



TUGAS AKHIR – ME 141501

RANCANGAN DAN ANALISA *BALLAST WATER TREATMENT SYSTEM* (BWTS) PADA KAPAL *GAS CARRIER* “GAS AMBALAT”

Kukuh Arief Wibowo
NRP. 4211100064

Dosen Pembimbing :
Ir. Agoes Santoso, M.Sc

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



FINAL PROJECT – ME 141501

**DESIGN AND ANALYSIS BALLAST WATER TREATMENT SYSTEM
(BWTS) OF THE GAS CARRIER SHIP “GAS AMBALAT”**

Kukuh Arief Wibowo
NRP. 04211140000064

Advisor :
Ir. Agoes Santoso, M.Sc

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

LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANGAN DAN ANALISA BALLAST WATER TREATMENT
SYSTEM (BWTS) PADA KAPAL GAS CARRIER “GAS AMBALAT”**

SKRIPSI

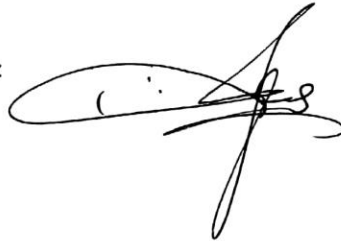
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik pada Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Kukuh Arief Wibowo
NRP : 0421114000064

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi :

1. Ir. Agoes Santoso, M.Sc.
1968 0928 1991 02 1001



SURABAYA
AGUSTUS 2018

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANGAN DAN ANALISA BALLAST WATER TREATMENT
SYSTEM (BWTS) PADA KAPAL GAS CARRIER “GAS AMBALAT”**

SKRIPSI

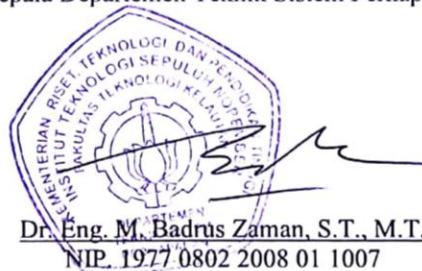
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Bidang Studi Marine Machinery and System (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Kukuh Arief Wibowo
NRP : 0421114000064

Disetujui oleh :

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 1977.0802.2008.01.1007

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

Pada laporan skripsi yang saya susun ini tidak terdapat tindakan plagiarisme, dan menyatakan dengan sukarela bahwa semua data, konsep, rancangan, bahan tulisan, dan materi yang ada di laporan tersebut adalah milik Laboratorium Marine Machinery and System (MMS) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS yang merupakan hasil studi penelitian dan berhak dipergunakan untuk pelaksanaan kegiatan-kegiatan penelitian lanjut dan pengembangannya.

Nama : Kuku Arief Wibowo
NRP : 04211140000064
Judul Skripsi : Rancangan dan Analisa Ballast Water Treatment System (BWTS) Pada Kapal Gas Carrier “Gas Ambalat”
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
Fakultas : Fakultas Teknologi Kelautan

Apabila di kemudian hari terbukti terdapat tindakan plagiarisme, maka saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang diberikan oleh ITS sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Surabaya, 01 Agustus 2018

(Kuku Arief Wibowo)

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

RANCANGAN DAN ANALISA BALLAST WATER TREATMENT SYSTEM (BWTS) PADA KAPAL GAS CARRIER “GAS AMBALAT”

Nama Mahasiswa : Kukuh Arief Wibowo
NRP : 04211140000064
Dosen Pembimbing I: Ir. Agoes Santoso, M.Sc

ABSTRAK

Kemajuan teknologi menyebabkan permintaan akan jasa transportasi semakin meningkat seiring waktu, jasa transportasi menggunakan kapal dirasa paling efektif karena dinilai mampu mengatasi semua permasalahan. Seiring meningkatnya permintaan transportasi laut semakin meningkat pula kemungkinan pertukaran air ballast secara global, dan penyebaran berbagai macam spesies invasi seperti bakteri, mikroba, telur, dan larva yang disebut dengan mikroorganisme juga semakin meningkat. Itulah alasan kenapa International Maritime Organization (IMO) secara resmi mengesahkan Ballast Water Management (BWM) Convention yang mulai diberlakukan pada September 2017. Dalam tugas akhir ini dilakukan perancangan Ballast Water Treatment System (BWTS) pada kapal Gas Carrier “Gas Ambalat”, untuk memenuhi aturan yang diresmikan oleh IMO. Dari beberapa metode treatment yang yang mengkombinasikan Filtration, Ultraviolet Radiation, dan Photocatalytic Oxidation yang akan dipilih dalam tugas akhir ini. Untuk mendesain sistem BWTS maka perlu dilakukan perhitungan ulang terhadap tekanan pompa yang dilakukan akibat pemasangan BWTS tersebut. Pada perhitungan yang dilakukan, didapatkan tekanan yang dibutuhkan adalah 16.62 m, dengan debit air yang masih sama dengan pompa sebelumnya yaitu 350 m³/jam. Karena tekanan pompa yang digunakan lebih besar daripada tekanan yang dibutuhkan, maka tidak perlu dilakukan proses pergantian pompa Ballast untuk mengoperasikan BWTS tambahan.

Kata Kunci : *Ballast Water Treatment, Invasi, BWTS, Pompa, Gas Carrier.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**DESIGN AND ANALISYS BALLAST WATER TREATMENT SYSTEM
(BWTS) OF THE GAS CARRIER SHIP “GAS AMBALAT”**

Student Name : Kuku Arief Wibowo
Reg. Number : 04211140000064
Advisor I : Ir. Agoes Santoso, M.Sc

ABSTRACT

Technology development causes the demand of transportation system increase time over time. Transportation services using a ship is considered as the most effective way because of more capacity can handled efficiently. As the demand of marine transportation increases, there are possibility of the ballast water to exchange globally, and the spread of invasive species such as bacteria, microbes, eggs and larvae, called as microorganism also increase. That is the reason why the International Maritime Organization (IMO) officially endorsed the Ballast Water Management (BWM) Convention, which came into force in September 2017. In this final project, the design of Ballast Water Treatment System (BWTS) are carried out on the “Gas Ambalat” Gas Carrier vessel to fulfill the rules inaugurated by the IMO. From the several methods of treatment, combined of Filtration, Ultraviolet Radiation, and Photo-catalytic Oxidation are chosen in this project. To design the BWTS, it is necessary to recalculate the pump pressure which is used by the new installation of the BWTS. From the calculation results, obtained the required pressure of 16.62 m, with the flow of water is still the same with the previous pump, that is 350 m³/hour. Because the pump pressure used is greater than the required pressure, there is no need for the Ballast pump to be replaced to operate the additional BWTS.

keyword : Ballast Water Treatment, Invasion, BWTS, Pump, Gas Carrier.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa saya curahkan kepada Allah SWT karena atas berkat dan RahmatNya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Rancangan dan Analisa Ballast Water Treatment System (BWTS) pada Kapal Gas Carrier “Gas Ambalat”**.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis mendapatkan banyak bantuan dan motivasi dari berbagai pihak dari awal pengerjaan hingga akhirnya terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segenap hati penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak dan Ibu saya yang senantiasa memberikan bantuan baik dalam bentuk materi, motivasi, maupun doa. Saudara dan segenap keluarga yang selalu memberikan dorongan dan doa hingga terselesaikannya skripsi ini
2. Bapak Ir. Agoes Santoso, M.Sc selaku dosen pembimbing skripsi. Terima kasih atas bimbingan dan nasehat yang bapak berikan selama pengerjaan skripsi ini
3. Bapak Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng, D.Eng. selaku dosen wali. Terima kasih atas motivasi dan bantuan yang bapak berikan selama kuliah di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ini
4. Para rekan – rekan AMPIBI 11 yang telah banyak membantu selama kuliah di jurusan Teknik Sistem Perkapalan
5. Semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu yang telah bersedia menemani saya untuk berdiskusi dan bertukar ide, gagasan dan pemikiran selama pengerjaan skripsi ini.

Akhir kata, penulis telah berusaha semaksimal mungkin dalam penyusunan skripsi ini. Penulis berharap kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Surabaya, 01 Agustus 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. BWM Convention.....	4
2.1.1. Annex – Section B Persyaratan Pengelolaan dan Kontrol untuk Kapal.....	5
2.1.2. Annex – Section D Standar Manajemen Air Balas.....	6
2.2. Metode Ballast Water Treatment.....	7
2.2.1. Metode Kimia.....	7
2.2.2. Metode Mekanik.....	9
2.2.3. Metode Fisik.....	11
2.3. Ballast Water Treatment System.....	13
2.4. Kriteria Utama Pengolahan Air Ballast.....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1. Identifikasi Permasalahan.....	17
3.2. Studi Literatur dan Pengumpulan Data.....	17
3.3. Penentuan Metode Ballast Water Treatment.....	17
3.4. Validasi.....	17
3.5. Analisa Data.....	17
3.7. Kesimpulan.....	17
3.8. Penulisan Laporan.....	18
BAB IV ANALISA DATA.....	19
4.1. Data Kapal.....	19
4.1.1. General Arrangement.....	19
4.1.2. Ballast Diagram.....	19
4.1.3. Engine Room Layout.....	21
4.1.4. Gas Dangerous Zones.....	22
4.1.5. Safety Plan.....	24
4.1.6. Ballast Capacity.....	24
4.1.7. Pump Capacity.....	25
4.2. Pengumpulan Metode Ballast Water Treatment.....	27
4.2.1. Metode Ballast Water Treatment.....	28
4.2.2. Advanced Oxidation Process.....	29
4.3. Spesifikasi BWTS yang Digunakan.....	30

4.4. Diagram Proses BWTS.....	35
4.5. Perhitungan Pompa.....	36
4.6 Perhitungan Tekanan.....	36
4.7 Perhitungan Head Losses.....	37
4.7.1 Head Losses Discharge.....	37
4.7.2 Penentuan nilai resistance coefficient (K).....	37
4.7.3 Head Losses Suction.....	43
4.8. Lokasi BWTS.....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
5.1. Kesimpulan.....	47
5.2. Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR GAMBAR

BAB I

Gambar 1.1. Gas Carrier GAS AMBALAT	2
---	---

BAB II

Gambar 2.1 Ilustrasi Penyebaran Spesies Invasi Dalam Air Balas	4
Gambar 2.2 <i>Ballast Water Record Book</i>	5
Gambar 2.3 Pertukaran air balas ditengah laut	7
Gambar 2.4 Hydrogen Peroxide	8
Gambar 2.5 Chlorine Dioxide	8
Gambar 2.6 ozonation	9
Gambar 2.7 Filter Air Balas	9
Gambar 2.8 Alat Proses <i>Hydrocyclone</i>	10
Gambar 2.9 Proses <i>Coagulation</i>	11
Gambar 2.10 Proses UV radiatioin	11
Gambar 2.11 Proses deoxygenation air	12
Gambar 2.12 Proses pemanasa ballast water treatment.....	13
Gambar 2.13 Proses Treatment pada Umumnya	14
Gambar 2.14 <i>Filtration and UV Treatment Plant</i>	14

BAB III

Gambar 3.1. Flow Chart Metodologi Penelitian.....	16
---	----

BAB IV

Gambar 4.1 <i>General Arrangement</i> kapal	19
Gambar 4.2 Ballast diagram.....	20
Gambar 4.3 <i>Engine Room Layout</i>	21
Gambar 4.4 Gas Dangerous Zones.....	22
Gambar 4.5 Gas Dangerous Zones tampak atas.....	23
Gambar 4.6 Pembagian Zona <i>Gas Dangerous Zones</i>	24
Gambar 4.7 Diagram Spek Pompa	26
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Metode yang Biasa Digunakan.....	27
Gambar 4.9 Ilustrasi Pembasmian Mikroorganisme	30
Gambar 4.10 Contoh Unit BWTS <i>Ocean Doctor</i>	30
Gambar 4.11 Spek Pompa	31
Gambar 4.12 Spek BWTS Desmi Compactclean 340.....	32
Gambar 4.13 Spek BWTS Hyde Marine HG300G.....	33
Gambar 4.14 Spek BWTS OceanDoctor HBS500	34
Gambar 4.15 Konfigurasi Sistem BWTS	35
Gambar 4.16 <i>Screen Basket Filter</i>	38
Gambar 4.17 Hasil Perhitungan Nilai	38
Gambar 4.18 Aliran Air Dalam <i>Photo-Catalytic Unit</i>	39
Gambar 4.19 Hasil Perhitungan Nilai K untuk <i>Photo-Catalytic Unit</i>	39
Gambar 4.20 Hasil perhitungan Head pada $K_2=12$	43
Gambar 4.21 Lokasi Unit BWTS	46

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 data kapal Gas Ambalat.....	1
Tabel 4.1 volume tangki ballast.....	25
Tabel 4.2 Tabel Perbandingan Metode Treatment.....	28
Tabel 4.3 Hasil Penilaian Untuk Tiap Metode Ballast Treatment.....	29
Tabel 4.4 Kandidat pemilihan BWTS	31
Tabel 4.5 data kapal Gas Carrier “Gas Ambalat”	36
Tabel 4.6 Nilai head pada kapal Gas Carrier “Gas Ambalat”.....	37
Tabel 4.7 daftar aksesoris yang terdapat pada sisi discharge.....	40
Tabel 4.8 Hasil perhitungan pada $K2 = 9$	40
Tabel 4.9 Hasil perhitungan pada $K2 = 9,5$	40
Tabel 4.10 Hasil perhitungan pada $K2 = 10$	41
Tabel 4.11 Hasil perhitungan pada $K2 = 10,5$	41
Tabel 4.12 Hasil perhitungan pada $K2 = 11$	41
Tabel 4.13 Hasil perhitungan pada $K2 = 11,5$	42
Tabel 4.14 Hasil perhitungan pada $K2 = 12$	42
Tabel 4.9 daftar aksesoris yang terdapat pada sisi suction	43
Tabel 4.10 Hasil perhitungan	44

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Roda transportasi dan pengiriman kargo dapat berjalan dengan lancar dengan adanya kapal laut yang dapat menghubungkan luasnya lautan, sementara air laut juga dapat digunakan untuk menjaga stabilitas kapal pada saat tertentu. Air laut dipompa kedalam kapal dengan tujuan untuk mendapatkan stabilitas kapal, mengurangi stress yang diterima badan kapal, dan juga dapat membantu dalam proses manuver kapal.

Air laut yang dipompa kedalam kapal dapat disebut juga sebagai air balas, namun pada saat proses pemompaan air balas juga turut serta mikroorganisme yang terkandung dalam air laut juga ikut terpompa kedalam kapal . Mikroorganisme yang dimaksud dapat berupa bakteri, mikroba serta beberapa jenis biota laut lainnya. Namun terkadang beberapa dari mikroorganisme tersebut dapat bersifat merugikan bagi ekosistem laut disekitarnya

Tanda-tanda invasi spesies mikroorganisme asing ditemukan oleh ilmuwan setelah banyaknya kemunculan phytoplankton algae *Odontella* (*Biddulphia sinensis*) dari Asia di North Sea pada 1903. Invasi mikroorganisme yang terbawa air balas semakin meningkat mengingat semakin pesat perkembangan ekonomi global dan semakin padatnya jalur pelayaran. Sehingga permasalahan invasi mikroorganisme semakin menjadi topik hangat dan menurut berbagai sumber laju invasi biologis mikroorganisme semakin pesat dan beberapa wilayah baru terkena dampaknya.

IMO sudah menangani masalah Invasive Aquatic Species (IAS) sejak tahun 1980, Pada saat organisasi tersebut mulai melaporkan berbagai permasalahan tentang IAS kepada Marine Environment Protection Committee (MEPC). Pedoman yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut dikeluarkan pada tahun 1991 dan IMO terus bekerja untuk mengembangkan Ballast Water Management Convention (BWM Convention), yang disetujui pada tahun 2004. BWM Convention diberlakukan pada setiap kapal yang melakukan pelayaran internasional sejak 8 September 2017.

Pada penelitian ini, akan dibuat sebuah rancangan *Ballast Water Treatment System* (BWTS) pada sebuah kapal gas carrier bernama “GAS AMBALAT” yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 dengan DWT 3769 ton. Ukuran utama dari Gas Carrier “GAS AMBALAT” ditunjukkan pada Tabel 1.1 sebagai berikut:

Tabel 1.1 data kapal Gas Ambalat

L	103 m
B	18 m
H	7 m
T	5 m
Vs	13 Knot



Gambar 1.1 Gas Carrier GAS AMBALAT

Kapal ini dipilih karena pertimbangan ukuran kapal yang tidak terlalu besar, sehingga tidak banyak ruang yang dapat digunakan untuk meletakkan sistem. Rancangan dibuat dengan berbagai pertimbangan sehingga peletakan dan kinerja BWTS tidak akan mengganggu sistem lain yang sudah ada pada kapal gas carrier tersebut dan dapat memenuhi aturan BWM Convention.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Pada penelitian ini, permasalahan yang akan dianalisa adalah bagaimana rancangan BWTS yang optimal untuk kapal Gas Carrier yang bernama “GAS AMBALAT” dengan DWT 3769 ton, tanpa mengurangi atau merubah kinerja sistem lain yang sudah ada jika memungkinkan.

