

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**UPAYA PENINGKATAN *BOIL-OFF GAS* (BOG) TANPA *FUEL*
GAS PUMP DALAM KEADAAN *BALLAST VOYAGE* DI M.T.
CORAL ENERGY**



AREZA PUTRI AIRLANGGA
NIT 09.21.004.2.05

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA OPERASI KAPAL
TAHUN 2026

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**UPAYA PENINGKATAN *BOIL-OFF GAS (BOG) TANPA FUEL
GAS PUMP* DALAM KEADAAN *BALLAST VOYAGE* DI M.T.
CORAL ENERGY**



AREZA PUTRI AIRLANGGA
NIT 09.21.004.2.05

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA OPERASI KAPAL
TAHUN 2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Taruna : Areza Putri Airlangga

Nomor Induk Taruna : 09.21.004.2.05

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal

Menyatakan bahwa Skripsi yang saya tulis dengan judul :

**“UPAYA PENINGKATAN *BOIL-OFF GAS* (BOG) *TANPA FUEL GAS*
PUMP DALAM KEADAAN *BALLAST VOYAGE*
DI M.T. CORAL ENERGY”**

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam skripsi tersebut, kecuali tema yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan diatas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

SURABAYA, Desember 2025

Areza Putri Airlangga
NIT 09.21.004.2.05

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : UPAYA PENINGKATAN *BOIL-OFF GAS* (BOG) TANPA
FUEL GAS PUMP DALAM KEADAAN *BALLAST*
VOYAGE DI MT. CORAL ENERGY

Program Studi : D-IV TEKNOLOGI REKAYASA OPERASI KAPAL

Nama : AREZA PUTRI AIRLANGGA

NIT : 0921004205

Jenis Tugas Akhir : Prototype / Proyek / Karya Ilmiah Terapan*

Keterangan: *(coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Uji Kelayakan Proposal

Surabaya, 22 Mei 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


(Sutoyo, S.SiT, M.Pd, M.Mar)
Penata Tk I (III/d)
NIP.197511192010121001


(Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H.)
Penata Tk I (III/d)
NIP. 198111122005022001

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal


(P'ie Suwondo, S.SiT, M.Pd, M.Mar)
Penata Tk I (III/d)
NIP. 197702142009121001

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : UPAYA PENINGKATAN *BOIL-OFF GAS* (BOG) TANPA
FUEL GAS PUMP DALAM KEADAAN *BALLAST*
VOYAGE DI MT. CORAL ENERGY

Program Studi : D-IV TEKNOLOGI REKAYASA OPERASI KAPAL

Nama : AREZA PUTRI AIRLANGGA

NIT : 0921004205

Jenis Tugas Akhir : Prototype / Karya Ilmiah Terapan / Karya Tulis Ilmiah*

Keterangan: *(coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Seminar Hasil Tugas Akhir

Surabaya, 15 Desember 2025

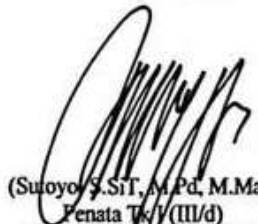
Mengesahkan,

Dosen Penguji I



(Muhamad Imam Firdaus, S.S.TPel)
Penata (III/c)
NIP. 199010192014021004

Dosen Penguji II



(Sutoyo, S.SiT, M.Pd, M.Mar)
Penata Tk I (III/d)
NIP. 197511192010121001

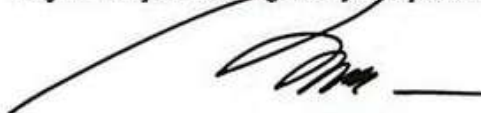
Dosen Penguji III



(Dr. Efty Kusumawati, S.H., M.H.)
Penata Tk I (III/d)
NIP. 198111122005022001

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal



(Fie Suwondo, S.SiT, M.Pd, M.Mar)
Penata Tk I (III/d)
NIP. 197702142009121001

**PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**UPAYA PENINGKATAN *BOIL-OFF GAS* (BOG) TANPA *FUEL GAS PUMP*
DALAM KEADAAN *BALLAST VOYAGE* MT. CORAL ENERGY**

Disusun oleh:

**AREZA PUTRI AIRLANGGA
NIT. 0921004205**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 13 Desember 2025

Mengesahkan,

Dosen Penguji I


(Muhamad Imam Firdaus, S.S.TPel)
Penata (III/c)
NIP. 199010192014021004

Dosen Penguji II

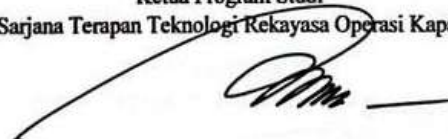

(Sutoyo, S.SiT, M.Pd, M.Mar)
Penata Tk I (III/d)
NIP.197511192010121001

Dosen Penguji III


(Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H.)
Penata Tk I (III/d)
NIP. 198111122005022001

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal


(I'ie Suwondo, S.SiT, M.Pd, M.Mar)
Penata Tk I (III/d)
NIP. 197702142009121001



**PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**UPAYA PENINGKATAN *BOIL-OFF GAS* (BOG) TANPA *FUEL GAS PUMP*
DALAM KEADAAN *BALLAST VOYAGE* MT. CORAL ENERGY**

Disusun oleh:

AREZA PUTRI AIRLANGGA
NIT. 0921004205

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 13 Desember 2025

Mengesahkan,

Dosen Penguji I


(Muhamad Imam Firdaus, S.S.TPel)
Penata (III/c)
NIP. 199010192014021004

Dosen Penguji II


(Sutopo, S.SiT, M.Pd, M.Mar)
Penata Tk I (III/d)
NIP. 197511192010121001

Dosen Penguji III


(Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H.)
Penata Tk I (III/d)
NIP. 198111122005022001

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal


(Lie Suwondo, S.SiT, M.Pd, M.Mar)
Penata Tk I (III/d)
NIP. 197702142009121001



ABSTRAK

Areza Putri Airlangga, “Upaya Peningkatan *Boil-Off Gas* (BOG) Tanpa *Fuel Gas Pump* dalam Keadaan *Ballast Voyage* di M.T. Coral Energy”. Dibimbing oleh Bapak Sutoyo, S.Si.T., M.Pd., M.Mar selaku Dosen Pembimbing I, Ibu Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H selaku Dosen Pembimbing II.

Abstrak, Penelitian ini mengkaji upaya praktis untuk meningkatkan produksi *Boil-Off Gas* (BOG) tanpa mengandalkan *Fuel Gas Pump* (FGP) selama *ballast voyage* pada M.T. Coral Energy. Pada kondisi ini, kapal hanya membawa sedikit *heel cargo*, sehingga proses penguapan alami menjadi sangat rendah. Akibatnya, tekanan tangki tidak cukup untuk menyuplai gas ke mesin utama dan menimbulkan tantangan operasional yang perlu ditangani dengan cara yang lebih efisien dan aman bagi peralatan kriogenik. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan mengumpulkan data melalui observasi langsung, wawancara terstruktur dengan perwira kapal, serta dokumentasi operasional selama *ballast voyage*. Analisis data dilakukan menggunakan metode *fishbone* untuk menelusuri akar penyebab rendahnya produksi BOG dari sisi teknis, lingkungan, prosedur, serta faktor manusia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *metode top spray* menggunakan *deep well pump* terbukti efektif meningkatkan tekanan tangki dan menjaga ketersediaan BOG meskipun tanpa FGP. Metode ini membantu menstabilkan suplai gas ke mesin utama tanpa menambah beban kerja atau risiko kerusakan pada FGP. Keberhasilan metode ini sangat dipengaruhi oleh kemampuan kru dalam mengatur laju aliran, ketelitian membaca perubahan tekanan, serta pemahaman terhadap prosedur operasi yang aman. Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa *top spray* dapat menjadi alternatif yang efisien dan dapat diandalkan untuk mengelola BOG saat kapal berada dalam keadaan *ballast voyage*. Temuan ini diharapkan menjadi referensi bagi pengoperasian kapal LNG dalam kondisi muatan rendah.

Kata Kunci: Boil-Off Gas, Fuel Gas Pump, Ballast Voyage, Top Spray, *Deep well Pump*, LNG Carrier, Fishbone Analysis.

ABSTRACT

Areza Putri Airlangga, “Upaya Peningkatan Boil-Off Gas (BOG) Tanpa Fuel Gas Pump dalam Keadaan Ballast Voyage di M.T. Coral Energy” Supervised by Mr. Sutoyo, S.Si.T., M.Pd., M.Mar as Supervisor I, and Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H as Supervisor II.

