

**PENGARUH INERT GAS GENERATOR DALAM PROSES
BONGKAR MUATAN (*DISCHARGE*) PADA KAPAL
MT. PANCARAN INTEGRITY**



Diajukan dalam Rangka Penyelesaian
Program Studi Diploma III Studi Nautika

I WAYAN MICHAELLE GABE YANUAR
NPM . 2201018

PROGRAM STUDI DIPLOMA III STUDI NAUTIKA
POLITEKNIK TRANSPORTASI SUNGAI, DANAU, DAN
PENYEBERANGAN PALEMBANG
TAHUN 2025

**PENGARUH INERT GAS GENERATOR DALAM PROSES
BONGKAR MUATAN (*DISCHARGE*) PADA KAPAL
MT. PANCARAN INTEGRITY**



Diajukan dalam Rangka Penyelesaian
Program Studi Diploma III Studi Nautika

I WAYAN MICHAELLE GABE YANUAR
NPM. 2201018

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III STUDI NAUTIKA
POLITEKNIK TRANSPORTASI SUNGAI, DANAU, DAN
PENYEBERANGAN PALEMBANG
TAHUN 2025**

**PENGARUH INERT GAS GENERATOR DALAM PROSES BONGKAR
MUATAN (*DISCHARGE*) PADA KAPAL
MT. PANCARAN INTEGRITY**

Disusun dan Diajukan Oleh:

I WAYAN MICHAELLE GABE YANUAR

NPM. 2201018

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian KKW
Pada Tanggal 16 Agustus 2025



Pengaji I

Slamet Prasetyo Sutrisno, S.T., M. Pd..
NIP: 19760430 200812 1 001

Menyetujui

Pengaji II

Driaskoro Budi Sidharta S.T., M.Sc.
NIP: 19780513 200912 1 001

Pengaji III

Febriyanti Himmatul Ulya, S.Pd., M.Si.
NIP: 19930208 202203 2 007

Mengetahui
Ketua Program Studi
Diploma III Studi Nautika

Slamet Prasetyo Sutrisno, S.T., M. Pd
NIP. 19760430 200812 1 001

**PERSETUJUAN SEMINAR
KERTAS KERJA WAJIB**

Judul : **PENGARUH INERT GAS GENERATOR DALAM PROSES BONGKAR MUATAN (*DISCHARGE*) PADA KAPAL MT. PANCARAN INTEGRITY**

Nama Taruna : I WAYAN MICHAELLE GABE YANUAR

NPM : 2201018

Program Studi : Diploma III Studi Nautika

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan

Palembang, 15 Agustus 2025
Menyetujui

Pembimbing I

Paulina M. Latuheru, S.SiT., M.M.
NIP. 19780611 200812 2 001

Pembimbing II

Ir. Muhammad Fahmi Amrillah, S.T., M.T., IPP
NIP. 19950807 202203 1 003

Mengetahui
Ketua Program Studi
Diploma III Studi Nautika

Slamet Prasetyo Sutrisno, S.T., M.Pd
NIP.19760430 200812 1 001

SURAT PERALIHAN HAK CIPTA

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : I WAYAN MICHAELLE GABE YANUAR

NPM : 2201018

Program Studi : Diploma III Studi Nautika

Adalah **pihak I** selaku penulis asli karya ilmiah yang berjudul “PENGARUH INERT GAS GENERATOR DALAM PROSES BONGKAR MUATAN (DISCHARGE) PADA KAPAL MT. PANCARAN INTEGRITY.”, dengan ini menyerahkan karya ilmiah kepada :

Nama : Politeknik Transportasi SDP Palembang

Alamat : Jl. Sabar Jaya no.116, Prajin, Banyuasin 1, Kab. Banyuasin, Sumatera Selatan

Adalah **pihak ke II** selaku pemegang Hak cipta berupa laporan Tugas Akhir Taruna/i Program Studi Diploma III Studi Nautika selama batas waktu yang tidak ditentukan.

Demikianlah surat pengalihan hak ini kami buat, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya

Palembang, 16 Agustus 2025

Pemegang Hak Cipta

Pencipta



(POLTEKTRANS SDP PALEMBANG)

(I WAYAN MICHAELLE GABE YANUAR)

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : I WAYAN MICHAELLE GABE YANUAR

NPM : 2201018

Program Studi : Diploma III Studi Nautika

Menyatakan bahwa KKW yang saya tulis dengan judul :

“PENGARUH INERT GAS GENERATOR DALAM PROSES BONGKAR MUATAN (DISCHARGE) PADA KAPAL MT. PANCARAN INTEGRITY”

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KKW 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 Transportasi Sungai, Danau dan Penyeberangan Palembang.

Palembang, 16 Agustus 2025



(I WAYAN MICHAELLE GABE YANUAR)

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
BADAN LAYANAN UMUM**



POLITEKNIK TRANSPORTASI SUNGAI, DANAU DAN PENYEBERANGAN PALEMBANG

Jl. Sabar Jaya No. 116 | Telp. : (0711) 753 7278 | Email : kepegawaian@poltektranssdp-palembang.ac.id
Palembang 30763 | Fax. : (0711) 753 7263 | Website : www.poltektranssdp-palembang.ac.id



**SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIARISME
Nomor : 80 / PD / 2025**

Tim Verifikator Smiliarity Karya Tulis Politeknik Transportasi Sungai, Danau dan Penyeberangan Palembang, menerangkan bahwa identitas berikut :

Nama : I Wayan Michaelle Gabe Yanuar
NPM : 2201018
Program Studi : D. III STUDI NAUTIKA
Judul Karya : PENGARUH INERT GAS GENERATOR DALAM PROSES BONGKAR MUATAN (DISCHARGE) PADA KAPAL MT. PANCARAN INTEGRITY

Dinyatakan sudah memenuhi syarat dengan Uji Turnitin 22% sehingga memenuhi batas maksimal Plagiasi kurang dari 25% pada naskah karya tulis yang disusun. Surat keterangan ini digunakan sebagai prasyarat pengumpulan tugas akhir dan *Clearence Out Wisuda*.

Palembang, 25 Agustus 2025
Verifikator

Kurniawan.,S.IP
NIP. 19990422 202521 1 005

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala berkah dan karunia-Nya sehingga Kertas Kerja Wajib yang berjudul “PENGARUH INERT GAS GENERATOR DALAM PROSES BONGKAR MUATAN (DISCHARGE) PADA KAPAL MT. PANCARAN INTEGRITY” bisa diselesaikan dengan tepat waktu tanpa adanya hal-hal yang tidak di inginkan.

Dalam penyusunan Kertas Kerja Wajib (KKW) ini, Peneliti ingin menyampaikan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu serta memberikan arahan, bimbingan, petunjuk dan nasihat dalam segala hal yang sangat berarti dan menunjang dalam penyelesaian penelitian ini. Kepada:

1. Kedua orang tua saya Bapak I Nyoman Januariana dan Ibu Rumondang Roselly Sulastri Sibarani atas segala doa dan dukungannya selama ini.
2. Direktur Politeknik Transportasi Sungai, Danau, dan Penyeberangan Palembang Bapak Dr. Ir. Eko Nugroho Widjatmoko, M.M., IPM., M.Mar.E
3. Ketua Jurusan Nautika Bapak Slamet Prasetyo Sutrisno, S.T., M.Pd
4. Dosen Pembimbing I Ibu Paulina M. Latuheru, S.SiT., M.M yang selalu sabar mengarahkan dan membimbing selama ini
5. Dosen Pembimbing II Bapak Ir. Muhammad Fahmi Amrillah, S..T., M.T., IPP yang tidak pernah berhenti memberikan segala ilmunya
6. Bapak dan Ibu dosen Poltektrans SDP Palembang, khususnya di lingkungan program studi Nautika Poltektrans SDP Palembang
7. Ni Nengah Bintang Juliana Dewi sebagai pasangan yang selalu mendampingi penulis selama mengerjakan tugas ini.

Semoga kelak penelitian ini dapat berguna bagi semua pihak, terutama berguna untuk pengembangan pengetahuan Taruna/I Poltektrans SDP Palembang, dan bermanfaat bagi dunia pelayaran pada umumnya. Akhir kata peneliti mengucapkan terima kasih dan mohon maaf atas segala kekurangan.

Palembang, 16 Agustus 2025

Peneliti

(I WAYAN MICHAELLE GABE YANUAR)

**Pengaruh Inert Gas Generator Dalam Proses Bongkar Muatan
(*Discharge*) Pada Kapal MT. Pancaran Integrity**

I Wayan Michaelle Gabe Yanuar (2201018)

Dibimbing Oleh: Paulina M. Latuheru, S.SiT., M.M. dan

Ir. Muhammad Fahmi Amrillah, S..T., M.T., IPP

ABSTRAK

Inert Gas Generator (IGG) merupakan komponen utama yang mendukung keamanan operasional pada kapal tanker yang berfungsi untuk menjaga atmosfer tangki kargo tetap inert dengan kadar oksigen di bawah 5%. Namun, pada kapal MT. Pancaran Integrity ditemukan kendala berupa gangguan pada sistem IGG yang berdampak signifikan terhadap waktu dan efisiensi bongkar muatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh Inert Gas Generator dalam proses bongkar muatan (*discharge*) pada kapal MT. Pancaran Integrity dan memberikan solusi mengenai kendala yang dihadapi dalam penelitian ini. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kualitatif dengan pendekatan deskriptif. Analisis data yang digunakan adalah pendekatan kualitatif terhadap data primer melalui wawancara, observasi, dokumentasi yang berkaitan dengan kendala saat melakukan penelitian pada kapal MT. Pancaran Integrity.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketika IGG mengalami gangguan pada burner dimana pembakaran yang tidak stabil sehingga kadar oksigen meningkat dan tekanan tangki menurun, memicu interlock system menghentikan operasi pompa. Hal ini menyebabkan proses bongkar muatan terhambat. Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi kerja IGG berpengaruh langsung terhadap kelancaran, efisiensi, dan ketepatan waktu bongkar muatan di kapal tanker. Oleh karena itu, pengoperasian IGG harus dilakukan secara konsisten selama proses bongkar muatan dengan memastikan tekanan dan kadar oksigen tetap sesuai standar, serta didukung perawatan rutin, pembersihan komponen, dan pengecekan sistem pembakaran untuk mencegah kegagalan operasi yang dapat menghambat kinerja bongkar muatan.

Kata Kunci: Inert Gas, Inert Gas Generator, Tanker, Oxygen Content

***The Effect of an Inert Gas Generator on Discharge Process at
MT. Pancaran Integrity Vessel***

I Wayan Michaelle Gabe Yanuar (2201018)

Dibimbing Oleh: Paulina M. Latuheru, S.SiT., M.M. dan

Ir. Muhammad Fahmi Amrillah, S..T., M.T., IPP

ABSTRACTION

The Inert Gas Generator (IGG) is a key component that supports operational safety on tankers, functioning to maintain the cargo tank atmosphere in an inert state with an oxygen content below 5%. However, on board MT. Pancaran Integrity, an issue was identified involving a malfunction in the IGG system, which had a significant impact on the time and efficiency of cargo discharge operations. This study aims to determine the effect of the Inert Gas Generator on the cargo discharge process aboard MT. Pancaran Integrity and to provide solutions to the problems encountered during the research. The method used in this study is qualitative with a descriptive approach. Data analysis was carried out qualitatively based on primary data obtained through interviews, observations, and documentation related to the challenges faced during the research on board MT. Pancaran Integrity.

The results show that when the IGG experienced a malfunction in the burner where unstable combustion caused an increase in oxygen content and a decrease in tank pressure it triggered the interlock system to stop the pump operation. This caused delays in the cargo discharge process. The conclusion of this study indicates that the operational condition of the IGG has a direct impact on the smoothness, efficiency, and timeliness of cargo discharge operations on tankers. Therefore, the IGG must be operated consistently during the discharge process, ensuring that pressure and oxygen content remain within standard limits, supported by routine maintenance, component cleaning, and combustion system inspections to prevent operational failures that could hinder discharge performance.

