



Analisis Kegagalan Proses *Preparing Ballasting* Pada *Ballast Water Treatment System* di MV. Crystal Jade

SKRIPSI

**Untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Pelayaran pada
Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang**

Oleh

MOHAMAD ZAIN ANLA PRADANA
NIT. 572011237700 T

**PROGRAM STUDI TEKNIKA DIPLOMA IV
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN
SEMARANG**

2024



Analisis Kegagalan Proses *Preparing Ballasting* Pada *Ballast Water Treatment System* di MV. Crystal Jade

SKRIPSI

**Untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Pelayaran pada
Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang**

Oleh

MOHAMAD ZAIN ANLA PRADANA
NIT. 572011237700 T

PROGRAM STUDI TEKNIKA DIPLOMA IV

POLITEKNIK ILMU PELAYARAN

SEMARANG

2024

HALAMAN PERSETUJUAN

Analisis Kegagalan Proses *Preparing Ballasting* Pada *Ballast Water Treatment System* di MV. Crystal Jade

Disusun Oleh:



MOHAMAD ZAIN ANLA PRADANA
NIT. 572011237700 T

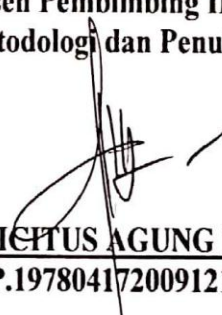
Telah disetujui dan diterima, selanjutnya dapat diujikan di depan Dewan Penguji
Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang
Semarang, 25 OKTOBER..... 2024

**Dosen Pembimbing I
Materi**



Dr. ALI MUKTAR SITOMPUL, M.T, M.Mar.E
NIP.197303312006041001

**Dosen Pembimbing II
Metodologi dan Penulisan**



ANICUS AGUNG NUGROHO, S.Si.T..M.Si
NIP.197804172009121002

**Mengetahui
Ketua Program Studi Teknika**



Dr. ALI MUKTAR SITOMPUL, M.T, M.Mar.E
NIP.197303312006041001

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI DENGAN JUDUL “ANALISIS KEGAGALAN *PREPARING BALLASTING* PADA *BALLAST WATER TREATMENT SYSTEM* DI MV. CRYSTAL JADE” karya,

Nama : Mohamad Zain Anla Pradana

NIT : 57201123700 T

Program Studi : Teknika

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Penguji Skripsi Prodi Teknika, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang pada hari ~~SA~~ ~~OKTOBER~~ 2024

Semarang, 29 ~~NOVEMBER~~ 2024

PENGUJI

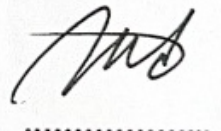
Penguji I : **Dr. MUH. HARLIMAN SALEH, M.Pd.**
NIP. 197111021999031001



Penguji II : **Dr. ALI MUKTAR SITOMPUL, M.T., M.Mar.E.**
NIP. 19730331 2006031001



Penguji III : **Drs. SUHARTO, M.T.**
NIP. 19661219 1994031001



Mengetahui :
Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang

Dr. Ir. MAFRISAL, M.T., M.Mar.E
Pembina (IV/a)
NIP. 197302051999031002

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mohamad Zain Anla Pradana

NIT : 572011237700 T

Program Studi : Teknika

Skripsi dengan judul “ANALISIS KEGAGALAN PROSES *PREPARING BALLASTING* PADA *BALLAST WATER TREATMENT SYSTEM* DI MV. CRYSTAL JADE”

Dengan ini saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini benar-benar hasil karya (penelitian dan tulisan) sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan apabila ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya ini.

Semarang, 25 OKTOBER 2024

Yang menyatakan pernyataan,



Mohamad Zain Anla Pradana
NIT. 572011237700 T

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

1. Lebih baik memperbaiki keadaan yang ada daripada mencela keadaan yang ada
2. Kesuksesan itu bukan ditunggu, tetapi diwujudkan
3. Kelamaan menunggu hanya akan mendatangkan rasa kecewa, cobalah buat waktumu jadi lebih berharga

Persembahan :

1. Keluarga besar saya, terutama Bapak Sugiyarto dan Ibu Asih Purwanti.
2. Pacar saya Riska Anisya Putri yang telah membantu, mendukung, dan memberikan semangat kepada penulis.
3. Almamater saya, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.

PRAKATA



Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat serta hidayah-Nya Peneliti telah mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis kegagalan proses *preparing ballasting* pada *ballast water treatment system* di MV. Crystal Jade”, guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Pelayaran dan untuk menyelesaikan program pendidikan Diploma IV di Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.

Dalam penyusunan skripsi ini, Peneliti banyak mendapat bimbingan dan arahan dari berbagai pihak yang sangat membantu dan bermanfaat. Dalam kesempatan ini Peneliti ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Bapak Dr. Ir. Mafrisal, M.T., M.Mar.E. selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.
2. Bapak Dr. Ali Muktar Sitompul, M.T, M.Mar.E selaku Ketua Program Studi Teknik Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang serta Dosen Pembimbing I Skripsi yang telah sabar dalam memberikan bimbingan dalam penyusunan skripsi.
3. Bapak Anicitus Agung Nugroho, S.Si.T., M.Si selaku Dosen Pembimbing II yang telah sabar dalam memberikan bimbingan dalam penyusunan skripsi.
4. Kepada dosen penguji skripsi yang telah menguji skripsi.
5. Seluruh dosen PIP Semarang yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat dalam membantu proses penyusunan skripsi ini.

6. Perusahaan PT. Jasindo Duta Segara dan seluruh crew kapal MV. Crystal Jade yang telah memberikan kesempatan untuk tempat penelitian dan praktik laut serta membantu proses Penelitian skripsi ini.
7. Bapak Sugiyarto dan Ibu Asih Purwanti selaku orang tua yang telah memberikan doa dan dukungannya.
8. Seluruh teman-teman angkatan LVII terutama teman-teman Prodi Teknika yang sudah memberikan dukungan.

Dengan segala kerendahan hati, Peneliti menyadari bahwa dalam Penelitian skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Peneliti mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dalam penyempurnaan skripsi ini. Peneliti berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi seluruh civitas akademika Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang khususnya prodi Teknika dan bagi seluruh pembaca skripsi ini.

Semarang, 25 OCTOBER 2024

Peneliti



MOHAMAD ZAIN ANLA PRADANA
NIT. 572011237700 T

ABSTRAKSI

Pradana, Mohamad Zain Anla. 2024. “*Analisis kegagalan proses preparing ballasting pada ballast water treatment system di MV. Crystal JAde*”. Skripsi. Program Diploma IV, Program Studi Teknika, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, Pembimbing I : Dr. Ali Muktar Sitompul M.T, M.Mar.E., pembimbing II: Anicitus Agung Nugroho, S.Si T.,M.Si

Proses preparing ballasting merupakan proses persiapan sebelum proses ballasting berjalan. Berdasarkan pengalaman peneliti Pada saat melakukan bongkar di Pelabuhan Batangas Filipina, tanggal 16 Mei 2023 ketika melakukan preparing ballasting, terdapat masalah pada proses preparing ballasting yaitu alarm. Setelah diamati ternyata di chemical unit infusion terdapat pompa mengalami tekanan rendah yang mana seharusnya dapat memindahkan chemical dari TB3 tank menuju TB2 tank dalam waktu 2 menit kenyataanya dalam waktu 2 menit kurang alarm berbunyi dan monitor menunjukkan alarm TB solution transfer error, hal ini dapat mengganggu proses ballasting dan mengganggu kelancaran pengisian air ballast.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor penyebab, dampak kegagalan proses preparing ballasting tersebut, serta langkah-langkah untuk mengatasi masalahnya. Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan teknik analisis data RCA (Root Cause Analysis) 5 why untuk menemukan akar penyebab masalah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kegagalan proses preparing ballasting disebabkan oleh casing yang terdapat lobang. Dampak dari casing yang terdapat lobang yaitu terjadi kebocoran yang menyebabkan proses transfer chemical error. Upaya untuk mengatasi casing yang terdapat lobang adalah mengganti casing tersebut dengan spare yang tersedia di atas kapal. Untuk itu perlu dilakukan penggantian casing ketika masa pakai telah mencapai 2.5 tahun atau pada saat docking.

Kata kunci: *preparing ballasting, ballast water treatment system, chemical unit infusion, TB solution transfer, air ballast, casing, RCA.*

ABSTRACT

Pradana, Mohamad Zain Anla. 2024. “*Analysis of the failure of the preparing ballasting process in the ballast water treatment system on the MV. Crystal Jade*”. Thesis. Diploma IV Program, Engineering Study Program, Semarang Maritime Polytechnic, Supervising I: Dr. Ali Muktar Sitompul M.T, M.Mar.E., Supervising II: Anicitus Agung Nugroho, S.Si T.,M.Si

The preparing ballasting process is a preparation process before the ballasting process runs. Based on the researcher's experience When unloading at the Port of Batangas in the Philippines, on May 16, 2023, when preparing ballasting, there was a problem in the preparing ballasting process, namely an alarm. After being observed, it turns out that in the chemical infusion unit there is a pump experiencing lace pressure which should be able to move chemicals from the TB3 tank to the TB2 tank within 2 minutes, in fact within 2 minutes less than the alarm sounds and the monitor shows the TB solution transfer error alarm, this can interfere with the ballasting process and interfere with the smooth filling of ballast water.

This research aims to identify the causal factors, the impact of failure in the preparing ballasting process, as well as steps to overcome the problem. The method used is descriptive qualitative with the RCA (Root Cause Analysis) 5 why data analysis technique to find the root cause of the problem.

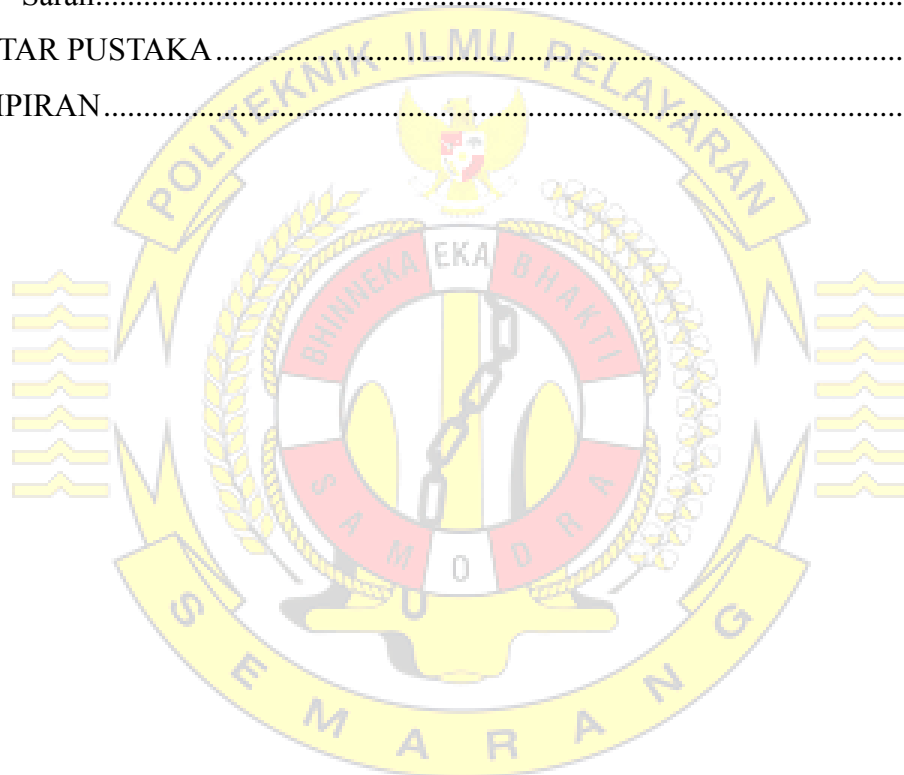
The research results showed that the failure of the preparing ballasting process was caused by the casing having holes. The impact of a casing that has a hole is that there is a leak which causes a chemical transfer process error. The effort to deal with casings that have holes is to replace the casing with spare parts available on board. For this reason, it is necessary to replace the casing when the service life reaches 2.5 years or when docking.