1.3 BATASAN MASALAH

Batasan Masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

- a. BWTS akan dirancang khusus untuk kapal Gas Carrier GAS AMBALAT yang belum memiliki sistem tersebut.
- b. Analisa dilakukan pada segi teknis, namun tidak menganalisa segi ekonomis.

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapat rancangan BWTS pada kapal Gas Carrier GAS AMBALAT sehingga dapat memenuhi aturan BWM Convention.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- a. Dapat membuat sebuah rancangan sistem BWTS yang bisa digunakan untuk kapal Gas Carrier.
- b. Menjadi referensi dalam perancangan sistem BWTS untuk kapal yang sejenis.

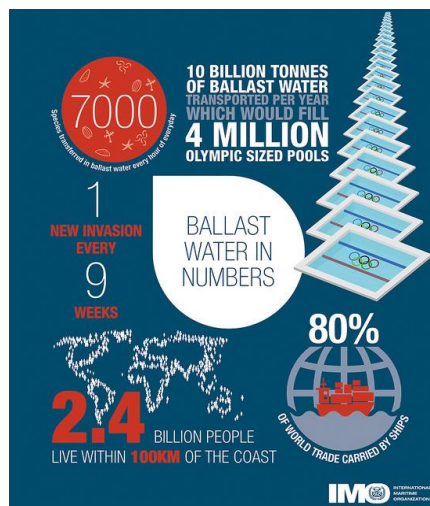
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 BWM CONVENTION

Roda transportasi dan pengiriman kargo dapat berjalan dengan lancar dengan adanya kapal laut yang dapat menghubungkan luasnya lautan, sementara air laut juga dapat digunakan untuk menjaga stabilitas kapal pada saat tertentu. Air laut dipompa kedalam kapal dengan tujuan untuk mendapatkan stabilitas kapal, mengurangi stress yang diterima badan kapal, dan juga dapat membantu dalam proses manuver kapal.

Air laut yang dipompa kedalam kapal dapat disebut juga sebagai air balas, namun pada saat proses pemompaan air balas juga turut serta mikroorganisme yang terkandung dalam air laut juga ikut terpompa kedalam kapal . Mikroorganisme yang dimaksud dapat berupa bakteri, mikroba serta beberapa jenis biota laut lainnya. Namun terkadang beberapa dari mikroorganisme tersebut dapat bersifat merugikan bagi ekosistem laut disekitarnya

Tanda-tanda invasi spesies mikroorganisme asing ditemukan oleh ilmuwan setelah banyaknya kemunculan phytoplankton algae *Odontella* (*Biddulphia sinensis*) dari Asia di North Sea pada 1903. Invasi mikroorganisme yang terbawa air balas semakin meningkat mengingat semakin pesat perkembangan ekonomi global dan semakin padatnya jalur pelayaran. Sehingga permasalahan invasi mikroorganisme semakin menjadi topik hangat dan menurut berbagai sumber laju invasi biologis mikroorganisme semakin pesat dan beberapa wilayah baru terkena dampaknya. Diperkirakan terdapat 10 milyar ton mikroorganisme yang berpindah dari negara satu ke negara lainnya (Pramesti, Lely & Fitri, Sutopo Purwono, 2013) seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Ilustrasi Penyebaran Spesies Invasi Dalam Air Balas

(www.imo.org)

IMO sudah menangani masalah Invasive Aquatic Species (IAS) sejak tahun 1980, Pada saat organisasi tersebut mulai melaporkan berbagai permasalahan tentang IAS kepada Marine Environment Protection Committee (MEPC). Pedoman yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut dikeluarkan pada tahun 1991 dan IMO terus bekerja untuk mengembangkan Ballast Water Management Convention (BWM Convention), yang disetujui pada tahun 2004. BWM Convention diberlakukan pada setiap kapal yang melakukan pelayaran internasional sejak 8 September 2017.

Beberapa aturan yang harus diikuti supaya kapal dapat memenuhi persyaratan yg ada pada BWM Convention adalah sebagai berikut :

2.1.1 Annex – Section B Persyaratan Pengelolaan dan Kontrol untuk Kapal

Kapal harus memiliki Ballast Water Management Plan yang telah disetujui oleh administrasi yang ditunjuk (Regulation B-1). Ballast Water Management Plan berbeda untuk setiap kapal dan berisi tentang deskripsi secara mendetail tentang langkah – langkah yang dilakukan untuk menjalankan persyaratan dari Ballast Water Managements.



Gambar 2.2 *Ballast Water Record Book*
(<http://www.myvesselogs.com/ballastlogbook.htm>)

Kapal harus memiliki Ballast Water Record Book seperti contoh pada Gambar 2.2 (Regulation B-2) untuk mencatat kapan air balas diambil; disirkulasi atau di-treatment untuk keperluan Ballast Water Management; dan dibuang kembali

kelaut. Perlu juga dicatat kapan air balas dikeluarkan ke fasilitas treatment di pelabuhan, dan pembuangan air balas secara tidak disengaja.

Aturan khusus untuk Manajemen Air Balas diatur dalam Regulation B-3.

Didalam Regulation B-4, semua kapal yang menerapkan pertukaran air balas harus; melakukan pertukaran air balas setidaknya 200 nm dari daratan terdekat dan pada perairan dengan kedalaman minimal 200 meter. Jika persyaratan pertama tidak memungkinkan, maka pertukaran dapat dilakukan setidaknya 50 nm dari daratan terdekat dengan kedalaman minimal 200 meter.

2.1.2 Annex – Section D Standar Manajemen Air Balas

Regulation D-1 Standar Pertukaran Air Balas. Ketika proses pengisian atau pengosongan balas, kapal harus mampu mengisi atau mengosongkan setidaknya 95% dari kapasitas total tangki balas. Untuk kapal yang menggunakan metode *pumping-through*, kapasitas pompa harus dapat memompa terus menerus selama pengisian 3 kali volume tangki balas.

Regulation D-2. Kapal dengan sistem manajemen air balas tidak boleh mengeluarkan lebih dari 10 organisme hidup per meter kubik atau setara dengan ukuran lebih dari 50 mikrometer dan tidak boleh mengeluarkan lebih dari 10 organisme hidup tiap millimeter untuk ukuran kurang dari 50 mikrometer.

Indikator yang digunakan sebagai standar, namun tidak dibatasi adalah sebagai berikut :

- a. Toxigenic vibrio cholera kurang dari 1 *colony forming unit* (cfu) tiap 100 milliliter atau kurang dari 1 cfu per gram zooplankton.
- b. Escheria coli kurang dari 250 cfu per 100 milliliter
- c. Intestinal enterococci kurang dari 100 cfu per 100 milliliter.

Sistem manajemen air balas harus disetujui oleh administrasi yang telah ditunjuk, berdasarkan pada IMO Guidelines (Regulation D-3 persetujuan persyaratan untuk sistem manajemen air balas). Ini termasuk sistem yang menggunakan bahan kimia; menggunakan organisme atau mekanisme biologi; atau yang mengubah kandungan kimia atau karakteristik dari air balas.

Sebagai solusi sementara yang sesuai pada Section B, semua kapal harus melakukan pertukaran air balas ditengah laut (Gambar 2.3). Namun, cara ini sangat beresiko untuk keselamatan dari beberapa kapal. Pengosongan tangki balas ditengah laut dapat menyebabkan terjadinya permukaan bebas pada tangki balas, dan sangat berpengaruh bagi stabilitas dan sarat kapal, terlebih pada cuaca buruk. Jika sloshing (gejolak air dalam tangki yang tidak penuh) terus terjadi, maka kerusakan struktur pada kapal tidak bisa dihindari.



Gambar 2.3 Pertukaran air balas ditengah laut

(<https://www.green4sea.com/ballast-water-challenge-dilemma/>)

Untuk menghindari hal ini, kapal perlu memasang *Ballast Water Treatment System* (BWTS), yang digunakan untuk mematikan mikroorganisme yang ada didalam air balas pada saat pengisian maupun pembuangan.

2.2 METODE BALLAST WATER TREATMENT

Terdapat 3 (tiga) jenis BWT, yaitu metode kimia, mekanik, dan fisik. Jenis tersebut berdsarkan bagaimana cara membersihkan air balas dari mikroorganisme tersebut. Untuk mendapatkan air balas yang benar benar bersih dari mikroorrganisme maka harus dilakukan kombinasi dari metode tersebut yang disebut *Ballast Water Treatment System* (BWTS). Berikut adalah beberapa metode yang digunakan.

2.2.1 Metode Kimia

Contoh BWT yang menggunakan metode kimia adalah sebagai berikut:

2.2.1.1 Hydrogen Peroxide

Bahan kimia ini digunakan sebagai metode chlorination. Penggunaannya adalah dengan mencampur Hidrogen Peroxide kedalam air balas untuk mematikan mikroorganisme yang terkandung dalam air balas. Cara ini terbilang aman namun membutuhkan biaya yang cukup mahal kerana memerlukan banyak Hidrogen Peroxide (Gambar 2.4) dalam prosesnya.



Gambar 2.4 Hydrogen Peroxide

(<https://www.indiamart.com>)

2.2.1.2 Chlorine Dioxide

Sama seperti diatas, bahan kimia ini digunakan sebagai metode chlorination. Cara ini efektif untuk membunuh semua micro-organisme. Namun bahan kimia ini sangat berbahaya dan membutuhkan waktu 24 jam agar air balas aman untuk dikeluarkan. Berikut adalah salah satu contoh merk bahan kimia Chlorine Dioxide yang ditunjukkan pada Gambar 2.5 dibawah.

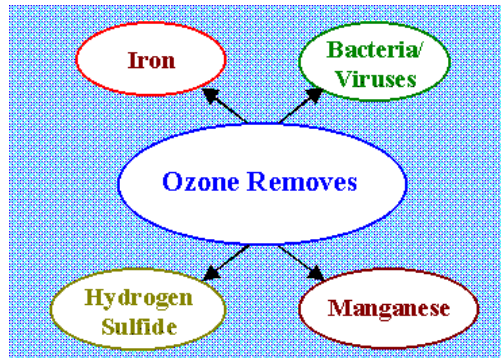


Gambar 2.5 Chlorine Dioxide

(<https://www.beprepared.com>)

2.2.1.2 Ozonation

Metode ini adalah dengan menambah gas ozon ($1-2 \text{ mg/l}$) kedalam air balas, yang akan bereaksi dengan bahan kimia lain untuk membunuh mikroorganisme (Santoso, A, 2006). Namun cara ini kurang efektif dan berbahaya bagi manusia. Dalam prosesnya, selain membunuh mikroorganisme dalam hal ini bakteri/virus. Ozon juga dapat menghilangkan zat kimia berbahaya lainnya seperti besi(tinjal), hidrogen sulfida, dan mangan sebagaimana dijelaskan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 ozonation

(<https://www.water-research.net>)

2.2.2 Metode Mekanik

Contoh BWT yang menggunakan metode mekanik adalah sebagai berikut:

2.2.2.1 Filtration

Metode ini menggunakan saringan dengan backwashing otomatis, cara ini biasanya menggunakan mesh dengan ukuran $10 - 50 \text{ micrometer}$ seperti dijelaskan pada Gambar 2.7. Kekurangan dari cara ini adalah kurang efektif untuk mikroorganisme yang berukuran lebih kecil.

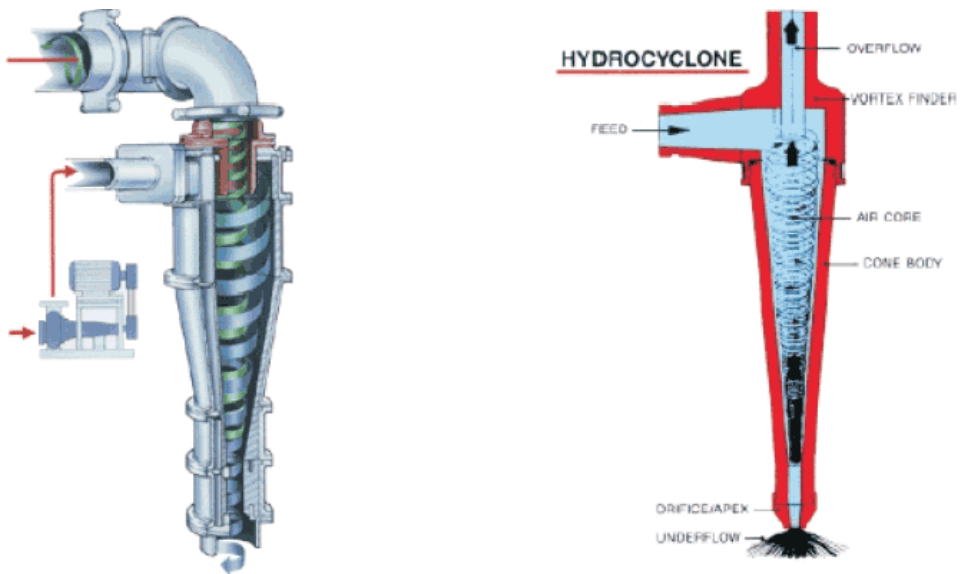


Gambar 2.7 Filter Air Balas

(<http://www.hiseamarine.com/ballast-water-filter-2523.html>)

2.2.2.2 Hydrocyclone / Cyclonic separation

Metode ini menggunakan rotasi sentrifugal untuk memisahkan partikel mikroorganisme dengan air balas. Pada metode ini bergantung pada ukuran partikel, kecepatan rotasi, dan waktu. Namun cara ini juga kurang efektif untuk membersihkan mikroorganisme pada air balas. Metode hydrocyclone/cyclone separation dilakukan dengan menggunakan alat hydrocyclone seperti nampak pada Gambar 2.8.

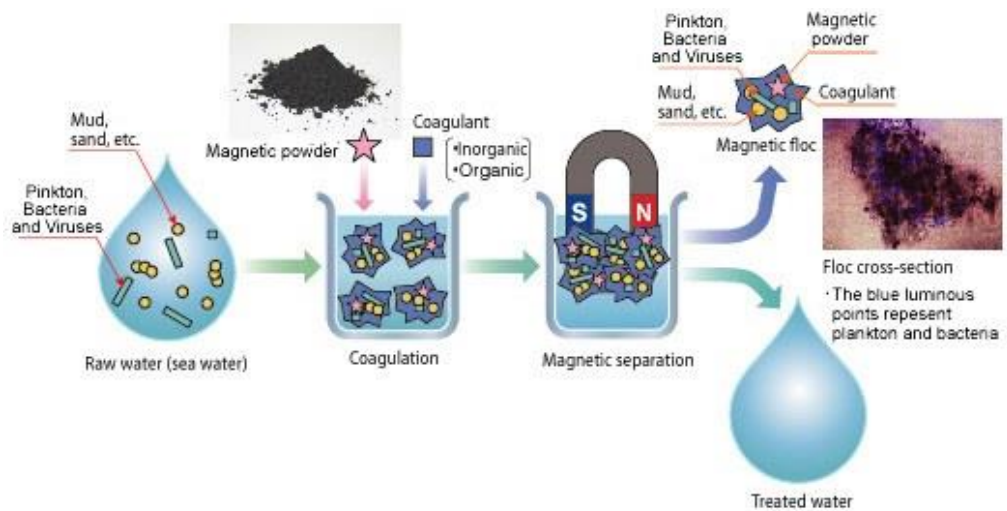


Gambar 2.8 Alat Proses *Hydrocyclone*

(<https://www.marineinsight.com/tech/how-ballast-water-treatment-system-works/>)

2.2.2.3 Coagulation / Sedimentation

Cara ini menggunakan coagulant untuk mengendapkan partikel mikroorganisme yang terdapat pada air balas. Sebagaimana dijelaskan pada Gambar 2.9 proses berawal dari air laut murni yang masih mengandung banyak partikel asing didalamnya. Dengan menambahkan bubuk magnetik dan zat koagulasi (organik dan non organik) kedalam air laut tersebut maka beberapa partikel zat asing yang terdapat pada air laut tersebut akan terisah menjadi beberapa endapan. Hasil dari endapan tersebut pada akhirnya dipisahkan dengan air laut dengan menggunakan sistem magnetik separation. Setelah proses berakhir maka didapatkan air laut yang telah bersih sehingga aman untuk dibuang kembali ke lautan.