Keywords: Inert Gas, Inert Gas Generator, Tanker, Oxygen Content

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN SEMINAR	iii
SURAT PERALIHAN HAK CIPTA	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	1
BAB I PENDAHULUAN	2
A. Latar Belakang Penelitian	2
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Batasan Masalah	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
A. Tinjauan Pustaka	6
B. Landasan Teori	8
BAB III METODE PENELITIAN	22
A. Desain Penelitian	22
B. Teknik Pengumpulan Data	25
C. Teknik Analisis Data	26
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	27
A. Analisis	27
B. Pembahasan	41
BAB V PENUTUP	45
A. Kesimpulan	45
B. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Review Penelitian Terdahulu	6
Tabel 4. 1 Perbandingan Kinerja IGG saat proses bongkar muatan	27
Tabel 4. 2 Tingkat Keamanan <i>Oxygen Content</i>	29
Tabel 4. 3 Pencatatan Tekanan dan <i>Oxygen Content</i>	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Burner</i>	13
Gambar 2. 2 <i>Scrubber</i>	14
Gambar 2. 3 <i>IG Blower 1</i>	14
Gambar 2. 4 <i>IG Blower 2</i>	15
Gambar 2. 5 <i>Deck Water Seal</i>	15
Gambar 2. 6 <i>Non Return Valve</i>	16
Gambar 2. 7 <i>Isolating Valve</i>	16
Gambar 2. 8 <i>P/V Breaker</i>	17
Gambar 2. 9 <i>P/V Valve</i>	17
Gambar 2. 10 <i>Oxygen Analyzer</i>	18
Gambar 2. 11 <i>IG Recorder Graph</i>	18
Gambar 2. 12 <i>IG Cargo Valve</i>	19
Gambar 2. 13 <i>IG Line</i>	19
Gambar 4. 1 <i>Oxygen Analyzer < 5%</i>	30
Gambar 4. 2 <i>Oxygen Analyzer > 5%</i>	31
Gambar 4. 3 <i>Low Pressure on Cargo Tank</i>	34
Gambar 4. 4 <i>Cleaning Nozzle</i>	36
Gambar 4. 5 <i>Burner Head</i>	36
Gambar 4. 6 Cek Pembakaran Pada <i>Nozzle</i> Setelah Dibersihkan	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir Wawancara	47
Lampiran 2 <i>Crew List</i>	48
Lampiran 3 <i>Ship Particular</i>	49
Lampiran 4 Kapal sandar di pelabuhan Dumai	50
Lampiran 5 Peneliti sedang melakukan dinas jaga di <i>deck</i>	50
Lampiran 6 Peneliti selesai melaksanakan <i>Tank Cleaning</i>	51
Lampiran 7 Kapal sandar dengan sistem <i>Ship to Ship</i>	51
Lampiran 8 <i>Safety meeting</i> yang dilakukan setiap awal bulan	52
Lampiran 9 Proses inspeksi <i>Life raft</i>	52

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Seiring berjalananya waktu, angkutan laut di Indonesia semakin banyak digunakan oleh masyarakat, tidak hanya digunakan untuk mengangkut penumpang tetapi juga berfungsi sebagai kapal pengangkut barang. Ada beberapa jenis kapal yang digunakan untuk mengangkut muatan, salah satunya adalah kapal tanker dimana kapal ini mempunyai fungsi atau didesain khusus untuk memuat muatan cair, seperti minyak dan cairan kimia (*Chemical*). Melihat dari konstruksinya yang didesain sedemikian rupa, dengan memuat muatan yang mudah menyala bahkan bisa meledak, hal tersebut disebabkan karena adanya gas yang dihasilkan dari penguapan muatan tersebut oleh karena itu kapal dengan muatan minyak lebih berpotensi memicu terjadinya bahaya seperti kebakaran dan ledakan yang dapat mengakibatkan korban jiwa dan pencemaran di lingkungan sekitar kapal dikarenakan sifat dari muatan tersebut memiliki karakteristik yang mudah terbakar dan memiliki unsur segitiga api yaitu Bahan (*Material*). Kebakaran diatas kapal dapat terjadi apabila adanya unsur segitiga api berupa Panas (*Heat*), Bahan (*Material*) dan Udara (*Oxygen*). Untuk mencegah terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan tersebut terutama pada proses bongkar muatan (*Discharge*), maka salah satu dari unsur segitiga api tersebut harus dihilangkan yaitu pada bagian Udara (*Oxygen*) agar tidak terjadinya resiko meledak atau terbakarnya sebuah kapal tanker. Oleh karena itu setiap kapal tanker berukuran lebih dari 8000 DWT harus sudah dilengkapi dengan *Inert Gas Generator/Inert Gas System* sesuai dengan *SOLAS Regulations II-2/4 and II-2/16, 2016*.

Inert gas adalah gas atau campuran gas, seperti gas buang yang mengandung oksigen sangat rendah untuk mendukung pembakaran hidrokarbon demi menghasilkan gas karbon dioksida yang kemudian akan di masukan ke tanki muatan. Dimana fungsi dari *inert gas* itu sendiri adalah untuk memutus unsur segitiga api pada bagian udara (*Oxygen*) dan menjaga kandungan oksigen pada atmosfer tanki.

Dengan adanya aturan *SOLAS Regulations II-2/4 and II-2/16, 2016* maka *Inert Gas Generator/Inert Gas System* sangat penting diketahui oleh perwira maupun awak yang bekerja di kapal tanker dikarenakan hal tersebut berpengaruh besar dalam proses pelaksanaan bongkar muatan (*Discharge*) pada sebuah kapal tanker atau kapal yang membawa muatan minyak. Selama penulis melaksanakan praktik laut di kapal MT. PANCARAN INTEGRITY, penulis sempat mengalami masalah terkendalinya *Inert Gas Generator* saat pelaksanaan bongkar muatan dikarenakan meningkatnya oksigen konten (kandungan oksigen) ke dalam tanki sehingga pompa tidak dapat beroperasi dan proses bongkar muatan (*Discharge*) menjadi terhambat di kapal MT. PANCARAN INTEGRITY.

Berdasarkan kejadian tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai **“PENGARUH INERT GAS GENERATOR DALAM PROSES BONGKAR MUATAN (*DISCHARGE*) PADA KAPAL MT. PANCARAN INTEGRITY”** dengan maksud untuk memberikan informasi terkait pengaruh *inert gas* dalam proses bongkar muatan (*Discharge*) agar pelaksanaan bongkar muatan dapat berjalan sesuai dengan rencana dan tidak menimbulkan bahaya-bahaya seperti ledakan atau terbakarnya kapal yang dapat menyebabkan kerugian baik pada lingkungan sekitar kapal dan kerugian terhadap perusahaan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas mengenai pengaruh Inert Gas Generator pada proses bongkar muatan (*Discharge*) pada kapal MT. PANCARAN INTEGRITY maka akan diberikan beberapa rumusan masalah agar lebih mudah kedepannya untuk mencari solusi dan dapat memberikan informasi terkait Inert Gas Generator. Adapun perumusan masalah itu sebagai berikut:

1. Apakah kondisi Inert Gas Generator mempengaruhi waktu pelaksanaan bongkar muatan (*Discharge*) di kapal MT. Pancaran Integrity?
2. Apakah terdapat kendala atau tantangan yang dihadapi dalam pengoperasian Inert Gas Generator selama proses bongkar muatan (*Discharge*) di kapal MT. Pancaran Integrity?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penyusunan kertas kerja wajib ini, seperti yang dituliskan dibawah ini:

1. Untuk mengetahui pengaruh kondisi Inert Gas Generator dalam waktu pelaksanaan bongkar muatan (*Discharge*) di kapal MT. Pancaran Integrity
2. Memberikan informasi dan solusi mengenai kendala atau tantangan yang dihadapi dalam pengoperasian Inert Gas Generator selama proses bongkar muatan (*Discharge*) di kapal MT. Pancaran Integrity

D. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan terarah, maka peneliti menetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Ruang Lingkup Wilayah Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada lingkungan kerja di MT. Pancaran Integrity.

2. Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini dibatasi pada awak kapal yang secara langsung terlibat dalam aktivitas operasional Inert Gas Generator. Penelitian tidak mencakup operasional/kegiatan/aktifitas di kapal lain.

3. Jenis Objek yang Dikaji

Penelitian difokuskan pada Inert Gas Generator di MT. Pancaran Integrity saja. Jenis alat/objek khusus lainnya tidak menjadi fokus penelitian.

E. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan di atas adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan wawasan ilmiah mengenai sistem Inert Gas Generator (IGG), khususnya terkait prinsip kerja dan peranannya dalam proses bongkar muatan (*Discharge*) pada kapal tanker. Penelitian ini juga dapat menjadi referensi atau literatur ilmiah bagi taruna/i pelayaran serta pembaca lainnya yang sedang mempelajari sistem keselamatan kapal dan prosedur penanganan muatan cair berbahaya.

2. Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan pemahaman kepada pembaca terkait cara kerja dan pengaruh IGG dalam proses *discharge*, serta menjadi pedoman dalam mengatasi permasalahan yang mungkin terjadi selama pengoperasian IGG. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan keselamatan pelayaran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Penelitian Terdahulu

Berkaitan dengan topik yang diangkat oleh peneliti dalam penelitian ini, maka diperlukan dukungan yang dibuktikan melalui penelitian terdahulu yang membahas terkait penelitian serupa.

Tabel 2. 1 Review Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Muhammad Haidar Bayu Aji (2019)	Optimalisasi Inert Gas Generator Dalam Menunjang Keselamatan Proses Bongkar Muatan Di MT. SPASTIGA	Mengungkapkan bahwa tidak optimalnya sistem Inert Gas Generator disebabkan oleh beberapa faktor seperti: kurangnya prosedur pengoperasian, kurangnya perawatan dan kualitas bahan bakar yang kurang baik.
2.	Susmita Silva (2022)	Oprtimalisasi Kerja Inert Gas Generator Untuk Mendapatkan Inert Gas Dengan Oksigen Konten Dibawah 3% Di PERTAMINA GAS	Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor penyebab oksigen konten lebih dari 3% adalah filter bahan bakar yang kotor, suplai udara pembakaran terlalu banyak, oxygen analyzer yang jarang di kalibrasi, kurangnya pengetahuan awak kapal terhadap

			PMS (Plan Maintenance System) IGG
3.	Agus Puguh Irawan (2020)	Analisis Kegagalan Pembakaran Inert Gas Generator Karena Kebocoran Bagian Scrubber Tower di MT. SEI PAKNING	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penyebab kegagalan pembakaran IGG adalah kebocoran pada bagian combustion chamber IGG, dan kebocoran tersebut diakibatkan karena umur/jam kerja combustion chamber yang sudah terlalu tua/lama, serta service letter IGG tidak ada lagi dikapal sehingga para masinis mengalami kebingungan tentang perawatan IGG tersebut.

Berdasarkan penelitian dari (Aji, 2019) Inert Gas Generator tidak dapat beroperasi dengan baik karena beberapa hal termasuk kurangnya perawatan dan kualitas bahan bakar yang kurang baik, sedangkan menurut penelitian (Silva, 2022) faktor penyebab oksigen konten yang meningkat dikarenakan filter bahan bakar yang kotor dan suplai udara pembakaran terlalu banyak, sedangkan menurut (Irawan, 2020) faktor penyebab kegagalan pembakaran pada IGG dikarenakan terdapat kebocoran pada Scrubber Tower. Sementara itu saat peneliti melaksanakan penelitian di MT. Pancaran Integrity proses bongkar muatan terhambat dikarenakan meningkatnya oksigen konten yang dihasilkan Inert Gas Generator yang menyebabkan pompa berhenti dan proses bongkar muatan menjadi terhambat.

2. Teori Pendukung Yang Relevan

SOLAS Regulations II-2/4 5.5 2016 Part B Prevention of Fire and Explosion, membahas mengenai Inert Gas Generator/Inert Gas System yang menyatakan bahwa kapal tanker dengan dengan bobot mati 8.000 ton dan lebih (ketika mengangkut kargo dengan titik nyala rendah $<60^{\circ}\text{C}$) diwajibkan untuk dilengkapi dengan Inert Gas System/Inert Gas Generator. Ketentuan ini ditetapkan sebagai upaya utama untuk mencegah terjadinya kebakaran dan ledakan di dalam tangki muatan. Sistem inert gas berfungsi menekan kadar oksigen dalam tangki hingga di bawah ambang batas pembentukan campuran mudah terbakar, yakni $<8\%$ (idealnya $<5\%$).

Teori *Non-Flammable Atmosphere* yang menyatakan bahwa atmosfer dalam tangki muatan harus dijaga dalam kondisi tidak mudah terbakar (*non-flammable*) dengan cara mengurangi kadar oksigen menggunakan *inert gas*. Teori ini terkandung dalam *SOLAS Regulations II-2/16 3.3 2016*

Teori *Explosion Prevention in Tanker* yang menyatakan bahwa pencegahan ledakan pada kapal tanker dengan penggunaan Inert Gas Generator/Inert Gas System adalah strategi utama untuk mencegah terjadinya kecelakaan seperti ledakan tanki muatan pada kapal tanker yang dapat menyebabkan kerusakan bahkan korban jiwa. (IMO, International Code For Fire Safety System, Chapter 15 2007 Edition, 2007)

B. Landasan Teori

1. Landasan Hukum

Aturan-aturan yang mengatur mengenai Inert Gas Generator menurut IMO (*International Maritime Organization*) yaitu:

- a. *SOLAS Regulations II-2/4 5.5.1.1 and 5.5.1.2 2016 Part B Prevention of Fire and Explosion*, Inert Gas Generator/Inert Gas System (IMO, SOLAS-2020-Consolidated-Edition, 2020)

Mengatur hal-hal yang mengharuskan sistem inert gas dipasang pada semua kapal tanker minyak dan kimia baru dengan bobot mati 8.000 ton dan lebih (ketika mengangkut kargo dengan titik nyala rendah $<60^{\circ}\text{C}$). Kapal tanker minyak dengan bobot mati 20.000 ton sudah diwajibkan memasang sistem tersebut. Untuk kapal tanker yang dilengkapi dengan

sistem *inert gas*, penerapan *inert gas* harus dilakukan selama pemuatan, perjalanan, pembongkaran, pembersihan tangki dan pembersihan sebelum *free gas*

- b. SOLAS *Regulations II-2/16 3.3.3 2016 Part B Prevention of Fire and Explosion, Inert Gas Generator/Inert Gas System* (IMO, SOLAS-2020-Consolidated-Edition, 2020)

Ketentuan dalam aturan ini menyatakan bahwasannya jika kandungan oksigen dalam inert gas melebihi 5% volume, tindakan segera harus diambil untuk meningkatkan kualitas gas. Kecuali jika kualitas gas membaik, semua operasi di tangki kargo yang menerima pasokan *inert gas* harus dihentikan sementara untuk mencegah udara masuk ke dalam tangki kargo. Katup pengatur gas, jika terpasang, harus ditutup, dan gas yang tidak memenuhi spesifikasi harus dibuang ke atmosfer.

