KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

SKRIPSI

ANALISIS DAMPAK PENGGUNAAN BALLAST WATER TREATMENT SYSTEM (BWTS) DI MT . GRIYA AMBON TERHADAP LINGKUNGAN LAUT

Oleh:

ANGGA PRATAMA
NRP. 564211283

PROGAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
JURUSAN TEKNIKA
JAKARTA
2025

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

SKRIPSI

ANALISIS DAMPAK PENGGUNAAN BALLAST WATER TREATMENT SYSTEM (BWTS) DI MT . GRIYA AMBON TERHADAP LINGKUNGAN LAUT

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Penyelesaian Program
Pendidikan Diploma IV

Oleh:

ANGGA PRATAMA
NRP. 564211283

PROGAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
JURUSAN TEKNIKA
JAKARTA
2025

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

JAKARTA

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama	:	Angga Pratama
NRP	:	564211283
Progam Pendidikan	:	Diploma IV
Jurusan	:	Teknika
Judul	:	Analisis Dampak Penggunaan Ballast Water Treatment System (BWTS) Dikapal MT Griya ambon Terhadap Lingkungan Laut

Jakarta, 30 Desember 2025

METERAI TEMPEL C03ANX225423938

Angga Pratama
564211283

ii

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama	:	Angga Pratama
NRP	:	564211283
Progam Pendidikan	:	DIPLOMA IV
Jurusan	:	TEKNIKA
Judul	:	Analisis Dampak Penggunaan Ballast Water Treatment System (BWTS) Dikapal MT Griya ambon Terhadap Lingkungan Laut

Jakarta, 30 Desember 2025

Pembimbing Utama	Pembimbing Pendamping
Nafi almuzani, M.M Tr., M, Mar.e	**H.Kamarul Hidayat, S. Pel., M.MTr**
NIP. 197209012005021001	**NIP. 1979081720060441003**

Mengetahui:
Ketua Jurusan Teknika

Dr. Markus Yando, S.Si.T., M.M.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19800605 200812 1 001

iii

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PENGESAHAN SKRIPSI

Nama	:	Angga Pratama
NRP	:	564211283
Progam Pendidikan	:	DIPLOMA IV
Jurusan	:	TEKNIKA
Judul	:	ANALISIS DAMPAK PENGGUNAAN *BALLAST WATER TREATMENT SYSTEM (BWTS)* DI MT GRIYA AMBON TERHADAP LINGKUNGAN LAUT

Ketua Penguji	Anggota Penguji 2	Anggota Penguji 3
Diah Zakiah,. S.T., M.T.	Susi Herawati, S ,Si.,M. Pd	Nafi Almuzani,M.M. Tr.,M.Mar.E
NIP. 197905172006042015	NIP.198406112009122002	NIP.197209012005021001
Penata Tk. I (III/d)	Penata (III/c)	Penata Tk. I (III/d)

Mengetahui;
Ketua Jurusan Teknika

Dr. Markus Yando, S.Si.T., M.M.
NIP. 19800605 200812 1 001
Penata Tk. I (III/d)

iv

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan karunia-Nya skripsi ini dapat diselesaikan oleh penulis tepat pada waktunya dan memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program pendidikan Diploma IV Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta. Dalam hal penulisan skripsi ini, penulis memilih judul:

"ANALISIS DAMPAK PENGGUNAAN BALLAST WATER TREATMENT SYSTEM (BWTS) DIKAPAL MT . GRIYA AMBON TERJADAP LINGKUNGAN LAUT"

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menjelaskan apa saja masalah yang terjadi dan dikaitkan dengan teori yang ada dalam beberapa referensi. Penulis menyadari masih terdapat beberapa kekurangan, hambatan baik dari segi penyajian materi serta dalam penggunaan bahasa. Berkat bantuan serta bimbingan dari dosen pembimbing maupun pihak lainnya, skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Pada penulisan skripsi penulis juga sangat berterima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu serta mendukung penulis dalam penulisan skripsi ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Yth, Bapak Dr. Capt. Tri Cahyadi, M.H., M. Mar, selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
2. Bapak Dr. Markus Yando, S.Si.T, M.M selaku Ketua Jurusan Teknika.
3. Bapak Denny Fitrial, S.Si., M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknika.
4. Kepada Yth. Bapak Nafi almuzani, M.M Tr., M, Mar.esebagai Dosen Pembimbing Utama Skripsi Utama yang telah bersedia memberikan pengarahan dan masukan dalam penulisan skripsi ini.
5. Kepada Yth. Bapak H.Kamarul Hidayat, S. Pel., M.MTrsebagai Dosen Pembimbing Pendamping Skripsi yang telah bersedia memberikan waktu, dan tenaga pikirannya untuk memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
6. Kepada seluruh Dosen, Pembina dan Instruktur STIP Jakarta yang telah memberikan bimbingan dan ilmu pengetahuan kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Kepada seluruh kru kapal MT.GRIYA AMBON serta manajemen PT. HUTAMA TRANS KENCANA Sejahtera yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menimba ilmu dan pengalaman, serta mendukung kelancaran pelaksanaan Praktek Laut (Prala).
8. Kepada Orang Tua Tercinta, Bapak Abbas dan Ibu Dian yang senantiasa mendukung dan memberi semangat kepada penulis selama melaksanakan pendidikan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran.
9. Kepada seluruh Taruna/I Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta angkatan LXIV gelombang 2

10. Tim Bogor 64 yang menjadi keluarga selama di STIP Jakarta
11. Anak kamar G 201Andika radotma, Gopal dan Eka Terima kasih atas semua kenangan indah yang telah terukir bersama.
12. Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala dukungan yang telah diberikan hingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca serta dapat memenuhi persyaratan program Diploma IV di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.

Jakarta, 30 Desember 2025

Penulis

Angga Pratama
564211283

DAFTAR ISI

SAMPUL DALAM ..... **i**
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS ..... Error! Bookmark not defined.
TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI ..... Error! Bookmark not defined.
TANDA PENGESAHAN SKRIPSI ..... Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR ..... **v**
DAFTAR ISI ..... **vii**
DAFTAR GAMBAR ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
DAFTAR SINGKATAN ..... **xii**
DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL ..... **xiii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xv**
ABSTRACT ..... **xvi**
ABSTRAK ..... **xvii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
A. LATAR BELAKANG 1
B. IDENTIFIKASI MASALAH 3
C. BATASAN MASALAH 3
D. RUMUSAN MASALAH 3
E. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN 4
1. Tujuan Penelitian 4
2. Manfaat Penelitian 4
F. SISTEMATIKA PENULISAN 5
BAB II LANDASAN TEORI **7**
A. TINJAUAN PUSTAKA 7
1. Konsep Lingkungan Laut 7
2. Pencemaran Laut 8
3. Air Ballast dan Risiko Ekologis 9
4. Regulasi Internasional: *Ballast Water Management Convention* (BWMC 2004) 12
5. *Ballast Water Exchange* (BWE) 12
6. *Ballast Water Treatment System* (BWTS) 14

7. Perbandingan *Ballast Exchange* vs BWTS (Analisis Lengkap) 17
B. PENELITIAN TERDAHULU 19
C. KERANGKA PEMIKIRAN 20
BAB III METODE PENELITIAN 22
A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN 22
1. Waktu Penelitian 22
2. Tempat Penelitian 22
B. METODE PENDEKATAN DAN TEKNIK PENGUMPULAN DATA 23
1. Metode Pendekatan 23
2. Teknik Pengumpulan Data 23
C. SUBJEK PENELITIAN 24
D. POPULASI, SAMPEL, DAN TEKNIK SAMPLING 25
E. TEKNIK ANALISIS DATA 25
BAB IV 26
A. DESKRIPSI DATA 26
1. Air Ballast Kapal Berpotensi Mencemari Lingkungan Laut 26
2. Belum Efektifnya *Ballast Exchange* Dibandingkan BWTS dalam Mencegah Pencemaran Laut. 32
B. ANALISIS DATA 35
1. Air Ballast Kapal Berpotensi Mencemari Lingkungan Laut 36
2. Belum Efektifnya *Ballast Exchange* Dibandingkan BWTS dalam Mencegah Pencemaran Laut. 38
C. ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH 41
1. Air Ballast Kapal Berpotensi Mencemari Lingkungan Laut 41
2. Belum Efektifnya *Ballast Exchange* Dibandingkan BWTS Dalam Mencegah Pencemaran Laut. 42
D. EVALUASI TERHADAP ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH 43
1. Air Ballast Kapal Berpotensi Mencemari Lingkungan Laut 44
2. Belum Efektifnya *Ballast Exchange* Dibandingkan BWTS dalam Mencegah Pencemaran Laut. 47
E. PEMECAHAN MASALAH 50
1. Air Ballast Kapal Berpotensi Mencemari Lingkungan Laut 50
2. Belum Efektifnya *Ballast Exchange* Dibandingkan BWTS dalam Mencegah Pencemaran Laut. 52

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 55
A. KESIMPULAN 55
B. SARAN 56
DAFTAR PUSTAKA 57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Ekosistem Laut	7
Gambar 2. 2	Tercemarnya Ligkungan Laut.....	8
Gambar 2. 3	Kerusakan Ekositem Laut.....	9
Gambar 2. 4	Bagaimana Air *Ballast* Dapat Mencemari Laut.....	10
Gambar 2. 5	Pembuangan Air *Ballast* Melalui *Overboard* Membawa Spesies Kecil.....	11
Gambar 2. 6	Proses BWE	13
Gambar 2. 7	*General Structure Of Ballast Water Treatment* (BWT) *System*	14
Gambar 4. 1	Sistem *Ballasting* dan *Deballasting Ballast Water Treatment System*	30

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu 19

Tabel 3. 1 *Ship Particular* MT GRIYA AMBON 22

DAFTAR SINGKATAN

BKI	Biro Klasifikasi Indonesia
BWE	*Ballast Water Exchange*
BWM Convention	*Ballast Water Management Convention*
BWMC	*Ballast Water Management Convention*
BWTS	*Ballast Water Treatment System*
D-1	Standar *Ballast Water Exchange* menurut IMO
D-2	Standar *Ballast Water Exchange* menurut IMO
DNA	*Deoxyribonucleic Acid*
DO	*Diesel Oil*
FO	*Fuel Oil*
GT	*Gross Tonnage*
IMO	*International Maritime Organization*
LOA	*Length Overall*
LBP	*Length Between Perpendicular*
MARPOL	*International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*
NIS	*Non-Indigenous Species*
PSC	*Port State Control*
RNA	*Ribonucleic Acid*
UV	*Ultraviolet*
UNEP	*United Nations Environment Programme*

DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL

Air Ballast	Mengatur bahwa kapal wajib melakukan pertukaran air ballast di laut lepas
Ballast Water Exchange (BWE)	Metode pengelolaan air ballast dengan cara mengganti air ballast dari pelabuhan dengan air laut lepas.
Ballast Water Management Convention (BWMC)	Konvensi internasional yang mengatur pengelolaan air ballast kapal untuk mencegah pencemaran laut.
Ballast Water Treatment System (BWTS)	Sistem pengolahan air ballast yang bertujuan menghilangkan atau menonaktifkan organisme hidup sesuai standar IMO D-2.
Ballasting	Proses pengisian air ballast ke dalam tangki ballast kapal.
Deballasting	Proses pembuangan air ballast dari tangki ballast kapal.
Deficiency	Temuan ketidaksesuaian kapal terhadap peraturan internasional saat inspeksi Port State Control.
Elektrolisis	Metode pengolahan air ballast dengan menghasilkan oksidan untuk membunuh mikroorganisme.
Ekosistem Laut	Sistem ekologis yang mencakup organisme laut dan lingkungan fisik-kimia-biologinya.
Filtrasi Mekanis	Proses penyaringan organisme besar dan sedimen dari air ballast menggunakan filter.