Gambar 2.9 Proses *Coagulation*

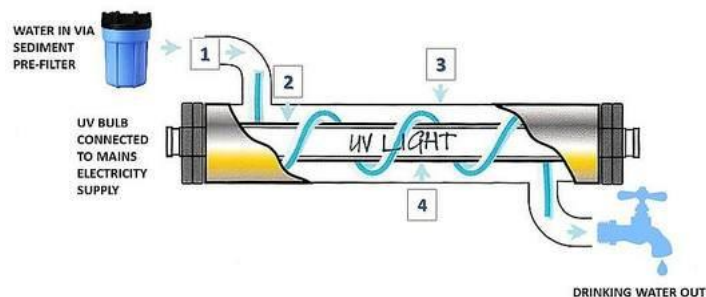
(<https://www.marineinsight.com/tech/how-ballast-water-treatment-system-works/>)

2.2.3 Metode Fisik

Beberapa contoh BWT yang menggunakan metode fisik adalah sebagai berikut:

2.2.3.1 Ultraviolet (UV) Radiation

Cara ini menggunakan sinar UV untuk merubah strktur DNA mikroorganisme sehingga tidak dapat berkembang. Cara ini sangat umum karena efektif pada hampir semua mikroorganisme. Namun kekurangannya adalah dibutuhkan air yang jernih untuk mendapatkan penyebaran sinar UV yang merata agar bekerja secara efektif. Seperti dijelaskan pada Gambar 2.10.

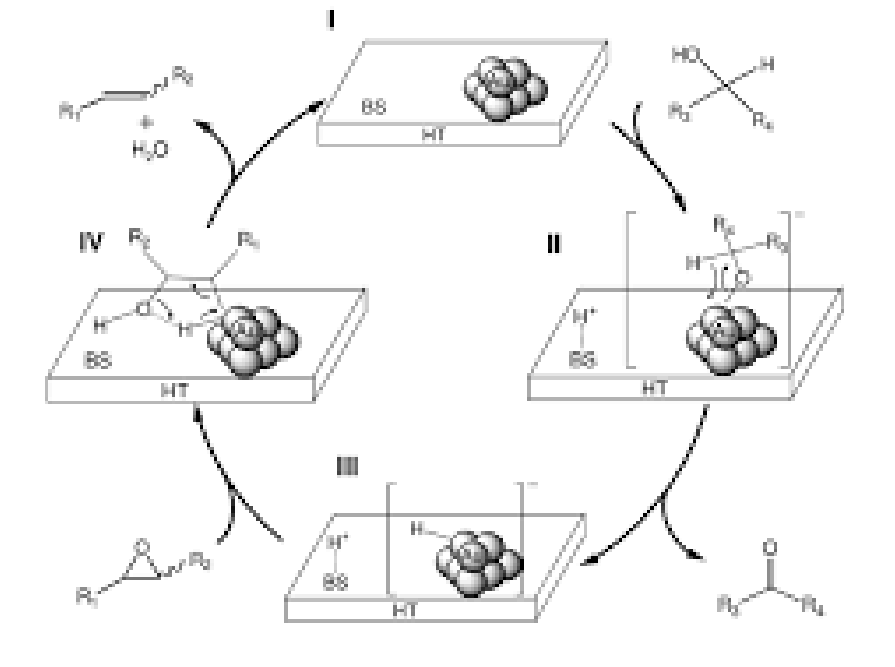


Gambar 2.10 Proses UV radiatiion

(<https://www.technilamp.co.za>)

2.2.3.2 Deoxygenation

cara ini dilakukan dengan mengurangi kadar oksigen pada udara diatas air balas, dan membuat tangki balas vakum dengan memasukan gas inert. Kekurangan dari metode ini adalah memerlukan waktu lama untuk memastikan bahwa mikroorganismenya telah mati yaitu sekitar 1-4 hari. Proses dari deoxygenation dapat dilihat pada Gambar 2.11.

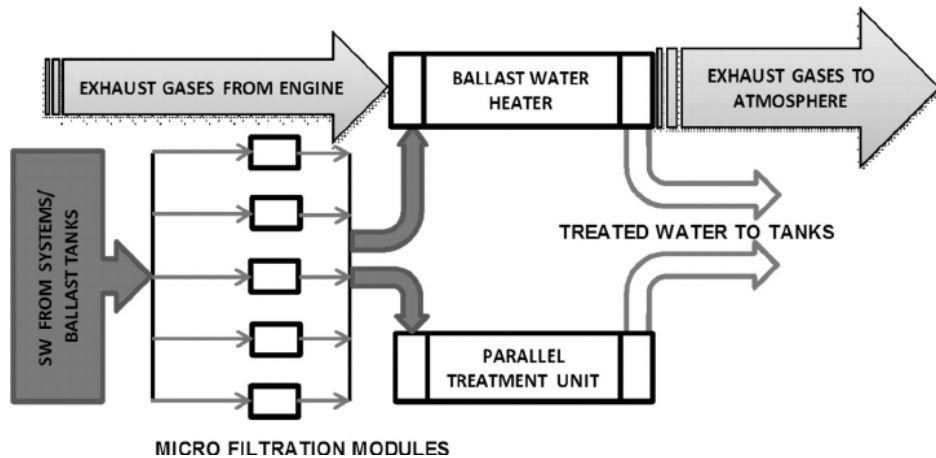


Gambar 2.11 Proses deoxygenation air

(<https://www.researchgate.net>)

2.2.3.3 Heat

Pada metode ini menggunakan panas sebagai sarana untuk mematikan mikroorganismenya. Panas yang digunakan didapat dari berbagai sumber seperti main engine, boiler, funnel, dan lain – lain. Air ballast yang masuk melalui sea chest dilewatkan melalui heat exchanger dimana terdapat aliran gas buang dari engine yang sangat panas berkisar antara 600 derajat celsius, sehingga suhu dari air laut akan meningkat dan dapat membunuh berbagai mikroorganismenya yang terdapat didalamnya. Air laut yang telah dipanaskan kemudian disalurkan menuju ke ballast tank dan gas buang langsung dialirkan menuju udara bebas (Gambar 2.12). Kekurangan dari metode ini adalah perlu waktu yang cukup lama untuk memanaskan air didalam tangki balas dan perlu pendinginan untuk mengeluarkannya.



Gambar 2.12 Proses pemanasan ballast water treatment

(<https://www.researchgate.net>)

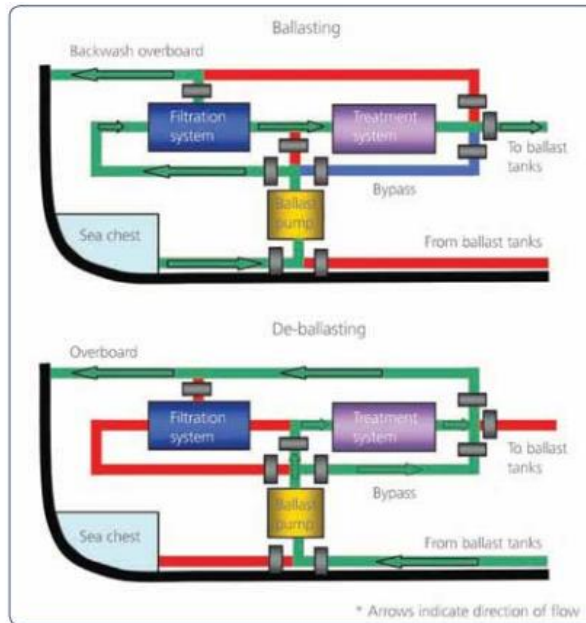
2.3 BALLAST WATER TREATMENT SYSTEM

Ballast Water Treatment System (BWTS) adalah sistem treatment balas yang mengkombinasikan beberapa metode BWT. Untuk mencapai hasil treatment yang maksimal, maka dikombinasikan 2 sampai 3 metode BWT sebelum masuk ke tangki balas dan juga sebelum dikeluarkan dari tangki balas (Gambar 2.13).

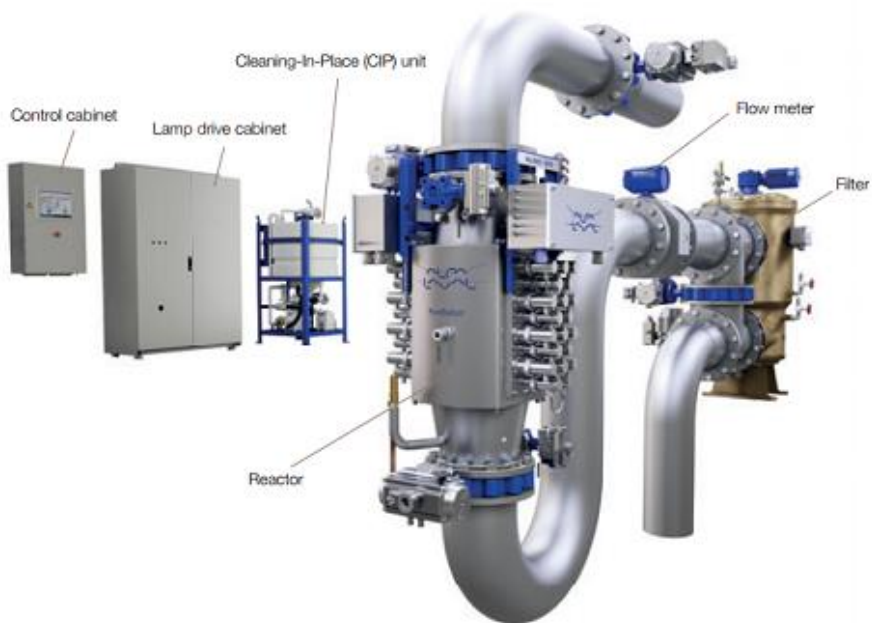
Beberapa contoh BWTS yang menggunakan 2 atau 3 proses treatment adalah sebagai berikut :

1. Filtration + Ozone
2. Filtration + UV + Ozone
3. Filtration + Deoxygenation

Dalam penerapannya, ukuran dan kebutuhan tenaga menjadi persoalan utama dalam pemasangan BWTS. Karena alasan operational dan logistik, sebagian besar sistem dipasang di kamar mesin atau ruang pompa dimana ruangnya cukup terbatas. Terdapat beberapa perangkat tambahan untuk BWTS dapat beroperasi, dan semakin besar sistemnya, maka pengaturannya akan semakin rumit. Kebutuhan tenaga tambahan juga menjadi masalah pada sebagian besar kapal karena sebagian besar pengoperasian balas digunakan ketika sedang melakukan bongkar muat. Karena itu, penambahan kapasitas generator perlu dilakukan untuk menyediakan tenaga supaya BWTS bisa bekerja. Diperlukan biaya tambahan untuk modal pemasangan dan bahan bakar. Untuk hal ini diperlukan bebrapa pertimbangan untuk meminimalisir kerugian karena pemasangan BWTS. Sebagai contoh pada Gambar 2.14 merupakan salah satu jenis BWTS yang mengkombinasikan antara filtrasi dan UV treatment.



Gambar 2.13 Proses Treatment pada Umumnya
<http://teknologia-maritima.blogspot.co.id/2013/02/sistemas-de-tratamiento-de-agua->



de.html)

Gambar 2.14 Filtration and UV Treatment Plant
<https://www.alfalaval.com/pureballast/>

2.4 KRITERIA UTAMA PENGOLAHAN AIR BALAS

IMO telah menetapkan kriteria pengolahan air balas dalam *1st International Ballast Water Treatment Standards Workshop – IMO London, 28-30 March 2001*.

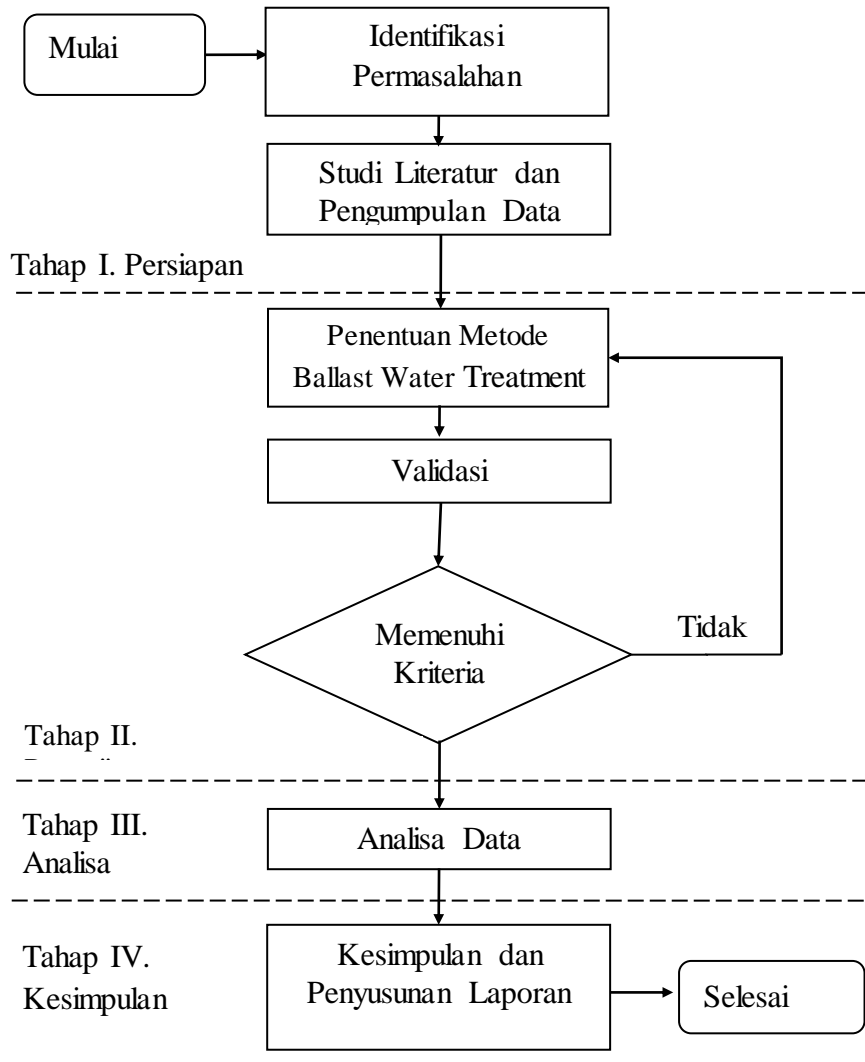
Kriteria – kriteria yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. Harus mementingkan keamanan kapal dan ABK-nya
2. Sistem tidak boleh menimbulkan masalah baru terhadap lingkungan
3. Sistem harus kompatibel dengan desain kapal dan sistem operasinya
4. Sistem harus meminimalisir tambahan biaya yang diperlukan
5. Sistem harus efektif secara biologis dalam hal menyingkirkan, membunuh, atau melemahkan organisme air dan patogen yang ditemukan dalam air balas.

Kriteria – kriteria tersebut akan digunakan dalam pertimbangan untuk menentukan BWTS yang akan dipasang pada kapal.

BAB III METODOLOGI

Flow Chart Metode Penelitian



Gambar 3.1 Flow Chart Metodologi Penelitian

Untuk menyelesaikan masalah diatas akan experimen untuk setiap metode ballast treatment. Dalam desain eksperimen dibagi dalam 4 tahapan utama yaitu Persiapan (Identifikasi Permasalahan, Studi Literatur, Pengumpulan data), Pengujian (Penentuan metode BWT, Validasi), Analisa (Analisa data), dan Kesimpulan (Pengambilan kesimpulan dan penyusunan laporan). Sebagaimana dijelaskan pada Gambar 3.1 diatas.

3.1 Identifikasi Permasalahan

Identifikasi rumusan masalah, mencakup penentuan permasalahan yang akan dibahas dan akan diselesaikan. Pada tahap ini ditentukan permasalahan mengenai perancangan BWTS yang optimal untuk kapal tanker tanpa mengurangi kinerja sistem lain yang sudah ada.

3.2 Studi Literatur dan Pengumpulan Data

Studi literature dan pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data metode BWT yang umum digunakan dan mengkombinasikan metode – metode tersebut menjadi BWTS. Pengumpulan data mengenai spesifikasi kapal Gas Carrier Gas Ambalat juga dilakukan pada tahap ini.

3.3 Penentuan Metode Ballast Water Treatment

Penentuan beberapa metode BWT yang akan digunakan dengan mempertimbangkan kriteria yang ada dalam *1st International Ballast Water Treatment Standards Workshop*, dan mengkombinasikan metode – metode tersebut menjadi Ballast Water Treatment System.

3.4 Validasi

Membuktikan BWTS yang telah terpilih bisa diaplikasikan pada Gas Carrier Gas Ambalat.

3.5 Analisa Data

Melakukan analisa perhitungan untuk menemukan apa saja tambahan pada sistem kapal yang diperlukan untuk pemasangan BWTS.

3.6 Kesimpulan

Pada tahap ini dilakukan pengambilan kesimpulan terhadap analisa data yang telah dilakukan. Kesimpulan itu berupa sebuah rancangan BWTS untuk Gas Carrier Gas Ambalat yang telah memenuhi aturan yang diterapkan pada BWM Convention.

