 <i>Land-Based Ballast Water Treatment</i>	10
2.5.2 <i>Barge-Based Ballast Water Treatment</i>	11
2.5.3 <i>Mobile Unit Ballast Water Treatment</i>	12
2.6 Teknologi Penanganan Air Balas	14
2.7 Tinjauan Ekonomis.....	16
2.7.1 Studi Kelayakan.....	16
2.7.2 <i>Net Present Value (NPV)</i>	16
2.7.3 <i>Internal Rate Return (IRR)</i>	17
2.7.4 <i>Payback Periods (PP)</i>	18
2.8 Profil Terminal Khusus Cilacap	18
BAB III.....	21
3.1 Diagram Alir	21
3.2 Identifikasi Masalah	22
3.3 Study Literatur.....	22
3.4 Pengumpulan Data.....	22
3.5 Analisa Kondisi Terkini	22
3.6 <i>Design Optional Reception Facility</i>	22
3.7 Menentukan <i>Bill of Quantity (BOQ)</i>	23
3.8 Menentukan Biaya Investasi.....	23

3.9 <i>Cost analysis</i>	23
3.10 Kesimpulan dan Saran	23
BAB IV	25
4.1 Menentukan Kapasitas <i>Ballast Water Treatment</i>	25
4.1.1 Melengkapi Data Utama Kapal	25
4.1.2 Menentukan Kapasitas Treatment Air Ballast.....	28
4.2 Perencanaan <i>Water Ballast Treatment</i> di Terminal Cilacap	30
4.2.1 Perancangan sistem treatment air ballast I pada <i>Reception Facility</i>	30
4.2.2 Perancangan sistem treatment air ballast II pada <i>Reception Facility</i>	34
4.3 Menentukan Kapasitas Penampungan dan Sistem Treatment Sludge.....	39
4.3.1 Melengkapi data volume sludge setiap kapal yang bersandar	39
4.3.2 Menentukan kapasitas penampungan Sludge di Terminal Cilacap	43
4.4 Perencanaan Penampungan dan <i>Treatment Sludge</i> di Terminal Cilacap	44
4.4.1 Perancangan penampungan dan treatment <i>Sludge</i> I	44
4.4.2 Perancangan penampungan dan treatment <i>Sludge</i> II	46
4.5 <i>Material Requirement Plan</i>	51
4.5.1 Spesifikasi peralatan yang dibutuhkan <i>water ballast treatment</i> I.....	51
4.5.2 <i>Capital Expenditure Ballast Watter Treatment</i> I.....	52
4.5.3 <i>Operational Expenditure Ballast Watter Treatment</i> I	53
4.5.4 Spesifikasi peralatan yang dibutuhkan <i>water ballast treatment</i> II	55
4.5.5 <i>Capital Expenditure Ballast Water Treatment</i> II.....	56
4.5.5 <i>Operational Expenditure Ballast Water Treatment</i> II	57
4.5.6 Spesifikasi peralatan yang dibutuhkan <i>sludge treatment</i> I	59
4.5.7 <i>Capital Expenditure Sludge Treatment</i> I	60

4.5.8	<i>Operational Expenditure Sludge Treatment I</i>	61
4.5.9	Spesifikasi peralatan yang dibutuhkan <i>sludge treatment II</i>	62
4.5.10	<i>Capital Expenditure Sludge Treatment II</i>	63
4.5.11	<i>Operational Expenditure Sludge Treatment II</i>	64
4.6	<i>Cost analysis</i>	64
BAB V	67
5.1	Kesimpulan.....	67
5.2	Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	71
BIODATA PENULIS	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kapal Berlabuh.....	3
Gambar 2. 2 Sistem Ballast pada Kapal.....	6
Gambar 2. 3 <i>Overview of oily sludge treatment</i>	7
Gambar 2. 4 <i>Backflow Diagram of Solvent Extraction Method</i>	8
Gambar 2. 5 skema diagram sistem sentrifugal	8
Gambar 2. 6 Land-based Ballast Water Treatment	11
Gambar 2. 7 Barge-Based Ballast Water Treatment	12
Gambar 2. 8 Mobile Unit Water Ballast Treatment	14
Gambar 2. 9 Peta Pelabuhan Cilacap	19
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	21
Gambar 4. 1 Data utama kapal yang bersandar	25
Gambar 4. 2 Grafik kedatangan kapal per-hari di Cilacap tahun 2017	29
Gambar 4. 3 Grafik Volume air ballast yang dibuang per-hari di Cilacap tahun 2017	29
Gambar 4. 4 Sistem <i>Port-Based Water Ballast Treatment</i>	31
Gambar 4. 5 Sistem <i>Port-Based Water Ballast Treatment II</i>	36
Gambar 4. 6 Grafik volume sludge yang dibuang per-hari di Cilacap tahun 2017	43
Gambar 4. 7 penampungan dan sistem treatment <i>sludge I</i>	45
Gambar 4. 8 penampungan dan sistem treatment <i>sludge II</i>	47
Gambar 4. 9 Grafik biaya maintenance air ballast treatment	65
Gambar 4. 10 Grafik biaya maintenance <i>sludge</i> treatment	65

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Regulasi IMO D-2.....	11
Tabel 2. 2 Teknologi perlakuan air ballast	14
Tabel 4. 1 Daftar volume ballast kapal yang sandar	26
Tabel 4. 2 volume tangki sludge	40
Tabel 4. 3 spesifikasi peralatan	51
Tabel 4. 4 Daftar Harga peralatan	52
Tabel 4. 5 Total biaya pengadaan barang.....	52
Tabel 4. 6 Daftar biaya pemasangan	53
Tabel 4. 7 Daftar biaya Operasional Expenditure	54
Tabel 4. 8 spesifikasi peralatan	55
Tabel 4. 9 Daftar harga Peralatan.....	56
Tabel 4. 10 Total biaya pengadaan barang.....	56
Tabel 4. 11 Daftar biaya pemasangan	57
Tabel 4. 12 Daftar biaya Operasional Expenditure	58
Tabel 4.13 spesifikasi peralatan	59
Tabel 4. 14 Daftar harga peralatan	60
Tabel 4. 15 Total biaya pengadaan barang.....	60
Tabel 4. 16 Daftar biaya pemasangan	60
Tabel 4. 17 Daftar biaya Operasional Expenditure	61
Tabel 4. 18 spesifikasi peralatan	62
Tabel 4. 19 Daftar harga Peralatan.....	63
Tabel 4. 20 Total biaya pengadaan barang.....	63
Tabel 4. 21 Daftar biaya pemasangan	63
Tabel 4. 22 Daftar biaya Operasional Expenditure	64
Tabel 4. 23 <i>cost analysis</i>	66

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Reception Facility adalah fasilitas penampungan di pelabuhan yang tidak hanya digunakan untuk menampung kotoran, tetapi digunakan juga untuk menampung sisa-sisa minyak, zat cairan beracun, dan sampah yang berasal dari kapal. Negara konvensi MARPOL 73/78 diwajibkan untuk menyiapkan dan memelihara fasilitas penampungan yang cukup didarat karena hasil semua jenis air buangan yang berasal dari kapal tidak bisa langsung dibuang. Karena akan merusak ekosistem laut.

Juga berdasarkan konvensi internasional yang dibuat IMO untuk menjaga keseimbangan ekosistem laut, dari Annex I sampai dengan Annex VI, semua diatur sedemikian rupa agar kapal saat berlayar maupun pada saat bersandar di pelabuhan tidak membuang limbah sembarangan seperti oli, bahan kimia, muatan berbahaya, air limbah/seawage, sampah, emisi gas berbahaya, dan tentunya air ballast. Terutama untuk air yang bercampur dengan minyak, tidak dapat di buang secara langsung karena air yang mengandung minyak atau zat kimia lain dapat merusak keseimbangan ekosistem yang ada di laut dan lambat laun akan membuat hewan dan tanaman di lautan mati.

Annex I mengatur syarat pembuangan limbah air yang terkandung minyak untuk diberlakukan di seluruh wilayah perairan dengan negara yang menganut konvensi MARPOL 73/78 oleh IMO tersebut. Sludge yang berasal dari sisa bahan bakar dan sisa minyak pelumas bekas dilarang dibuang langsung ke laut. Sludge ini benar benar berbahaya bagi lingkungan laut dan polutan tinggi untuk ekosistem perairan. Oleh karena itu, harus dibuang ke fasilitas penerimaan pelabuhan atau *reception facility*. Juga dapat dilakukan pengolahan di pelabuhan agar bisa dibuang nantinya. Juga dengan limbah cair yang lain, sebelum dilakukan pembuangan perlu adanya beberapa prosedur *water treatment*. (Witlandarie, 2018)

Dengan adanya beberapa persyaratan dan peraturan, kapal seharusnya dipasangkan sebuah alat *Water Treatment Plant* untuk dapat mengolah limbah cair yang ada di kapal agar tidak merusak ekosistem laut sekitar. Akan tetapi penambahan alat untuk *water treatment plant* merupakan investasi yang cukup mahal dan efisiensi pemanfaatan ruangan yang ada di kapal menjadi faktor pertimbangan. Namun untuk memenuhi persyaratan water treatment sebelum dibuang, kapal harus melakukan manajemen air buangan baik dengan cara menambah alat di kapal maupun dengan menggunakan fasilitas dari pihak pelabuhan. Sehingga diperlukan penelitian studi kelayakan fasilitas *Port-Based Water Treatment Plant* di pelabuhan untuk mempermudah kapal-kapal yang akan bersandar agar tidak harus memasang *Water Treatment Plant* di atas kapal, sehingga dapat tetap melakukan pembuangan dengan menggunakan

fasilitas pelabuhan (*reception facility*) dan tetap memenuhi kriteria IMO untuk melindungi ekosistem laut.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ada tiga, yaitu :

1. Bagaimana cara menentukan kapasitas pembuangan air balas dan sludge di terminal Cilacap?
2. Bagaimana desain sistem fasilitas pelabuhan untuk pengolahan air balas dan tangki penampungan *sludge* pada *reception facility*?
3. Bagaimana menentukan *Bill of Quantity* dari fasilitas *reception facility*?
4. Bagaimana keekonomian yang dibutuhkan untuk merancang fasilitas pengolahan air balas dan tangki penampungan *sludge* pada *reception facility* di terminal khusus PT Pertamina (persero) *Marine Region IV Cilacap*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dibuat agar lingkup penelitian ini lebih fokus, yaitu :

1. Penelitian ini hanya fokus pada *Reception Facility* untuk pengolahan air balas dan *sludge*.
2. Desain yang akan dikerjakan hanya *key plan* dari sistem fasilitas *reception facility* pada pelabuhan.
3. Pelabuhan yang dimaksud adalah dermaga area 70 di terminal khusus PT Pertamina (persero) *Marine Region IV Cilacap*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kapasitas pembuangan air balas dan sludge di terminal khusus PT Pertamina (persero) *Marine Region IV Cilacap*.
2. Membuat alternative desain *key plan* sistem *reception facility* untuk air balas dan *sludge*.
3. Mendapatkan *Bill of Quantity* dan biaya investasi *reception facility* untuk air balas dan *sludge* untuk masing-masing desain
4. Memperoleh biaya investasi dan operasional yang paling rendah untuk 5 tahun operasi.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan data kapasitas buangan air balas dan sludge pada terminal Cilacap
2. Menyediakan desain sistem *reception facility* untuk pengolahan air balas dan penampungan *sludge*.
3. Menyediakan *Bill of Quantity* (BOQ) dan estimasi biaya investasi dari *reception facility* di terminal Cilacap.
4. Memberikan rekomendasi perancangan *reception facility* dengan biaya operasional paling rendah selama 5 tahun kedepan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aktivitas peelabuhan

Pelabuhan adalah sebuah fasilitas di ujung Samudra, sungai, atau danau untuk menerima kapal dan memindahkan barang kargo maupun penumpang ke dalamnya. Pelabuhan biasanya dilengkapi dengan fasilitas-fasilitas bongkar muat kapal secara khusus. Karena biasanya setiap pelabuhan memiliki karakteristik yang berbeda-beda sesuai dengan jenis kapal yang biasa singgah di pelabuhan tersebut. Crane dan Gudang berpendingin juga disediakan oleh pihak pengelola maupun pihak swasta yang berkepentingan. Beberapa fasilitas penunjang juga disediakan di pelabuhan untuk memenuhi kebutuhan kapal yang berlabuh dan bersiap untuk kembali berlayar. Sering pula diketahui beberapa fasilitas *supporting system* pelabuhan untuk melayani kapal, seperti pengalengan dan pemrosesan barang.



Gambar 2. 1 Kapal Berlabuh
(Sumber: Kerja Praktik PT Pertamina RU IV)

Beberapa fasilitas-fasilitas penunjang kebutuhan kapal saat bersandar di pelabuhan selalu dibutuhkan. Seperti pengolahan dan manajemen pembuangan air yang tertampung di kapal yang harus dibuang karena penampungan tersebut dibutuhkan untuk penampungan saat pelayaran berikutnya atau biasa disebut *reception facility*. *Reception Facility* adalah fasilitas penampungan didarat yang tidak hanya digunakan untuk menampung kotoran, tetapi digunakan juga untuk menampung sisa-sisa minyak, zat kimia, dan sampah yang berasal dari kapal. Beberapa sistem pengolahan air juga disediakan di atas kapal untuk diolah secara langsung di kapal dan dibuang di lautan secara langsung. Tetapi beberapa kapal kecil atau kapal

dengan jarak pelayaran pendek biasanya tidak memerlukan alat pengolahan air demi efisiensi biaya pembangunan kapal. Maka, pelabuhan memerlukan alat penampungan dengan sistem pengolahan air buangan kapal seperti *Oily Water*, *Seawage*, dan *Ballast Water*.

2.2 Reception Facility

Istilah reception facility mengacu pada fasilitas tetap, *floating*, atau mobile yang mampu atau menerima residua tau limbah MARPOL dari kapal dan sesuai untuk keperluan itu. Mengingat perlunya mengatasi masalah lama dari tidak memudahinya fasilitas penampungan pelabuhan. Komite perlindungan lingkungan laut, telah menerima masukan berharga dari forum fasilitas penerimaan pelabuhan industry, yang diadopsi, pada sesi ke-55 (Oktober, 2006), rencana aksi untuk menanggulangi ketidakcukupan dan menginstruksikan Sub-komite untuk *Flag State Implementation* (FSI) untuk memberikan progress. Dalam penampungan air limbah akan dilakukan pengolahan, pengolahan ini dibedakan menjadi beberapa jenis limbah cair yang ada di kapal. beberapa contoh limbah cair yang harus ditreatment adalah sebagai berikut:

2.2.1 Sludge

Komposisi slude sangat kompleks. Ini terdiri dari minyak didalam air, air dalam emulsi minyak dan padatan tersuspensi. Sludge mengandung zat beracun seperti hidrokarbon aromatic, hidrokarbon plyaromatic, dan kandungan hidrokarbon yang tinggi. Sludge sulit dihidrasi karena tingginya viskositas. Sludge pada dasarnya terdiri dari sekitar 55,13% air, 9,246% sedimen, 1,9173% asphaltenes, 10,514% lilin, dan 23,19% hidrokarbon ringan dan juga konsentrasi tinggi logam berat, misalnya vanadium 204 ppm, Fe 0,6% dan nikel 506 ppm, yang membuat sludge berbahaya bagi lingkungan dan organisme, yang perlu ditangani untuk perlindungan lingkungan. *Petroleum sludge* diklasifikasi sebagai limbah berbahaya (karena kandungan minyaknya) dan dalam kebanyakan kasus, limbah tersebut juga diklasifikasikan sebagai cairan yang berarti tidak dapat dibuang secara langsung.

2.2.2 Ballast Water System

Cara kerja sistem balas, secara umum adalah untuk mengisi tangka balas yang berada di *double bottom*. Melui pompa balas, dan saluran pipa utama dan pipa cabang. Sistem balas merupakan sistem untuk dapat memposisikan kapal dalam keadaan seimbang baik dalam *trim by bow* maupun *trim by stern*, maupun keadaan oleng. Dalam perencanaannya adalah dengan memasukkan air sebagai bahan balas agar posisi kapal dapat kembali pada posisi yang sempurna. Adapun komponen-komponen sistem balas meliputi, sea chest, jalur pipa balas, pompa balas, tangki balas, jumlah dan jenis katup serta fitting dan outboard. (Arif, Kurnawati, & Misbah, 2016)

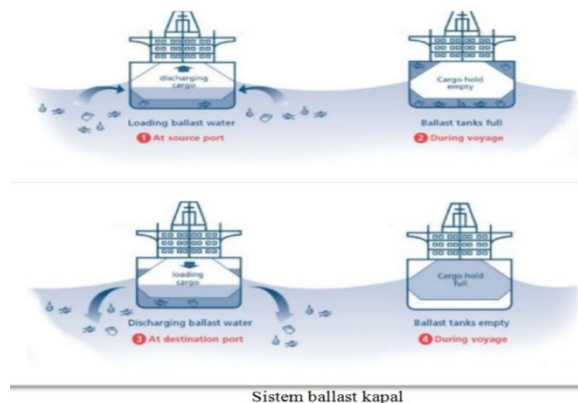
Saat sebuah kapal memompa air ballast ke dalam kapal, air ballast ini biasanya berisi partikel – partikel kecil bahan anorganik dan organik padat. Sedimen tangki ballast terdiri dari berbagai partikel padat yang terakumulasi terutama di dasar tangki air ballast dan struktur dalamnya. Sebagian besar sedimen dimasukkan ke dalam tangki selama operasi ballasting, terutama jika dilakukan di perairan dangkal. Sedimen dalam tangki ballast meliputi tanah liat ($2\ \mu\text{m}$ atau kurang), lumpur ($2 - 63\ \mu\text{m}$) dan pasir ($63\ \mu\text{m} - 2\ \text{mm}$). Sumber partikel padat disebabkan oleh pecahan partikel produk dari berbagai proses yang terjadi di dalam sistem ballasting itu sendiri yaitu tangki, perpipaan dan pompa, faktor yang paling mempengaruhi adalah korosi dan memburuknya lapisan pelindung (Maglic, 2017). Selama proses deballasting, hanya sebagian dari sedimen yang terakumulasi dalam tangki air balas yang ikut keluar dengan air balas. Oleh karena itu, sisa sedimen akan terakumulasi dalam tangki balas melalui waktu normal operasi kapal.

Konvensi Internasional mengenai pengendalian dan pengolahan air ballast dan sedimen kapal, 2004 (Konvensi BWM) (IMO, 2004) mengatur tentang air ballast dan sedimen di tangki ballast. Konvensi ini dibuat sejak air ballast dan sedimen telah diidentifikasi sebagai salah satu vektor untuk transfer organisme perairan yang berbahaya dan pathogen di antara ekosistem laut yang berbeda yang dapat menyebabkan kerusakan pada lingkungan, ekonomi lokal dan kesehatan manusia. Beberapa peraturan pemerintah juga mendukung untuk adanya *treatment* air ballast sebelum dibuang, antara lain:

1. UU No. 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran
Pada pasal 229 ayat 1 menyatakan : “Setiap kapal dilarang melakukan pembuangan limbah, air balas, kotoran, sampah, serta bahan kimia berbahaya dan beracun ke perairan”
2. PP No. 21 Tahun 2010 Tentang Perlindungan Lingkungan Maritim
Pada Bab 1 tentang Ketentuan Umum dinyatakan :
Tangki kapal adalah ruangan tertutup yang merupakan bagian dari konstruksi tetap kapal yang dipergunakan untuk menempatkan atau mengangkut cairan dalam bentuk curah termasuk tangki samping (wing tank), tangki bahan bakar (fuel tank), tangki tengah (center tank), tangki air balas (water ballast tank), tangki minyak kotor (sludge tank), tangki dalam (deep tank), tangki bilga (bilge tank) dan tangki yang dipergunakan untuk memuat bahan cair beracun secara curah.

Pada Bab 3 mengenai Pencegahan Pencemaran Lingkungan yang Bersumber dari Barang dan Bahan Berbahaya yang ada di Kapal bagian kedua mengenai Manajemen Air Balas di kapal pasal 114 menyatakan :

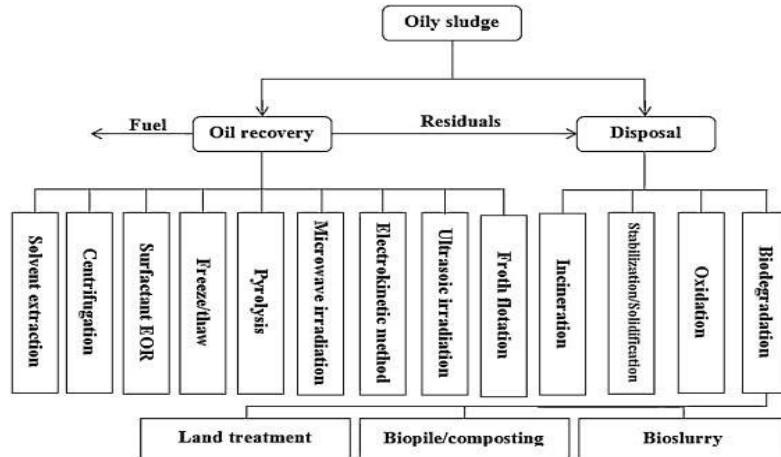
- 5.1 Setiap kapal yang dioperasikan dengan ukuran 400 GT atau lebih wajib memenuhi standar manajemen air balas yang ditetapkan oleh menteri.
 - 5.2 Standar manajemen air balas sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi tata cara pembuangan air balas dan peralatan pengolahan air balas.
 - 5.3 Kapal yang telah memenuhi standar manajemen air balas sebagaimana dimaksud pada ayat (1) diberikan sertifikat oleh menteri.
 - 5.4 Ketentuan lebih lanjut mengenai tata cara pemberian sertifikat pemenuhan standar manajemen air balas diatur dengan peraturan menteri.
3. PP No. 132 Tahun 2015 Tentang Pengesahan Konvensi Internasional Untuk Pengendalian dan Manajemen Air Ballast dan Sedimen Dari Kapal, 2004
Pasal 3: Peraturan presiden ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan. Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan peraturan presiden in dengan penempatannya dalam Lembaran Negara Republik Indonesia.



Gambar 2. 2 Sistem Ballast pada Kapal
(Sumber: www.maritimeneews.id)

2.3 Metode Treatment *Sludge*

Berbagai teknologi untuk treatment minyak dan pelepasan lumpur mentah yaitu dengan cara perawatan kimia, senrifugal, dan beberapa proses penyulingan dan perawatan air. Beberapa metode konvensional pengolahan *sludge* adalah sebagai berikut:



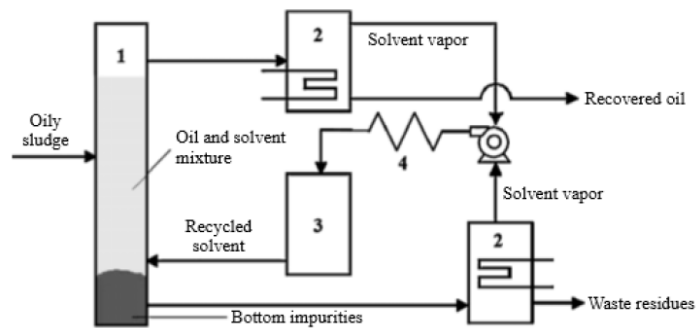
Gambar 2. 3 Overview of oily sludge treatment

(Sumber: *Recent development in the treatment of oily sludge from petroleum industry: a review*: (Hu, Li, & Zeng, 2013))

2.3.1 Solvent Extraction Method

Berbagai pelarut digunakan dalam metode ini, yang mampu memecah molekul kompleks yang ada dalam sludge menjadi konstituen dasarnya (air, minyak mentah, dan partikel lain). Metode ini membutuhkan alat pencampur dan agitasi. Sludge memiliki komponen organik berlilin dan non-lilin (aspal) bersama dengan garam, oksida dan bahan organik lainnya. Ini dapat bekerja dan larut dengan memilih pelarut yang sesuai. (Hu, Li, & Zeng, 2013)

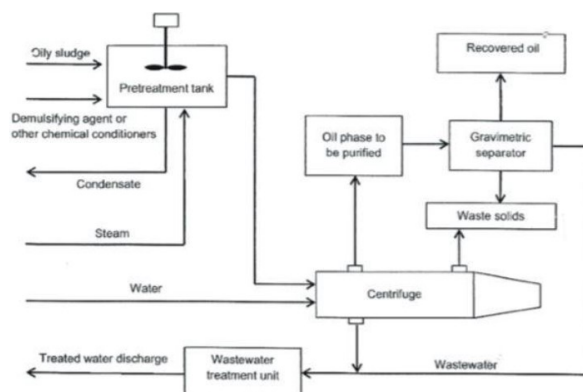
Sludge pertama-tama dicampur dalam kolom reactor dengan pelarut, yang secara selektif melarutkan fraksi sludge dan meninggalkan kotoran yang kurang larut didasar kolom. Larutan pelarut minyak kemudian dipindah ke sistem destilasi pelarut dimana pelarut dipisahkan dari minyak, sedangkan uap pelarut yang terpisah dapat dicairkan melalui kompresor dan sistem pendingin lalu dikirim ke tangki daur ulang pelarut. Pelarut dapat digunakan untuk mengulangi siklus ekstraksi. Kotoran dibawah dari reactor dipompa ke sistem destilasi kedua, dan pelarut yang terkandung dalam kotoran dipisahkan dan kemudian dikirim ke tangki daur ulang pelarut, sedangkan sisa limbah setelah pemisahan mungkin memerlukan perawatan lebih lanjut.