This study examines practical efforts to increase Boil-Off Gas (BOG) production without relying on the Fuel Gas Pump (FGP) during ballast voyage on the M.T. Coral Energy. In this condition, the vessel carries only a small amount of heel cargo, causing limited natural evaporation and a significant drop in tank pressure, which often results in insufficient BOG supply for the main engine. These operational constraints highlight the need for an alternative strategy that is both efficient and safer for cryogenic equipment. Using a qualitative descriptive approach, the research incorporates direct observation, structured interviews with deck officers, and operational documentation from the vessel. Data were analyzed using a fishbone framework to trace the root causes of low BOG production, focusing on technical, environmental, and human-factor aspects. The findings show that applying the top spray method using the deep well pump effectively increases tank pressure and stabilizes BOG availability during ballast voyage. This method helps maintain a consistent gas supply for propulsion without adding mechanical load or maintenance risks to the FGP. The success of this approach depends largely on accurate flow control, careful pressure monitoring, and the crew's understanding of the operational procedure. Overall, the study concludes that top spray is a reliable and energy-efficient alternative for BOG management when FGP use is minimized. The results are expected to support LNG carrier operations, particularly in optimizing fuel systems under low-cargo conditions.

Keywords: *Boil-Off Gas, Fuel Gas Pump, Ballast Voyage, Top Spray, Deep well Pump, LNG Carrier, Fishbone Analysis*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya-lah saya dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan yang berjudul : “UPAYA PENINGKATAN *BOIL-OFF GAS* (BOG) TANPA *FUEL GAS PUMP* DALAM KEADAAN *BALLAST VOYAGE* DI M.T. CORAL ENERGY”.

Karya Ilmiah Terapan ini dibuat untuk memenuhi tugas akhir perkuliahan dan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Pelayaran di Program Studi Teknologi Rekayasa Operasi Kapal di Politeknik Pelayaran Surabaya. Selain itu, Karya Ilmiah Terapan ini juga dibuat sebagai salah satu wujud implementasi dari ilmu yang didapatkan selama masa praktik layar di MT. Coral Energy.

Penulis menyadari bahwa Karya Ilmiah Terapan masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap dapat belajar lebih banyak lagi dalam mengimplementasikan ilmu yang didapatkan. Karya Ilmiah Terapan ini tentunya tidak lepas dari bimbingan, masukan, dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Moejiono, M.T.,M.Mar.E selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya, yang telah memberikan arahan serta memfasilitasi kami sehingga dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan (KIT) ini dengan baik.
2. Ibu Capt. Upik Widyaningsih, M.Pd, M.Mar selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Operasi Kapal yang telah membantu penulis dalam melakukan koreksi dan memberi arahan terhadap penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan (KIT) ini dengan baik
3. Bapak Sutoyo, S.Si.T., M.Pd. ,M.Mar selaku Dosen Pembimbing I, yang telah membantu penulis dalam melakukan koreksi terhadap materi Karya Ilmiah Terapan (KIT), sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan (KIT) ini dengan baik.
4. Ibu Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H selaku Dosen Pembimbing II, yang telah membantu penulis dalam melakukan koreksi terhadap materi Karya Ilmiah Terapan (KIT), sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan (KIT) ini dengan baik.
5. Bapak, Ibu seluruh dosen dan sivitas akademika Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat dalam membantu proses penyusunan karya ilmiah terapan ini.
6. Ibu Wiwik Murtianingsih dan Bapak Bambang Kusnadi selaku orang tua penulis yang selalu memberikan nasihat, motivasi, semangat, dan doa yang tiada henti hingga penulis bisa menyelesaikan laporan proposal Karya Ilmiah Terapan (KIT) ini, terima kasih banyak telah menjadi orang tua yang selalu

- hadir dan mendukung penuh apapun yang penulis lakukan. Serta Adik penulis Andhika Maheza yang selalu memberikan dukungan motivasi kepada penulis.
7. Kepada seluruh komponen Perusahaan Anthony Veder Rederijzaken BV Khususnya Kepada Direktur Augustea Intcrews Bapak Angga Luthfi Eldrianto yang telah memberikan dukungan moril dan material serta memberikan kesempatan bagi penulis untuk dapat belajar melakukan penelitian di armada kapalnya.
 8. Kepada Chief Muhammad Prinzy, Chief Willy Martho Hutabarat, Chief Daniel Gerald yang selalu membimbing selama di kapal dan memberikan banyak kesempatan untuk belajar serta memberikan motivasi dan inspirasi bagi penulis.
 9. Seluruh awak kapal M.T. Coral Medusa dan M.T. Coral Energy, khususnya Capt. Anatoly Belyaev, Capt. Frans Kruitjoff, Capt. Andre Zolotickh, Arif Widyananda, Nathaniel Andryo Samara, Michiel selaku mentor yang selalu sabar memberikan pengajaran kepada saya.
 10. Rekan-rekan angkatan 40 dan kelas TROK A Diploma IV yang telah membantu penulis dalam penyusunan karya ilmiah ini.

Surabaya,.....2025

Areza Putri Airlangga
NIT 09.21.004.2.05

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL.....	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR.....	iv
PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....	v
PENGESAHAN SEMINAR HASIL LAPORAN TUGAS AKHIR.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Penelitian.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya.....	6
B. Landasan Teori.....	8
C. Kerangka Pikir Penelitian.....	20

BAB III METODE PENELITIAN.....	22
A. Jenis Penelitian.....	22
B. Waktu Dan Tempat Penelitian	23
C. Subyek Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data.....	25
D. Teknik Analisis Data.....	27
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	32
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	32
B. Hasil Penelitian.....	37
C. Pembahasan.....	55
BAB V PENUTUP.....	59
A. Kesimpulan	59
B. Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Review Penelitian Sebelumnya.....	6
Tabel 4. 1. Pembahasan.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Typical LNG <i>Submerged Motor Pump</i>	15
Gambar 2. 2. Kerangka Berpikir.....	22
Gambar 3. 1. Diagram <i>Fishbone</i>	32
Gambar 4. 1. BOG, BOR <i>and their Relationship to Vessel Speed</i>	36
Gambar 4. 2. M.T. Coral Energy	36
Gambar 4. 3. <i>Crew List</i>	37
Gambar 4. 4. <i>Ship Particulars</i>	38
Gambar 4. 5. <i>Print Out Flame Screen</i> Sebelum Penggunaan <i>Top Spray</i>	39
Gambar 4. 6. <i>Print Out Flame Screen</i> Setelah Penggunaan <i>Top Spray</i>	41
Gambar 4. 7. <i>Fishbone Diagram</i>	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Material Safety Data Sheet</i> LNG	70
Lampiran 2. <i>Ship Shore Safety Checklist</i>	71
Lampiran 3. <i>Stowage Plan</i>	71
Lampiran 4. Daftar Pertanyaan Wawancara.....	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Permintaan pasar global pada saat ini meningkat di beberapa tahun terakhir. Dikarenakan dari tuntutan tersebut, pasar *liquefied natural gas* (LNG) juga meningkatkan jumlah kapal LNG (Arefin et al., 2020). Salah satu perusahaan terkenal di Eropa yakni, Anthony Veder juga ikut serta dalam menyediakan sarana transportasi yang bergerak di dalam bidang perkapalan gas yang dicairkan. Anthony Veder memiliki beberapa armada dengan perbedaan muatan. Dimana tersedia kapal LPG/Ethylene *carrier*, dan LNG. Salah satu kapal LNG yang terdapat di perusahaan ini yaitu kapal M.T. Coral Energy. Kapal ini memuat gas bumi yang dicairkan dengan komposisi yang terdiri dari Methane, Ethane, Propane, Isobutane, N-Butane, Isopentane, N-Pentane, Neo Pentane, N-Hexane, Nitrogen dan Carbon Dioxide.

Secara fisik, Methane (LNG) adalah gas tak berwarna dan tidak berbau pada suhu dan tekanan standar. Ini adalah hidrokarbon yang sangat mudah terbakar dan memiliki titik didih sekitar -163°C . sifat fisik ini membuatnya menjadi bahan yang sangat penting dalam industri petrokimia, LNG menyediakan energi yang diperlukan untuk berbagai proses, seperti pemanasan dan penggerak mesin. Penggunaan LNG sebagai sumber energi lebih bersih dibandingkan dengan bahan bakar fosil lainnya, yang membantu mengurangi emisi gas rumah kaca. (SIGGTO LGHP 2016 , hlm. 3).

