

**ANALISIS PENERAPAN WATER BALLAST MANAGEMENT  
DI MV.SINAR KUTA**



**KRISNA BAYU**

**21.41.048**

**NAUTIKA**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV PELAYARAN  
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR  
2025**

**ANALISIS PENERAPAN BALLAST WATER MANAGEMENT  
DI MV SINAR KUTA**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Menyelesaikan Program Pendidikan  
Diploma IV Pelayaran

Program Studi Nautika

Disusun dan Diajukan oleh

KRISNA BAYU

NIT. 21.41.048

**PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV PELAYARAN  
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR  
2025**

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENERAPAN WATER BALLAST MANAGEMENT  
DI MV. SINAR KUTA**

Disusun dan Diajukan oleh:

**KRISNA BAYU**  
NIT. 21.41.048

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Skripsi  
Pada tanggal, 10 Oktober 2025



Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Capt. H. Sahabuddin Sunusi, M.T., M.Mar.  
NIP. 19711022 200212 1 001

Dr. Sunarlia Limbong, S.S., M.Pd.  
NIP. 19800526 200912 2 001

Mengetahui:

a.n. Direktur  
Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar  
Pembantu Direktur I

Ketua Program Studi Nautika

Capt. Faisal Saransi, M.T., M.Mar  
NIP. 19750329 199903 1 002

Subehana Rachman, M.Adm.S.D.A  
NIP. 19780908 200502 2 001

## KATA PENGANTAR

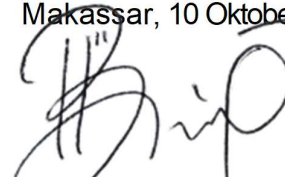
Segala puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena atas segala limpahan rahmat dan karunia yang diberikan sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan tepat waktu. Penulis menyadari bahwa dalam karya ini terdapat berbagai kekurangan dan keterbatasan, baik dari aspek bahasa, struktur kalimat, maupun cara penyajian dan pembahasan materi, yang disebabkan oleh keterbatasan penulis dalam menguasai materi, waktu, dan data yang tersedia. Oleh karena itu, penulis selalu terbuka terhadap kritik dan saran yang konstruktif untuk meningkatkan kualitas skripsi ini. Skripsi dapat diselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak, sehingga penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, terutama kepada:

1. Capt. Rudy Susanto, M.Pd, selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Subehana Rachman, S.A.P., M.Adm.S.D.A., selaku Ketua Program Studi Nautika.
3. Dr. Capt. H. Sahabuddin Sunusi, M.T., M.Mar, selaku Pembimbing I.
4. Dr. Sunarlia Limbong, S.S., M.Pd , selaku Pembimbing II.
5. Civitas Akademik Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
6. Pimpinan dan seluruh pegawai PT. Samudera Daya Maritim yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan praktek laut (prala) di Perusahaan Samudera Indonesia.
7. Nahkoda, *Chief Officer*, dan seluruh awak kapal MV. Sinar Kuta yang telah memberikan bimbingan kepada penulis
8. Kepada kedua orang tua saya, Rusdianto dan Yenyen Ineu Sudewi, serta seluruh keluarga yang selalu memberikan dukungan dan doa selama saya menjalani pendidikan.

9. Kepada Dimas Wisnu yang selalu memberikan dukungan dan doa selama saya menempuh pendidikan.
10. Dukungan dan doa dari Ampri Ranti Devila yang menjadi support system terbesar saya untuk terus belajar dan berkembang

Akhir kata dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf apabila terdapat hal - hal yang tidak berkenan dihati. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat menambah pengetahuan menjadi referensi kepada masyarakat maritim taruna(i) Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar khususnya bagi penulis sendiri.

Makassar, 10 Oktober 2025



KRISNA BAYU  
NIT. 21.41.048

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : Krisna Bayu

NIT : 21.41.048

Program Studi : Nautika

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

### **ANALISIS PENERAPAN BALLAST WATER MANAGEMENT DI MV SINAR KUTA**

Merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam skripsi ini yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide yang saya susun sendiri.

Jika pernyataan diatas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Makassar, 10 Oktober 2025



KRISNA BAYU

NIT. 21.41.048

## ABSTRAK

**KRISNA BAYU**, *Analisis Penerapan Water Ballast Management Di MV. Sinar Kuta.* (dibimbing oleh Sahabuddin Sunusi dan Sunarlia Limbong)

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas teknologi pengelolaan air ballast, tingkat kepatuhan terhadap Ballast Water Management System (BWMS), serta tantangan operasional yang dihadapi oleh kru kapal MV. Sinar Kuta dengan menggunakan pendekatan kualitatif lapangan. Melalui observasi langsung, wawancara terhadap 15 kru kapal, dan analisis dokumen teknis serta regulasi internasional, ditemukan bahwa keterbatasan pemahaman kru terhadap Water Ballast Management Plan dan sistem Ballast Water Treatment berdampak negatif terhadap optimalisasi pengoperasian sistem. Hal ini berpotensi menurunkan tingkat kepatuhan terhadap regulasi dan meningkatkan risiko pencemaran laut serta penyebaran spesies invasif. Analisis menunjukkan bahwa meskipun teknologi yang digunakan telah memenuhi sebagian besar standar BWMC, kendala biaya dan adaptasi operasional masih menjadi hambatan utama. Temuan ini menekankan pentingnya peningkatan pelatihan kru dan efisiensi sistem pengelolaan air ballast guna mendukung kepatuhan terhadap standar internasional serta pelestarian ekosistem maritim secara berkelanjutan.

**Kata kunci** : Air ballast ,Ballast Water Treatment System (BWTS) , Ballast Water Management Convention (BWMC).

## ABSTRACT

**KRISNA BAYU** , *Analysis of Water Ballast Management Implementation in MV. Sinar Kuta.* (Supervised by Sahabuddin Sunusi and Sunarlia Limbong)

This study aims to analyze the effectiveness of ballast water management technology, the level of compliance with the Ballast Water Management System (BWMS), and the operational challenges faced by the crew of the MV. Sinar Kuta using a qualitative field approach. Through direct observation, interviews with 15 crew members, and analysis of technical documents and international regulations, it was found that the crew's limited understanding of the Ballast Water Management Plan and Ballast Water Treatment system negatively impacts the optimization of system operations. This has the potential to reduce the level of compliance with regulations and increase the risk of marine pollution and the spread of invasive species. The analysis shows that although the technology used meets most BWMC standards, cost and operational adaptation remain major obstacles. These findings emphasize the importance of improving crew training and the efficiency of the ballast water management system to support compliance with international standards and the sustainable conservation of maritime ecosystems.