Keywords: preparing ballasting, ballast water treatment system, preparing ballasting, ballast water treatment system, chemical unit infusion, TB solution transfer, ballast water, casing, RCA.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAKSI	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Fokus Penelitian.....	4
C. Rumusan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
A. Deskripsi Teori.....	7
B. Kerangka Penelitian	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
A. Metode Penelitian.....	29
B. Tempat Penelitian.....	29
C. Sampel Sumber Data Penelitian.....	31
D. Teknik Pengumpulan Data	32
E. Instrumen Penelitian.....	33
F. Teknik Analisis Data Kualitatif.....	33
G. Pengujian Keabsahan Data.....	35

BAB IV HASIL PENELITIAN	36
A. Gambaran Konteks Penelitian.....	36
B. Deskripsi Data.....	37
C. Temuan.....	47
D. Pembahasan Hasil Penelitian	49
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	54
A. Simpulan	54
B. Keterbatasan Penelitian.....	54
C. Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....	56
LAMPIRAN.....	57



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Penelitian Terdahulu.....	37
--------------------------------------	----



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses ballasting.....	15
Gambar 2. 2 Proses deballasting	16
Gambar 2. 3 Filtration unit.....	16
Gambar 2.4 Chemical infusion unit BWMS	17
Gambar 2. 5 Main control unit BWMS.....	20
Gambar 2. 6 TRO sensor.....	18
Gambar 2. 7 Mixer pump	20
Gambar 2. 8 Level sensor.....	19
Gambar 2. 9 TB/PW hopper.....	21
Gambar 2. 10 Chemical transfer pump	22
Gambar 2. 11 Proses transfer chemical.....	24
Gambar 2. 12 Komponen pompa	25
Gambar 2. 13 Kerangka penelitian.....	28
Gambar 3. 1 Kapal MV. Crystal Jade.....	30
Gambar 4. 1 alarm pada monitor.....	38
Gambar 4. 2 BWTS Kuraray.....	45
Gambar 4. 3 kebocoran pada pompa P5.....	46
Gambar 4. 4 Lobang pada casing.....	47
Gambar 4. 5 Penggantian casing pompa.....	47
Gambar 4. 6 Analisis kegagalan proses preparing ballasting.....	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Ship Particulars.....	57
Lampiran 2 Crew List	58
Lampiran 3 Spesifikasi BWTS Kuraray	59
Lampiran 4 Ballasting.....	60
Lampiran 5 Proses pengukuran klorin	61
Lampiran 6 Proses penginjeksian chemical menuju mixer.....	62
Lampiran 7 Transkrip Data Wawancara.....	63



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kapal merupakan kendaraan laut yang penting dalam perdagangan internasional, membantu memudahkan pengiriman barang ke berbagai negara. Kapal *container, tanker, tugboat, LNG, bulk carrier*, dan lainnya adalah beberapa jenis kapal yang dirancang untuk memenuhi berbagai kebutuhan. Setiap jenis kapal mempunyai masing-masing tujuan pelayaran tersendiri untuk mencapai ke seluruh penjuru yang ada di dunia. Kapal yang masuk ke negara tujuan harus menaati peraturan yang telah ditentukan oleh IMO (*International Marine Organization*).

IMO (*International Marine Organization*) menyatakan bahwa setiap kapal harus mematuhi peraturan setiap wilayah yang mengharuskan proses pengisian *ballast* menggunakan *ballasting* dan *deballasting* untuk melakukan bongkar muat. *Ballasting* merupakan proses memasukkan air ke dalam tangki *ballast* kapal untuk menjaga stabilitas kapal, hal ini dilakukan pada saat kapal dalam kondisi kosong atau tanpa muatan. *Deballasting* adalah proses mengeluarkan air yang ada di dalam tangki *ballast* dan menjaga stabilitas kapal ketika kapal belum terisi dengan muatan. Selain itu, setiap kapal harus memiliki *ballast record book* yang nantinya akan diminta oleh pihak otoritas pelabuhan setempat.

Ballast water berfungsi untuk menyeimbangkan dan menstabilkan kapal ketika kapal sedang berlayar dalam posisi tanpa muatan, proses *ballasting* dan *deballasting* ini mengakibatkan pertukaran *organisme, spesies, protozoa* dan

hewan laut dari satu pelabuhan ke pelabuhan lain, sehingga proses ini mengganggu keseimbangan ekosistem laut. Untuk mengatasi permasalahan ini, dibutuhkan alat baru yang disebut *Ballast Water Treatment System (BWTS)*, sistem ini membersihkan dan memurnikan air selama proses *ballasting* dan *deballasting* dengan proses *filtrasi* dan penyuntikan *chemical* melalui sebagian tahapan sehingga organisme, dan *ballast* sedimen tidak akan tercampur pada saat masuk ke dalam tangki *ballast*.

Regulasi *ballast water* adalah serangkaian peraturan yang mengatur tentang penggunaan *ballast water* di atas kapal. Tujuan utamanya adalah untuk meminimalkan resiko penyebaran spesies mikroba dan organisme berbahaya melalui *ballast water*, yang dapat berdampak negatif terhadap lingkungan laut setempat. *International Marine Organization (IMO)* mengembangkan konvensi manajemen *ballast water* pada tahun 2004, konvensi ini bertujuan untuk mengatur penggunaan *ballast water* dan memperkenalkan standar internasional untuk pengelolaannya di atas kapal.

Menerapkan peraturan *ballast water* telah menjadi fokus utama dari upaya melestarikan lingkungan laut dan mengurangi dampak negatif kapal terhadap ekosistem laut. Hal ini adalah langkah penting dalam melindungi lingkungan laut global dan memastikan keberlanjutan sumber daya laut.

IMO (*International Marine Organization*) mengeluarkan sebuah regulasi *standart D-1 (ballast exchange)* dan *standart D-2 (ballast treatment)*. Standar *D-1 (ballast exchange)* mengatur standar untuk pertukaran air *ballast* di laut terbuka. *Ballast exchange* dilakukan dengan cara membuang air *ballast* yang ada di dalam kapal dan menggantinya dengan air laut bersih dari laut

terbuka. Tujuannya adalah untuk mengurangi kandungan organisme hidup di dalam *ballast* sebelum dilepaskan ke perairan lain. Pertukaran air *ballast* harus dilakukan pada jarak tertentu dari pantai dan dalam kedalaman tertentu sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan dalam regulasi ini. Standar D-1 (*ballast exchange*) berlaku untuk semua kapal dengan kapasitas air *ballast* tertentu, terlepas dari ukuran dan jenis kapal tersebut. Standar D-2 (*ballast treatment*) mengatur standar untuk penggunaan sistem pengolahan air *ballast* di kapal.

Sistem pengolahan air *ballast* dirancang untuk menghilangkan, inaktivasi, atau mematikan organisme hidup yang terdapat dalam air *ballast* sebelum air tersebut dilepaskan ke perairan lain. Standar yang ditetapkan dalam standar D-2 (*ballast treatment*) mencakup parameter seperti ukuran organisme hidup yang dihilangkan atau diinaktivasi, efisiensi sistem pengolahan, dan parameter lain yang berkaitan dengan efektivitas pengolahan *ballast water*. Kapal-kapal yang dilengkapi dengan sistem pengolahan air *ballast* harus mematuhi standar yang ditetapkan dalam standar D-2 (*ballast treatment*). Kedua regulasi ini bertujuan untuk mengurangi resiko penyebaran spesies invasif dan organisme berbahaya melalui air *ballast*, serta melindungi ekosistem laut dari dampak negatif kapal-kapal. Implementasi dan pemantauan kepatuhan terhadap *standart* D-1 (*ballast exchange*) dan *standart* D-2 (*ballast treatment*) menjadi tanggung jawab negara-negara anggota Konvensi pengelolaan *ballast water*. Menurut aturan D-2 (*ballast treatment*) digunakan untuk mencegah pencemaran lingkungan dan kerusakan ekosistem laut, peneliti akan meneliti tentang penerapan aturan D-2 yang telah terpasang

di kapal MV. Crystal Jade. Nama lain dari alat yang telah diterapkan yaitu *Ballast Water Treatment System Kuraray*.

Pada saat melakukan bongkar muat, diperlukan proses *ballasting* untuk pengisian air *ballast* ke dalam tangki. Proses pengisian air *ballast* harus berjalan dengan lancar, sehingga pengisian air *ballast* tidak terjadi keterlambatan. Kelancaran dalam proses *ballasting* guna pengisian air *ballast* yang masuk ke dalam tangki harus mendapatkan perawatan yang baik.

Pada saat melakukan bongkar di pelabuhan Batangas Filipina, tanggal 16 Mei 2023 ketika melakukan *preparing ballasting*, terdapat masalah pada proses *preparing ballasting* yaitu *alarm*. Setelah diamati ternyata di *chemical unit infusion* terdapat pompa yang tekananya rendah yang mana seharusnya dapat memindahkan *chemical* dari TB3 *tank* menuju TB2 *tank* dalam waktu 2 menit kenyataanya dalam waktu 2 menit kurang *alarm* berbunyi dan monitor menunjukkan *alarm TB solution transfer error*, hal ini dapat mengganggu proses *preparing ballasting* dan mengganggu kelancaran pengisian air *ballast*.

Berdasarkan latar belakang diatas, peneliti tertarik untuk mengambil judul skripsi “**Analisis Kegagalan Proses *Preparing Ballasting* Pada *Ballast Water Treatment System* Di MV. Crystal Jade**”.

B. Fokus Penelitian

Pengumpulan data atau informasi merupakan salah satu langkah penting dalam proses penelitian. Data yang terkumpul kemudian akan diolah dan dianalisis untuk menghasilkan kesimpulan yang relevan dengan masalah yang

dibahas. Dengan menetapkan fokus penelitian, peneliti dapat membatasi cakupan topik dan sumber-sumber yang dituju. Hal ini membantu peneliti tetap berada pada tujuan utama studi dan menghindari pengumpulan informasi yang tidak relevan di lapangan. Maka pada penelitian ini berfokus pada faktor kegagalan proses *preparing ballasting* pada *Ballast Water Treatment System* di MV. Crystal Jade.