Lingkungan Laut	Ruang laut beserta unsur biotik dan abiotik yang saling berinteraksi secara dinamis.
Non-Indigenous Species (NIS)	Spesies yang bukan berasal dari wilayah ekosistem setempat.
Pencemaran Laut	Masuknya zat, energi, atau organisme ke laut yang menurunkan kualitas lingkungan dan membahayakan ekosistem.
Port State Control (PSC)	Pemeriksaan kapal oleh negara pelabuhan untuk memastikan kepatuhan terhadap regulasi internasional.
Praktik Laut (Prala)	Kegiatan praktik berlayar taruna di atas kapal sebagai bagian dari pendidikan pelayaran.
Sinar Ultraviolet (UV)	Radiasi elektromagnetik yang digunakan dalam BWTS untuk merusak DNA mikroorganisme.
Spesies Invasif	Organisme asing yang masuk ke ekosistem baru dan mengganggu keseimbangan ekologis.
Stabilitas Kapal	Kemampuan kapal untuk kembali ke posisi tegak setelah mengalami kemiringan.
Standar D-1	Standar IMO yang mengatur pertukaran air ballast di laut lepas.
Standar D-2	Standar IMO yang membatasi jumlah organisme hidup dalam air ballast yang dibuang.
White Oil Product Tanker	Kapal tanker yang mengangkut produk minyak bersih seperti bensin dan solar.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. *Ship particullar* 60

Lampiran 2. *Crewlis*t 61

Lampiran 3. MT GRIYA ASMAT 62

Lampiran 4. Proses *ballast water treatment*..... **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 5. Struktur *ballast water treatment* 63

Lampiran 6. Pembuang *overboad* 64

Lampiran 7. Kerusakan ekosistem laut 65

Lampiran 8. tercemarnya ekosistem laut 66

Lampiran 9. Ekosistem Laut 67

Lampiran 10. Foto *Ballast water treatment system* 68

Lampiran 11. Ballast water treatment 69

Lampiran 11. Foto Spesifikasi BWTS 70

ABSTRACT

Angga Pratama, Angga.2025." Analysis of the impact of the use of ballast water treatment system (BWTS) at MT. GRIYA AMBON on the marine environment"

The increasing intensity of international shipping activities has made the use of ballast water an essential part of ship operations. Ballast water functions to maintain ship stability, trim, and safety; however, it also poses a risk of transporting non-indigenous species, pathogenic microorganisms, and pollutants that can disrupt marine ecosystems. The discharge of untreated ballast water may lead to marine environmental pollution and the spread of invasive species. In response to this issue, the International Maritime Organization (IMO) established the Ballast Water Management Convention (BWMC), which requires ships to manage ballast water in accordance with prescribed standards, particularly through the implementation of Ballast Water Treatment Systems (BWTS) in compliance with the D-2 standard.

This study aims to analyse the impact of the implementation of Ballast Water Treatment System (BWTS) on board MT. Griya Ambon in preventing marine environmental pollution, as well as to compare the effectiveness of ballast water exchange methods with the use of BWTS. The research employs a qualitative method with a case study approach. Data were collected through direct observation during sea practice on board MT. Griya Ambon, interviews with ship officers, and documentation studies of ballast water management procedures and operational records.

The results of the study indicate that ship ballast water has significant potential to pollute the marine environment if it is not properly managed. The ballast water exchange method is considered less effective because it only relies on dilution, is highly dependent on weather and ship safety conditions, and is unable to eliminate microorganisms completely. In contrast, the application of Ballast Water Treatment System (BWTS) is proven to be more effective in inactivating living organisms through filtration and treatment processes, thereby meeting the IMO D-2 standard and reducing the risk of marine pollution. Therefore, the implementation of BWTS represents a safer, more effective, and sustainable solution for ballast water management, particularly on-board MT. Griya Ambon.

Keywords: Ballast water, Ballast Water Treatment System (BWTS), Ballast Water Exchange, marine pollution, IMO.

ABSTRAK

Angga Pratama, Angga.2025." Analisis dampak penggunaan ballast water treatment system (BWTS) di MT.GRIYA AMBON terhadap lingkungan laut"

Peningkatan aktivitas pelayaran internasional menyebabkan penggunaan air ballast kapal menjadi tidak terpisahkan dari operasional pelayaran. Air ballast berfungsi menjaga stabilitas, trim, dan keselamatan kapal, namun di sisi lain berpotensi membawa organisme laut asing, mikroorganisme patogen, serta zat pencemar yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem laut. Pembuangan air ballast tanpa pengelolaan yang tepat berisiko menyebabkan pencemaran lingkungan laut dan penyebaran spesies invasif. Menyikapi permasalahan tersebut, International Maritime Organization (IMO) menetapkan Ballast Water Management Convention (BWMC) yang mewajibkan kapal menerapkan pengelolaan air ballast sesuai standar yang ditetapkan, khususnya melalui penggunaan Ballast Water Treatment System (BWTS) sesuai standar D-2.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak penggunaan Ballast Water Treatment System (BWTS) di kapal MT. Griya Ambon terhadap pencegahan pencemaran lingkungan laut, serta membandingkan efektivitas metode ballast water exchange dengan penggunaan BWTS. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Data diperoleh melalui observasi langsung selama praktik laut di atas kapal MT. Griya Ambon, wawancara dengan perwira kapal, serta studi dokumentasi terhadap prosedur operasional dan catatan pengelolaan air ballast.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa air ballast kapal memiliki potensi besar dalam mencemari lingkungan laut apabila tidak dikelola dengan baik. Metode ballast water exchange dinilai belum efektif karena hanya bersifat pengenceran, sangat bergantung pada kondisi cuaca dan keselamatan kapal, serta tidak mampu mengeliminasi mikroorganisme secara menyeluruh. Sebaliknya, penerapan Ballast Water Treatment System (BWTS) terbukti lebih efektif dalam menonaktifkan organisme hidup melalui proses filtrasi dan pengolahan, sehingga mampu memenuhi standar IMO D-2 dan mengurangi risiko pencemaran lingkungan laut. Dengan demikian, penggunaan BWTS merupakan solusi yang lebih aman, efektif, dan berkelanjutan dalam pengelolaan air ballast kapal, khususnya pada kapal MT. Griya Ambon.

Kata Kunci: Air ballast, Ballast Water Treatment System (BWTS), Ballast Water Exchange,

pencemaran laut, IMO.

BAB I
PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Transportasi laut merupakan salah satu komponen vital dalam sistem perdagangan internasional, dimana kapal memegang peran utama sebagai sarana pengangkut barang lintas negara. Menurut Stopford (2009), lebih dari 80% volume perdagangan dunia diangkut melalui jalur laut menggunakan berbagai jenis kapal seperti *container ship*, *bulk carrier*, *tanker*, dan *general cargo vessel*. Setiap jenis kapal tersebut memiliki karakteristik, fungsi, serta rute pelayaran yang berbeda sesuai dengan kebutuhan distribusi barang di seluruh penjuru dunia. Oleh karena itu, operasional kapal tidak hanya dituntut efisien dari sisi ekonomi, tetapi juga wajib memenuhi aspek keselamatan serta perlindungan lingkungan laut.

Salah satu isu utama dalam operasional kapal adalah terkait dengan pengelolaan air *ballast*. Air *ballast* digunakan untuk menjaga stabilitas, keseimbangan, serta keselamatan kapal terutama saat muatan kosong atau setengah terisi. Proses *ballasting* dilakukan dengan mengisi tanki *ballast* menggunakan air laut, sedangkan *deballasting* dilakukan dengan membuang air *ballast* ketika kapal kembali mengangkut muatan. Akan tetapi, proses ini memiliki potensi bahaya karena dapat memindahkan organisme laut, plankton, bakteri, bahkan virus dari satu wilayah perairan ke wilayah lainnya. Menurut Gollasch et al. (2007), air *ballast* merupakan salah satu faktor utama dalam penyebaran spesies invasif yang dapat mengganggu ekosistem laut serta menimbulkan kerugian ekonomi dan kesehatan masyarakat.

Menyadari risiko tersebut, *International Maritime Organization* (IMO) menetapkan regulasi khusus melalui *Ballast Water Management Convention* 2004, yang kemudian mulai berlaku efektif pada tahun 2017. Dalam konvensi tersebut terdapat dua standar utama, yaitu *Standard* D-1 (*Ballast Water Exchange*) dan (*Ballast Water Treatment*). *Standard* D-1 mengatur bahwa kapal wajib melakuka pertukaran air *ballast* di laut lepas dengan jarak minimal 200 mil laut dari pantai pada kedalaman tidak kurang dari 200 meter. Namun,

metode *ballast exchange* masih memiliki keterbatasan, karena efektivitasnya dalam menyingkirkan organisme hidup dari air *ballast* hanya berkisar antara 70–90% (David & Gollasch, 2015).

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, IMO mendorong penggunaan *Ballast Water Treatment System* (BWTS) yang sesuai dengan *Standard* D-2. Teknologi BWTS bekerja dengan memadukan sistem filtrasi mekanis dan disinfeksi, salah satunya menggunakan radiasi sinar ultraviolet (UV). Menurut penelitian Tsolaki & Diamadopoulos (2010), penggunaan sinar UV dalam BWTS mampu menginaktivasi mikroorganisme dengan merusak DNA sel, sehingga efektif dalam mencegah penyebaran spesies asing yang berpotensi invasif. Selain itu, sistem ini lebih ramah lingkungan karena tidak menambahkan bahan kimia berbahaya ke dalam laut.

Walaupun teknologi BWTS terbukti lebih efektif, implementasinya di lapangan masih menemui berbagai kendala. Beberapa pemilik kapal enggan memasang sistem ini karena faktor biaya, kebutuhan perawatan, serta keterbatasan ruang di kapal. Sebagai ilustrasi hipotetis, sebuah kapal yang melakukan proses *deballasting* tanpa melalui BWTS di pelabuhan dengan pengawasan ketat misalnya Singapura berpotensi mendapatkan *deficiency* dari *Port State Control* (PSC). Ilustrasi ini menunjukkan bahwa ketiadaan BWTS tidak hanya berdampak pada lingkungan laut, tetapi juga dapat menimbulkan konsekuensi hukum dan administratif bagi kapal.