**Keywords:** Ballast Water ,Ballast Water Treatment System (BWTS) , Ballast Water Management Convention (BWMC)

## DAFTAR ISI

SAMPUL	iii
HALAMAN PENGANTAR	i
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vi
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	iviii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Dan Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Air Ballast	6
B. Ballast Water Management	7
C. Ballast Water Treatment System	10
D. Pencemaran	14
E. Bakteri dan patogen	15
F. Kerangka Pikir	17
BAB III METODE PENELITIAN	18
A. Metode Penelitian	18
B. Definisi Operasional	18
C. Unit Analitis	19
D. Teknik Pengumpulan Data	20
E. Teknik Analisis Data	21
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	22

A. Hasil Penelitian	22
1. Sistem BWTS di MV. Sinar Kuta	23
2. Proses Ballasting dan Deballasting	36
3. Sistem Flow Control pada BWTS Alva Laval	41
B. Analisis Masalah	46
C. Pembahasan Masalah	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
A. Kesimpulan	59
B. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	62
RIWAYAT HIDUP	71

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kerangka Pikir	17
Gambar 4.1. 1 Bagian-Bagian BWTS Alva Laval	25
Gambar 4.1. 2 Control Cabinet	26
Gambar 4.1. 3 LDC dan LDCs	27
Gambar 4.1. 4 CIP Module	28
Gambar 4.1. 5 UV Reactor	30
Gambar 4.1. 6 Ballast Water Outlet	31
Gambar 4.1. 7 Control Valve	32
Gambar 4.1. 8 Flow Meter With Conductivity Sensor	33
Gambar 4.1. 9 Sampling Point	34
Gambar 4.1. 10 Filter Unit	35
Gambar 4.1. 11 Ballast Water Inlet	36
Gambar 4.2. 1 BWTS Control Panel Monitor MV Sinar Kuta	37
Gambar 4.2. 2 Safety Meeting Penggunaan BWTS	38
Gambar 4.2. 3 Pump Panel Indicator	39
Gambar 4.2. 4 Lining Ballast di MV. Sinar Kuta	40
Gambar 4.3. 1 Ballasting Process	42
Gambar 4.3. 2 Deballasting Process	43
Gambar 4.3. 3 CIP Process	45
Gambar 4.3. 4 Fishbone Diagram	52
Gambar 4.3. 5 SOP Ballasting Deballasting di MV Sinar Kuta	56
Gambar 4.3. 6 Ballast Water Reporting Form MV Sinar Kuta	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data Informasi MV. Sinar Kuta	22
Tabel 4. 2 Faktor Permasalahan	50

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Wawancara	62
Lampiran 2. Ship Particular MV. Sinar Kuta	66
Lampiran 3. Sertifikat BWTS Alva Laval MV. Sinar Kuta ( Kelas RINA )	67
Lampiran 4. Sertifikat BWTS Alva Laval MV. Sinar Kuta ( Kelas BKI )	68
Lampiran 5. Ballast Tanks Data MV. Sinar Kuta ( Kelas BKI )	69

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Kegiatan *ballasting* dan *deballasting* di kapal merupakan kegiatan yang lazim dilakukan baik sebelum memuat suatu muatan atau sesudah muat. Proses *ballasting* adalah proses memasukan air laut ke dalam tangki balas pada saat kapal kosong, dalam rangka menjaga keseimbangan kapal dan kinerja kapal. *Deballasting* adalah mengeluarkan air ballast kapal, pada saat kapal dimuati, permasalahan yang terjadi adalah pada air ballast dibongkar/dipompa keluar dari badan kapal pada perairan pelabuhan, ada spesies ikutan yang bersifat invasive. Spesies ikutan, akan merugikan lingkungan diperairan tujuan dan merusak ekologi laut akibat buangan air balas kapal (Basuki dkk, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d)(Basuki et al., n.d.).

Setiap negara menerapkan aturan yang disesuaikan dengan kondisi masing-masing, termasuk regulasi terkait *ballast water*. Dalam proses *ballasting* dan *deballasting*, terjadi pertukaran air laut yang diambil dari pelabuhan muat untuk kemudian dibuang di pelabuhan bongkar. Air laut tersebut berpotensi membawa patogen, bakteri, virus, atau sedimen ballast yang berasal dari pelabuhan muat, sehingga dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan maritim di pelabuhan bongkar.

Sebagai negara kepulauan dengan aktivitas pelayaran yang tinggi, Indonesia memiliki peran strategis dalam penerapan regulasi pengelolaan air ballast. Dalam konteks ini, *International Maritime Organization* (IMO) mengeluarkan *Ballast Water Management Convention* (BWMC) yang bertujuan untuk mengurangi dampak buruk tersebut. BWMC menetapkan standar pengelolaan air ballast melalui penggunaan teknologi seperti *Ballast Water Treatment Systems* (BWTS). Namun, penerapan regulasi ini sering kali menghadapi tantangan, termasuk kurangnya pemahaman kru kapal terhadap

*Water Ballast Management Plan* (WBMP) serta minimnya pelatihan terkait sistem teknologi BWTS.