Gambar 2. 4 *Backflow Diagram of Solvent Extraction Method*
(Sumber: Petroleum Sludge, Its Treatment and Disposal: a review: Badrul Islam, 2015)

2.3.2 *Centrifugation Method*

Metode sentrifugasi menggunakan sentrifugal untuk memisahkan cairan berdasarkan kepadatannya apakah itu campuran air, padatan, minyak, dan campuran lainnya. Pertama sludge dimasukkan kedalam tangki pra-perawatan untuk mengurangi viskositasnya dengan menambahkan pelarut, zat pengurai, dan uap untuk pemanasan. Setelah viskositas rendah, sludge yang kurang kental dipompa kedalam sistem sentrifugal. Sistem sentrifugal kemudian memisahkan campuran berminyak, air limbah berminyak, dan limbah padat. Fase minyak kemudian dimurnikan lebih lanjut dengan menggunakan pemisah gravimetri untuk menghasilkan minyak pulih dan padatan terpisah. Air limbah kemudian masuk ke unit pengolahan air limbah sementara limbah padat akan dikirim ke tempat pembuangan sampah. (Islam, 2015)



Gambar 2. 5 skema diagram sistem sentrifugal
(Sumber: Petroleum Sludge, Its Treatment and Disposal: a review: Badrul Islam, 2015)

2.3.3 *Ultra High Temperature Gasification*

Dalam metode ini, oksidasi termal sludge dilakukan. Sludge dipanaskan sampai suhu yang sangat tinggi (1000°C) menggunakan busur plasma tanpa oksigen. Sludge dikonversi menjadi pirogas dengan metode ini dan dapat digunakan sebagai bahan bakar.

2.4 Metode Pembuangan *Sludge*

Teknologi *oily sludge disposal methods* terdiri dari beberapa macam. Diantaranya adalah pembakaran, stabilisasi/pembekuan, oksidasi, dan *biodegradation*. (Hu, Li, & Zeng, 2013)

2.4.1 Pembakaran / *Incineration*

Pembakaran sempurna dari limbah berminyak dilakukan dengan adanya udara yang berlebih dan bahan bakar tambahan. Incinerator yang biasa digunakan adalah rotary kiln dan *fluidized bed incinerator* Suhu pembakaran untuk rotary kelvin berkisar 980-1200°C dan durasi yang dibutuhkan sekitar 30 menit. Sedangkan untuk *fluidized bed incinerator* suhu pembakaran berkisar antara 730-760°C dan waktu pembakaran bisa menghabiskan waktu sehari-hari.

2.4.2 Stabilisasi/Pembekuan

Dengan metode ini, kontaminan dimobilisasi dengan mengubahnya menjadi kurang larut atau sedikit tidak beracun (*stabilization*). Kontaminan dapat dienkapsulasi dengan membuat matriks yang tahan lama (*Solidification*). Limbah anorganik mudah dibuang dengan metode ini, tetapi metode ini kurang efektif untuk limbah organik.

2.4.3 Oksidasi

Treatment oksidasi sangat berguna untuk mengurangi jumlah zat pencemar organik dengan oksidasi atau proses kimia lainnya. Oksidasi kimia dilakukan dengan menambahkan zat kimia reaktif pada sludge atau limbah berminyak. Proses mengoksidasi senyawa diubah menjadi karbon dioksida dan air atau mengubahnya menjadi zat tidak berbahaya lainnya seperti garam anorganik. Oksidasi dapat dilakukan dengan reagent fentor, ozon, sinar ultrasonic, *permanganate*, dan persulfate.

2.5 Sistem Manajemen Air Ballast di Pelabuhan

Untuk kapal yang bermaksud membuang air balas di *reception facility* tidak perlu mengikuti konvensi manajemen air balas, sementara itu, *reception facility* harus dirancang berdasarkan pedoman G5. Itu juga dapat digunakan untuk kapal yang tidak dapat mengelola air balas tetapi perlu untuk membuangnya. Beberapa fasilitas manajemen air balas di pelabuhan antara lain *Land-Based Ballast Water Treatment*, *Barge-Based Ballast Water Treatment*, dan *Mobile Unit Ballast Water Treatment*, misalnya tongkang,

kapal tanker yang memungkinkan memiliki kapasitas untuk menerima air balas dan mengolahnya sebelum dibuang atau pengolahan balas langsung selama pemakaian balas.

Fasilitas harus mematuhi standar D-2 konvensi untuk pembuangan air balas (IMO, 2006b) Ini juga harus menyediakan pipa, manifold, reducers, equipment, dan peralatan yang memadai untuk memungkinkan kapal yang ingin membuang air balas di pelabuhan menggunakan *reception facility* (IMO, 2006b). tetapi sebagian besar kapal tidak memiliki pipa standar untuk menghubungkan overboard dengan *reception facility*. Oleh karena itu, diperlukan yang memadai untuk menggunakan fasilitas ini. *Refineries worldwide* memiliki fasilitas penampungan air balas. Pelabuhan pengekspor minyak mentah utama, seperti Valdez (Alaska, USA) dan Scapa Flow (Orkney Island, Inggris) masih menggunakan fasilitas *shore-based facilities* untuk penerimaan dan pengolahan air balas berminyak dari tanker minyak mentah. Ini membuktikan bahwa *engineering, pumping, storage*, dan lain-lain dalam jumlah besar, air balas secara teknis memungkinkan dan layak secara ekonomi dalam segi struktur bangunan kapal dan pelabuhan modern. *Port-based ballast water treatment* juga dapat digunakan untuk menyediakan air balas yang bersih secara biologis di pelabuhan sumber, yang mencegah masalah sejak pengambilan air balas. (David, Gollasch, Elliot, & Wiley, 2015).

2.5.1 Land-Based Ballast Water Treatment

Fasilitas *land-based* adalah fasilitas yang terdapat di darat dan berada di wilayah tertentu seperti dalam lingkungan *Reception Facility*. Fasilitas ini tentu memerlukan lokasi yang luas. Fasilitas ini memerlukan studi yang komprehensif dengan beberapa tahap terkait seperti studi *outfitting* kapal yang akan menggunakan fasilitas ini yang membutuhkan modifikasi tertentu. Selain itu, perlu adanya studi dari sisi pelabuhan dan dermaga agar tidak mengganggu operasional dermaga dan kapal yang tambat. Penambahan fasilitas ini akan berpengaruh pada operasional di dermaga karena terdapat instalasi pipa baru yang akan menyambungkan kapal dengan *Reception Facility*. Studi lainnya adalah penentuan kapasitas penyimpanan yang ada di *Reception Facility* baik untuk air yang belum melalui proses dan sesudah *treatment*, dan yang terakhir adalah pemilihan metode penanganan di *land-based ballast water treatment* yang akan digunakan untuk memenuhi syarat D-2 Konvensi *Ballast Water Management* – IMO (Shore-Based BWT and Storage, 2016).

Tabel 2. 1 Regulasi IMO D-2

Organism	Standard
Toxic <i>Vibrio cholerae</i> (O1 and O139)	< 1 cfu/100 ml or; < 1 cfu/1g zooplankton samples
<i>Escherichia Coli</i>	< 250 cfu/100 ml
Intestinal <i>Enterococci</i>	< 100 cfu/100ml
≥ 50 μm (minimum dimension of organism)	< 10 viable organisms/1 m ³
10 - 50 μm (minimum dimension of organism)	< 10 viable organisms/1 ml



Gambar 2. 6 Land-based Ballast Water Treatment
(Sumber : www.ballastwatermanagement.co.uk)

2.5.2 Barge-Based Ballast Water Treatment

Barge-based Ballast Water Treatment merupakan fasilitas untuk menangani air balas pada kapal dengan menggunakan kapal tongkang. Kapal tongkang diberi fasilitas tambahan yaitu alat *ballast water treatment* dan dilengkapi dengan selang penyambung ke pipa balas. Dalam menentukan fasilitas ini terdapat batasan secara logistik yang perlu diperhitungkan adalah jarak antar terminal disebuah pelabuhan agar teknis melakukan proses manajemen air balas dapat dilakukan secara baik. (King & Hagan, 2013)

Selain itu hal yang perlu diperhatikan dari berbagai struktur biaya yang terkait dalam penentuan fasilitas *barge-based ballast water treatment*, dibutuhkan analisis seperti:

- Biaya Kontruksi
- Biaya Operasional
- Biaya Outfitting kapal menambahkan peralatan agar dapat melakukan proses de-ballasting di fasilitas port based.
- Tarif yang akan dibebankan pada pemilik kapal agar fasilitas barge-based ballast water treatment break-even

- Meneliti tarif yang dapat diterima oleh pemilik kapal
- Potensi waktu yang digunakan untuk melakukan proses deballasting menggunakan fasilitas barge-based ballast water treatment.

Karena keadaan di pelabuhan saat ini memiliki jumlah terminal yang banyak dengan jarak yang jauh maka dua opsi diberikan yaitu meletakkan Barge-based Ballast Water Management Treatment (BBWMT) pada titik tertentu sehingga kapal yang akan melakukan deballasting mendatangi BBWMT tersebut atau menggunakan BBWMT yang memiliki mobilitas tinggi dan dapat mendatangi kapal yang akan melakukan deballasting di terminal tertentu (King & Hagan, 2013)



Gambar 2. 7 Barge-Based Ballast Water Treatment
(Sumber : Damen Green, 2018)

2.5.3 Mobile Unit Ballast Water Treatment

Fasilitas penanganan air balas di pelabuhan juga dapat dilakukan dengan mobile unit ballast water treatment, sistem metode penanganannya pun sama seperti pada barge-based ballast water treatment yang membedakan adalah container yang membawa alat penanganan air ballast diletakkan pada flat-bed trailer dan dioperasikan menggunakan trailer truk. Hal ini memudahkan untuk operasional fasilitas ini dikarenakan mobile unit ini dapat melayani pelabuhan dengan jumlah terminal lebih dari satu jalur darat. Namun hingga saat ini, industri baru bisa memproduksi alat ini dengan kapasitas maksimal sebesar 300 m² per jam. Kapasitas yang dimiliki oleh *mobile unit ballast water treatment* cenderung lebih kecil jika dibandingkan dengan kapasitas pompa *ballast* dari kapal yang berada pada *range* 500-2000 m³ per jam nya. Sehingga hal ini dapat menyebabkan kapal menambah waktu tambat di pelabuhan saat menggunakan fasilitas *mobile unit ballast water treatment*. Penambahan waktu tambat ini dapat terjadi ketika kapal telah selesai

melakukan kegiatan bongkar muat namun kapal masih melakukan penanganan air balas di pelabuhan.

Fasilitas ini dapat melakukan dua opsi dalam penanganan air balas yaitu pertama jika kapal bersandar di dermaga tidak memiliki sistem on-board dan akan melakukan de-ballast, opsi kedua adalah kapal yang bersandar akan melakukan ballasting dengan metode air laut yang sudah ditangani melalui fasilitas mobile unit ballast water treatment ini sehingga kapal ini dapat melakukan de-ballast di pelabuhan mana pun tanpa melakukan treatment ulang (baik melalui sistem on-board maupun land-based di pelabuhan lainnya). Alur operasional dari metode di pelabuhan ini yaitu dengan cara menyambungkan selang mobile unit yang terhubung dengan alat treatment ke sambungan pipa air ballast di kapal. Lalu setelah kedua tadi telah terhubung maka air balas dari kapal akan masuk dan dilakukan penanganan dengan metode filter dan UV dan kembali dibuang ke laut dengan selang lainnya yang ada pada alat ini. Jika kapal ingin melakukan ballasting air yang sudah ditreatment, maka air laut diambil dengan pompa yang ada pada sistem ini lalu masuk ke dalam unit penanganan dan baru didistribusikan ke tangki ballast kapal melalui sambungan pipa yang sama.

Pilihan metode penanganan air balas dengan metode ini dapat mengurangi permasalahan ketika kapal tidak melakukan instalasi ballast water treatment dan memilih menggunakan fasilitas yang ada di pelabuhan. Karena fasilitas ini fleksibel sehingga jika kapal tidak melakukan instalasi ballast water treatment dan akan melakukan perjalanan ke pelabuhan internasional dimana konvensi ballast water management diberlakukan maka kapal dapat membawa air ballast yang sudah diproses melalui fasilitas ini, sehingga kapal tersebut dapat melakukan de-ballasting di pelabuhan tujuan. Sedangkan setelah kapal melakukan perjalanan rute internasional dan akan melakukan aktivitas di pelabuhan Indonesia, kapal tersebut dapat melakukan de-ballasting dengan menggunakan fasilitas mobile unit ballast water treatment. (Witlandarie, 2018)



Gambar 2. 8 Mobile Unit Water Ballast Treatment
(Sumber : Damen Green, 2018)

2.6 Teknologi Penanganan Air Balas

Menurut regulasi D-3 pada konvensi IMO (*International Maritime Organization*) *Ballast Water Management* menyatakan bahwa sistem teknologi perlakuan air ballast harus mendapatkan persetujuan oleh negara yang bersangkutan dan teknologi yang menggunakan zat aktif harus disetujui oleh IMO. Teknologi perlakuan air ballast dibedakan pada metode dan pengaplikasiannya, skalabilitas, lama waktu perlakuan air balas (lama waktu pemusnahan dan aman untuk pembuangan), kebutuhan daya yang digunakan, efek yang timbul terhadap sistem kapal, struktur maupun terhadap lingkungan, faktor keselamatan, dan biaya untuk pemasangan, serta operasional. Metode perlakuan air balas terbagi menjadi tiga cara, yakni secara mekanis (*filtration hydroconic separation*), fisik (*UV radiation* dan *deoxidation*), dan kimiawi (*ozonation, chlorination, dan electrolysis*). (Northeast-Midwest Institute Washington, DC, 2002)

Masing-masing teknologi perlakuan air ballast tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Dengan memperhatikan perbedaan dan batasan pada masing-masing teknologi serta mempertimbangkan ketersediaan teknologi tersebut pada pasar, merupakan langkah awal untuk melakukan pemilihan teknologi perlakuan air ballast yang akan diaplikasikan. Pemilihan teknologi perlakuan air ballast umumnya menggabungkan dua jenis metode, dimana metode pertama difungsikan untuk proses filtrasi (fisik) terhadap spesies yang ukurannya lebih dari 50 μm dan metode kedua difungsikan sebagai perlakuan terhadap spesies yang lebih kecil dan juga berfungsi sebagai disinfektan. Disinfektan dapat menggunakan teknologi kimiawi maupun teknologi yang bersifat fisik.

Teknologi perlakuan air balas ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2. 2 Teknologi perlakuan air ballast

Teknologi perlakuan air balas	Operasional	Keamanan	Lingkungan
Filtration	Treatment saat Pengambilan	Tidak ada efek yang ditimbulkan	Pengurangan sedimen ke dalam tangki balas, tidak efektif untuk mikro organisme
	Waktu pemusnahan saat treatment		
	Penurunan tekanan dan laju aliran berkurang		

Cyclonic Sepration	Treatment saat pengambilan	Tidak ada efek yang ditimbulkan	Pengurangan sedimen ke dalam tangki balas, Tidak efektif untuk mickro organisme
	Waktu pemusnahan saat treatment		
	Penurunan tekanan dan laju aliran berkurang		
	Biaya pemeliharaan minimum		
UV	Treatment saat pengambilan	Pemaparan sinar UV dapat membahayakan	Efisiensi tergantung kualitas air, efektif untuk mikro organisme
	Waktu pemusnahan n/a		
	Konsumsi energi bertambah		
	Biaya pemeliharaan tinggi		
Electrolytic chloronation / Electrolysis	Treatment saat pengambilan	Resiko terhadap pemaparan kimiawi pada kru kapal, pembuangan gas hydrogen dan gas klorinasi yang dihasilkan oleh elektrolisis	Efektif untuk berbagai organisme, netralisasi air sebelum dibuang, efesiensi tergantung pada kualitas air
	Waktu pemusnahan saat treatment		
	Kemungkinan adanya korosi terhadap tangki dan pipa		
	Konsumsi energi bertambah		
	Biaya pemeliharaan tinggi		

Coagulation / Flocculation	Treatment saat pengambilan	N/a	Pengurangan sedimen ke dalam tangki balas, tidak efektif untuk mikro organisme
	Waktu pemusnahan n/a		
	Perlunya tangki penyimpanan untuk bahan tambahan		

Sumber: Tang et al. 2006; Sutherland et al. 2001; Sateikiene, Januteneiene 2012

2.7 Tinjauan Ekonomis

Kajian ekonomis yang direncanakan pada penelitian kali ini adalah kelayakan investasi, apakah konversi yang dilakukan dapat memberikan hasil yang menguntungkan atau tidak. Beberapa Teknik digunakan dalam kajian ekonomi kali ini yaitu diantaranya adalah *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate Return* (IRR), dan untuk mengetahui metode pengembalian suatu investasi menggunakan *payback periods* (PP), (Saputro, 2015)

2.7.1 Studi Kelayakan

Studi kelayakan proyek adalah penelitian tentang dapat tidaknya suatu proyek (biasanya merupakan proyek investasi) dilaksanakan dengan berhasil (Suad & Suwarsono, 2008). Semakin besar skala investasi maka semakin penting studi ini dilaksanakan karena semakin besar skala investasi maka semakin besar juga jumlah dana yang ditanamkan. Walaupun studi kelayakan ini akan memakan biaya, tetapi biaya tersebut relative kecil apabila dibandingkan dengan resiko kegagalan suatu proyek yang menyangkut investasi dalam jumlah besar. (Purnatiyo, 2105)

Sebelum melaksanakan studi kelayakan, terlebih dahulu harus ditentukan aspek-aspek apa saja yang akan diteliti karena aspek-aspek inilah yang akan menentukan apakah suatu proyek investasi ini layak atautkah tidak untuk dilaksanakan. Salah satu studi kelayakan yang harus dilakukan untuk menentukan suatu proyek investasi ini layak atau tidak adalah studi kelayakan dari aspek finansial. (Abdullah, 2014)

2.7.2 *Net Present Value* (NPV)

Secara eksplisit NPV memberikan pertimbangan dari nilai waktu uang, dan merupakan teknik *capital budgeting* yang banyak digunakan. NPV adalah jumlah *present value* semua *cash inflow* yang dikumpulkan proyek (dengan menggunakan *discount rate* suku bunga

kredit yang dibayar investor) dikurangi jumlah investasi (*initial cash outflow*). *Net Present Value* yaitu: “*The Net Present Value is found by subtracting a project’s initial investment from the present value of its cash inflows discounted at a rate equal to the firm’s cost of capital*”.

$$nNPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Sebagai pedoman umum, rencana investasi akan menguntungkan apabila NPV positif dan apabila NPV nol maka investasi tersebut berarti *break even*. Apabila NPV suatu proyek negatif, berarti proyek tersebut tidak layak untuk dilaksanakan.

Dimana:

- CF_t = Net Cash Flow (Proceeds) pada tahun ke – t
 k = Tingkat Diskonto
 t = Lama waktu atau periode berlangsungnya investasi
 I_0 = *Initial Outlays* (Nilai investasi awal)

Kelebihan metode NPV sebagai sarana penilaian terhadap kelayakan suatu rencana investasi barang modal adalah penggunaan nilai waktu uang untuk menghitung nilai sebenarnya *cash flow* yang diperoleh pada masa yang akan datang. Dengan demikian, dapat diperoleh gambaran profitabilitas proyek yang lebih mendekati realitas. Kelebihan lainnya adalah digunakannya *discount faktor*, biasanya merupakan salah suku bunga kredit yang dipinjam investor untuk membiayai proyek. Dengan demikian, penggunaan metode ini menjadi lebih fleksibel karena dapat disesuaikan dengan *discount faktor* yang berubah-ubah dari waktu ke waktu. Kriteria penerimaan atas investasi dengan metode ini adalah diterima apabila NPV yang dihasilkan adalah positif, dan ditolak apabila nilai NPV negatif. Kelemahan dari metode ini adalah perhitungan yang cukup rumit, tidak semudah perhitungan *payback period*. Untuk perhitungannya diperlukan keahlian seorang *financial analis* sehingga penggunaannya terbatas.

2.7.3 Internal Rate Return (IRR)

Metode ini mungkin merupakan metode yang paling banyak digunakan sebagai salah satu teknik dalam mengevaluasi alternatif – alternatif investasi. Definisi *Internal Rate of Return* adalah: “*The Internal Rate of Return (IRR) is the discount rate that equates the present value of cash inflows with the initial investment associated with a project*”.

Dijelaskan bahwa IRR merupakan *rate discount* dimana nilai *present value* dari *cash inflow* sama dengan nilai investasi awal suatu proyek. Dengan kata lain IRR adalah *rate discount* dimana NPV dari proyek tersebut = Rp0. IRR juga menggambarkan persentase keuntungan

yang sebenarnya akan diperoleh dari investasi barang modal atau proyek yang direncanakan.

Kriteria penerimaan proyek investasi dengan menggunakan metode *Internal Rate of Return* adalah apabila IRR yang dihasilkan lebih besar dibandingkan *cost of capital*, sebaliknya apabila lebih kecil dibandingkan *cost of capital* proyek tersebut ditolak. Pada dasarnya IRR dapat dicari dengan cara coba-coba (*trial and error*). Pertama-tama kita menghitung PV dari proceeds suatu investasi dengan menggunakan tingkat bunga yang kita pilih menurut kehendak kita. Kemudian hasil perhitungan itu dibandingkan dengan jumlah PV dari outlaysnya. Kalau PV dari *proceeds* lebih besar daripada PV dicari investasi atau *outlaysnya*, maka kita harus menggunakan tingkat bunga yang lebih rendah. Cara demikian terus dilakukan sampai kita menemukan tingkat bunga yang dapat menjadikan PV dari *proceeds* sama besarnya dengan PV dari *outlaysnya*. Pada tingkat bunga inilah NPV dari usul tersebut adalah nol atau mendekati nol.

2.7.4 *Payback Periods (PP)*

Metode *payback period* pada umumnya digunakan untuk mengevaluasi investasi yang diajukan. *Payback period* adalah target waktu yang dibutuhkan oleh perusahaan untuk mengembalikan investasi awal yang diperhitungkan dari *cash inflow*. Definisi *payback period* sebagai berikut: *The payback period is the exact amount of time required for the firm to recover its initial investment in a project as calculated from cash inflow*"

Payback period diperhitungkan dengan membagi investasi dengan *cash inflow* tahunan. Kriteria terhadap penerimaan keputusan investasi dengan menggunakan metode *payback* ini adalah diterima apabila *payback period* yang diterima yang diperoleh lebih singkat/pendek waktunya dibandingkan dengan target waktu *payback period* yang sebelumnya telah ditentukan.

2.8 Profil Terminal Khusus Cilacap

Area aktivitas kerja dari PT Pertamina (Persero) *Refinery Unit IV* sendiri memiliki dua jenis are yaitu area kilang untuk aktivitas produksi minyak dan juga area marine region IV untuk sarana distribusi minyak menggunakan kapal, seperti pada gambar 2.7 dapat dilihat peta perairan pelabuhan di Marine Region IV.