Permasalahan ini menjadi relevan mengingat bahwa pencemaran laut akibat pembuangan air *ballast* tanpa pengolahan dapat menurunkan kualitas ekosistem laut, merugikan sektor perikanan, serta mengancam keanekaragaman hayati. Menurut Molnar et al. (2008), sekitar 69% spesies invasif laut di dunia diduga berpindah melalui air *ballast* kapal. Oleh karena itu, penerapan BWTS sesuai regulasi IMO *Standard* D-2 menjadi penting sebagai solusi pencegahan pencemaran lingkungan laut. Berdasarkan fakta-fakta diatas, maka mengangkat topik pembahasan dengan judul :

ANALISIS DAMPAK PENGGUNAAN *BALLAST WATER TREATMENT SYSTEM* (BWTS) DI KAPAL MT. GRIYA AMBON TERHADAP LINGKUNGAN LAUT

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam mendukung penerapan regulasi internasional sekaligus meningkatkan kesadaran akan pentingnya pengelolaan air *ballast* secara berkelanjutan.

B. IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan terkait pengelolaan air *ballast* di kapal, khususnya pada penerapan *Ballast Water Treatment System* (BWTS), yaitu:

1. Air *ballast* kapal berpotensi mencemari lingkungan laut.
2. Metode *ballast exchange* masih terbatas efektivitasnya, sehingga tidak mampu sepenuhnya menghilangkan organisme berbahaya.
3. Belum semua kapal menerapkan BWTS, baik karena faktor biaya, kesiapan teknis, maupun kebijakan pemilik kapal.
4. Kapal MT. Griya Ambon pernah mengalami *deficiency* dari *Port State Control*
   (PSC) akibat melakukan *deballasting* tanpa BWTS.
5. Belum efektif nya *ballast exchange* dibandingkan BWTS dalam mencegah pencemaran laut.

C. BATASAN MASALAH

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak keluar dari ruang lingkup pembahasan, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Air *ballast* kapal berpotensi mencemari lingkungan laut.
2. Belum efektif nya *ballast exchange* dibandingkan BWTS dalam mencegah pencemaran laut.

D. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah, dan batasan masalah yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah air *ballast* kapal berpotensi mencemari lingkungan laut?
2. Apakah *ballast exchange* belum efektif dibandingkan BWTS dalam mencegah pencemaran laut?

E. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

1. Tujuan Penelitian

Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penggunaan *Ballast Water Treatment System* (BWTS) di kapal MT. GRIYA AMBON dalam mencegah pencemaran lingkungan laut. Secara khusus, tujuan penelitian ini adalah:

a. Untuk mengetahui bagaimana air *ballast* berpotensi mencemari lingkungan laut
b. Untuk mengetahui mengapa BWTS kebih efektif dibanding *ballast exchange*

2. Manfaat Penelitian

a. Manfaat teoritis
   1) Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi maritim, khususnya mengenai efektivitas penggunaan *Ballast Water Treatment System* (BWTS) dalam mencegah pencemaran laut.
   2) Menjadi dasar referensi akademik untuk penelitian lebih lanjut mengenai sistem pengolahan air ballast sesuai standar internasional, terutama dalam konteks implementasi *Ballast Water Management Convention* (BWMC)**.**
   3) Memperkaya literatur ilmiah yang berkaitan dengan upaya perlindungan ekosistem laut dari ancaman spesies invasif melalui pengendalian air *ballast*.

b. Manfaat Praktis
   1) Bagi Industri Pelayaran

      Memberikan gambaran nyata mengenai kinerja BWTS sehingga dapat menjadi pertimbangan dalam penerapan teknologi tersebut di kapal-kapal komersial.

   2) Bagi Pemilik dan Operator Kapal

      Menjadi bahan evaluasi dalam menentukan kebijakan pengelolaan air *ballast*, khususnya dalam meningkatkan kepatuhan terhadap aturan IMO Standard D-2.

3) Bagi Pemerintah dan Regulator Maritim

Menjadi masukan dalam penyusunan kebijakan atau pengawasan terhadap kapal-kapal yang beroperasi di perairan Indonesia terkait implementasi BWTS.

4) Bagi Lingkungan Laut

Mendukung upaya pencegahan pencemaran laut dan perlindungan ekosistem dari potensi masuknya spesies asing invasif yang dapat mengganggu keseimbangan biodiversitas.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Agar pembaca dapat lebih mudah memahami isi skripsi ini, penulis membagi tulisan ini menjadi lima bab yang saling terhubung secara kronologis. Adapun sistematika penulisan skripsi ini dapat dirangkum sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Penulis menjelaskan latar belakang masalah, yang menekankan pada dampak pembuangan air *ballast* terhadap lingkungan laut terhadap regulasi tersebut. penulis juga melampirkan rumusan masalah, batasan masalah, serta menjelaskan tujuan dan manfaat yang diharapkan dari penelitian dalam skripsi ini.

BAB II : LANDASAN TEORI

Penulis menyajikan teori-teori yang relevan dengan penelitian, termasuk teori kebijakan lingkungan, teori mengenai kapal dan pengelolaan air *ballast,* dan regulasi. serta kajian-kajian terdahulu yang mendukung penelitian ini. Di dalamnya juga terdapat kerangka pemikiran dan landasan konseptual sebagai dasar analisis.

BAB III : METODE PENELITIAN

Penulis menjelaskan pendekatan dan jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian, Teknik pengumpulan data, sumber data sekunder, metode analisis data, subjek yang di teliti serta instrumen yang digunakan dalam penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Penulis menyajikan hasil penelitian yang didapat dari analisis data, yang mencakup data kualitatif. Dibahas juga faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kinerja BWTS dalam mengeliminasi organisme asing dan patogen dari air *ballast*, tantangan yang dihadapi dalam pelaksanaan, serta bagaimana hal ini memengaruhi. evaluasi potensi dampak BWTS terhadap

ekosistem laut.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Penulis memberi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran yang diberikan bagi pihak terkait seperti pemerintah, industri pelayaran, dan peneliti lainnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

1. Konsep Lingkungan Laut

Lingkungan laut adalah ruang yang mencakup perairan, dasar laut, organisme, serta proses fisika-kimia-biologi yang terjadi secara dinamis. Menurut Nybakken (2001), lingkungan laut merupakan sistem ekologi yang sangat luas dan kompleks dengan karakteristik seperti salinitas, suhu, arus, dan cahaya yang mempengaruhi kehidupan organisme.

Gambar 2. 1 Ekosistem Laut

Sumber: (https://www.sainsindonesia.id/2021/06/08/beragam-aksi-nyata- untuk-melestarikan-laut/)

Dahuri (2001) menjelaskan bahwa ekosistem laut Indonesia termasuk yang paling kaya di dunia karena berada di wilayah *Coral Triangle*, pusat keanekaragaman hayati laut global. Ekosistem ini mencakup terumbu karang terkait dalam menjaga fungsi ekologis seperti produktivitas primer, rantai makanan, dan penyediaan habitat. Lingkungan laut yang sehat berfungsi sebagai:

a. Penyedia sumber daya perikanan

b. Penyangga kehidupan *biota* laut
c. Pengatur iklim
d. Penyerap karbon alami (UNEP, 2018)

Kerusakan satu komponen saja dapat mengganggu balans ekosistem. Seperti dijelaskan oleh Supriharyono (2000), gangguan akibat aktivitas kapal, pencemaran, dan aktivitas industri dapat menurunkan daya dukung lingkungan laut.

2. Pencemaran Laut

a. Definisi Pencemaran Laut

Menurut Dahuri (2003),pencemaran laut adalah masuknya makhluk hidup, zat energi, dan bahan lain ke laut akibat aktivitas manusia sehingga kualitas air menurun dan mengganggu organisme, Kesehatan manusia, dan kegiatan ekonomi.

Gambar 2. 2 Tercemar nya lingkungan laut

Sumber : (https://www.ikan.info/10-bentuk-kerusakan-laut-dan-cara- menanggulanginya/)

UNEP (2018) menegaskan bahwa pencemaran laut merupakan ancaman global yang bersumber dari limbah industri, tumpahan minyak, sampah plastik, dan pembuangan air *ballast* kapal.

b. Dampak Pencemaran Laut

Menurut Clark (2001), pencemaran laut berdampak pada:

1) Penurunan kualitas ekosistem
2) Hilangnya biodiversitas
3) Gangguan rantai makanan
4) Gangguan kesehatan manusia (patogen laut)
5) Kerugian ekonomi sektor perikanan dan pariwisata

Gambar 2. 3 Kerusakan ekosistem laut

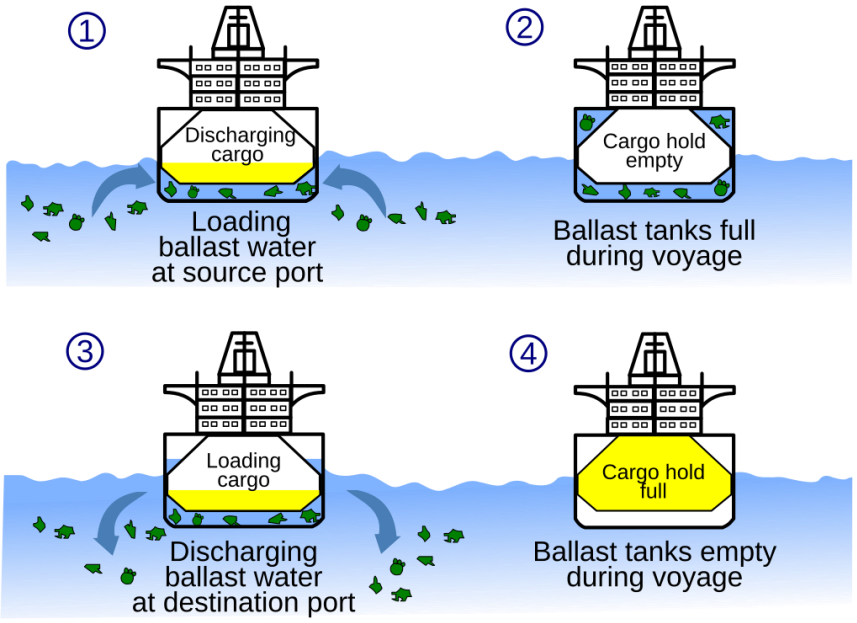
Sumber : (https://www.greeners.co/berita/kerusakan-laut-indonesia-telah- terjadi-dalam-25-tahun-terakhir/)

Menurut (Kusumastanto, 2015) Indonesia khususnya menghadapi ancaman serius karena padatnya jalur pelayaran, terutama di Selat Malaka, Laut Jawa, dan Selat Makassar. Salah satu bentuk pencemaran yang paling diabaikan tetapi sangat berbahaya adalah masuknya spesies asing melalui air *ballast* kapal.