- c. OCIMF (*Oil Companies International Marine Forum*) *The Use of Inert Gas for The Carriage of Flammable Oil Cargoes 2017* (OCIMF, Oil Companies International Marine Forum, 2017)

Mengatur berbagai hal terkait penggunaan sistem *inert gas* pada kapal tanker untuk mencegah risiko kebakaran dan ledakan di ruang kargo yang mengangkut minyak atau bahan mudah terbakar lainnya. Beberapa hal yang diatur oleh pedoman OCIMF mengenai inert gas antara lain:

- 1) Spesifikasi *Inert Gas*

- a) Desain dan konfigurasi sistem *inert gas* yang digunakan untuk memastikan gas yang disuplai ke ruang kargo memiliki kadar oksigen yang sangat rendah (biasanya di bawah 5%).
- b) Penggunaan *inert gas* seperti nitrogen atau gas buang dari mesin kapal untuk menggantikan udara di ruang kargo.

- 2) Pengoperasian dan Pengaturan Sistem

- a) Cara sistem *inert gas* dioperasikan, termasuk prosedur untuk memulai, menghentikan, dan mengontrol aliran *inert gas* ke ruang kargo.
- b) Pemantauan kadar oksigen dan tekanan dalam ruang kargo selama pengoperasian sistem *inert gas* untuk memastikan kadar oksigen

sesuai.

3) Tindakan Darurat

- a) Langkah-langkah yang harus diambil jika sistem *inert gas* gagal berfungsi atau ada masalah selama pengoperasian.
- b) Prosedur untuk mengatasi situasi darurat terkait dengan potensi risiko kebakaran atau ledakan yang timbul akibat kegagalan sistem.

4) Peraturan dan Standar Internasional

- a) Pedoman OCIMF juga mengacu pada peraturan internasional seperti SOLAS (*Safety of Life at Sea*) dan regulasi IMO (*International Maritime Organization*) yang mengatur keselamatan kapal dan sistem *inert gas*.
- b) Sistem *inert gas* harus sesuai dengan standar SOLAS yang mengatur kapal pengangkut bahan berbahaya.

5) Pelatihan dan Kualifikasi Awak kapal

- a) Pelatihan untuk awak kapal mengenai cara mengoperasikan dan memelihara sistem *inert gas* dengan benar.
- b) Pemahaman tentang prosedur darurat terkait dengan sistem *inert gas* dan pentingnya menjaga sistem agar tetap berfungsi dengan baik untuk keselamatan kapal.

d. *Marine Safety Committee Circular (MSC/CIRC.282)* (MSC, 1978)

Berfokus pada pedoman untuk instalasi dan operasi *Inert Gas* di kapal tanker. Sirkular ini memberikan rekomendasi terkait prosedur dan standar yang harus diikuti oleh kapal tanker yang mengangkut bahan yang mudah terbakar, terutama untuk memastikan bahwa sistem *inert gas* berfungsi secara efektif guna mencegah kebakaran dan ledakan.

Beberapa poin utama yang diatur dalam MSC/Circ.282 meliputi:

1) Pedoman untuk Pengoperasian Inert Gas Generator (IGG)

Penjelasan tentang bagaimana sistem *inert gas* harus dioperasikan dan dipelihara selama kapal beroperasi, khususnya saat mengangkut minyak atau bahan mudah terbakar.

2) Persyaratan Sistem *Inert Gas*

Mengatur persyaratan desain dan pengoperasian yang harus dipatuhi

oleh kapal tanker yang mengangkut kargo berbahaya.

3) Keamanan, Keselamatan dan Inspeksi

- a) Memberikan pedoman tentang cara menjaga keamanan selama pengoperasian sistem inert gas untuk mengurangi risiko kebakaran atau ledakan.
- b) Menetapkan prosedur pengujian berkala dan inspeksi sistem *inert gas* untuk memastikan bahwa sistem berfungsi dengan baik dan memenuhi standar keselamatan yang berlaku.

4) Tindakan Darurat

Memberikan panduan tentang langkah-langkah yang harus diambil jika sistem *inert gas* mengalami kegagalan atau masalah lainnya.

e. ISGOTT (*International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals*) (ICS, 2020)

Panduan ini memberikan pedoman keselamatan dalam operasi kapal tanker minyak dan fasilitas terminal, termasuk pengelolaan atmosfer di dalam tangki muatan. ISGOTT menguraikan penggunaan inert gas dalam beberapa aspek utama:

1) Tujuan Penggunaan *Inert Gas*

- a) Mencegah kebakaran dan ledakan di dalam tangki muatan dengan menjaga kadar oksigen di bawah 5%
- b) Mengurangi risiko akumulasi gas hidrokarbon dalam konsentrasi yang mudah terbakar.

2) Persyaratan Sistem *Inert Gas*

- a) Harus mampu menghasilkan gas dengan kadar oksigen maksimal 5% sebelum dialirkan ke tangki.
- b) Digunakan pada kapal tanker minyak dengan bobot mati ≥ 8.000 DWT, sesuai dengan aturan SOLAS.
- c) Harus memiliki sistem pemantauan dan alarm untuk kadar oksigen, tekanan tangki, dan suhu gas

3) Operasi Sistem *Inert Gas*

- a) Selama Pemuatan tangki harus sudah dalam kondisi *inert* sebelum pemuatan untuk menghindari campuran gas yang mudah terbakar.

- b) Selama Pembongkaran sistem IG tetap aktif untuk menghindari masuknya udara segar ke dalam tangki kosong.

4) Prosedur Darurat

- a) Menghentikan operasi muatan jika kadar oksigen naik di atas 5%
- b) Mengisolasi tangki yang terdampak dan melaporkannya.

2. Landasan Teori

a. Definisi *Inert Gas*

- 1) OCIMF (*Oil Companies International Marine Forum*) menyatakan bahwa inert gas adalah gas atau campuran gas, seperti gas buang yang mengandung cukup oksigen untuk mendukung pembakaran hidrokarbon untuk menghasilkan gas karbon dioksida yang kemudian akan di masukan ke tanki muatan. (OCIMF, Oil Companies International Marine Forum, 2017)
- 2) IMO SOLAS *Chapter II-2* memberikan penjelasan bahwa *inert gas* adalah gas dengan kandungan oksigen yang cukup rendah (umumnya di bawah 5%) sehingga tidak memungkinkan terjadinya pembakaran atau ledakan uap bahan bakar di dalam tangki kargo kapal tanker (IMO, SOLAS-2020-Consolidated-Edition, 2020)

Dapat disimpulkan definisi dari *Inert gas* adalah gas atau campuran gas, seperti gas buang, yang mengandung cukup oksigen untuk mendukung pembakaran hidrokarbon yang menghasilkan karbon dioksida untuk dimasukkan ke dalam tangki kargo. *Inert gas* dijelaskan memiliki kandungan oksigen rendah (biasanya di bawah 5%) untuk mencegah pembakaran atau ledakan uap muatan di tangki kargo kapal tanker.

Menurut OCIMF (*Oil Companies International Marine Forum*) (OCIMF, Oil Companies International Marine Forum, 2017) Pada kapal tanker terdapat beberapa jenis sumber *inert gas* tergantung oleh desain dan karakter sebuah kapal tanker tersebut. Adapun jenis sumber dari *inert gas* dan penjelasannya:

1) Ketel uap (*Boiler*)

Pengunaan Ketel uap (*Boiler*) berfungsi untuk menghasilkan gas buang yang diambil dari ketel uap itu sendiri lalu dialirkan kedalam tanki muatan melalui pipa setelah didinginkan dan dibersihkan.

2) Inert Gas Generator (IGG)

Sistem yang secara mandiri menghasilkan gas buang dari hasil pembakaran bahan bakar, lalu menyaring dan mendinginkannya sebelum disalurkan ke tangki muatan. Dalam pengoperasian Inert Gas Generator ada berbagai komponen yang berperan pada pengoperasian dan beberapa definisi mengenai hal-hal yang berkaitan yaitu:

- a) *Burner*: alat yang berfungsi untuk melakukan pembakaran, sehingga nantinya menghasilkan gas buang yang akan dimasukkan ke tanki muatan.



Gambar 2.1 Burner

- b) *Scrubber*: setelah itu hasil dari pembakaran berupa gas buang masuk ke dalam *scrubber* untuk di dinginkan, dan di bersihkan menggunakan air laut ataupun air tawar.



Gambar 2. 2 Scrubber

c) *Inert Gas Blower*: fungsi dari *blower* adalah untuk menghisap gas buang dari *scrubber* yang kemudian dialirkan ke dalam *Deck Water Seal* sebelum masuk ke dalam tanki muatan.



Gambar 2. 3 IG Blower 1



Gambar 2. 4 IG Blower 2

d) *Deck Water Seal*: berfungsi untuk mencegah kembalinya gas buang dari dalam tanki muatan ke daerah kamar mesin atau daerah yang seharusnya bebas gas (*gas free*). Yang dimana *Deck Water Seal* terhubung langsung ke *IG Line* untuk memasukkan *inert gas* kedalam tanki kargo.



Gambar 2. 5 Deck Water Seal

e) *Non Return Valve and Isolating Valve*: memiliki fungsi yang sama yaitu untuk mencegah kembalinya gas buang dari dalam tanki menuju daerah tanpa gas. Selain itu *valve* ini juga berfungsi mencegah tekanan balik dari muatan yang akan masuk ke dalam *inert gas pipe line* jika terjadi kelebihan muatan atau *overfill*.



Gambar 2. 6 Non Return Valve

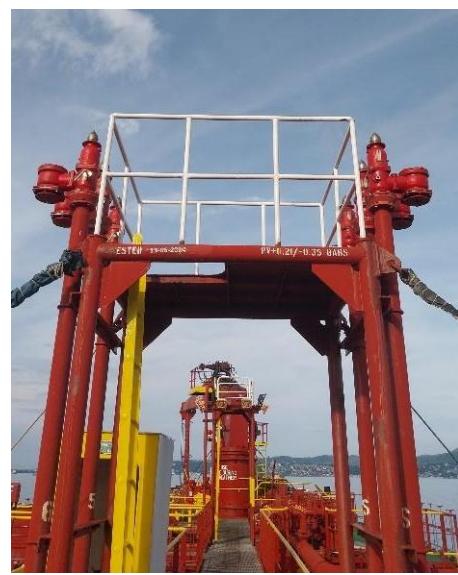


Gambar 2. 7 Isolating Valve

- f) *P/V Breaker and P/V Valve*: Keduanya memiliki fungsi yang sama yaitu melindungi tangki dari tekanan berlebih (*overpressure*) dan tekanan vakum (*underpressure*). Namun utamanya adalah penggunaan *P/V Valve* sebagai alat pelindung tanki dari tekanan berlebihan. Sedangkan *P/V Breaker* adalah alternatif lain jika *P/V Valve* tidak dapat berfungsi.



Gambar 2. 8 P/V Breaker



Gambar 2. 9 P/V Valve

g) *Oxygen Analyzer*: Alat yang berfungsi untuk mengukur kadar oksigen dalam inert gas, biasanya oksigen harus di bawah 5% untuk mencegah resiko kebakaran.



Gambar 2. 10 Oxygen Analyzer

h) *IG Recorder Graph*: Berfungsi untuk memantau dan merekam grafik data dari *Inert Gas* seperti tekanan inert gas, suhu, kadar oksigen. Selain untuk memantau dan merekam grafik *IG Recorder Graph* juga berfungsi untuk mengontrol pemasukan *inert gas* yang di kontrol melalui *CCR* (*Cargo Control Room*).



Gambar 2. 11 IG Recorder Graph

- i) *IG Cargo Valve and IG Line*: Valve ini terletak pada *main deck* yang berfungsi untuk kontrol masuknya *inert gas* kedalam tanki kargo melalui *IG Line*.