Gambar 2. 9 Peta Pelabuhan Cilacap
(Sumber: Pertamina, 2017)

Saat ini, perusahaan Pertamina telah memiliki kurang lebih 50 kapal tanker dengan berbagai macam tipe dan mengoperasikan lebih dari 180 kapal tanker yang beroperasi di pelabuhan Cilacap. Sebagai sarana penunjang operasional, PT Pertamina Marine Region IV memiliki fasilitas pelabuhan sebagai berikut:

1. SPM (Single Point Mooring)
VLCC (Very Large Crude Carrier) dengan kapasitas 300.000 DWT, Crude Oil
2. CIB I : Capacity 35.000 – 135.000 DWT, kedalaman 12,5 m
: Crude Oil, LSWR
3. CIB II : Capacity 35.000 – 135.000 DWT, kedalaman 12,5 m
: Crude Oil, LSWR
4. Dermaga Area 70:
 - Dermaga I : Capacity 3.000–35.000 DWT, Kedalaman 10,5 m
: White & Black Product, MFO/MDO, Crude Oil
 - Dermaga II : Capacity 3.000–35.000 DWT, Kedalaman 10,5 m
: White & Black Product, MFO/MDO, Crude Oil
 - Dermaga III : Capacity 3.000 – 35.000 DWT, Kedalaman 9,5 m
: White & Black Product, MFO/MDO, Paraxylene, Benzene
5. Dermaga Area 60:
 - Donan I : Capacity 700 – 3.000 DWT, Kedalaman 5 m
: Asphalt
 - Donan II : Capacity 3.000–35.000 DWT, Kedalaman 10,5 m
: Lube Base Oil, Avtur, Asphalt, MFO, MDO, Heavy
 - Donan III : Capacity 3.000 – 35.000 DWT, Kedalaman 9,5 m
: LPG, Avtur, Paraxylene, Lube Base Oil, MDO

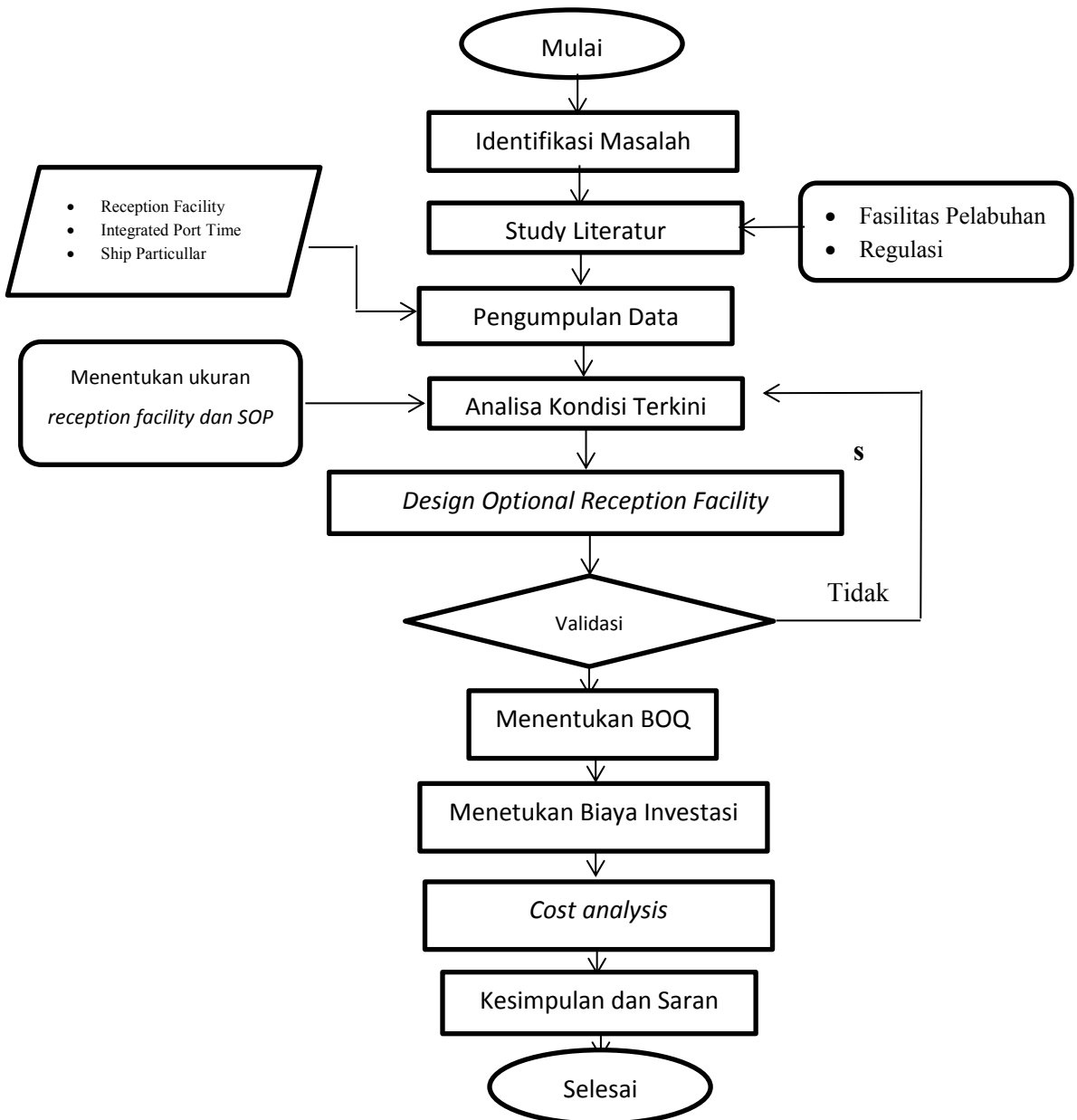
6. Dermaga TBM Sleko Cilacap : *Capacity 700 – 3.000 DWT,*
Kedalaman 5 m
: *Avtur, Bunker*

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian menjelaskan tentang langkah pengerjaan Tugas Akhir ini.

3.1 Diagram Alir

Secara umum, metodologi dalam penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram alir berikut ini:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Identifikasi Masalah

Pada tahapan awal ini penulis melakukan identifikasi masalah permasalahan akibar kebijakan dari IMO MARPOL 73/78 yang diratifikasi oleh pemerintah Indonesia mengenai konvensi Ballast Water Management dan juga Annex I tentang pencegahan pencemaran oleh minyak. Permasalahan yang timbul dari adanya kebijakan tersebut adalah akan muncul penambahan biaya yang cukup mahal dikarenakan pihak industri pelayaran dengan rute internasional diwajibkan memasang alat penanganan air ballast atau menggunakan fasilitas penanganan air ballast yang ada di pelabuhan. Masalah yang diambil pada tugas akhir ini adalah Analisa Faktor Teknis dan Faktor Ekonomi *Port-Based Water Treatment Plant* yang mencakup pengolahan air balas dan *oily wastewater*.

3.3 Study Literatur

Pada tahap ini dilakukan study literatur yang terkait dengan obyek penelitian, materi – materi yang dijadikan sebagai tinjauan pustaka adalah buku, paper atau jurnal, tugas akhir, dan informasi dari berbagai artikel termasuk yang bersumber dari internet yang membahas tentang ballast water treatment dan oily wastewater treatment sebagai tools dalam pengerjaan tugas akhir. Study literatur juga dilakukan terhadap penelitian sebelumnya untuk lebih memahami permasalahan yang sudah dilakukan.

3.4 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang mendukung untuk menyelesaikan permasalahan. Dalam pengerjaan tugas akhir ini, data – data yang diperlukan adalah data yang berkaitan dengan kondisi di pelabuhan, biaya kapital dalam pengadaan fasilitas penanganan air ballast dan sludge di pelabuhan, biaya penggunaan jasa penanganan air ballast di pelabuhan, waktu yang digunakan dalam penanganan air ballast dan penampungan sludge, sistem dan teknologi yang digunakan dalam penanganan air limbah kapal di pelabuhan.

3.5 Analisa Kondisi Terkini

Pengumpulan data, sebagai data data kapal komparatif, kapasistas total balas, dan kondisi sekitar pelabuhan, akan digunakan referensi untuk menghitung ukuran reception facility dan biaya investasi untuk menemukan ukuran yang terbaik dari fasilitas

3.6 Design Optional Reception Facility

Pada tahap ini dilakukan perancangan 2 opsional desain sistem fasilitas pelabuhan *reception facility* di terminal Cilacap untuk pengolahan air balas dan penampungan sludge

3.7 Menentukan *Bill of Quantity* (BOQ)

Setelah memiliki desain sistem utama fasilitas *reception facility* di pelabuhan terminal Cilacap, dapat disediakan bill of quantity sesuai dengan bahan konstruksi, mesin, dan peralatan lainnya yang diperlukan untuk menginstal fasilitas pelabuhan *reception facility* tersebut. *Bill of Quantity* terdiri dari spesifikasi teknis bahan dan peralatan serta jumlahnya.

3.8 Menentukan Biaya Investasi

Menentukan Biaya Investasi yang dimaksud adalah memperoleh estimasi biaya rekayasa yang diperoleh dari BOQ dikalikan dengan harga masing-masing bahan atau peralatan. Ini menunjukkan biaya modal dalam membangun fasilitas pelabuhan *reception facility*.

3.9 *Cost analysis*

Tahap ini adalah langkah untuk menentukan perencanaan fasilitas yang layak dibangun dengan harga yang lebih ekonomis dengan estimasi biaya operasional selama 5 tahun kedepan dari opsi 2 desain perencanaan *Reception Facility* yang telah dirancang.

3.10 Kesimpulan dan Saran

Setelah analisa data mendapatkan hasil maka penelitian ini dapat memberikan kesimpulan mengenai studi kelayakan fasilitas pengolahan air di pelabuhan yang dapat dijadikan rekomendasi untuk pemerintah sebagai pembuat kebijakan dalam melengkapi fasilitas yang ada di pelabuhan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Menentukan Kapasitas *Ballast Water Treatment*

Sebelum melakukan perancangan fasilitas *water ballast treatment* di pelabuhan, dilakukan perhitungan kapasitas air balas yang dibuang pada palabuhan untuk membuat perencanaan *reception facility* yang sesuai dengan kebutuhan pelabuhan.

4.1.1 Melengkapi Data Utama Kapal

Acuan yang digunakan dalam menentukan berdasarkan dari kapal-kapal yang bersandar di pelabuhan Cilacap. Dari data tersebut dilengkapi dengan data utama ukuran kapal yang dibutuhkan untuk mengetahui volume ballast setiap kapal yang bersandar. Data yang dibutuhkan dari kapal yang bersandar adalah sebagai berikut:

1. IMO Number
2. Panjang Kapal (L)
3. Lebar Kapal (B)
4. Sarat kapal (T)
5. *Coefisien Block* (CB)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	SHIP'S NAME	IMO NUMBER	FLAG	CALLSIGN	GROSS TONNAGE (G ³)	SUMMER DEADWEIGHT (DWT)	LOA (m)	Breadth (m)	Draught (m)	Volume Ballast	Year Built
2	MT Fortune Glory XLI	9147253	Indonesia	PNXU	21246	33540	179	25.3	8.9	4715.735	1997
3	MT Atlantic Point	8919116	Indonesia	T8A3076	18105	29999	167	27.4	5.9	2996.691	1991
4	MT Nirbaya	8704353	Palau	T8aA2959	18083	29997	166	27.43	6.2	3133.636	1988
5	MT Nirbita	8801527	Indonesia	PNRD	18083	29996	166	28	6.7	3456.718	1988
6	MT Sungai Gerong	9509906	Indonesia	POJO	24167	29765	180.09	30.53	9	5492.650	2011
7	MT Sinar Jajva	9178240	Indonesia	PNTC	13960	18050	160	27	4.4	2109.888	2001
8	MT Medelin Master	9043732	Indonesia	POLN	7916	13940	132	20.42	6	1795.163	1992
9	MT Sinar Busan	9346483	Indonesia	POEL	7687	11277	116.5	20	6	1551.780	2006
10	MT Success Energy XXXII	9136498	Indonesia	POGC	4884	7901	112.09	18.6	6.8	1573.663	1996
11	MT SEI PANNING	9509891	Indonesia	PODV	24167	29756	180.03	30.52	9	18220.199	2011
12	MT ALABASTER	9011208	Indonesia	PNKK	937	1230	68.94	10.8	3.8	2678.420	1990
13	MT Palu Sipat	9106651	Indonesia	YHKS	13964	17957	160	27	5.3	2541.456	2000
14	MT Sinar Agra	9349124	Indonesia	PNJK	7687	11244	116.5	20	8.3	2146.629	2006
15	MT Transko Aquila	9216042	Indonesia	YBJU2	2764	3592	91	14	5.4	763.636	2001
16	MT Sele	8117158	Indonesia	YDXR	21338	29900	180	30	9	5394.600	1982
17	MT Shafiyah	9079664	Indonesia	POFL	995	2052	74	11	4	361.416	1994
18	EPIC ST LUCIA	9353993	Singapore	S6BB3	4253	5035	99.98	17.2	5.4	5026.000	2008
19	KAKAP	9504401	Indonesia	POTK	5570	6523	108	19.2	6.4	1473.085	2012
20	MARGARETHA I	9118733	Indonesia	JZYG	864	1305	67.95	11.22	5	423.131	1994
21	CHAMBION ONE	0044400	Indonesia	VEDG	23555	36363	172	28.05	8.9	4702.022	1982

Gambar 4. 1 Data utama kapal yang bersandar

Dari data utama kapal yang diperoleh dilakukan perhitungan kapasitas air balas, berat rata-rata air balas pada kapal adalah antara 10-20% dari total displacement kapal (Khetagurov, 2004)

$$\begin{aligned}
 \blacktriangledown &= L \times B \times T \times C_b \\
 &= 180 \times 32 \times 10 \times 0.74 \\
 &= 42.624 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta &= \nabla \times \rho \text{ air laut} \\ &= 42.624 \times 1,025 \\ &= 43.689,6 \text{ Ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{W Ballast} &= 15\% \times \Delta \\ &= 15\% \times 43.698,6 \\ &= 6.553,44 \text{ Ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{V Ballast} &= \text{W Ballast} / \rho \text{ air laut} \\ &= 6.553,44 / 1,025 \\ &= 6.393,6 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Setelah mendapatkan seluruh data tersebut dari setiap kapal yang bersandar, kapasitas volume air ballast dari setiap kapal dapat ditentukan.

Tabel 4. 1 Daftar volume ballast kapal yang sandar

SHIP'S NAME	IMO NUMBER	LOA (m)	Breadth (m)	Draught (m)	Volume Ballast
MT Fortune Glory XLI	9147253	179	25.3	8.9	4715.735
MT Atlantic Point	8919116	167	27.4	5.9	2996.691
MT Nirbaya	8704353	166	27.43	6.2	3133.636
MT Nirbita	8801527	166	28	6.7	3456.718
MT Sungai Gerong	9509906	180.09	30.53	9	5492.650
MT Sinar Jogja	9178240	160	27	4.4	2109.888
Mt Medelin Master	9043732	132	20.42	6	1795.163
MT Sinar Busan	9346483	116.5	20	6	1551.780
MT Success Energy XXXII	9136498	112.09	18.6	6.8	1573.663
MT SEI PAKNING	9509891	180.03	30.52	9	18220.199
MT ALABASTER	9011208	68.94	10.8	3.8	2678.420
MT Palu Sipat	9106651	160	27	5.3	2541.456
MT Sinar Agra	9349124	116.5	20	8.3	2146.629
MT Transko Aquila	9216042	91	14	5.4	763.636
MT Sele	8117158	180	30	9	5394.600
MT Shafiyah	9079664	74	11	4	361.416
EPIC ST LUCIA	9353993	99.98	17.2	5.4	5026.000
KAKAP	9504401	108	19.2	6.4	1473.085
MARGARETHA I	9118733	67.95	11.22	5	423.131
CHAMPION ONE	9044499	173	28.05	8.9	4793.933
ASIAN OIL I	9036131	89.9	17	5.5	933.027

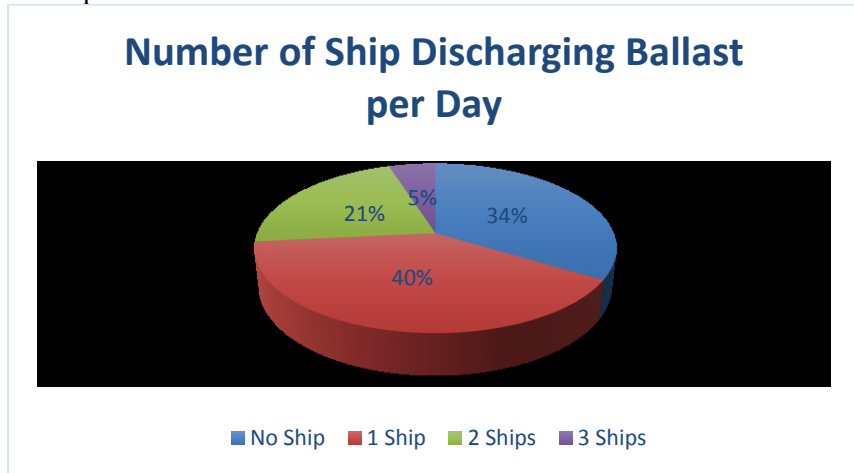
SHIP'S NAME	IMO NUMBER	LOA (m)	Breadth (m)	Draught (m)	Volume Ballast
EDRICKO 3	9087893	69.09	10.8	4.6	380.995
MAHARANITAMA	8905452	97.8	11	3.5	417.948
SHINTA	9163075	90	15	4	599.400
LADY MATHILDE	9241176	97	16	5	861.360
EPIC CATALINA	9364174	96	15	5.8	927.072
MEDELIN MASTER	9043732	132	20.42	6	1795.163
EDRICKO 8	9034224	97	15.2	5	818.292
DEWI SRI	9208708	89.98	15	4.2	4759.000
MT Medelin Expo	9062702	149	11.8	8.6	1678.378
MT Medelin Atlas	8717245	178	30.4	7.6	4564.888
MT Falcon Star	8313116	181	28.05	7.2	4057.578
MT New Winner	9213193	147.83	24.2	6.7	2660.576
MT Maiden Target	8613554	140.8	21.03	7	2300.716
MT OLYMPUS I	9214757	171.2	27.4	7.3	3801.020
MT HARMONY SEVEN	8819184	167	27.43	5	2542.350
MT TORM FOX (RATU RUWAIDAH)	9302114	182.55	27.39	7	18940.000
MT SINDANG	8121161	180	30.03	7.1	4259.996
MT SEPINGGAN	8103432	90	20	6	1198.800
MT SAMBU	9508732	180.03	20.53	8	3282.062
MT MAHAKAMAH I	9219264	177	27.7	6.9	3755.131
MT FEI CHI	9322449	188	31.5	9.2	6047.546
MT SENIPAH	9509918	180	30.53	6.8	4147.928
MT FASTRON	9329318	180	31	7.7	4769.226
MT SERANG JAYA	8121173	180	30.03	7	4199.996
MT SOECHI ASIA XXIX	9110145	104.99	16.6	5.9	1141.382
MT PEGADEN	9181883	158	27.7	4.8	2331.852
MT SUCCESS VICTORY XXXIV	9218090	105	16.8	4.4	861.538
MT BLUE SKY I	9335903	183	27.4	7	3896.033
MT MAIDEN ENERGY	8819196	167	27.43	6.5	3305.054
MT TANKER VICTORY	9112234	179.8	31.3	8	4997.433
MT ERAWAN I	9152208	104.5	16	7.5	1391.940
MT ALICE I	9323792	180	32	7	4475.520
MT JAVA PALM	9403932	144	23	5.8	2132.266
MT SAAMIS ADVENTURER	9126285	175	27.7	7.5	4035.544

SHIP'S NAME	IMO NUMBER	LOA (m)	Breadth (m)	Draught (m)	Volume Ballast
MT MARTHA PROGRESS	8705981	167	27.43	7.5	3813.524
MT SC EXPLORER III	9251561	183	27.34	7.9	4387.324
MT SC EXPRESS LV	9228849	182.55	27.38	9.4	5215.142
MT FAVOLA	9246786	180	32	8.4	5370.624
MT SIPEA (31400.573 L)	9323807	180	32	10	6393.600
MT BAUHINIA	9153575	99.9	16.5	4.7	859.944
MT CENDRAWASIH	7396238	180	26	8.2	4259.736
MT ONTARI	9041411	159.92	26.2	5.7	2650.952
MT MADONA SUN	9196436	174	28	7.5	4055.940
MT OCEAN SUMMER	9379040	178.5	31.5	9	5617.127
MT PROJECT LINK	8717233	178	30.4	7.5	4504.824
MT MARTHA TENDER	8704365	166	27.43	6.5	3285.264
MT GRIYA JAWA	9212589	145.7	22.02	6.5	2314.799
MT GANDINI	9180097	179.9	31	6.7	4147.541
MT MAIDEN STANDARD	8808329	158.94	25.03	7.5	3311.908
MT SANGA-SANGA	8117093	180	32	8.2	5242.752
MT MEDELIN TOTAL	9040443	182	30	7.2	4363.632
MT BRO COMBO	9259719	143.52	22.5	5.7	2043.115
MT ENDURO	8808513	176	32	7.5	4688.640
MT JOHN CAINE	9045431	159.91	25.8	6.6	3022.472
MT SUCCESS PEGASUSS 36	9164536	182	30	10	6060.600
MT SENGETI	8103420	180	30.03	7	4199.996
MT PAGERUNGAN	9601663	157.2	27.7	3.9	1885.037
MT MEDELIN WEST	8818233	143	22.4	5	1777.776
MT SC ESTEEM LII	9251573	183	27.34	7.8	4331.788
MT VENUS GAS	9136759	99.92	16.2	5	898.381
MT SHIP TRINITY	9212395	183	27.4	10	5565.762

4.1.2 Menentukan Kapasitas Treatment Air Ballast

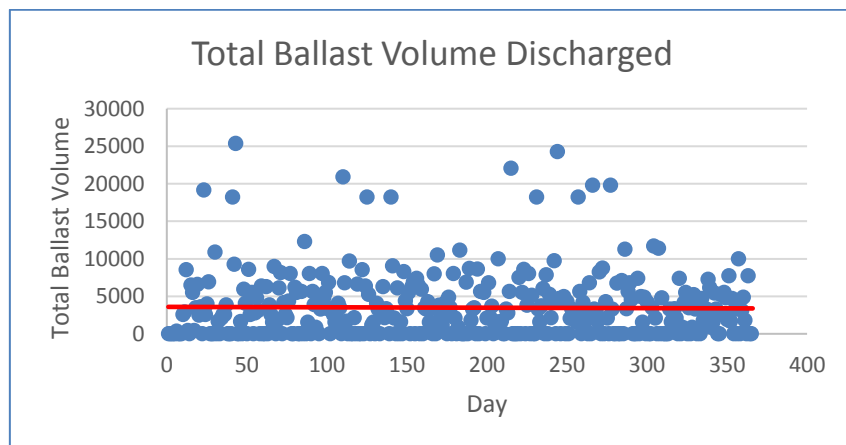
Dalam menentukan kapasitas yang akan dibangun di area terminal Cilacap, maka dalam menentukannya diproyeksikan dari data kapal yang membuang air ballast setiap harinya dalam satu tahun pada tahun 2017

ketika bersandar di dermaga Jetty I, Jetty II, dan Jetty III di terminal Cilacap.



Gambar 4. 2 Grafik kedatangan kapal per-hari di Cilacap tahun 2017

Kapasitas Reception Facility yang akan dibangun untuk treatment air ballast di terminal Cilacap ditentukan berdasarkan data jumlah volume air ballast yang dibuang oleh kapal yang bersandar setiap harinya dalam satu tahun. Volume air ballast yang dibuang setiap hari adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 3 Grafik Volume air ballast yang dibuang per-hari di Terminal Cilacap pada tahun 2017

Dari data diatas, menunjukkan bahwa dalam satu tahun trendline volume air ballast yang dibuang memiliki rata-rata sebesar $3.496,202 \text{ m}^3$. Tetapi, untuk volume air ballast yang dibuang setiap harinya memiliki volume terbesar dengan kapasitas $25.346,62 \text{ m}^3$. Dengan ini ditentukan bahwa kapasitas sistem air ballast treatment yang akan dibangun adalah sebesar $3.496,202 \text{ m}^3$

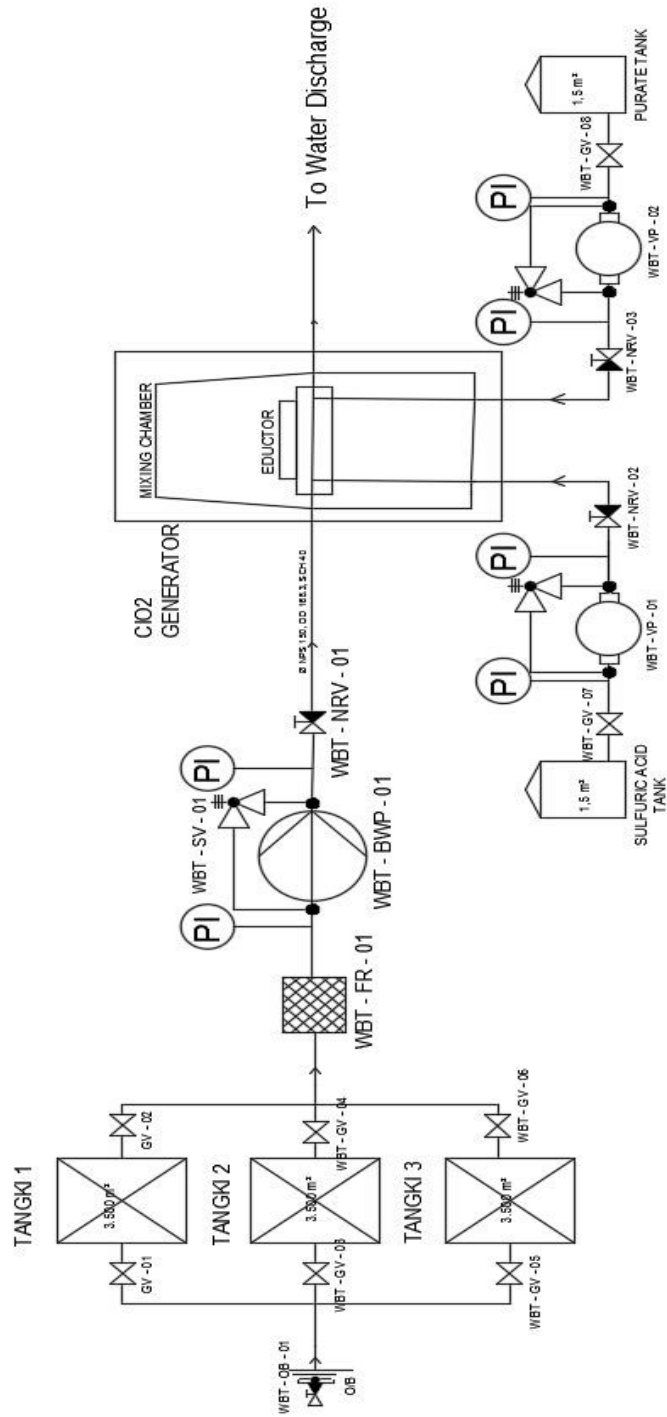
4.2 Perencanaan *Water Ballast Treatment* di Terminal Cilacap

4.2.1 Perancangan sistem treatment air ballast I pada *Reception Facility*

Dalam perancangan sistem air ballast treatment dibangun dengan kapasitas yang telah ditentukan sebelumnya. Berdasarkan pertimbangan yang ada sebelumnya, metode air ballast treatment yang diambil adalah Injeksi biosida kimia dengan menggunakan klorin dioksida sebagai bahan kimianya. Klorin dioksida menjadi disinfektan dengan cara mengoksidasi. Ini adalah satu-satunya *biocide* yang merupakan molekul radikal bebas. Jumlah klorin yang biasanya diproduksi berkisar antara 0 – 50 mg/L. untuk mengeliminasi virus, klorin dioksida bereaksi dengan pepton sehingga mencegah pembentukan protein pada virus tersebut. Klorin dioksida merupakan disinfektan yang lebih baik untuk mengeliminasi virus dibandingkan chlorin atau ozone. (Daniswara, 2014)

Pola kerja sistem treatment air ballast injeksi biosida kimia yang menggunakan klorin dioksida adalah ketika pompa ballast mulai memompa air ballast ketika *deballasting*, maka air akan mengalir ke generator. Air yang melalui educator akan menciptakan ruang hampa udara di ruang pencampuran. Setelah vacuum dihasilkan, pompa pengukur start dan asam sulfat serta aliran murni dalam ruang pencampuran bahan kimia. Campuran ditarik kedalam garis air membentuk larutan ClO₂ berair. Langkah-langkah kerja tersebut adalah sebagai berikut:

- Operasi generator cukup sederhana. Saat sistem mati, tidak ada bahan kimia di generator. Satu-satunya bagian yang bergerak adalah bagian dalam dari pompa kimia.
- Ketika generator menerima perintah mulai dari sistem air ballast kapal, pompa akan memompa air ballast yang keluar dari kapal sehingga sejumlah kecil air mengalir melalui generator. Airnya bisa berupa air laut atau air tawar. Saat air mengalir melalui venturi (educator), ruang hampa terbentuk di ruang pencampuran.
- Setelah vakum terbentuk, pompa kimia memulai dan mengukur jumlah atau dosis yang tepat dari Purate BWT dan asam sulfat ke dalam ruang pencampuran. Laju pompa dikontrol oleh PLC sesuai dengan laju aliran air balas.
- Saat Purate BWT dan asam bercampur bersama dalam ruang pencampuran, terjadi reaksi kimia dan ClO₂ (klorin dioksida) terbentuk, yang kemudian mengisi ruang pencampuran.
- ClO₂ kemudian ditarik ke venturi oleh vakum yang dibuat. ClO₂ menjadi gas yang terperangkap dalam air pasokan, dan dimasukkan ke titik injeksi dalam sistem air balas.