3. Air *Ballast* dan Risiko Ekologis

a. Pengertian Air *Ballast*

Air *ballast* digunakan untuk menjaga stabilitas kapal, mengontrol trim, dan mempertahankan kekuatan struktur. Stopford (2009) menegaskan bahwa sistem *ballast* adalah komponen vital dalam operasional kapal.



Gambar 2. 4 Bagaimana air ballast dapat mencemari laut

Sumber : (File:Ballast water en.svg - Wikimedia Commons)

b. Risiko Ekologis Air *Ballast*

Air *ballast* membawa berbagai organisme seperti:

1) Fitoplankton

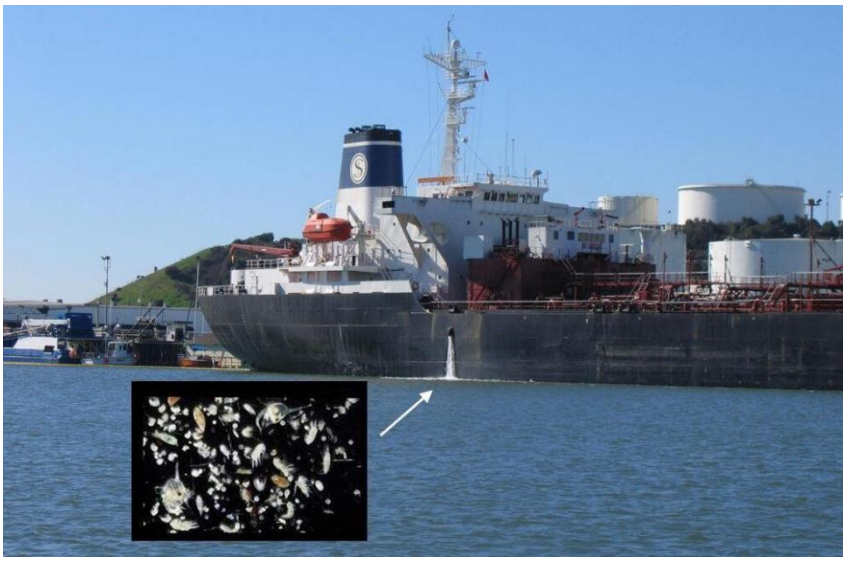
2) Zooplankton

3) Bakteri

4) Telur ikan

5) Larva kepiting

6) Mikroorganisme patogen (Gollasch et al., 2007)



Gambar 2. 5 Pembuangan air *ballast* melalui *overboard* membawa spesies kecil

Sumber : (https://sercblog.si.edu/ballast-water-part-1-hitchhikers-take-transoceanic-trip/)

Ketika dibuang, organisme tersebut dapat:

1) Menjadi spesies invasif
2) Mengganggu rantai makanan
3) Mengalahkan spesies lokal
4) Membawa penyakit

Menurut Molnar et al. (2008), 69% spesies invasif laut di dunia berpindah melalui air *ballast*. Kasus terkenal adalah:

1) *Mnemiopsis leidyi* di Laut Hitam → menyebabkan kerugian miliaran dolar (Shiganova, 1998)
2) *Vibrio cholerae* di Amerika Selatan → menyebabkan wabah kolera dari air *ballast* kapal (McCarthy & Khambaty, 1994)

Di Indonesia, Arifin (2019) menemukan peningkatan mikroorganisme asing di perairan Batam dan Belawan akibat aktivitas kapal tanker dan kargo.

4. Regulasi Internasional: *Ballast Water Management Convention* (BWMC 2004)

IMO mengesahkan BWMC untuk mengendalikan perpindahan organisme melalui air *ballast*. Konvensi berlaku efektif pada 2017.

a. *Standard* D-1 (*Ballast Water Exchange*)

IMO (2004) menetapkan bahwa BWE harus dilakukan pada:

1) Minimal 200 mil dari pantai
2) Kedalaman laut ≥ 200 meter

Tujuan: mengganti air pelabuhan (kaya organisme) dengan air laut dalam (minim organisme).

b. *Standar*d D-2 (*Ballast Water Treatment*)

Standar ini menetapkan batas maksimum organisme hidup yang boleh dilepas. Endresen (2012) menyebutkan bahwa standar D-2 adalah solusi jangka panjang untuk mengurangi spesies invasiv.

5. Ballast Water Exchange (BWE)

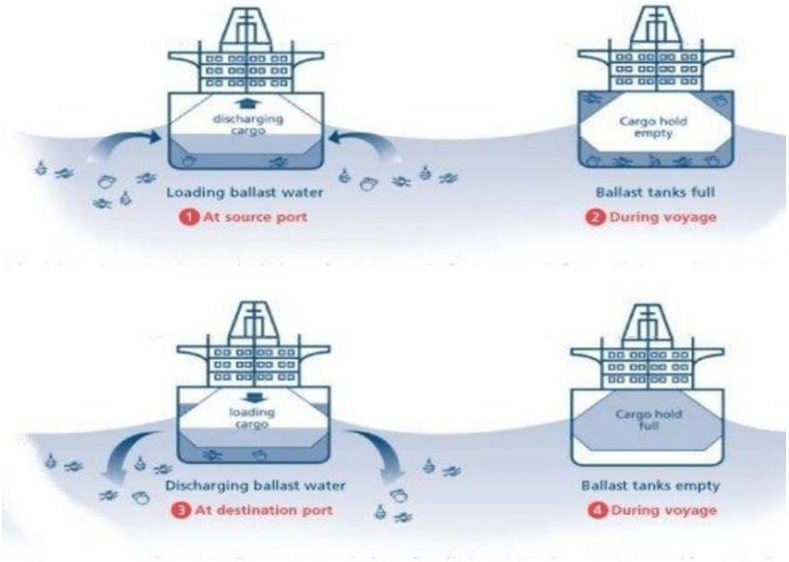
a. Pengertian

Ballast Water Exchange (BWE) adalah metode konvensional yang digunakan kapal untuk mengurangi jumlah organisme hidup di dalam air *ballast* dengan cara mengganti air *ballast* yang diambil di pelabuhan dengan air laut lepas. Menurut Carlton & Geller (1993), terdapat tiga teknik utama dalam pelaksanaan BWE, yaitu:

1) *Sequential Exchange* – Mengosongkan tangki *ballast* terlebih dahulu, kemudian mengisinya kembali dengan air laut yang baru.
2) *Flow-through Exchange* – Mengalirkan air laut baru ke tangki *ballast* hingga volume air mencapai tiga kali kapasitas tangki.
3) *Dilution Exchange* – Memasukkan air laut baru dari bagian atas tangki sambil membuang air lama dari dasar tangki.

Ketiga metode ini dirancang untuk mengganti sebagian besar air

yang mengandung organisme dari wilayah pelabuhan dengan air laut yang secara ekologis berbeda.



Gambar 2. 6 Proses BWE
Sumber: (https://www.researchgate.net/figure/Ballast-exchange-between-ports-IMO-GloBallast_fig1_270519076)

b. Kelebihan BWE

BWE memiliki beberapa keunggulan, antara lain:

1) Tidak memerlukan peralatan tambahan, sehingga dapat dilakukan oleh hampir semua kapal tanpa modifikasi teknis (Carlton & Geller, 1993).

2) Biaya operasional rendah, karena hanya memanfaatkan pompa *ballast* yang telah tersedia di kapal.

3) Mudah diterapkan selama kondisi laut mendukung, sehingga menjadi metode utama sebelum diterapkannya BWTS secara wajib oleh IMO.

c. Kekurangan BWE

Meskipun BWE telah digunakan selama puluhan tahun, efektivitasnya dianggap terbatas. Menurut David & Gollasch (2015), BWE memiliki beberapa kekurangan mendasar, yaitu:

1) Efektivitas hanya 70–90%, artinya masih ada organisme yang tertinggal meskipun air *ballast* telah diganti.

2) Tidak membunuh organisme, karena metode ini hanya menggantikan air, bukan menginaktivasi atau merusaknya, sehingga organisme kecil dan mikroba masih dapat bertahan.

3) Meninggalkan mikroorganisme kecil, seperti bakteri, virus, dan plankton, yang sangat berpotensi menjadi spesies invasif setelah dilepas ke perairan lain.

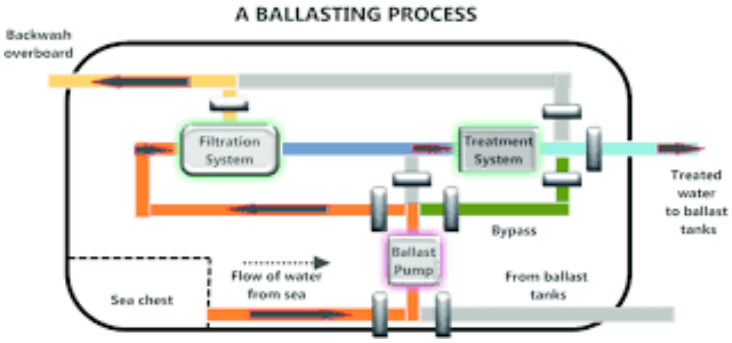
4) Berpotensi membahayakan stabilitas kapal, khususnya pada metode sequential, karena tangki ballast harus dikosongkan sebelum diisi kembali. Kondisi ini meningkatkan risiko *loss of stability* terutama di laut dengan gelombang tinggi.

5) Tidak dapat dilakukan saat cuaca buruk, karena pergolakan gelombang dapat menyebabkan kapal kehilangan stabilitas atau mengalami *slamming* selama proses pengosongan dan pengisian tangki.

Selain itu, Wahyudi (2020) menegaskan bahwa di Indonesia, pelaksanaan BWE sering tidak optimal karena rute pelayaran banyak berada dekat garis pantai dan tidak memenuhi syarat.

6. Ballast Water Treatment System (BWTS)

a. Pengertian BWTS



Gambar 2. 7 *General structure of a Ballast Water Treatment* (BWT) *System*Sumber: (https://www.researchgate.net/figure/Layout-of-a-Typical-Shipboard-Ballast-Water-Treatment-System-showing-Ballast-Pump_fig5_326960782))

Ballast Water Treatment System (BWTS) merupakan teknologi pengolahan air *ballast* yang dirancang untuk menghilangkan,

menonaktifkan, atau mengurangi organisme hidup hingga mencapai standar IMO D-2. Sistem ini bekerja melalui kombinasi filtrasi mekanis, disinfeksi, dan *treatment* fisik- kimia.

Menurut Gregg (2013), BWTS bertujuan memastikan agar air *ballast* yang dilepaskan tidak membawa organisme asing yang berpotensi menjadi spesies invasif. IMO mensyaratkan penggunaan BWTS bagi seluruh kapal baru dan *eksisting* untuk mengurangi risiko perpindahan biota laut antarwilayah.