C. Rumusan Masalah

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi penyebab yang menjadi dasar dari kegagalan proses *preparing ballasting* pada *ballast water treatment system*. Rumusan masalah yang akan ditentukan oleh penulis adalah sebagai berikut :

1. Faktor apa yang menyebabkan kegagalan proses *preparing ballasting* pada *ballast water treatment system*?
2. Apa dampak dari penyebab kegagalan proses *preparing ballasting* pada *ballast water treatment system*?
3. Upaya apa saja yang harus dilakukan dalam mengatasi penyebab kegagalan proses *preparing ballasting* pada *ballast water treatment system*?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dirumuskan berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi sebelumnya, maka penulis mempunyai tujuan yaitu :

1. Mengetahui faktor yang menyebabkan kegagalan proses *preparing ballasting* pada *ballast water treatment system*.

2. Untuk mengetahui dampak dari penyebab kegagalan proses *preparing ballasting* pada *ballast water treatment system*.
3. Untuk mengetahui upaya mengatasi penyebab kegagalan proses *preparing ballasting* pada *ballast water treatment system*.

E. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Diharapkan penelitian ini dapat menambah pengetahuan dan wawasan bagi para pembaca tentang penyebab dan dampak dari kegagalan *preparing ballasting* agar kejadian tersebut tidak terulang kembali dan upaya untuk mengatasinya. Hasil dari penelitian untuk memberikan wawasan bagi para taruna yang akan melaksanakan praktek laut jika menemui masalah yang sama pada saat di atas kapal tentang kegagalan proses *preparing ballasting* pada *ballast water treatment system*

2. Manfaat Praktis

Diharapkan menjadi referensi bagi peneliti tentang upaya mengatasi kegagalan proses *preparing ballasting* supaya tidak terulang kembali dan memastikan agar pengoperasian sistem BWTS tetap beroperasi dengan lancar bila nantinya naik ke kapal jika menemui masalah yang sama serta dapat menjadikan acuan bagi peneliti selanjutnya dan menambah koleksi buku di Perpustakaan Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Analisis

Menurut Spradley (dalam Sugiyono, 2022) Analisis data merupakan serangkaian langkah sistematis untuk mengolah informasi yang dikumpulkan melalui berbagai metode seperti wawancara, observasi, dan dokumen. Proses ini melibatkan pengaturan data ke dalam kelompok-kelompok tertentu, pemecahan informasi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil, penggabungan kembali elemen-elemen tersebut, mengidentifikasi pola-pola, pemilihan aspek aspek yang relevan untuk dikaji lebih lanjut dan penarikan kesimpulan. Tujuan akhir dari analisis data adalah untuk menghasilkan pemahaman yang jelas dan mudah dipahami, baik bagi peneliti sendiri maupun bagi orang lain yang membaca hasil analisis tersebut.

Menurut Susan Stainback (dalam Sugiyono, 2022) berpendapat bahwa analisis data merupakan hal yang kritis dalam proses penelitian kualitatif. Analisis digunakan untuk memahami hubungan dan konsep dalam data sehingga hipotesis dapat dikembangkan dan dievaluasi.

2. *Ballast Water*

Ballast water didefinisikan sebagai air yang diambil dari perairan sekitar atau pelabuhan setempat yang digunakan oleh kapal untuk menjaga stabilitas dan keseimbangan. Kapal akan mengisi air *ballast* saat muatan kosong dan membuangnya saat muatan penuh. Proses pengisian

dan pengosongan air *ballast* dikenal sebagai *ballasting* dan *deballasting*. Kapal mengambil air *ballast*, yang mengandung *plankton*, bakteri, dan organisme hidup lainnya, dan menyimpannya dalam tangki *ballast*. Ketika kapal sudah mencapai tujuannya, air *ballast* yang mengandung *plankton*, bakteri, dan organisme hidup lainnya ini akan dibuang. Hal ini akan menyebabkan dampak negatif pada ekosistem laut.

3. *Ballast Water Management*

Menurut International Marine Organization (2009) menetapkan konvensi internasional untuk mengendalikan dan mengelola *ballast water convention (BWMC)* pada tahun 2004, yang bertujuan untuk meminimalkan pertumbuhan organisme berbahaya yang ada di air *ballast*. BWMC berlaku pada tanggal 08 September 2017 yang mewajibkan seluruh kapal yang berlabuh di pelabuhan internasional mulai 8 September 2024 untuk memasang *ballast water management system* sesuai dengan jenisnya.

Standar pengelolaan air *ballast* sesuai dengan *Ballast Water Convention 2009*, yaitu *Regulation D-1* dan *Regulation D-2*.

a. *Regulation D-1*

Kapal yang melakukan pertukaran air *ballast* minimal 95 % dari volumetrik air *ballast* yang ada di kapal. Bagi kapal yang akan melakukan pertukaran *ballast exchange* dengan metode pemompaan, pemompaan dilakukan sebanyak 3 kali volume setiap tangki *ballast* yang telah memenuhi standar. Efektivitas pertukaran pada air *ballast* bervariasi dan bergantung pada jenis kapal, metode pertukaran

(*Sequential Method, Flow-Through Method* dan *Dilution Method*).

Telah ditentukan bahwa pertukaran pada air *ballast* tidak bisa memberikan tindakan perlindungan terhadap kerusakan lingkungan akibat organisme dan patogen yang terbawa air *ballast* (Organization I. M., 2009 ed.) . Menurut (Tjahjono, 2023) terdapat tiga metode untuk melakukan *ballast water exchange* (BWE), yaitu:

1) Metode *sequential*

Metode ini melibatkan proses pengosongan tangki pemberat terlebih dahulu, kemudian diisi kembali dengan air *ballast* baru untuk mencapai pertukaran volumetrik minimum sebesar 95%.

2) Metode *flow-through*

Dalam metode ini, air *ballast* baru dipompa ke dalam tangki *ballast*, sehingga air yang lama mengalir keluar melalui *overflow* (luapan) di dek.

3) Metode *dilution*

Metode ini dilakukan dengan mengisi air *ballast* baru dari bagian atas tangki sembari secara simultan membuang air lama dari bagian bawah, dengan laju aliran yang sama, sehingga ketinggian air dalam tangki tetap konstan. Jarak minimum antara kapal dan daratan saat melakukan *ballast exchange* adalah 200 mil laut. Dasar pertimbangan aturan yang telah ditetapkan oleh IMO, jika kapal tersebut tidak bisa mematuhi ketentuan ini, maka kapal diperbolehkan untuk melakukan pertukaran *ballast water* minimal hingga 50 mil dari daratan terdekat.

b. *Regulation D-2*

Kapal yang akan menjalankan ballast water management sesuai dengan peraturan diharuskan membuang setidaknya 10 organisme yang dapat hidup per meter kubik, dengan minimum ukuran 50 mikrometer, dan kurang dari 10 organisme yang dapat hidup per mililiter. Ukuran minimum untuk mikroorganisme adalah 50 mikrometer, sedangkan ukuran minimum untuk indikator mikroba adalah 20 mikrometer. Dilarang membuang indikator mikroba dalam konsentrasi yang melebihi sesuai dengan yang telah dijelaskan. Menurut (Bui, 2021) Mikroorganisme yang berfungsi sebagai indikator kesehatan manusia meliputi :

- 1) *Vibrio cholerae toksikologi (O1 dan O139)* dengan jumlah unit pembentuk koloni (cfu) kurang dari 1 per 100 mililiter atau 1 per gram zooplankton (berat basah)
- 2) *Escherichia coli* kurang dari 250 cfu per 100 milliliter,
- 3) *Enterococci usus* kurang dari 100 cfu per 100 milliliter.

4. *Ballast Water Treatment*

Ballast Water Treatment adalah sistem pengolahan air *ballast* yang dirancang untuk memenuhi Regulasi D-2 (*water treatment*), yang menetapkan batas jumlah organisme yang dapat terkandung dalam air *ballast* dan dapat dibuang oleh kapal. Regulasi D-2 (*water treatment*) merupakan kelanjutan dari regulasi D-1 (*ballast exchange*) sebelumnya, yang hanya mensyaratkan pergantian air *ballast* hingga 95%. Perlu diketahui bahwa organisme air pesisir pantai mampu berkembang di lingkungan pesisir pantai tetapi tidak dapat bertahan hidup di laut lepas. Oleh karena itu, proses penggantian air *ballast* dimulai dengan pembuangan air *ballast* dari perairan pesisir pantai sampai kapal menempuh jarak lebih dari 200 mil laut dari garis pantai. Hal ini diikuti dengan penggantian air *ballast* dengan air laut lepas. Berikut adalah metode yang sering digunakan pada *ballast water treatment* yaitu sebagai berikut :

a. Metode Kimia

Contoh BWTS yang menunjukkan penggunaan metode kimia adalah sebagai berikut :

1) *Ozonation*

Metode ini menggunakan penambahan gas ozon (1-2 mg/L) ke dalam air *ballast*, gas ozon akan memberikan reaksi dan membunuh mikroorganisme. Ozon dapat juga menghilangkan zat kimia berbahaya yang terkandung didalam besi. Namun cara ini dapat membahayakan bagi manusia.

2) *Chloride Dioxide*

Merupakan bahan kimia yang dimanfaatkan sebagai bahan untuk memproduksi klorin dioksida. Metode ini sangat tepat untuk menghilangkan atau mematikan mikroorganisme yang terdapat pada air *ballast*. Akan tetapi, penggunaan klorin dioksida bersifat kontraindikasi karena sifatnya yang beracun dan diperlukan waktu tunggu selama 24 jam sebelum membuang air *ballast*.

3) *Hydrogen Peroxide*

Oksidan kuat yang diperlukan sebagai desinfektan untuk membunuh organisme seperti bakteri, virus, dan *plankton* yang ada di dalam air *ballast*. Proses pengolahan *hydrogen peroxide* yaitu dengan mencampurkan air *ballast* dengan *chemical hydrogen peroxide* sekitar 100-300 mg/ L. Campuran ini didiamkan agar hasilnya maksimal.

b. Metode Mekanik

Contoh BWTS yang menunjukkan penggunaan metode kimia adalah sebagai berikut :

1) *Filtration*

Penggunaan metode ini dengan memakai saringan atau filter, yang didesain secara otomatis akan melakukan *auto-backwash ballast water*, biasanya menggunakan ukuran mesh 10 hingga 50 mikrometer. Namun metode ini memiliki kelemahan, yaitu *filter* memiliki kelemahan, yaitu filter kurang efisien dalam menyaring mikroorganisme dengan ukuran di bawah 50 mikrometer.

2) *Hydrocyclone / Cyclonic Separation*

Proses ini menggunakan metode rotasi air untuk memisahkan partikel atau kotoran yang ada di dalam air *ballast*. Cara ini dipengaruhi oleh ukuran partikel, kecepatan putaran, dan waktu. Akan tetapi, metode ini kurang efisien dibandingkan dengan metode lain dalam membunuh atau menghilangkan mikroorganisme.

c. Metode Fisik

1) *Ultraviolet Radiation*

Metode ini menggunakan sinar ultraviolet untuk membunuh mikroorganisme dengan cara merubah DNA mereka, sehingga tidak dapat bereproduksi lagi. Metode ini sering digunakan di kapal karena keefektifan terhadap berbagai macam organisme. Namun, kendala utama metode ini adalah memerlukan air laut yang bersih untuk memastikan distribusi sinar UV yang merata, yang sangat penting untuk mencapai efektivitas yang maksimal.