Gambar 4. 4 Sistem Port-Based Water Ballast Treatment

- a. Perhitungan tangki penampungan di terminal Cilacap didapat dari 3 kali total volume ballast karena sistem treatment air ballast harus dapat digunakan untuk 3 dermaga.

$$\begin{aligned}\text{Besar Tangki} &= 3 \times V \text{ Ballast} \\ &= 3 \times 3.496,202 \\ &= 10.488,606 \text{ m}^3\end{aligned}$$

b. Debit Pompa (Q) $= v / t$

$$\begin{aligned}&= 10.500 / 60 \\ &= 0,049 \text{ m}^3/\text{s} = 175 \text{ m}^3/\text{h}\end{aligned}$$

- c. Perhitungan pipa utama

$$Q = A \times v$$

$$Q = \frac{\pi \times dH}{4 \times v}$$

$$dH = \sqrt{\frac{Q \times 4}{\pi \times v}}$$

$$dH = \sqrt{\frac{0.049 \times 4}{3.14 \times 3}}$$

$$dH = 0,1442 \text{ m} = 144,25 \text{ mm}$$

Pipa yang dipilih:

Inside diameter (dm) = 154,08 mm

Thickness = 7,11 mm

Outside Diameter = 168,3 mm

Nominal Pipe Size = 150

Schedule = 40

- d. Perhitungan Head Pompa

- Head Loss Mayor Pompa (H_{ma})

➤ Sisi Hisap:

$$H_f = \frac{\lambda \times L \times V^2}{D \times 2g}$$

Dimana :

λ : $0,02 + 0,0005D$; 0,0201

L : Panjang pipa; 103 m

V : Kecepatan aliran; 4 m/s

D : Diameter dalam pipa; 0,15408 m

g : percepatan gravitasi; 9.81 m/s²

$$H_f = \frac{0,0201 \times 103 \times 4^2}{0,16276 \times 2(9,81)}$$

$$H_f = 10,374 \text{ m}$$

➤ Sisi Keluar

$$H_f = \frac{\lambda \times L \times V^2}{D \times 2g}$$

Dimana :

λ : $0,02 + 0,0005D$; 0,0201

L : Panjang pipa; 7 m

V : Kecepatan aliran; 4 m/s

D : Diameter dalam pipa; 0,16276 m

g : percepatan gravitasi; 9.81 m/s²

$$H_f = \frac{0,0201 \times 7 \times 4^2}{0,16276 \times 2(9,81)}$$

$$H_f = 0,71 \text{ m}$$

$$\text{Total Head Mayor (Hma)} = 10,374 + 0,71 = 11,084 \text{ m}$$

• Head Loss Minor (Hmi)

➤ Sisi Hisap:

No.	Type	N	K	N x K
1.	Gate Valve	1	1,15	1,15
2.	Filter	1	2,5	2,5
Total K				3,65

$$H_I = \frac{K \text{ total} \times V^2}{2g}$$

$$H_I = \frac{3,65 \times 4^2}{2(9,81)}$$

$$H_I = 2,977$$

➤ Sisi Keluar

No.	Type	N	K	N x K
1.	Gate Valve	6	1,15	6,9
2.	Filter	1	2,5	2,5
3.	Non-Return Valve	1	2	2
Total K				11,4

$$H_I = \frac{K \text{ total} \times V^2}{2g}$$

$$H_I = \frac{11,4 \times 4^2}{2(9,81)}$$

$$H_I = 9,297$$

$$\text{Total Head Minor (Hmi)} = 2,977 + 9,297 = 12,274 \text{ m}$$

- Head Statis:
Selisih ketinggian sisi hisap dengan sisi keluar. Sisi Hisap adalah overboard pada kapal dan sisi keluar ada di pelabuhan (*Reception Facility*)

$$\begin{aligned} H_s &= T_2 - T_1 \\ &= 4 - 0 \\ &= 4 \text{ m} \end{aligned}$$

- Head Velocity:

$$H_v = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

$$H_v = 0; \text{ Dimana } V \text{ hisap} = V \text{ keluar}$$

- Head Pressure:

$$H_p = \frac{P_{\text{keluar}} - P_{\text{hisap}}}{\gamma}$$

$$H_p = 0$$

$$\begin{aligned} \text{Total Head Losses} &= H_{ma} + H_{mi} + H_s + H_v + H_p \\ &= 11,084 + 12,274 + 4 + 0 + 0 \\ &= 27,358 \text{ m} \end{aligned}$$

Pompa yang dipilih:

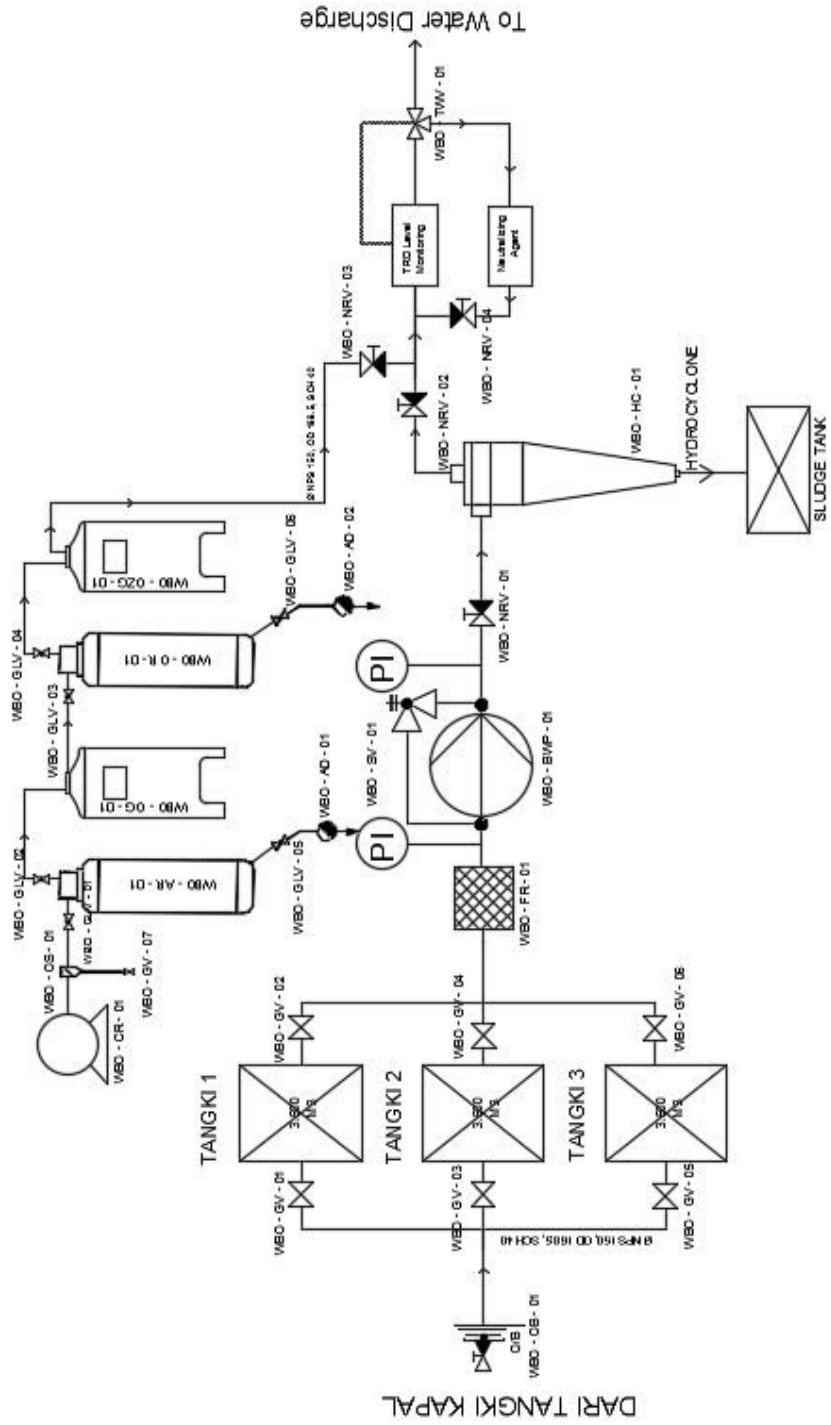
Merk	: Sili Pump
Tipe	: 150-CLH-22
Kapasitas	: 200 m ³ /h
Head	: 30 m
Power	: 18,5 kW

4.2.2 Perancangan sistem treatment air ballast II pada *Reception Facility*

Perancangan sistem air ballast treatment yang kedua menggunakan *ozone side stream injection*. Pola kerja sistem treatment air ballast ini menggunakan ozon yang dicampur kedalam air ballast saat proses *ballasting*. Sistem ini lebih fleksibel karena proses treatment-nya yang dilakukan pada saat proses ballasting, sehingga dalam meletakkan komponen hanya mengharuskan injektor ozon saja yang berada dekat dengan pompa dan pipa utama (Panoguan, 2018). Langkah-langkah kerja tersebut adalah sebagai berikut:

- Saat air ballast mulai mengalir dan sistem air ballast treatment dinyalakan, udara akan ditransfer dari compressor ke *air receiver*. Sebelum sampai ke *air receiver*, udara disaring terlebih dahulu menggunakan filter yang sudah terpasang pada kompresor, sehingga udara yang dihasilkan akan mengandung partikel dan kontaminan < 0,01 ppm.
- Udara akan ditampung pada *air receiver* sampai nantinya akan dialirkan ke *oxygen generator*.

- Kandungan udara yang masuk ke *oxygen generator* akan dipisahkan antara oksigen dan nitrogen menggunakan sensor bentuk molekular, sehingga hanya oksigen saja yang akan masuk kedalam *oxygen generator* dan nitrogen yang terkandung akan dibuang.
- Lalu oksigen akan ditransfer dan ditampung pada *oxygen receiver*. Oksigen yang ditampung akan ditransfer untuk digunakan membantu proses pembentukan ozon pada *ozone generator*.
- Oksigen yang masuk ke *ozone generator* akan melewati tabung-tabung bertegangan 3.500V – 11.500V, sehingga oksigen akan berubah menjadi ozon saat keluar dari *ozone generator*.
- Setelah ozon terbentuk, ozon akan diinjeksikan ke air ballast yang mengalir. Proses pembasmian bakteri berlangsung ketika ozon dan disinfektan yang dihasilkan dari campuran ozon dan bromin bercampur dengan air ballast yang kemudian ditampung pada tangki ballast.
- Kemudian air ballast dibuang menuju reception facility dengan memastikan bahwa air ballast yang keluar tidak berbahaya. Oleh karena itu, air ballast yang akan keluar akan masuk ke TRO (*Total Residual Oxidant*) level monitor untuk dilihat jumlah kandungan klorin kurang dari 0,2 mg/L. jika kandungan klorin air ballast melebihi 0,2 mg/L, maka air ballast akan dimasukkan neutralizing agent terlebih dahulu agar kandungan klorin dalam air ballast $\leq 0,2$ mg/L.



Gambar 4. 5 Sistem *Port-Based Water Ballast Treatment II*

- a. Perhitungan tangki penampungan di terminal Cilacap didapat dari 3 kali total volume ballast karena sistem treatment air ballast harus dapat digunakan untuk 3 dermaga.

$$\begin{aligned}\text{Besar Tangki} &= 3 \times V \text{ Ballast} \\ &= 3 \times 3.496,202 \\ &= 10.488,606 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- b. Debit Pompa (Q) $= v / t$
 $= 10.500 / 60$
 $= 0,049 \text{ m}^3/\text{s} = 175 \text{ m}^3/$

- c. Perhitungan pipa utama

$$Q = A \times v$$

$$Q = \frac{\pi \times dH}{4 \times v}$$

$$dH = \sqrt{\frac{Q \times 4}{\pi \times v}}$$

$$dH = \sqrt{\frac{0.049 \times 4}{3.14 \times 3}}$$

$$dH = 0,1442 \text{ m} = 144,25 \text{ mm}$$

Pipa yang dipilih:

$$\text{Inside diameter (dm)} = 154,08 \text{ mm}$$

$$\text{Thickness} = 7,11 \text{ mm}$$

$$\text{Outside Diameter} = 168,3 \text{ mm}$$

$$\text{Nominal Pipe Size} = 150$$

$$\text{Schedule} = 40$$

- d. Perhitungan Head Pompa

- Head Loss Mayor Pompa (Hma)

➤ Sisi Hisap:

$$H_f = \frac{\lambda \times L \times V^2}{D \times 2g}$$

Dimana :

$$\lambda : 0,02 + 0,0005D; 0,0201$$

$$L : \text{Panjang pipa; } 103 \text{ m}$$

$$V : \text{Kecepatan aliran; } 4 \text{ m/s}$$

$$D : \text{Diameter dalam pipa; } 0,16276 \text{ m}$$

$$g : \text{percepatan gravitasi; } 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$H_f = \frac{0,0201 \times 103 \times 4^2}{0,16276 \times 2(9,81)}$$

$$H_f = 10,374 \text{ m}$$

➤ Sisi Keluar

$$H_f = \frac{\lambda \times L \times V^2}{D \times 2g}$$

Dimana :

λ : 0,02 + 0,0005D; 0,0201

L : Panjang pipa; 7 m

V : Kecepatan aliran; 4 m/s

D : Diameter dalam pipa; 0,16276 m

g : percepatan gravitasi; 9.81 m/s²

$$H_f = \frac{0,0201 \times 7 \times 4^2}{0,16276 \times 2(9,81)}$$

$$H_f = 0,71 \text{ m}$$

$$\text{Total Head Mayor (Hma)} = 10,374 + 0,71 = 11,084 \text{ m}$$

• Head Loss Minor (Hmi)

➤ Sisi Hisap:

No.	Type	N	K	N x K
1.	Gate Valve	1	1,15	1,15
2.	Filter	1	2,5	2,5
Total K				3,65

$$H_I = \frac{K \text{ total} \times V^2}{2g}$$

$$H_I = \frac{3,65 \times 4^2}{2(9,81)}$$

$$H_I = 2,977$$

➤ Sisi Keluar

No.	Type	N	K	N x K
1.	Three way Valve	1	2,5	2,5
2.	Hydrocyclone	1	2,5	2,5
3.	Non-Return Valve	2	2	4
Total K				9

$$H_I = \frac{K \text{ total} \times V^2}{2g}$$

$$H_I = \frac{9 \times 4^2}{2(9,81)}$$

$$H_I = 7,339$$

$$\text{Total Head Minor (Hmi)} = 2,977 + 7,339 = 10,316 \text{ m}$$

- Head Statis:
Selisih ketinggian sisi hisap dengan sisi keluar. Sisi Hisap adalah overboard pada kapal dan sisi keluar ada di pelabuhan (*Reception Facility*)

$$H_s = T_2 - T_1$$

$$= 4 - 0$$

$$= 4 \text{ m}$$
 - Head Velocity:

$$H_v = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

$$H_v = 0; \text{ Dimana } V \text{ hisap} = V \text{ keluar}$$
 - Head Pressure:

$$H_p = \frac{P_{\text{keluar}} - P_{\text{hisap}}}{\gamma}$$

$$H_p = 0$$
- Total Head Losses = $H_{ma} + H_{mi} + H_s + H_v + H_p$
 $= 11,084 + 10,316 + 4 + 0 + 0$
 $= 24,4 \text{ m}$

Pompa yang dipilih:

Merk : Sili Pump
 Tipe : 150-CLH-22
 Kapasitas : 200 m³/h
 Head : 30 m
 Power : 18,5 kW

4.3 Menentukan Kapasitas Penampungan dan Sistem Treatment Sludge

4.3.1 Melengkapi data volume sludge setiap kapal yang bersandar

Kapasitas penampungan sludge di Terminal cilacap harus ditentukan dahulu sebelum merancang sistem pengolahan *sludge*. Namun, limbah minyak sering kali diolah di dalam kapal, tetapi dalam kasus ini tidak banyak kapal tanker yang bersandar di terminal cilacap masih menerapkan standar 15 ppm sedangkan dalam regulasi baru standar yang harus dipenuhi adalah 5 ppm. Maka, dalam kasus ini sistem treatment ini bertujuan menampung sludge dan oily wastewater yang ada di kapal untuk dilakukan treatment dan dibuang dengan aman tanpa merusak lingkungan. Untuk perhitungan volume *sludge* berdasarkan ANNEX I MARPOL 73/78 Chapter II Regulation 17, kapasitas minimal tangki sludge dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut: (MARPOL Prevention Convention 73/78, 1978)

$$V = K_1 x C x D$$

Dimana :

K_1 : 0,015 untuk kapal berbahan bakar HFO, 0,05 untuk kapal berbahan bakar MDO atau bahan bakar lain yang tidak membutuhkan prurifier

C : *daily fuel oil consumption* (m^3)

D : *endurance* / durasi maksimal perjalan, biasanya diasumsikan 30 hari

Untuk menentukan volume sludge dibutuhkan data periode (hari) maksimal perjalanan kapal. Untuk mengetahui periode perjalanan kapal yang bersandar di Terminal Cilacap, dapat dilakukan dengan pendekatan dari lama perjalanan kapal dari pelabuhan asal menuju Terminal Cilacap dengan cara sebagai berikut

$$T \text{ (hour)} = \frac{S \text{ (nautical miles)}}{V \text{ (Knot)}}$$

Jarak antara pelabuhan asal menuju Terminal Cilacap dapat diketahui melalui website online, sedangkan kecepatan rata-rata kapal dapat diketahui melalui *online record*.

Setelah menentukan *endurance* dari kapal, lalu dilakukan mencari data *daily fuel oil consumption* (C) dari setiap kapal dengan cara sebagai berikut:

$$C = \frac{\frac{SFOC \times \text{Engine Power}}{1000}}{\rho_{HFO} \text{ (991 kg/m}^3\text{)}}$$

Setelah mendapatkan seluruh data tersebut dari setiap kapal yang bersandar, kapasitas tangki sludge dari setiap kapal dapat ditentukan.

Tabel 4. 2 volume tangki sludge

SHIP'S NAME	Engine Brand	Engine Power (KW)	SFOC	Speed Average	Days Spent	C (m^3)	Sludge Capacity
MT Fortune Glory XLI	MAN B&W 6L60MC	8053	175	11.3	3	34.130	1.536
MT Atlantic Point	MAN B&W	5664	171	9.4	5.3	23.456	1.865
MT Nirbaya	MAN B&W 6S50MC	6290	168	9.1	15	25.592	5.758
MT Nirbita	MAN B&W 6S50MC	6290	168	8	12	25.592	4.606
MT Sungai Gerong	MAN B&W 7S60MCC	16660	179	17	3.2	72.221	3.467
MT Sinar Jogya	MAN B&W 7S50MCC	9994	171	10.3	5	41.388	3.104
Mt Medelin Master	Wartsila 7RT-flex96C	40044	172	10.2	3	166.803	7.506
MT Sinar Busan	MAN B&W 7S50MCC	9994	171	12.7	5	41.388	3.104

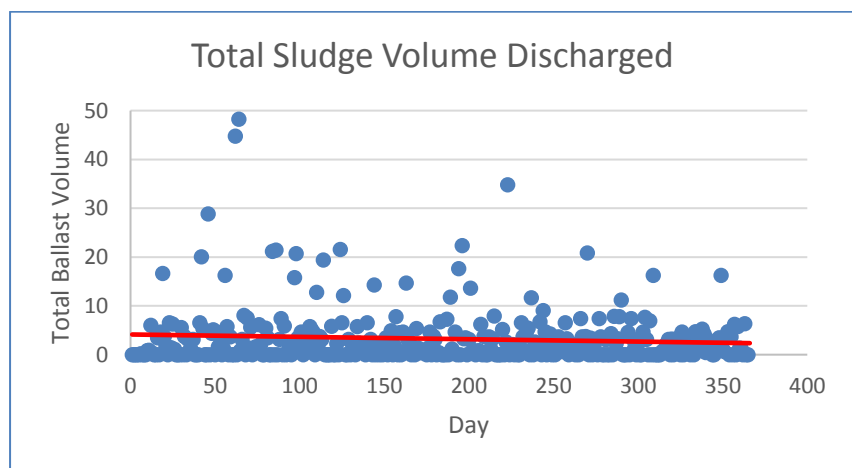
SHIP'S NAME	Engine Brand	Engine Power (KW)	SFOC	Speed Average	Days Spent	C (m ³)	Sludge Capacity
MT Success Energy XXXII	MAN B&W S35MC	5669	178	9.9	2.3	24.438	0.843
MT SEI PAKNING	-	16080	168.5	11	6.63	65.618	6.526
MT ALABASTER	HANSHIN LH 31 G	1193.12	171	6.3	5.58	4.941	0.414
MT Palu Sipat	MAN B&W 7S35MC	4958.9	179	11.7	2.5	21.497	0.806
MT Sinar Agra	YAN	3310	171	9.9	3.04	13.708	0.625
MT Transko Aquila	MAN B&W 6S26MC	2600	168	11.5	1.5	10.578	0.238
MT Sele	SULZER 6RLB66	11100	171	9	3	45.968	2.069
MT Shafiyah	HAMSHIN 6LH31G	745.7	175	7.8	4	3.160	0.190
CHAMPION ONE	Winterthur Gas & Diesel Ltd.	13080	171	9.7	20	54.168	16.250
ASIAN OIL I	AKASAKA A 38	2087.96	171	9.5	3	8.647	0.389
EDRICKO 3	AKSAKA A 31 R	1342	171	8	7.3	5.558	0.609
MAHARANITAMA	AKASAKA A31	1417	171	8	3.8	5.868	0.334
MEDELIN MASTER	Wartsila 6L26	6000	180	9.7	2.96	26.155	1.161
EDRICKO 8	AKASAKA A 41	3300	171	10.7	2.6	13.666	0.533
DEWI SRI	MAN B&W ZHENJIANG	1472	171	11	5.25	6.096	0.480
MT Medelin Expo	MAN B&W 7L60MC	13125	171	10.9	4.58	54.354	3.734
MT Medelin Atlas	MAN B&W 6L60MC	11700	175	6.5	15	49.586	11.157
MT Falcon Star	HITACHI SULZER 7253	8150	171	10	10	33.751	5.063
MT New Winner	Wartsila 8L32	4640	185	11.5	20	20.789	6.237
MT Maiden Target	-	-	-	7.6	3.2	0.000	0.000
MT OLYMPUS I	Wartsila 8L32	4640	185	8.4	4	20.789	1.247
MT HARMONY SEVEN	MAN B&W 6S50MC	6290	168	6.1	4.29	25.592	1.647
MT TORM FOX (RATU RUWAIDAH)	MAN B&W 7S50MC	15050	171	10.4	3.46	62.326	3.235
MT SINDANG	MAN B&W 5L60MC	7450	175	11	3	31.574	1.421
MT SEPINGGAN	Wartsila 6L20	1200	184	10.3	5	5.347	0.401
MT SAMBU	MAN B&W 6S42MC	5000	179	10.5	1.6	21.675	0.520
MT MAHAKAMAH I				11.2	3.25	0.000	0.000
MT FEI CHI	Wartsila 9L46	10395	175	9.4	3.8	44.055	2.511