3.7 Penyusunan Laporan

Pada tahap ini dilakukan penyusunan laporan berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan standar laporan yang telah ditentukan oleh departemen Teknik Sistem Perkapalan.

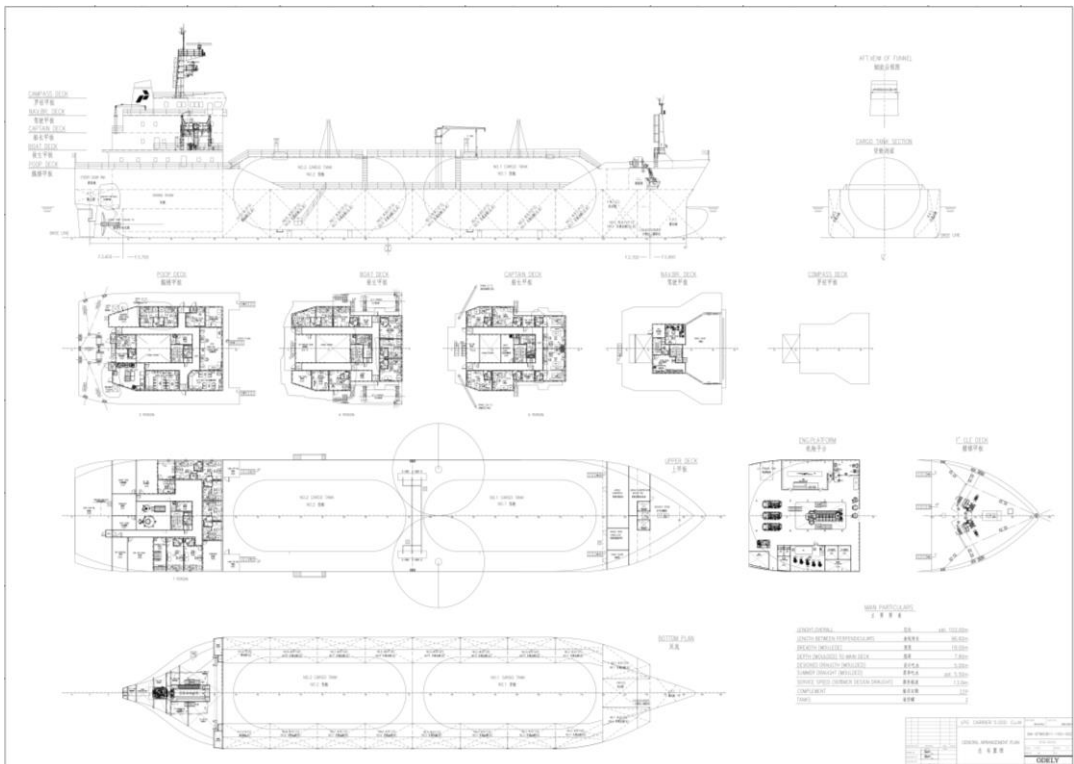
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Kapal

Untuk melakukan perancangan BWTS pada kapal Gas Carrier Gas Ambalat, data-data kapal yang diperlukan adalah sebagai berikut:

4.1.1 General Arrangement

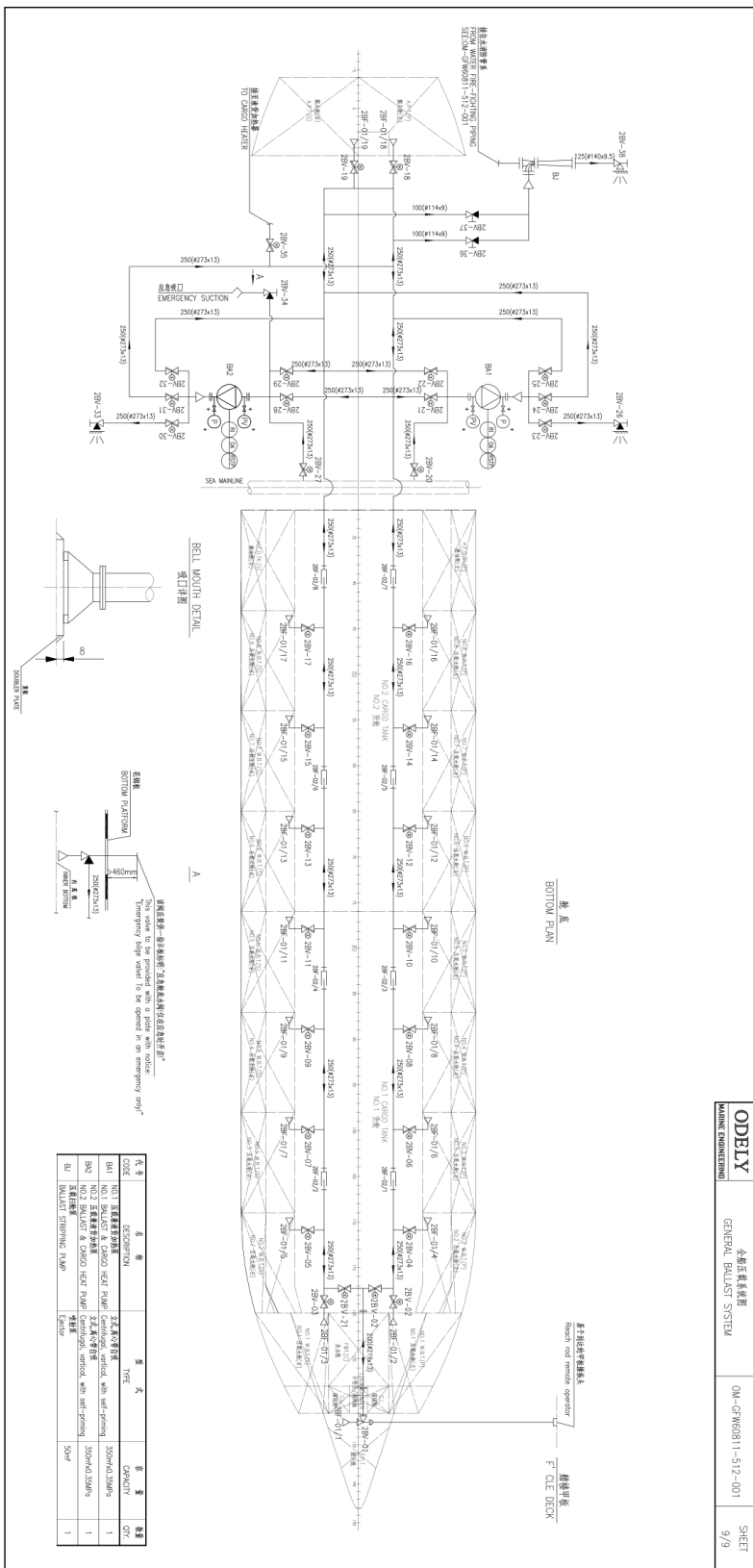
General Arrangement pada kapal diperlukan untuk mengetahui susunan ruangan pada kapal. Dengan mengetahui GA kapal, maka dapat diketahui tempat mana saja yang bisa menjadi alternatif pemasangan BWTS, bila sistem tidak bisa dipasang pada Engine Room Layout. General Arrangement Kapal Gas Carrier “Gas Ambalat” dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1 *General Arrangement* kapal

4.1.2 Ballast Diagram

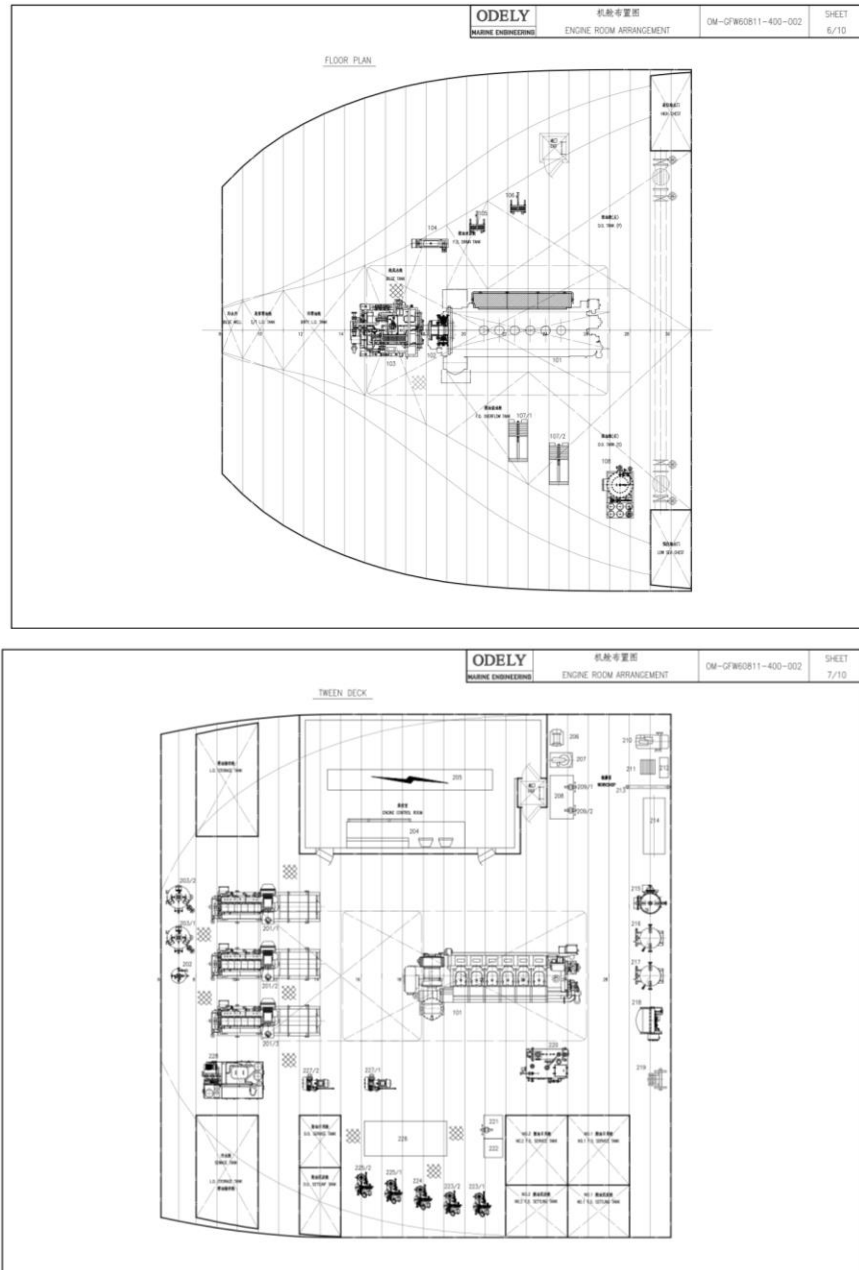
Data ballast diagram digunakan untuk mengetahui sistem aliran air balas pada kapal. Yang nantinya penambahan sistem baru BWTS akan ditambahkan pada *ballast diagram*. Seperti pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Ballast Diagram Kapal

4.1.3 Engine Room Layout

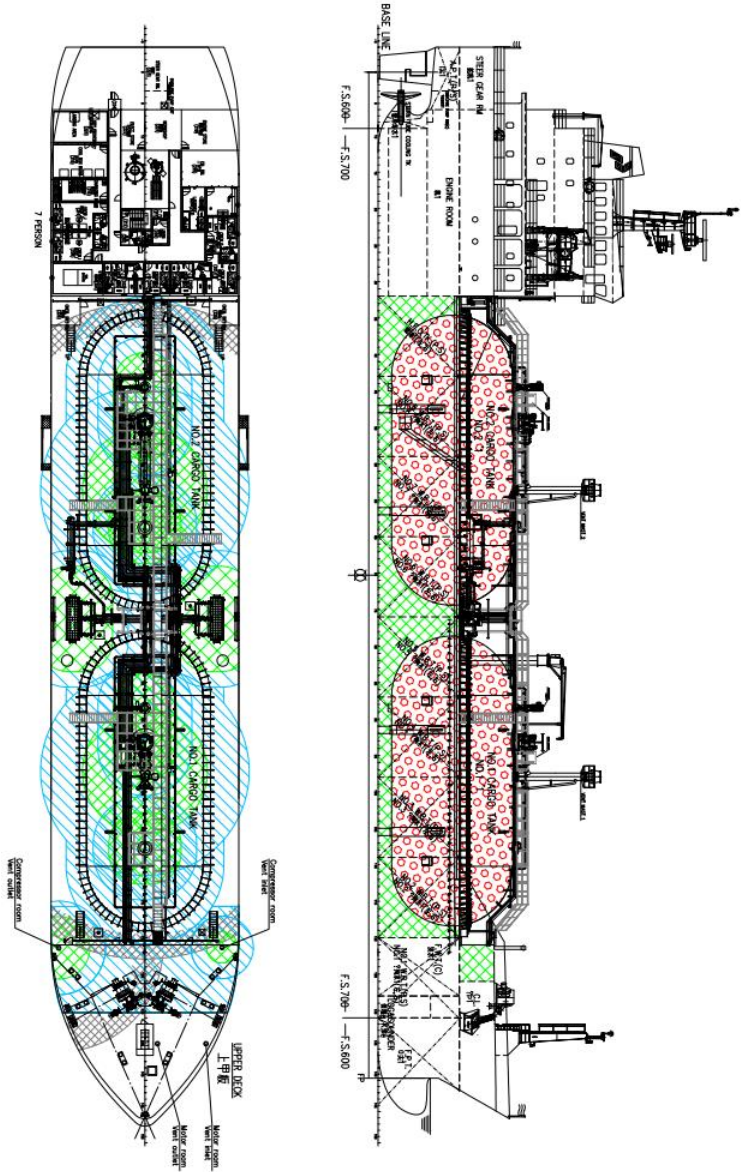
Data Engine Room layout (Gambar 4.3) digunakan untuk menempatkan sistem BWTS yang akan dipasang. BWTS dipasang di Engine Room karena agar tidak mengganggu sistem yang lainnya diluar sistem permesinan kapal, selain itu agar sistem yang digunakan lebih sederhana agar lebih optimal dalam hal penempatan BWTS tersebut.



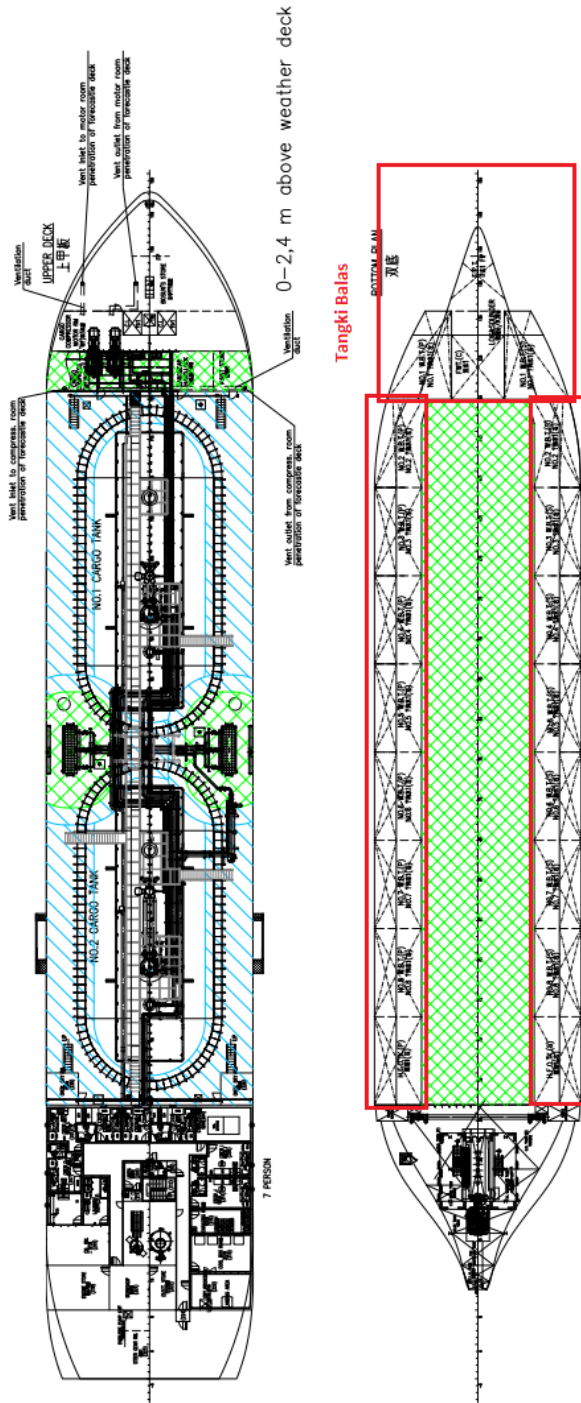
Gambar 4.3 *Engine Room Layout*

4.1.4 Gas Dangerous Zones

Data *gas dangerous zones* (Gambar 4.4 dan Gambar 4.5) digunakan untuk mengetahui apakah tangki balas termasuk dalam zona berbahaya atau tidak. Tangki balas yang termasuk dalam zona berbahaya dapat mempengaruhi pemasangan sistem BWTS. Pada kapal Gas Carrier Gas Ambalat, tangki balas tidak termasuk dalam kategori *dangerous zone*.