M.T. Coral Energy merupakan kapal LNG yang menggunakan muatannya sebagai bahan bakar. Setelah melakukan proses muat, kapal ini harus

bertanggung jawab agar dapat mengirimkan gas dalam keadaan sedingin mungkin. Muatan ini memiliki *boil off gas* yang dapat mempengaruhi suhu dari kargo itu sendiri dalam proses pengiriman. Akibat adanya pengaruh tersebut, maka terjadilah proses evaporasi di dalam tangki. Hal ini dapat ditangani dengan menggunakan *boil off gas* (BOG) sebagai bahan bakar kapal. Jumlah dari BOG yang digunakan sebagai bahan bakar selama perjalanan dapat disesuaikan dari pencarter kapal atau operator. Kuantitas minimum yang dikonsumsi juga berbanding lurus dengan jumlah dari panas yang melewati insulasi tangki dengan tujuan temperatur dan pressure cargo dapat terjaga dengan baik. *Boil Off Rates* (BORs) dari kapal LNG memiliki rentang dari 0.10 hingga 0.15% dari volume cargo perhari selama keadaan *laden voyage*, tergantung dari desain sistem insulasinya.

Pada akhir bulan Mei 2024 pihak kapal belum menerima adanya *voyage order* terkait pelabuhan muat, disaat kapal dalam keadaan *ballast voyage* mengharuskan untuk melakukan *steaming* sembari menunggu adanya berita dari pihak *charter*. Tidak adanya muatan dan keadaan laut tenang mengakibatkan kurangnya produksi BOG di dalam tangki untuk bahan bakar. Ketika kuantitas dari BOG tidak mencukupi untuk digunakan bahan bakar kapal, maka *liquid cargo* ini harus di pompa menggunakan *fuel gas pump* dan dikirim ke *forcing vaporiser* untuk merubah *liquid* ke *vapour*, kemudian ini akan dikombinasikan dengan *natural* BOG untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar. (SIGGTO LGHP 2016 , hlm. 135-136)

Namun, perawatan *fuel gas pump* ini menelan biaya yang cukup besar, sehingga penggunaan *fuel gas pump* ini dialihkan dengan menggunakan pompa

bongkar muatan yakni *deep well pump*, dengan cara mentransfer *liquefied gas* dari tangki satu ke tangki lainnya yang dialirkan ke jalur *top spray* tangki untuk menghasilkan *boil off gas*. Untuk melakukan proses meningkatkan produksi BOG ketika BORs tidak memenuhi minimum kuantitas yang diperlukan, maka peneliti melakukan penelitian lebih lanjut dengan judul :

“Upaya Peningkatan *Boil-Off Gas* (BOG) Tanpa *Fuel Gas Pump* Dalam Keadaan *Ballast Voyage* Di M.T. Coral Energy”

B. Rumusan Masalah

Masalah yang menjadi dasar penulisan KIT yang dibahas ini adalah; terjadinya kekurangan kebutuhan BOG ketika kapal dalam keadaan *ballast voyage* sehingga tidak terdapat BORs yang cukup untuk dikonsumsi sebagai bahan bakar. Maka untuk memecahkan masalah tersebut, penulis membuat sebuah rumusan masalah yaitu :

1. Mengapa terjadi perubahan produksi *Boil-Off Gas* (BOG) dalam keadaan *ballast voyage* di MT. Coral Energy ?
2. Bagaimana upaya peningkatan produksi *Boil-Off Gas* (BOG) tanpa menggunakan *fuel gas pump* dalam keadaan *ballast voyage* di MT. Coral Energy ?

C. Batasan Masalah

Dari berbagai macam masalah yang ada maka penulis membatasi penulisan KIT ini, serta keterbatasan penulis dalam pengetahuan, pengalaman dan waktu yang tersedia Dengan demikian, penulis membatasi dan

memfokuskan pada ruang lingkup penulis selama prala tentang *boil off gas* (BOG), penggunaan *cargo compressor* dan *deep well pump* sebagai pengganti *fuel gas pump* untuk meningkatkan produksi BOG dalam keadaan *ballast voyage*.

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan penulis dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui perubahan produksi *Boil-Off Gas* (BOG) dalam keadaan *ballast voyage* di MT. Coral Energy.
2. Untuk mengetahui upaya peningkatan produksi *Boil-Off Gas* (BOG) tanpa menggunakan *fuel gas pump* dalam keadaan *ballast voyage* di MT. Coral Energy.

E. Manfaat Penelitian

Dengan melakukan penelitian ini, penulis berharap dapat memberikan manfaat yang dapat dicapai baik teoritis maupun praktis, yaitu:

1. Manfaat Teoritis
 - a. Memberikan pemahaman yang lebih baik tentang karakteristik dan perilaku *Boil-Off Gas* (BOG) dalam konteks *ballast voyage* serta menambah literatur dan pengetahuan dalam bidang maritim.
 - b. Memperkaya pemahaman teknik yang digunakan untuk meningkatkan *Boil-Off Gas* (BOG) menggunakan *deep well pump* ataupun *cargo compressor* disaat kapal *ballast voyage*.

2. Manfaat Praktis

- a. Memberikan kontribusi bagi perusahaan pelayaran dan lembaga pendidikan pelayaran sebagai masukan serta penambah literatur sehingga dapat menjadi acuan untuk lebih memahami penyebab dan cara penanggulangan kurangnya *Boil-Off Gas* (BOG).
- b. Untuk menjadi literatur tambahan ilmu pengetahuan khususnya dengan *crew* yang bekerja di kapal tanker LNG.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian umumnya dibutuhkan banyak data pendukung guna menunjang hasil penelitian diantaranya merupakan review penelitian sebelumnya dan literatur mengenai teori. Menurut (Mursidi, 2016) *review* berasal dari bahasa latin *revidere* atau *recensere* yang berarti merefleksikan, mengevaluasi, atau melihat ke belakang. Sehingga, pada penelitian kali ini digunakan review penelitian sebelumnya sebagai sumber pendukung pada penelitian.

Tabel 2. 1. Review Penelitian Sebelumnya

No.	Nama & Tahun	Judul	Hasil	Perbedaan
1.	David A. Wood (2020)	<i>Boil-off gas balanced method of cool down for liquefied natural gas tanks at sea</i>	Jurnal ini mengkaji metode pendinginan tangki BOG yang bertujuan untuk mengurangi konsumsi LNG dan meningkatkan pengelolaan BOG selama <i>ballast voyage</i> . Metode ini memungkinkan pemanfaatan kelebihan BOG secara efisien tanpa memerlukan <i>fuel gas pump</i> , sehingga dapat meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.	Perbedaan dengan penelitian penulis dengan jurnal sebelumnya yaitu, penulis memfokuskan pemanfaatan <i>deep well pump</i> dan <i>compressor</i> untuk meningkatkan <i>pressure</i> tangki terkait produksi BOG sedangkan peneliti sebelumnya fokus pada metode penyemprotan <i>intermiten</i> untuk pendinginan tangki.
2.	Adam Siwanger (2022)	<i>Modelling of Liquid Hydrogen Boil-Off</i>	Makalah ini mengkaji pengembangan model <i>Boil Fast</i> untuk memperkirakan laju gas hasil penguapan (BOG), dengan menyoroti pentingnya isolasi termal yang optimal dan rancangan tangki dalam mengelola BOG selama proses penyimpanan. Model ini dapat	Perbedaan penulis dengan peneliti sebelumnya yaitu menyajikan versi perbaikan model uap super panas (SHV) dan menggabungkan mekanisme perpindahan panas yang realistis dan menggunakan persamaan keadaan referensi. Sedangkan milik penulis memaparkan bagaimana

No.	Nama & Tahun	Judul	Hasil	Perbedaan
			diimplementasikan dalam ballast voyage untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan gas.	meningkatkan produksi BOG dengan cara menggunakan <i>top spray</i> sebagai media agar terjadi evaporasi di dalam tangki sehingga dapat meningkatkan <i>pressure tank</i> dan memproduksi BOG
3.	Kim Jun Seong (2023)	<i>Energy, Exergy, and Economic (3E) Analysis of Boil-Off Gas Re-Liquefaction Systems Using LNG Cold Energy for LNG-Fueled Ships</i>	Makalah ini mengusulkan sistem <i>Reliquefaction</i> BOG baru yang memanfaatkan <i>cold energy</i> dari LNG, yang dapat meningkatkan manajemen BOG secara efisien. Sistem ini berhubungan dengan sistem pasokan gas untuk bahan bakar, berpotensi menghilangkan kebutuhan <i>fuel gas pump</i> selama <i>Ballast voyage</i> di kapal LNG.	Perbedaan penulis dengan penelitian sebelumnya yaitu, menggunakan model analisis energi, eksergi dan ekonomi. Mengoptimalkan dengan menggunakan algoritma genetik. Sedangkan milik penulis menggunakan metode <i>top spray</i> guna meningkatkan produksi BOG dalam tangki.
4.	T. Azuar Rizal, Hamdani (2021)	Analisis Pemanfaatan <i>Boil-Off Gas</i> Sebagai Bahan Bakar Kapal Pengangkut Gas	Studi ini menganalisis BOG sebagai bahan bakar utama pada kapal pengangkut LNG dengan sistem penggerak kombinasi turbin gas dan turbin uap. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan BOG secara optimal dapat menghemat bahan bakar konvensional dan meningkatkan efisiensi operasi kapal. Studi ini juga membahas berbagai konfigurasi sistem penggerak yang dapat memaksimalkan penggunaan BOG tanpa bergantung pada sistem tambahan seperti <i>fuel gas pump</i> .	Perbedaan dengan penulis dengan jurnal sebelumnya yakni menggunakan sistem penggerak kombinasi turbin gas dan turbin uap untuk meningkatkan jumlah produksi <i>boil-off gas</i> sedangkan milik penulis yakni menggunakan <i>top spray</i> dan <i>deep well pump</i> guna meningkatkan produksi BOG.
5.	Maksym Kulitsa. (2020)	<i>Boil-off gas balanced method of cool down for liquefied</i>	Jurnal ini membahas metode “ <i>BOG balanced tank cool down</i> ” pada kapal LNG, khususnya saat <i>ballast voyage</i> . Metode ini menggunakan penyemprotan LNG dari	Perbedaan jurnal tersebut dengan penulis yaitu, menggunakan penyemprotan LNG dari <i>heel</i> secara berkelanjutan. Sedangkan milik penulis yakni upaya untuk