SHIP'S NAME	Engine Brand	Engine Power (KW)	SFOC	Speed Average	Days Spent	C (m ³)	Sludge Capacity
MT SENIPAH	MAN B&W 6S42MC	5000	179	8.6	2	21.675	0.650
MT FASTRON	MAN B&W 7S60MCC	16660	171	12.6	20	68.994	20.698
MT SERANG JAYA	SULZER 6 RLB 66	11100	175	12.1	4.25	47.043	2.999
MT SOECHI ASIA XXIX				12.6	1.37	0.000	0.000
MT PEGADEN	Wartsila 12V46	12600	176	10.4	1.67	53.706	1.345
MT SUCCESS VICTORY XXXIV	Wartsila 7L32	3500	182	10.7	2	15.427	0.463
MT BLUE SKY I				6.2	5.92	0.000	0.000
MT MAIDEN ENERGY	MAN B&W 655MC	9060	172	7.8	4	37.739	2.264
MT TANKER VICTORY	PMJK	5664	171	9.4	5.3	23.456	1.865
MT SAAMIS ADVENTURER	Kobe Diesel Co. Ltd	7943	171	5.7	4.625	32.894	2.282
MT MARTHA PROGRESS	MAN B&W 6S50MC	6290	168	9.8	3.58	25.592	1.374
MT SC EXPLORER III				11.6	3.041	0.000	0.000
MT SC EXPRESS LV	MAN B&W 6S50MC-C	9120	168	13.8	2.08	37.106	1.158
MT BAUHINIA	Makita corporation	3883	168	5.9	2.916	15.798	0.691
MT CENDRAWASIH	Sulzer 7RND68	11550	175	8.2	20	48.951	14.685
MT ONTARI	Mitsui Engineering & Shipbuilding	5626	171	12.1	37	23.299	12.931
MT MADONA SUN	MAN B&W	17300	171	12.3	20	71.644	21.493
MT OCEAN SUMMER	-	9480	171	6.6	5.5	39.259	3.239
MT PROJECT LINK	MAN B&W 6L60MC	11700	175	11.7	3.67	49.586	2.730
MT MARTHA TENDER	MAN B&W 6S50MC	8555	168	11	7	34.807	3.655
MT GRIYA JAWA	Wartsila W9L20	1800	196	10.4	35	8.544	4.486
MT GANDINI	Korea Heavy Industry & Construction Co., Ltd	6620	171	9.9	3.58	27.415	1.472
MT MAIDEN STANDARD	Kobe Diesel Co. Ltd	10591	171	9.1	49	43.860	32.237
MT SANGA-SANGA	Sulzer 6RLB66	11100	172	9.5	3.7	46.237	2.566

SHIP'S NAME	Engine Brand	Engine Power (KW)	SFOC	Speed Average	Days Spent	C (m ³)	Sludge Capacity
MT MEDELIN TOTAL	MAN B&W 5S60MC	9700	172	6	5	40.405	3.030
MT BRO COMBO	MAN B&W 6S50MC	6290	168	10.9	3	25.592	1.152
MT ENDURO	MAN B&W 7S60MCC	16660	171	6.3	4.54	68.994	4.698
MT JOHN CAINE	Akasaka Diesel 2SA6CY	5295	171	11.4	3.75	21.928	1.233
MT SUCCESS PEGASUSS 36	MAN B&W	9705	172	9.3	4.58	40.426	2.777
MT SENGETI	Mitsubishi 6UEC60LS	10592	170	10.5	3.42	43.608	2.237
MT PAGERUNGAN	STX Engine Man 6S35MC - MK7	6037	171	12.2	2.875	25.001	1.078
MT MEDELIN WEST	Akasaka 6UEC45 LA	6300	170	11	4.541	25.937	1.767
MT SC ESTEEM LII	MAN B&W 6S60McC	10590	171	11.4	4	43.856	2.631
MT VENUS GAS	Akasaka 4SA6CY	2427	170	9.4	11.12	9.992	1.667

4.3.2 Menentukan kapasitas penampungan Sludge di Terminal Cilacap

Kapasitas Reception Facility yang akan dibangun untuk penampungan dan sistem treatment *sludge* di terminal Cilacap ditentukan berdasarkan data jumlah volume *sludge* yang dibuang oleh kapal yang bersandar setiap harinya dalam satu tahun dengan asumsi setiap kapal membuang *sludge* dengan kapasitas penuh. Volume *sludge* yang dibuang setiap hari dalam satu tahun adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 6 Grafik volume sludge yang dibuang per-hari di Terminal Cilacap pada tahun 2017

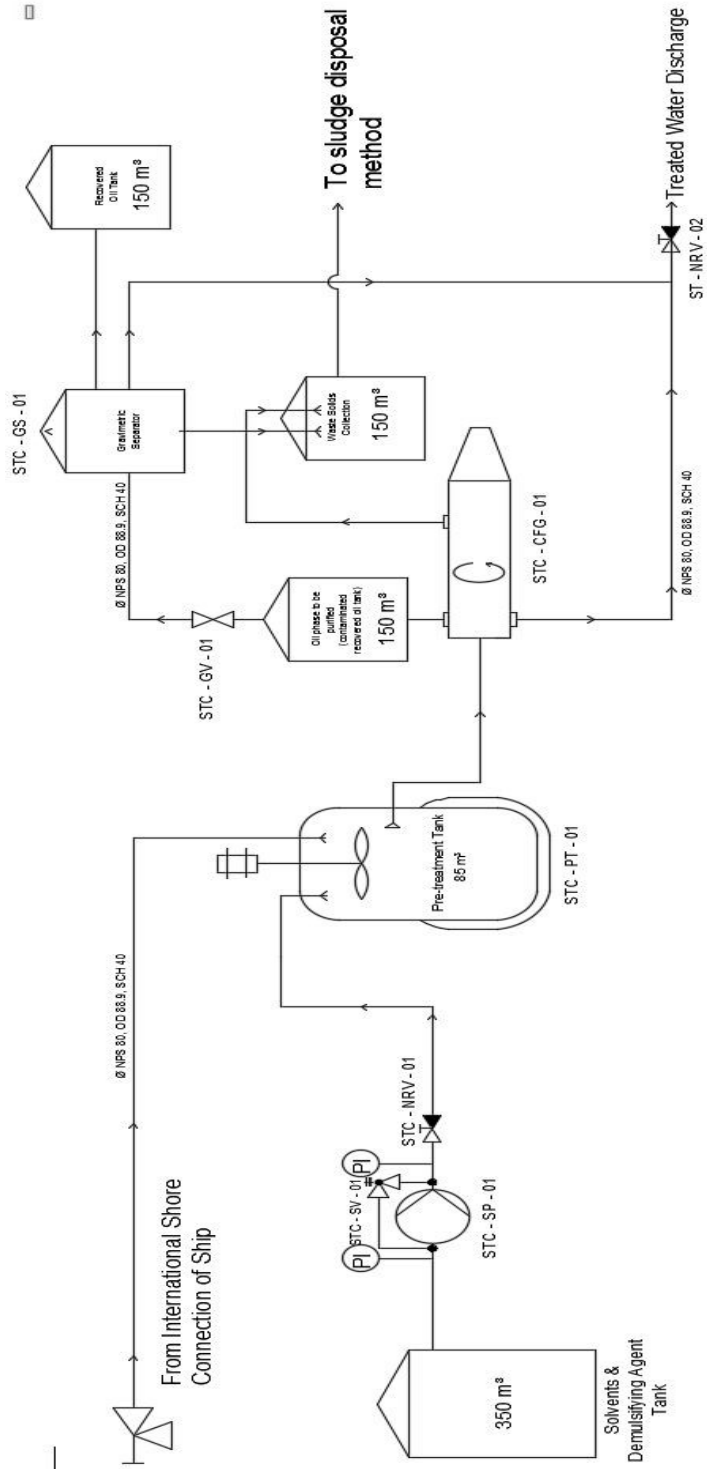
Dari data diatas, menunjukkan bahwa dalam satu tahun, trendline volume *sludge* yang dibuang memiliki rata-rata sebesar 2,86 m³. Berdasarkan data tersebut ditentukan bahwa kapasitas penampungan dan sistem treatment *sludge* yang akan dibangun adalah sebesar 85 m³ karena dalam perencanaannya akan dilakukan penampungan dalam satu bulan dan dilakukan treatment satu bulan sekali.

4.4 Perencanaan Penampungan dan *Treatment Sludge* di Terminal Cilacap

4.4.1 Perancangan penampungan dan treatment *Sludge* I

Treatment *sludge* yang akan dirancang adalah sistem yang menggunakan metode sentrifugal. Metode sentrifugal ini menggunakan gaya sentrifugal untuk memisahkan kandungan limbah *sludge* dengan perbedaan massa jenis. Kandungan *sludge* yang akan dipisahkan berdasarkan massa jenisnya antara lain adalah air, campuran berminyak, dan limbah padat atau ampas yang terkandung dalam *sludge*. Langkah-langkah kerja sistem treatment *sludge* adalah sebagai berikut:

- Pertama-tama *sludge* dimasukkan kedalam tangki *pre-treatment* bertujuan untuk mengurangi tingkat viskositas dari *sludge* dengan menambahkan pelarut (*methyl ethyl keton/MEK*, LPG Condensate/LPGC, atau *Aceton hexana*), demulsifier, dan uap untuk pemanasan.
- *Sludge* yang telah memiliki viskositas rendah, dipompa menuju sistem sentrifugal untuk memisahkan kandungan *sludge* berdasarkan masa jenis dengan memanfaatkan gaya sentrifugal
- Lalu fase minyak kemudian dimurnikan lebih lanjut dengan menggunakan *gravimetric separator* untuk menghasilkan minyak pulih dan limbah padat. Air limbah kemudian masuk unit pengolahan air limbah untuk menghilangkan bakteri yang terkandung, sedangkan limbah padat akan dikirim ke tempat pembuangan sampah (*sludge disposal method*).



Gambar 4. 7 penampungan dan sistem treatment *sludge* I

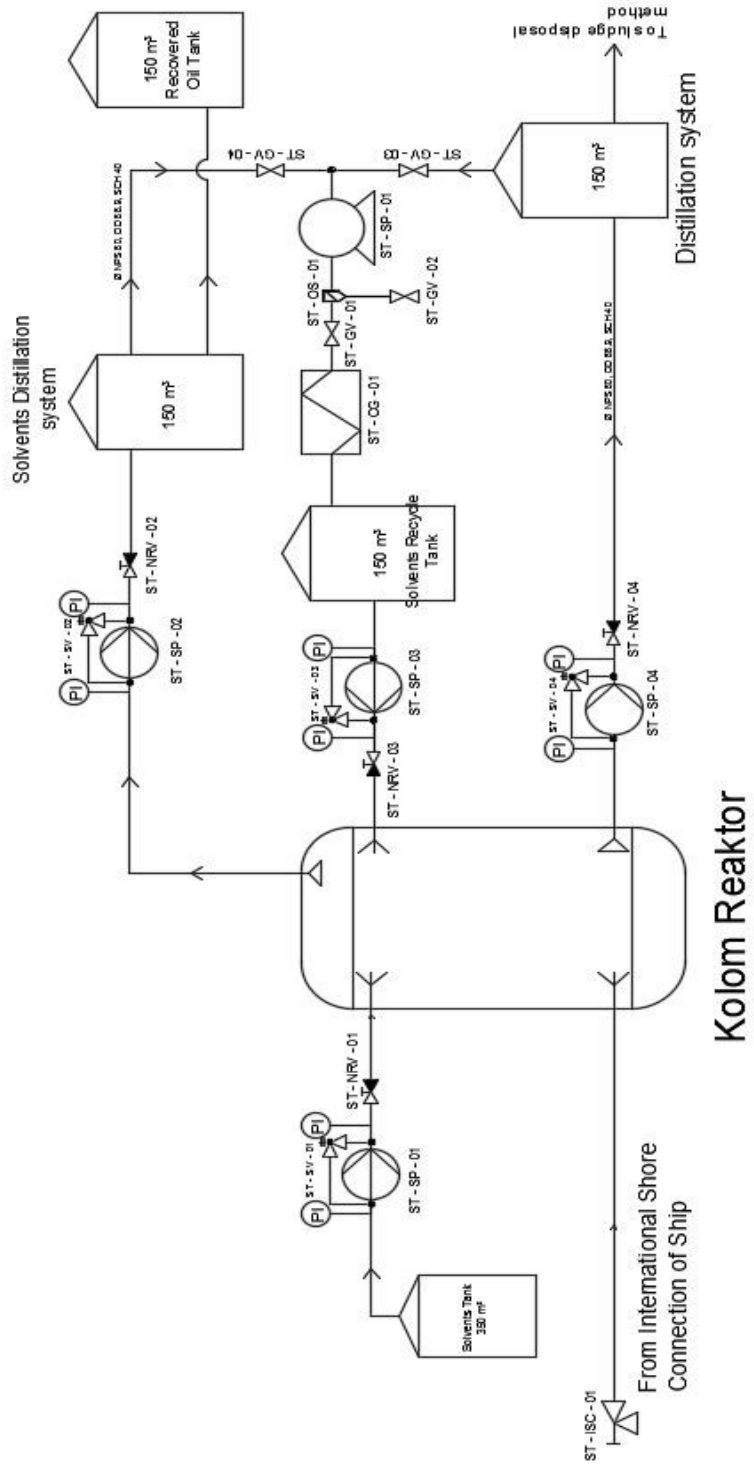
Seperti pembahasan sebelumnya, perhitungan tangki penampungan sludge di terminal Cilacap didapat dari rata-rata volume sludge yang dibuang kapal dengan asumsi setiap kapal membuang penuh volume sludge yang ada. Dalam perencanaannya proses treatment akan dilakukan sekali dalam satu bulan.

$$\begin{aligned}\text{Besar Tangki} &= 30 \times V \text{ Sludge} \\ &= 30 \times 2,86 \\ &= 85,8 \text{ m}^3\end{aligned}$$

4.4.2 Perancangan penampungan dan treatment *Sludge* II

Sistem kedua yang akan dirancang adalah sistem sludge treatment menggunakan metode ekstraksi pelarut. Metode ini menggunakan pelarut yang tepat untuk melarutkan fraksi minyak yang terkandung didalam sludge dan membuat limbah padat menjadi lebih encer dibawah kolom reactor dimana ruang pencampuran antara sludge dan *selective solvent* terjadi. *Solvent* yang dapat digunakan antara lain *Methyl Ethyl Keton* (MEK), *LPG Condensate* (LPGC), atau *Aceton Hexana* dengan rasio volume solvent dibanding sludge adalah 4:1. Langkah-langkah proses istem treatment ini beroperasi adalah sebagai berikut:

- Pertama-tama sudge yang akan dibuang dari kapal yang bersandar akan dimasukkan kedalam kolom reaktor dan dicampur dengan zat pelarut.
- Kandungan sludge akan terpisah berdasarkan berat dari zat masing-masing dan akan meninggalkan zat yang kurang larut di bagian bawah kolom reaktor
- Larutan pelarut minyak kemudian dipindah ke sistem distilasi pelarut dimana zat pelarut dipisahkan dari minyak. Minyak yang terpisah akan dipindah kedalam *recovered oil tank*. Lalu, uap zat pelarut akan dicairkan lagi dengan menggunakan kompresor dan sistem pendingin dan dikirim menuju *solvent recycling tank*.
- Limbah padat yang ada didalam bawah kolom reaktor akan di pompa menuju sistem distilasi kedua untuk memisahkan antara limbah padat dan zat pelarut yang tercampur. Uap zat pelarut akan dicairkan dan dikirim menuju *solvent recycling tank* dan sisa limbah padat yang ada akan dibuang dengan treatment pembakaran.



Gambar 4. 8 penampungan dan sistem treatment *sludge* II

- a. Seperti pembahasan sebelumnya, perhitungan tangki penampungan sludge di terminal Cilacap didapat dari rata-rata volume sludge yang dibuang kapal dengan asumsi setiap kapal membuang penuh volume sludge yang ada. Dalam perencanaannya proses treatment akan dilakukan sekali dalam satu bulan.

$$\begin{aligned}\text{Besar Tangki} &= 30 \times V \text{ Sludge} \\ &= 30 \times 2,86 \\ &= 85,8 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- b. Debit Pompa (Q) $= v / t$
 $= 85 / 24$
 $= 3.54 \text{ m}^3/\text{h} = 0,00098 \text{ m}^3/\text{s}$

- c. Perhitungan pipa utama

$$Q = A \times v$$

$$Q = \frac{\pi \times dH}{4 \times v}$$

$$dH = \sqrt{\frac{Q \times 4}{\pi \times v}}$$

$$dH = \sqrt{\frac{0.00098 \times 4}{3.14 \times 1}}$$

$$dH = 0,07067 \text{ m} = 70,67 \text{ mm}$$

Pipa yang dipilih:

$$\text{Inside diameter (dm)} = 77,92 \text{ mm}$$

$$\text{Thickness} = 5,49 \text{ mm}$$

$$\text{Outside Diameter} = 88,9 \text{ mm}$$

$$\text{Nominal Pipe Size} = 80$$

$$\text{Schedule} = 40$$

- d. Perhitungan Head Pompa

- Head Loss Mayor Pompa (H_{ma})

➤ Sisi Hisap:

$$H_f = \frac{\lambda \times L \times V^2}{D \times 2g}$$

Dimana :

$$\lambda : 0,02 + 0,0005D; 0,02$$

$$L : \text{Panjang pipa; } 103 \text{ m}$$

$$V : \text{Kecepatan aliran; } 1 \text{ m/s}$$

$$D : \text{Diameter dalam pipa; } 0,07792 \text{ m}$$

$$g : \text{percepatan gravitasi; } 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$H_f = \frac{0,02 \times 103 \times 1^2}{0,07792 \times 2(9,81)}$$

$$H_f = 1,347 \text{ m}$$

➤ Sisi Keluar

$$H_f = \frac{\lambda \times L \times V^2}{D \times 2g}$$

Dimana :

λ : $0,02 + 0,0005D$; 0,02

L : Panjang pipa; 7 m

V : Kecepatan aliran; 1 m/s

D : Diameter dalam pipa; 0,07792 m

g : percepatan gravitasi; 9.81 m/s²

$$H_f = \frac{0,02 \times 7 \times 1^2}{0,07792 \times 2(9,81)}$$

$$H_f = 0,091 \text{ m}$$

$$\text{Total Head Mayor (Hma)} = 1,374 + 0,091 = 1,465 \text{ m}$$

- Head Loss Minor (Hmi)

➤ Sisi Hisap:

No.	Type	N	K	N x K
1.	Gate Valve	1	1,15	1,15
Total K				1,15

$$H_I = \frac{K \text{ total} \times V^2}{2g}$$

$$H_I = \frac{1,15 \times 1^2}{2(9,81)}$$

$$H_I = 0,0586$$

➤ Sisi Keluar

No.	Type	N	K	N x K
1.	Non-Return Valve	1	2	2
Total K				2

$$H_I = \frac{K \text{ total} \times V^2}{2g}$$

$$H_I = \frac{2 \times 1^2}{2(9,81)}$$

$$H_I = 0,102$$

$$\text{Total Head Minor (Hmi)} = 0,0586 + 0,102 = 0,1606 \text{ m}$$

- Head Statis:

Selisih ketinggian sisi hisap dengan sisi keluar. Sisi Hisap adalah overboard pada kapal dan sisi keluar ada di pelabuhan (*Reception Facility*)

$$\begin{aligned} H_s &= T_2 - T_1 \\ &= 3 - 0 \\ &= 3 \text{ m} \end{aligned}$$

- Head Velocity:

$$H_v = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

$H_v = 0$; Dimana V hisap = V keluar

- Head Pressure:

$$H_p = \frac{P_{\text{keluar}} - P_{\text{hisap}}}{\gamma}$$

$$H_p = 0$$

$$\begin{aligned} \text{Total Head Losses} &= H_{ma} + H_{mi} + H_s + H_v + H_p \\ &= 1,465 + 0,1606 + 3 + 0 + 0 \\ &= 4,6256 \text{ m} \end{aligned}$$

Pompa yang dipilih:

Merk : Iron Pump
 Tipe : ON – V:4.5
 Kapasitas : 4,5 m³/h
 Head : 20 m
 Power : 1,5 kW

4.5 Material Requirement Plan

4.5.1 Spesifikasi peralatan yang dibutuhkan *water ballast treatment* I

Tabel 4. 3 spesifikasi peralatan

No.	Jenis Item	Spesifikasi	Jumlah	Unit	Harga Satuan
1.	ClO ₂ generator	Self-contained and fully automated , 400 m ³ /h	1 (Maker Package)	Unit	Rp6.851.020.000
2.	<i>Sulfuric Acid pump</i>	Gear Pump , 1,2 m ³ /h , Head 5 m			
3.	<i>Purate pump</i>	Gear Pump , 1,2 m ³³ /h , Head 5 m			
4.	<i>Purate tank</i>	1,5 m ³			
5.	<i>Sulfuric acid tank</i>	1,5 m ³			
6.	Filter	316L stainless steel screens , self-cleaning , 500 m ³ /h , footprint 0,3 m ²			
7.	Pompa	Sentrifugal pump , Sili Pump 150-CLH-22 , 200 m ³ /h , Head 30 m , 18,5 kW , rpm 2900 , Electrical driven	1	Unit	Rp530.000
8.	Tangki penampungan	Kapasitas 3.500 m ³	3	m ³	Rp1.820.000.000
9.	Pipa	Welded and Seamless, Stainless Steel, ANSI, NPS 150	200	m	Rp3.522.016
10.	Gate valve	Carbon steel , DN 150 , 0,6 MPa , ANSI 150	8	Unit	Rp297.427
11.	Non-Return Valve	Welded and Seamless, Stainless Steel, ANSI, NPS 150	3	Unit	Rp522.637
12.	Safety Valve	Cast Iron , DN 150 , 17,2 bar , ANSI	3	Unit	Rp118.915

4.5.2 Capital Expenditure Ballast Water Treatment I

Capital Expenditure adalah biaya yang direncanakan untuk membangun sistem penampungan dan treatment *sludge*. Biaya yang didapat antara lain:

a. Procurement / Biaya Pengadaan Barang

Tabel 4. 4 Daftar Harga peralatan

No.	Jenis Item	Jumlah	Harga Satuan	Total harga
1.	Ecochlor ES – 400S-1,5: 1. ClO ₂ generator 2. Sulfuric Acid pump 3. Purate pump 4. Sulfuric acid tank 5. Purate tank 6. Filter	1	Maker Package	Rp6.851.020.000 Maker Package: Ecochlor ES-400S-1,5
2.	Pompa	1	Rp530.000	Rp106.000.000
3.	Tangki penampungan 3.500 m ³	3	Rp1.820.000.000	Rp5.460.000.000
Total				Rp12.417.020.000

Tabel 4. 5 Total biaya pengadaan barang

No.	Rincian harga	Harga
1.	Total <i>procurement cost</i>	Rp12.417.020.000
2.	Bea Masuk (10%)	Rp1.241.702.000
3.	Total + Bea masuk	Rp13.658.722.000
4.	PPN (10%)	Rp1.365.827.200
5.	PPH (3%)	Rp409.761.660
6.	Shipping (15%)	Rp2.048.808.300
Total		Rp17.483.164.160

b. Biaya Instalasi

Tabel 4. 6 Daftar biaya pemasangan

No.	Rincian	Jumlah	Harga satuan	Harga
1.	Ecochlor ES – 400S-1,5: 1. ClO ₂ generator 2. Sulfuric Acid pump 3. Purate pump 4. Sulfuric acid tank 5. Purate tank 6. Filter	1	Rp84.930.000 Maker Package Installation	Rp84.930.000 Maker Package Installation
2.	Pemasangan pompa	1	Rp12.400.000	Rp12.400.000
3.	Pemasangan pipa	200	Rp825.000	Rp165.000.000
4.	Pemasangan Tangki	3	Rp40.176.000	Rp120.528.000
Total				Rp382.858.000

Total biaya capital expenditure dari fasilitas treatment air ballast menggunakan filtrasi + injeksi biosida kimia klorin dioksida adalah sebagai berikut;

$$CAPEX = \text{Procurement cost} + \text{Installation cost}$$

$$CAPEX = 17.483.164.160 + 382.858.000$$

$$CAPEX = \text{Rp}17.866.022.160$$

4.5.3 Operational Expenditure Ballast Watter Treatment I

Operasional expenditure merupakan biaya operasional dari fasilitas air ballast treatment selama 5 tahun kedepan yang meliputi biaya untuk melakukan perawatan material, perawatan pekerja, dan biaya kebutuhan energi.

- Kebutuhan listrik:
Ballast Water Treatment : 7 KWh
Kebutuhan listrik pompa : 18,5 KW
 $KWh = P \times t$
 $Kwh = 18,5 \times 24 = 444$
 $Kwh \text{ total} = 444 + 7 = 451 \text{ KWh}$
Kebutuhan untuk operasional selama 5 tahun (1.825 hari). Sehingga kebutuhan listrik untuk operasional selama 5 tahun adalah 823075 KWh.

- Biaya perawatan
Biaya perawatan sebesar 10% dari biaya total pemasangan dan akan bertambah 10 % setiap tahunnya dari biaya perawatan tahun pertama. Dicari biaya perawatan untuk operasional selama 5 tahun kedepan.