Metode pengolahan yang umum digunakan meliputi:

1) Filtrasi mekanis – menyaring organisme besar seperti plankton, larva, dan sedimen sebelum masuk ke sistem (Gregg, 2013).

2) Sinar UV – sinar ultraviolet merusak struktur DNA dan RNA organisme sehingga mereka tidak dapat berkembang biak (Tsolaki & Diamadopoulos, 2010).

3) *Elektrolisis / Oxidation (chemical disenfection)*– Metode ini menghasilkan senyawa oksidan sebagai agen disenfeksi untuk menonaktifkan mikroorganisme dalam air ballast. Bahan kimia yang umum di gunakan meliputin *klorin(CI2),sodium hypochlorite (NaOCI),*namun residu kimia yang dihasilkan perlu dikelola dengan cara dinetralkan menggunakan sodium thiosulfaate sebelum dibuang kelaut (Gregg, 2013;Della Valle, 2017).

BWTS dirancang agar tetap aman bagi kapal, lingkungan, dan awak, serta memenuhi standar internasional dalam pengendalian spesies invasif.

b. Kelebihan BWTS

BWTS banyak dipilih karena memiliki efektivitas tinggi dalam mengeliminasi organisme air *ballast*. Briski et al. (2015) menyatakan bahwa BWTS mampu menurunkan kelangsungan hidup organisme hingga lebih dari 95–99%, jauh di atas efektivitas *ballast exchange*. Kelebihan lainnya:

1) Tidak bergantung pada kondisi cuaca, sehingga dapat dioperasikan di semua rute pelayaran.
2) Lebih aman bagi kapal dan kru, karena tidak memerlukan pengosongan tangki yang dapat mengganggu stabilitas kapal.
3) Minim risiko pencemaran, karena organisme benar-benar dinonaktifkan, bukan hanya dipindahkan.
4) Mendukung praktik pelayaran berkelanjutan, terutama untuk mengurangi perpindahan biota invasif antarperairan.

Di Indonesia, Suyono (2018) menjelaskan bahwa penerapan BWTS sangat penting untuk menjaga keberlanjutan sumber daya laut nasional dan meningkatkan kepatuhan kapal-kapal nasional terhadap regulasi IMO *Standard* D-2.

Dengan meningkatnya pengawasan *Port State Control* (PSC) seperti di Singapura, Jepang, dan Australia, penggunaan BWTS menjadi tuntutan operasional agar kapal tidak terkena *deficiency* atau penahanan.

c. Kekurangan BWTS

Meski sangat efektif, BWTS tetap memiliki beberapa kelemahan yang perlu dipertimbangkan dalam implementasinya, terutama pada kapal-kapal lama (*existing ships*), yaitu:

1) Biaya instalasi tinggi, karena sistem BWTS membutuhkan teknologi canggih dan instalasi pipa yang rumit. Biaya pemasangan pada kapal tanker atau *bulk carrier* dapat mencapai ratusan ribu dolar.
2) Memerlukan perawatan berkala, terutama pada lampu UV, filter, dan sistem kontrol otomatis. Tanpa pemeliharaan yang baik, efektivitas dapat menurun.
3) Ruang di kapal terbatas, sehingga sulit dipasang pada kapal lama yang memiliki ruang mesin sempit atau *layout* yang tidak mendukung.
4) Konsumsi energi meningkat, terutama untuk sistem UV dan elektrolisis, sehingga menambah beban listrik kapal.

Namun demikian, banyak peneliti menilai bahwa manfaat BWTS jauh lebih besar dibanding biaya dan kendala teknisnya. Menurut Endresen (2012), penerapan BWTS adalah solusi jangka panjang untuk melindungi keanekaragaman hayati laut dan mencegah kerugian ekonomi akibat spesies invasif.

7. Perbandingan *Ballast Exchange* vs BWTS (Analisis Lengkap)

a. Efektivitas Pengurangan Organisme

Ballast Water Exchange (BWE) memiliki efektivitas yang relatif rendah karena hanya mengganti air *ballast* tanpa membunuh organisme. David & Gollasch (2015) menyatakan bahwa efektivitas BWE berada pada kisaran 70– 90%, sehingga masih menyisakan mikroorganisme dan plankton kecil.

Sebaliknya, *Ballast Water Treatment System* (BWTS) memberikan tingkat pengurangan organisme jauh lebih tinggi. Briski et al. (2015) mencatat bahwa BWTS mampu menurunkan kelangsungan hidup organisme hingga 95–99%, karena proses filtrasi dan disinfeksi langsung menonaktifkan organisme yang terbawa air *ballast*.

b. Dampak Lingkungan

BWE tidak sepenuhnya mencegah pelepasan mikroorganisme patogen karena hanya memindahkan air dari lokasi berbeda tanpa proses inaktivasi organisme. Menurut Carlton & Geller (1993), pertukaran ini tetap berpotensi membawa spesies invasif ke perairan lain.

BWTS jauh lebih efektif dari sisi ekologis. Menurut Tsolaki & Diamadopoulos (2010), teknologi UV dalam BWTS dapat merusak DNA organisme sehingga mencegah penyebaran spesies asing invasif. Hal ini menjadikan BWTS sebagai metode yang konsisten menjaga kualitas lingkungan laut.

c. Keselamatan Kapal

Dalam pelaksanaan BWE, terutama pada metode sequential, kapal harus mengosongkan tangki *ballast* terlebih dahulu, yang dapat

mempengaruhi stabilitas. David & Gollasch (2015) menekankan bahwa proses ini dapat meningkatkan risiko kehilangan stabilitas terutama pada cuaca buruk.

BWTS tidak mempengaruhi stabilitas karena pengolahan dilakukan tanpa harus mengosongkan tangki. Suyono (2018) menyatakan bahwa BWTS lebih aman secara operasional karena tidak memerlukan perubahan besar pada kondisi stabilitas kapal selama proses berlangsung.

d. Kepatuhan IMO

BWE hanya memenuhi IMO *Standard* D-1, yaitu standar pertukaran air *ballast* yang bersifat sementara. IMO (2004) menetapkan bahwa D-1 bukan solusi jangka panjang dan pada akhirnya harus digantikan oleh D-2.

Sebaliknya, BWTS memenuhi IMO Standard D-2, yaitu standar wajib yang membatasi jumlah organisme hidup dalam air *ballast* yang dilepas. Endresen (2012) menyebutkan bahwa pemenuhan standar D-2 merupakan langkah utama dalam mengendalikan perpindahan spesies invasif secara global.

e. Kesimpulan Perbandingan

Secara keseluruhan, BWTS jauh lebih unggul dibanding BWE dalam aspek ekologis, teknis, dan regulasi. BWTS memberikan perlindungan lingkungan laut lebih efektif dengan mengurangi organisme hingga tingkat aman (Briski et al., 2015). Selain itu, BWTS mendukung pencegahan pencemaran laut karena organisme tidak hanya dipindahkan, tetapi benar- benar dinonaktifkan.

Dari sisi peraturan, BWTS menjadi pilihan yang wajib diterapkan untuk memenuhi ketentuan IMO D-2 (IMO, 2004). Keunggulan lainnya adalah keamanan operasi kapal, karena BWTS tidak mengganggu stabilitas kapal seperti pada pelaksanaan BWE. Oleh karena itu, BWTS diakui sebagai solusi yang lebih tepat untuk menjaga kelestarian ekosistem laut dan kepatuhan terhadap regulasi internasional.