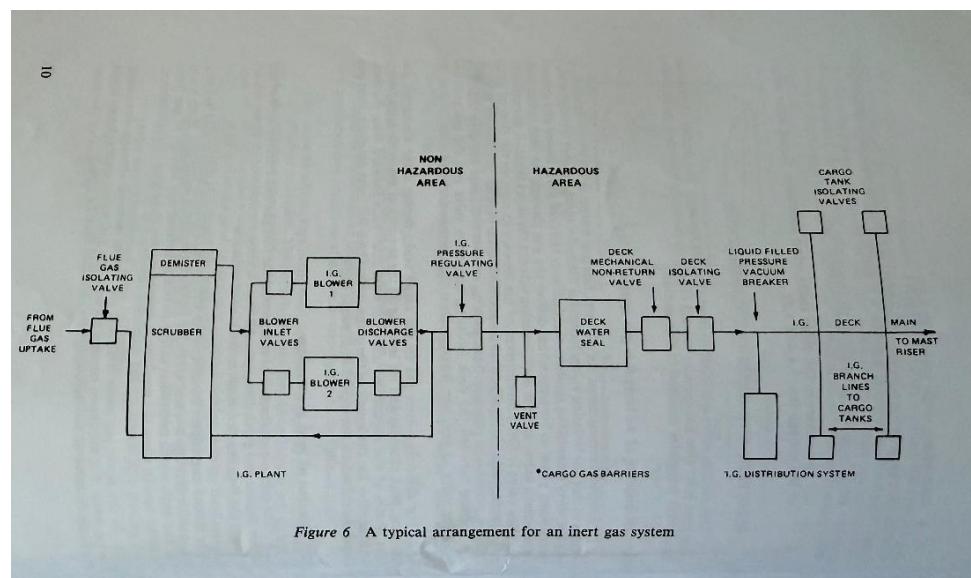
Gambar 2. 12 IG Cargo Valve



Gambar 2. 13 IG Line

b. Sistem Kerja Inert Gas

Sistem kerja Inert Gas Generator berawal dari gas buang yang dihasilkan dari pembakaran MDO (*Marine Diesel Oil*) di *Burner* yang setelah itu hasil pembakaran akan di deteksi oleh *Oxygen Analyzer* demi mendapatkan gas buang dengan kadar oksigen dibawah 5%. Jika kadar oksigen melebihi dari 5% maka secara otomatis *uptake valve* akan terbuka dan menutup *intake valve* dikarenakan *Oxygen Analyzer* mendeteksi kadar oksigen yang melebihi 5% dan membuang gas buang langsung ke *atmosphere*. Jika kadar oksigen tidak melebihi 5% maka *uptake valve* akan tertutup dan *intake valve* terbuka dan kemudian membawa gas buang mengarah pada *Scrubber* untuk mendinginkan gas, dan menghilangkan kotoran yang selanjutnya gas buang di dorong menggunakan *IG Blower* menuju *Deck Water Seal* yang berfungsi mencegah kembalinya gas buang dari dalam tanki muatan ke daerah kamar mesin atau daerah yang seharusnya bebas gas (*gas free*), lalu gas buang melewati *NRV* (*Non Return Valve*) sebagai safety jika terjadi tekanan balik maka *valve* ini otomatis tertutup dan proses terakhir adalah pemasukan gas buang ke dalam tanki muatan. (IMO, International Code For Fire Safety System, Chapter 15 2007 Edition, 2007)



Gambar 2. 14 Diagram Alur Inert Gas Generator

Sumber: MSC/Circ.282. as amended by MSC/Circ.353 Guidelines for Inert Gas System (MSC, 1978)

c. Definisi Bongkar Muatan (*Discharge*)

Menurut IMO (*International Maritime Organization*), bongkar muatan (*Discharge*) adalah proses pemindahan muatan dari kapal ke darat, terminal pelabuhan atau antar kapal (*Ship to Ship*) dengan cara yang aman, sesuai dengan regulasi keselamatan dan perlindungan lingkungan. Dalam konteks kapal tanker, bongkar muatan (*Discharge*) mencakup pengoperasian pompa kargo, ventilasi tangki, *inert gas*, penggunaan ballast serta pemantauan tekanan dan suhu untuk memastikan operasi berlangsung aman

d. Pengaruh *Inert Gas* Dalam Proses Bongkar Muatan

Inert Gas sangatlah berpengaruh dalam proses dan operasional pada kapal tanker yang merupakan alat transportasi yang dispesifikasikan untuk mengangkut muatan minyak. Adapun pengaruh *Inert Gas* yaitu:

- 1) Mencegah terbentuknya gas atmosfer yang mudah terbakar dengan menghasilkan gas buang dengan kadar oksigen <5%. (IMO, SOLAS-2020-Consolidated-Edition, 2020)
- 2) Memenuhi Regulasi dan Inspeksi Internasional, karena itu adalah salah satu syarat kapal tanker dapat beroperasi. (IMO, SOLAS-2020-Consolidated-Edition, 2020)
- 3) Mencegah terjadinya ledakan dalam tanki saat operasional bongkar muatan pada kapal dengan memutus salah satu unsur segitiga api berupa udara (*Oxygen*). (IMO, SOLAS-2020-Consolidated-Edition, 2020)

Jika *Inert Gas* tidak berjalan dengan lancar maka risiko meningkatnya kebakaran maupun ledakan di dalam tanki muatan akan meningkat. Selain itu tekanan pada tanki juga dapat menurun yang berpengaruh pada kinerja pompa pada proses bongkar muatan (*Discharge*) sehingga proses bongkar muatan menjadi terhambat. (ICS, 2020)

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu dan lokasi penelitian dilaksanakan pada saat peneliti melaksanakan praktik layar (PRALA) pada kapal MT. Pancaran Integrity yang dilakukan selama 12 bulan, dimulai pada tanggal 21 Juni 2024 sampai dengan 23 Juni 2025 di kapal MT. Pancaran Integrity.

2. Jenis Penelitian

Penelitian yang dibuat oleh peneliti ini menggunakan sistem kualitatif yang merupakan penelitian tentang riset yang bersifat deskriptif dan cenderung menggunakan analisis data. Peneliti memilih metode pendekatan penelitian kualitatif karena metode penilaian kualitatif mengandalkan pengumpulan data melalui wawancara langsung dengan narasumber serta melihat dan meneliti secara langsung di lokasi penelitian.

3. Instrumen Penelitian

Menurut (Kurniawan, 2021) instrumen penelitian adalah alat yang digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan data, mengukur fenomena, dan menganalisis data sesuai dengan masalah yang dihadapi nanti. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan *smartphone* yaitu alat bantu untuk berkomunikasi, mengambi dokumentasi kejadian dan fenomena yang terjadi pada saat terhambatnya proses bongkar muatan (*discharge*) di kapal MT. Pancaran Integrity. Selain itu peneliti juga melaksanakan wawancara dengan beberapa narasumber terkait permasalahan tersebut.

4. Jenis dan Sumber Data

Jenis penelitian ini yaitu deskriptif kualitatif dengan sumber datanya, yaitu :

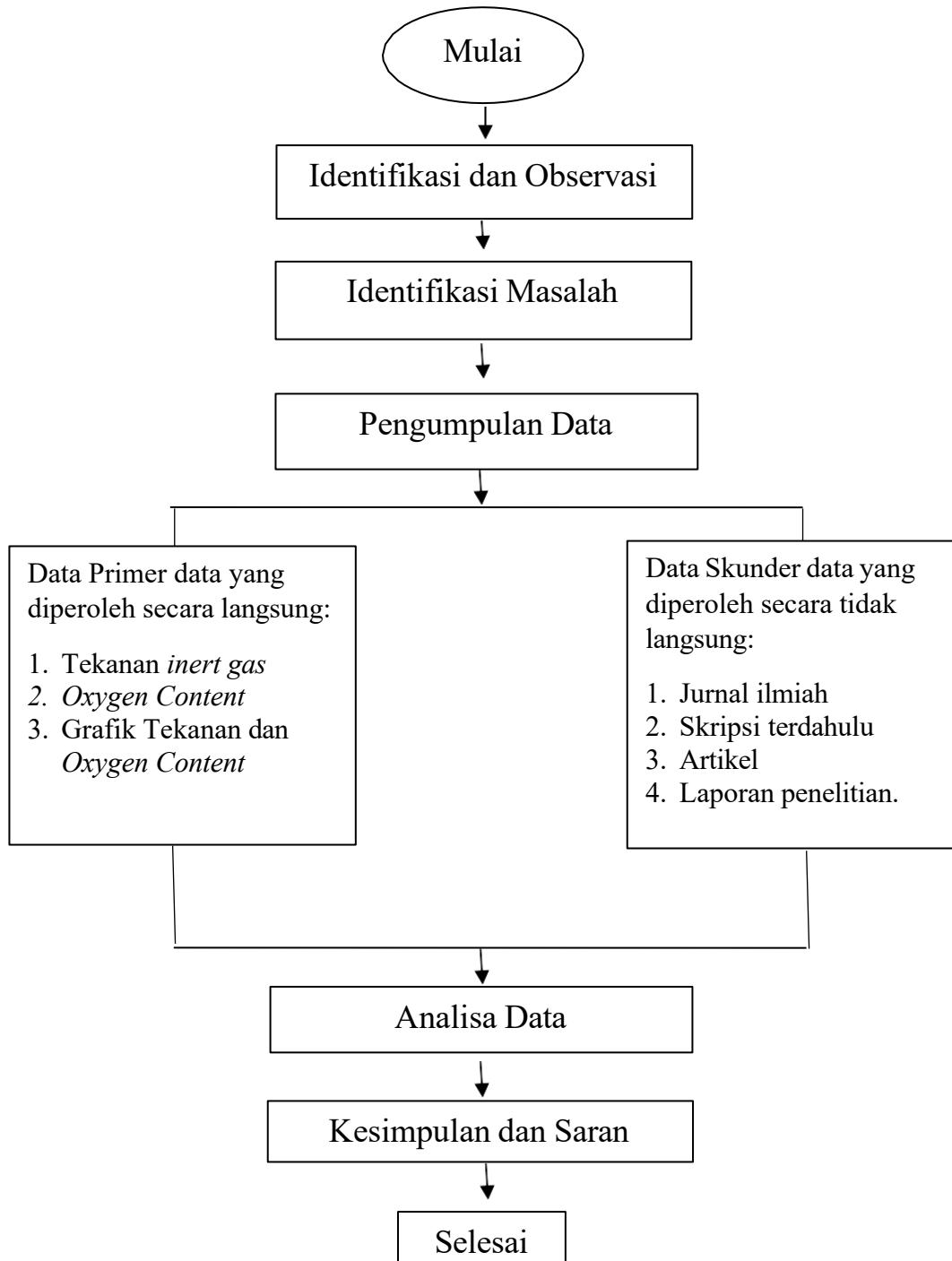
a. Sumber data primer

Data primer yaitu data yang diperoleh langsung dari sumber aslinya baik melalui, kuesioner, wawancara, dan observasi yang telah dilakukan oleh peneliti. Dalam penelitian ini yang menjadi sumber data primer mengenai penyebab terhambatnya proses bongkar muatan (*Discharge*) pada kapal MT. Pancaran Integrity adalah Tabel Tekanan *inert gas*, Tabel Tingkat Keamanan *Oxygen Content*, Grafik Tekanan dan *Oxygen Content*.

b. Sumber data sekunder

Data sekunder yaitu data yang dikumpulkan oleh peneliti sebagai penunjang dari sumber pertama yaitu data primer, dimana data sekunder diperoleh dari pihak lain yang telah diolah atau dianalisis sebelumnya. Contoh data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini yaitu buku, jurnal ilmiah, skripsi terdahulu, artikel, serta laporan penelitian terkait *Inert Gas*.

5. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1 Bagan alir penelitian

B. Teknik Pengumpulan Data

Metode Pengumpulan data adalah teknik atau cara-cara yang dapat digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan data (Makbul, 2021). Pada penelitian ini peneliti menggunakan beberapa teknik seperti wawancara, observasi dan dokumentasi dalam mengumpulkan data.

1. Wawancara

Pada permasalahan ini peneliti menggunakan teknik wawancara tidak terstruktur agar pertanyaan dapat lebih fleksibel dan bebas sehingga informasi yang di dapat lebih akurat mengenai penyebab terhambatnya proses bongkar muatan pada kapal. Wawancara tidak terstruktur Menurut (Fadhallah, 2021) adalah wawancara yang menyerupai diskusi informal dengan tujuan menggali informasi sebanyak mungkin dari narasumber. Terdapat 4 narasumber yang telah di wawancarai yaitu:

- a. *Chief Officer/Mualim* 1 sebagai narasumber 1
- b. *Electrician/Juru Listrik* sebagai narasumber 2
- c. *3rd Engineer/Masinis* 3 sebagai narasumber 3
- d. *Able Seaman/Jurumudi* sebagai narasumber 4

2. Observasi

Observasi yang dilakukan dengan cara pengamatan langsung (Partisipan) terhadap orang, tempat, atau kejadian tertentu yang dilakukan saat proses bongkar muatan di kapal MT. Pancaran Integrity pada tanggal 18–19 Januari 2025, dimana fokus observasi meliputi kinerja sistem IGG yang menyebabkan terhambatnya proses bongkar muatan (*Discharge*).

3. Dokumentasi

Sumber data dokumentasi merujuk pada penggunaan teknik dokumentasi sebagai salah satu bentuk data dalam penelitian atau analisis. Ini adalah pendekatan yang umum digunakan dalam penelitian kualitatif dan kadang-kadang juga dalam penelitian kuantitatif

C. Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan Teknik analisis data dari (Sugiyono, 2021) yaitu dengan proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari hasil wawancara, catatan lapangan dan dokumentasi, dengan tiga langkah: Reduksi Data (*Data Reduction*), Menyajikan Data (*Data Display*) dan Menarik Simpulan atau Verifikasi (*Conclusion Drawing and Verification*). Secara lebih terperinci, langkah-langkah sesuai teknik analisis (Sugiyono, 2021) akan diterapkan sebagai berikut:

1. Reduksi Data (*Data Reduction*)

Reduksi data adalah merangkum, memilih hal-hal yang pokok, memfokuskan pada hal-hal penting yang sesuai dengan topik penelitian, mencari tema dan polanya, dan pada akhirnya memberikan gambaran yang lebih jelas dan mempermudah untuk melakukan pengumpulan data.