Tabel 4. 7 Daftar biaya Operasional Expenditure

Rincian	Jumlah	Harga Satuan	Harga
Listrik	823075	Rp1.645	Rp1.353.958.375
<i>Maintenance</i>	10%/tahun x biaya instalasi	Rp38.285.800	Rp233.738.637,58
Asuransi karyawan	10%gaji x 60 bulan	Rp400000	Rp72.000.000
Gaji karyawan	3 x 60 bulan	Rp4.000.000	Rp720.000.000
Total			Rp2.379.697.012,58

Dari table 4.7, total biaya operasional fasilitas sistem air ballast treatment menggunakan sistem injeksi biosida kimia dengan klorin dikosida (ClO_2) di terminal Cilacap selama 5 tahun kedepan adalah sebesar Rp2.379.697.012,58

4.5.4 Spesifikasi peralatan yang dibutuhkan *water ballast treatment II*
Tabel 4. 8 spesifikasi peralatan

No.	Jenis Item	Spesifikasi	Jumlah	Unit	Harga Satuan
1.	Air compressor dan filter	Tekanan 7,9 bar, filtrasi grade 0,1 mikron, tipe screw	1 (Maker Package)	Unit	Rp6.851.020.000
2.	Air receiver	Kapasitas 0,55 m ³ , tekanan 6,6 bar			
3.	Oxygen generator	Kapasitas 7,1 m ³ /h, tekanan outlet 4-6 bar, suhu -70°C, kadar oksigen 90%			
4.	Oxygen receiver	Kapasitas 0,55 m ³ , tekanan 6,6 bar			
5.	Ozone generator	Output 2,5 mg/L			
6.	Neutralizing agent and TRO level	Output : sodium sulfat			
7.	Pompa	Sentrifugal pump, Sili Pump 150-CLH-22, 200 m ³ /h, Head 30 m, 18,5 kW, rpm 2900, Electrical driven	1	Unit	Rp530.000
8.	Hydrocyclone	Haiwan FX200, inlet pressure 0,3 MPa, diameter 200 mm, kapasitas 140-220 m ³	1	Unit	Rp21.232.500
9.	Tangki penampungan	Kapasitas 3.500 m ³	3	m ³	Rp1.820.000.000
10.	Tangki Sludge	Kapasitas 200 m ³	1	m ³	Rp919.800.000
11.	Pipa	Welded and Seamless, Stainless Steel, ANSI, NPS 150	200	m	Rp3.522.016
12.	Gate valve	Carbon steel, DN 150, 0,6 MPa, ANSI 150	7	Unit	Rp297.427
13.	Non-Return Valve	Welded and Seamless, Stainless Steel, ANSI,NPS150	4	Unit	Rp522.637
14.	Safety Valve	Cast Iron, DN 150, 17,2 bar, ANSI	1	Unit	Rp118.915
15.	Globe Valve	Cast steel, DN 150, 0,6 MPa, ANSI 150	6	Unit	Rp297.427
16.	Three-way Valve	Cast steel, DN 150, 0,6 MPa, ANSI 150	1	Unit	Rp297.427

4.5.5 Capital Expenditure Ballast Water Treatment II

Capital Expenditure adalah biaya yang direncanakan untuk membangun sistem penampungan dan treatment *sludge*. Biaya yang didapat antara lain:

a. Procurement / Biaya Pengadaan Barang

Tabel 4. 9 Daftar harga Peralatan

No.	Jenis Item	Jumlah	Harga Satuan	Total Harga
1.	NK-03 Blue ballast NK-03 15: 1. <i>Air Compressor and filter</i> 2. <i>Air receiver</i> 3. <i>Oxygen generator</i> 4. <i>Oxygen receiver</i> 5. <i>Ozone generator</i> 6. <i>Neutralizing agent and TRO level monitoring</i>	1	Maker Package	Rp5.945.100.000 Maker Package: NK-03 BlueBallast NK-03 15
2.	Pompa	1	Rp530.000	Rp106.000.000
3.	Hydrocyclone	1	Rp21.232.500	Rp21.232.500
4.	Filter pompa	1	Rp4.870.000	Rp4.870.000
5.	Tangki penampungan 3.500 m ³	3	Rp1.820.000.000	Rp5.460.000.000
6.	Tangki sludge	1	Rp919.800.000	Rp919.800.000
Total				Rp13.362.922.500

Tabel 4. 10 Total biaya pengadaan barang

No.	Rincian harga	Harga
1.	Total <i>procurement cost</i>	Rp13.362.922.500
2.	Bea Masuk (10%)	Rp1.336.292.250
3.	Total + Bea masuk	Rp14.699.214.750
4.	PPN (10%)	Rp1.469.921.475
5.	PPH (3%)	Rp440.976.442,50
6.	Shipping (15%)	Rp2.204.882.212,50
Total		Rp18.814.994.880

b. Biaya Instalasi

Tabel 4. 11 Daftar biaya pemasangan

No.	Rincian	Jumlah	Harga satuan	Harga
1.	Pemasangan NK-03 Blue ballast NK-03 15 package	1	Rp99.085.000	Rp99.085.000
2.	Pemasangan pompa	1	Rp12.400.000	Rp12.400.000
3.	Pemasangan pipa	200	Rp825.000	Rp165.000.000
4.	Pemasangan Tangki	3	Rp40.176.000	Rp120.528.000
5.	Pemasangan Hydrocyclone	1	Rp15.698.000	Rp15.698.000
Total				Rp412.711.000

Total biaya capital expenditure dari fasilitas treatment air ballast menggunakan filtrasi + injeksi bisida kimia klorin dioksida adalah sebagai berikut;

$$CAPEX = Procurement\ cost + Installation\ cost$$

$$CAPEX = 18.814.994.880 + 412.711.000$$

$$CAPEX = Rp34.203.897.880$$

4.5.5 Operational Expenditure Ballast Water Treatment II

Operasional expenditure merupakan biaya operasional dari fasilitas air ballast treatment selama 5 tahun kedepan yang meliputi biaya untuk melakukan perawatan material, perawatan pekerja, dan biaya kebutuhan energi.

- Kebutuhan listrik:

Ballast Water Treatment : 43,2 KW

Kebutuhan listrik hydrocyclone : 3,6 KW

Kebutuhan listrik pompa : 18,5 KW

$$KWh = P \times t$$

$$Kwh = (18,5 + 43,2 + 3,6) \times 24 = 1.567,2\ KWh$$

Kebutuhan untuk operasional selama 5 tahun (1.825 hari). Sehingga kebutuhan listrik untuk operasional selama 5 tahun adalah 2860140 KWh.

- Biaya Perawatan:

Biaya perawatan sebesar 10% dari biaya total pemasangan dan akan bertambah 10 % setiap tahunnya dari biaya perawatan tahun pertama. Dicari biaya perawatan untuk operasional selama 5 tahun kedepan.

Tabel 4. 12 Daftar biaya Operasional Expenditure

Rincian	Jumlah	Harga Satuan	Harga
Listrik	2860140	Rp1.645	Rp4.704.930.300
<i>Maintenance</i>	10%/tahun x biaya instalasi	Rp41.271.100	Rp251.964.192,61
Asuransi karyawan	10%gaji x 60 bulan	Rp400.000	Rp72.000.000
Gaji karyawan	3 x 60 bulan	Rp4.000.000	Rp720.000.000
Total			Rp5.748.894.492,61

Dari table 4.12, total biaya operasional fasilitas sistem air ballast treatment menggunakan sistem ozon di terminal Cilacap selama 5 tahun kedepan adalah sebesar Rp5.748.894.492,61

4.5.6 Spesifikasi peralatan yang dibutuhkan *sludge treatment* I
Tabel 4.13 spesifikasi peralatan

No.	Jenis Item	Spesifikasi	Jumlah	Unit	Harga Satuan
1.	Pre-treatment tank with mixer	Dynamix NMX series , Kapasitas 85 m ³ , power 84 KW	1	m ³	Rp1.609.187.464
2.	Tangki demulsifier	Kapasitas 350 m ³	1	m ³	Rp1.608.187.464
3.	Pompa <i>demulsifying agent</i>	Iron pump ON-V:5, 4,5 m ³ /h , head 20 m , rpm 850 , power 1 HP 0,746 KW	3	Unit	Rp14.088.000
4.	Sentrifugal	XBSY LWS 250 , rpm 5000 , power 15 KW	1	Unit	Rp283.100.000
5.	Tangki <i>recovered oil</i>	Kapasitas 150 m ³	1	m ³	Rp689.850.000
6.	Tangki limbah padat	Kapasitas 150 m ³	1	m ³	Rp689.850.000
7.	Gavimetric Separator	5XZ-5A , kapasitas 500 kg/h , power 9,7 KW, size 4,1 x 1,7 x 1,6	1	m ³	Rp56.352.000
8.	Tangki Purifier	Kapasitas 150 m ³	1	m ³	Rp689.850.000
9.	Pipa utama	Welded and Seamless, Stainless Steel, ANSI , NPS 80	200	m	Rp3.522.016
10.	Gate valve	Carbon steel , DN 80 , 0,6 MPa , ANSI 150	4	Unit	Rp297.427
11.	Non-Return Valve	Cast steel flanged , DN 80 , 0,6 MPa , ANSI 150	4	Unit	Rp522.637
12.	Safety valve	Bronze , DN 80 , 1 bar , ANSI	4	Unit	Rp118.915

4.5.7 Capital Expenditure Sludge Treatment I

Capital Expenditure adalah biaya yang direncanakan untuk membangun sistem penampungan dan treatment *sludge*. Biaya yang didapat antara lain:

a. Procurement / Biaya Pengadaan Barang

Tabel 4. 14 Daftar harga peralatan

No.	Jenis Item	Jumlah	IDR
1.	<i>Pre-Treatment tank with mixer</i>	1	Rp1.609.187.464
2.	Tangki demulsifier	1	Rp1.608.187.464
3.	<i>Pompa demulsifying agent</i>	1	Rp14.088.000
4.	Boiler	1	Rp70.158.240
5.	Incineration	1	Rp33.811.200
6.	Centrifugal	1	Rp283.100.000
7.	Tangki <i>recovered oil</i>	1	Rp689.850.000
8.	Tangki limbah padat	1	Rp689.850.000
9.	Gavimetric Separator	1	Rp56.352.000
10.	Tangki Purifier	1	Rp689.850.000
Total			Rp5.743.434.368

Tabel 4. 15 Total biaya pengadaan barang

No.	Rincian harga	Harga
1.	Total <i>procurement cost</i>	Rp5.743.434.368
2.	Bea Masuk (10%)	Rp574.343.436,80
3.	Total + Bea masuk	Rp6.317.777.804,80
4.	PPN (10%)	Rp631.777.780,48
5.	PPH (3%)	Rp189.553.334,14
6.	Shipping (15%)	Rp947.666.670,72
Total		Rp8.086.755.590,14

b. Biaya Instalasi

Tabel 4. 16 Daftar biaya pemasangan

No.	Rincian	Jumlah	Harga satuan	Harga
1.	Pemasangan <i>pre-treatment tank with mixer</i>	1	Rp96.000.000	Rp96.000.000
2.	Pemasangan boiler	1	Rp84.000.000	Rp84.000.000
3.	Pemasangan sentrifugal	1	Rp15.698.000	Rp15.698.000
4.	Pemasangan tangki <i>recovered oil</i>	1	Rp84.000.000	Rp84.000.000
5.	Pemasangan tangki limbah padat	1	Rp84.000.000	Rp84.000.000

6.	Pemasangan <i>gravimetric separator</i>	1	Rp15.698.000	Rp15.698.000
7.	Pemasangan pipa	200	Rp380.000	Rp76.000.000
8.	Pemasangan Tangki purifier dan demulsifier	3	Rp84.000.000	Rp168.000.000
Total				Rp623.396.000

Total biaya capital expenditure dari fasilitas treatment air ballast menggunakan filtrasi + injeksi bisida kimia klorin dioksida adalah sebagai berikut;

$$CAPEX = Procurement\ cost + Installation\ cost$$

$$CAPEX = 8.086.755.590,14 + 623.396.000$$

$$CAPEX = Rp8.710.151.590,14$$

4.5.8 Operational Expenditure Sludge Treatment I

Operasional expenditure merupakan biaya operasional dari fasilitas air ballast treatment selama 5 tahun kedepan yang meliputi biaya untuk melakukan perawatan material, perawatan pekerja, dan biaya kebutuhan energi.

- Kebutuhan listrik:
Pompa demulsifier : 0,746 KW
Mixer 84 KW
Sentrifugal : 15 KW
Gravimetric separator 9,7 KW
 $KWh = P \times t$
 $Kwh = (0,746 + 84 + 7,5 + 9,7) \times 24 = 2446,704\ KWh$
Kebutuhan untuk operasional selama 5 tahun (60 bulan). Sehingga kebutuhan listrik untuk operasional selama 5 tahun adalah 146802,24 KWh.
- Biaya Perawatan:
Biaya perawatan sebesar 10% dari biaya total pemasangan dan akan bertambah 10 % setiap tahunnya dari biaya perawatan tahun pertama. Dicari biaya perawatan untuk operasional selama 5 tahun kedepan.

Tabel 4. 17 Daftar biaya Operasional Expenditure

Rincian	Jumlah	Harga Satuan	Harga
Listrik	132834	Rp1.645	Rp241.489.684,80
<i>Maintenance</i>	10%/tahun x biaya instalasi	Rp71.239.600	Rp434.924.881,96
Asuransi karyawan	10%gaji x 60 bulan	Rp400000	Rp72.000.000
Gaji karyawan	3 x 60 bulan	Rp4.000.000	Rp720.000.000
Total			Rp1.277.754.735,80

Dari table 4.17, total biaya operasional fasilitas sistem treatment sludge dengan metode sentrifugal di terminal Cilacap selama 5 tahun kedepan adalah sebesar Rp1.277.754.735,80

4.5.9 Spesifikasi peralatan yang dibutuhkan *sludge treatment II*

Tabel 4. 18 spesifikasi peralatan

No.	Jenis Item	Spesifikasi	Jumlah	Unit	Harga Satuan
1.	Kolom reaktor	Kapasitas 85 m ³	1	m ³	Rp1.608.187.464
2.	Pompa	Sentrifugal pump, Sili Pump 150-CLH-26, 200 m ³ /h, Head 22 m, 18,5 kW, Electrical driven	2	m ³	Rp2.385.000
3.	Pompa solvent	Sentrifugal pump, Sili Pump 150-CLH-26, 200 m ³ /h, Head 22 m, 18,5 kW, Electrical driven	2	Unit	Rp2.385.000
4.	Tangki solvent	Kapasitas 350 m ³	1	Unit	Rp1.609.650.000
5.	Tangki sistem	Kapasitas 150 m ³	2	m ³	Rp56.352.000
6.	Tangki recovered oil	Kapasitas 150 m ³	1	m ³	Rp28.176.000
7.	Tangki recycling	Kapasitas 150 m ³	1	m ³	Rp1.609.650.000
8.	Compressor-gas cooler	Inlet temperature max 180°C, cooling capacity 144 KJ/h	1	m ³	Rp97.464.000
9.	Pipa	Welded and Seamless, Stainless Steel, ANSI, NPS 80	200	m	Rp3.522.016
10.	Gate valve	Carbon steel, DN 80, 0,6 MPa, ANSI 150	4	Unit	Rp297.427
11.	Non-Return Valve	Cast steel flanged, DN 80, 0,6 MPa, ANSI 150	4	Unit	Rp522.637
12.	Safety valve	Bronze, DN 80, 1 bar, ANSI	4	Unit	Rp118.915

4.5.10 Capital Expenditure Sludge Treatment II

Capital Expenditure adalah biaya yang direncanakan untuk membangun sistem penampungan dan treatment *sludge*. Biaya yang didapat antara lain:

a. Procurement / Biaya Pengadaan Barang

Tabel 4. 19 Daftar harga Peralatan

No.	Jenis Item	Jumlah	IDR
1.	Kolom Reaktor	1	Rp1.608.187.464
2.	Pompa	2	Rp4.770.000
3.	Pompa <i>solvent</i>	2	Rp4.770.000
4.	Incineration	1	Rp33.811.200
5.	Tangki distilasi <i>solvent</i>	2	Rp112.704.000
6.	Tangki <i>recovered oil</i>	1	Rp28.176.000
7.	Tangki <i>Recycling solvent</i> dan <i>tangki solvent</i>	2	Rp3.219.300.000
8.	<i>Compressor-gas cooler</i>	1	Rp97.464.000
Total			Rp5.106.797.664

Tabel 4. 20 Total biaya pengadaan barang

No.	Rincian harga	Harga
1.	Total <i>procurement cost</i>	Rp5.106.797.664
2.	Bea Masuk (10%)	Rp510.679.766,40
3.	Total + Bea masuk	Rp5.617.477.430,40
4.	PPN (10%)	Rp561.747.743,04
5.	PPH (3%)	Rp168.524.322,91
6.	Shipping (15%)	Rp842.621.614,56
Total		Rp7.190.371.110,91

b. Biaya Instalasi

Tabel 4. 21 Daftar biaya pemasangan

No.	Rincian	Jumlah	Harga satuan	Harga
1.	Pemasangan reaktor	1	Rp96.000.000	Rp96.000.000
2.	Pemasangan pompa	4	Rp12.400.000	Rp49.600.000
3.	Pemasangan sistem distilasi	2	Rp15698.000	Rp31.396.000
4.	<i>Compressor gas cooler</i>	1	Rp19.817.000	Rp19.817.000
6.	Pemasangan tangki <i>recycling solvent</i>	1	Rp28.176.000	Rp28.176.000
7.	Pemasangan pipa	200	Rp380.000	Rp76.000.000
Total				Rp300.989.000

Total biaya capital expenditure dari fasilitas treatment air ballast menggunakan filtrasi + injeksi bisida kimia klorin dioksida adalah sebagai berikut;

$$CAPEX = Procurement\ cost + Installation\ cost$$

$$CAPEX = 7.190.371.110,91 + 300.989.000$$

$$CAPEX = Rp7.491.360.110,91$$

4.5.11 Operational Expenditure Sludge Treatment II

Operasional expenditure merupakan biaya operasional dari fasilitas air ballast treatment selama 5 tahun kedepan yang meliputi biaya untuk melakukan perawatan material, perawatan pekerja, dan biaya kebutuhan energi.

- Kebutuhan listrik:
Kebutuhan listrik 3 pompa : 55,5 KW
 $KWh = P \times t$
 $Kwh = 55,5 \times 24 = 1332\ KWh$
Kebutuhan untuk operasional selama 5 tahun (60 bulan). Sehingga kebutuhan listrik untuk operasional selama 5 tahun adalah 79920 KWh.
- Biaya perawatan:
Biaya perawatan sebesar 10% dari biaya total pemasangan dan akan bertambah 10 % setiap tahunnya dari biaya perawatan tahun pertama. Dicari biaya perawatan untuk operasional selama 5 tahun kedepan.

Tabel 4. 22 Daftar biaya Operasional Expenditure

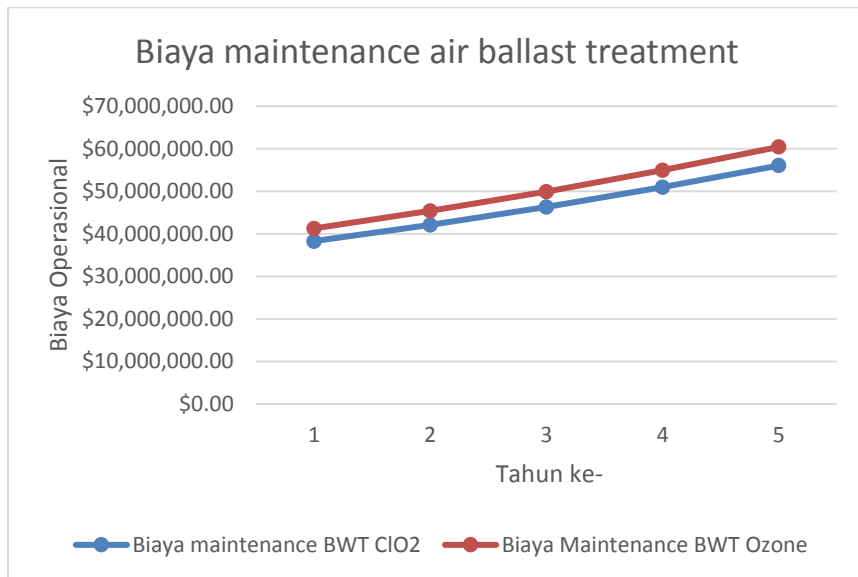
Rincian	Jumlah	Harga Satuan	Harga
Listrik	79920	Rp1.645	Rp131.468.400
Maintenance	10%/tahun x biaya instalasi	Rp30.098.900	Rp183.756.794,39
Asuransi karyawan	10%gaji x 60 bulan	Rp400000	Rp72.000.000
Gaji karyawan	3 x 60 bulan	Rp4.000.000	Rp720.000.000
Total			Rp1.107.225.194,39

Dari table 4.22, total biaya operasional fasilitas sistem treatment sludge dengan metode sentrifugal di terminal Cilacap selama 5 tahun kedepan adalah sebesar Rp1.107.225.194,39

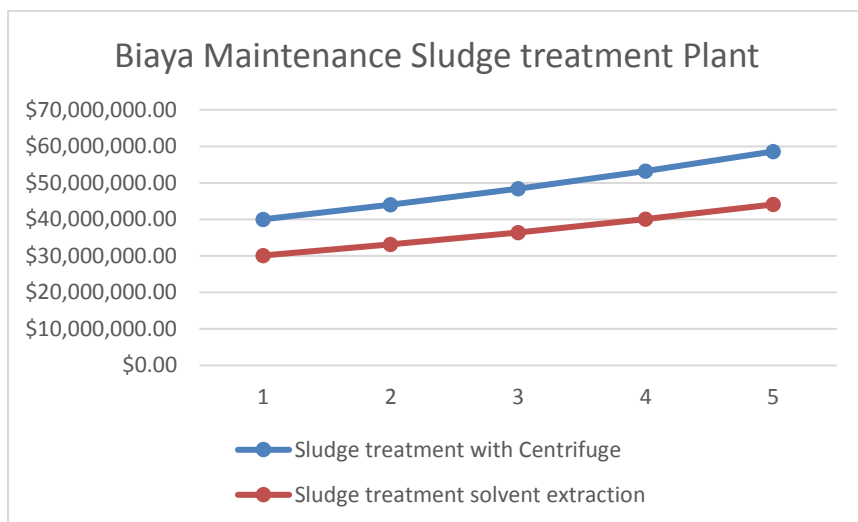
4.6 Cost analysis

Dari tinjauan ekonomi yang dilakukan sebelumnya, dapat dilakukan pemilihan perencanaan sistem air ballast treatment dan *sludge* treatment yang akan dibangun di terminal Cilacap. Pembahasan untuk biaya operasional fasilitas pelabuhan yang akan dibangun dalam 5 tahun kedepan, khususnya biaya

maintenance akan dijelaskan pada gambar 4.9 dan gambar 4.10 Dan hasil dari *cost analysis* ditampilkan pada tabel 4.23.



Gambar 4. 9 Grafik biaya maintenance air ballast treatment



Gambar 4. 10 Grafik biaya maintenance *sludge* treatment

Dari grafik diatas, menunjukkan biaya operasional untuk fasilitas air ballast treatment dan sludge treatment yang akan dipasang pada terminal Cilacap, sistem air ballast treatment dengan injeksi biosida kimia klorin dioksida (ClO₂) memiliki biaya *maintenance* lebih murah dengan total biaya Rp233.738.637,58. Sedangkan

untuk *sludge* treatment dengan sistem *solvent extraction* memiliki biaya *maintenance* lebih murah sebesar Rp183.756.794,39.

Tabel 4. 23 *cost analysis*

Jenis Treatment	Capital expenditure	Operational Expenditure	Total Biaya
<i>Water ballast treatment with ClO₂</i>	Rp17.866.022.160	Rp2.379.697.012,58	Rp20.245.719.173
<i>Water ballast treatment with ozone</i>	Rp19.227.705.880	Rp5.748.894.492,61	Rp24.976.600.373
<i>Sludge treatment with centrifuge</i>	Rp8.486.855.590,14	Rp1.277.754.735,80	Rp9.764.610.325,9
<i>Sludge treatment with solvent extraction</i>	Rp7.491.360.110,39	Rp1.107.225.194,39	Rp8.598.585.304,8

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa untuk biaya investasi perencanaan fasilitas water treatment untuk *reception facility* di terminal Cilacap, masing-masing untuk setiap treatment bisa kita pilih jenis perawatan air ballast dan sludge yang mana yang akan dipilih dengan hanya mempertimbangkan aspek ekonominya.