B. PENELITIAN TERDAHULU

Tabel 2. 1

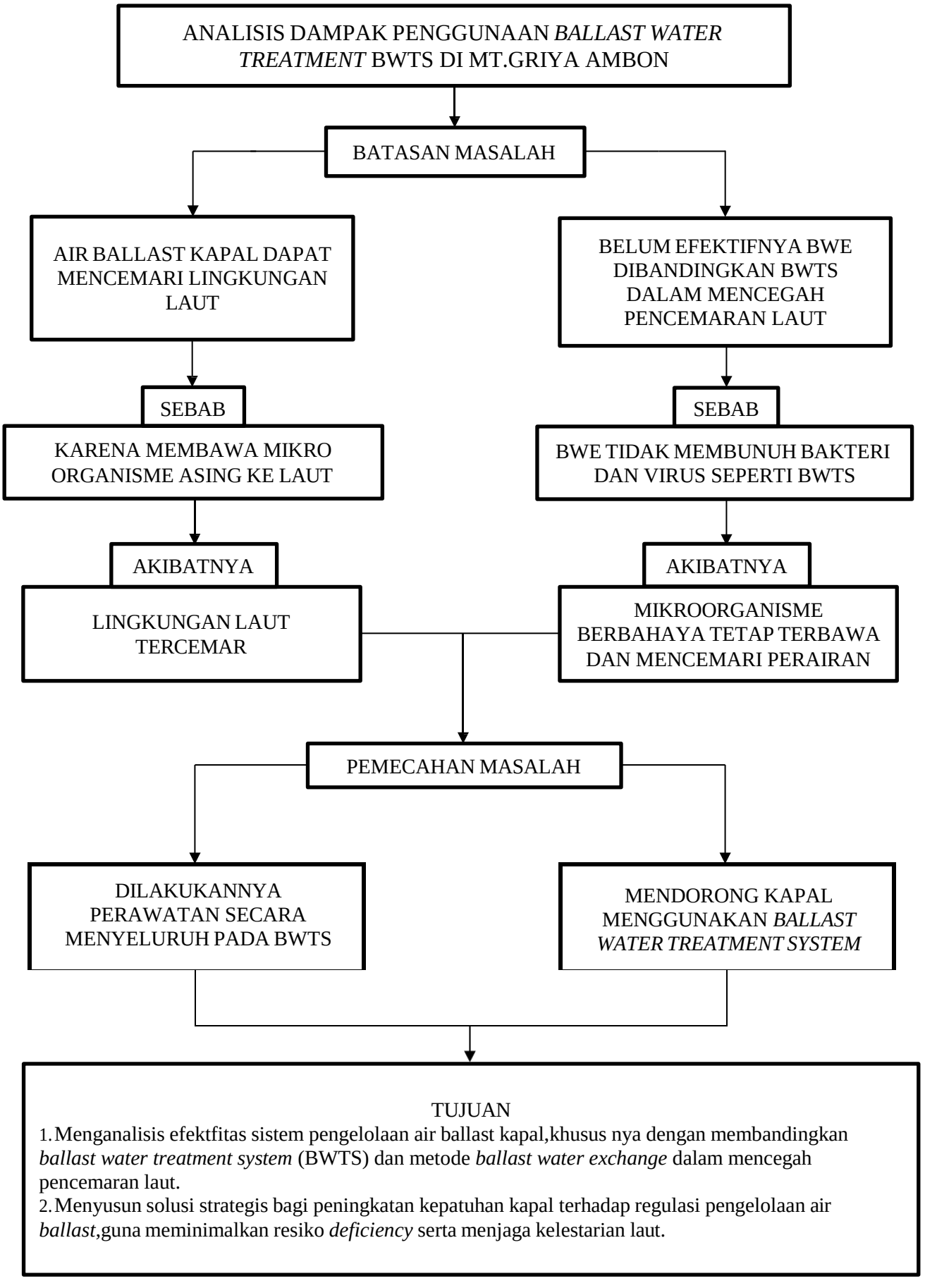
Penelitian terdahulu

NO	NAMA PENELITIAN & TAHUN TERBIT	JUDUL PENELITIAN	METODE PENELITIAN	HASIL PENELITIAN
1	Tsolaki & Diamadopoulos (2010	Efektivitas teknologi UV dalam pengolahan air *ballast*	Studi laboratorium, analisis eksperimental UV *treatment*	Sinar UV efektif merusak DNA organisme sehingga menghentikan pertumbuhan dan reproduksi.
2	Briski et al. (2015)	Evaluasi efektivitas BWTS	Analisis eksperimen & uji sistem BWTS pada kapal	BWTS dapat mengurangi organisme hingga >99%, sangat efektif untuk standar IMO D-2.
3	David & Gollasch (2015)	Analisis efektivitas *Ballast Water Exchange*	*Review* ilmiah & analisis data empiris BWE	BWE hanya efektif 70–90%, tidak membunuh organisme kecil, dan tidak cukup untuk perlindungan jangka panjang.
4	Yuwono (2021)	Studi implementasi BWTS di Batam	Studi lapangan & analisis sampel air *ballast* di pelabuhan	BWTS efektif mengurangi organisme invasif pada kapal yang beroperasi di wilayah Batam.
5	Arifin (2019)	Kajian mikroorganisme asing di pelabuhan Indonesia	Survei lapangan & analisis mikrobiologi	Meningkatnya mikroorganisme asing akibat pembuangan air *ballast* kapal di beberapa pelabuhan utama.
6	Suyono (2018)	Implementasi BWTS pada kapal Indonesia	Studi kualitatif, wawancara & dokumentasi	BWTS penting untuk kepatuhan regulasi dan perlindungan ekosistem laut Indonesia.
7	Wahyudi (2020)	Kendala pelaksanaan BWE di Indonesia	Studi kualitatif & observasi lapangan	Banyak kapal kesulitan menerapkan BWE karena rute dekat pantai, cuaca, dan kondisi operasional.

Berdasarkan kajian tersebut, terlihat bahwa penelitian terdahulu lebih banyak menitikberatkan pada efektivitas teknis BWTS dan pengaruhnya terhadap organisme asing, namun masih terdapat celah penelitian terkait bagaimana implementasi sistem ini pada kapal tertentu, seperti MT. Griya Ambon, serta sejauh mana dampaknya terhadap lingkungan laut di sekitar jalur pelayaran kapal tersebut. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baru melalui studi kasus spesifik yang lebih aplikatif terhadap kondisi operasional kapal tanker di Indonesia.

C. KERANGKA PEMIKIRAN

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini berangkat dari permasalahan pencemaran laut yang disebabkan oleh pembuangan air *ballast* kapal yang mengandung organisme asing dan patogen, sehingga berpotensi merusak keseimbangan ekosistem laut. Untuk mengatasi hal tersebut, IMO melalui *Ballast Water Management Convention* mewajibkan penggunaan *Ballast Water Treatment System (BWTS)* sebagai solusi dalam pengolahan air *ballast* sebelum dibuang ke laut. Dalam konteks ini, penelitian pada Kapal MT. Griya Ambon difokuskan untuk menganalisis sejauh mana BWTS yang terpasang dapat berfungsi secara efektif dalam mengurangi dampak pencemaran lingkungan laut. Dengan demikian, alur pemikiran penelitian ini menghubungkan antara permasalahan awal berupa risiko pencemaran, penerapan teknologi BWTS sebagai solusi, serta evaluasi dampak ekologis yang ditimbulkan, sehingga dapat memberikan kontribusi terhadap upaya perlindungan.


ANALISIS DAMPAK PENGGUNAAN *BALLAST WATER TREATMENT* BWTS DI MT.GRIYA AMBON
BATASAN MASALAH
AIR BALLAST KAPAL DAPAT MENCEMARI LINGKUNGAN LAUT
BELUM EFEKTIFNYA BWE DIBANDINGKAN BWTS DALAM MENCEGAH PENCEMARAN LAUT
SEBAB
KARENA MEMBAWA MIKRO ORGANISME ASING KE LAUT
SEBAB
BWE TIDAK MEMBUNUH BAKTERI DAN VIRUS SEPERTI BWTS
AKIBATNYA
LINGKUNGAN LAUT TERCEMAR
AKIBATNYA
MIKROORGANISME BERBAHAYA TETAP TERBAWA DAN MENCEMARI PERAIRAN
PEMECAHAN MASALAH
DILAKUKANNYA PERAWATAN SECARA MENYELURUH PADA BWTS
MENDORONG KAPAL MENGGUNAKAN *BALLAST WATER TREATMENT SYSTEM*
TUJUAN
1. Menganalisis efektfitas sistem pengelolaan air ballast kapal,khusus nya dengan membandingkan *ballast water treatment system* (BWTS) dan metode *ballast water exchange* dalam mencegah pencemaran laut.
2. Menyusun solusi strategis bagi peningkatan kepatuhan kapal terhadap regulasi pengelolaan air *ballast*,guna meminimalkan resiko *deficiency* serta menjaga kelestarian laut.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis dan pembahasan, penulis merangkum hasil uraian dan analisa berbagai permasalahan yang timbul di kapal MT. Griya Ambon sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa air *ballast* kapal memiliki potensi nyata dalam mencemari lingkungan laut apabila tidak dikelola secara efektif dan sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Air *ballast* berperan sebagai media perpindahan organisme laut asing, mikroorganisme patogen, sedimen, serta zat pencemar kimia dari satu wilayah perairan ke wilayah perairan lainnya. Kondisi ini berpotensi menimbulkan ketidakseimbangan ekosistem laut, mengancam keanekaragaman hayati, serta berdampak negatif terhadap kualitas lingkungan perairan, khususnya di wilayah pelabuhan dan pesisir. Oleh karena itu, pengelolaan air *ballast* tidak dapat dipandang hanya sebagai kebutuhan teknis operasional kapal, melainkan sebagai bagian penting dari upaya perlindungan lingkungan laut yang menuntut penerapan prosedur, regulasi, dan teknologi pengolahan yang tepat.
2. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa metode *ballast* exchange belum efektif dibandingkan dengan *Ballast Water Treatment System* (BWTS) dalam mencegah pencemaran lingkungan laut. *Ballast* exchange memiliki keterbatasan karena hanya bersifat pengenceran, bergantung pada kondisi cuaca dan operasional kapal, serta tidak mampu mengeliminasi organisme hidup secara menyeluruh. Sebaliknya, penerapan BWTS terbukti lebih efektif karena mampu mengolah air *ballast* melalui proses filtrasi dan perlakuan tertentu sehingga organisme berbahaya dapat dinonaktifkan sebelum air *ballast* dibuang ke laut. Selain itu, penggunaan BWTS secara penuh lebih sesuai dengan standar internasional yang ditetapkan oleh International Maritime Organization (IMO), khususnya dalam Ballast Water Management Convention. Dengan demikian, BWTS merupakan solusi yang lebih andal dan berkelanjutan dalam upaya pencegahan pencemaran laut akibat air *ballast* kapal.

B. SARAN

1. Untuk Perusahaan

   Ballast Water Treatment System (BWTS) di atas kapal dengan menyediakan anggaran yang dilakukan untuk perawatan, penggantian komponen, serta peningkatan sistem sesuai perkembangan teknologi. Selain itu, perlu melakukan pengawasan dan evaluasi berkala terhadap pelaksanaan pengelolaan air ballast agar selalu sesuai dengan regulasi internasional yang berlaku. Dengan komitmen perusahaan yang kuat terhadap perlindungan lingkungan laut, risiko pencemaran akibat air ballast dapat diminimalkan dan kepatuhan terhadap standar internasional dapat terjaga.

2. Untuk perwira di atas kapal

   Perlu adanya peningkatan pengawasan dan pengendalian terhadap pengelolaan air ballast, khususnya dalam pengoperasian dan pemantauan BWTS. Perwira juga diharapkan mampu memastikan bahwa seluruh prosedur pengelolaan air ballast dijalankan sesuai *Ballast Water Management Plan* serta dilakukan pencatatan yang akurat dalam *Ballast Water Record Book*. Dengan peran dalam pengawasan dan mengendalikan sistem, potensi kesalahan operasional dapat dikurangi dan efektivitas pencegahan pencemaran laut dapat ditingkatkan.

3. Untuk *crew* kapal

   Untuk pemahaman dan kedisiplinan dalam melaksanakan prosedur pengelolaan air ballast dikalangan *crew* ditingkatkan, khususnya terkait pengoperasian BWTS. Crew diharapkan mengikuti pelatihan dan instruksi yang diberikan serta melaporkan setiap kendala teknis yang terjadi selama pengoperasian sistem. Dengan keterlibatan dan kesadaran crew kapal terhadap pentingnya perlindungan lingkungan laut, pengelolaan air ballast dapat berjalan lebih efektif dan berkontribusi pada pencegahan pencemaran laut secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Arifin. (2019). Kajian mikroorganisme asing di pelabuhan Indonesia akibat pembuangan air ballast kapal. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan.

Briski, E., Gollasch, S., David, M., & Ojaveer, H. (2015). *Evaluating efficacy of ballast water management systems. Marine Pollution Bulletin*, 95(1), 19–27.

Carlton, J. T., & Geller, J. B. (1993). *Ecological roulette: The global transport of nonindigenous marine organisms. Science,* 261(5117), 78–82.

Clark, R. B. (2001). *Marine pollution* (5th ed.). Oxford: Oxford University Press.

Dahuri, R. (2001). Pengelolaan sumber daya wilayah pesisir dan laut secara terpadu. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Dahuri, R. (2003). Keanekaragaman hayati laut. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

David, M., & Gollasch, S. (2015). *Global maritime transport and ballast water management: Issues and solutions. Ocean & Coastal Management*, 102, 1–13.

Della Valle, M. (2017). *Electrochemical technologies for ballast water treatment. Journal of Marine Engineering and Technology,* 16(2), 67–75.

Endresen, Ø. (2012). *Environmental impacts of ballast water treatment systems. Marine Policy*, 36(4), 887–895.

Gollasch, S., David, M., Voigt, M., Dragsund, E., Hewitt, C., & Fukuyo, Y. (2007). *Critical review of the IMO ballast water management convention. Harmful Algae,* 6(4), 585–600.