Penelitian ini didasarkan pada pentingnya landasan teoritis yang diperoleh dari studi-studi sebelumnya, khususnya yang berkaitan erat dengan manajemen air ballast dan implementasi BWTS di lingkungan maritim Indonesia. Hasil-hasil dari penelitian terdahulu tidak hanya menjadi rujukan konseptual, tetapi juga berfungsi sebagai data pendukung yang relevan terhadap permasalahan operasional yang dianalisis dalam penelitian ini. Oleh karena itu, tinjauan pustaka difokuskan pada penelitian yang memiliki keterkaitan langsung dengan metodologi, ruang lingkup, serta tantangan teknis dalam penerapan BWTS di atas kapal, sehingga dapat memperkuat validitas pendekatan yang digunakan dalam studi ini. Berikut adalah jurnal terdahulu untuk menjadi rujukan dalam penelitian ini:

1. **Pahlewi,A.D.(2023)**

Penelitian ini bertujuan untuk membahas potensi ancaman ekologis dari air ballast di perairan Indonesia serta pentingnya penerapan regulasi IMO 2004. Pahlewi menyoroti penyebaran spesies asing invasif melalui air ballast dan mendesak adanya sistem pengendalian yang efektif di kapal-kapal yang beroperasi di Indonesia.

2. **Arif et al. (2016)**

Pada penelitian ini, Sholikhah dan tim menganalisis sistem manajemen air ballast dari sudut pandang teknis dan ekonomis. Tujuan utamanya adalah untuk menilai kesiapan kapal-kapal berbendera Indonesia dalam menerapkan BWTS, dengan mempertimbangkan efisiensi biaya serta tingkat kepatuhan terhadap standar internasional.

### 3. Muktar et al. (2024)

Penelitian (Muktar et al., 2024) berfokus pada kegagalan operasional BWTS di kapal *MV. Federal Osaka*. Dengan menggunakan pendekatan Root Cause Analysis (5 Why), penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama ketidakefisienan sistem dan menyusun rekomendasi perbaikan teknis secara sistematis.

### 4. Bela Dwi Hatmoko (2019)

Dalam skripsinya, Hatmoko menganalisis penerapan BWMS berbasis elektrolisis (AquaStar) di kapal *MV. Glovis Diamond*. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif untuk menilai efektivitas sistem dalam mengurangi risiko pencemaran laut akibat air ballast.

### 5. Ang, NanJ.S.(2020)

Penelitian ini mengevaluasi teknologi Ballast Water Treatment (BWT) serta implementasi Konvensi Internasional (IMO 2004) pada kapal berbendera Indonesia. Ang menyoroti peran regulasi nasional, tantangan operasional, dan kesiapan kapal dalam mencapai standar D-2 sesuai kewajiban internasional.

Kapal *MV. Sinar Kuta* menjadi salah satu contoh di mana permasalahan ini terjadi. Kru kapal yang memiliki keterbatasan pengetahuan mengenai *Water Ballast Management* sering kali tidak dapat mengoperasikan alat tersebut secara optimal, sehingga mengurangi efisiensi operasional dan potensi kepatuhan terhadap standar internasional. Masalah ini menimbulkan kebutuhan mendesak untuk menganalisis efektivitas penerapan sistem pengelolaan air ballast, termasuk evaluasi teknologi yang digunakan, tantangan operasional, dan tingkat kepatuhan terhadap regulasi.

Penelitian ini bertujuan memberikan gambaran komprehensif tentang penerapan *Water Ballast Management* di *MV. Sinar Kuta*,

dengan fokus pada identifikasi kendala utama serta penyusunan solusi strategis guna meningkatkan efisiensi operasional dan perlindungan lingkungan maritim. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas teknologi yang digunakan, tingkat kepatuhan terhadap regulasi internasional, serta tantangan implementasi.

Pemahaman terhadap tantangan ini diharapkan mampu menghasilkan rekomendasi strategis bagi perusahaan pelayaran dalam mengoptimalkan pengelolaan air ballast secara efisien dan berkelanjutan.

Berdasarkan hal tersebut, penulis merasa terdorong untuk memilih judul dalam skripsi ini.:

### **" Analisis Penerapan Water Ballast Management Di MV. Sinar Kuta"**

Penulis terdorong untuk memilih judul ini berdasarkan pengalaman yang terjadi pada MV. Sinar Kuta, di mana kurangnya pemahaman dan pemeliharaan *Ballast Water Treatment System* (BWTS) menyebabkan ketidakefektifan dalam pengoperasian sistem pengelolaan air ballast. Hal tersebut berdampak pada potensi ketidakpatuhan terhadap regulasi internasional dan efisiensi operasional kapal. Pengalaman ini menunjukkan pentingnya analisis terhadap penerapan manajemen air ballast guna meningkatkan efektivitas teknologi, mencegah dampak negatif terhadap lingkungan maritim, dan memenuhi standar regulasi yang berlaku.

#### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dirumuskan masalah yaitu bagaimana penerapan water ballast management di MV Sinar Kuta.

#### **C. Tujuan Dan Manfaat Penelitian**

##### **1. Tujuan Penelitian**

Untuk mengetahui penerapan ballast water management system di MV Sinar Kuta guna menjaga ekosistem laut.

## 2. Manfaat

### a) Manfaat Teoritis

Secara teoritis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi atau sumbangsih bagi pengembangan ilmu kemaritiman dan untuk melengkapi kajian ilmu ballast management di kapal dan dalam pengaoperasian ballast,dan juga penelitian untuk kapal-kapal pada jalur pelayaran internasional untuk menggunakan ballast treatment daripada menggunakan metode lain seperti ballast exchange yang memiliki kelemahan seperti meninggalkan endapan pada tangki ballast kapal.

### b) Manfaat Praktis

Untuk memberikan masukan atau saran pada awak kapal MV.Sinar Kuta dan PT. Samudera Indonesia terkait penanganan air ballast menggunakan metode water ballast management sesuai degan peraturan yang berlaku.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### A. Air Ballast

Menurut (*International Convention for the Control and Management of Ships Ballast Water and Sediments, 2004*) "ballast water" adalah air yang digunakan sebagai media ballast dan balancing untuk kapal saat sedang berlayar. Air ballast pada kapal berperan penting dalam meningkatkan stabilitas kapal.

Air ballast adalah air yang dikumpulkan dari air tawar, muara atau air laut dapat mengandung parameter fisikokimia, organisme air dan sedimen sebagai pencemar. Teknologi yang saat ini tersedia untuk menonaktifkan organisme dan mengolah polutan semut dikelompokkan ke dalam tiga kategori – Mekanik, Fisik, dan kimiawi. Diamati bahwa beberapa sistem pengolahan yang menggunakan biosida kimia atau deoksigenasi mungkin memerlukan pengolahan tambahan sebelum air menjadi dibuang ke laut(Lakshmi et al., 2021).