Untuk sistem perlakuan air ballast dari segi tinjauan ekonomi, sistem air ballast dengan injeksi biosida kimia klorin dioksida (ClO₂) lebih murah dengan total biaya investasi sebesar Rp17.866.022.160 dan total biaya operasional untuk 5 tahun kedepan sebesar Rp2.379.697.012,58. Sedangkan untuk treatment sludge dapat kita pilih sistem treatment sludge dengan menggunakan teknologi *solvent extraction* dengan biaya investasi Rp7.491.360.110,39 dan biaya operasional sebesar Rp1.107.225.194,39. Sehingga total biaya investasi untuk perencanaan *reception facility* untuk air ballast dan sludge adalah Rp25.357.382.270 dan biaya operassional fasilitas untuk 5 tahun kedepan adalah Rp3.486.922.207.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Reception Facility adalah fasilitas pelabuhan yang dibutuhkan untuk menunjang aktivitas pelabuhan yang bertujuan untuk mencegah pencemaran lingkungan laut dan lingkungan sekitar pelabuhan. Setelah melakukan perencanaan dan studi kelayakan dari fasilitas *reception facility* untuk air ballast dan sludge, didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam menentukan efektivitas kapasitas *reception facility* untuk air ballast dan *sludge* yang dibuang oleh kapal yang bersandar, agar mendapatkan kapasitas penampungan yang tepat, dilakukan analisa data pendekatan dari trendline volume ballast dan sludge di setiap kapal yang bersandar selama satu tahun. Dari rata-rata volume kapal membuang air ballast dan sludge, dirancang kapasitas penampungan air ballast sebesar 10.500 m³ dan penampungan sludge sebesar 85m³ untuk 3 dermaga.
2. Total biaya investasi untuk membangun sistem air ballast treatment dengan injeksi biosida kimia klorin dioksida (ClO₂) adalah sebesar Rp17.866.022.160, sedangkan biaya investasi untuk sistem air ballast treatment *ozone side stream injection* sebesar Rp19.227.705.880.
3. Total biaya investasi untuk membangun sistem sludge treatment dengan teknologi sentrifugal adalah sebesar Rp8.486.855.591, sedangkan biaya investasi sludge yang kedua dengan teknologi *solvent extraction* memerlukan biaya investasi sebesar Rp7.491.360.111.
4. Berdasarkan analisa ekonomi perbandingan biaya investasi dan operasional antara sistem air ballast treatment injeksi biosida kimia klorin dioksida (ClO₂) dengan sistem air ballast treatment *ozone side stream injection*, sistem air ballast treatment dengan injeksi biosida kimia klorin dioksida memiliki nilai unit cost yang lebih rendah dengan biaya sebesar Rp20.245.719.173.
5. Berdasarkan analisa ekonomi perbandingan biaya investasi dan operasional antara sistem *sludge* treatment menggunakan sentrifugal dengan sistem *sludge* treatment *solvent extraction*, sistem *sludge* treatment dengan *solvent extraction* memiliki nilai unit cost yang lebih rendah dengan biaya sebesar Rp8.598.585.304,8.

5.2 Saran

1. Mengingat bahwa pelabuhan di Cilacap adalah terminal khusus PT Pertamina (Persero), untuk penelitian lebih lanjut dibutuhkan data kapal yang lebih jelas, khususnya untuk status kepemilikan kapal. sehingga, dalam melakukan analisa ekonomi bisa dilakukan lebih detail dengan

- mempertimbangkan *revenue* dari fasilitas *reception facility* yang akan didapat dari kapal bukan milik Pertamina.
2. Untuk pemilihan metode treatment, bisa dilakukan dengan menambahkan faktor pertimbangan dari performa treatment dari setiap metode.
 3. Untuk penelitian selanjutnya bisa melakukan perencanaan *reception facility* dengan fasilitas treatment dari setiap limbah yang akan dibuang dari kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, F. (2014). Analisis Kelayakan Investasi Aktiva Tetap Pembelian Mesin Printing Pada PT Radja Digital Printing Samarinda. *Journal Ilmu Administrasi Bisnis, Vol. 3, No. 2*, 297-310.
- Arif, M. S., Kurnawati, H. A., & Misbah, M. N. (2016). Analisa teknis dan ekonomis Oemilihan Manajemen Air Ballast Pada Kapal di Indonesia. *KAPAL, Vol 13, No. 3*, 127.
- Damen Green. (2018, August 15). *Ballast Water Treatment Port Solution*. Diambil kembali dari Ballast Water Treatment System: <http://www.damengreen.com/en/bwt/port-solutions>
- Daniswara, E. (2014). *Internship Report: Pemilihan Ballast Water Treatment Plant Untuk Kapal Tanker PERTAMINA 17500 DWT*. Jakarta: PT Pertamina Shipping.
- David, M., Gollasch, S., Elliot, B., & Wiley, C. (2015). Ballast Water Management Under the Ballast Water Management Convention. Dalam M. David, & S. (. Gollasch, *Global Maritime Transport and Ballast Water Management* (hal. 89-108). Dordrecht: Springer Science + Business Media.
- Hu, G., Li, J., & Zeng, G. (2013). Recent development in the treatment of oily sludge from petroleum: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 470-490.
- IMO. (2004). *International Convention for the Controll and Management of Ships' Ballast Water and Sediments*. London: International Maritime Organization.
- IMO. (2006b). *Guidelines for Ballast Water Reception Facilities (G5)*. London: International Maritime Organization.
- Islam, B. (2015). Petroleum Sludge, its Treatment and Disposal. *Petroleum Sludge, its Treatment and Disposal*, 30.
- Khetagurov, M. (2004). *Marine Auxiliary Machinery and System*. United State: University press of the pacific.
- King, M. D., & Hagan, T. P. (2013). Economic and Logistical Feasibility of Port based Ballast Water Treatment. A case study at Port of Baltimore. *Maritime Environmental Resources Center*, 24.
- King, M. D., & Hagan, T. P. (2013). Economic of Barge Based Ballast Water Treatment. *Maritime Environmental Resources Center*, 24.
- Maglic, L. e. (2017). Ballast Water Sediment Management in Ports. *Faculty of Maritime Studies, University of Rijeka, Studentska 2, 51000 Rijeka, Croatia [ejurnal]*, 24.
- MARPOL Prevention Convention 73/78. (1978). ANNEX I MARPOL 73/78. *Marine Pollution Convention 1973/1978* (hal. 1). London: International Maritime Organization.
- Northeast-Midwest Institute Washington, DC. (2002). *Full-Scale Design Studies of Ballast Water Treatment System*. Washington, DC: Naval Architect Herbert Engineering Cooperation.
- Panoguan, N. (2018). *Bachelor Thesis: Studi Perbandingan Teknis dan Ekonomis Antara Metode Ballast Water Treatment Radiasi Ultraviolet dan Ozone*

- Treatment Pada Kapal Tanker Pertamina*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Purnatiyo, D. (2105). Analisis Kelayakan Investasi Alat DNA Real Time Thermal Cyclor (RT-PCR) Untuk Pengujian Gelatin. *Jurnal PASTI Volume VIII No.2*, 214.
- Saputro, G. (2015). *Bachelor thesis: Kajian Teknis dan Eknomis Sistem Bunkering LNG untuk Bahan Bakar Gas di Kapal*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) .
- Suad, H., & Suwarsono, M. (2008). Studi Kelayakan Proyek. *Edisi Keempat. Unit Penerbit Percetakan: Yogyakarta*.
- Witlandarie, R. A. (2018). *Bachelor Thesis: Technical Analysis and Economic Factor Port-Based Water Ballast Treatment at Termina Teluk Lamong*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

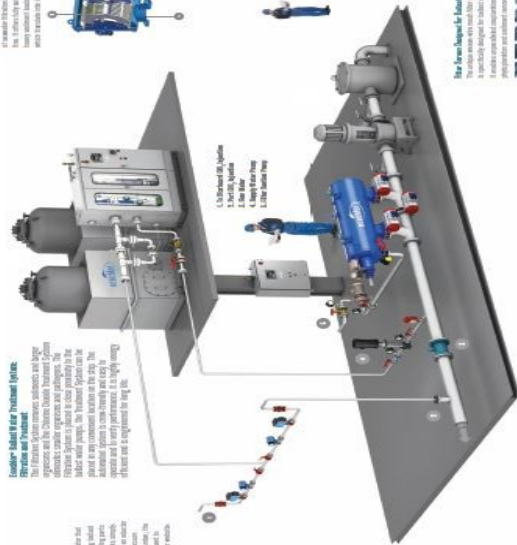
ECOCHLOR BALLAST WATER TREATMENT SYSTEM

TOUGH, MODULAR, SCALABLE

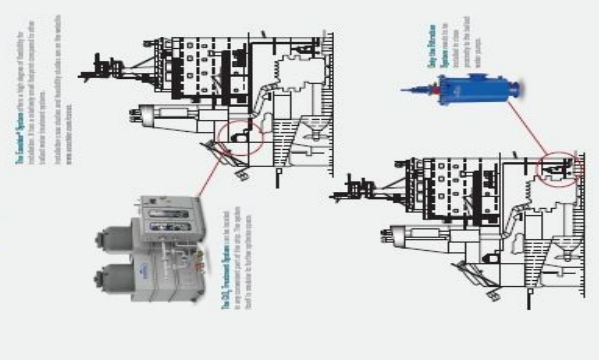


SG Complete System Packaging
The new Ecochlor system packs all critical system components into a single, compact container for easy handling and storage. The design allows for easy installation and removal, and the system is designed to be easily transported and stored on-site.

Expandable Ballast Water Treatment
The Ecochlor system is designed to be easily expanded to meet the needs of your business. The system is modular and can be scaled up or down as needed.



NEW BUILDS AND RETROFITTS: HIGHLY FLEXIBLE, MODULAR INSTALLATION



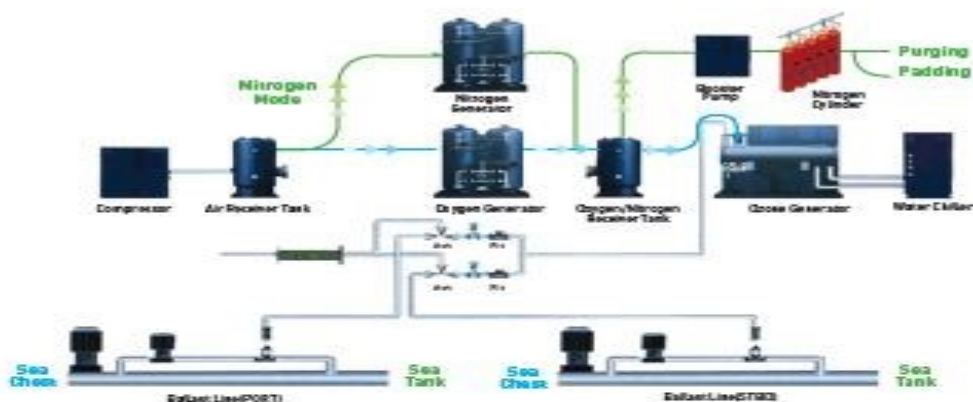
See video and interactive tool about this Ecochlor System on our website: WWW.ECOCHLOR.COM/WORKS

Exother System Specifications

Series	Model	Capacity (m³/hr)	Tank Size (m)	Exother (m³)				Supply Water (m³/hr)	Power (kW)	
				Filtration			Treatment		Tytor™	Booster
				By	Vol.†	Rate†				
75	ES-8005-13	400	1.5	1	0.2	1.7	0.5	1.2	4.0	7.0
100	ES-8005-15	600	1.5	1	1.0	2.0	0.5	2.7	6.5	9.7
100	ES-10005-20	1,000	2.0	1	1.0	2.0	0.8	7.7	8.0	10.7
150	ES-1400-20	1,400	2.0	2	1.0	2.0	0.5	7.7	7.0	14.7
200	ES-2000-40	2,000	4.0	2	1.0	4.0	0.8	14.0	8.0	24.0
250	ES-4000-50	4,000	6.0	2	2.0	3.0	0.8	14.0	10.0	27.0
250	ES-4000-60	6,000	6.0	2	2.0	6.0	11.0	20.0	12.0	40.0
350	ES-8000-60	8,000	6.0	4	2.0	6.0	11.0	20.0	12.0	34.0
350	ES-8000-80	10,000	6.0	4	2.0	8.0	11.0	20.0	12.0	42.0
500	ES-10000-80	10,000	6.0	4	2.0	8.0	11.0	40.0	12.0	62.0

† Minimum capacity rate specified for use as a guide to help capacity design options to determine final purging system design.
 † By size † Treatment † Tank size † Filtration † Rate † Capacity † Supply Water † Tytor™ † Booster † Power (kW)

N2 PURGING/PADDING BY COMMON SOURCE



FEATURES AND BENEFIT



- Economic Cost : Apply the air compressor of NK-03 BlueBallast system
- Fully automated unattended operation of BWT system & nitrogen generating system by the control panel
- On-site nitrogen generator
- Saving Maintenance : CMS (Carbon Molecular Sieve) can be semi-permanently used.

Model		Nitrogen Gas Purity		
		97%	99%	99.999%
Capacity of N2(Min-Max)	Nm³/hr	4.5-2296	3.2-1637	0.5-227
(Air-demand)	m³/min	0.16-80	0.13-65	0.07-36

Activate Win

Hydrocyclone Specification

Specifications and Technical Parameters

Specification	Diameter (mm)	Inlet Pressure (MPa)	Capacity (m ³ /h)	Cut Size (μm)
FX840	840	0.04-0.15	500-900	74-350
FX710	710	0.04-0.15	400-550	74-250
FX660	660	0.04-0.15	290-450	74-220
FX610	610	0.04-0.15	200-300	74-200
FX500	500	0.04-0.2	140-240	74-200
FX400	400	0.06-0.2	100-170	74-150
FX350	350	0.06-0.2	70-160	50-150
FX300	300	0.06-0.2	45-80	50-150
FX250	250	0.06-0.3	40-80	40-100
FX200	200	0.06-0.3	25-40	40-100
FX150	150	0.06-0.3	14-35	20-74
FX125	125	0.1-0.3	8-20	25-50
FX100	100	0.1-0.3	6-20	20-50
FX75	75	0.1-0.4	5-10	10-40
FX50	50	0.1-0.4	2-5	5-40
FX25	25	0.1-0.6	0.3-1	5-20
FX10	10	0.1-0.6	0.05-0.1	1-5



Shanghai SILI Pump Manufacture Co., Ltd

--Maritime pump specialist in China



Pump structure

- | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1. Pump body | 8. Pump shaft | 15. Bearing gland |
| 2. Water drain plug | 9. Stand | 16. Pump cover |
| 3. Impeller | 10. Motor | 17. Pressure plug |
| 4. Mechanical seal | 11. Motor coupling | 18. Water deflector |
| 5. Exhaust valve | 12. Middle coupling | 19. Union seat |
| 6. Bearing body | 13. Pump coupling | 20. Impeller nut |
| 7. Bearing | 14. Crease cup | |

Material

We can generally supply two kinds of material. One is suitable for sea water, another for fresh water.

If for sea water, all parts(pump casing and impeller and so on) which contact with sea water are made of anti-sea water corrosive material, i.e., copper, shaft of Pump is made of stainless steel

If for fresh water, parts(pump casing and impeller and so on) which contact with fresh water are made of cast iron, shaft of pump is made of stainless steel or cast steel.

Part name	Material	
	For sea water	For fresh water
Pump body/casing	Copper(ZCuZn16Si4)	Cast iron(HT200)
Impeller and seal	Copper(ZCuZn16Si4)	Cast iron(HT200) or Copper(ZCuZn16Si4)
Bearing body	Cast iron(HT200)	Cast iron(HT200)
Stand	Cast iron(HT200)	Cast iron(HT200)
Shaft and key	Stainless steel(1Cr18Ni9Ti or 1Cr17Ni2)	Stainless steel(1Cr18Ni9Ti or 1Cr17Ni2), or cast steel
Coupling	Cast steel	Cast steel


Pump Specification(50Hz/380V/3phase, 2900rpm, 2 poles motor)

39	100CLH-6	100	80 - 110	80	60 - 84	30.3	3.8	37	Y200L2-2H	480
40	100CLH-6A	93	74 - 104	70	52 - 74	24.2	3.8	30	Y200L1-2H	450
41	100CLH-6B	80	64 - 90	62	46 - 66	18.5	3.8	22	Y180M-2H	415
42	125CLH-19	150	120 - 165	30	22 - 32	16.34	5	22	Y180M-2H	308
43	125CLH-19A	135	108 - 151	26.5	19 - 28	13.32	5.5	18.5	Y160L-2H	280
44	125CLH-19	150	120 - 165	30	22 - 32	16.34	5	22	Y180M-2H	315
45	125CLH-19A	135	108 - 151	26.5	19 - 28	13.34	5.5	18.5	Y160L-2H	295
46	125CLH-13	200	160 - 220	50	37 - 52	34.9	5	45	Y225M-2H	448
47	125CLH-13A	185	148 - 208	44	33 - 46	28.8	5	37	Y200L2-2H	378
48	125CLH-13B	165	132 - 184	34	25 - 36	19.9	5	22	Y180M-2H	313
49	125CLH-12	160	128 - 180	50	37 - 53	28.3	5	37	Y200L2-2H	378
50	125CLH-10	150	120 - 168	65	48 - 68	36.86	5.5	45	Y225M-2H	525
51	125CLH-10A	130	104 - 144	58	43 - 61	29.32	5.5	37	Y200L2-2H	450
52	125CLH-8	140	112 - 155	86	64 - 90	46.7	4	55	Y250M-2H	650
53	125CLH-8A	120	96 - 133	80	60 - 84	38.5	4	45	Y225M-2H	580
54	125CLH-6.5	150	120 - 168	110	82 - 115	62.4	5.5	75	Y280S-2H	530
55	150CLH-26	200	160 - 220	20	15 - 22	14.3	5.5	18.5	Y160L-2H	450
56	150CLH-26A	190	152 - 213	17	12 - 19	11.7	5.5	15	Y160M2-2H	420
57	150CLH-22	200	160 - 220	30	22 - 32	20.94	6	30	Y200L1-2H	300
58	150CLH-18	160	128 - 178	14	10 - 16	7.63	6.5	11	Y160M-4H	258
59	150CLH-13.5	180	144 - 202	50	37 - 53	32.67	5	45	Y225M-2H	448
60	150CLH-13	200	160 - 225	20	15 - 22	13.62	3.5	18.5	Y180M-4H	450

Type ON

Horizontal Gear Pumps

Specification

Pump body and covers:
Hard fine-grained cast iron

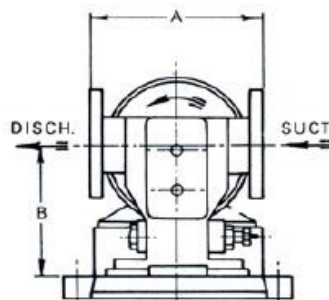
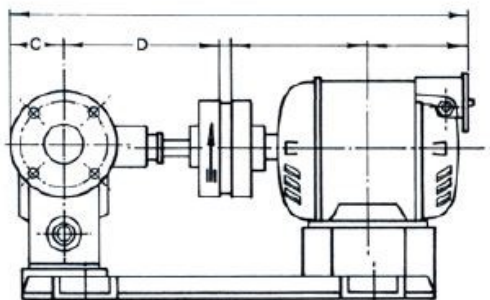
Bearings:
Of ample size and standard manufacture.

Shafts:
Steel or alloy steel, heat treated and ground to the exact size.

Base plate:
Cast iron.

Gears:
Helical teeth in heat treated steel, keyed to the shafts and held in place by lock nuts and washers.

Coupling:
Flexible.



Type:		n = 850 R.P.M.					
		20 m Head m ³ /h HP		35 m Head m ³ /h HP		50 m Head m ³ /h HP	
ON:	1	1,5	0,4	1,4	0,7	1,3	0,9
ON:	2	2,5	0,6	2,4	0,9	2,3	1,3
ON-V:	3	3,5	0,7	3,4	1,1	3,3	1,6
ON-V:	4	4,5	1,0	4,4	1,4	4,3	2,0
ON-V:	5	9,5	1,6	9,3	2,1	9,0	2,7
ON-V:	6	11,0	2,2	10,5	2,7	9,8	3,4
ON-V:	7	14,0	2,6	13,5	3,3	13,0	4,0
ON-V:	8	18,5	2,9	18,0	3,7	17,5	4,7
ON-V:	9	23,0	3,5	22,0	4,5	20,9	5,7
ON-V:	10	27,5	3,9	26,1	5,2	24,8	7,0
ON-V:	35/10	34,0	9,0	33,0	10,5	32,0	12,5
ON-V:	35-50/10	43,0	11,7	42,0	13,5	41,0	16,8
ON-V:	50/10	53,0	13,3	52,0	15,5	51,0	18,3
ON-V:	80/10	70,0	17,8	68,0	20,7	66,0	24,0
ON-V:	100/10	115,0	20,5	110,0	24,5	105,0	29,5

PH are based on oil of 15° E

**American National Standard
Welded and Seamless Wrought Steel Pipes
Stainless Steel Pipes**

**ANSI B 36 10-1979
ANSI B 36 19-1976**

NOMINAL WALL THICKNESS																
NOMINAL PIPE SIZE	OUT SIDE DIA	SCHED. 5S	SCHED. 10S	SCHED. 10	SCHED. 20	SCHED. 30	STANDARD (STD)	SCHED. 40/40S	SCHED. 60	EXTRA STRONG (XS)	SCHED. 80/80S	SCHED. 100	SCHED. 120	SCHED. 140	SCHED. 160	XX STRONG (XXS)
6 mm	10.3	.889	1.24				1.73	1.73		2.41	2.41					
8 mm	13.7	1.24	1.65				2.24	2.24		3.02	3.02					
10 mm	17.1	1.24	1.65				2.31	2.31		3.20	3.20					
15 mm	21.3	1.65	2.11				2.77	2.77		3.73	3.73				4.75	7.47
20 mm	26.7	1.65	2.17				2.87	2.87		3.91	3.91				5.54	7.82
25 mm	33.4	1.65	2.77				3.38	3.38		4.55	4.55				6.35	9.09
32 mm	42.2	1.65	2.77				3.56	3.56		4.85	4.85				6.35	9.50
40 mm	48.3	1.65	2.77				3.68	3.68		5.08	5.08				7.14	10.16
50 mm	60.3	1.65	2.77				3.91	3.91		5.54	5.54				8.71	11.07
65 mm	73.0	2.11	3.05				5.16	5.16		7.01	7.01				9.52	14.02
80 mm	88.9	2.11	3.05				5.49	5.49		7.62	7.62				11.12	15.24
90 mm	101.6	2.11	3.06				5.74	5.74		8.07	8.07					
100 mm	114.3	2.11	3.05				6.02	6.02		8.56	8.56		11.12		13.49	17.12
125 mm	141.3	2.77	3.40				6.55	6.55		9.53	9.53		12.7		15.88	19.05
150 mm	168.3	2.77	3.40				7.11	7.11		12.70	12.70		14.27		18.26	21.95
200 mm	219.1	2.77	3.76		6.35	7.04	8.18	8.18	10.31	12.70	12.70	15.06	18.24	20.62	23.01	22.23
250 mm	273.00	3.40	4.19		6.35	7.80	9.27	9.27	12.70	12.70	15.06	18.24	21.41	25.40	28.58	25.40
300 mm	323.8	3.96	4.57		6.35	8.38	9.52	10.31	14.27	12.70	17.45	21.41	25.4	26.58	33.32	25.4
350 mm	355.6	3.96	4.78	6.35	7.92	9.52	9.52	11.13	15.06	12.70	19.05	23.80	27.76	31.75	35.71	
400 mm	406.4	4.19	4.78	6.35	7.92	9.52	9.52	12.70	16.66	12.70	21.41	26.19	30.94	36.53	40.46	
450 mm	457.2	4.19	4.78	6.35	7.92	11.12	9.52	14.27	19.05	12.70	23.82	29.36	34.82	39.69	45.24	
500 mm	508.0	4.78	5.54	6.38	9.52	12.70	9.52	15.08	20.62	12.70	26.13	32.54	38.10	44.45	50.01	

§ 1 inch (in) = 25.4 millimeters (mm) exact. i) Schedule 5S and dd10S wall thicknesses do not permit threading in accordance with ANSI B2.1. ii) Schedules 5S, 10S, 40S & 80S denotes STAINLESS STEEL PIPES TO ANSI B36, 19-1976 except 10" 80S(0.500"), 12" Sch. 40S (0.375") and Sch. 80S(0.500"). For sizes 14" and above Schedule 40S and 80S are not applicable.