Gregg, M. (2013). *Ballast water treatment technologies: A review. Journal of Marine Science and Technology,* 18(2), 123–132.

International Maritime Organization. (2004). *International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments.* London: IMO.

International Maritime Organization. (2017). *Ballast Water Management Convention: Implementation guidelines.* London: IMO.

Kusumastanto, T. (2015). Pencemaran laut dan pengelolaannya di Indonesia. Jakarta: IPB Press.

McCarthy, S. A., & Khambaty, F. M. (1994). *International dissemination of epidemic Vibrio cholerae by cargo ship ballast and other nonpotable waters. Applied and Environmental Microbiology,* 60(7), 2597–2601.

Molnar, J. L., Gamboa, R. L., Revenga, C., & Spalding, M. D. (2008). *Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. Frontiers in Ecology and the Environment,* 6(9), 485–492.

Nybakken, J. W. (2001). *Marine biology: An ecological approach (5th ed.). San Francisco: Benjamin Cummings.*

Raunek, A. (2021). *Ballast water treatment technologies and systems. Marine Insight. Retrieved from https://www.marineinsight.com*

Shiganova, T. A. (1998). *Invasion of the Black Sea by the ctenophore Mnemiopsis leidyi. Oceanography,* 11(2), 24–27.

Stopford, M. (2009). *Maritime economics (3rd ed.).* London: Routledge.

Sugiyono. (2020). Metode penelitian kualitatif. Bandung: Alfabeta.

Suyono. (2018). *Implementasi Ballast Water Treatment System pada kapal Indonesia. Jurnal Teknologi Maritim Indonesia,* 7(2), 45–56.

Tsolaki, E., & Diamadopoulos, E. (2010). *Technologies for ballast water treatment: A review. Journal of Chemical Technology and Biotechnology,* 85(1), 19–32.

UNEP. (2018). *Marine pollution: A global assessment. Nairobi: United Nations Environment Programme.*

Wahyudi. (2020). Kendala pelaksanaan *ballast water exchange* di Indonesia. Jurnal Kelautan Nasional, 15(1), 33–42.

Wibowo. (2025). Metodologi penelitian kualitatif. Jakarta: Prenadamedia Group.

Yuwono. (2021). Studi implementasi BWTS di wilayah Batam. Jurnal Ilmu Kelautan, 26(3), 145–154.

BWTS/BWMS - Mescomar

Gerhard, W. A., et al. (2025). *Evaluating the Biological Efficacy of Ballast Water Management Systems in High-Turbidity Port Environments*. Journal of Marine Science and Engineering, 13(1), 145-162.

Karahalios, H. (2022). *The effectiveness of the Ballast Water Management Convention: An assessment*. Marine Policy, 135, 104863.

Sari, W. R., Gunawan, & Muzhoffar, D. A. F. (2026). *Trend for Ballast Water Treatment System Retrofits: A Global Maritime Overview*. Maritime Technology and Research, 8(2), 281-298.

Ziegler, J. P., et al. (2022). *A comparison of ballast water exchange and treatment for reducing the invasion risk of aquatic non-indigenous species*. Marine Pollution Bulletin, 175,

113400.

LAMPIRAN

lampiran 1*ship particullar*

SHIP'S PARTICULAR
" MT. GRIYA AMBON / P N F Z "

1. TYPE	: WHITE OIL PRODUCT TANKER
2. OWNER	: PT. HUMPUSS TRANSPORTASI KIMIA Tbk.
3. IMO NUMBER	: 9170614
4. OFFICIAL NO.	: GT 14580 No.2270/Ppm
5. TANDA SELAR	: GT. 14580 No. 6985/ppm
6. FLAG	: INDONESIA
7. PORT OF REGISTRY	: JAKARTA
8. CALL SIGN	: P N F Z
9. CLASSIFICATION	: BKI ± A100 OIL TANKER, ESP
10. GROSS TONNAGE	: 14.580 TONS
11. NET TONNAGE	: 5.413 TONS
12. DEADWEIGHT	: 17.500 M.TONS
13. L.O.A	: 158.00 MTRS
14. L.B.P	: 151.80 MTRS
15. BREADTH MOULDED	: 27.00 MTRS
16. DEPTH MOULDED	: 11.70 MTRS
17. DRAFT (SUMMER)	: 07.00 MTRS
18. HEIGHT FROM BASE LINE	: 42.00 MTRS
19. SERVICE SPEED	: 13.0 KNOTS
20. BUILDER	: JING JIANG SHIPYARD, CHINA
21. DATE OF KEEL LAID	: MARCH 6TH 1998
22. DATE OF KEEL LAUNCHING	: AUGUST 21ST 1998
23. DATE OF DELIVERY	: FEBRUARY 11st 1999
24. HULL NO.	: JS97 – 009
25. NO. OF CARGO TANKS	: Ten (10)
26. MAIN ENGINE	: MAN B&W 7S35MC MK VI
27. M.C.R	: 6568 HP / 170 RPM
28. N.C.R	: 5985 HP / 164 RPM
29. PITCH PROPELLER	: 2.879 MTRS
30. SHIP'S OPERATOR	: PT. HUMPUSS TRANSPORTASI KIMIA Tbk. C/O : Mangkuluhur City Tower One, 26thFloor-Jl.Jend Gatot Subroto Kav 1-3 Karet Semanggi, Setiabudi Jakarta Selatan-12930 / p(021)-50911902, f(021)-50966345
31. SHIP'S CONTACT	: MMSI NO : 525114001 , AAIC : IA14 INMARSAT MINI – M : TELP : (873) 764 681 182 FAX : (873) 764 681 184,DATA : 764 681 185 E-MAIL : griyaambon@htk.co.id INMARSAT – C : (582) 435721210 INMARSAT – C E-MAIL : 435721210@in.mail65.com.sg

PT HUMPUSS MT GRIYA AMBON NAHKODA MASTER

Dipindai dengan CamScanner

lampiran 2 crewlist kapal

Hutama Trans Kencana

VESSEL : MT. GRIYA AMBON / P N F Z
FLAG : INDONESIA
GRT : 14.580

PORT : KUPANG
LAST PORT : SEMARANG

CREW LIST

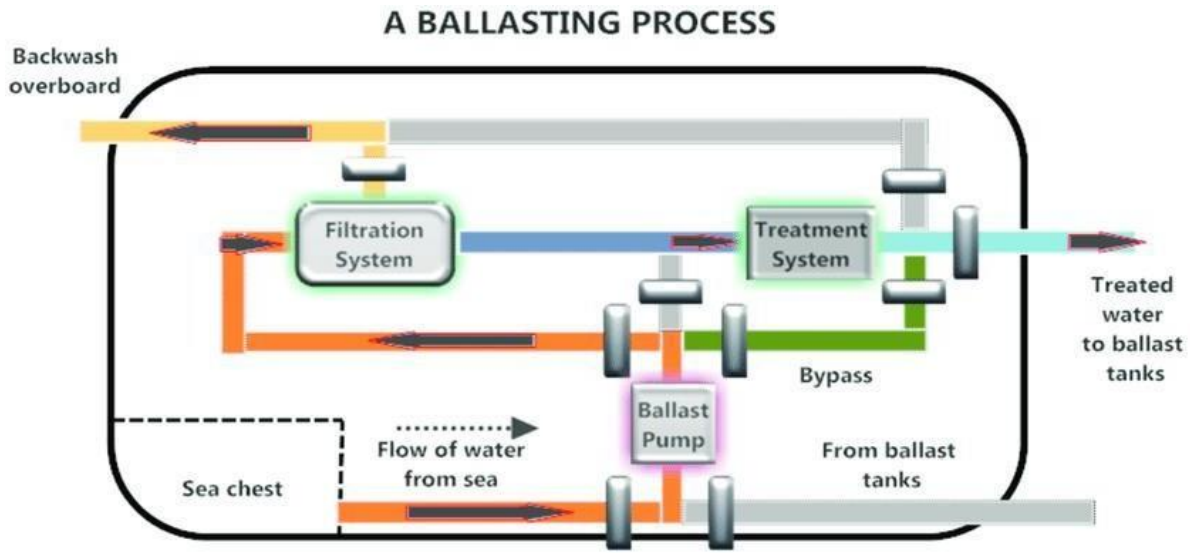
NO.	N A M E	RANK	COMP / PROV	SEAFARER CODE	SEAMAN'S BOOK NUMBER & EXPIRY		DAY OF BIRTH	SIGN ON
1	MOHAMAD SAID	Master	A N T - I	6200090211	F 321393	24.02.25	17.10.69	09.08.23
2	VICASCARA GANGGA	C/O	A N T - II	6211408256	G 053920	08.04.25	26.08.95	13.06.24
3	DENOFRIASDHY	2/O	A N T - II	6211408138	G 109359	15.12.24	23.12.95	13.06.24
4	MOHAMMAD RIZKI WIRANTO	3/O	A N T - III	6211808280	F 292013	11.10.24	02.03.98	11.11.23
5	HADI JAKARIYAH	4/O	A N T - III	6211707177	F 055246	14.09.24	26.11.96	09.03.24
6	TAJUDDIN W	C/E	A T T - I	6200518873	H 032093	03.06.25	10.10.69	06.12.23
7	ENDI KURNIAWAN	2/E	A T T - III	6200319237	I 040740	01.08.26	11.05.84	02.11.23
8	AGUS	3/E	A T T - III	6200427918	G 115157	02.10.24	04.08.86	02.04.24
9	MUHAMMAD ICHWAL RACHMAYADI	4/E	A T T - III	6211801859	F 194413	19.10.25	12.06.99	30.12.23
10	AGUS SETYO WIDIGDO	PMAN	RATING	6200273204	I 026746	27.02.26	02.04.79	09.03.24
11	FADLAN WALEURU	BOSUN	S A N T D	6200086393	I 128734	03.01.27	19.09.75	15.12.23
12	DANIS IRFAN HERYANTO	A/B I	A N T - V	6200253897	F 244005	20.07.24	14.10.87	02.11.23
13	AHMAD HANDOKO	A/B II	RATING	6201407044	F 162923	20.08.25	19.09.91	12.06.24
14	MUHAMMAD JAMIL	A/B III	RATING	6212016084	G 104134	04.11.24	17.04.00	07.08.23
15	AKHMAD ROZALI	ELECTRICAN	RATING	6201197901	I 076728	21.08.26	18.08.91	09.03.24
16	ANANG ANDRIANTO	E. FOREMAN	RATING	6200083546	I 050151	02.10.26	28.06.76	08.02.24
17	WARDAN AMIRUDDIN	OILER I	S A N T D	6211701322	G 048008	16.12.25	10.08.91	06.12.23
18	UBIT ANDRIYANTO	OILER II	RATING	6200143992	H 043454	20.08.25	03.12.80	12.06.24
19	ERWINSAH	OILER III	RATING	6200430577	G 008887	15.09.25	10.02.85	15.05.24
20	HARIYONO	OS II	RATING	6202100512	I 117568	28.11.26	17.09.90	25.01.24
21	KURNIA TOPAN	COOK	A N T - V	6201460547	G 121670	07.11.26	04.03.84	11.01.24
22	AGUNG SUPRIYADI	MESSMAN	BST	6200316589	H 072397	01.11.25	24.06.87	09.03.24
23	AZIS EKO PRASETYO	D - CADET I	BST	6212215432	G 087807	21.05.26	09.02.02	13.08.23
24	SURYA CANDRA PURNAMA	D - CADET II	BST	6211916954	I 056808	25.05.26	04.06.03	03.09.23
25	ALVIN AULIA RAYNALDI	D - CADET III	BST	6212251606	I 008236	27.02.26	20.09.02	11.10.23
26	ANGGA PRATAMA	E - CADET I	BST	6212218486	I 059030	25.05.26	07.06.03	03.09.23
27	ADITYA WAHYU KUSUMAWARDANA	E - CADET II	BST	6212218469	I 057462	06.06.26	12.08.02	20.09.23
28	ALBERTUS CHARLES GERALDO	E - CADET III	BST	6212320158	I 076445	11.08.26	01.09.01	11.01.24