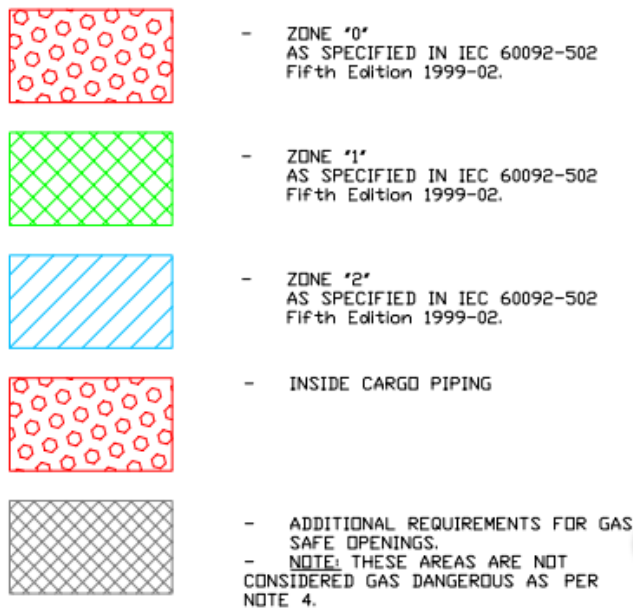
Gambar 4.4 Gas Dangerous Zones



Gambar 4.5 Gas Dangerous Zones tampak atas

Kriteria dari Gas Dangerous Zone sebagaimana Gambar 4.6 adalah sebagai berikut:

- Zone 0 : area dimana gas yang mudah terbakar selalu ada pada pengoperasian normal.
- Zone 1 : Area dimana gas yang mudah terbakar berkemungkinan besar muncul pada pengoperasian normal
- Zone 2 : Area dimana gas yang mudah terbakar jarang muncul, tetapi bila muncul, hanya dalam waktu singkat.



Gambar 4.6 Pembagian Zona Gas Dangerous Zones

4.1.5 Safety Plan

Data ini diperlukan hanya jika tangki balas berada pada *dangerous zone*. Bila tangki balas ada pada *dangerous zones*, maka diperlukan aturan tambahan dalam pemasangan BWTS, seperti penambahan sensor gas, penambahan ratio pertukaran udara pada ruang pemasangan BWTS, pergantian akses, dan lain-lain.

4.1.6 Ballast Capacity

Data ini diperlukan untuk mengetahui kapasitas tiap tangki ballast pada masing-masing tangkinya dan jumlah total keseluruhan tangki ballast sebagai bahan untuk perhitungan ulang Head pompa yang dibutuhkan setelah pemasangan BWTS. Data volume dari tangki ballast ditulis pada Tabel 4.1 berikut ini:

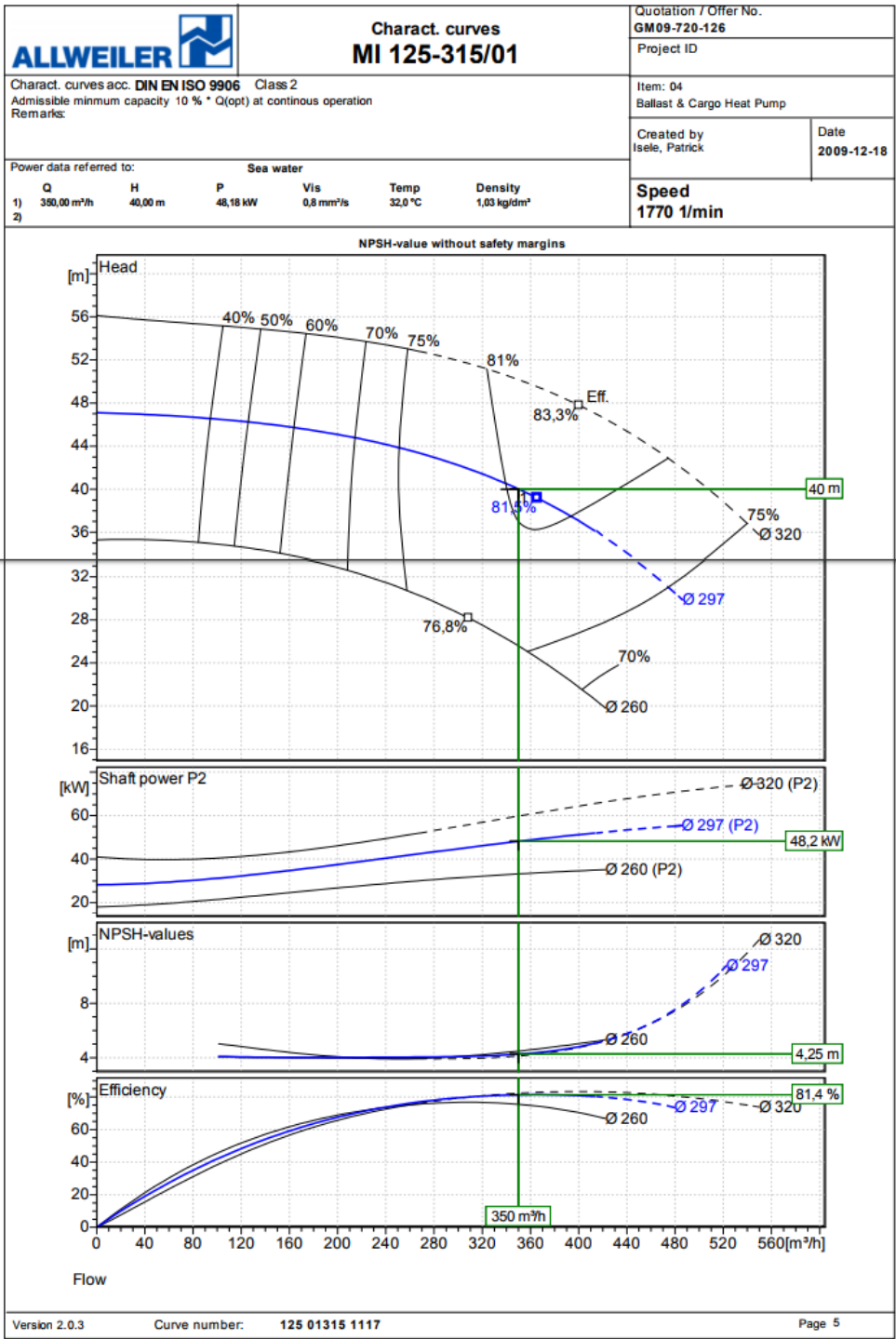
Tabel 4.1 volume tangki ballast

Tank - No	Tank Name	Frame Number	Volume (m ³)
1	F.P.T	Fr 131 – Fr 146	210.11
2	NO 1 WB.T (S)	Fr 120 – Fr 131	157.34
3	NO 1 WB.T (P)	Fr 120 – Fr 131	157.34
4	NO 2 WB.T (S)	Fr 109 – Fr 120	93.96
5	NO 2 WB.T (P)	Fr 109 – Fr 120	93.96
6	NO 3 WB.T (S)	Fr 98 – Fr 109	136.49
7	NO 3 WB.T (P)	Fr 98 – Fr 109	136.49
8	NO 4 WB.T (S)	Fr 87 – Fr 98	152.45
9	NO 4 WB.T (P)	Fr 87 – Fr 98	152.45
10	NO 5 WB.T (S)	Fr 76 – Fr 87	155.27
11	NO 5 WB.T (P)	Fr 76 – Fr 87	155.27
12	NO 6 WB.T (S)	Fr 65 – Fr 76	155.28
13	NO 6 WB.T (P)	Fr 65 – Fr 76	155.28
14	NO 7 WB.T (S)	Fr 54 – Fr 65	155.31
15	NO 7 WB.T (P)	Fr 54 – Fr 65	155.31
16	NO 8 WB.T (S)	Fr 43 – Fr 54	154.89
17	NO 8 WB.T (P)	Fr 43 – Fr 54	154.89
18	AP.T (S)	Fr 4 – Fr 6	84.61
19	AP.T (P)	Fr 4 – Fr 6	73.18
	TOTAL		2689.91

4.1.7 Pump Capacity

Data kapasitas pompa diperlukan untuk mengetahui berapa besar Head pompa yang terpasang pada kapal Gas Carrier “Gas Ambalat”. Besaran kapasitas pompa yang digunakan pada kapal, akan sangat berpengaruh terhadap pertimbangan pemilihan BWTS. Spesifikasi pompa dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut.

Ballast Pump Spec		
Q =	350	m ³ /h
H =	40	m
NPSH =	4.25	M



Gambar 4.7 Diagram Spek Pompa

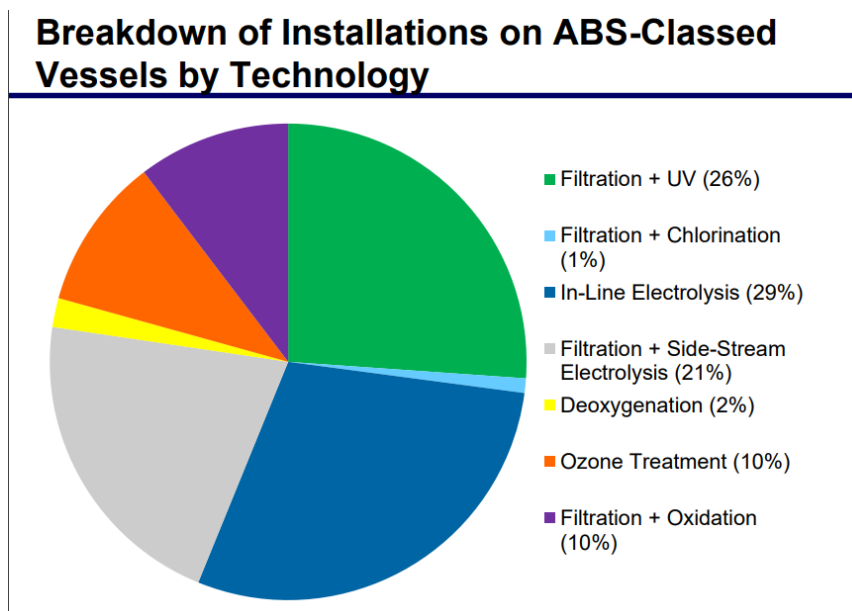
4.2 Pengumpulan Metode Ballast Water Treatment

Metode BWT yang dikumpulkan adalah metode-metode yang umum digunakan pada kapal dan mudah ditemukan dipasaran. Biasanya metode-metode ini sudah ada dalam bentuk kombinasi. Sistem yang menggunakan satu metode treatment saja sudah tidak ada.

Metode BWTS pada umumnya berawal dari metode filtrasi yang menggunakan mesh berukuran 10 – 50 micrometer. Baru setelah itu diikuti dengan metode lain seperti mekanik dan kimia.

Pemilihan BWTS dilakukan dengan mempertimbangkan keuntungan dan kerugian dari setiap metode yang digunakan setelah metode filtrasi.

Data Metode Ballast Water Treatment yang umum digunakan berdasarkan data presentasi oleh ABS tahun 2016 (Gambar 4.8). Metode – metode tersebut yang akan dipertimbangkan keuntungan dan kerugiannya dalam pemilihan BWTS.



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Metode yang Biasa Digunakan

4.2.1 Metode Ballast Water Treatment

Tabel 4.2 Tabel Perbandingan Metode Treatment

Metode Treatment	Cara Kerja	Keuntungan	Kerugian
UV	Radiasi UV mengubah DNA dan RNA pada mikroorganisme, sehingga mengakibatkan mikroorganisme tersebut lumpuh..	Sangat umum sekali digunakan karena efisiensi dari metode ini tinggi dan tidak meninggalkan polusi atau residu tambahan pada air laut.	Sinar UV menggunakan energi yang besar, dan memerlukan treatment kedua untuk memastikan mikroorganisme benar – benar mati.
Ozone Treatment	Gas Ozone (O ₃) dimasukkan saat proses ballasting berlangsung, dan mematikan mikroorganisme yang ada pada tangki balas.	Sangat efektif dalam membunuh mikroorganisme, bakteri, dan virus.	Gas ozone dapat menimbulkan korosi dan merusak coating pada tangki balas. Selain itu pipa pada sistem ozone tidak boleh melewati service spaces sehingga mempersulit pemasangan pada kapal.
Electrolysis	Bahan kimia seperti hypochlorite dan sodium hypochlorite digunakan untuk menimbulkan reaksi elektrolisis, sehingga membunuh mikroorganisme pada tangki balas.	Sangat efektif dalam membunuh mikroorganisme, bakteri, dan virus.	Air balas harus dinetralkan sebelum dibuang kembali ke laut. Selain itu, diperlukan bahan kimia yang cukup banyak supaya metode ini efektif.
Deoxygenation	Mengurangi kandungan oksigen pada air balas dengan inert gas atau vakum untuk mematikan mikroorganisme.	Berkurangnya kandungan oksigen pada air balas dapat mengurangi korosi pada tangki balas.	Waktu yang diperlukan supaya organisme mati adalah 1 – 4 hari.

Pada Tabel 4.2 diatas dijelaskan tentang cara kerja, keuntungan, serta kerugian dari beberapa metode ballast water treatment. Selain beberapa metode diatas, ada juga metode yang menggunakan 3 treatment sekaligus yaitu :

- Filtration + UV + Ozonation
- Filtration + UV + Photocatalytic Oxidation (*Advanced Oxidation Process*)
- Filtration + UV + Electrolysis

Penggunaan 3 metode sekaligus dapat mengurangi energi yang digunakan untuk proses UV. Proses ozonation dan electrolysis yang digabungkan dengan proses UV sangat efektif sehingga air balas hanya dilakukan satu kali proses treatment yang tidak dapat dilakukan jika menggunakan UV treatment saja. Namun proses ozone tetap dapat menimbulkan korosi pada tangki balas dan pada proses electrolysis tetap perlu dilakukan proses tambahan untuk menetralkan bahan kimia pada air balas.

Kemudian, pada pemilihan metode *ballast treatment* yang akan digunakan, akan dilakukan metode penilaian (*scoring*), dimana nilai yang digunakan adalah 1 sampai 5 untuk nilai terendah sampai nilai tertinggi. Untuk metode treatment yang menggunakan 3 metode sekaligus, maka nilai yang digunakan adalah nilai total dari *scoring* pada masing – masing metode. Berikut adalah tabel penilaian (*scoring*) untuk tiap – tiap metode :

Tabel 4.3 Hasil Penilaian Untuk Tiap Metode Ballast Treatment

Metode	Lingkungan	Safety	Sifat Korosif	Keserdahanaan sistem	Efisiensi	Total
UV	5	5	5	3	3	21
Ozone	2	2	2	3	4	13
Electrolysis	2	4	4	3	5	18
Deoxygenation	5	4	5	4	1	19
Photo-catalytic Oxidation	4	5	5	2	5	21

Keterangan : 1 – Sangat Kurang; 2 – Kurang, 3 – Cukup, 4 – Baik, 5 – Sangat Baik.

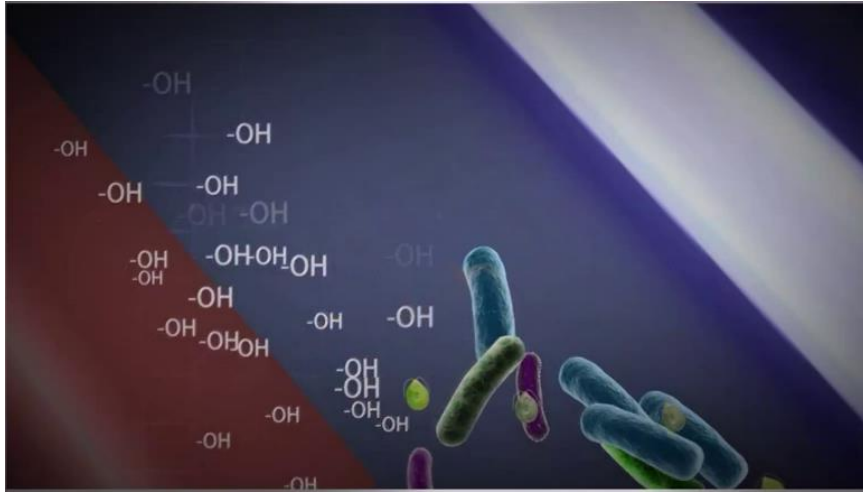
Dari hasil penilaian diatas sesuai dengan Tabel 4.3, maka dapat ditentukan bahwa metode *ballast treatment* yang paling optimal untuk digunakan adalah Filtration + UV + Photocatalytic Oxidation.