2) *Heat*

Metode ini memanfaatkan panas dari *main engine, boiler, funnel*, dan lain – lain, panas dari sumber tersebut dapat digunakan untuk mematikan mikroorganisme. Prinsip kerja *heating* ini yaitu dengan memasukkan *air ballast* dari *sea chest* yang melewati *heat exchanger* dimana terdapat aliran gas buang dari *main engine* yang sangat panas yaitu antara 600 derajat *celcius*, sehingga suhu pada air laut akan meningkat dan dapat membunuh berbagai

mikroorganisme yang ada didalamnya. Air laut yang telah dipanaskan kemudian dialirkan menuju *ballast tank* dan gas buang langsung disalurkan menuju *atmosphere* melalui lubang angin. Metode ini memiliki kekurangan yaitu memerlukan waktu yang sangat lama untuk memanaskan air yang ada di dalam tangki *ballast* dan diperlukan pendinginan untuk mengeluarkannya dari dalam tangki *ballast*.

3) *Deoxygenation*

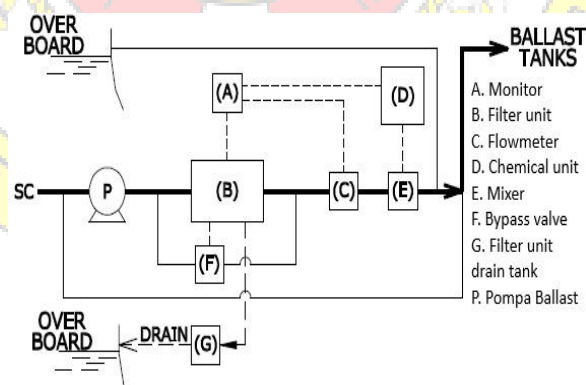
Metode yang digunakan meliputi pengurangan kandungan oksigen di udara di permukaan air *ballast* dan menghasilkan ruang hampa udara di dalam tangki *ballast* dengan memasukkan gas inert. Satu kelemahan dari metode ini adalah bahwa metode ini membutuhkan waktu yang cukup lama, sekitar satu sampai empat hari, untuk menjamin bahwa mikroorganisme telah mati.

5. *Ballast Water Treatment System*

Ballast Water Treatment System adalah suatu permesinan yang digunakan untuk mengolah air *ballast* secara kimiawi, mekanik maupun fisik untuk mematikan mikroorganisme yang berasal dari air *ballast* itu sendiri. *Ballast Water Treatment System* ini memiliki berbagai macam tipe yang diantaranya sistem *filterisasi*, *Chemical Disinfection* dan *Ultra Violet*. *Ballast Water Treatment System* pada MV. Crystal Jade memiliki dua tipe yaitu *filtration* dan *Chemical Disinfection*, tipe tersebut digunakan sebagai *treatment ballast water*. *Filtrasi* menggunakan filter yang digunakan untuk memisahkan organisme laut dan bahan padat dari

air *ballast* dengan melalui proses sedimentasi atau penyaringan. *Chemical disinfection* adalah suatu sistem yang menggunakan bahan kimia untuk membunuh mikroorganisme yang berasal dari air *ballast*.

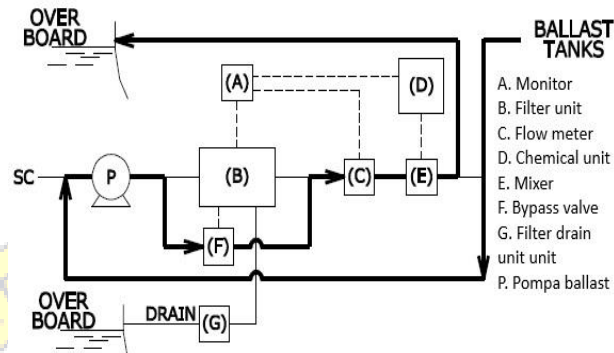
Ballasting merupakan proses pengisian air *ballast*. Namun sesuai dengan regulasi, pengisian air *ballast* harus menggunakan BWTS, Pengisian air *ballast* dimulai dari *seachest* selanjutnya dihisap oleh pompa *ballast*, air laut akan masuk kedalam *filter* untuk disaring terlebih dahulu, sehingga air laut yang membawa kotoran akan terpisah dengan kotorannya. Selanjutnya air *ballast* akan masuk kedalam *mixer* untuk dicampurkan dengan *chemical* yang sudah sesuai dengan syarat. Air *ballast* yang sudah memenuhi syarat yang diproses di dalam *CU unit* akan masuk kedalam tangki *ballast* yang sudah tercampur dengan *chemical* tersebut. Agar air *ballast* yang masuk ke dalam tangki *ballast* tidak lagi mengandung mikroba mikroorganisme dan tangki *ballast* tetap aman.



Gambar 2. 1 Proses *ballasting*
Sumber : *Manual book Kuraray*

Deballasting merupakan proses pembuangan air *ballast* yang ada di dalam tangki *ballast*. Air *ballast* yang ada di dalam tangki *ballast* akan dihisap oleh pompa *ballast* yang selanjutnya akan melewati *bypass valve*

dan selanjutnya akan melewati *mixer*. Air *ballast* yang melewati *mixer* akan mendapatkan *chemical* penetralisir dari CU agar air *ballast* yang dibuang tidak mencemari pelabuhan setempat maupun laut.



Gambar 2. 2 Proses *deballasting*
Sumber : *Manual book Kuraray*

6. Komponen *Ballast Water Treatment System*

Dalam pengoperasiannya, terdapat berbagai komponen pada BWTS yang memiliki keterkaitan satu sama lain. Jika salah satu komponen mengalami kerusakan dalam pengoperasiannya, maka dapat menimbulkan gangguan atau bahkan kegagalan dalam pengoperasian.

Berikut adalah uraian tentang nama komponen dan fungsi setiap komponen BWTS menurut *manual book* :

a. *Filtration Unit*



Gambar 2. 3 *Filtration unit*
Sumber : Dokumen pribadi

Filtration unit adalah komponen yang dapat *auto-backwash* yang dilengkapi *filter element* yang didesain untuk memisahkan partikel-partikel atau endapan dari air *ballast* yang memiliki ukuran *mesh* 10 hingga 50 mikrometer. Dalam meningkatkan efisiensi penyaringan yang optimal, *filter* mulai *auto-backwash* pada periode waktu yang sudah ditentukan, dapat juga sebagai indikasi terkontaminasi air *ballast* di dalam *filter*. *Filter unit* juga berfungsi sebagai pengatur tekanan air *ballast* untuk memastikan tekanan masuk dan keluar sesuai dan juga untuk mencegah kerusakan pada komponen sistem *pneumatic*. Tekanan *filter* dapat dilihat dari *manometer* di *air filter pressure regulator* dan *pressure regulator*. Tekanan pada *air filter pressure regulator* yaitu 0.3 Mpa dan tekanan pada *pressure regulator* yaitu 0.5 Mpa. *Filter unit* juga digunakan untuk menyaring air *ballast* yang terkontaminasi dengan lumpur, minyak, dan kotoran lainnya. Hal ini untuk memastikan bahwa air *ballast* yang masuk ke dalam *treatment* bebas dari lumpur, minyak dan kotoran lainnya yang dapat mempengaruhi proses *treatment*.

b. *Chemical Unit Infusion*



Gambar 2.4 *chemical infusion unit* BWMS
Sumber : *manual book kuraray*

Chemical Infusion Unit adalah komponen utama dari sistem BWTS yang merupakan tempat penyuplai *chemical* yang dimulai dari *TB tank* dan tempat pencampuran *chemical* dengan air kemudian diukur konsentrasi klorinnya, ketika kadar klorin sudah sesuai dengan takaran maka selanjutnya akan dipompa menuju *mixer* untuk mencampurkan *chemical* dan air *ballast* sebelum memasuki tangki *ballast*. Di dalam CU terdapat *Thermal relay*, *TRO RC 2/3 sensor*, *Chlorine gas sensor*, *Air regulator*, *Chemical cooler*, *Chemical mixer*, *Level sensor* dan berbagai pompa untuk penginjeksian *chemical*.

c. *Total Residual Oxidant (TRO) Sensor*



Gambar 2. 5 TRO sensor
Sumber : *manual book kuraray*

Total Residual Oxidant (TRO) sensor adalah sebuah komponen yang berfungsi untuk mengukur konsentrasi klorin, larutan TB yang akan dimasukkan ke dalam *TB3 tank*. TRO mengukur klorin dengan metode *Iodometric titration*, yaitu metode analisis yang menggunakan yodium untuk menentukan konsentrasi suatu analit. Jenis titrasi ini juga dikenal sebagai metode langsung, dalam metode ini, sejumlah yodium yang diukur ditambahkan ke dalam larutan yang mengandung

analit yang tidak diketahui. Klorin merupakan suatu unsur atau senyawa yang membentuk garam natrium klorida (NaCl) atau dalam bentuk ion klorida dalam air laut. Konsentrasi klorin ini dibutuhkan untuk menjernihkan air *ballast*.

d. *Level Sensor*



Gambar 2. 6 *level sensor*
Sumber : dokumen pribadi

Level sensor yaitu alat yang digunakan untuk memberikan sinyal kepada *alarm/automation* panel bahwa permukaan air telah mencapai level tertentu. Sensor akan memberikan *signal dry contact* (NO/NC) ke panel, bahwa cairan tersebut telah mencapai level tertentu. Pelampung akan bergerak naik turun bersama dengan level cairan pada tangki dan sensor akan membaca level cairan dan MCU memonitor jumlah larutan yang ada di dalam tangki *chemical*. *Level sensor* ini mendeteksi air dan *chemical* yang ada di dalam tangki.

Apabila sensor kotor maka sensor tidak dapat membaca ketinggian level cairan yang ada di monitor. Sensor harus dapat membaca level cairan dengan akurat agar proses *preparing ballasting* berjalan dengan lancar dan pompa bisa memindahkan cairan yang ada di dalam tangki sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.

e. *Main Control Unit*



Gambar 2. 7 *main control unit* BWMS

Sumber : *manual book kuraray*

Main control unit berfungsi untuk mengawasi dan mengontrol seluruh sistem pada BWTS. *Main control unit* juga dilengkapi dengan tombol *emergency stop*, *alarm indicator*, *blower* serta *USB port*. Di dalam MCU terdapat panel yang dapat memantau sistem pengoperasian *auto* dan *manual* pada BWTS, dan pengoperasian *ballasting* dan *deballasting*.

f. *Mixer Pump*



Gambar 2. 8 *mixer pump*

Sumber : *manual book kuraray*

Pompa ini bekerja berdasarkan gaya sentrifugal dengan memanfaatkan putaran motor dan diteruskan ke *impeller* untuk mencampurkan *chemical* dan air tawar. Pompa ini berfungsi untuk

mencampurkan *chemical* dan air yang ada di TB2 *tank*. Selanjutnya *chemical* yang ada di TB2 *tank* dan diukur klorinnya akan bercampur dengan air tawar maka tahap selanjutnya yaitu akan masuk ke dalam TB3 *tank* dan *chemical* siap untuk dipompa. *Chemical* yang sudah tercampur dan sudah diukur klorinnya akan dipompa masuk ke dalam *mixer* untuk mencampurkan *chemical* dan air *ballast* yang akan dimasukkan ke tangki *ballast*.