No.	Nama & Tahun	Judul	Hasil	Perbedaan
		<i>natural gas tanks at sea</i>	<i>heel</i> secara berkelanjutan dengan laju rendah untuk menjaga tekanan dan suhu tangki, sehingga seluruh BOG dapat dimanfaatkan oleh mesin kapal tanpa perlu dibuang atau dibakar di GCU atau <i>gas combustion unit</i> . Proses ini sangat efisien, mudah diimplementasikan dan mengurangi konsumsi LNG. Hasil pengujian menunjukkan pendinginan tangki dapat tercapai dengan konsumsi LNG <i>heel</i> yang sangat minimal.	meningkatkan BOG menggunakan <i>top spray</i> dan <i>deep well pump</i> .

B. Landasan Teori

Landasan teori, menurut (Surahman et al., 2020), adalah kumpulan konsep, definisi, dan perspektif tentang topik bahasan yang disusun dengan cara yang jelas dan sistematis. Salah satu hal terpenting dalam penelitian adalah mempelajari teori. karena inilah yang membentuk dasar penelitian. Landasan teori adalah proses menganalisis ide, teori, atau kerangka pemikiran yang berkaitan dengan disiplin ilmu atau bidang studi tertentu. Kajian teori bertujuan untuk memberikan pemahaman dan evaluasi ide atau teori melalui penemuan, analisis, dan interpretasi data dan informasi yang relevan.

Landasan teori adalah proses yang melibatkan analisis menyeluruh terhadap ide, teori, atau kerangka pemikiran yang relevan dengan bidang studi atau disiplin ilmu tertentu. Tujuan utama dari kajian teori adalah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang teori tersebut dan untuk mengevaluasi teori tersebut dengan cara menemukan, menganalisis, dan menginterpretasikan data dan informasi.

Deskripsi teori berfungsi sebagai acuan untuk melengkapi diskusi tentang tema penelitian dan memberikan penjelasan tentang teori-teori yang relevan tentang "Upaya Peningkatan *Boil Off Gas* (BOG) tanpa *Fuel Gas Pump* Dalam Keadaan *Ballast Voyage* di MT. Coral Energy." Peneliti harus menjelaskan dan memahami teori-teori yang dikutip dari sumber pustaka terkait dalam penelitian ini untuk mendukung dan memperkuat temuan penelitian.

1. Pengertian *Boil Off Gas* (BOG)

Menurut (Smith et al., 2022) *Boil Off Gas* adalah gas menguap yang terbentuk ketika cairan kriogenik seperti hidrogen cair, secara bertahap mendidih selama proses transportasi dari tempat satu ke tempat tujuan. BOG dapat digunakan untuk propulsi namun harus memiliki kuantitas yang tepat untuk menghindari rilisnya gas ke atmosfer. Untuk menghindari hal ini dapat juga dilakukan proses *reliquefaction*. Adapun menurut (Wlodek, 2017) BOG adalah gas yang dihasilkan dari evaporasi sebagian LNG selama proses penyimpanan. Proses ini terjadi akibat aliran panas dari lingkungan, yang menyebabkan LNG menguap dan meningkatkan tekanan dalam tangki penyimpanan.

LNG disimpan dalam keadaan kriogenik dibawah isolasi yang baik untuk menghindari kerugian akibat penguapan. Namun, terlepas dari semua upaya dan tindakan pencegahan untuk mengawetkannya dalam kondisi tersebut, perbedaan suhu yang tinggi antara kondisi penyimpanan dan atmosfer, dengan rentang suhu dari -162 hingga 25°C, dapat menyebabkan terjadinya penguapan LNG yang menjadi BOG. Memiliki tingkat penguapan harian antara 0,1-0,15% dari kapasitas total. Sehingga ada banyak masalah yang muncul dan membutuhkan strategi manajemen yang

tepat (SIGTTO, 2016).

BOG yang berlebih dapat menimbulkan masalah bagi rantai pasokan LNG. BOG dapat meningkatkan tekanan di dalam tangki karna terjadi pengumpulan uap. Oleh karena itu sangat penting dalam untuk menghindari penyimpanan BOG dan LNG secara bersamaan. Untuk mengatasi masalah ini, prosedur standar industri memerlukan pemanfaatan BOG sebagai sumber bahan bakar di atas kapal sementara kelebihan sisanya dibakar di GCU dan dilepaskan ke atmosfer.

2. Pengertian Perubahan Produksi

Menurut (Shazed et al., 2021), perubahan produksi *boil off gas* (BOG) merupakan aspek penting dalam industri *Liquefied Natural Gas* (LNG) yang berpengaruh pada efisiensi operasional dan dampak lingkungan. BOG adalah gas yang menguap secara alami dari LNG cair akibat panas yang masuk ke dalam tangki penyimpanan dan pengangkutan. Produksi BOG ini dapat berubah-ubah tergantung pada kondisi operasional, desain tangki dan suhu lingkungan (Bahgat, 2015).

Adapun menurut (Kim & Kim, 2023), optimasi proses *liquefaction*, penyimpanan dan pemulihan BOG dapat meningkatkan produksi LNG sekaligus mengurangi jumlah BOG yang hilang melalui *flaring* atau pelepasan gas ke atmosfer. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan produksi BOG tidak hanya dipengaruhi oleh faktor fisik, tetapi juga oleh faktor teknologi pengelolaan yang diterapkan.

Produksi *boil-off gas* (BOG) berubah terutama karena variasi komposisi LNG, suhu sekitar dan tekanan di tangki penyimpanan. Peningkatan kandungan nitrogen dalam LNG menyebabkan laju titik didih

yang lebih tinggi, karena nitrogen memiliki suhu didih yang lebih rendah, menyebabkan penguapan yang lebih cepat. Selain itu, suhu lingkungan yang lebih tinggi meningkatkan produksi BOG. Tingkat penguapan sangat penting untuk menjaga stabilitas dan keamanan selama proses penyimpanan LNG (Wlodek, 2019).

Produksi *boil-off gas* (BOG) dipengaruhi oleh aliran panas dari sekitarnya, yang meningkatkan tekanan uap di tangki selama perjalanan. Hal ini memungkinkan kondisi ventilasi dan pembakaran BOG di *gas combustion unit* (GCU). Hal ini menekankan pemanfaatan BOG sebagai bahan bakar dalam berbagai sistem propulsi, yang dapat meningkatkan efisiensi energi melalui peningkatan pemulihan panas dari gas buang, yang pada akhirnya mempengaruhi produksi pengelolaan Bog secara keseluruhan pada tangki LNG (Eswara & Sandilya, 2022).

3. Pengertian *Fuel Gas Pump* atau Pompa Bahan Bakar

Pompa adalah salah satu komponen kapal yang berfungsi memindahkan fluida, menurut (Rafli et al., 2024), Fungsi utama pompa adalah memindahkan cairan dari permukaan rendah ke permukaan yang lebih tinggi atau dari area tekanan rendah ke area tekanan yang lebih tinggi.