Jadi air *ballast* merupakan air yang digunakan sebagai pemberat dan penyeimbang kapal saat berlayar. Dalam proses pengisian dan pembuangan air *ballast* harus sangat diperhatikan karena dampak dari air *ballast* sangat berbahaya. Regulasi air *ballast* yang diundangkan oleh IMO (*International Maritime Organisation*) bertujuan untuk meminimalkan resiko masuknya spesies baru ke daerah perairan lain. Didalam upaya untuk pengawasan serta tata pelaksanaan *management ballast water* yang baik maka dikeluarkanlah suatu sertifikat yang menunjukkan bahwa suatu kapal telah mempunyai standar dalam pengelolaan *ballast water*. Sertifikat dikeluarkan oleh lembaga administrasi atau organisasi legal lainnya dibawah otoritas negara dimana kapal itu beraktivitas atau beroperasi. Sertifikat mempunyai masa berlaku selama kurang lebih 5 tahun.

## **B. Ballast Water Management**

Tujuan dari regulasi ballast water management yang dikeluarkan oleh IMO (International Maritime Organization) adalah untuk meminimalisir masuknya spesies baru (invasif) ke perairan daerah lain serta menjaga kualitas air dan spesies asli di perairan asli daerah tersebut.

Standar D-1 (Ballast Water Exchange) yang masih berlaku hingga saat ini dilakukan dengan pencucian air ballast sebanyak tiga kali pada jarak lebih dari 200 mil laut dari pantai pada kedalaman lebih dari 200 meter. Cara ini sangat efektif, karena tampaknya organisme yang berasal dari perairan pantai tidak dapat bertahan hidup di laut lepas, atau sebaliknya, organisme yang berasal dari laut lepas tidak dapat bertahan hidup di perairan pantai. Namun metode ini memiliki beberapa kelemahan yaitu sedimen dan residu dari dasar tangki ballast sangat sulit untuk dihilangkan sama sekali, organisme yang menempel pada sisi tangki ballast atau struktur penopang tangki ballast tidak dapat dihilangkan. dilepas dan tidak dapat dipindahkan saat terjadi badai atau gelombang besar dapat terbawa arus selama perjalanan. Sehingga organisme yang terdapat didalam tangki ballast mungkin ikut terbilas pada saat proses deballasting kapal saat mendekati pelabuhan.

Adapun standard yang lain ialah Standard D-2 (Ballast Water Treatment). Standard ini berisi tentang adanya treatment untuk air ballast yang ditemukan adanya kandungan lebih dari 10 mikro-organisme per meter kubik yang berukuran lebih atau sama dengan 50 mikron. Dengan adanya manajemen pengolahan air ballast (water treatment) ini maka tidak akan ada lagi mikro-organisme yang lolos filtrasi ke lingkungan baru sehingga diharapkan bisa meminimalisir kerusakan lingkungan

Maka dari itu dikeluarkan peraturan tentang manajemen air ballast. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi penyebaran organisme

laut yang tidak terkendali. Berikut adalah standar manajemen air ballast yang disesuaikan dengan ukuran kapal dan tahun pembuatannya sesuai dengan Konvensi Manajemen Air Ballast tahun 2009:

1. Standar Manajemen Air *Ballast* berdasarkan Regulasi *Standard D-1*:
  - a. Ketika proses pengisian atau pengosongan *ballast*, sistem kapal harus mampu mengisi atau mengosongkan sedikitnya 95% dari total kapasitas tangki *ballast*.
  - b. Untuk kapal dengan menggunakan metode *pumping/through-out*, kemampuan pompa harus dapat memompa terus-menerus selama pengisian 3x volume tangki *ballast*.
2. Standar Manajemen Air *Ballast* Berdasarkan Regulasi *standard D-2*:
  - a. Kapal dengan sistem manajemen air *ballast* tidak boleh mengeluarkan lebih dari 10 organisme hidup tiap meter kubik atau setara dengan ukuran lebih dari 50 mikrometer dan tidak boleh mengeluarkan lebih dari 10 organisme hidup tiap mililiter untuk ukuran kurang dari 50 mikrometer. Indikator *discharge* mikro- organisme tidak boleh melebihi konsentrasi yang ditentukan sepertiberikut,
  - b. *Toxicogenic Vibrio Cholera* kurang dari 1 *cfu* (*Colony Forming Unit*) tiap 100 mililiter atau kurang dari 1 *cfu* per gram zooplankton.
  - c. *Eschericia coli* kurang dari 250 *cfu* per 100 mililiter.
  - d. *Intestinal entericocci* kurang dari 100 *cfu* per 100 mililiter.

Sistem manajemen air *ballast* harus disetujui oleh pihak sesuai dengan regulasi IMO. Ada beberapa perlakuan untuk menangani masalah ini, beberapa diantaranya adalah dengan proses kimia dan proses fisika :

Proses Kimia : dilakukan perlakuan khusus terhadap air

*ballast* dengan bahan kimia seperti *chlorine* atau *ozone* untuk membunuh organisme yang terkandung di dalamnya.

Proses Fisika : dapat dilakukan dengan radiasi ultra violet, pemanasan, penyaringan, dan sedimentasi.