g. TB/PW Hopper



Gambar 2. 9 TB/PW hopper
Sumber : manual book kuraray

TB *hopper* berfungsi untuk menampung tablet disinfektan (MICROFADE TB, TB yang ada di TB *hopper* akan mengalami *deterioration*, *deterioration* merupakan proses pelarutan TB yang nantinya akan diukur klorinnya di TB2 *tank*. TB ini digunakan untuk membunuh mikroba serta *plankton* yang ikut air *ballast*. *Chemical* tersebut akan diinjeksikan oleh pompa *chemical* menuju *mixer*. TB/PW *hopper* juga digunakan untuk menampung bubuk penetral (MICROFADE PW). Ketika melakukan *deballasting*, jumlah PW telah diatur oleh PW *measuring unit* yang nantinya akan dilarutkan di

bawah *hopper* dan dicampur dengan air untuk menghasilkan larutan PW dengan takaran yang tepat.

h. *Chemical Transfer Pump*



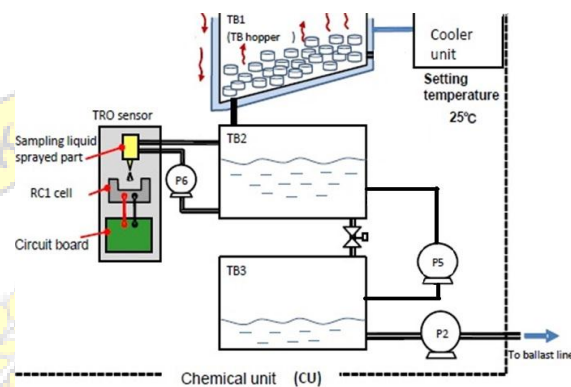
Gambar 2. 10 *chemical transfer pump*
Sumber : *manual book kuraray*

Chemical transfer pump adalah pompa yang didesain untuk memindahkan zat kimia ke dalam aliran air. Pompa akan mengalirkan zat kimia dengan beberapa metode yang berbeda, tetapi secara umum, pompa akan memindahkan sejumlah zat kimia dari dalam tangki chemical ke dalam pipa atau tangki.. *Circulation chemical pump* adalah jenis pompa sentrifugal yang memanfaatkan putaran motor dan diteruskan ke *impeller*. Pompa ini berfungsi untuk mensirkulasikan *chemical TB* yang digunakan untuk proses *ballasting*. Prinsip kerja *chemical transfer pump* yaitu pompa yang memanfaatkan gaya sentrifugal dari *impeller* yang berputar untuk memindahkan cairan. Pompa sentrifugal banyak ditemukan di industri, beroperasi dengan prinsip putaran *impeller* sebagai penggerak utama (*prime mover*). Zat yang berwujud cair diputar oleh sudu *impeller*, yang menghasilkan gaya sentrifugal, sehingga mengakibatkan cairan bergerak dari pusat

impeller dan keluar melewati saluran di antara sudu-sudu. Hal ini mengakibatkan *impeller* akan berputar dalam kecepatan tinggi. Zat cair dialirkan melalui saluran yang luas permukaannya meningkat untuk menimbulkan perubahan *head* (tinggi tekan) yang membuatnya lebih cepat menjadi *head* tekanan. Ketika cairan telah didorong oleh *impeller*, ruang diantara baling baling menjadi *vacuum*, yang akan menarik cairan ke dalam pipa. (Nurhidayah, 2020)

TB solution transfer merupakan sebuah proses pemindahan *chemical* dari TB3 tank menuju TB2 tank, Dimana proses ini merupakan pemindahan *chemical* yang ada di TB3 tank yang merupakan *chemical* yang siap untuk diinjeksikan. Jadi *chemical* yang sisa dari proses penginjeksian akan dipindahkan ke TB2 tank untuk diukur kembali klorinya. *Chemical transfer pump* ini berfungsi untuk mensirkulasikan *chemical* yang secara otomatis dilarutkan dalam air tawar pada *start-up ballasting* dimulai dari TB3 tank menuju TB2 tank, *chemical* yang ada di TB3 tank akan dipompa menuju TB2 tank untuk dicampurkan kembali dengan *chemical* yang sudah terlarut dari TB hopper. *Chemical* yang berada di dalam TB hopper akan mengalami *deterioration* atau degradasi, hal ini disebabkan oleh suhu pada area tersebut. Sehingga *chemical* yang ada di TB hopper otomatis akan larut ke dalam TB2 tank sesuai dengan kebutuhan. Selanjutnya *chemical* yang ada di dalam TB2 tank akan diukur konsentrasi klorinnya pada 2 mg/L di dalam TB2 tank, jumlah infus

dikontrol oleh Main Control Unit (MCU) berdasarkan pengukuran konsentrasi TRO larutan dan aliran air *ballast*. Jika *chemical* tersebut sudah sesuai dengan konsentrasi klorin maka *chemical* yang berada di TB2 *tank* akan turun menuju TB3 *tank* dan *chemical* yang ada di TB3 *tank* siap diinjeksikan oleh pompa P2 menuju *mixer*.



Gambar 2 11 proses *transfer chemical*

Sumber : Dokumen pribadi

1) Faktor-faktor permasalahan

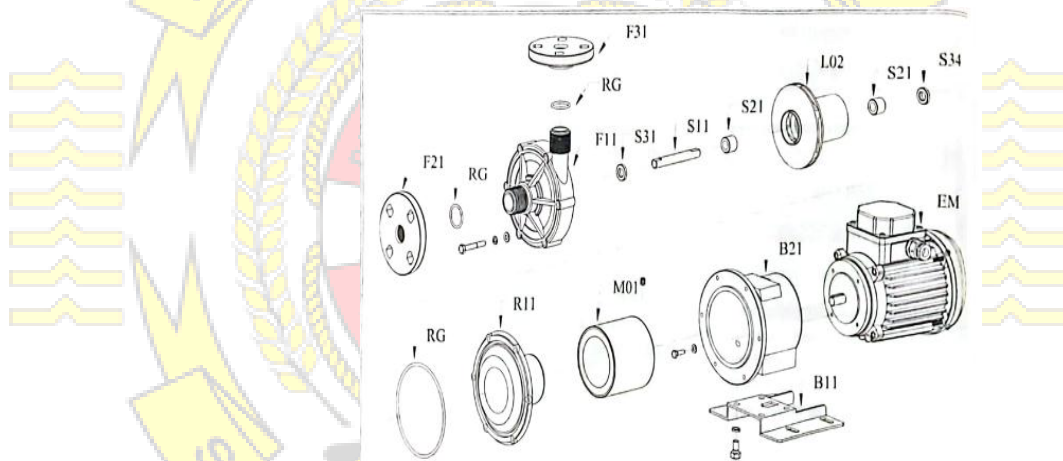
a) Level sensor

Alat yang digunakan untuk memberikan sinyal kepada *alarm/automation* panel bahwa permukaan air telah mencapai level tertentu. Sensor akan memberikan *signal dry contact* (NO/NC) ke panel., bahwa cairan tersebut telah mencapai level tertentu. Masalah pada sensor yang tidak dapat membaca ketinggian cairan dapat mengakibatkan kegagalan proses *preparing ballasting*.

b) Pompa P5

Tekanan pompa P5 yang kurang ataupun lebih dapat disebabkan oleh berbagai faktor termasuk keausan pada

komponen, kesalahan dalam instalasi, *overload* dan kurangnya perawatan serta kontaminasi cairan yang ada dipompa. *Chemical transfer pump* memiliki banyak komponen, jika salah satu komponen tersebut rusak atau bermasalah, maka dapat mengganggu proses *preparing ballasting* pada *ballast water treatment system*. Oleh karena itu, komponen-komponen tersebut harus dirawat dengan baik sesuai dengan prosedur yang ditetapkan agar pompa dapat berjalan tanpa ada permasalahan sedikitpun.



Gambar 2. 12 Komponen pompa
Sumber : Tohkemy Magnetic Driven Pump

Berikut ini merupakan keterangan dari gambar 2. 10 :

- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| 1. <i>F21</i> : Flange | 5. <i>L02</i> : Impeller |
| 2. <i>RG</i> : O-ring | 6. <i>R11</i> : Casing |
| 3. <i>S-11</i> : Shaft | 7. <i>EM</i> : Motor |
| 4. <i>S-21</i> : Bushing | 8. <i>M01</i> : Drive magnet |

a) *O-ring*

O-ring yang berfungsi sebagai penutup dan juga sebagai pencegah kebocoran, *o-ring* juga dapat mengalami aus maupun gertas karena seirangnya waktu.

b) *Shaft*

Shaft yang berfungsi meneruskan putaran dari motor untuk memutar *impeller*; *shaft* yang sudah oleng, keausan dan goresan, hal ini bisa menyebabkan kebocoran dikarenakan ada ruang untuk *chemical* keluar dari pompa.

c) *Bushing*

Bushing merupakan komponen yang berfungsi sebagai bantalan *shaft* yang berputar, dengan adanya *bushing* ini maka akan memperpanjang umur *shaft*. *Bushing* yang sudah aus dan rusak menyebabkan keluarnya *chemical* melewati *bushing*.

d) *Trust ring*

Trust ring ini berfungsi untuk menahan beban poros dan memastikan poros tetap pada posisinya. Keausan yang terjadi pada *trust ring* ini dapat menjadi jalan keluarnya *chemical* ketika dipompa dan menyebabkan

pompa tidak dapat menghisap *chemical*, hal berakibat terjadinya korosi pada pompa.

e) *Flange*

Flange berfungsi untuk menyatukan dua bagian antara pompa dan pipa dalam sistem. Sambungan yang tidak rapat antara *flange* pompa dan *flange* pada pipa dapat mengakibatkan *chemical* dapat menetes dan mengakibatkan udara masuk ke dalam sistem dan udara yang masuk ke dalam sistem menyebabkan korosi.