Menurut buku (SIGTTO, 2016, hal 168), pompa bahan bakar gas memiliki banyak desain dan fitur yang berbeda tergantung pada aplikasinya. Dirancang untuk mengangkut bahan bakar ke mesin atau sistem lain yang membutuhkan bahan bakar dengan tekanan, pompa ini memastikan bahwa bahan bakar sampai ke ruang bakar. Terdapat 3 jenis sistem dalam *Fuel Gas Pump* LNG, yakni:

- a. *In-Tank Pump* (Pompa Dalam Tangki): Biasanya dipasang langsung di dalam tangki LNG untuk memompa LNG cair keluar dari tangki ke proses selanjutnya. Tipe ini umum digunakan di terminal penerima LNG.
- b. Pompa Eksternal: Dipasang di luar tangki, biasanya digunakan untuk menaikkan tekanan LNG ke level yang lebih tinggi, misalnya untuk kebutuhan pengisian ke truk atau jaringan distribusi bertekanan tinggi.
- c. Sistem Redundansi: Umumnya terdapat beberapa pompa (misal 2-4 unit) dengan konfigurasi satu atau dua beroperasi dan sisanya standby untuk menjaga kontinuitas operasi jika terjadi kerusakan pada salah satu pompa.

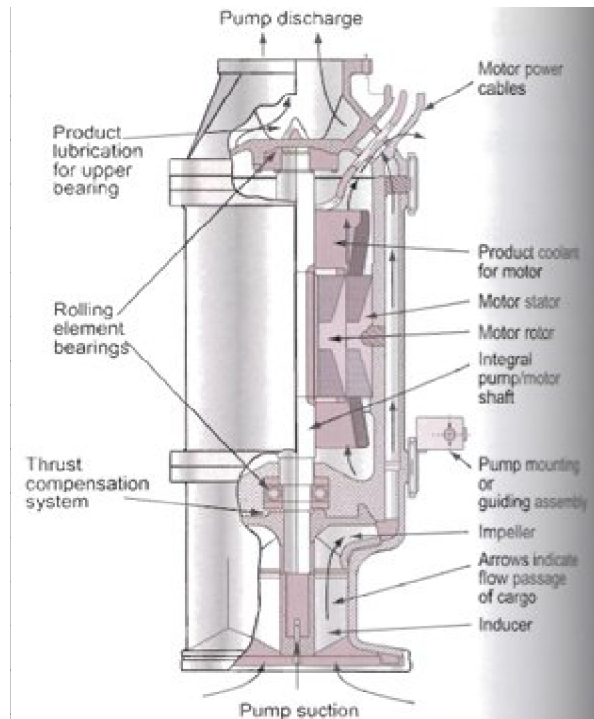
Untuk menjamin operasi yang aman dan efisien dari kapal bertenaga LNG, jenis pompa bahan bakar gas yang digunakan dalam tangki LNG harus dirancang untuk menangani karakteristik khusus LNG, seperti suhu rendah dan tekanan tinggi (*SIGGTO LGHP 2016*, hlm. 170). Bagian berikut menguraikan jenis utama pompa bahan bakar gas dan karakteristik operasionalnya :

- a. Pompa Tekanan Tinggi
 - 1) Fungsionalitas: Pompa bertekanan tinggi sangat penting untuk memasok LNG pada tekanan sekitar 300 kgf/cm², terutama untuk mesin diesel gas dua takta (Davydenko & Baranov, 2022).
 - 2) Desain: Pompa ini sering bekerja bersama dengan kompresor atau evaporator bertekanan tinggi untuk mengelola pasokan gas secara efektif (Davydenko & Baranov, 2022).

b. Sistem Tekanan Rendah

- 1) Penggunaan: Sistem gas bahan bakar tekanan rendah juga digunakan dalam kapal LNG, memberikan alternatif yang lebih aman untuk kondisi operasional (Milioulis et al., 2022).
- 2) Komponen: Komponen penting termasuk katup proses dan pengontrol umpan balik tekanan, yang penting untuk menjaga integritas dan keamanan sistem (Milioulis et al., 2022).

Berdasarkan jenis jenis pompa diatas kapal, pompa yang digunakan pada kapal tanker bermuatan LNG yaitu pompa yang berjenis *Fuel Gas Pump Cryogenic Submerged ARTIKA 160 – 2 stages*. Dimana memungkinkan pemindahan gas kriogenik cair yang dicirikan oleh suhu yang sangat rendah (hingga -196°C), dengan kondisi laju aliran dan tekanan diferensial. Pengaturan kinerja pompa dapat diperoleh melalui katup pengatur katup gas atau dengan inverter frekuensi (pengaturan kecepatan motor). Motor merupakan bagian integral dari pompa dan penggunaan kondisi pengoperasian secara terendam dalam cairan yang dipompa sehingga tidak perlu menggunakan elemen penyegel apa pun yang dapat mengalami keausan. Poros motor ditopang oleh dua bantalan bola kontak sudut yang dirancang agar memiliki masa pakai pengoperasian yang panjang. Satu-satunya pelumasan yang memungkinkan untuk bagian yang berputar adalah cairan yang dipompa. Pompa selalu siap untuk dinyalakan jika terendam seluruhnya dalam cairan.



Gambar 2. 1. *Typical LNG Submerged Motor Pump*
 Sumber: SIGGTO LGHP 2016 , hlm. 168

Fuel gas pump pada tangki LNG merupakan pompa yang didesain khusus untuk mengalirkan LNG cair dari tangki penyimpanan ke proses selanjutnya dengan ketentuan tekanan yang dibutuhkan. Pompa ini sangat krusial dalam sistem penyimpanan dan pendistribusian LNG, baik untuk terminal penerima, stasiun pengisian, maupun dalam proses regasifikasi. Dengan desain dan pengamanan khusus untuk menangani cairan kriogenik yang sangat mudah menguap serta cukup berbahaya.

4. Pengertian *Ballast Voyage*

Pengoperasian sistem ballast merupakan suatu proses dimana air laut dimasukkan ke dalam kapal atau air laut dikeluarkan dari kapal dan dibuang lagi menuju ke laut saat kapal berada di laut lepas maupun pada saat kapal berada di pelabuhan. Air laut ini yang berada di kapal ini berfungsi sebagai media pemberat dan disimpan didalam tangki *ballast* untuk memastikan

stabilitas dan integritas strukturalnya. Supaya dapat beroperasi tangki *ballast* dibangun di kapal dengan sistem pipa dan pompa *ballast* yang berkapasitas tinggi (Basuki et al., 2020).

Ballast water adalah air yang diambil dari perairan sekitar dan digunakan oleh kapal untuk mempertahankan keseimbangan dan kestabilan kapal dengan menjaga kedalaman draft yang aman. Ketika kapal dalam keadaan kosong, air *ballast* dimasukkan ke dalam kapal atau ballasting, sedangkan Ketika kapal tiba di tujuan untuk memuat barang, air *ballast* dikeluarkan dari kapal atau *deballasting* (Budi et al., 2020).

Dari pendapat diatas dapat disimpulkan bahwa air *ballast* adalah air yang diambil bersama materi dari perairan sekitar dan memainkan peran penting dalam menjaga aspek keselamatan dan stabilitas kapal, seperti *trim*, *list*, dan *draft*. Fungsi utamanya adalah untuk memastikan kapal tetap seimbang dan aman selama perjalanan.

Proses memasukkan air *ballast* ke dalam kapal untuk menambahkan berat dan menstabilkannya disebut *ballasting*. Mengeluarkan air ballast dari kapal untuk mengurangi berat dan mengubah keseimbangannya saat mencapai tujuan disebut *deballasting* (Tata, 2024). Untuk menjamin keamanan dan efisiensi kapal selama pelayaran, keduanya merupakan kegiatan krusial dalam pengoperasian kapal. Terdapat beberapa tujuan dan fungsi dari air ballast itu sendiri, yaitu :

- a. Stabilitas dan kemampuan manuver : air *ballast* sangat penting untuk menjaga stabilitas dan kemampuan manuver kapal, terutama Ketika kapal tidak penuh dengan muatan. Ini membantu menjaga

keseimbangan kapal dan mencegah keadaan kapal rolling dan pitching yang berlebihan (Diasamidze & Shotadze, 2019).

- b. Kompensasi untuk penurunan berat kapal : karena bahan bakar dan air yang dikonsumsi selama perjalanan, air *ballast* mengkompensasi berat yang hilang, hal ini digunakan untuk memastikan bahwasannya kapal tetap stabil dan laik laut (Kholdebarin et al., 2020).
- c. Pengurangan tegangan lambung : Dengan menyesuaikan distribusi berat kapal, air pemberat membantu mengurangi tekanan pada lambung kapal, yang sangat penting untuk integritas struktural kapal (Ibrahim & El-naggar, 2019).

Sementara ini air *ballast* merupakan peran yang sangat penting untuk keselamatan operasional efisiensi kapal, hal ini menimbulkan tantangan lingkungan yang signifikan. Pengembangan dan penerapan sistem pengelolaan air ballast yang efektif dan efisien sangat penting untuk mengurangi dampak kerusakan dan memastikan perlindungan ekosistem laut.