3. Isi dari manajemen pengelolaan air *ballast*, yaitu :
  - a. Aturan internasional dan aturan yang berbeda dari seluruh *port state control* di seluruh dunia.
  - b. Lokasi pelabuhan yang menyediakan fasilitas pembongkaran sedimen air *ballast*.
  - c. Tugas dan tanggung jawab dari semua kru diatas kapal terkait dengan operasional *ballast*.
  - d. Prosedur dan metode yang harus dilakukan di dalam pengisian air *ballast*.
  - e. Lokasi dari perairan dangkal yang berbeda-beda harus dijelaskan didalam perencanaan *ballast*.
4. Hal-hal yang harus dicatat pada saat penggantian air *ballast*, yaitu:
  - a. Tanggal dilaksanakannya pengisian air *ballast*.
  - b. Tangki yang diisi dari air *ballast*.
  - c. Temperatur air *ballast*.
  - d. Kadar garam.
  - e. Posisi lintang dan bujur kapal saat pengisian.
  - f. Jumlah air *ballast* yang diisikan ke dalam tangki *ballast*.
  - g. Semua yang dilakukan dan dicatat dalam pengoperasian *ballast* harus ditandatangani oleh Mualim I.
  - h. Nahkoda sebagai orang yang bertanggung jawab secara keseluruhan di atas kapal harus juga mengetahui tentang operasional *ballast*.
  - i. Tanggal terakhir kali dilakukan pembersihan tangki *ballast*.
  - j. Jika ada kejadian-kejadian yang janggal atau kecelakaan dalam proses *ballasting* dan *deballasting* harus diketahui oleh Mualim I dan Nahkoda serta disampaikan dengan otoritas pelabuhan.

Salah satu contoh sistem peralatan yang digunakan untuk menunjang peraturan ini adalah alat berupa sedimentor yang dapat bekerja pada sistem *ballast* dengan rata-rata aliran mulai  $50\text{m}^3/\text{jam}$  -  $500\text{m}^3/\text{jam}$ .

### **C. Ballast Water Treatment System**

Ballast Water Treatment System sebagai salah satu permesinan yang berfungsi memproses ballast water secara kimia, mekanik atau fisik untuk membunuh mikro organisme yang berasal dari air ballast tersebut. Alat ini memiliki beberapa tipe : seperti sistem Filtrasi, Chemical Disinfection, Ultra Violet, Deoxygenation Treatment, Thermal Treatment, Electric Pulse dan Magnetic Field Treatment. Sebagai standart dari IMO, penggunaan Ballast Treatment harus menggunakan minimal dua type.

Sesuai aturan yang ditetapkan oleh International Maritime Organization(IMO), air balas kapal tidak boleh langsung dibuang pada perairan karena dapat mengakibatkan masalah yang cukup serius, air ballast harus diolah dahulu menggunakan alat pengolah. Seperti di SE No.20 tahun 2019 penerapan penggunaan ballast water treatment (Metode D-2) Untuk kapal yang belum memiliki sertifikat ballast water management maka pada saat penerbitan sertifikat mulai tanggal 8 september 2019 wajib menerapkan penggunaan ballast water treatment(Metode D-2) (ang et al., 2020)

Model pengolahan air balas kapal yang dipakai dalam analisis ini, Model pengolahan air balas menggunakan sinar UV pengolahan menggunakan ultra violet ini ini hampir sama yang membedakan hanya medianya saja (Abdillah et al., n.d.).

Teknologi filtrasi dalam sistem pengolahan air ballast berperan penting dalam mengurangi kandungan mikro-organisme dan partikel besar sebelum air ballast memasuki tahap perlakuan lebih lanjut. Sistem ini telah diuji dan dikembangkan berdasarkan hasil

laboratorium dan pemodelan berbasis lahan untuk memenuhi standar persetujuan IMO, dengan fokus pada pengendalian risiko pencemaran lingkungan akibat pelepasan air ballast (Rahman, 2017).

Menurut (Thach & Hung, 2023) Alat filtrasi terdiri dari dua komponen utama:

#### 1. Filtration System

Untuk menyaring sedimen dan biota dengan efisiensi tinggi (80% > 50 mikron), mencegah akumulasi partikel besar serta organisme yang dapat memengaruhi kualitas air ballast.

#### 2. Secondary Treatment Unit

Yang dapat mencakup teknologi tambahan seperti UV atau oksidasi, untuk membasmi bakteri dan mikro-organisme kecil yang lolos dari proses filtrasi awal.

Dengan teknologi ini, proses pengolahan air ballast menjadi lebih efektif dan ramah lingkungan, memastikan kepatuhan terhadap standar D1/D2 serta mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem laut.

Mengingat maraknya pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh air ballast, maka konvensi internasional untuk kontrol dan manajemen air ballast yang diselenggarakan pada tahun 2004, mewajibkan semua kapal yang menggunakan air ballast untuk menerapkan Standard D-2 atau melengkapi dengan pengolahan air ballast (Water Treatment) mulai tahun 2016. Teknologi pada pengolahan air ballast yang disyaratkan oleh IMO harus bebas bahan aditif, bahan kimia dan racun.

Teknologi PureBallast 3.2 merupakan salah satu teknologi terkini yang digunakan dalam pengolahan air ballast. Sistem ini memanfaatkan Advanced UV Technology dengan medium lampu UV khusus yang mampu menghasilkan radiasi tinggi untuk menonaktifkan mikro-organisme dalam air ballast. Radiasi UV yang dihasilkan hanya berlangsung dalam hitungan mili detik, tetapi cukup efektif dalam

merusak DNA dan membran sel mikro-organisme sehingga mencegah reproduksi lebih lanjut.

Saat pengisian tangki ballast (Ballasting), air dari laut pertama-tama melewati filter 50 mikrometer untuk menyaring partikel besar guna menghindari sedimentasi serta mikro-organisme yang tidak diinginkan. Kemudian, air dialirkan melalui sistem PureBallast 3.2 yang menggunakan teknologi UV yang telah dioptimalkan untuk berbagai kondisi air, termasuk air laut dengan kadar kekeruhan tinggi, guna memastikan eliminasi mikro-organisme yang lolos dari proses penyaringan sebelumnya.

Ketika membuang air ballast ke laut (Deballasting), air dari tangki ballast dialirkan kembali melalui sistem PureBallast 3.2 untuk tahap akhir sterilisasi. Proses ini memastikan bahwa air ballast yang dibuang telah dinetralkan dari mikro-organisme berbahaya, sehingga meminimalkan dampak lingkungan sesuai dengan standar D1/D2 yang ditetapkan oleh IMO.