Maka dari itu peneliti mengambil fokus pada penelitian faktor penyebab terhambatnya proses bongkar muatan (*Discharge*) pada kapal MT. PANCARAN INTEGRITY

2. Penyajian Data (*Data Display*)

Langkah berikut setelah kondensasi data adalah penyajian data sebagai sekumpulan informasi tersusun yang memberi kemungkinan adanya penarikan kesimpulan dan pengambilan tindakan. Dengan mencermati penyajian data tersebut, peneliti akan lebih mudah memahami apa yang sedang terjadi dan apa yang harus dilakukan. Artinya apakah peneliti meneruskan analisanya atau mencoba untuk mengambil sebuah tindakan.

3. Penarikan Kesimpulan/Verifikasi (*Conclusion Drawing and Verification*).

Dari beberapa tahap yang telah dilakukan dan yang terakhir adalah penarikan kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan serta memeriksa ulang dengan bukti yang telah ditemukan di lapangan. Peneliti akan mengambil kesimpulan terkait apa penyebab terhambatnya proses bongkar muatan (*Discharge*) pada kapal MT. Pancaran Integrity berdasarkan bukti, data dan juga temuan yang valid berdasarkan peneliti saat melakukan praktik laut.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Analisis

Hasil penelitian merupakan bagian inti dari suatu kertas kerja wajib. Pada bagian ini, peneliti akan membahas mengenai hasil-hasil penelitian yang diperoleh berdasarkan penelitian yang peneliti lakukan di atas kapal MT. Pancaran Integrity.

1. Pengaruh kondisi Inert Gas Generator (IGG) dalam pelaksanaan Proses bongkar muatan (*discharge*) di kapal MT. Pancaran Integrity

Pada saat sistem IGG bekerja secara normal, proses bongkar muatan berlangsung dengan lancar, dan kadar oksigen berhasil dijaga di bawah ambang batas aman <5%, sehingga kinerja pompa muatan tetap optimal tanpa gangguan. Namun, ketika IGG mengalami gangguan akibat pembakaran *burner* yang tidak stabil, kadar oksigen dalam tangki meningkat melebihi 5% yang menyebabkan pompa berhenti secara otomatis dikarenakan kadar oksigen yang dihasilkan untuk masuk kedalam tanki muatan melebihi batas aman yang dapat menyebabkan terjadinya ledakan pada tanki muatan. Akibat dari gangguan ini, proses *discharge* dihentikan total dan kapal terpaksa keluar dari pelabuhan menuju area berlabuh untuk melakukan perbaikan IGG. Hal ini menyebabkan keterlambatan bongkar muatan selama kurang lebih 13 jam dari waktu yang direncanakan. Setelah dilakukan pembersihan pada *burner* dan perbaikan pada sistem pembakaran, IGG kembali berfungsi normal dan bongkar muatan dapat dilanjutkan.

Tabel 4. 1 Perbandingan Kinerja IGG saat proses bongkar muatan

Keterangan	Lokasi	Waktu (Hour)	Tekanan (mBar)	Oxygen Content (%)	Temperature (°C)
IGG Berfungsi	Balikpapan	23.8	147	4.5	50.0°C
IGG Berfungsi	Belawan	23.2	145	4.5	50.5°C
IGG Berfungsi	Balikpapan	24.6	145	5.0	55.0°C
IGG Tidak Berfungsi	Balikpapan	37.1	20	10.4	30.0°C

Dari tabel perbandingan diatas dapat dijelaskan bahwa terdapat perbedaan waktu pada proses bongkar muatan saat IGG berfungsi dengan baik maupun IGG tidak berfungsi. Pada saat IGG berfungsi dengan baik, dalam hal waktu pelaksanaan bongkar muatan yaitu 24 jam dimana IGG menghasilkan gas buang dengan kadar oksigen kurang dari 5%, dengan temperatur $\pm 50.0^{\circ}\text{C}$ dan dapat memberikan tekanan 140-150 mbar. Namun saat IGG tidak berfungsi dengan baik, operasional cargo menjadi terhambat dan waktu menjadi semakin lama dikarenakan IGG tidak dapat berfungsi dengan baik yang menghabiskan 37 jam untuk pelaksanaan perbaikan hingga proses bongkar muatan selesai. Saat IGG bermasalah, tekanan turun menjadi 20 mbar dengan temperatur 30°C dan kadar oksigen melebihi batas aman yaitu 5%, sehingga proses bongkar muatan menjadi terhambat.



Gambar 4. 1 Temperatur Tidak Normal

Oleh karena itu Efisiensi waktu saat pengoperasian Inert Gas Generator sangat berpengaruh karena sesuai aturan SOLAS *Regulations II-2/4 4 5.5.1.1 and 5.5.1.2* dimana menyebutkan bahwa kapal tanker dengan kapasitas 8.000 DWT atau lebih harus dilengkapi Inert Gas Generator atau Inert Gas System. Jika aturan tersebut tidak terpenuhi pada kapal tanker dengan ketentuan tersebut maka otomatis kapal tersebut tidak diizinkan untuk menjalankan operasional pada pelabuhan sandar maupun sandar dengan sistem *Ship to Ship* yang berujung pada keterlambatan waktu operasional yang mengakibatkan pihak perusahaan dan kapal mengalami kerugian karena hal tersebut.

Observasi ini menunjukkan bahwa keberfungsian IGG sangat

memengaruhi efisiensi operasional kapal, baik dari segi waktu pelaksanaan maupun kelancaran sistem saat bongkar muatan, serta saat IGG mengalami kerusakan yang menyebabkan tidak dapat menghasilkan gas buang dengan kadar oksigen <5% secara langsung berdampak pada keseluruhan kegiatan bongkar muatan dan operasional kapal tanker. Selain melakukan observasi, peneliti juga melakukan wawancara bersama 4 narasumber di kapal MT. Pancaran Integrity.

Berdasarkan wawancara yang dilaksanakan dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan signifikan dalam waktu dan efisiensi proses bongkar muatan antara kondisi IGG yang berfungsi dengan baik dan saat kondisi IGG mengalami kerusakan atau tidak berfungsi. Ketika IGG beroperasi normal, proses *discharge* dapat berjalan lancar tanpa gangguan, karena tekanan dalam tangki muatan tetap stabil dan kadar oksigen berhasil ditekan di bawah ambang batas aman yaitu 5%. Namun, saat terjadi gangguan pada IGG akibat pembakaran *burner* yang tidak sempurna, kadar oksigen dalam tangki meningkat di atas 5%, sehingga *interlock safety system* memutus operasi pompa muatan secara otomatis. Hal ini menyebabkan proses bongkar muatan harus dihentikan dan kapal harus keluar dari pelabuhan bongkar menuju area *anchorage* untuk melakukan perbaikan, yang memakan waktu kurang lebih selama 13 jam.

Tabel 4. 2 Tingkat Keamanan *Oxygen Content*

Oxygen Content (%)	Tingkat Keamanan	Resiko Potensial	Tindakan	Dasar Aturan
<5%	Aman	Api/ledakan hampir tidak mungkin terjadi	IGG normal, suplai gas buang dijaga stabil	(IMO, SOLAS-2020-Consolidated-Edition, 2020)
5 –8%	Waspada	Resiko pembakaran mulai meningkat jika	Tingkatkan operasi IGG, cek kebocoran/tintak suplai gas buang	(OCIMF, International Safety Guide for Oil Tanker and

Oxygen Content (%)	Tingkat Keamanan	Resiko Potensial	Tindakan	Dasar Aturan
		syarat segitiga api terpenuhi		Terminal, 2006)
>10%	Bahaya Tinggi	Potensi ledakan besar	Segera lakukan tindakan darurat	(OCIMF, International Safety Guide for Oil Tanker and Terminal, 2006)

Sumber: (IMO, SOLAS-2020-Consolidated-Edition, 2020)



Gambar 4. 2 Oxygen Analyzer < 5%

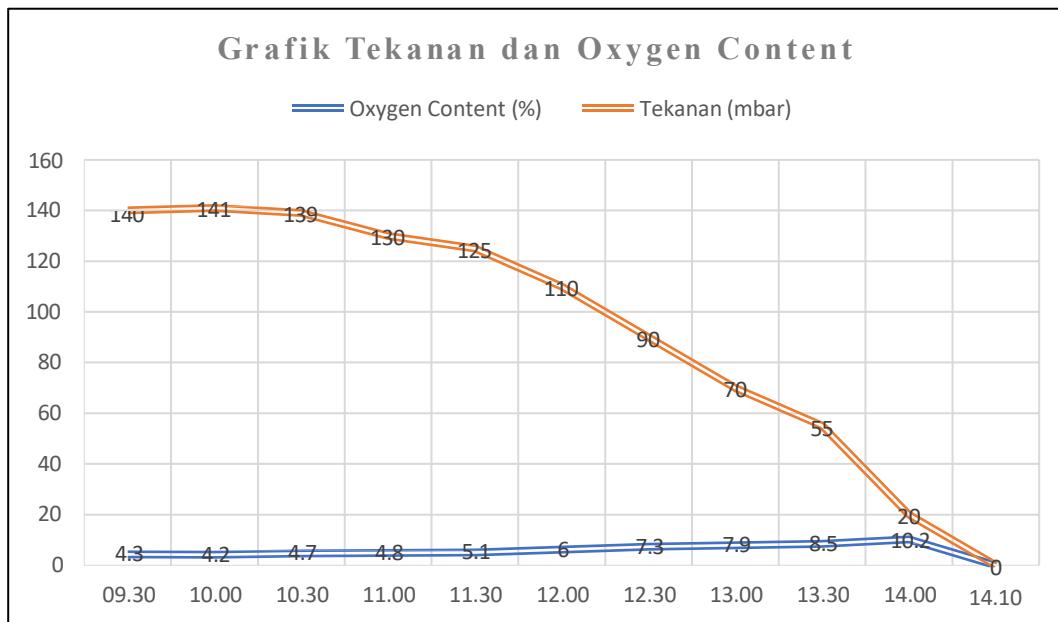


Gambar 4. 3 Oxygen Analyzer > 5%

Tabel 4. 3 Pencatatan Tekanan dan Oxygen Content

Waktu Pencatatan	Tekanan (mbar)	Oksigen Konten (%)	Keterangan
09.30	140	4,3	IGG normal, start discharge
10.00	141	4,2	IGG stabil
10.30	139	4,7	Proses discharge berjalan lancar
11.00	130	4,8	IGG pressure menurun
12.00	110	6,0	Oksigen konten terus meningkat
13.00	70	7,9	Alarm aktif
13.30	55	8,5	Cargo Operation mulai terhambat
14.00	20	10,2	Interlock safety system mematikan kinerja pompa
14.10	0	—	IGG stop
03.00	145	4,5	IGG kembali normal, start discharge

Sumber: Penelitian di kapal MT. Pancaran Integrity (2025)



Gambar 4.3 Grafik Tekanan dan Oxygen Content



Gambar 4.4 Tekanan Normal

Ketidakseimbangan antara suplai udara dan bahan bakar menjadi penyebab utama pembakaran tidak stabil, sementara itu terdapat kotoran pada *nozzle burner* kerap menjadi pemicu utama terganggunya sistem pembakaran yang menyebabkan IGG tidak dapat menghasilkan gas buang dengan kadar oksigen kurang dari 5%.

Berdasarkan hasil wawancara dan observasi terkait perbedaan signifikan dalam waktu dan efisiensi bongkar muatan antara IGG berfungsi dengan baik

dan saat IGG tidak berfungsi dengan baik peneliti menyimpulkan bahwa seluruh narasumber sepakat saat IGG tidak berfungsi, waktu *discharge* menjadi jauh lebih lama, efisiensi operasi menurun drastis, dan kapal serta perusahaan berisiko mengalami kerugian akibat keterlambatan tersebut. Dengan demikian, wawancara dan observasi ini mengonfirmasi bahwa kondisi kerja IGG secara langsung berpengaruh terhadap kelancaran dan ketepatan waktu kegiatan bongkar muatan pada kapal tanker.

2. Kendala atau tantangan yang dihadapi dalam pengoperasian Inert Gas Generator selama proses bongkar muatan (*Discharge*) di kapal MT. Pancaran Integrity

Terhambatnya proses bongkar muatan (*Discharge*) pada kapal MT. Pancaran Integrity yang disebabkan karena meningkatnya oksigen konten (kandungan oksigen) ke dalam tanki muatan sehingga pompa tidak dapat beroperasi yang disebabkan oleh turunnya tekanan pada tanki muatan sehingga secara otomatis *interlock safety system* mematikan power pack dan pompa tidak dapat beroperasi.