Menurut (SIGTTO, 2016: 364) dalam keadaan *ballast voyage*, air *ballast* diambil dari laut dan dimasukkan ke dalam tangki *ballast* dalam keadaan kapal tanpa membawa muatan untuk menjaga kapal stabil dan seimbang. Selama pelayaran, kapal dapat mengalami perubahan kondisi cuaca dan gelombang yang dapat memengaruhi stabilitas. Dengan menyesuaikan jumlah air *ballast*, nahkoda dapat mengatur berat dan pusat gravitasi kapal. Hal ini sangat penting terutama saat memasuki Pelabuhan atau saat berlayar di perairan yang berombak.

Terdapat perbedaan *ballast voyage* untuk kapal tanker LPG/c dan LNG/c. Berikut perbedaan dari keduanya :

a. LPG/c

Dalam perdagangan LPG/c sudah menjadi hal umum bahwasannya diharuskan untuk mempertahankan sejumlah kecil muatan yang ada di atas kapal setelah dilakukan pembongkaran, hal ini sering disebut dengan '*heel*'. *Heel* ini digunakan untuk menjaga tangki tetap berada di suhu yang rendah selama *ballast voyage*. Tetapi hanya berlaku Ketika jenis muatan yang sama akan dimuat di Pelabuhan berikutnya.

Secara umum, jumlah yang dipertahankan di atas kapal sebagai *heel* tergantung pada :

- 1) Kesepakatan komersial
- 2) Jenis kapal gas
- 3) Persyaratan terminal muat berikutnya
- 4) Jenis muatan berikutnya

Untuk muatan LPG, jumlah kecil cairan yang tersisa setelah pembongkaran biasanya cukup untuk memberikan efek dingin yang diperlukan selama *ballast voyage*. Pendinginan dilakukan dengan menggunakan cara *reliquefaction* atau mencairkan kembali muatan yang telah menjadi uap panas dalam tangki, mengembalikan kondensat ke dalam tangki untuk memastikan bahwa kapal tiba di pelabuhan muat dengan tangki dan produk sisaan dalam keadaan dingin.

b. LNG/c

Pada kapal LNG, jumlah *heel* yang dipertahankan akan ditentukan oleh instruksi dari penyewa dan umumnya tergantung pada beberapa faktor, yakni :

- 1) Apakah kapal akan tiba dalam keadaan dingin atau hangat di Pelabuhan muat berikutnya
- 2) Berapa banyak gas yang akan digunakan sebagai bahan bakar selama pelayaran
- 3) Lama pelayaran
- 4) Kecepatan selama berlayar
- 5) Waktu tunggu yang diperkirakan di Pelabuhan muat berikutnya sebelum bersandar

Mengoptimalkan jumlah *heel* untuk *ballast voyage* sangat penting. Jika terlalu banyak yang dipertahankan dan kapal LNG tiba di Pelabuhan muat dengan *heel* yang berlebihan, maka muatan yang akan dimuat tidak dapat dimasukkan. Dan jika terlalu sedikit *heel* yang dipertahankan, tangki muat akan tiba dalam keadaan tidak cukup dingin dan membutuhkan waktu pendinginan atau *cooling down cargo* sebelum operasi pemuatan dimulai. Dimana jika hal ini terjadi akan memperpanjang waktu untuk di pelabuhan.

Menurut (SIGGTO LGHP 2016 , hlm. 365), selain itu untuk kapal LNG/c sendiri memiliki perbedaan kondisi *ballast voyage* yang bergantung pada kapal tersebut dilengkapi oleh kombinasi *Reliquefaction plant* atau GCU (*Gas Combustable Unit*). Perbedaan

dari kedua kombinasi tersebut yakni:

1) *Warm Ballast Voyage*

Setelah melakukan proses bongkar, keadaan pada tangki muat tidak dalam keadaan kosong dan akan disisihkan sejumlah muatan. Dalam kondisi ini, tidak mungkin untuk melakukan *reliquefaction* atau mencairkan kembali uap yang ada dalam tangki yang bertujuan untuk mengatur tekanan dalam tangki. BOG yang terbentuk dari tangki akan dikompres melalui kompresor *high duty* dan kemudian melewati *heater* dan masuk ke suplai GCU. GCU hanya diperlukan secara berkala untuk menjaga tekanan dalam tangki, saat tangki muatan mulai memanaskan atau menghangat hingga suhu sekitarnya (Margono et al., 2020).

2) *Cold Ballast Voyage*

Terdapat beberapa keuntungan dalam *Cold Ballast Voyage*, yaitu :

- a) Waktu untuk proses bongkar lebih cepat (dikarenakan tidak perlu proses pengosongan di pelabuhan pembongkaran)
- b) Tidak perlu pendinginan di pelabuhan muat
- c) Tidak ada pembakaran muatan di GCU untuk mengatur tekanan dalam tangki.

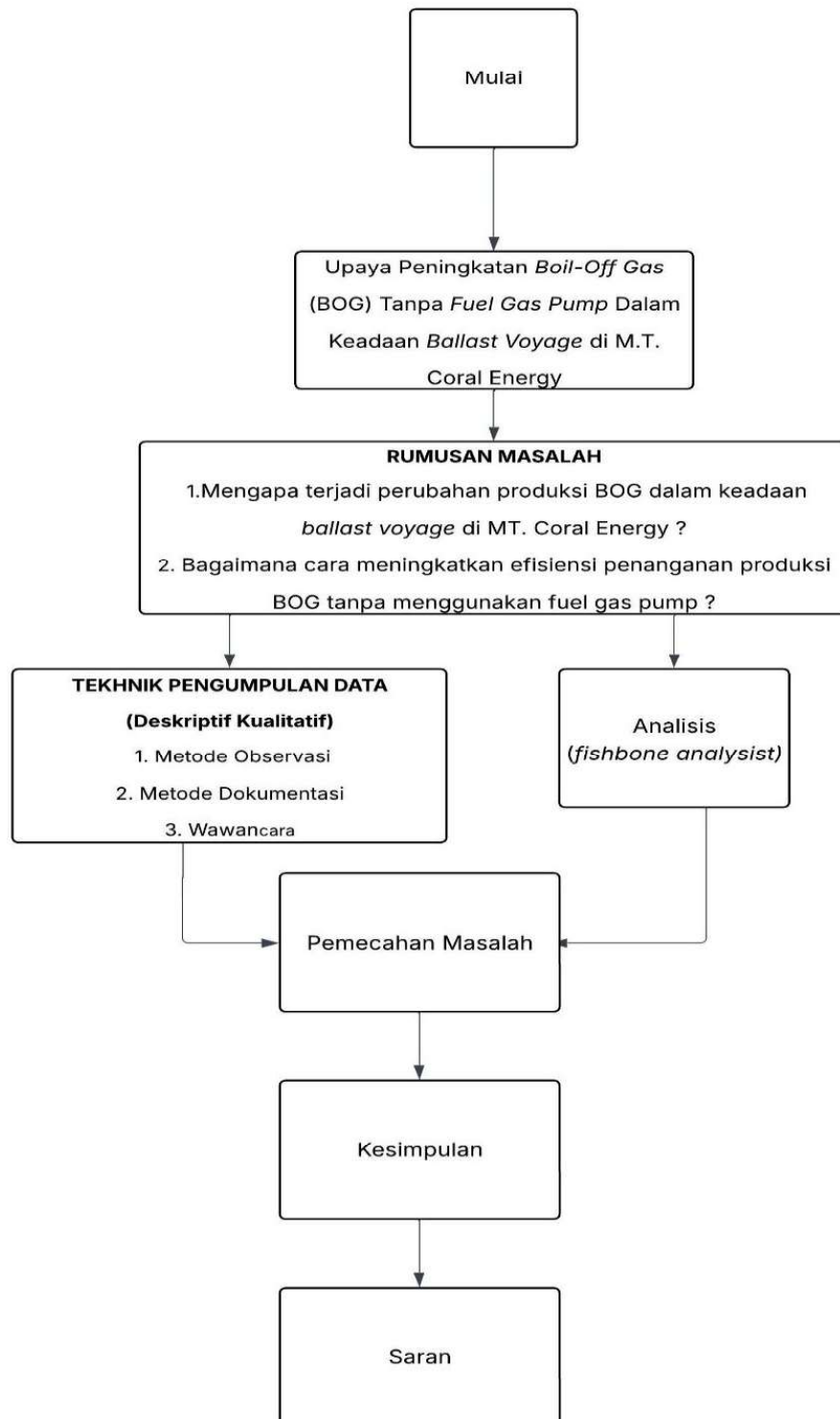
Ketika pompa semprot atau *spray pumps* digunakan untuk menjaga atau mendinginkan tangki sebagai persiapan untuk pemuatan, pembentukan uap di dalam tangki muat akan meningkat dan proses *reliquefaction* dapat digunakan untuk mengatasi hal ini.