Pada tahun 2001, komunitas maritim dunia menyadari bahwa BWE saja tidak dapat memberikan solusi untuk masalah bio-invasi. Perlu adanya metode alternatif dalam pengelolaan air ballast. Peneliti menemukan bahwa BWT dapat lebih efektif dalam mengelola air ballast dibandingkan dengan pertukaran air ballast. Konvensi IMO 2004 telah memberikan pedoman (G8, G9, G10) untuk persetujuan sistem pengolahan yang berbeda untuk pengelolaan air ballast. Konvensi air ballast tidak memberikan persyaratan khusus untuk metode pengolahan yang harus diikuti dalam BWMS. Desain perlakuan ditinjau, disetujui, dipasang, dan dioperasikan oleh Persetujuan Jenis agar sesuai dengan konvensi IMO untuk pencegahan dan pemberantasan spesies invasif yang efektif (Lakshmi et al., 2021).

Menurut (ang et al., 2020) Ballast Water Management System, Untuk beberapa system jika perlu dilakukan penanganan/retreatment

atau netralisasi kembali sebelum air ballast tersebut dibuang keluar kapal. Type BWT system, dari guidelines yang diterbitkan oleh class NK, mengacu pada regulasi G8 dan G9 terdiri dari beberapa metode:

1. Metode penyaringan dan kimia (filtration & Chemical)
2. Metode Filtrasi dan UV/TiO<sub>2</sub>
3. Metode Filtrasi, kavitasi, dan electrolysis
4. Metode Gas (Inert gas, Ozone, dll)
5. Metode Electrolysis
6. Metode pemisahan secara magnetik (Magnetic Sparation)

MV. Sinar Kuta menggunakan sistem BWTS Alfa Laval PureBallast 3.2, yang merupakan salah satu teknologi pengolahan air ballast dengan sistem desinfeksi berbasis UV (Ultraviolet Treatment). Sistem ini dikembangkan untuk memenuhi standar yang ditetapkan dalam Ballast Water Management Convention (BWMC), memastikan bahwa air ballast yang dilepaskan ke lingkungan laut tidak mengandung mikroorganisme atau spesies invasif yang dapat merusak ekosistem.

Menurut (Alfa Laval Corporate AB, 2018), PureBallast 3.2 memiliki keunggulan dalam efektivitas operasional dan efisiensi energi, serta mampu bekerja dalam kondisi air dengan tingkat kekeruhan tinggi. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, seperti pompa air ballast, filter pre-treatment, dan unit reaktor UV. Proses utama dalam sistem ini melibatkan tiga tahapan:

1. Filtrasi awal, menghilangkan partikel besar dan sedimen dari air ballast.
2. Disinfeksi UV, menggunakan sinar ultraviolet untuk menonaktifkan mikroorganisme dan patogen.
3. Pemantauan & control, sistem otomatis yang memastikan efektivitas proses sesuai standar IMO.

## **D. Pencemaran**

### **1. Pencemaran lingkungan**

Pencemaran lingkungan (environmental pollution) adalah terkontaminasinya komponen fisik dan biologis dari sistem bumi dan atmosfer sehingga mengganggu keseimbangan ekosistem lingkungan.

Kontaminasi tersebut bisa berasal dari kegiatan manusia ataupun proses alam, yang menyebabkan kualitas lingkungan menjadi tidak dapat berfungsi sesuai dengan seharusnya (Perhubungan et al., 2024).

Sementara, Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup memberi penjelasan bahwa pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.

### **2. Pencemaran laut**

Pencemaran air adalah masuknya bahan pencemar (polutan) ke dalam lingkungan air sehingga komposisi air pada keadaan normalnya berubah. Bahan pencemaran air dapat berupa limbah padat maupun limbah cair, misalnya limbah yang berasal dari rumah tangga, industri, pertanian, air ballast dan rumah sakit.

Manusia sebagai makhluk yang mampu memanfaatkan alam sebesar-besarnya tetapi cenderung mengeksploitasi secara besar-besaran pula, bersifat konsumtif dan merusak/mencemari lingkungan. Akibatnya pula polusi di darat, air maupun di udara tak terbandung dan pada akhirnya berdampak negatif bagi kehidupan manusia itu sendiri. Polutan dalam air mencakup unsur-unsur kimia, patogen/bakteri dan perubahan sifat fisika dan kimia dari air.

Menurut Peraturan Pemerintah No.19/1999, pencemaran laut terjadi ketika makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain masuk ke lingkungan laut akibat aktivitas manusia, menyebabkan penurunan kualitas yang mengganggu baku mutu dan fungsinya.

#### **E. Bakteri dan patogen**

Menurut (Bakhtiar et al.,2009), “patogen/bakteri” adalah suatu zat yang mengakibatkan pencemaran sehingga menimbulkan penyakit pada manusia dan binatang karena umumnya unsur kimia tersebut menjadi racun yang mencemari air.

Perairan laut dan pesisir mengandung berbagai mikroorganisme yang memiliki peran fungsional penting di dasar jaring makanan di semua ekosistem perairan di bumi (Azam, 1998). Air Ballast menampung berbagai mikroorganisme dengan keragaman filogenetik yang besar. Bentuk-bentuk mikroorganisme yang mudah dikenali seperti ganggang dan protista kurang berlimpah dibandingkan prokariota (Archaea dan Bakteri) dan virus, yang mungkin melebihi kelompok taksonomi lainnya dalam jumlah beberapa urutan besarnya (Carlton, 1985; Gasol dan Kirchman, 2008) . (Gollasch et al., 2007)

Sebagai contoh, ganggang planktonik biasanya membentuk 0,1–10% dari kepadatan mikroba di perairan alami. Banyak bakteri dapat mentolerir kondisi lingkungan yang lebih luas daripada organisme lain dan mungkin menunjukkan sifat seperti tahap istirahat yang tidak aktif, kapasitas reproduksi yang tinggi, penggunaan substrat yang beragam, dan fungsi remineralisasi. Apakah bakteri lebih mungkin membentuk populasi daripada mikroorganisme eukariotik di daerah baru sulit untuk diketahui. Namun, mengingat kelimpahan dan toleransi mereka terhadap kondisi yang tidak menguntungkan, potensi invasi mereka kemungkinan lebih tinggi daripada organisme lain (Dobbs dan Rogerson, 2005; Drake et al., 2007; Litchman, 2010; Lovell dan Drake, 2009; Ruiz et al. , 2000; Seebens et al., 2013). Dengan demikian, bakteri dan virus, dengan