f) *Casing*

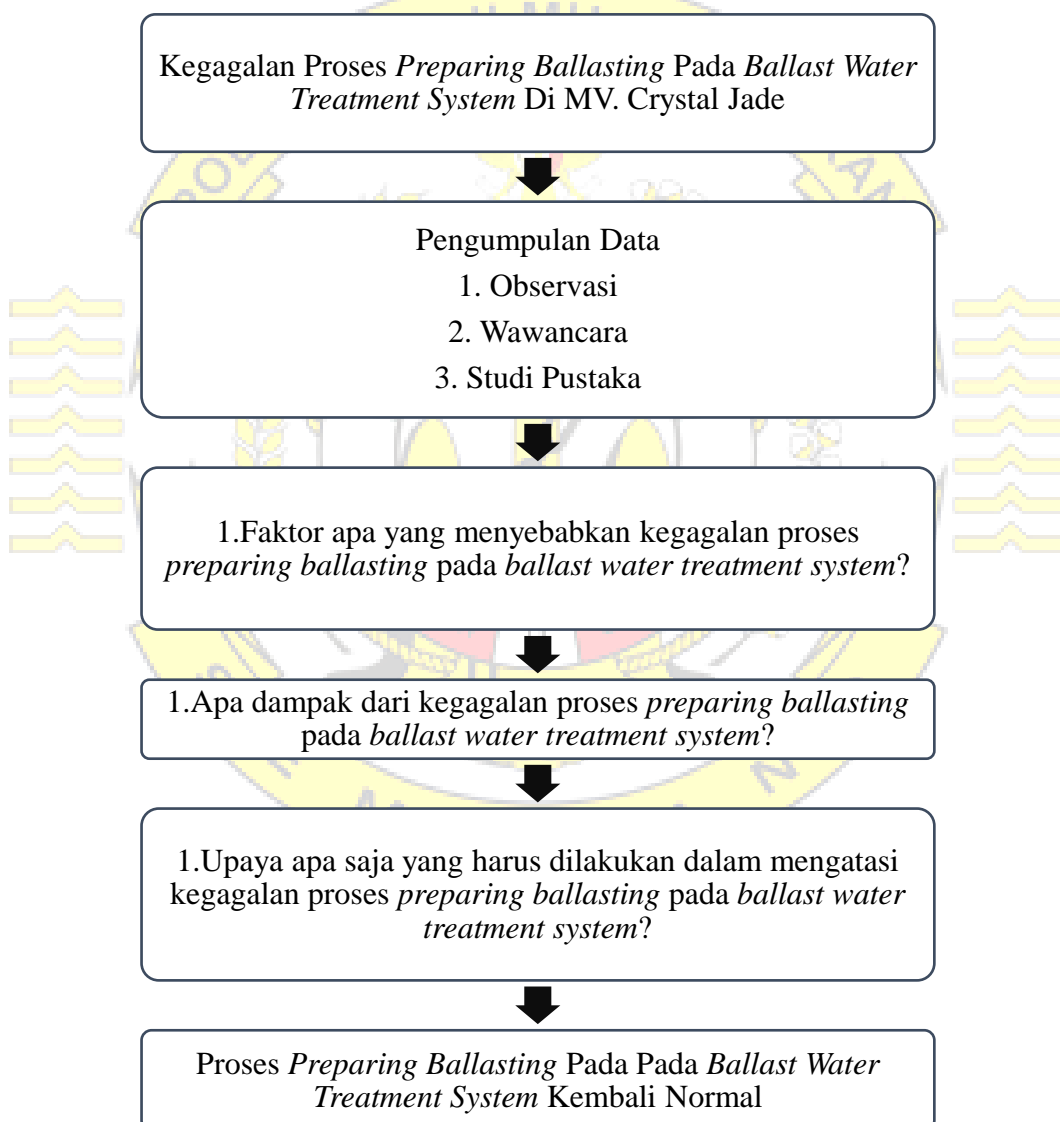
Casing merupakan komponen terluar dari pompa yang berfungsi untuk melindungi *impeller* maupun bagian tertutup dari pompa. Ketika terjadi keausan pada *casing* maka cairan akan menetes, hal ini berakibat pompa mengalami kebocoran.

c) TRO sensor

TRO sensor merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengukur kadar klorin pada *chemical* yang nantinya jika klorinya sudah sesuai dengan syarat. TRO sensor yang bermasalah dapat menyebabkan kegagalan *preparing ballasting*.

B. Kerangka Penelitian

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, penelitian ini berfokus pada masalah kegagalan proses *preparing ballasting* pada BWTS di kapal MV. Crystal Jade. Tujuan utama penelitian ini adalah mengetahui faktor-faktor kegagalan *start-up ballasting* pada *ballast water treatment system* sehingga peneliti mengetahui dampak yang timbul akibat kegagalan tersebut



Gambar 2. 13 Kerangka penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan data yang diperoleh melalui pengamatan, wawancara dan dokumentasi, penelitian ini menggunakan teknik analisis data *Root Cause Analysis* (RCA). Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti dan pembahasan yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya terkait penyebab kegagalan proses *preparing ballasting* pada *ballast water treatment system* di MV. Crystal Jade, peneliti dapat menyimpulkan mengenai permasalahan yang telah diteliti, yaitu :

1. Faktor yang menyebabkan kegagalan proses *preparing ballasting* pada *ballast water treatment system* adalah terdapat lobang pada *casing* pompa.
2. Dampak dari *casing* yang terdapat lobang adalah kebocoran yang mengakibatkan jumlah cairan yang ada di TB2 *tank* tidak tercukupi dikarenakan tekanan pompa P5 rendah dan menyebabkan *alarm TB solution transfer error* dan mengakibatkan kegagalan proses *preparing ballasting* pada *ballast water treatment system*.
3. Upaya untuk mengatasi *casing* yang terdapat lobang pada pompa *transfer chemical* terhadap kegagalan proses *preparing ballasting* yaitu penggantian pada *casing* pompa dengan yang baru yang ada di atas kapal.

B. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama peneliti melaksanakan praktek laut di MV. Crystal Jade, peneliti menyadari adanya beberapa kelemahan dalam pengumpulan data yang digunakan untuk penyusunan skripsi akibat

keterbatasan penelitian yang dilakukan. Penelitian ini juga memiliki keterbatasan dalam hal pengumpulan data karena banyaknya pekerjaan di atas kapal selama praktik, yang menyebabkan wawancara hanya dapat dilakukan pada waktu luang. Penelitian dilakukan hanya di satu lokasi, yaitu MV. Crystal Jade, dalam kurun waktu satu tahun, dan terbatas pada satu perusahaan. Keterbatasan ini membuat hasil penelitian tidak dapat dijelaskan secara lebih luas. Namun peneliti dapat menemukan informasi dari sumber lain meliputi artikel maupun buku yang tersedia di perpustakaan yang digunakan peneliti sebagai bahan referensi.

C. Saran

Peneliti menyarankan beberapa langkah untuk mencegah terjadinya kegagalan proses *preparing ballasting* pada *ballast water treatment system*.

1. Sebaiknya melakukan penggantian *casing* pompa secara rutin yaitu 2.5 tahun atau pada saat *docking* dan terdapat indikasi kebocoran pada pompa.
2. Sebaiknya melakukan pengecekan pompa dan komponen lainnya yang ada di *chemical unit* dan *filter unit* secara manual 30 menit sebelum memulai agar tidak ada kendala selama pengoperasian BWTS.
3. Melakukan perawatan secara berkala dan melakukan pengecekan secara rutin yaitu 1 minggu sekali sesuai dengan *instruction manual book*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bokrantz. (2022). *Improved root cause analysis supporting resilient production systems*. 64(April), 468–478. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.07.015>
- Bui, V. D. (2021). a Study of Ship Ballast Water Treatment Technologies and Techniques. *Water Conservation and Management*, 5(2), 121–130. <https://doi.org/10.26480/wcm.02.2021.121.130>
- Co, K. (n.d.). MICROFADE BWMS TROUBLESHOOTING GUIDE. 2012.
- Co, K. (2004). *MICROFADE TM BWMS is the system approved by the Ministry of Land , Infrastructure , Transport and Tourism Convention for the Control and Management of Ships ' Ballast Water and Sediments , 2004 adopted by IMO . OPERATING FLOW IMAGE Manufacturer : Kuraray . 9.*
- Co, K. (2012a). *Microfade bwms maintenance guide.*
- Co, K. (2012b). *MICROFADE BWMS USER ' S MANUAL.*
- Defeng Kong. (2009). Introduction. *Fracture Mechanics: 26th Volume*, 763-763–16.
- International Maritime Organization. (2009). Ballast Water Management Convention and the Guidelines for its implementation. *International Maritime Organization.*
- Irawan, M. A., Pulansari, F., & Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur Jl Rungkut Madya Surabaya, U. (2024). *Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Kaleng PT XYZ dengan Menggunakan Metode RCA (Root Cause Analysis)*. 3(1), 260–271. <https://doi.org/10.55606/jtmei.v3i1.3311>
- Nurhidayah, S. (2020). PENYEBAB PENURUNAN KINERJA POMPA SENTRIFUGAL TERHADAP PENDINGIN MESIN INDUK. *SELL Journal*, 5(1), 55. <http://repository.unimar-amni.ac.id/3362/1/13>. BAB 1.pdf
- Sugiyono. (2022a). *Metode Penelitian Kualitatif (ketiga)*. Alfabeta.
- Sugiyono. (2022b). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D (kedua)*. Alfabeta.
- Tjahjono, A. (2023). *Sistem Pengolahan Air Ballast Kapal Niaga*. UNNES Press.

LAMPIRAN

Lampiran 1 *Ship Particulars*

SHIP'S PARTICULARS

1	Vessel name	MV CRYSTAL JADE
2	Call Sign	3 E W X 7
3	Port of Registry	Panama
4	Type of vessel	Bulk Carrier
5	Official Number	45174 - 13 - A
6	IMO Number	9680891
7	MMSI	372364000
8	Classification	NK NS* MNS*
9	Ship Owner	OLTOK MARINE S.A.
10	Ship Owner IMO no.	1853598
11	Navigation area	Ocean going
12	D W T	19.001 MT/SUMMER
13	Draft (S)	8.473 M
14	Displacement (S)	23.910 MT
15	G R T	11.877 Tonnes
16	N R T	6.413 Tonnes
17	L O A	139.91 M
18	LBP/LPP	132.00 M
19	Depth Moulded	11.50 M
20	Breadth moulded	25.00 M
21	Type of Main Engine	MAKITA-MATSUI-MAN B&W7S35MC7.1 / 5180 KW
22	Service speed	13 knots
23	Height Max from Keel	38.43 M
24	Bale capacity	22.435,1 M3
25	Grain capacity	23.293,1 M3
26	Total FW	405.7 T
27	Total Ballast Water	6519.9 T
28	Total FO/96%	1091.6 T
29	Total DO/96%	58.2 T
30	Constant	125 MT
31	TPC Max. Loading	31
32	Date Keel laid	09.Nov.12
33	Date launching	
34	Date Delivery	23.Aug.13
35	Communication system	Inmarsat C : Telex No. : 437236410 Inmarsat FB : Fax : 783196768 Telp : 773192768 Mobile Phone : +81-9012630560 E-mail : crystaljade@SkyFile.com ID DSC MF, HF, VHF : 372364000 ID FOR NBDP : 372364000 CSJD X
36	Cargo Gear	No.1 Crane : SWL 30.7 x 22 M No.2 Crane : SWL 30.7 x 22 M No.3 Crane : SWL 30.7 x 22 M
37	Bow Thruster	650 KW / 884 HPS
38	Total Crew	19 Persons /Including Master (All Indonesian)
		Master of MV CRYSTAL JADE
		Capt. Fitrigo Kotambunan