Keadaan normal yang dilakukan sebelum muat di pelabuhan yakni mendinginkan tangki agar tangki siap untuk memuat sesuai dengan desain tangki muatan. Dengan cara ini, kapal LNG dapat segera memulai oprasi muat setelah proses *cooling down* dari darat selesai.

C. Kerangka Pikir Penelitian

(Sekaran & Bougie, 2010) mengatakan kerangka pikir penelitian adalah model konseptual yang menjelaskan bagaimana teori berinteraksi dengan berbagai elemen yang telah ditentukan sebagai masalah penting. Namun, (Sugiyono, 2017) menyatakan bahwa kerangka berfikir yang baik akan membantu menjelaskan secara teoritis hubungan antara variabel yang akan diteliti. Oleh karena itu, perlu untuk menjelaskan bagaimana variabel independen dan dependen berinteraksi secara teoritis. Jika ada variabel moderator dan intervensi dalam penelitian, maka perlu dijelaskan mengapa mereka digunakan.

Selanjutnya, hubungan antara variabel tersebut dibangun menjadi paradigma penelitian. Oleh karena itu, setiap penyusunan paradigma penelitian harus didasarkan pada kerangka pikir ini. Pemaparan kerangka pikir ini akan disajikan dalam bentuk diagram alur sederhana. Tujuannya adalah untuk memberi penulis kemudahan dalam menyelesaikan rumusan masalah mereka. Untuk mempermudah pembahasan mengenai upaya peningkatan *boil-off gas* (BOG) tanpa *fuel gas pump* dalam keadaan *ballast voyage* di M.T Coral Energy, peneliti membuat kerangka berpikir sebagai berikut :



Gambar 2. 2. Kerangka Berpikir
Sumber: Diolah Penulis (2025)

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metodologi deskriptif kualitatif. Menurut Bogdan dan Taylor dalam Moloeng (2007:4) proses penelitian kualitatif menghasilkan data deskriptif berupa pernyataan verbal atau tertulis dari subjek dan perilaku dari peristiwa yang diamati. Selanjutnya menurut Moleong (2007:11) penggunaan pendekatan kualitatif dalam penelitian deskriptif lebih mengutamakan data berupa kata-kata dan gambar dari pada data numerik.

Menurut (Creswell, 2016) Penelitian Kualitatif adalah pendekatan kualitatif untuk pengumpulan data, analisis, interpretasi, dan penulisan laporan berbeda dari pendekatan kuantitatif tradisional. Pengambilan sampel secara sengaja, pengumpulan data terbuka, analisis teks atau gambar, representasi informasi dalam gambar dan tabel, dan interpretasi pribadi dari temuan semua menginformasikan metode kualitatif”.

Menurut (Sugiyono, 2017: 244) analisis data adalah proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari hasil wawancara, catatan lapangan, dan bahan-bahan lain, sehingga dapat mudah dipahami, dan temuannya dapat diinformasikan kepada orang lain. Analisis data dilakukan dengan mengorganisasikan data, membaginya menjadi bagian-bagian kecil, melakukan sintesa, menyusunnya ke dalam pola, menentukan mana yang penting dan yang perlu dipelajari, dan membuat kesimpulan yang dapat

dikomunikasikan. Mengendalikan data secara sistematis dan sesuai dengan perumusan masalah adalah tujuan analisis data.

Tujuan penelitian kualitatif adalah untuk memperoleh gambaran dan informasi yang menyeluruh tentang suatu subjek dari sudut pandang yang diteliti. Subjek penelitian kualitatif adalah mereka yang memiliki gagasan, persepsi, pandangan, atau keyakinan yang tidak dapat diukur dengan angka. sehingga metodologi penelitian yang digunakan meliputi pengetahuan yang mencakup pedoman metodologi penelitian.

Penelitian kualitatif pertama-tama memiliki gambaran umum, kemudian berfokus pada masalah atau fakta tertentu. Penelitian kualitatif menyampaikan masalah secara deskriptif untuk menjelaskan dan mendeskripsikan objek yang diteliti dan fakta di lapangan serta menyimpulkan secara induktif dan deduktif. Akibatnya, peneliti kualitatif tidak akan mendeskripsikan masalah penelitian berdasarkan variabel penelitian semata karena “masalah” dan “judul” yang dibawa oleh peneliti masih bersifat sementara dan *holistic* (keseluruhan).

B. Waktu Dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di atas kapal M.T CORAL ENERGY selama praktik laut yang terhitung dari 18 Maret 2024 hingga 12 September 2024. Namun, tidak seluruh waktu praktik digunakan untuk meneliti. Oleh karena itu, penelitian dilakukan pada saat keadaan *ballast voyage* dan menggunakan *top spray* di waktu tertentu. Data yang penting tentang bagaimana upaya meningkatkan *boil-off gas* tanpa *fuel gas pump* yang akan

dibahas dalam skripsi adalah cara penelitian dilakukan.

2. Tempat Penelitian

Penulis melakukan tempat penelitian di salah satu Perusahaan kapal tanker asal Belanda di Perusahaan Anthony adalah subjek penelitian yang dilakukan penulis dalam penyusunan skripsi ini. Ini adalah informasi spesifik tentang lokasi penelitian di mana penulis melakukan praktik laut, antara lain:

<i>Ship's name</i>	: M.T Coral Energy
<i>Call sign</i>	: PCQG
<i>Type of vessel</i>	: LNG/c
<i>Nationality</i>	: Netherlands
<i>IMO number</i>	: 9617698
<i>Class</i>	: Bureau Veritas
<i>Owner</i>	: Coral Energy Shipping B.V.
<i>Operator</i>	: Anthony Veder Chartering B.V.
<i>L.O.A</i>	: 154.95 mtr / 510.63 ft
<i>L.P.P</i>	: 146.67 mtr / 479.40ft
<i>Breadth (extreme)</i>	: 22.70 mtr / 74.48 ft
<i>Depth (molded)</i>	: 14.95 mtr / 49.05 ft
<i>Height (maximum)</i>	: 37.31 mt (<i>Keel plate to tip Antenna</i>)
<i>DWT</i>	: 8.710 t
<i>Gross Tonnage</i>	: 13.501 mt
<i>Main Engine</i>	: Wartsila 8L50DF
<i>Ship speed</i>	: 15 knots

C. Subyek Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data

Penulis menggunakan data primer sebagai sumber data yang akan dianalisa. Data primer adalah data atau informasi yang diperoleh secara langsung dari subjek penelitian melalui instrumen dan prosedur yang telah ditetapkan. Data primer dikumpulkan oleh peneliti untuk menjawab pertanyaan penelitian mereka. Data utama penelitian ini berasal dari wawancara dengan *chief officer*, *second officer* dan *third officer* yang telah berpengalaman. Selain wawancara, penulis juga mengumpulkan data melalui observasi dan dokumentasi.

Selain itu, penjelasan tentang tugas yang harus dilakukan peneliti akan membantu menjelaskan masalah yang mungkin muncul selama proses pengumpulan data. Proses pengumpulan data termasuk membatasi penelitian, mengumpulkan informasi melalui observasi dan wawancara, baik terstruktur maupun tidak terstruktur, dokumentasi, materi visual dan menetapkan protokol untuk merekam atau mencatat informasi (Creswell, 2016: 253)

Data primer dan sekunder biasanya merupakan jenis data yang dikumpulkan dan dianalisis. Memberikan penjelasan tentang pekerjaan yang harus dilakukan, peneliti akan membantu untuk menjelaskan masalah yang mungkin muncul selama proses pengumpulan data. Data sekunder adalah data yang telah dikumpulkan sebelumnya atau yang telah dikumpulkan oleh orang lain secara individu atau kelompok. Sedangkan data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung dari objek yang diteliti selama praktik laut dan dikumpulkan melalui observasi dan wawancara, baik terstruktur maupun tidak terstruktur, dokumentasi materi visual, dan pembuatan protokol untuk

pengolahan data. Data penulisan yang benar diolah dan disajikan dengan data informasi yang lengkap. Objektif dan dapat dipertanggung jawabkan. Data teoritis yang dapat diukur diperlukan untuk mengolah data empiris. Jadi, selama proses membuat dan menyusun skripsi penulis akan menjelaskan metode pengumpulan data yang diperlukan dan betapa pentingnya bahan analisis untuk menyelesaikan semua masalah yang telah dirumuskan. Data-data tersebut disusun secara sistematis dan sesuai dengan topik penelitian, terutama terkait dengan peningkatan *boil off gas* tanpa *fuel gas pump*. Berikut ini adalah metode pengumpulan data yang penulis gunakan dalam penelitian ini:

1. Metode Observasi

Semua ilmu pengetahuan bergantung pada (Sugiyono, 2017: 237).