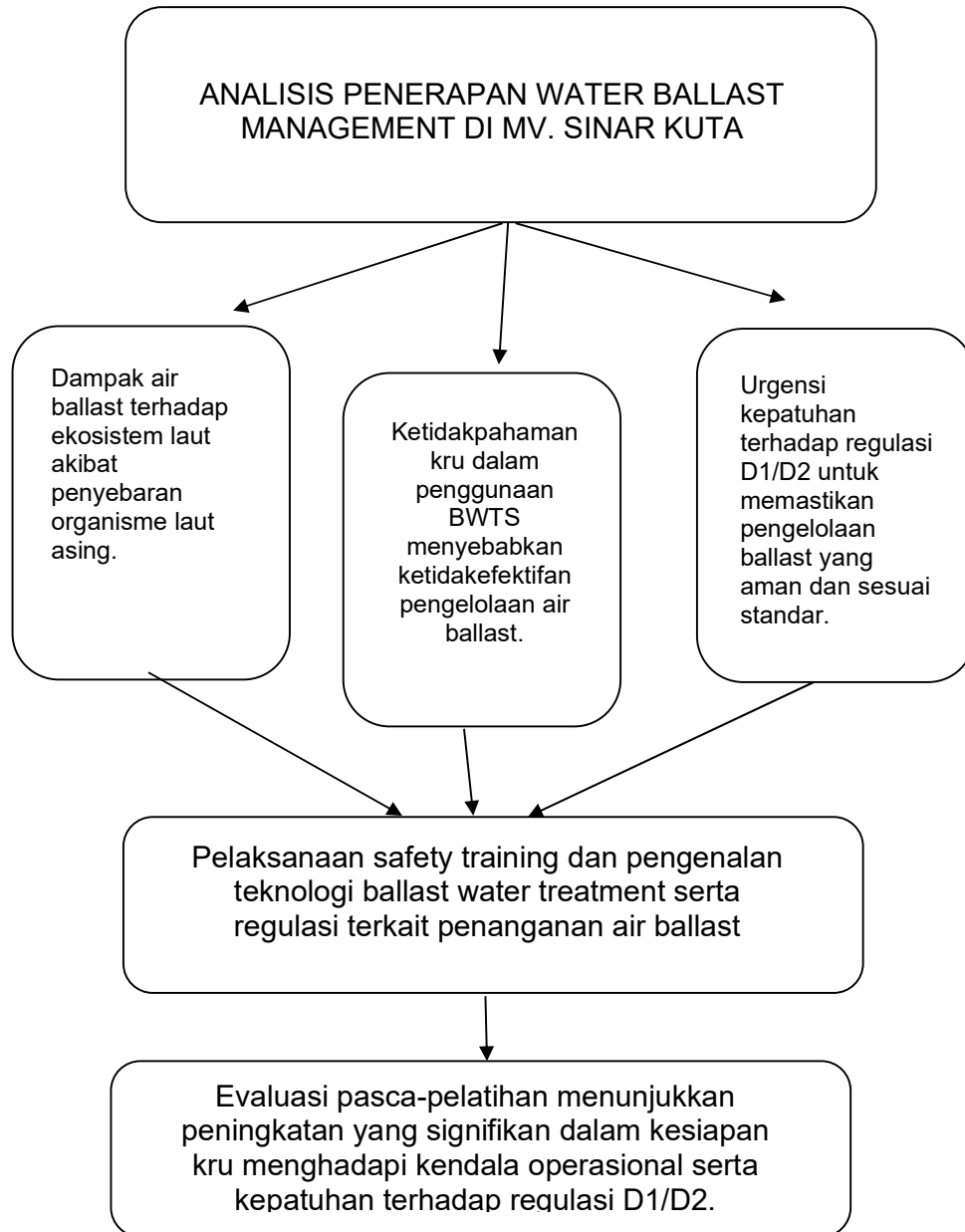
kelimpahan khas masing-masing 106 dan 107 sel·mL<sup>-1</sup>, adalah fokus dari pembahasan ini (Drake & Lodge, n.d.).

Invasi biologis merupakan penyebab utama kepunahan spesies dan homogenisasi biotik di seluruh dunia (Salaet al.2000; Lockwood & McKinney 2001). Oleh karena itu, penggambaran pola invasi yang ada dan memperkirakan invasi di masa depan sangat penting untuk pengelolaan sumber daya keanekaragaman hayati global yang lebih efektif. Namun, invasi sulit dihitung karena organisme dengan kepadatan rendah sering diabaikan. Selain itu, karena invasi umumnya dimulai selama perdagangan, kuantifikasi memerlukan analisis terintegrasi dari faktor ekologi dan jalur komersial.

Menghitung pergerakan 7.000–10.000 spesies secara bersamaan (Carlton 1999), air ballast adalah sumber utama spesies invasif di ekosistem air tawar dan laut pesisir. Di sini, diperkirakan tingkat invasi menunjukkan bahwa keefektifan relatif dari menghilangkan hubungan pelayaran pelabuhan-ke-pelabuhan utama dapat diabaikan dibandingkan dengan pengurangan moderat dalam kunjungan per kapal untuk memperkenalkan spesies invasif. Berdasar pada data jumlah kapal yang mengunjungi 243 pelabuhan di seluruh dunia dan probabilitas perjalanan pelabuhan ke pelabuhan untuk mengidentifikasi hotspot invasi dan hubungan pelabuhan ke pelabuhan utama. kemudian mengidentifikasi subset pelabuhan yang berkontribusi paling besar terhadap pertukaran spesies non-asli antar wilayah, dengan menggunakan analisis aliran jaringan. Setelah itu menggunakan simulasi stokastik untuk memperkirakan waktu invasi dari invasi sekunder (batu loncatan) di bawah dua pendekatan manajemen alternatif: eliminasi organisme dalam air ballast di pelabuhan (seperti yang mungkin dicapai dengan fasilitas perawatan di darat); atau pengurangan jumlah organisme di setiap kapal secara global (seperti yang mungkin dicapai dengan pengolahan air ballast di atas kapal) (Hess-Erga et al., 2019).