Kendala dan tantangan saat pengoperasian IGG pada saat proses bongkar muatan yaitu:

- a. Meningkatnya *Oxygen Content* yang lebih dari 5%
- b. Sistem pembakaran pada *Burner* yang tidak stabil
- c. Tekanan menurun hingga memberhentikan kinerja pompa

Pada saat kejadian tersebut terjadi, proses bongkar muatan dihentikan sementara selama kurang lebih 13 jam, dimana estimasi waktu selesai bongkar muatan yang seharusnya selesai pada tanggal 19 Januari 2025 beralih ke tanggal 20 Januari 2025 untuk dilakukan perbaikan terhadap *Burner*. Meningkatnya *oxygen content* yang lebih dari 5% dikarenakan pembakaran yang tidak stabil pada *Burner* sehingga *Intake Valve* yang mentransfer hasil pembakaran berupa CO₂ dengan kadar oksigen yang melebihi batas aman kedalam tanki muatan tertutup dan membawa hasil pembakaran tersebut ke atmosphere melalui *Funnel*, sehingga tekanan pada tanki muatan menurun dan kinerja pompa terhenti. Sistem pembakaran pada *Burner* yang tidak stabil disebabkan oleh *nozzle burner* yang kotor, sehingga udara dan bahan bakar

pada sistem pembakaran mengalami ketidakseimbangan sehingga nyala api menjadi berkedip/mati-hidup sehingga memengaruhi pembakaran. Akibat dari *oxygen content* yang lebih dari 5%, maka karena itu tekanan menurun hingga memberhentikan pompa yang menghambat proses bongkar muatan.

Tujuan utama *Inert Gas* adalah untuk menekan kandungan oksigen pada ruang kosong atau *ullage* dalam tanki muatan agar tidak terjadi ledakan pada saat proses bongkar muatan. Oleh karena tidak ada pasokan *Inert Gas* ke dalam tanki muatan maka menyebabkan kurangnya tekanan pada saat proses bongkar muatan (*Discharge*) sehingga *safety system* pada *power pack* otomatis mematikan kinerja pompa yang menghambat proses bongkar muatan.

Pada saat kejadian tersebut yang disebabkan oleh *Burner* yang mengalami masalah pembakaran tidak stabil, maka kapal sementara dikeluarkan dari pelabuhan bongkar untuk kembali *anchor* dan melaksanakan perbaikan pada *burner* dimana *engine crew* langsung melaksanakan *Maintenance* pada sistem pembakaran dan *Cleaning Burner* untuk menstabilkan kinerja pembakaran *Burner*. Setelah kinerja pembakaran *burner* kembali stabil dan *cleaning burner* telah terlaksana, kapal kembali memasuki kawasan pelabuhan sandar untuk melanjutkan proses bongkar muatan (*Discharge*). Selain melakukan observasi mengenai kendala, peneliti juga melakukan wawancara dengan narasumber di kapal MT. Pancaran Integrity.

Faktor penyebab matinya pompa pada saat proses bongkar muatan yang menyebabkan terhambatnya proses bongkar muatan adalah dikarenakan meningkatnya kadar oksigen sehingga tekanan dalam tanki menurun.



Gambar 4. 4 Tekanan Rendah

Pemantauan operasional bongkar muatan oleh narasumber 1 di CCR (*Cargo Control Room*) mendeteksi bahwa memang benar adanya penurunan tekanan pada tanki yang selanjutnya narasumber 1 memberikan informasi tersebut kepada narasumber 4 yang sedang melaksanakan jaga *Cargo Operation* untuk menelusuri penyebab turunnya tekanan pada tanki kargo di *Main Deck*, setelah ditelusuri, tidak terdapat kebocoran apapun pada pipa *inert gas*, kemudian dilakukan pengecekan pada *Burner* oleh *Chief Engineer*, narasumber 2 dan narasumber 3 dan ditemukan penyebab mengapa tekanan pada tanki muatan menurun. Setelah itu *Chief Engineer* melaporkan kepada narasumber 1 serta *Master* untuk mendapat arahan selanjutnya mengenai kegiatan *Maintenance* yang akan dilakukan, dan setelah melaporkan hal tersebut kepada pihak pelabuhan sandar, *Loading Master* serta *Cargo Surveyor* keputusan yang diambil adalah untuk melepas sandarkan kapal agar kembali *anchor* dan melaksanakan *Maintenance* agar kinerja pembakaran *Burner* kembali stabil dan *Inert Gas Generator* bisa kembali bekerja dengan baik agar memberikan gas buang yang mengandung oksigen kurang dari 5% dan memberikan tekanan ke tanki muatan agar proses bongkar muatan berjalan dengan lancar kembali.

Berdasarkan hasil wawancara dengan narasumber 2 dan 3 terhadap *Maintenance* pada *Burner*, dan sistem kerja *Inert Gas Generator* pada kapal MT. Pancaran Integrity, bahwa *Maintenance* yang dilakukan pada *Burner* agar pembakarannya menjadi stabil kembali adalah dengan melakukan cek ulang mengenai sistem pembakaran dan melaksanakan *Cleaning* pada *Burner*. Pada sistem pembakaran *Burner* terdapat kendala dimana udara dan bahan bakar pada sistem pembakaran mengalami ketidakseimbangan sehingga nyala api menjadi berkedip/mati-hidup atau pembakaran menjadi melebar dan tidak fokus, oleh karena itu sistem pembakaran harus di atur ulang agar pembakaran kembali stabil. Selain melaksanakan *Maintenance*, *Cleaning* juga di perlukan agar menjaga nyala api tetap stabil, mencegah penumpukan kotoran dan mendukung produksi gas buang yang memenuhi standar.



Gambar 4. 5 Nozzle



Gambar 4. 7 Burner Head



Gambar 4. 8 Cek Pembakaran Pada Nozzle Setelah Dibersihkan

Hasil wawancara menunjukkan bahwa pengoperasian IGG sangat berpengaruh terhadap kelancaran proses bongkar muatan. Ketika IGG dalam kondisi baik dan menghasilkan gas buang dengan kadar oksigen di bawah 5%, proses bongkar muatan berlangsung normal dan efisien tanpa hambatan teknis. Sebaliknya, saat IGG mengalami gangguan khususnya pada pembakaran *burner* yang disebabkan ketidakseimbangan campuran udara dan bahan bakar sehingga nyala burner tidak stabil. Hal ini disampaikan juga bahwa *nozzle burner* sering mengalami kotor akibat jelaga, sehingga memengaruhi pembakaran dan yang menyebabkan kadar oksigen meningkat, dan sistem interlock otomatis menghentikan operasi pompa muatan untuk mencegah bahaya ledakan. Akibatnya, *discharge* terhenti selama lebih dari 13 jam dan menyebabkan keterlambatan keberangkatan kapal.

Menurut hasil wawancara, observasi dan dokumentasi, peneliti menemukan bahwa penyebab terhambatnya proses bongkar muatan (*Discharge*) pada kapal MT. Pancaran Integrity disebabkan oleh meningkatnya oksigen konten (kandungan oksigen) ke dalam tanki muatan sehingga pompa tidak dapat beroperasi yang disebabkan oleh turunnya tekanan pada tanki muatan sehingga secara otomatis *interlock safety system* mematikan power pack dan pompa tidak dapat beroperasi. Pada proses perbaikan sistem pembakaran yang tidak stabil dan *Cleaning Burner Inert Gas*

Generator di kapal memiliki standar operasional prosedur yang mana harus diikuti oleh pihak kapal:

- a. Standar Operasional Prosedur perbaikan sistem pembakaran yang tidak stabil pada *Burner Inert Gas Generator (IGG)*:
 - 1) Stop operasional *IGG* secara menyeluruh.
 - 2) Tutup Valve bahan bakar dan udara yang masuk ke *Burner*.
 - 3) Lakukan *free gas*.
 - 4) Dilarang melakukan pekerjaan panas di sekitar *burner* yang menimbulkan percikan pemicu api
 - 5) Gunakan alat keselamatan lengkap seperti wearpack, helm, sarung tangan, kacamata dan sepatu *safety*.
 - 6) Cek kondisi *nozzle Burner* apakah ada penyumbatan atau tidak, jika terdapat penyumbatan maka *nozzle* harus dibersihkan menggunakan sikat kawat halus dan angin bertekanan.
 - 7) Periksa dan bersihkan filter bahan bakar dan udara.
 - 8) Kalibrasi ulang sensor seperti *oxygen analyzer* dan *flame detector*.
 - 9) Pasang kembali semua komponen yang dilepas dengan benar.
 - 10) Nyalakan kembali *IGG*, pantau nyala api dan stabilitas pembakaran pada *Burner*.

Dalam pelaksanaan kegiatan perbaikan sistem pembakaran yang tidak stabil dan *Cleaning Burner* pihak kapal telah melaksanakan sesuai dengan SOP yang ada pada kapal sehingga terciptanya lingkungan kerja yang *safety*, efisien dan terstruktur. Berikut adalah proses perbaikan pembakaran pada *Burner Inert Gas Generator* dalam bentuk diagram alur:

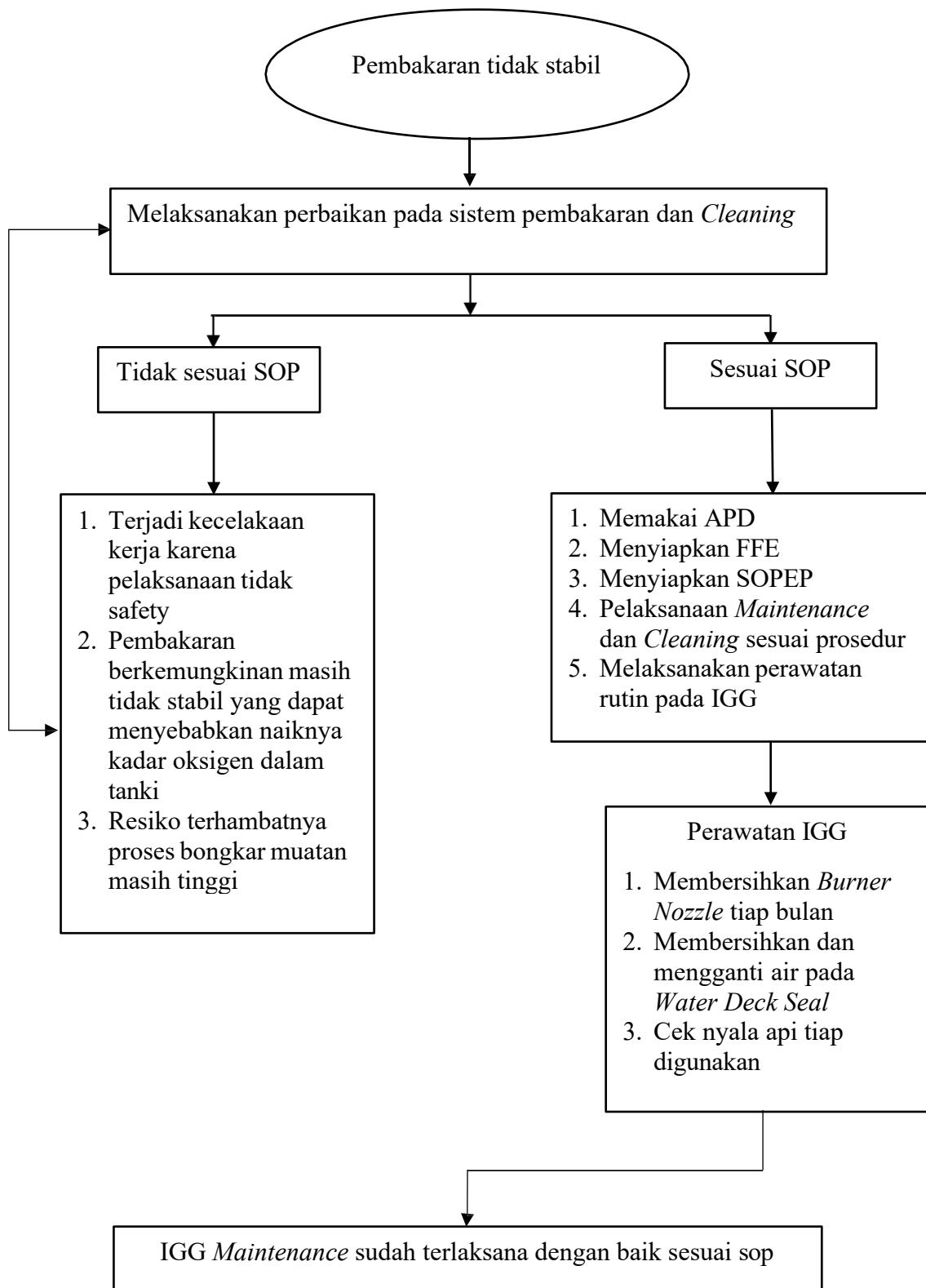


Diagram alur 4.1 Perbaikan Pada Sistem Pembakaran dan *Cleaning*

Upaya perbaikan harus dilakukan sesuai standar operasional prosedur yang ada sehingga perbaikan dapat dilakukan secara aman, efisien dan teratur. Upaya perbaikan dalam menangani sistem pembakaran yang tidak stabil juga harus melaksanakan perawatan dan pengecekan pada *Burner* dan komponen Inert Gas Generator lainnya.

a. Perawatan Inert Gas Generator

Perawatan ini dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti:

- 1) Pastikan *burner* menyala dengan stabil
- 2) Amati level air pada *Deck Water Seal*
- 3) Periksa indikator alarm dan *safety interlock* aktif
- 4) Pastikan *blower* bekerja normal
- 5) Bersihkan filter udara maupun *nozzle*

b. Pemeriksaan Inert Gas Generator

Pemeriksaan Inert Gas Generator (IGG) dilakukan untuk memastikan sistem bekerja secara aman, efisien, dan sesuai dengan standar internasional, pemeriksaan harian meliputi pemantauan *burner*, konsentrasi kadar oksigen, suhu dan tekanan gas, level air pada *deck water seal*, serta fungsi *blower*. Secara mingguan atau bulanan, dilakukan pembersihan *scrubber*, pemeriksaan filter, dan *pengujian interlock safety system*. Sementara itu, pemeriksaan tahunan mencakup *overhaul* komponen utama seperti *burner*, *scrubber*, kalibrasi sensor, dan uji sistem otomatis. Semua pemeriksaan ini bertujuan menjaga kinerja IGG agar tetap optimal dan mencegah risiko ledakan akibat uap mudah terbakar dalam tanki muatan kapal.