Lampiran 2 Crew List

CREW LIST (IMO FAL Forms)										Page Number		
										Arrival	Departure	
										1.4 Voyage number		
										5. Last Port Of Call		
6. No	7. Family names	8. Given names	9. Rank or rating	10. Nationality	11. Date of birth	12. Place of birth	13. Gender	14. Nature of identity document	15. Number of identity document	16. Expiry date of identity document	17. Seaman Book ID and Exp Date	18. Place, date embarked
1	KOTAMBUNAN	FTRKRO	MASTER	INDONESIA	4-Feb-1965	TERNATE, INDONESIA	MALE	PASSPORT	E2695265	25-May-2013	F 171648 / 24 SEP 2023	FUKUYAMA, 27 JUN 2023
2	AKDIANSYAH	LED	CHIEF OFFICER	INDONESIA	15-Jul-1977	JAKARTA, INDONESIA	MALE	PASSPORT	C4596767	9-Aug-2024	E 133777 / 17 NOV 2023	MIKE, 08 NOV 2022
3		SUKIRMAN	SECOND OFFICER	INDONESIA	7-Jul-1974	CANGKRI SOPHNO, INDONESIA	MALE	PASSPORT	C6794124	13-Jul-2023	F 337265 / 16 JUL 2023	BUMBULAN, 01 APR 2023
4	ALI	RIZKY RAYU	THIRD OFFICER	INDONESIA	21-Dec-1997	KARANGANYAR, INDONESIA	MALE	PASSPORT	C8311976	23-Dec-2026	F 120770 / 05 JUN 2023	BUMBULAN, 01 APR 2023
5	WIBOWO	SUNAR	CHIEF ENGINEER	INDONESIA	13-Oct-1964	JAKARTA, INDONESIA	MALE	PASSPORT	C9423846	21-Jul-2027	F 140662 / 03 JAN 2024	MIKE, 08 NOV 2022
6	FTRIYADI	YAN	FIRST ENGINEER	INDONESIA	5-Jul-1986	TEGAL, INDONESIA	MALE	PASSPORT	C8732144	21-Sep-2023	G 052958 / 03 FEB 2026	BUMBULAN, 01 APR 2023
7	PRATAMA	DANANG ADY	SECOND ENGINEER	INDONESIA	9-Mar-1990	KLATEN, INDONESIA	MALE	PASSPORT	C4446699	9-Aug-2024	G 138623 / 14 FEB 2023	MASAN, 26 DEC 2022
8	ROCHIMAN	FADLY	THIRD ENGINEER	INDONESIA	27-Nov-1983	SERANG, INDONESIA	MALE	PASSPORT	C8996112	25-Aug-2026	F 013145 / 18 APR 2024	MIKE, 08 NOV 2022
9	YANA	ASEP	BSN	INDONESIA	14-Sep-1972	SUMEDANG, INDONESIA	MALE	PASSPORT	C7309131	19-Aug-2023	G 017039 / 24 SEP 2023	FUKUYAMA, 27 JUN 2023
10	PULJANTO	MASHURI AGUS	AB - A	INDONESIA	7-Aug-1973	JAKARTA, INDONESIA	MALE	PASSPORT	C8103194	19-Nov-2026	1001820 / 16 DEC 2023	BUMBULAN, 01 APR 2023
11	SIMANJUNTAK	APINDO	AB - B	INDONESIA	15-Nov-1987	MEDAN, INDONESIA	MALE	PASSPORT	C8100331	30-Sep-2026	F 012994 / 07 APR 2024	MIKE, 08 NOV 2022
12	DHARMAWAN	IVAN	AB - C	INDONESIA	1-Nov-1982	JAKARTA, INDONESIA	MALE	PASSPORT	E202128	5-Jun-2033	1007810 / 12 JAN 2026	BUMBULAN, 01 APR 2023
13	SAPUTRA	ADI	OS	INDONESIA	21-Feb-1997	MAGELANG, INDONESIA	MALE	PASSPORT	C8094473	30-Jul-2026	G 137503 / 14 JAN 2025	BUMBULAN, 01 APR 2023
14	TRIAWAN	SUGENG	OILER - A	INDONESIA	29-Sep-1965	SURABAYA, INDONESIA	MALE	PASSPORT	C8789417	18-Jun-2025	F 279957 / 04 OCT 2024	BUMBULAN, 01 APR 2023
15	NURHAENI	MUHAMMAD	OILER - B	INDONESIA	19-Apr-1969	JAKARTA, INDONESIA	MALE	PASSPORT	E2622861	4-Apr-2033	1048490 / 12 APR 2026	FUKUYAMA, 27 JUN 2023
16		MUSTAJAB	OILER - C	INDONESIA	19-Jul-1966	SIDOARJO, INDONESIA	MALE	PASSPORT	E2620221	29-Mar-2033	1026086 / 13 FEB 2026	BUMBULAN, 01 APR 2023
17	ZUBAIDI	MUHAMMAD	C/COOK	INDONESIA	4-Mar-1966	TUBAN, INDONESIA	MALE	PASSPORT	E0789479	27-Oct-2032	F 161143 / 24 JUL 2023	FUKUYAMA, 27 JUN 2023
18	HARIMURTI	MUHAMMAD FEBRIAWAN	MESSMAN	INDONESIA	23-Feb-1999	KLATEN, INDONESIA	MALE	PASSPORT	C3317687	30-Oct-2024	F 258026 / 30 SEP 2024	BUMBULAN, 01 APR 2023
19	PRADANA	MUHAMMAD ZAIN ANLA	E/CDT	INDONESIA	28-Jul-2002	SEMARANG, INDONESIA	MALE	PASSPORT	C8942182	14-Apr-2027	H 029452 / 01 APR 2025	MIKE, 08 NOV 2022

Signature of Master
MASTER
 CARL HIRRO KOTAMBUNAN
 MASTER OF M.V. CRYSTAL JADE

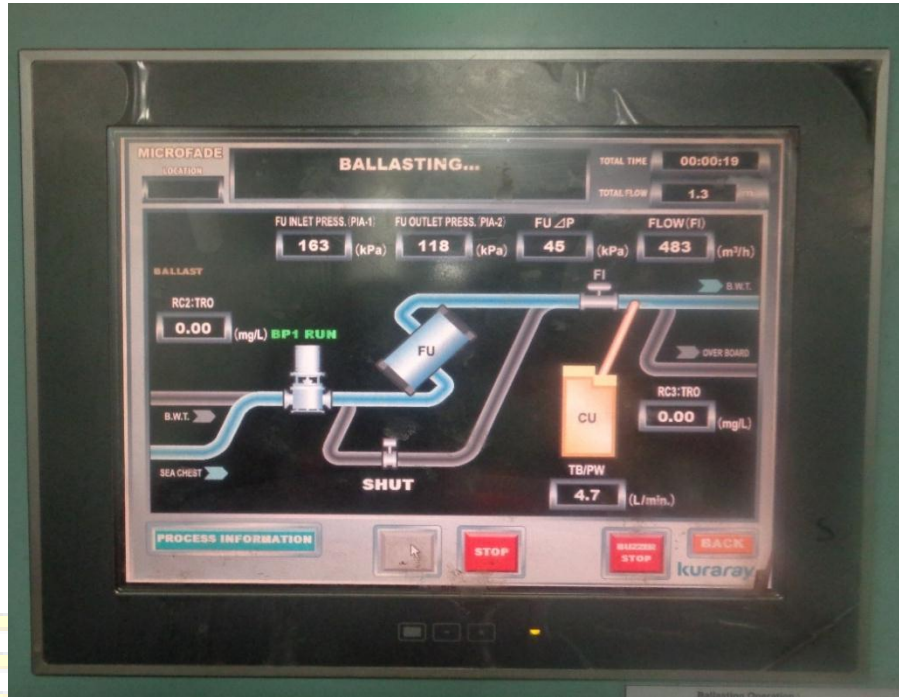
19. Date and signature by Master, authorized agent of officer

Lampiran 3 Spesifikasi BWTS Kuraray

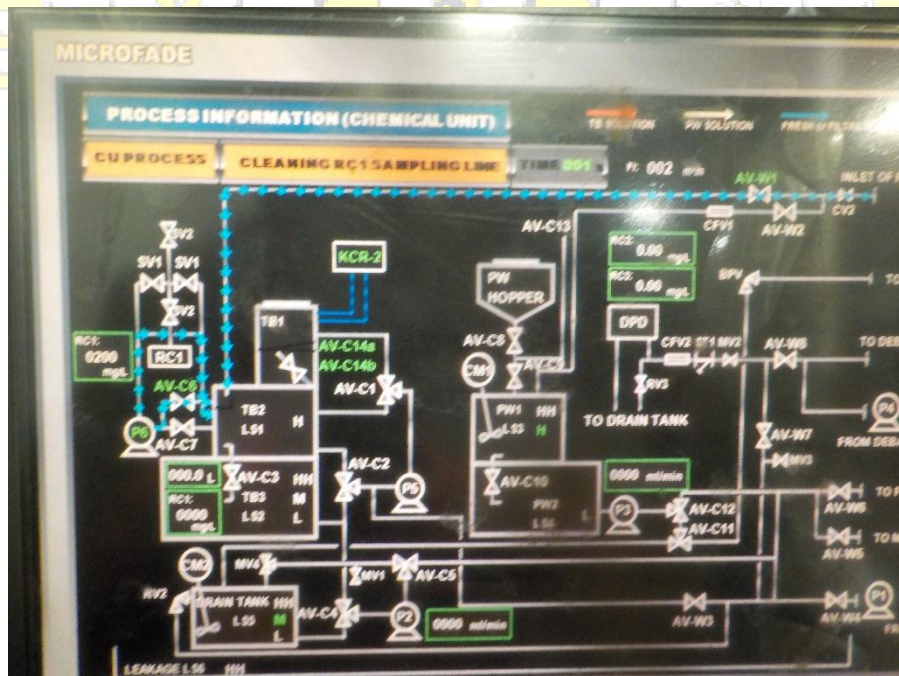
Specification

Class/Flag:	NK / PANAMA	
Rule and Regulation:	NK & IMO Ballast Water Convention	
Treatable water:	Fresh water, brackish water, and sea water	
Treatment capacity:	Max.1000m ³ /h (115 ~ 500m ³ /h x 2) for ballasting Max.1000m ³ /h (0 ~ 500m ³ /h x 2) for deballasting	
Maximum working pressure:	~ 0.6MPa	
Withstanding pressure:	0.75MPa	
Pressure drop:	40 ~ 100kPa	
Supplied air:	For backwashing: 0.6 ~ 0.9MPa normal mode: 60Nm ³ /h (30 Nm ³ /h x 2) high-turbidity mode: 120Nm ³ /h (60 Nm ³ /h x 2) * Use 25A pipes for intermittence operation.	
	For regulation:	0.6 ~ 0.9MPa, oil-free 2.8Nm ³ /h (1.4 Nm ³ /h x 2) at maximum * Use an oil mist separator or the like if supplied air retains oil.
Power supply:	BWMS:	220ACV, 60Hz, 3-phase
	For ballasting:	3.6kW (1.8kW x 2) at maximum
	For deballasting:	4.2kW (2.1kW x 2) at maximum 24DCV, 200W (100W x 2) (only in an emergency)
Fresh water supply:	Supply pressure:	0.1 ~ 0.9MPa
	For ballasting:	about 144L (72L x 2) / every first ballasting operation
	For deballasting:	about 72L/h (36L/h x 2) *Freeze-proof if necessary.
Drain discharge:	22m ³ /h (11m ³ /h x2) in normal mode 44m ³ /h (22m ³ /h x 2) in high-turbidity mode	
Chemical agent consumption:	For ballasting:	MICROFADE TB about 30kg/10000m ³
	For deballasting:	MICROFADE PW TRO below 0.1mg/L 0kg/10000m ³ TRO 0.5mg/L about 14kg/10000m ³ TRO 1.0mg/L about 27kg/10000m ³