4.2.2 Advanced Oxidation Process

Advanced Oxidation Process atau biasa disebut AOP, adalah proses treatment kimia yang menggunakan sinar UV dan proses kimia lain seperti Hydrogen Peroxide (H₂O₂) atau Titanium Dioxide (TiO₂) untuk menghasilkan *hydroxyl radicals* (-OH) untuk membunuh mikroorganisme sesuai dengan Gambar 4.9.

Photocatalytic Oxidation adalah proses AOP yang menggunakan proses kombinasi antara katalis Titanium Dioxide (TiO₂) dan sinar UV untuk menghasilkan *hydroxyl radicals*.

Proses ini hanya menghasilkan air dan karbon dioksida sebagai residu sehingga air balas dapat dibuang langsung ke laut. Namun kekurangan dari proses ini adalah penggunaan bahan kimia yang cukup banyak jika konsentrasi mikroorganisme yang terkandung dalam air balas tinggi. Banyak BWTS dipasaran yang menyediakan treatment dengan menggunakan Photo-Catalytic Reaction, salah satunya adalah BWTS dengan brand OceanDoctor seperti pada Gambar 4.10.



Gambar 4.9 Ilustrasi Pembasmian Mikroorganisme



Gambar 4.10 Contoh Unit BWTS *Ocean Doctor*

4.3 Spesifikasi BWTS yang Digunakan

Pada penentuan unit BWTS, data yang diperlukan adalah debit pompa yang terpasang pada kapal. Dari debit pompa, maka didapatkan unit BWTS yang cocok untuk digunakan. Pompa yang digunakan memiliki debit sebesar 350 m³/h.

Ballast Pump Spec	
Q =	350m ³ /h
H =	40m
NPSH =	4.25m

Gambar 4.11 Spek Pompa

Dengan diketahui bahwa spek dari pompa ballast Kapal “Gas Ambalat” tersebut (Gambar 4.11), maka dapat dilakukan pemilihan jenis sistem BWTS yang akan digunakan dalam kapal Gas Ambalat. BWTS yang akan digunakan adalah BWTS yang sudah menjadi satu paket didalamnya, dimana terdapat beberapa treatment didalam satu sistem tersebut. Sehingga tidak diperlukan alokasi tempat yang terlalu besar, agar sistem BWTS dapat diletakan pada Engine room mengingat tempat yang sangat terbatas.

Berikut adalah Tabel 4.4 yang menjelaskan beberapa kandidat BWTS yang akan digunakan pada kapal Gas Carrier Gas Ambalat:

Tabel 4.4 Kandidat pemilihan BWTS

No	Brand	Type	Capacity	Power	Treatment
1	Desmi	Compactclean 340	340 m ³ /h	67 kw	- Filtration - UV Transmision
2	Hyde Marine	HG300G	300 m ³ /h	40,5 kw	- Filtration - UV Chamber
3	OceanDoctor	HBS500	300 m ³ /h	17 kw	- Filtration - UV Transmision - Photo Reaction

Six Standard Systems



Description	CC-135	CC-340	CC-500
Max. Flow	135 m ³ /h, 595 gpm	340 m ³ /h, 1498 gpm	500 m ³ /h, 2201 gpm
Min. Flow	25 m ³ /h, 110 gpm	45 m ³ /h, 198 gpm	50 m ³ /h, 220 gpm
Max. Power	35 kW	67 kW	92 kW
Min. Power	6 kW	12 kW	17 kW
Electrical Panel L x W x H	606x505x1700 mm, 24x20x67 in	606x505x1700 mm, 24x20x67 in	606x505x1900 mm, 24x20x75 in
Footprint L x W x H	1596x1173x2104 mm, 63x46x83 in	1610x1272x2482 mm, 63x50x98 in	1816x1236x2672 mm, 71x49x105 in

Gambar 4.12 Spek BWTS Desmi Compactclean 340

HG300G

DEMAND PERFORMANCE

The Hyde GUARDIAN Gold™ Ballast Water Treatment system is an effective and reliable solution combining filtration with Ultraviolet (UV) disinfection.

HG300G Features:

- Smallest footprint on the market
- Optimized for mid-sized vessels
- Seven automatic modes of operation allowing one-touch operation
- Automatic backflushing filter capable of handling heavy organic and sediment loading
- Tested performance independent of salinity, temperature or hold time
- Two-sided reactor to reduce space

What's Included:

- Filter
- UV Chamber
- Control Panel
- Power Panel
- Control valves
- Flow meter
- Air supply regulator

Options available:

- Skid mounting (includes interconnect piping and wiring)
- Hazardous Area certification available
- Remote panels
- Direct interface to ships automation
- Isokinetic Sample Port(s)
- Gravity operation



The HG300GS assembly mounts major components providing the most compact solution available.

Technical Data	
Treatment Rated Capacity	300 m ³ /hr
Electrical Supply	380 – 690V - 50/60 Hz - 3 ph
Power Consumption	24 kW Nominal - 40.5 kW max
Max. Operating Pressure	10 bar
Minimum Flow	30 m ³ /hr
Max. Operating Temperature	55° C

Component	Size (L - W - H) (mm)	Weight (kg)
Skid (Complete Assembly)	1617 - 1063 - 2241	1275
Filter	464 - 493 - 1146	288
UV Chamber	1075 - 949 - 587	165
Control Panel	600 - 210 - 760	33
Power Panel	1206 - 406 - 1803	415

Gambar 4.13 Spek BWTS Hyde Marine HG300G

OceanDoctor® specification

Models and specifications

Model	TRC (m³/h)	Power (KW)	Main Configuration			
			Filtration Unit	Photo-catalytic Reaction Unit	UV Power Unit	Control Unit
			Model×Qty.	Model×Qty.	Model×Qty.	Model×Qty.
HBS-250	150~275	9	F250 × 1	P250 × 1	E250 × 1	CC × 1
HBS-500	300~550	17	F500 × 1	P500 × 1	E500 × 1	CC × 1
HBS-800	500~850	26	F800 × 1	P800 × 1	E800 × 1	CC × 1
HBS-1000	600~1100	32	F1000 × 1	P500 × 2	E500 × 2	CC × 1
HBS-1300	800~1400	41	F1300 × 1	P500 × 1	E500 × 1	CC × 1
				P800 × 1	E800 × 1	
HBS-1600	1000~1750	50	F1600 × 1	P800 × 2	E800 × 2	CC × 1
HBS-2100	1300~2300	65	F2100 × 1	P500 × 1	E500 × 1	CC × 1
				P800 × 2	E800 × 2	
HBS-2400	1500~2600	72	F2400 × 1	P800 × 3	E800 × 3	CC × 1
HBS-3200	2000~3500	96	F3200 × 1	P800 × 4	E800 × 4	CC × 1
HBS-4000	2400~4400	120	F4000 × 1	P800 × 5	E800 × 5	CC × 1



Note: photo of the Model HBS-1000 Ballast Water Management System

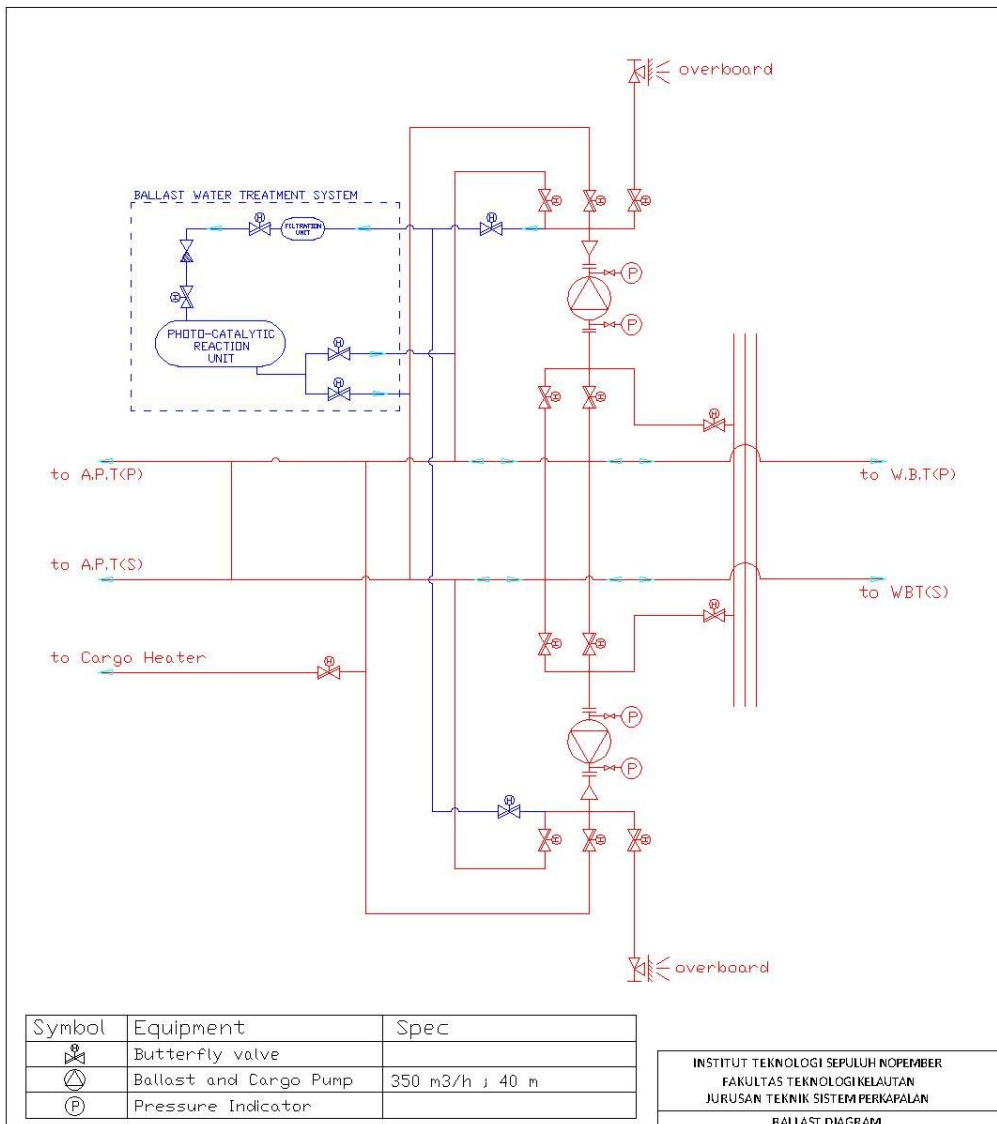
Integrated installation

OceanDoctor® BWMS is featured with a structure of compact conformation and ease of installation. The system can be skid mounted and installed inside the ship's ballast tank and easily incorporated into ship's existing ballast systems.

Gambar 4.14 Spek BWTS OceanDoctor HBS500

Dari ketiga BWTS yang menjadi kandidat yaitu pada Gambar 4.12, Gambar 4.13, dan Gambar 4.14, maka dipilih BWTS dengan Merk OceanDoctor dengan tipe HBS500. Alasan pemilihan karena BWTS OceanDoctor tipe HBS500 membutuhkan daya yang paling kecil diantara keduanya yaitu 17 Kw. Selain itu BWTS dengan merk OceanDoctor HBS500 memiliki paling banyak treatment yang diusung yaitu filtrasi, Ultraviolet, dan Photo reaction. Sehingga diharapkan dengan memilih BWTS tersebut dapat menghasilkan treatment yang lebih maksimal demi memenuhi aturan BWM Convention, dan dengan daya yang dibutuhkan paling kecil maka diharapkan tidak akan mengganggu dari sistem yang sudah ada.

4.4 Diagram Proses BWTS



Gambar 4.15 Konfigurasi Sistem BWTS

Diagram proses (Gambar 4.15) dari sistem *treatment* air balas cukup sederhana. Pada proses *ballasting*, air dari pompa dialirkan ke sistem filtrasi untuk disaring terlebih dahulu. Kemudian dilanjutkan ke *photo-catalytic reaction unit* untuk proses pembasmian mikroorganisme menggunakan sinar UV dan *photo-catalysis film*. Setelah itu air, air balas bisa langsung dialirkan ke tangki – tangki balas kapal.

Untuk proses *de-ballasting*, air dari tangki balas langsung dialirkan ke overboard menggunakan menggunakan pompa balas tanpa harus diproses ulang melalui *photo-catalytic reaction unit*.

4.5 Perhitungan Pompa

Perlu dilakukan perhitungan ulang untuk pompa balas, untuk memastikan apakah pompa yang sudah terpasang sudah memiliki kapasitas tekanan yang cukup atau tidak untuk menunjang pengoperasian BWTS. Untuk melakukan perhitungan maka diperlukan beberapa data terkait dengan kapal Gas Carrier “Gas Ambalat” sebagaimana dicantumkan pada Tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.5 data kapal Gas Carrier “Gas Ambalat”

Volume ballast (Vb)	2689,88 m ³
Debit pompa (Q)	350 m ³ /jam
Diameter pipa ballast (D)	250 mm

4.6 Perhitungan Tekanan

Perhitungan head perlu dilakukan, karena dengan penambahan beberapa komponen BWTS pasti banyak sedikit akan mengganggu sistem kerja dari Ballast itu sendiri. Oleh karenanya perlu dilakukan perubahan perhitungan yang disesuaikan dengan penambahan aksesoris yang terpasang sepanjang jalur yang dilalui oleh sistem Ballast Water Treatment tersebut. Ada beberapa jenis tekanan yang harus dilakukan proses perhitungan, yaitu sebagai berikut :

a. Head Static

Head static adalah head yang terjadi akibat perbedaan ketinggian antara sisi suction dan sisi discharge pada sistem ballast tersebut. Pada kapal Gas Carrier “Gas Ambalat” nilai dari head static sesuai dengan yang tercantum pada Tabel 4.6.

b. Head Pressure

Head pressure adalah head yang terjadi akibat adanya perbedaan tekanan antara sisi suction dan sisi discharge pada sistem ballast tersebut. Pada kapal Gas Carrier “Gas Ambalat” nilai dari head pressure sesuai dengan yang tercantum pada Tabel 4.6.

c. Head Velocity

Head velocity adalah head yang terjadi akibat adanya perbedaan kecepatan aliran antara sisi suction dan sisi discharge pada sistem ballast. Pada kapal Gas Carrier “Gas Ambalat” nilai dari head velocity sesuai dengan yang tercantum pada Tabel 4.6.

d. Head Losses

Head losses adalah head yang terjadi akibat adanya pemasangan beberapa aksesoris seperti valve, strainer, elbow, dan lain sebagainya pada jalur pipa yang dilewati oleh ballast. Hal ini perlu dilakukannya perhitungan ulang dikarenakan terdapat tambahan-tambahan aksesoris pada jalur ballast akibat dari pemasangan BWTS.

Tabel 4.6 Nilai head pada kapal Gas Carrier “Gas Ambalat”

Head Static (Hs)	5,75 m
Head Pressure (Hp)	0 m
Head Velocity (Hv)	0 m

4.7 Perhitungan Head Losses

Perhitungan head losses dilakukan dengan menghitung semua losses yang terdapat pada jalur pipa ballast, baik dari sisi discharge maupun dari sisi suctionnya adalah sebagai berikut.