B. Pembahasan

1. Perbedaan signifikan dalam waktu dan efisiensi proses bongkar muatan antara kondisi IGG yang berfungsi dengan baik dan saat kondisi IGG mengalami kerusakan atau tidak berfungsi pada kapal MT. Pancaran Integrity.

Berdasarkan hasil wawancara dan observasi terkait perbedaan signifikan dalam waktu dan efisiensi bongkar muatan antara IGG berfungsi dengan baik dan saat IGG tidak berfungsi dengan baik peneliti menyimpulkan bahwa seluruh narasumber sepakat saat IGG tidak berfungsi, waktu discharge menjadi jauh lebih lama, efisiensi operasi menurun drastis, dan kapal serta perusahaan berisiko mengalami kerugian akibat keterlambatan tersebut. Dengan demikian, wawancara dan observasi ini mengonfirmasi bahwa kondisi kerja IGG secara langsung berpengaruh terhadap kelancaran dan ketepatan waktu kegiatan bongkar muatan pada kapal tanker. Hal ini sesuai dengan (IMO, SOLAS-2020-Consolidated-Edition, 2020) *Chapter II-2/4 5.5.1.1 and 5.5.1.2 2016 Part B Prevention of Fire and Explosion* yang menyatakan semua kapal tanker minyak dan kimia baru dengan bobot mati 8.000 ton dan lebih (ketika mengangkut kargo dengan titik nyala rendah $<60^{\circ}\text{C}$). Kapal tanker minyak dengan bobot mati 20.000 ton sudah diwajibkan memasang sistem tersebut. Jika aturan tersebut tidak terpenuhi pada kapal tanker, maka otomatis kapal tersebut tidak diizinkan untuk menjalankan operasional pada pelabuhan sandar maupun sandar dengan sistem *Ship to Ship* yang berujung pada keterlambatan waktu operasional yang mengakibatkan pihak perusahaan dan kapal mengalami kerugian karena hal tersebut.

Oleh karena itu pengoperasian IGG harus dilakukan secara teratur saat proses bongkar muatan untuk menjaga tekanan dalam tangki dan kondisi tanki dengan oksigen yang kurang dari 5%, sehingga keselamatan kapal terjamin, risiko ledakan dapat dicegah, dan efisiensi waktu bongkar muat meningkat. Selain itu perawatan pada komponen dan sistem pembakaran IGG juga harus terlaksana dengan teratur untuk mencegah terjadinya kegagalan dalam pengoperasian IGG yang dapat mempengaruhi hasil dari gas buang.

2. Kendala atau tantangan yang dihadapi dalam pengoperasian Inert Gas Generator selama proses bongkar muatan (*Discharge*) di kapal MT. Pancaran Integrity

Hasil wawancara menunjukkan bahwa pengoperasian IGG sangat berpengaruh terhadap kelancaran proses bongkar muatan. Saat IGG mengalami gangguan seperti pada kendala yang dialami pada kapal MT. Pancaran Integrity khususnya pada pembakaran *burner* yang disebabkan ketidakseimbangan campuran udara dan bahan bakar sehingga nyala burner tidak stabil sehingga IGG menghasilkan gas buang dengan kadar oksigen lebih dari 5% dan karena hal tersebut kinerja pompa pemnjadi terhenti. Hal ini disampaikan juga bahwa *nozzle burner* sering mengalami kotor akibat jelaga, sehingga memengaruhi efisiensi pembakaran dan yang menyebabkan kadar oksigen meningkat, dan sistem interlock otomatis menghentikan operasi pompa muatan untuk mencegah bahaya ledakan. Akibatnya, *discharge* terhenti selama lebih dari 13 jam dan menyebabkan keterlambatan keberangkatan kapal. Hal ini sesuai dengan (IMO, SOLAS-2020-Consolidated-Edition, 2020) *Chapter II-2/16 3.3.3 2016 Part B Prevention of Fire and Explosion, Inert Gas Generator/Inert Gas System* yang menyatakan bahwasannya jika kandungan oksigen dalam inert gas melebihi 5% volume, tindakan segera harus diambil untuk meningkatkan kualitas gas. Kecuali jika kualitas gas memburuk, semua operasi di tangki kargo yang menerima pasokan *inert gas* harus dihentikan sementara untuk mencegah udara masuk ke dalam tangki kargo. Katup pengatur gas, jika terpasang harus ditutup, dan gas yang tidak memenuhi spesifikasi harus dibuang ke atmosfer.

Oleh karena itu perawatan sistem pada IGG sebelum melaksanakan bongkar muatan harus terlebih dahulu dipastikan kelancarannya, agar tidak terjadi hal yang tidak diinginkan seperti yang dialami pada kapal MT. Pancaran Integrity, selain perawatan yang harus teratur, pembersihan pada komponen IGG juga harus dilaksanakan agar dapat bekerja secara maksimal dan dapat mengasilkan gas buang dengan kadar oksigen kurang dari 5%.

Adapun saran perawatan yang harus dilakukan pada Inert Gas Generator sesuai dengan aturan MSC/Circ.282. *as amended by* MSC/Circ.353 *Guidelines for Inert Gas System* (MSC, 1978)

Table 4. 1 Saran Perawatan pada Inert Gas

<i>Component</i>	<i>Preventive Maintenance</i>	<i>Maintenance interval</i>
<i>Flue gas isolating valves</i>	<i>Operate the valve</i>	<i>Before start up and weekly</i>
	<i>Cleaning with compressed air or steam</i>	<i>Before operating valve</i>
	<i>Dismantling for inspection and cleaning</i>	<i>Boiler shutdown</i>
<i>Flue gas scrubber</i>	<i>Water flush</i>	<i>After use</i>
	<i>Cleaning of demister</i>	<i>Three months</i>
	<i>Dismantling of level regulator and temperatur probes for inspection</i>	<i>Six months</i>
	<i>Opening for full internal inspection</i>	<i>Dry docking</i>
<i>Overboard pipes and valve from flue gas scrubber</i>	<i>Flushing with scrubber water pump for about one hour</i>	<i>After use</i>
	<i>Dismantling of the valve for overhaul, inspection of pipeline and overboard end</i>	<i>Dry docking</i>
<i>Blowers</i>	<i>Vibration check</i>	<i>While running</i>
	<i>Flushing</i>	<i>After use</i>
	<i>Internal inspection through hatches</i>	<i>After flushing and six months</i>
	<i>Dismantling for full overhaul of bearings, shaft tighttenings and other necessary work</i>	<i>Two years or more</i>
<i>Deck water seal</i>	<i>Dismantling of level regulators/float valves for inspection</i>	<i>Six months</i>
	<i>Opening for total internal inspection</i>	<i>One year</i>
	<i>Overhaul of auto valves</i>	<i>One year</i>
<i>Deck mechanical non return valve</i>	<i>Moving and lubricating the valve necessary</i>	<i>Weekly and before start</i>
	<i>Opening for internal inspection</i>	<i>One year/18 months</i>

<i>Component</i>	<i>Preventive Maintenance</i>	<i>Maintenance interval</i>
<i>P/V valve</i>	<i>Operating and lubricating</i>	<i>Six months</i>
<i>Deck isolating valve</i>	<i>Opening for overhaul</i>	<i>One year</i>
<i>Gas pressure regulating system</i>	<i>Removal of condensation in instrument, air supply</i>	<i>Before start</i>
	<i>Opening of gas pressure regulating valves for overhaul</i>	<i>As appropriate</i>
<i>Liquid filled P/V breaker</i>	<i>Check liquid level when system is at atmospheric pressure</i>	<i>When opportunity permits and every six months</i>

Sumber: MSC/Circ.282. as amended by MSC/Circ.353 Guidelines for Inert Gas System (MSC, 1978)

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Tidak berfungsinya *Innert Gas Generator* (IGG) akan mengakibatkan waktu proses bongkar muatan (*discharge*) menjadi lebih lama. Hal ini dapat memberikan dampak bagi kapal serta perusahaan yang mengakibatkan kerugian akibat keterlambatan tersebut.
2. Solusi yang dapat dilakukan untuk menjaga kinerja *Innert Gas Generator* (IGG) dengan cara melakukan perawatan Inert Gas Generator (IGG) secara berkala sesuai dengan *Planning Maintenance System (PMS)* yang telah ditetapkan oleh kapal.

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka ada pun saran yang dapat peneliti berikan adalah:

1. Pengoperasian IGG harus dilakukan secara teratur saat proses bongkar muatan untuk menjaga tekanan dalam tangki dan kondisi tanki dengan oksigen yang kurang dari 5%, sehingga keselamatan kapal terjamin, risiko ledakan dapat dicegah, dan efisiensi waktu bongkar muat meningkat. Selain itu perawatan pada komponen dan sistem pembakaran IGG juga harus terlaksana dengan teratur untuk mencegah terjadinya kegagalan dalam pengoperasian IGG yang dapat mempengaruhi hasil dari gas buang.
2. Perawatan sistem pada IGG sebelum melaksanakan bongkar muatan harus terlebih dahulu dipastikan kelancarannya, agar tidak terjadi hal yang tidak diinginkan seperti yang dialami pada kapal MT. Pancaran Integrity, selain perawatan yang harus teratur, pembersihan pada komponen IGG juga harus dilaksanakan agar setiap komponen dapat bekerja secara maksimal dan dapat mengasilkan gas buang dengan kadar oksigen kurang dari 5%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, M. H. (2019). *Optimalisasi Inert Gas Generator Dalam Menunjang Keselamatan Proses Bongkar Muatan di MT. SPASTIGA. PIP SEMARANG.*
- Fadhallah. (2021). *WAWANCARA*. Jakarta Timur: UNJ Press.
- ICS, I. &. (2020). *ISGOTT (International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals).*
- IMO. (2007). *International Code For Fire Safety System, Chapter 15 2007 Edition.*
- IMO. (2020). *SOLAS-2020-Consolidated-Edition.*
- Irawan, A. P. (2020). *ANALISIS KEGAGALAN PEMBAKARAN INERT GAS GENERATOR KARENA KEBOCORAN BAGIAN SCRUBBER TOWER DI MT. SEI PAKNING. PIP SEMARANG.*
- MSC, I. -M. (1978). *Marine Safety Committee Circular – MSC/CIRC.282.*
- OCIMF. (2006). *International Safety Guide for Oil Tanker and Terminal.*
- OCIMF. (2017). *Oil Companies International Marine Forum.*
- Purwanto, A. (2022). *Konsep Dasar Penelitian Kualitatif*. Lombok Tengah: Yayasan Insan Cendekia Indonesia Raya.
- Silva, S. (2022). *OPTIMALISASI KERJA INERT GAS GENERATOR UNTUK MENDAPATKAN. PIP SEMARANG.*
- Sugiyono. (2021). *Metode Penelitian Pendidikan*. ALFABETA.
- Waruwu, M. (2023). Pendekatan Penelitian Pendidikan: Metode Penelitian Kualitatif, Metode Penelitian Kuantitatif dan Metode Penelitian Kombinasi. *Jurnal Pendidikan Tambusai* .
- Yudisman, S. N. (2022). Analisis Perbandingan Tokoh Perpustakaan Paul Otlet Dan Sulistyo-Basuki Tentang Dokumentasi.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir Wawancara

Formulir Wawancara

A. Identitas Narasumber

Nama : _____

Usia : _____

Jabatan di kapal : _____

Lama bekerja : _____

B. Daftar Pertanyaan

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Apakah penyebab dari terhambatnya proses bongkar muatan di kapal?	
2.	Apa ada perbedaan efisiensi pelaksanaan bongkar muatan saat IGG berfungsi dengan baik dan saat IGG mengalami kerusakan atau tidak berfungsi dengan baik?	
3.	Apa yang terjadi pada kinerja pompa yang menyebabkan proses bongkar muatan terhambat?	
4.	Apa yang menyebabkan IGG tidak dapat menghasilkan oksigen dengan kadar <5%?	
5.	Kenapa IGG sangat berpengaruh dalam proses bongkar muatan?	
6.	Apa yang akan terjadi jika pelaksanaan bongkar muatan dilakukan tanpa IGG?	
7.	Bagaimana sistem kerja IGG?	
8.	Bagaimana kronologi permasalahan yang dialami saat proses bongkar muatan karena IGG?	
9.	Apa saja tindakan yang dilakukan agar proses bongkar muatan dapat berjalan dengan lancar kembali?	