## F. Kerangka Pikir

Gambar 2. 1 Kerangka Pikir



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif, yang bertujuan untuk mengeksplorasi implementasi sistem Ballast Water Treatment System (BWTS) dalam kapal serta kepatuhan terhadap standar D1/D2 yang ditetapkan oleh International Maritime Organization (IMO). Metode ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk menggali secara mendalam berbagai faktor yang mempengaruhi penerapan sistem BWTS, termasuk tantangan teknis, regulasi, serta dampak lingkungan dan operasionalnya.

Pendekatan kualitatif dalam penelitian ini bersifat deskriptif, yang berarti data dikumpulkan dan dianalisis untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai fenomena yang diteliti. Metode ini tidak berfokus pada angka atau statistik, melainkan pada pemahaman mendalam terhadap suatu masalah berdasarkan pengalaman dan perspektif pelaku industri maritim.

Sebagai alat bantu analisis, penelitian ini juga menggunakan pendekatan Fishbone Analysis (Diagram Ishikawa) untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan akar penyebab dari hambatan implementasi BWTS dan ketidakpatuhan terhadap standar D1/D2.

#### **B. Definisi Konseptual**

*Fishbone Analysis*, atau dikenal sebagai *Diagram Ishikawa*, adalah metode analisis visual yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengelompokkan, dan mengevaluasi berbagai faktor penyebab dari suatu masalah secara sistematis. Bentuk diagram ini menyerupai tulang ikan, di mana “kepala ikan” mewakili masalah utama yang sedang dianalisis, dan “tulang-tulang” yang menjulur ke samping mewakili kategori penyebab yang berkontribusi terhadap masalah tersebut.

Dalam konteks penelitian ini, *Fishbone Analysis* digunakan sebagai alat bantu untuk menganalisis akar penyebab dari tantangan implementasi sistem *Ballast Water Treatment System* (BWTS) dan kepatuhan terhadap standar D1/D2 yang ditetapkan oleh *International Maritime Organization* (IMO) di MV. Sinar Kuta.

Kategori utama yang dianalisis meliputi:

1. **Man (Sumber Daya Manusia):** Kompetensi, pelatihan, dan kesadaran kru terhadap pengoperasian BWTS
2. **Machine (Peralatan):** Kondisi teknis, efektivitas, dan kompatibilitas sistem BWTS
3. **Method (Metode):** Prosedur operasional, SOP, dan pemahaman terhadap regulasi
4. **Environment (Lingkungan):** Kondisi pelabuhan, suhu dan tekanan air, serta regulasi lokal yang memengaruhi pelaksanaan BWTS

Penggunaan *Fishbone Analysis* dalam penelitian ini bertujuan untuk memetakan hubungan sebab-akibat secara komprehensif, sehingga dapat dirumuskan rekomendasi strategis untuk meningkatkan efektivitas dan kepatuhan terhadap sistem BWTS.

### C. Unit Analitis

Unit Analisis yang digunakan dalam skripsi ini, antara lain :

1. Sumber Daya Manusia

Kompetensi, Pelatihan, dan pemahaman kru terhadap pengoperasian system BWTS

2. Machine / Tool

Prosedur operasional ( Manual Book ), Standar Operasional Mesin BWTS Alva Laval PureBallast 3.1 dan regulasi D2 Ballast Exchange.

### 3. Metode

Metode wawancara kepada mualim 1 selaku PIC dalam kegiatan ballasting kapal dan salah satu ABK pasca *safety meeting*.

### 4. Environment

Data penelitian ini diperoleh selama penulis menjalani praktek laut di MV. Sinar Kuta Ketika rute kapal menuju ke Singapura.

## **D. Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data dan instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

#### 1. Metode lapangan (field research)

Yaitu penelitian yang dilakukan dengan cara mengamati langsung objek yang sedang diteliti. Informasi data penelitian dikumpulkan melalui:

##### a. Observasi

Metode ini melibatkan pengamatan langsung di kapal MV. Sinar Kuta untuk menilai efektivitas sistem pengelolaan air ballast serta kendala operasional yang dihadapi. Observasi dilakukan terhadap prosedur pengoperasian Ballast Water Treatment System (BWTS) guna memahami sejauh mana kru kapal menerapkan Water Ballast Management Plan sesuai regulasi Ballast Water Management Convention (BWMC).

##### b. Wawancara

Teknik ini dilakukan melalui tanya jawab langsung dengan kru dan perwira di kapal untuk memperoleh informasi terkait pemahaman mereka terhadap pengelolaan air ballast, tantangan yang dihadapi dalam implementasi BWTS, serta tingkat kepatuhan terhadap standar D1/D2. Wawancara juga mengeksplorasi pengalaman kru dalam mengadaptasi teknologi ini dalam operasi sehari-hari.

## 2. Tinjauan perpustakaan (library research)

yaitu penelitian yang difokuskan pada literatur yang membahas regulasi dan teknologi pengelolaan air ballast. Kajian ini bertujuan untuk mengidentifikasi metode yang paling efektif dalam meningkatkan efisiensi Ballast Water Treatment System serta menelaah rekomendasi dari berbagai sumber akademik dan regulasi terkait implementasi BWM-C di kapal MV. Sinar Kuta.

### **E. Teknik Analisis Data**

menjelaskan bahwa penelitian kualitatif berfokus pada deskripsi kondisi, karakteristik, atau nilai dari suatu objek dan gejala tertentu. Peneliti berfungsi sebagai instrumen utama dalam mengumpulkan data yang dapat berupa kata-kata, gambar, serta informasi dari hasil pengamatan di lapangan.

Untuk mengidentifikasi akar permasalahan secara sistematis, penelitian ini menggunakan metode Fishbone Analysis (Diagram Ishikawa) sebagai teknik analisis data. Metode ini memungkinkan peneliti untuk mengelompokkan dan mengevaluasi faktor-faktor penyebab dari suatu masalah.

Melalui pendekatan ini, peneliti dapat memetakan hubungan sebab-akibat secara visual dan analitis, sehingga memudahkan dalam merumuskan rekomendasi strategis yang berbasis bukti untuk meningkatkan efektivitas dan kepatuhan terhadap sistem BWTS.