Ilmuwan hanya dapat bekerja berdasarkan data yaitu fakta dunia nyata yang mereka amati atau pelajari tentang perilaku dan maknanya. Penulis melihat bahwa tekanan dalam tangki menurun selama kondisi *ballast voyage* serta laut yang tenang, sehingga menyebabkan kurangnya pasokan BOG untuk dikirim ke *main engine* yang digunakan sebagai bahan bakar kapal.

2. Wawancara

Wawancara dengan peserta dapat dilakukan secara langsung, melalui telepon atau *focus grub* (wawancara dengan enam hingga delapan orang perkelompok) (Creswell, 2016: 254) adapun *chief officer*, *second officer* dan *third officer* terlibat dalam pengumpulan data. Wawancara dilakukan secara terbuka atau peneliti bertanya kepada responden penting tentang fakta dan pendapat tentang peristiwa yang diteliti. Narasumber yang peneliti wawancarai yakni *chief officer* selaku yang bertanggung jawab terhadap

penanganan muatan dan *cargo operation* diatas kapal, *second officer* selaku mentor peneliti selama peneliti melakukan penelitian diatas kapal.

3. Metode Dokumentasi

Dokumen tersebut dapat berupa dokumen umum, seperti koran, makalah, laporan kantor, atau dokumen pribadi (Creswell, 2016: 255). Teknik ini membuat data yang diperoleh lebih akurat dan dapat dipertanggung jawabkan dengan cara melengkapi arsip dan dokumen kapal. Dokumen yang ada di atas kapal dapat digunakan sebagai referensi, termasuk foto foto yang berkaitan dengan CTS sebagai bukti akurat bahwasannya terjadi efektivitas dari penggunaan *top spray* sebagai metode peningkatan *boil off gas* tanpa *fuel gas pump* itu sendiri.

D. Teknik Analisis Data

Menurut (Sugiyono, 2017: 244) analisis data adalah proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari catatan lapangan, wawancara, dan sumber lain agar mudah dipahami dan hasilnya dapat dikomunikasikan. Proses analisis data termasuk mengorganisasikan data, membaginya menjadi bagian-bagian kecil, melakukan sintesa, menyusun pola, memilih mana yang penting dan yang harus dipelajari serta membuat kesimpulan yang dapat dikomunikasikan.

Analisis *fishbone* juga disebut sebagai diagram Ishikawa atau *cause and effect diagram*, adalah alat visual yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan berbagai faktor yang bertanggung jawab atas suatu masalah atau efek tertentu. Di diagram ini “kepala” menunjukkan masalah utama dan “tulang”

menunjukkan kategori penyebab yang berkontribusi pada masalah tersebut, seperti manusia, metode, mesin, material, lingkungan, dan pengukuran. Oleh karena itu, diagram *fishbone* membantu menjelaskan hubungan antara berbagai faktor penyebab dan efek, yang memudahkan tim untuk memahami sumber masalah secara menyeluruh.

Diagram *fishbone* membantu dalam membahas penyebab utama suatu masalah. Ini adalah teknik visual yang menunjukkan berbagai penyebab dari suatu kejadian tertentu (Coccia, 2020). Menurut Mangidara et al. (2022:100) dalam (Arif & Gunawan, 2023) diagram *fishbone* atau diagram sebab-akibat merupakan alat yang efektif untuk mengenali penyebab utama maupun penyebab pendukung dari suatu permasalahan. Selain itu, diagram ini dapat digunakan sebagai alat visual untuk mengidentifikasi, mengeksplorasi, dan menggambarkan secara grafis berbagai komponen yang berkontribusi pada munculnya suatu masalah.

Dalam penerapannya, analisis *fishbone* sering digunakan dalam konteks manajemen kualitas dan perbaikan proses. Metode ini membantu tim untuk melakukan *brainstorming* secara sistematis, sehingga semua kemungkinan penyebab dapat dipertimbangkan. Dengan melibatkan berbagai pemangku kepentingan, analisis ini juga mendorong kolaborasi dan komunikasi yang lebih baik di antara anggota tim, yang pada gilirannya dapat meningkatkan pemahaman bersama tentang masalah yang dihadapi. Dalam menggunakan metode *fishbone* terdapat beberapa komponen penting, yakni:

1. Masalah Utama (Sumbu Utama) : Ditegak diagram terletak masalah atau situasi yang ingin dijelaskan.
2. Kategori Penyebab (Tulang Ikan) : Kategori ini dapat menyebabkan atau

mempengaruhi masalah utama, garis cabang yang terlihat seperti tulang ikan di diagram fisik.

3. Penyebab Khusus (Tulang Cabang) : Di ujung setiap cabang, akan menemukan faktor khusus yang memasukkan masalah tersebut ke dalam kategori tertentu.

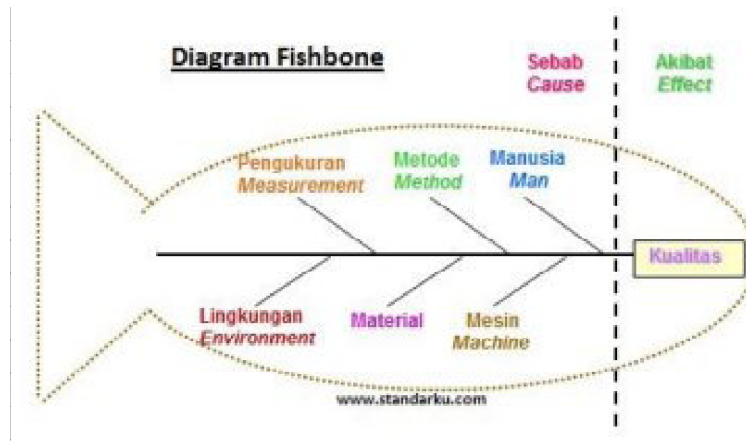
Dalam beberapa penelitian terbaru analisis *fishbone* telah diterapkan dalam berbagai bidang termasuk manufaktur, layanan kesehatan, dan pendidikan. Misalnya, dalam masalah yang peneliti hadapi untuk menganalisis upaya untuk meningkatkan BOG Ketika kapal dalam keadaan *ballast voyage* tanpa adanya *fuel gas pump*. Di permasalahan ini *fishbone* diagram membantu dalam mengidentifikasi faktor – faktor penyebab terjadinya perubahan produksi BOG dalam keadaan *ballast voyage*, sehingga strategi peningkatan BOG dapat ditingkatkan. Adapun langkah-langkah dalam membuat diagram *fishbone* ;

1. Identifikasi Masalah Utama : Menentukan masalah utama yang ingin dipecahkan atau keadaan yang ingin di analisis
2. Menentukan Kategori Penyebab : Hal ini berkaitan dengan kategori yang dapat berkontribusi pada masalah utama, misal individu, proses teknologi, lingkungan, dan kebijakan.
3. Membuat Tulang Cabang : Setiap kategori penyebab, buatlah garis cabang yang menonjol dimana pada setiap ujungnya tertulis penyebab spesifik yang terkait dengan hal tersebut.
4. Analisis Akar Penyebab : Setelah mencatat semua cabang dan penyebab utamanya, langkah berikutnya adalah mengidentifikasi faktor utama yang berkontribusi pada masalah utama.
5. Solusi dan Tindakan : Menemukan akar dan penyebab masalah kemudian

membuat solusi atau tindakan yang tepat untuk mengatasi setiap penyebab atau komponen penting yang berkontribusi pada masalah utama.

6. Implementasi dan Evaluasi : Menerapkan solusi atau tindakan yang telah diidentifikasi, lalu evaluasi dampak perubahan terhadap masalah utama.

Metode *fishbone* membantu mengurai kompleksitas suatu masalah dengan mengidentifikasi berbagai faktor penyebab yang mungkin terlibat. Ini memungkinkan kelompok atau individu untuk membuat tindakan yang lebih terarah dan efektif untuk menyelesaikan masalah tersebut.



Gambar 3. 1. Diagram *Fishbone*
Sumber: <https://journal.poltekim.ac.id/jaim/>

Salah satu keuntungan utama dari metode ini adalah kemudahan dalam mengidentifikasi penyebab akar dari masalah, bukan hanya dari gejalanya. Dengan fokus pada penyebab yang mendasar, dapat mengembangkan solusi yang lebih efektif dan berkelanjutan. Hal ini sangat penting dalam konteks industri, dimana masalah yang tidak teratasi dapat menyebabkan kerugian yang signifikan dalam hal waktu, biaya dan reputasi.

Secara keseluruhan, metode analisis *fishbone* adalah alat yang efektif untuk pemecahan masalah yang dapat diterapkan di berbagai sektor, dengan

pendekatan visual dan kolaboratif, metode ini tidak hanya membantu dalam mengidentifikasi penyebab masalah tetapi juga mendorong keterlibatan tim dalam proses perbaikan berkelanjutan (Tantri et al., 2024).