Pressure Relief Valve Selection Chart

Model	Material Body / Trim	Inlet Size Min / Max, in.	Inlet Size Min / Max, mm.	Connections NPT Flanged	Set Pressure Min / Max, PSIG	Set Pressure Min / Max, barg	Temperature Max, °F	Temperature Max, °C	Page Number
ASME Section I - Steam Power Boilers									
19M	Bronze / Brass	1/2 - 2 1/2	DN 15 - 65	X	15 - 250	1.0 - 17.2	400F	207.7C	27
19K	Bronze / Brass	1/2 - 2 1/2	DN 15 - 65	X	15 - 250	1.0 - 17.2	400F	207.7C	27
19L	Bronze / Stainless	1/2 - 2 1/2	DN 15 - 65	X	15 - 250	1.0 - 17.2	400F	207.7C	27
19S	Bronze / Stainless	1/2 - 2 1/2	DN 15 - 65	X	15 - 300	1.0 - 20.7	422F	216.7C	27
20	Bronze / Brass	3/8 - 1 1/4	DN 10 - 32	X	30 - 200	2.0 - 13.8	400F	207.7C	32
119	Cast Iron / Stainless	1-1/2 - 6	DN 40 - 150	X	15 - 250	1.0 - 17.2	400F	207.7C	37
ASME Section IV - Low Pressure Steam Heating Boilers									
12	Bronze / Brass	2 - 3	DN 50 - 80	X	5 - 15	0.34 - 1.0	250F	121.1C	12
13-101	Bronze / Brass	3/4	DN 20	X	5 - 15	0.34 - 1.0	250F	121.1C	13
13-202	Bronze / Brass	1	DN 25	X	5 - 15	0.34 - 1.0	250F	121.1C	13
13-211	Bronze / Brass	3/4	DN 20	X	5 - 15	0.34 - 1.0	250F	121.1C	13
13-213	Bronze / Brass	1-1/4	DN 32	X	5 - 15	0.34 - 1.0	250F	121.1C	13
13-214	Bronze / Brass	1-1/2	DN 40	X	5 - 15	0.34 - 1.0	250F	121.1C	13
13-510	Bronze / Brass	3/4	DN 20	X	5 - 15	0.34 - 1.0	250F	121.1C	13
14-200	Bronze / Brass	2 - 3	DN 50 - 80	X	5 - 15	0.34 - 1.0	250F	121.1C	14
ASME Section IV - Hot Water Heating & Supply Boilers									
10-100	Bronze / Brass	3/4	DN 20	X	20 - 65	1.4 - 4.5	250F	121.1C	5
10-214	Bronze / Brass	1	DN 25	X	20 - 65	1.4 - 4.5	250F	121.1C	5
10-300	Bronze / Brass	3/4	DN 20	X	20 - 65	1.4 - 4.5	250F	121.1C	5
10-400	Bronze / Brass	3/4	DN 20	X	30	2.0	250F	121.1C	5
10-410	Bronze / Brass	3/4	DN 20	X	20 - 80	1.4 - 5.5	250F	121.1C	5
10-600, 10-610	Bronze / Brass	3/4 - 2	DN 20 - 50	X	15 - 190	1.0 - 11.0	250F	121.1C	9
10-624, 10-634	Bronze / Brass	3/4	DN 20	X	30 - 150	2.0 - 10.3	250F	121.1C	5
17-401	Bronze / Brass	1/2	DN 15	X	75 - 160	5.2 - 11.0	250F	121.1C	24
17-402	Bronze / Brass	3/4	DN 20	X	75 - 160	5.2 - 10.3	250F	121.1C	24
19C-400	Bronze / Brass	1/2 - 3/4	DN 15 - 20	X	75 - 175	5.2 - 12.1	210F	98.9C	25
19-600	Bronze / Stainless	3/4 - 2	DN 20 - 50	X	75 - 150	5.2 - 10.3	210F	98.9C	26
ASME Section VIII A1 / Gases									
15	Brass	1/4 - 1	DN 8 - 25	X	15 - 250	1.0 - 17.2	325F	162.8C	20
19M	Bronze / Brass	1/2 - 2-1/2	DN 15 - 65	X	8 - 300	0.55 - 20.7	400F	207.7C	27
19K	Bronze / Brass	1/2 - 2-1/2	DN 15 - 65	X	15 - 300	1.0 - 20.7	400F	207.7C	27
19L	Bronze / Stainless	1/2 - 2-1/2	DN 15 - 65	X	15 - 300	1.0 - 20.7	400F	207.7C	27
19S	Bronze / Stainless	1/2 - 2-1/2	DN 15 - 65	X	8 - 300	0.55 - 20.7	422F	216.7C	27
20	Bronze / Brass	3/8 - 1-1/4	DN 10 - 32	X	30 - 200	2.0 - 13.8	400F	207.7C	32
119	Cast Iron / Stainless	1-1/2 - 6	DN 40 - 150	X	8 - 250	0.55 - 17.2	400F	207.7C	37
510	Bronze / Brass	1/2 - 2	DN 15 - 50	X	8 - 300	0.55 - 20.7	400F	207.7C	43
520	Bronze / Stainless	1/2 - 2	DN 15 - 50	X	8 - 900	0.55 - 62.1	422F	216.7C	43
530	Steel / Stainless	1/2 - 2	DN 15 - 50	X	8 - 900	0.55 - 62.1	800F	426.7C	43
540	Stainless / Stainless	1/2 - 2	DN 15 - 50	X	8 - 900	0.55 - 62.1	800F	426.7C	43
ASME Section VIII Steam									
10-222	Brass	3/4	DN 20	X	15 - 60	1.0 - 4.1	325F	162.8C	7
10-512	Brass	1/2	DN 15	X	9 - 60	0.62 - 4.1	325F	162.8C	7
19M	Bronze / Brass	1/2 - 2-1/2	DN 15 - 65	X	8 - 250	0.55 - 17.2	400F	207.7C	27
19K	Bronze / Brass	1/2 - 2-1/2	DN 15 - 65	X	15 - 250	1.0 - 17.2	400F	207.7C	27
19L	Bronze / Stainless	1/2 - 2-1/2	DN 15 - 65	X	15 - 250	1.0 - 17.2	400F	207.7C	27
19S	Bronze / Stainless	1/2 - 2-1/2	DN 15 - 65	X	8 - 300	0.55 - 20.7	422F	216.7C	27
20	Bronze / Brass	3/8 - 1-1/4	DN 10 - 32	X	30 - 200	2.0 - 13.8	400F	207.7C	32
119	Cast Iron / Stainless	1-1/2 - 6	DN 40 - 150	X	8 - 250	0.55 - 17.2	400F	207.7C	37
510	Bronze / Brass	1/2 - 2	DN 15 - 50	X	8 - 250	0.55 - 17.2	400F	207.7C	43
520	Bronze / Stainless	1/2 - 2	DN 15 - 50	X	8 - 300	0.55 - 20.7	422F	216.7C	43
530	Steel / Stainless	1/2 - 2	DN 15 - 50	X	8 - 900	0.55 - 62.1	800F	426.7C	43
540	Stainless / Stainless	1/2 - 2	DN 15 - 50	X	8 - 900	0.55 - 62.1	800F	426.7C	43
ASME Section VIII Liquid									
510	Bronze / Brass	1/2 - 2	DN 15 - 50	X	8 - 300	0.55 - 20.7	400F	207.7C	43
520	Bronze / Stainless	1/2 - 2	DN 15 - 50	X	8 - 900	0.55 - 62.1	422F	216.7C	43
530	CS / Stainless	1/2 - 2	DN 15 - 50	X	8 - 900	0.55 - 62.1	800F	426.7C	43
540	Stainless / Stainless	1/2 - 2	DN 15 - 50	X	8 - 900	0.55 - 62.1	800F	426.7C	43
Non-Code, Vacuum & Miscellaneous Products									
14-400, 14-600	Low Pressure Air	2 - 3	DN 50 - 80	X	4 - 20	0.3 - 1.38	400F	204.4C	16
14-600	Vacuum Relief	2 - 3	DN 50 - 80	X	6 - 30 HG	127 - 762 mm HG	400F	204.4C	17
15-200	Liquids	1/2	DN 15	X	30 - 80	2.1 - 12.4	120F	48.9C	22
15-500	Liquids	1/2 - 3/4	DN 15 - 20	X	0 - 600	0 - 41.4	200F	93.3C	23
Drip Pan Elbows	Steam Discharge	3/4 - 6	DN 20 - 200	X	X	N/A	400F	202.2C	42

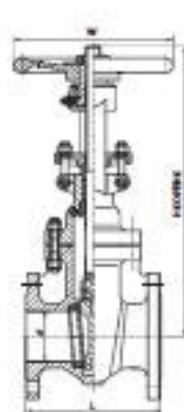
Class ANSI 150
CTS Series 28 (API 600)
CTS Series 30 (API 6D)

• **Construction feature**

- Bolted bonnet
- Flexible or solid wedge
- Renewable seat
- (Threaded or welded seat ring)
- 8" Yoke integral with bonnet
- 10" Separate yoke bolted to bonnet

• **API 598 Pressure Test**

- Pressure ratings: Class 150
- Hydraulic Shell test: 3.2 MPa
- Hydraulic Seat test: 2.2 MPa
- Air test: 0.6 MPa



Class	Size		Dimensions (mm)								Weight (kg)	
	NPS	DN	L			d	H	H1	W	WE	Hand wheel	Gear box
			RT	RT1	SW							
Class 150	2	50	178	191	216	52	400	-	200	-	19	-
	2 ^{1/2}	65	190	203	241	66	435	-	200	-	25	-
	3	80	203	216	263	76	515	-	250	-	30	-
	4	100	229	241	305	102	595	-	280	-	46	-
	5	125	254	267	381	127	725	-	280	-	62	-
	6	150	267	279	403	152	780	820	300	310	77	104
	8	200	292	305	419	203	975	1020	350	310	123	150
	10	250	330	343	457	254	1150	1200	400	310	188	215
	12	300	356	368	502	305	1280	1430	450	310	268	315
	14	350	381	394	572	337	1545	1580	500	310	385	435
	16	400	406	419	610	387	1733	1780	500	460	500	552
	18	450	432	445	660	438	1915	1990	500	460	601	653
	20	500	457	470	711	489	2122	2220	600	460	764	816
	24	600	508	521	813	591	2520	2600	600	460	1007	1185
	28	700	610	623	914	684	-	3050	-	600	-	1680
	30	750	610	623	914	735	-	3130	-	600	-	2300
	32	800	660	673	965	779	-	3280	-	600	-	2550
	36	900	711	724	1066	874	-	3720	-	600	-	3390
40	1000	762	-	1066	-	-	4100	-	-	-	4880	
42	1050	787	-	1062	-	-	4100	-	-	-	5300	
48	1200	864	-	1168	-	-	4380	-	-	-	7520	

- Construction feature

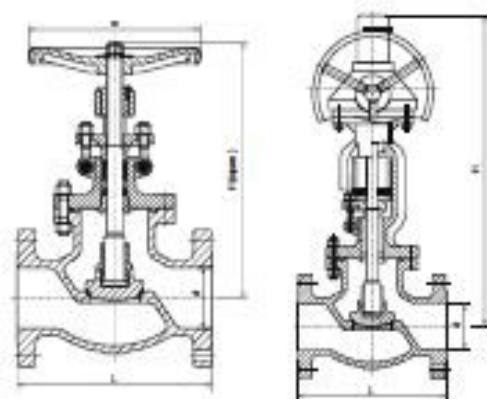
Bolted bonnet
 Flat or plug type disc
 Renewable seat
 (Threaded or welded seat ring)
 ≥ 10° thrust bearing design

- API 598 Pressure Test

Pressure ratings: Class 150
 Hydraulic Shell test: 3.2 MPa
 Hydraulic Seat test: 2.2 MPa
 Air test: 0.6 MPa



Class ANSI 150
 CTS Series 38



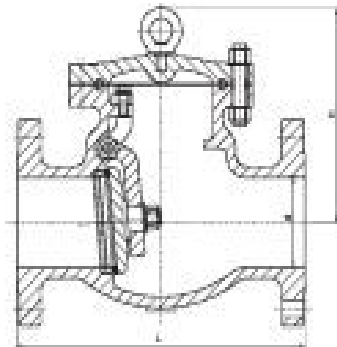
Class	Size		Dimensions (mm)								Weight (kg)	
	NPS	DN	L			d	H	H2	W	WL	LW	G.O
			2"	3TJ	9W							
Class 150	2	50	203	216	203	51	330	-	200	-	19	-
	2 ^{1/2}	65	216	229	216	64	360	-	250	-	27	-
	3	80	241	254	241	76	390	-	280	-	36	-
	4	100	292	305	292	102	445	-	300	-	53	-
	5	125	356	369	356	127	490	-	350	-	75	-
	6	150	406	419	406	152	520	550	350	310	94	126
	8	200	495	508	495	203	600	650	400	310	148	180
	10	250	622	635	622	254	773	805	450	460	242	291
	12	300	698	711	698	305	890	955	500	460	438	490
	14	350	787	800	787	327	950	1100	600	460	-	600
	16	400	914	927	914	387	990	1175	600	460	-	850
	20	500	978	991	978	488	-	1450	-	600	-	1650
24	600	1295	1308	1295	590	-	1690	-	600	-	2000	

- Construction feature

Bolted cover
Renewable seat
(Threaded or welded seat ring)

- API 598 Pressure Test

Pressure ratings: Class 150, Class 300
Hydraulic Shell test: 3.2 MPa, 7.8 MPa
Hydraulic Seat test: 2.2 MPa, 5.7 MPa
Air test: 0.4 MPa



DN		Class 150						Class 300					
mm	inch	L			d	H	Weight (kg)	L			d	H	Weight (kg)
		mm	inch	mm				mm	inch	mm			
2	50	203	216	203	51	132	15	267	283	267	51	144	20
2½	65	216	229	216	64	147	20	292	308	292	64	159	25
3	80	241	254	241	76	176	27	318	333	318	76	180	40
4	100	282	305	282	102	198	45	356	371	356	102	200	61
5	125	330	343	330	127	255	58	400	416	400	127	265	80
6	150	356	369	356	152	320	68	445	460	445	152	285	130
8	200	485	508	485	203	380	101	533	549	533	203	380	190
10	250	623	636	623	254	440	129	622	638	622	254	440	296
12	300	699	711	699	305	480	151	711	727	711	305	520	450
14	350	787	800	787	337	530	160	838	854	838	337	590	640
16	400	864	876	864	367	580	160	864	879	864	367	638	850
18	450	978	991	978	438	618	160	978	994	978	432	670	1000
20	500	991	991	978	469	657	170	1016	1031	1016	469	700	1300
24	600	1295	1308	1295	591	760	160	1346	1362	1346	598	800	1900
26	650	1295	-	1295	633	840	1250	1346	1372	1346	633	900	2300
28	700	1448	-	1448	684	920	1580	1499	1524	1499	684	1150	2600
30	750	1524	1537	1524	735	980	1650	1594	1619	1594	735	1260	3200
36	900	1727	-	1727	779	1036	1600	1727	-	1727	779	1380	3700
48	900	1854	1869	1854	874	1092	1600	2083	-	2083	874	1540	4300



EC-L2G/SR25.2

Gas Cooler Series EC®

Compact Version EC-L
for 2 x 250 NI/h or 1 x 500 NI/h



Technical Data

Gas cooler series EC [®]	Version EC-L
Part-No.: Basic cooler without heat exchanger, 230 V 50 Hz	02 K 4000S
Part-No.: Basic cooler without heat exchanger, 115 V 50/60 Hz	02 K 4000Sa
Number of heat exchangers	2
Ambient temperature	+10 up to +45 °C (50 °F up to 113 °F)
Sample outlet dew point	range of adjustment: +2 °C to +7 °C (35.6 °F to 44.6 °F), factory setting: +5 °C (41 °F)
Dew point stability	at constant conditions: < ±0.25 °C (< ±0.45 °F)
Sample inlet temperature ^{***}	max. 100 °C (max. 212 °F)
Sample inlet dew point ^{***}	max. 00 °C (max. 32 °F)
Total cooling capacity	144 kJ/h at +10 to +45 °C (50 °F up to 113 °F) ambient temperature
Ready for operation	< 15 min.
Main power connection / power consumption	230 V AC [*] or 115 V AC ^{**} (jg) - 15 W / + 10 W, 50/60 Hz, max. 200 VA start up current: 230 V 50 Hz = 2.5 A / 115 V 60 Hz = 4.5 A
Electrical connection	terminal: 2.5 mm ² , 2x PG11 cable gland (with FM approval conduit-hub 1/2" NPT)
Status alarm: 2 contacts, potential free	contact rating 250 VAC, 2 A, 500 VA, 50 W, alarm limit settings: < +2 °C (< 35.6 °F) and > +8 °C (> 46.4 °F)
Case protection / Electrical standard	IP20 EN60529 / EN 61010
Method of mounting / Case colour	wall mounting / case colour grey,RAL 7003
Dimension	210 x 300 x 350 mm (w x h x d), height including cooler fins and depth including potentiatic pump
Weight	1.76 kg (3.88 lbs) (with 2 SR25.2 and 2 glass heat exchangers)

Mesin Centrifuge Minyak Lumpur Tanah, Pemisah Lumpur Sentrifugal Efisiensi



Detail Deskripsi produk

Motor listrik: 380 / 460V / 600V

Frekuensi motor: 50HZ / 60HZ

panel kontrol: Layar Layar Sentuh PLC

tipe drive: VFD kontrol

APLIKASI 1: Pemisahan Lumpur Berminyak

Standar: ISO9000

Bahan: SS304 / 316/2205

★ Model centrifuge tiga fase dan parameter teknis

Barang	Satuan	LWS250 × 1025B (X)	LWS350 × 1435B (X)	LWS450 × 1845B (X)	LWS520 × 2150B (X)	LWS580 × 2400B (X)	LWS650 × 2600B (X)
Throughput	m ³ / jam	≥1	≥3 ~ 5	≥5-10	≥10-15	≥15-20	≥20-30
Diameter rol	mm	250	350	450	520	580	650
Rasio panjang-ke-diameter		4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4
Kecepatan	rpm	5000	4000	3500	3200	3000	2800
Faktor pemisahan		3500	3136	3087	2982	2948	2854
Kecepatan diferensial	rpm	1 ~ 50	1 ~ 35	1 ~ 34	1 ~ 34	1 ~ 30	1 ~ 27
Tenaga motor utama	kW	11	22	30	45	55/75	75/90
Daya motor tambahan (kW)	kW	4	5.5	7.5	15	18.5	22
Berat	kg	1250	2500	4000	5200	6500	8000
Dimensi batas (L × W × H)	mm	2500 × 800 × 1150	3700 × 1050 × 1400	3800 × 1150 × 1600	4800 × 1250 × 1800	5300 × 1750 × 1382	5600 × 1850 × 1500

Catatan: Throughput terkait dengan karakteristik material.

X "menunjukkan bahwa cairan fase berat dikeluarkan oleh pompa sentripetal dengan tekanan balik;



5XZ-5A Gravity separator

Brief Introduction

Gravity Separators are capable of separating dry granular particles of uniform size which differ in specific gravity. They are employed throughout the seed industry to remove light undesirable seed from a wide variety of seed crops. Proper use of a Sanli Gravity Separator will improve the overall quality of any seed lot.

5XZ series gravity separator have a rectangular deck so that the product travels a longer distance resulting in cleaner separation of light and heavy particles. The product flows over the vibrating deck in which pressurized air is forced through causing the material to stratify according to its specific weight. The heavier particles travel to the higher level and the lighter particles travel to the lower level of the deck.

Better maintenance access and improved serviceability. And the automated controls promote precision, repeatability and ease of use

It may be used to separate and standardize coffee, peanuts, corn, peas, rice, wheat, sesame and other food grains.

Technical parameters

Model	5XZ-5A
Capacity (As wheat seed)	5000 Kg/h
Size (L×W×H)	4100×1700×1600mm
Sieve size	3.3M ²
Weight	1600 Kg
Power supply	380W/50Hz/3-Phase
Total power	9.7 kW
Selection rate	≥98%
Remove light impurity	≥85%
Remove heavy impurity	≥80%
Impurities rate	<2%
Remarks	Can with Cyclone duster


BIOTECH® **PT. BIOTECH INTERNATIONAL**
 Septic Tank , STP , IPAL , Toilet Portable , GWT , Panel Tank , FRP Tank
 Marketing Office : Komplek Mall Daan Mogot Baru, Jl. Jimbaran Ruko
 Blok 5B No. 7, Kalideres, Jakarta 11840
Telp. : 021-51254984 Fax. : 021-5452190
 Email : bioipal@yahoo.com, www.septic-tank-biotech.co.id

DAFTAR HARGA
TANGKI P.E & TANGKI FRP

TYPE TANGKI	VOLUME	UKURAN Luar	HARGA P.E	HARGA FRP
TS - 500	500 Liter	Dia : 830 x T. 1045	Rp 2,920,500	Rp 3,245,000
TS - 750	750 Liter	Dia : 830 x T. 1625	Rp 3,163,500	Rp 3,515,000
TS - 1000	1000 Liter	Dia : 1120 x T. 1350	Rp 4,103,100	Rp 4,559,000
TS - 1500	1500 Liter	Dia : 1320 x T. 1600	Rp 6,133,500	Rp 6,815,000
TS - 2000	2000 Liter	Dia : 1420 x T. 1600	Rp 8,037,000	Rp 8,930,000
TS - 2500	2500 Liter	Dia : 1620 x T. 1600	Rp 10,152,000	Rp 11,280,000
TS - 3000	3000 Liter	Dia : 1620 x T. 2000	Rp 11,844,000	Rp 13,160,000
TS - 4000	4000 Liter	Dia : 1880 x T. 1800	Rp 16,074,000	Rp 17,860,000
TS - 5000	5000 Liter	Dia : 1880 x T. 2300	Rp 20,515,500	Rp 22,795,000
TS - 8000	8000 Liter	Dia : 2140 x T. 2250	Rp 33,176,360	Rp 35,294,000
TS - 10000	10000 Liter	Dia : 2140 x T. 3200	Rp 41,587,480	Rp 44,242,000
TS - 16000	16000 Liter	Dia : 2750 x T. 2750	Rp 66,351,780	Rp 70,587,000
TS - 20000	20000 Liter	Dia : 2750 x T. 3850	Rp 83,174,960	Rp 88,484,000

Note :
 Harga dapat berubah tanpa pemberitahuan
 Franco Jabotabek On Truck

UKURAN DAPAT DIPESAN SESUAI KEBUTUHAN PROYEK.

Jakarta, 26 Januari 2012
 Hormat kami,

Ricky Wijaya
 0838 76 300 300



Spesifikasi produk

Daya Listrik	10 HP / 7.5 kW - 380 Volt
Daya Start Listrik	
Daya Hisap	
Daya Dorong	17 M (Max)
Debit Air	140 M ³ /H (Max)
Pressure	
Inlet	4 inch
Outlet	4 inch
Otomatis	No

Harga: **Rp 74.200.000**

BERIKUT KAMI BERIKAN BIAYA JASA KAMI (NON – MATER

INSTALASI AIR KOTOR			
NO	UKURAN (INCHI)	SATUAN	JASA/UPAH
1	PIPA PVC 3/4"	M	17.500
2	PIPA PVC 1"	M	18.000
3	PIPA PVC 1 1/4"	M	20.000
4	PIPA PVC 2"	M	22.000
5	PIPA PVC 3 "	M	28.000
6	PIPA PVC 4"	M	30.000
7	PIPA PVC 6"	M	35.000
8	PIPA PVC 8"	M	40.000
9	PIPA PVC 10"	M	50.000
9	PIPA PVC 12"	M	60.000



Vessel Complexity Factor		1.5	Annual exchanges		40				
			Treatment Time (Hours)		6				
Ballast System				Procurement		Installation	Total BWTS Procurement & Installation Costs (\$)		
BWTS	Complexity Factor	Total Flow Rate (m ³ /hr)	Total Ballast Volume (m ³)	BWTS (\$)	Additional Equipment (\$)	Labour manhours	Low (\$)	Probable (\$)	High (\$)
Electrolysis	1.5	600	3,295	640,000	5,000	7,000	1,341,000	1,509,000	1,916,000
Ozone	1.6	600	3,295	420,000	0	7,000	1,055,000	1,187,000	1,528,000
UV	1	600	3,295	268,000	21,000	5,000	691,000	780,000	999,000
Chemical Injection	1.2	600	3295	484,000	5,000	6,000	1,063,000	1,196,000	1,524,000

TABLE 25 TANKER INSTALLATION & PROCUREMENT COSTS ESTIMATE

BWTS Type	Fuel (\$)	Consumables (\$)	Maintenance Materials (\$)	Labour (\$/75/hr)	Annual Costs (\$)			Cost / m ³ Treated (\$)		
					Low (\$)	Probable (\$)	High (\$)	Low (\$)	Probable (\$)	High (\$)
Electrolysis	41,000	*19,000	1,000	4,000	57,000	65,000	86,000	0.43	0.49	0.65
Ozone	44,000	0	<1000	13,000	52,000	58,000	81,000	0.39	0.44	0.61
UV	7,000	2,000	<1000	6,000	13,000	15,000	21,000	0.10	0.11	0.16
Chemical Injection	38,000	10,000	0	3,000	48,000	52,000	70,000	0.35	0.39	0.53

TABLE 26 TANKER ANNUAL OPERATING & LIFE CYCLE COSTS ESTIMATE

BIODATA PENULIS



Mukhamad Anas Ardiansyah adalah Nama dari penulis. Penulis dilahirkan pada tanggal 5 Desember 1995 dari orang tua Hasan dan Maisun sebagai anak ke-empat dari lima bersaudara, Penulis dilahirkan di Surabaya Kecamatan Tambakasari, Kelurahan Pacarkeling. Penulis menempuh Pendidikan formal dimulai pada tahun 2002 di SDN Pacarkeling V/186 (*lulus tahun 2008*), melanjutkan ke SMPN 6 Surabaya (*lulus tahun 2011*) dan SMAN 4 Surabaya (*lulus tahun 2014*) kemudian melanjutkan studi pada perguruan tinggi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di Departemen Teknik Sistem Perkapalan dengan berfokus pada bidang

Marine Fluid Machinery and System (MMS). Selama menempuh proses jenjang Pendidikan pada perguruan tinggi di ITS, penulis memiliki pengalaman Kerja Praktik di 2 perusahaan, yaitu PT Janata Marina Indah, Semarang, Jawa Tengah dan PT Pertamina (Persero) Refinery Unit IV, Cilacap, Jawa Tengah.

Selain bidang akademik, Penulis juga aktif dibidang non-akademik. Penulis juga aktif di dunia organisasi dan pengembangan karakter. Dalam bidang organisasi penulis telah terlibat dan mengikuti sejak masa SMP pada bagian legislatif organisasi siswa, sedangkan pada masa SMA, Penulis mengikuti organisasi Pecinta Alam untuk mengembangkan karakter dan pada masa Perkuliahan di perguruan tinggi, Penulis aktif didalam organisasi Eksekutif Mahasiswa. Selain itu juga aktif dalam berbagai pelatihan dan kepanitiaan yang diadakan di tingkat Institut. Penulis dapat dihubungi melalui anasardiansyah30@gmail.com

Dengan ketekunana dan motivasi tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir skripsi ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia Pendidikan. Penulis dapat dihubungi melalui anasardiansyah30@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”