Lampiran 2 Crew List

IMO CREW LIST (IMO FAL Form 5)							ARRIVAL	DEPARTURE	
1. Name of ship Pancaran Integrity 4. Nationality of ship (Flag) INDONESIA			2. Port of arrival : 5. Next port of call :			3. Date of arrival : 6. Nature and no. of identity document SEAMAN BOOK			
No.	Family Name, Given Name	Rank	Sex	Nationality	Date and place of birth	Passport	Passport exp. Date	Seaman book	Seaman book exp.
1	ARIADI KARYA	MASTER	M	INDONESIA	8-Jan-1968	AMBARAWA, INDONESIA	-	F 381482	20/05/2027
2	PURWANTO	C/O	M	INDONESIA	12-Jan-1992	SUKOHARJO, INDONESIA	-	J 038391	08/05/2027
3	SURYANA	C/O	M	INDONESIA	20-Mar-1977	JAKARTA, INDONESIA	-	G 017542	02/10/2027
4	LEO SIRANTE	C/O	M	INDONESIA	11-Mar-1998	PALOPO, INDONESIA	-	H 068870	20/10/2025
5	KONSEN PUCUK BARUS	C/E	M	INDONESIA	29-Oct-1975	NAMORIH, INDONESIA	-	G 037374	15/03/2025
6	TRI SOEIJANTO	C/E	M	INDONESIA	6-Oct-1971	BIAK, INDONESIA	-	J 222061	09/04/2026
7	AGUS DIJUNAEDI	C/E	M	INDONESIA	12-Jan-1980	JAKARTA, INDONESIA	-	F 342941	09/04/2027
8	RAGIL BASUKI	C/E	M	INDONESIA	13-Mar-1998	PURBALINGGA, INDONESIA	-	G 041980	25-Jun-26
9	AFUAN ARAFAT	ELECT	M	INDONESIA	1-May-1977	JAKARTA, INDONESIA	-	F 262182	02/08/2026
10	JELSE DIONI DIO HAU	BOATSWAIN	M	INDONESIA	17-Jun-1966	SABU, KUPANG, INDONESIA	-	I 002497	28-Dec-25
11	MOCHAMAD SLAMET WAHID	AB-1	M	INDONESIA	20-Nov-1999	JAKARTA, INDONESIA	-	F 260751	09/07/2026
12	CARLIN PANDAPOTAN SIMANGUNSONG	AB-2	M	INDONESIA	2-Mar-1995	SINTA DAME III, INDONESIA	-	F 321150	20/02/2027
13	DWI WAHYU ARIFFIN	AB-3	M	INDONESIA	26-Jul-1993	GROBOGAN, INDONESIA	-	H 031479	19/05/2025
14	MUKADAR	OS	M	INDONESIA	20-May-1981	GRESIK, INDONESIA	-	J 079581	07/08/2027
15	MOHAMAD SUPRIATNA	FITTER	M	INDONESIA	18-Oct-1975	BOGOR, INDONESIA	-	F 341734	01/08/2025
16	JAKA PRIMA	OLR-1	M	INDONESIA	17-Nov-1985	PALEMBANG, INDONESIA	-	F 143867	22/08/2025
17	IFFAN YUNIANSYAH PRATAMA	OLR-2	M	INDONESIA	12-Jun-1999	MALANG, INDONESIA	-	J 021774	30/04/2027
18	HENDRA	OLR-3	M	INDONESIA	1-Dec-1987	JAKARTA, INDONESIA	-	F 321766	27-Feb-25
19	SIGIT JOKO PURWANTO	CHIEF COOK	M	INDONESIA	5-Jul-1971	NGANJUK, INDONESIA	-	I 049561	12/05/2026
20	MUHAMMAD DWI AS'ARI	MESSBOY	M	INDONESIA	28-May-2002	KAB SEMARANG, INDONESIA	-	G 094729	12/10/2026
21	WAYAN MICHAELLE GABE YANUAR	DECK CADET	M	INDONESIA	5-Aug-2004	DENPASAR, INDONESIA	-	I 103752	18-May-27
22	ANANDA VITO ADITYA	ENGINE CADET	M	INDONESIA	21-Jan-2004	LAMPUNG, INDONESIA	-	G 011224	22-Oct-25

MT. PANCARAN INTEGRITY

Capt. ARIADI KARYA
MASTER

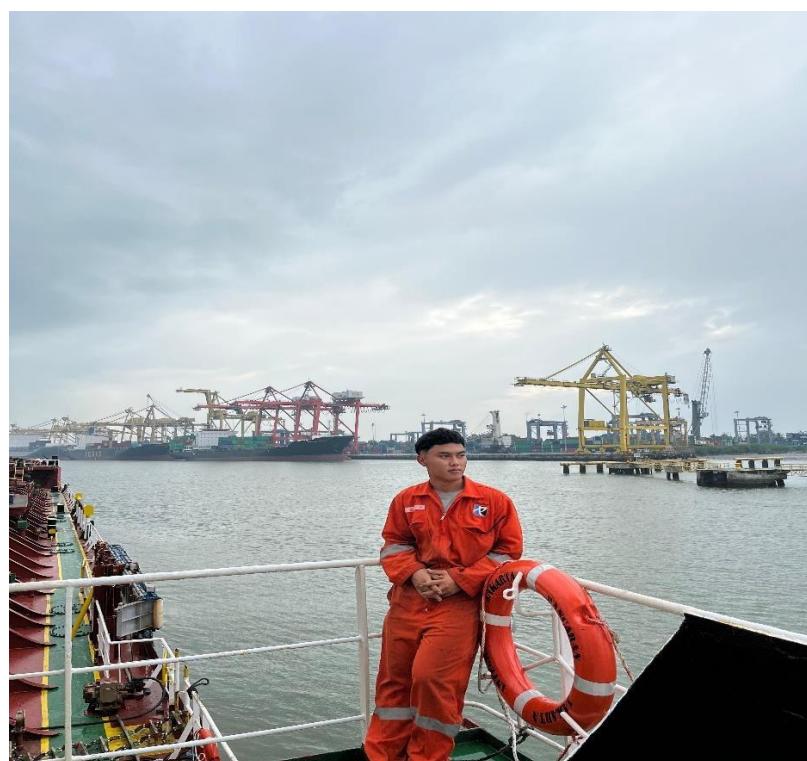
Lampiran 3 Ship Particular

SHIP PARTICULAR	
1 Owner's Name	PANCARAN INTEGRITY
2 Call sign	YD82
3 Port of Register / Flag	JAKARTA INDONESIA
4 Legal Owners	PANCARAN GROUP
5 Build Year/Country/Year	81st Century Shipbuilding Co.,Ltd (Tongyeong, Korea) Delivered to Owner on 08-03-2008
6 Classification Society (Name/Class notation)	DNV-GL
7 Official No.	748841
8 Last Dry Dock	June 2024
9 Serial Hull No.	C3N - 210
10 IMO No.	9322061
11 DNV ID No.	27098
12 Immortal C	
13 MMSI - ID (DSC)	6.25E+08
14 Length Over All	128.60 m
15 Length Between Perpendiculars	120.40 m
16 Breadth	20.40 m
17 Depth Moulded	11.80 m
18 Summer Draft / Deadweight / TPC	8.714 m / 13141.284 mt / 23.24 mt/mcm
19 Winter Draft / Dead Weight	8.533 m / 12721.006 mt
20 Tropical Draft / Deadweight	8.696 m / 13562.230 mt
21 FW Summer Draft / Deadweight	8.862 m / 13141.873 mt
22 FW Tropical Draft / Deadweight	9.083 m / 13555.799 mt
23 Light ship	4331.120 mt
24 Displacement	17472.384 mt
25 Gross / Nett Tonnage (International)	8562 / 4095
26 Gross / Nett Tonnage (Panama)	7237
27 Gross / Nett Tonnage (Guaz)	9148.05 / 6837.01
28 Reduced Gross Tonnage	7035
29 Ship's height to masthead above Keel	40.83 m
30 Distance ship's side to manifold	3.83 m
31 Distance Bow - Bridge (m)	101.12 m
32 Distance Stern - Bridge (m)	27.48 m
33 Distance Bow - Manifold (m)	60.80 m
34 Distance stern - Manifold (m)	67.80 m
35 Dist. Deck /spill tray to center of manifold	2.64 m / 0.84 m
36 Parallel body Loaded / Ballast (m)	76.10 m / 63.80 m
37 Main Engine type	STX MAN B & W 6S35MC
38 Main engine output (max)	6060 HP / 4440 KW
39 Bow thruster type / output	Framno / 400 KW
40 Max. Sea speed (loaded / ballasted)	abt. 13.7 / 14.5 knots
41 At sea HFO daily consumption	abt. 19.5 mt
42 Harbour HFO daily consumption	abt. 2.5 mt
43 Port anchor chain (m)	10 Shackles, 275 m
44 Starboard anchor chain (m)	10 Shackles, 275 m
45 Weight of anchor (stbd / port)	4725 kg / 4725 kg
46 Mooring winches pull	15 mt each
47 Rudder type	Semi - balanced
48 Propeller	5-Blades Single Fixed Pitch Propeller
49 Cargo capacity inc. slop tanks 98 %	14103.562 m3
50 Framo cargo pump (no. / capacity)	12 x 300 m3/hr each
51 Framo slop pumps (no./ capacity)	2 x 100 m3/hr each
52 Cargo tanks (coating/ date)	Sigma Phenolic Epoxy (Phenguard) / March2006
53 Max. loading rate cargo tanks / slops	1900 m3/hr
54 Press / vacuum valve	0.21 / 0.035 (kg/cm3)
55 Max. ballast capacity (cubicm)	8277.189 m3
56 Ballast pump (no./ capacity)	Centrifugal Framo pumps / 2 x 350 m3/hr
57 Fire pump (no. / capacity)	2 x 150 m3/hr
58 Emergency fire pump (no. / capacity)	1 x 50 m3/hr
59 Hose crane SWL / store crane BWL	10 mt / 2.1 mt
60 Portable FW Tanks capacity 100 %	167 m3
61 Technical FW Tanks capacity 100%	207 m3
62 Heavy Fuel oil tanks capacity 100 %	364.8 m3
63 Diesel Oil tanks capacity	129.7 m3
64 Lub Oil tanks capacity 88 %	79.1 m3
65 Sewage tank capacity	10.1 m3
66 bunker manifold diameter	HFO dia 5" , MDO dia 4" , AVB type
CARGO TANK CAPACITY m3 (100 %)	
	No. 1(P) 948,7
	No. 1(S) 948,9
	No. 2(P) 1124
	No. 2(S) 1124
	No. 3(P) 1233
	No. 3(S) 1234
	No. 4(P) 1234
	No. 4(S) 1233
	No. 5 (P) 1234
	No. 5(S) 1234
	No. 6(P) 1071
	No. 6(S) 1071
	SLOP T (P) 350,4
	SLOP T (S) 350,7
MT PANCARAN INTEGRITY /Cap.Iri Adi Karya	

Lampiran 4 Kapal sandar di pelabuhan Dumai



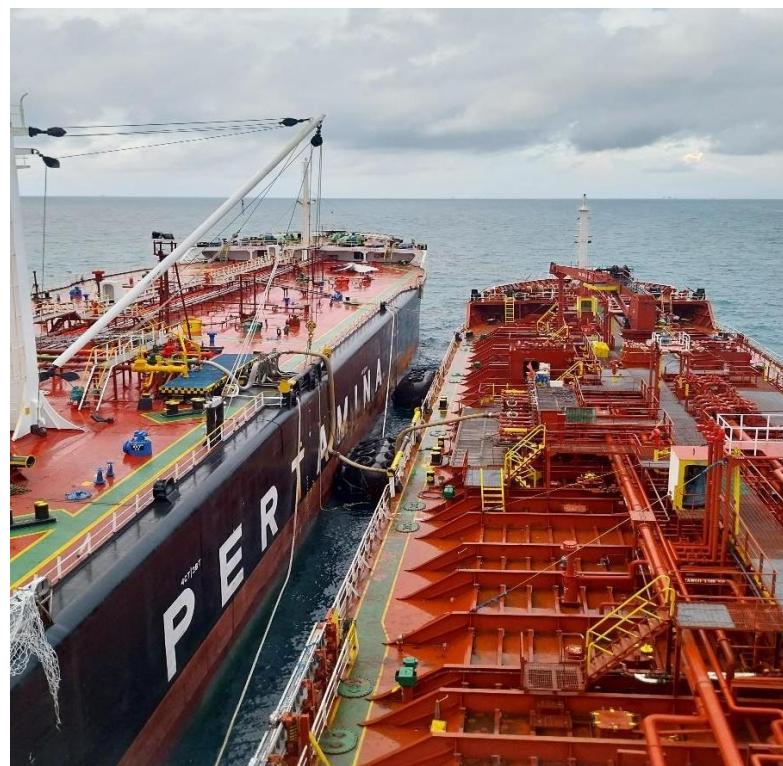
Lampiran 5 Peneliti sedang melakukan dinas jaga di deck



Lampiran 6 Peneliti selesai melaksanakan Tank Cleaning



Lampiran 7 Kapal sandar dengan sistem Ship to Ship



Lampiran 8 Safety meeting yang dilakukan setiap awal bulan



Lampiran 9 Proses inspeksi Life raft