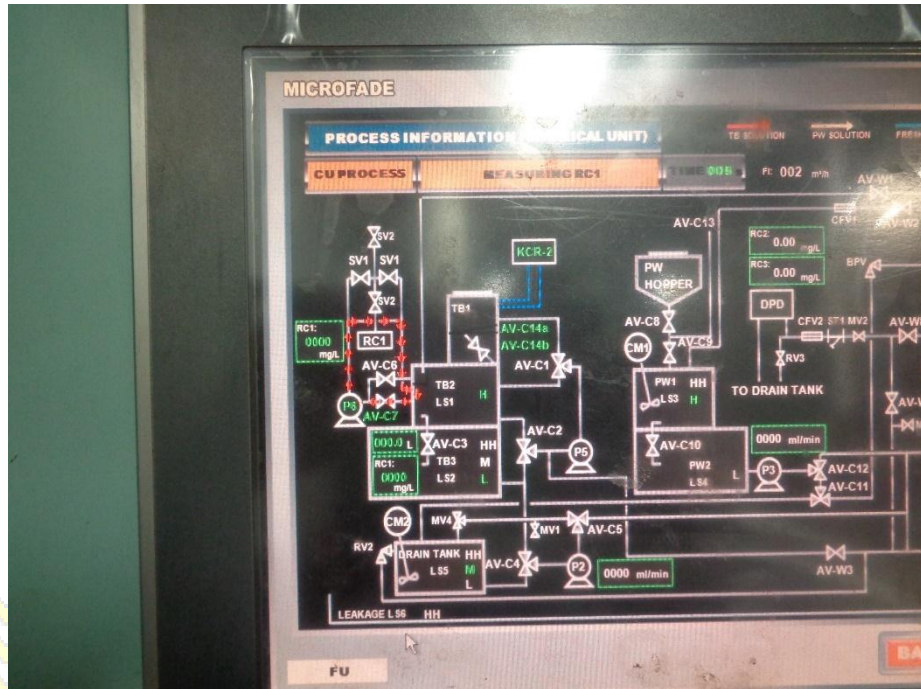
Lampiran 4 Ballasting



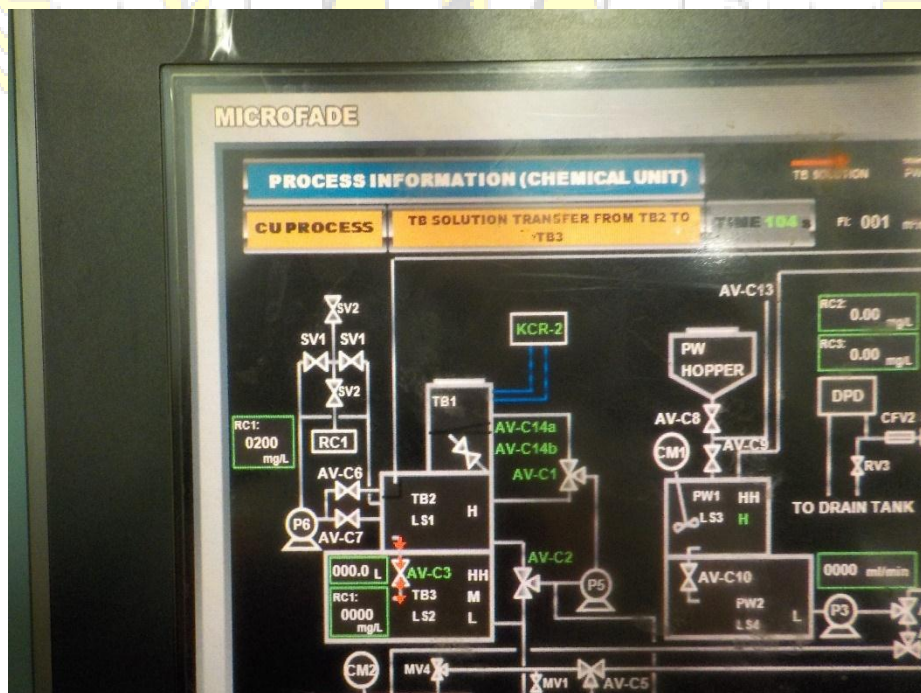
Proses pengisian *fresh water* ke dalam TB2 tank



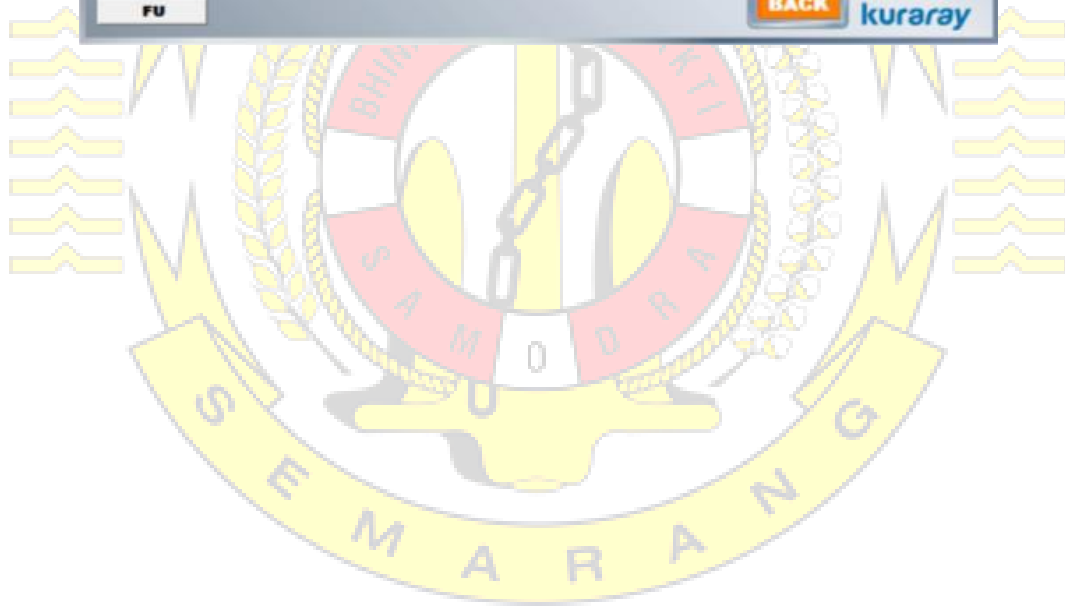
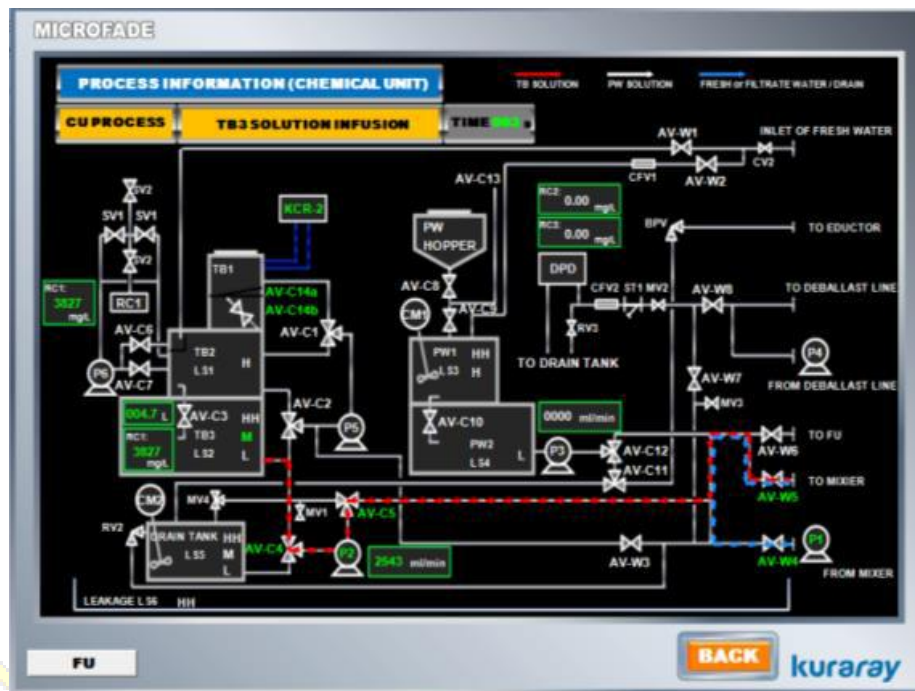
Lampiran 5 Proses pengukuran klorin



Proses pemindahan *chemical* dari TB2 tank menuju TB3 tank



Lampiran 6 Proses penginjeksian *chemical* menuju *mixer*



Lampiran 7 Transkrip Data Wawancara

Wawancara ini dilakukan sebagai bahan dari upaya untuk mendukung penyelesaian penelitian ini. Narasumber dalam wawancara ini adalah Masinis I, selaku pihak yang bertanggung jawab atas pengoperasian ballast water treatment system. Berikut kami sampaikan hasil wawancara sebagai berikut:

Cadet : Selamat sore, Bas. Ijin bas minta waktunya sebentar.

Masinis I : Oh iya, Det. Silahkan ada apa ?

Cadet : Jadi gini, Bas. Saya ingin bertanya sekaligus belajar tentang BWTS dan tindakan apa jika terjadi kerusakan pada komponen BWTS Bas.

Masinis I : Iya, Det. Silakan, silahkan ada yang mau ditanyakan?

Cadet : Apakah kegagalan proses preparing ballasting pada ballast water treatment system dapat mempengaruhi proses ballasting?

Masinis I : Iya, Det. Penyebab kegagalan proses preparing ballasting pada ballast water treatment system adalah terdapat lobang pada casing. Hal ini bisa dilihat dari proses transfer chemical pada monitor, selanjutnya kita bisa melakukan pengecekan pada pompa untuk memastikan apa yang menyebabkan kegagalan proses preparing ballasting. Saat dilakukan pengecekan dan pembongkaran minggu lalu pada pompa transfer chemical pada chemical unit ditemukan bahwa casing terdapat lobang sehingga menyebabkan kebocoran.

Cadet : Lalu, apa dampak dari casing terdapat lobang, Bas?

Masinis I : Dampaknya adalah kebocoran yang mengakibatkan proses transfer chemical error dan menyebabkan kegagalan proses preparing ballasting pada ballast water treatment system.

Cadet : Apa langkah yang dilakukan untuk mengatasi casing yang terdapat lobang, Bas?

Masinis I : Setelah pembongkaran dan pengecekan dilakukan dan diketahui bahwa casing terdapat lobang langkah yang diambil adalah mengganti casing tersebut dengan yang baru. Kemudian, dilakukan pengetesan manual pada pompa untuk memastikan masalah tersebut telah teratasi dan pompa dapat transfer chemical berjalan normal.

Cadet : Terima kasih banyak atas waktunya, Bas, sudah memberikan informasi ini.

Masinis I : Iya det sama-sama, besok kalo ada waktu luang saya kasih tahu lagi tentang BWTS.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Nama : Mohamad Zain Anla Pradana
2. NIT : 5720112237700 T
3. Tempat/Tanggal lahir : Kab. Semarang, 28 Juli 2002
4. Jenis kelamin : Laki-laki
5. Agama : Islam
6. Alamat : Demakan Rt 03 Rw 12 Ds. Banyubiru
Kec. Banyubiru Kab. Semarang Jawa Tengah 50664
7. Nama Orang Tua
 - a. Ayah : Sugiyarto
 - b. Ibu : Asih Purwanti
8. Riwayat pendidikan
 - a. MI Nafiatul Huda Demakan : 2008-2014
 - b. SMP N 04 Ambarawa : 2014-2017
 - c. SMKN 1 Jambu : 2017-2020
 - d. PIP Semarang : 2020-sekarang
9. Pengalaman Prala
 - a. Perusahaan : PT. Jasindo Duta Segara
 - b. Nama Kapal : MV. Crystal Jade
 - c. Jenis Kapal : Bulk Carrier