KUPANG ,20 JUNE 2024

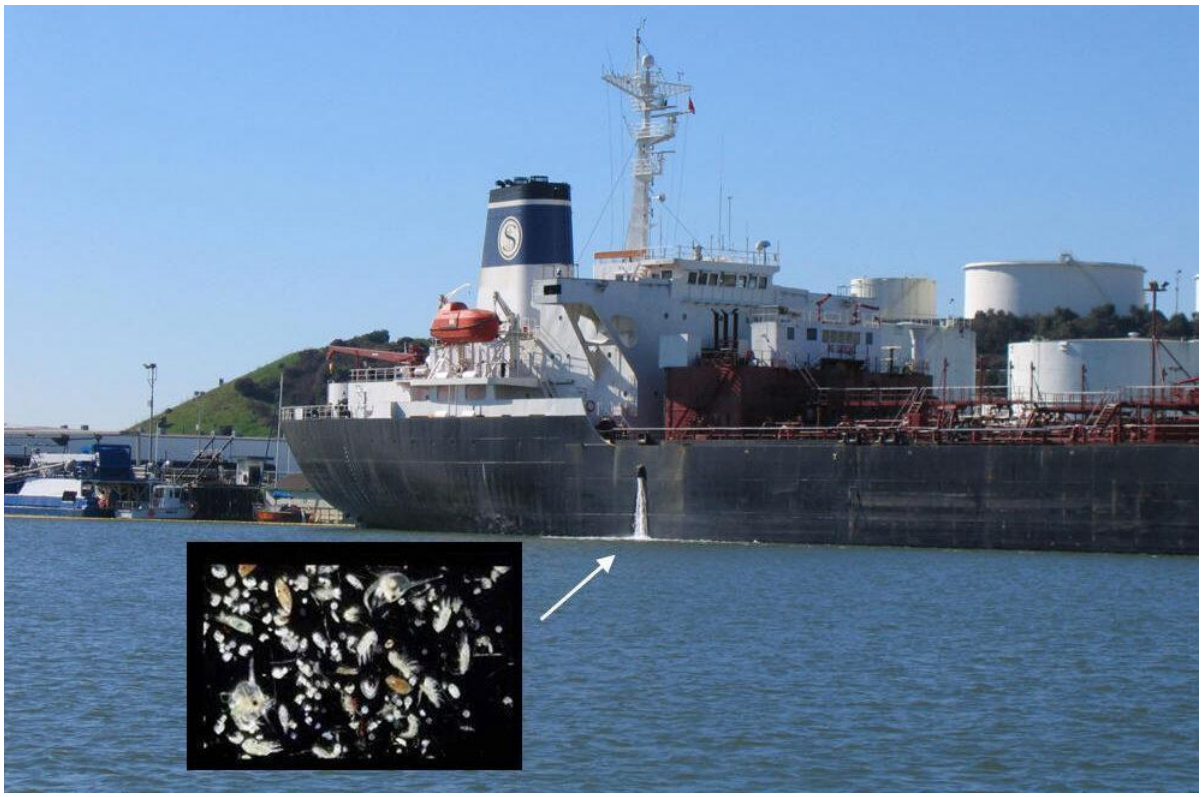
CAPT. MOHAMAD SAID

lampiran 3 MT GRIYA AMBON

lampiran 4 Struktur ballast water treatment



lampiran 5 Pembuang overboad



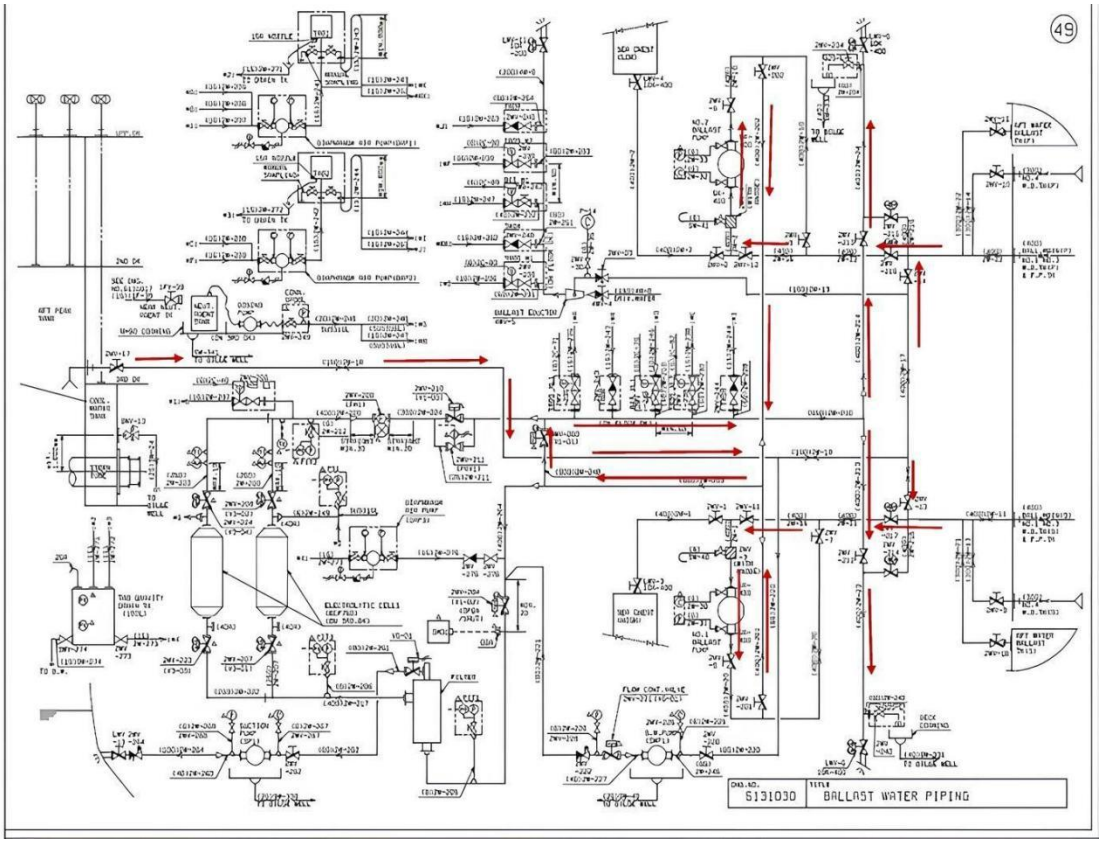
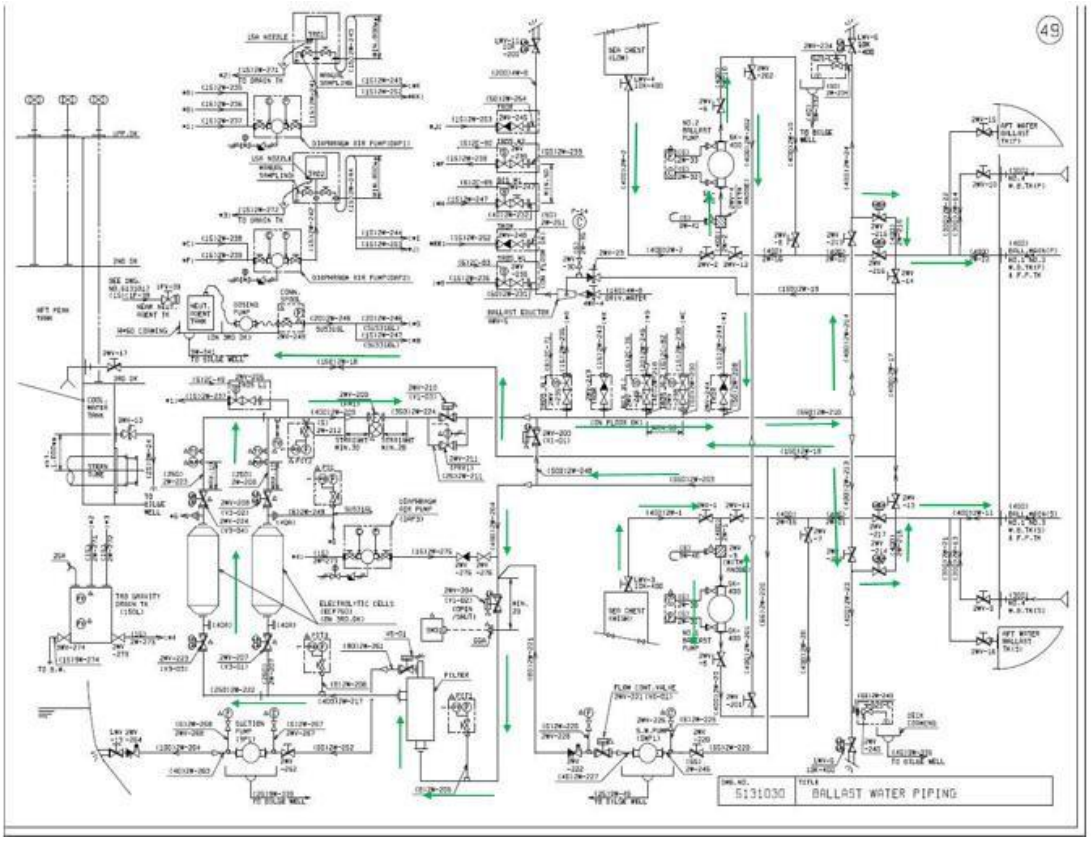
lampiran 6 Kerusakan ekosistem laut

lampiran 7 tercemarnya ekosistem laut

lampiran 8 Ekosistem Laut

Lampiran 9 foto *Ballast water treatment system*

Lampiran 10 *Ballast water pipping*



Lampiran 11 *Ballast water piping*