4.7.1 Head Losses Discharge

Head discharge adalah head yang terjadi akibat beberapa faktor pada sisi discharge. Terdapat dua jenis losses pada sisi discharge ini yaitu Mayor Losses dan Minor Losses. Mayor losses adalah losses yang dipengaruhi oleh panjang pipa yang dilalui oleh aliran ballast. Sedangkan Minor losses adalah losses yang diakibatkan oleh pemasangan fitting aksesoris. Mayor losses dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut

$$\text{Major losses (hf)} = \lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g) \dots\dots\dots(4.1)$$

Dimana :

L = Panjang sisi *discharge*

λ = coefficient (0,02)

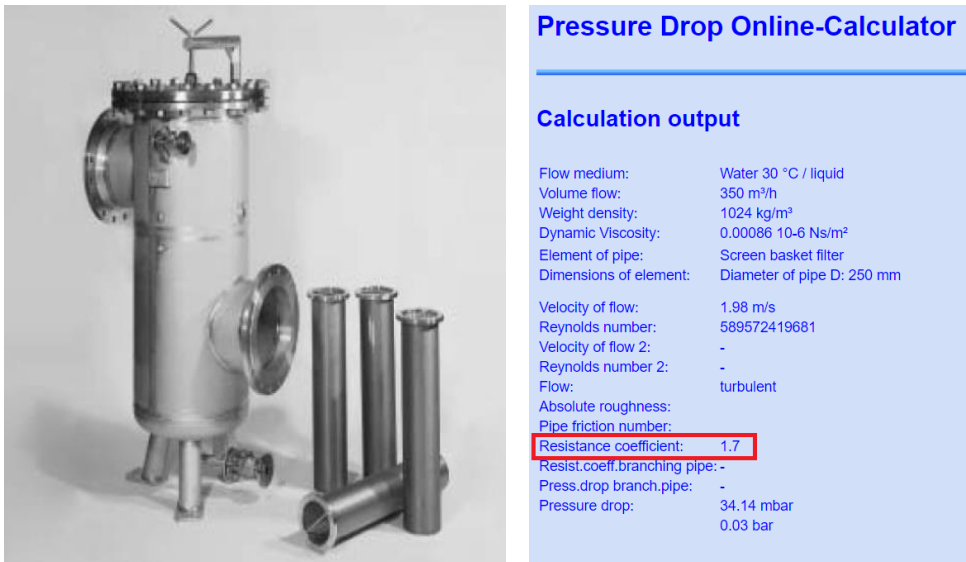
v = kecepatan aliran air dalam pipa

4.7.2 Penentuan nilai resistance coefficient (K)

Karena kurangnya data *resistance coefficient* (K) untuk *filtration unit* dan *photo-catalytic reaction unit*, maka perlu dilakukan pendekatan dengan

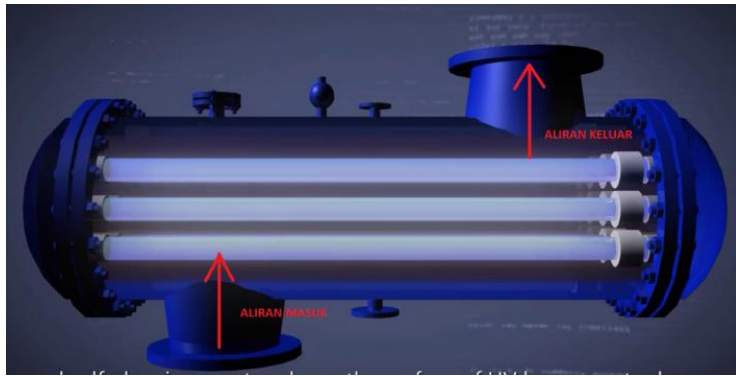
menggunakan peralatan lain yang sifat alirannya mendekati kedua unit tersebut.

Filtration unit, memiliki prinsip yang sama dengan *screen basket filter* sebagaimana digambarkan pada Gambar 4.16. Setelah itu, dengan menggunakan kalkulator *pressure drop* online, dimasukkan data suhu air, debit, massa jenis air laut, *dynamic viscosity*, dan diameter pipa balas. Setelah memasukkan semua data diatas, maka didapatkan data nilai K sebesar 1,7 (Gambar 4.17). Untuk mencari nilai K yang sesuai maka dilakukan dengan cara pendekatan berdasarkan hasil dari kalkulator *pressure drop* online tersebut.



Gambar 4.16 *Screen Basket Filter* Gambar 4.17 Hasil Perhitungan Nilai

Ada sedikit kesulitan untuk pencarian nilai K untuk *photo-catalytic reaction unit* sebagaimana digambarkan pada Gambar 4.18, karena tidak ada unit yang memiliki cara kerja yang mirip. Jadi penentuan nilai K dicari dengan asumsi aliran air mengalami *sudden enlargement*. Setelah itu, dengan menggunakan kalkulator *pressure drop* online, dimasukkan data suhu air, debit, massa jenis air laut, *dynamic viscosity*, diameter pipa balas 1 dan diameter pipa balas 2 (*enlargement*). Setelah memasukkan semua data diatas, maka didapatkan data nilai K sebesar 9 (Gambar 4.19). Untuk mencari nilai K yang sesuai maka dilakukan dengan cara pendekatan berdasarkan hasil dari kalkulator *pressure drop* online tersebut.



Gambar 4.18 Aliran Air Dalam *Photo-Catalytic Unit*

Pressure Drop Online-Calculator	
Calculation output	
Flow medium:	Water 30 °C / liquid
Volume flow:	350 m³/h
Weight density:	1024 kg/m³
Dynamic Viscosity:	0.00086 10 ⁻⁶ Ns/m²
Element of pipe:	Sudden enlargement
Dimensions of element:	Diameter of pipe D1: 250 mm Diameter of pipe D2: 500 mm
Velocity of flow:	1.98 m/s
Reynolds number:	589572419681
Velocity of flow 2:	0.5 m/s
Reynolds number 2:	294786209840
Flow:	turbulent
Absolute roughness:	
Pipe friction number:	
Resistance coefficient:	9
Resist.coeff.branching pipe:-	-
Press.drop branch.pipe:-	-
Pressure drop:	11.3 mbar 0.01 bar

Gambar 4.19 Hasil Perhitungan Nilai K untuk *Photo-Catalytic Unit*

Minor losses adalah kerugian yang terjadi akibat pemasangan aksesoris pada jalur aliran seperti yang dicantumkan pada Tabel 4.7. Untuk menghitung Minor losses pada sisi discharge dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Minor Losses} = (\sum n \times k) \times v^2 / 2g \dots\dots\dots(4.2)$$

Dimana :

n = Jumlah fitting aksesoris yang terpasang

k = resistance coefficient

v = kecepatan aliran air dalam pipa

g = gravitasi

Tabel 4.7 daftar aksesoris yang terdapat pada sisi discharge

No	Accessories	n	k	n x k
1	Elbow 90°	8	0.75	6
2	Butterfly Valve	5	0.6	3
3	SDNRV remotely	1	1.35	1.35
4	T joint	7	1	7
5	Bulkhead Fitting Watertight	0	0.02	0
6	Filtration Unit	1	K1	K1
6	PC Unit	1	K2	K2

Karena nilai resistance coefficient dari Filtration unit dan Photo Catalytic unit tidak diketahui dengan pasti maka dilakukan pendekatan pada nilai K, dimana Filtration unit dilambangkan dengan K1 dan Photo Catalytic unit dilambangkan dengan K2 dengan berdasarkan hasil dari pressure drop online maka dapat dilakukan pendekatan terhadap nilai K, sesuai dengan Tabel 4.8 sampai dengan Tabel 4.14. Dengan demikian maka nilai dari Head Discharge total dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut

$$\text{Total Head Discharge} = hf + hm \dots\dots\dots(4.3)$$

Tabel 4.8 Hasil perhitungan pada K2 = 9

Total perhitungan head pada K2 = 9				
no	K1	Head discharge	Head Suction	Total head
1	1	6,89	2,96	15,60
2	1,5	6,99	2,96	15,70
3	1,7	7,03	2,96	15,74
4	2	7,09	2,96	15,80
5	2,5	7,19	2,96	15,91
6	3	7,30	2,96	16,01

Tabel 4.9 Hasil perhitungan pada K2 = 9,5

Total perhitungan head pada K2 = 9,5				
no	K1	Head discharge	Head Suction	Total head
1	1	6,989	2,96	15,70
2	1,5	7,091	2,96	15,80
3	1,7	7,132	2,96	15,84
4	2	7,194	2,96	15,91
5	2,5	7,296	2,96	16,01
6	3	7,398	2,96	16,11

Tabel 4.10 Hasil perhitungan pada K2 = 10

Total perhitungan head pada K2 = 10				
no	K1	Head discharge	Head Suction	Total head
1	1	7,091	2,96	15,80
2	1,5	7,194	2,96	15,91
3	1,7	7,234	2,96	15,95
4	2	7,296	2,96	16,01
5	2,5	7,398	2,96	16,11
6	3	7,5	2,96	16,21

Tabel 4.11 Hasil perhitungan pada K2 = 10,5

Total perhitungan head pada K2 = 10,5				
no	K1	Head discharge	Head Suction	Total head
1	1	7,194	2,96	15,91
2	1,5	7,296	2,96	16,01
3	1,7	7,336	2,96	16,05
4	2	7,398	2,96	16,11
5	2,5	7,5	2,96	16,21
6	3	7,602	2,96	16,31

Tabel 4.12 Hasil perhitungan pada K2 = 11

Total perhitungan head pada K2 = 11				
no	K1	Head discharge	Head Suction	Total head
1	1	7,296	2,96	16,01
2	1,5	7,398	2,96	16,11
3	1,7	7,438	2,96	16,15
4	2	7,5	2,96	16,21
5	2,5	7,602	2,96	16,31
6	3	7,704	2,96	16,42

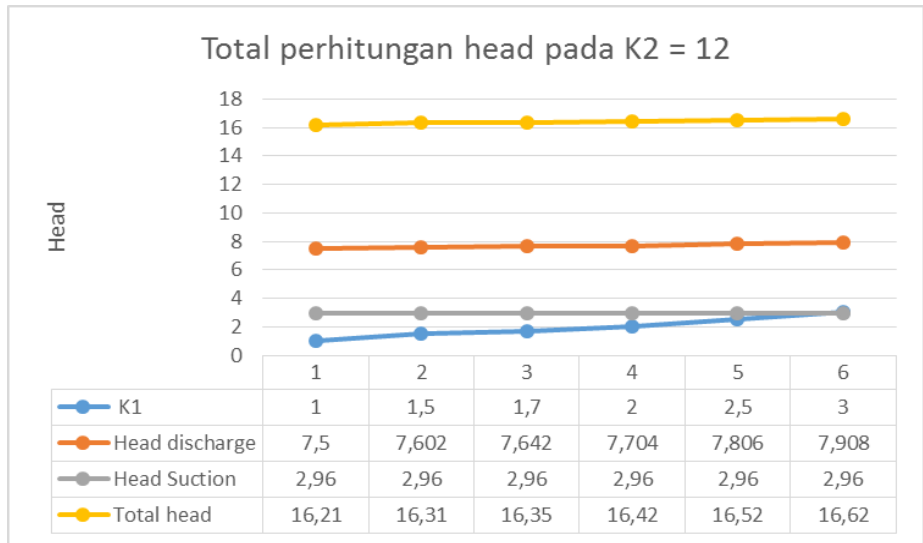
Tabel 4.13 Hasil perhitungan pada K2 = 11,5

Total perhitungan head pada K2 = 11,5				
no	K1	Head discharge	Head Suction	Total head
1	1	7,398	2,96	16,11
2	1,5	7,5	2,96	16,21
3	1,7	7,54	2,96	16,25
4	2	7,602	2,96	16,31
5	2,5	7,704	2,96	16,42
6	3	7,806	2,96	16,52

Tabel 4.14 Hasil perhitungan pada K2 = 12

Total perhitungan head pada K2 = 12				
no	K1	Head discharge	Head Suction	Total head
1	1	7,5	2,96	16,21
2	1,5	7,602	2,96	16,31
3	1,7	7,642	2,96	16,35
4	2	7,704	2,96	16,42
5	2,5	7,806	2,96	16,52
6	3	7,908	2,96	16,62

Dari hasil pendekatan tersebut maka diambil nilai tertinggi dari hasil perhitungan Head Losses Discharge agar dapat memenuhi batas aman dari kebutuhan head yang dibutuhkan oleh BWTS tersebut. Berikut adalah grafik hasil perbandingan pada setiap perubahan nilai K1 terhadap nilai K2. Berikut adalah Grafik yang menjelaskan nilai perbandingan perubahan nilai K1 terhadap K2 pada head discharge, head suction, dan head totalnya seperti ditunjukkan Grafik pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Hasil perhitungan Head pada K2=12

4.7.3 Head Losses Suction

Head suction adalah head yang terjadi akibat beberapa faktor pada sisi discharge. Terdapat dua jenis losses pada sisi suction ini yaitu Mayor Losses dan Minor Losses. Mayor losses adalah losses yang dipengaruhi oleh panjang pipa yang dilalui oleh aliran ballast. Sedangkan Minor losses adalah losses yang diakibatkan oleh pemasangan fitting aksesoris. Mayor losses dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut

$$\text{Major losses (hf)} = \lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g) \dots\dots\dots(4.3)$$

Dimana :

L = Panjang sisi *discharge*

λ = coefficient (0,02)

v = kecepatan aliran air dalam pipa

Minor losses adalah kerugian yang terjadi akibat pemasangan aksesoris pada jalur aliran seperti yang dicantumkan pada Tabel 4.9. Untuk menghitung Minor losses pada sisi discharge dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Minor Losses} = (\sum n \times k) \times v^2 / 2g \dots\dots\dots(4.4)$$

Dimana :

n = Jumlah fitting aksesoris yang terpasang

k = resistance coefficient

v = kecepatan aliran air dalam pipa

g = gravitasi

Tabel 4.15 daftar aksesoris yang terdapat pada sisi suction

No	Accessories	n	k	n x k
1	Elbow 90°	3	0.75	2.25
2	Butterfly Valve	3	0.6	1.8
3	SDNRV	0	1.35	0
4	T joint	2	1	2

Dengan demikian maka nilai dari Head Suction total dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut

$$\text{Total Head Suction} = h_f + h_m \dots\dots\dots(4.6)$$

Dengan diketahui berapa jumlah losses pada masing-masing sisi baik discharge maupun suction. Maka nilai dari total head losses dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$\text{Total Head Losses} = \text{Head Suction} + \text{Head Discharge} \dots\dots\dots(4.7)$$

Dengan demikian maka nilai dari head yang dibutuhkan oleh sistem akibat pemasangan BWTS dapat dihitung dengan rumus berikut ini. Dan untuk hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.16.

$$\text{Head Total} = H_s + H_p + H_v + \Sigma \text{Head Losses} \dots\dots\dots(4.8)$$

Hasil dari perhitungan dapat dilihat pada 4.16 berikut

Tabel 4.16 Hasil perhitungan

head Static	5,75 m
head pressure	0 m
head velocity	0 m
head loss mayor discharge	1,306253 m
head loss minor discharge	6,602 m
total head discharge	7,908 m
head loss mayor suction	0,1837 m
head loss minor suction	2,778 m
total head suction	2,962 m
total head loss	10,870 m
Head total	16,620 m

Setelah dilakukan perhitungan terhadap tekanan yang dibutuhkan oleh sistem ballast pasca dilakukan pemasangan Ballast Water Treatment System (BWTS) maka didapatkan hasil tekanan 16,62 m. Dengan hasil demikian maka tidak perlu dilakukan penggantian unit pompa yang sudah terpasang pada kapal

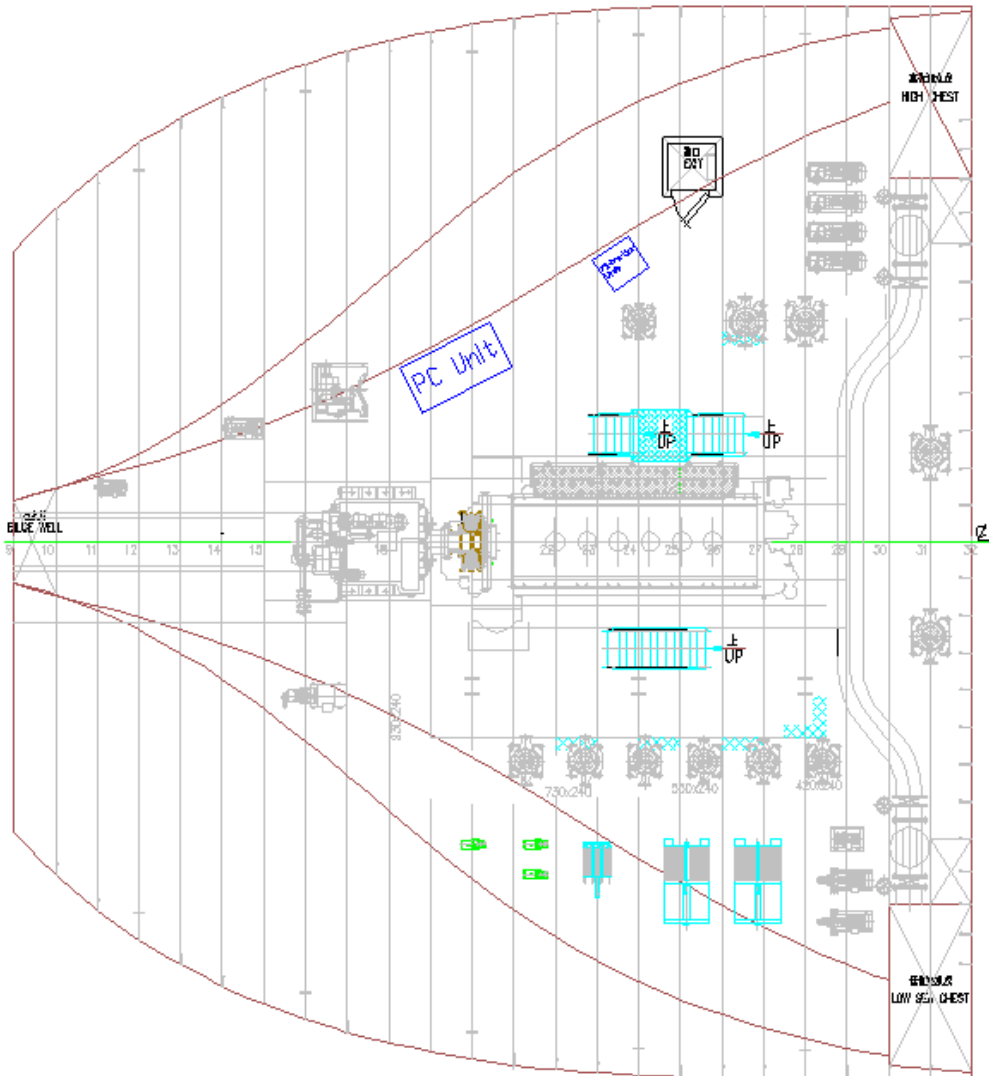
Gas Carrier Gas Ambalat, dikarenakan dengan menggunakan Pompa yang sudah ada masih mampu untuk melakukan proses ballasting dan deballasting dengan normal.

Dengan hal ini dapat dikatakan bahwa rancangan Ballast Water Treatment System (BWTS) yang dirancang pada kapal Gas Carrier Gas Ambalat dapat dikatakan Optimal dalam hal pemilihan unit BWTS yang memiliki 3 fungsi dalam 1 sistem, serta dengan adanya penambahan Ballast Water Treatment System tidak mengganggu proses kerja dari sistem lainnya yang ada pada kapal Gas Carrier “Gas Ambalat”.

4.5 Lokasi BWTS

Setelah melakukan perhitungan dan diputuskan bahwa unit BWTS tidak memerlukan pompa pengganti, maka selanjutnya adalah pemilihan tempat untuk pemasangan unit BWTS. Pada desain kapal *gas carrier* “Gas Ambalat”, tangki balas dan tangki ruang muat dipisahkan *void area*, untuk mencegah masuknya gas berbahaya dalam ruang muat masuk ke dalam tangki balas jika terjadi kebocoran. Karena itu, pemasangan unit BWTS bisa dilakukan di ruang mesin, tanpa adanya resiko bocoran gas masuk melalui aliran air balas. Unit BWTS akan dipasang di kamar mesin bagian *tank top*, antara frame 23 – 25 untuk *filtration unit* dan frame 18 – 21 untuk *photo-catalytic reaction unit*. Adapun lokasi pemasangan BWTS dapat dilihat pada Gambar 4.21.

FLOOR PLAN



Gambar 4.21 Lokasi Unit BWTS

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Kombinasi *ballast treatment* filtrasi, radiasi ultraviolet, dan *photo-catalytic oxidation* merupakan metode yang cukup efektif dalam pembasmian mikroorganisme dalam air balas, dan konfigurasi pemasangan sistemnya tidak terlalu rumit.
2. Dari analisa perhitungan pendekatan nilai K1 terhadap nilai K2=12. Didapatkan nilai Head total discharge sebesar 7,5m pada K1 = 1; 7,602m pada K1 = 1,5; 7,642m pada K1 = 1,7; 7,704m pada K1 = 2; 7,806m pada K1 = 2,5; dan 7,908m pada K1 = 3. Untuk nilai Head suction konstant karena tidak terpengaruh oleh nilai K1 dan K2. Total Head yang diambil dan dibutuhkan adalah 16,62 pada saat K1 = 3 dan nilai K2 = 12. Karena tekanan yang dibutuhkan masih jauh dibawah tekanan pompa yang sudah terpasang pada kapal, yaitu 40 m, maka tidak perlu adanya pergantian pompa untuk menunjang pengoperasian unit BWTS yang diasumsikan dalam Tugas Akhir ini.

5.2 Saran

1. Penelitian ini tidak memperhitungkan biaya dalam pemasangan sistem karena kurangnya data biaya unit BWTS yang akan digunakan. Diharapkan adanya penelitian selanjutnya yang membahas tentang pemasangan BWTS ini.
2. Penelitian ini juga tidak memperhitungkan *Electrical Load Balance*, sehingga diharapkan ada penelitian lanjutan untuk membahas tentang *Electrical Load Balance* dalam perencanaan BWTS.
3. Data *resistance coefficient* untuk unit filtrasi dan *photo-catalytic reaction unit* diasumsikan dalam Tugas Akhir ini, maka diharapkan adanya penelitian lanjutan untuk menemukan nilai koefisien yang akurat.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Resolution MEPC.279(70), 2016, *Guidelines for Approval of Ballast Water Management Systems (G8)* : 2016

Lloyd's Register, 2012, *Ballast water treatment technologies and current system availability, Part of Lloyd's Register's Understanding Ballast Water Management series* : 2012

Ryan Albert, Rich Everett, John Lishman, Daniel Smith, 2010, *Availability and Efficacy of Ballast Water Treatment Technology : Background and Issue Paper*, Washington, D.C. : 2010

American Bureau of Shipping, 2016, *Guide for Ballast Water Treatment*, Houston, TX, USA : 2016

Santoso, Agoes, 2006. *Studi Penerapan Metode Ozonisasi Untuk Pengolahan Air Ballast di Kapal*, Surabaya

Pramesti, Leli. Fitri, S. Purwono. 2013 . *Studi Perancangan Metode Perlakuan Panas untuk Pengolahan Air Balas Kapal dengan Memanfaatkan Sistem Daur Ulang Panas Buang MV*. AMAZON, Surabaya

Yuda, yolanda Putri, Cahyono, Beni, Soemartojo. 2013. *ECOGREENSHIP – Konsep Waterballast Treatment Memanfaatkan Gas Inert Temperatur Tinggi dari Gas Buang Mesin Induk untuk Mengurangi Mikroorganisme Air Ballast pada Kapal*, Surabaya

Kuncoro, Dhanang, Nugroho, Fajar. 2017. *ANALISA TEKNIS EKONOMIS PENGARUH PERLAKUANKHUSUS SISTEM BALAS DENGAN ULTRAVIOLET PADA KAPAL DAN LINGKUNGAN PERAIRAN*. Surabaya

<http://neopuretech.com/advanced-oxidation-processes/>

https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/ABS-Presentations/ABSSeminar_MEPC_BWMSTreatmentTechnologies_2016.pdf

<http://www.pressure-drop.mobi/>

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN

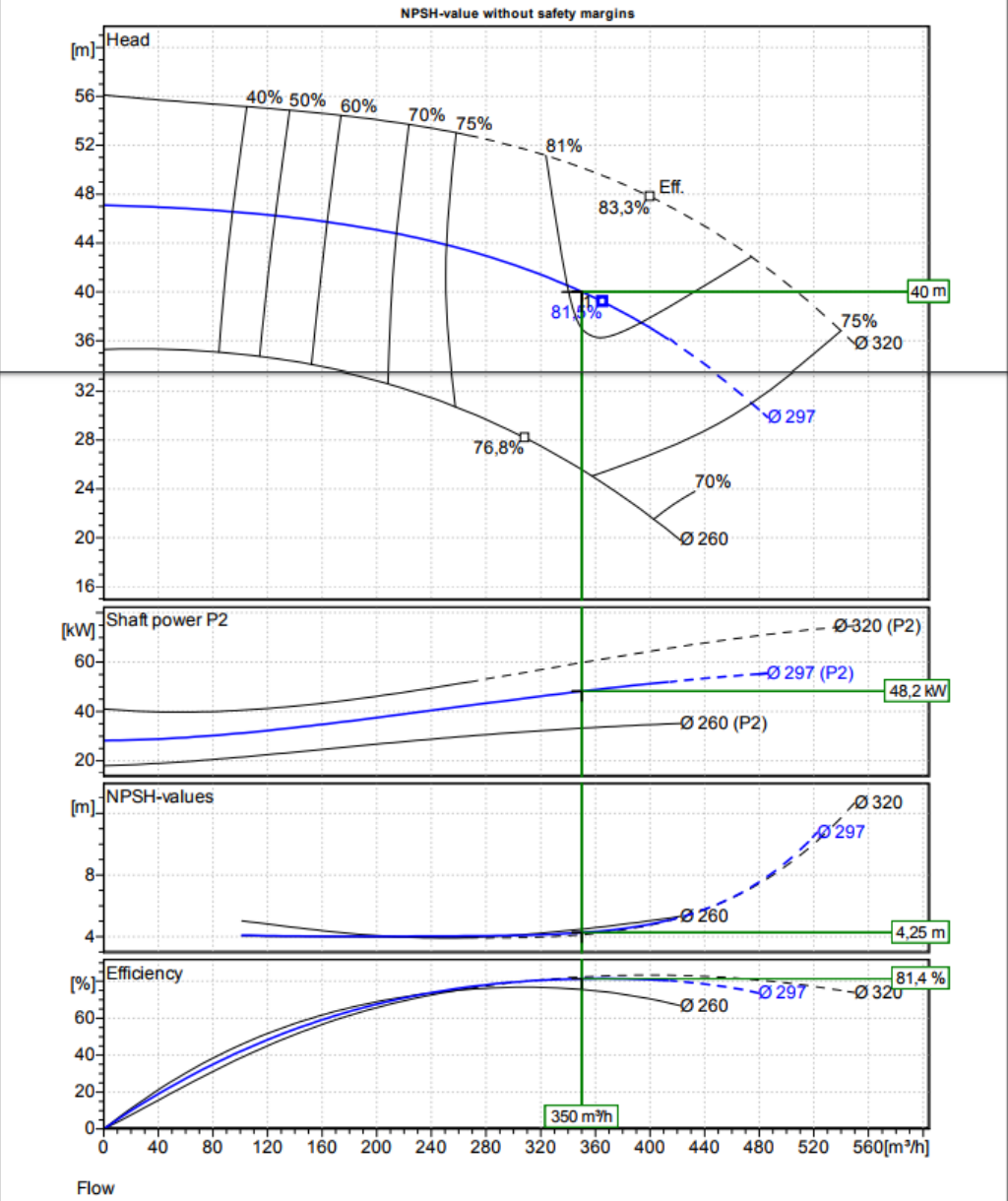


Charact. curves MI 125-315/01

Quotation / Offer No. GM09-720-126	
Project ID	
Item: 04 Ballast & Cargo Heat Pump	
Created by Isele, Patrick	Date 2009-12-18
Speed 1770 1/min	

Charact. curves acc. **DIN EN ISO 9906** Class 2
Admissible minimum capacity 10 % * Q(opt) at continuous operation
Remarks:

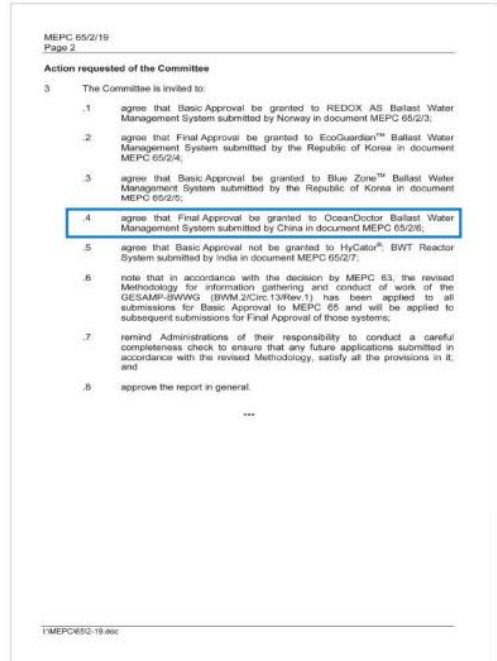
Power data referred to:		Sea water				
Q	H	P	Vis	Temp	Density	
1) 350,00 m³/h	40,00 m	48,18 kW	0,8 mm²/s	32,0 °C	1,03 kg/dm³	
2)						



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

OceanDoctor® approval

IMO final approval



The OceanDoctor® BWMS was granted the final approval by IMO at the 65th meeting of Maritime Environment Protection Committee (MEPC) which was held from 13 to 17 May 2013.

Type approvals received and in process



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

OceanDoctor[®] principle



OceanDoctor[®] BWMS uses a combination of filtration and disinfection with UV irradiation and photo-catalytic oxidation (hereafter concisely referred to as Advanced Oxidation Technology, which is short for AOT) to treat the ballast water, the treated discharge meets the standards as set out in regulation D-2 of International Convention for the Management and Control of ship's Ballast Water, and meets the standards as prescribed by the USCG as well.

■ Filtration

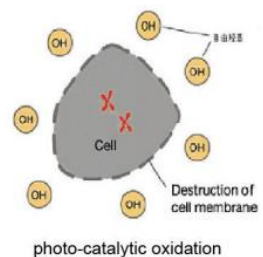
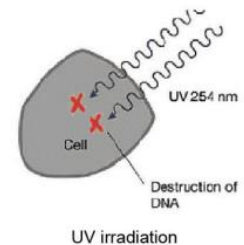
Automatic backflushing filter is used to prevent large particles, organisms greater than or equal to 50µm in minimum dimension from entering the ballast tank.

■ UV irradiation

Low pressure UV disinfection: DNA, RNA, and proteins in organisms absorb the UV lights when exposed to UV in the specific spectrum range; the formation of new DNA or RNA chains in the process of cell replication mycosis is inhibited, thus resulting in the affected micro-organism's inactivation of the ability to replicate.

■ Photo-catalytic oxidation

Hydroxyl radical ($\cdot\text{OH}$) will be produced on the surface of the photo-catalytic nano film when it is exposed to UV lights. The hydroxyl radical is a powerful oxidant which can react with H in the cell membrane of the organisms and break up the cell membrane, further rupture substances such as protein, carbon hydrates and DNA of organisms; and at the same time, it decomposes the organic nutrients needed for growth and regeneration by organisms and suppresses the growth of organisms. As a consequence, organisms like algae, bacteria and virus are inactivated.



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

OceanDoctor[®] advantage

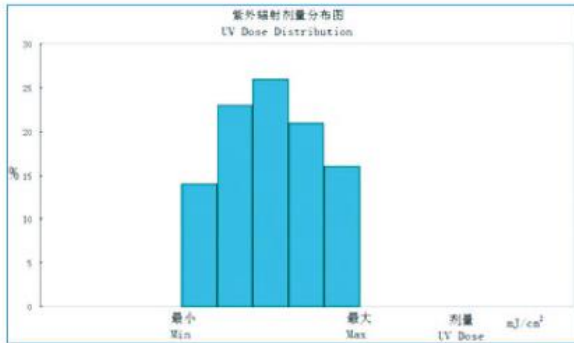
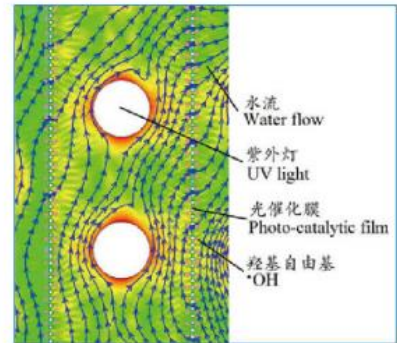


Illustration of the UV dose distribution



The coupled simulation of UV irradiation field and flow field

The land-based test to OceanDoctor[®] BWMS was conducted at the Ballast Water Detecting Lab of Shanghai Ocean University under the survey of CCS from August to October 2012; the test results are shown in the table below:

Test project	Organism size group	Unit	Influent	Treated water (0 day)	Treated water (5 day)	IMO and USCG standard	California standard
Land based test	≥50μm	viable org./m ³	1.52×10 ⁵	3	0	<10	0
	10-50μm	viable org./ml	2.12×10 ³	3.9	0	<10	<0.01

■ Great biological efficacy

- ◆ One stage treatment, high disinfection efficiency;
- ◆ No required holding time for the disinfection to take effect , treated water could be discharged directly at anytime.

■ Environment benign

- ◆ No chemical substance is added during the disinfection treatment;
- ◆ Treated water imposes no adverse effect to the ocean environment; there is no increased corrosion to the ship, and no harmful risk to the ship and its crew.

■ Low operating and maintenance costs

- ◆ Combined effect of UV disinfection and photo-catalytic oxidation which is contributive to high efficient treatment with low power consumption;
- ◆ Essential components are likely to be in use throughout the working life of the vessel.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Surabaya, pada tanggal 10 September 1993. Penulis merupakan anak ke pertama dari 2 bersaudara. Penulis yang akrab disapa Kukuh baik di jenjang SD, SMP, maupun SMA dan telah menempuh pendidikan formal antara lain SD Hang Tuah 9 (1999-2005), SMPN 3 Candi (2005-2008), SMA Antartika Aidoarjo (2008-2011). Setelah menyelesaikan pendidikan SMA pada tahun 2011 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi. Diterima di jenjang S1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2011 melalui jalur tes tulis atau SNMPTN. Selama masa perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan akademik maupun non-akademik. Penulis mulai berfokus pada bidang *Marine machinery and System* (MMS) pada tahun terakhir perkuliahan kemudian mengambil skripsi dalam lingkup bidang tersebut.

