

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN**

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



SKRIPSI

**ANALISIS *OPERATIONAL INERT GAS GENERATOR*
(IGG) SISTEM TERHADAP PENCEGAHAN DAN
MITIGASI RESIKO DIKAPAL MT. PANGALENGAN**

Oleh :

SHALINA IRIANTI

NRP. 565221650

**PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
JURUSAN TEKNIKA
JAKARTA
2026**

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN**

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



SKRIPSI

**ANALISIS *OPERATIONAL INERT GAS GENERATOR*
(IGG) SISTEM TERHADAP PENCEGAHAN DAN
MITIGASI RESIKO DIKAPAL MT.PANGALENGAN**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Penyelesaian Program Pendidikan Diploma IV**

Oleh :

**SHALINA IRIANTI
NRP. 565221650**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
JURUSAN TEKNIKA
JAKARTA
2026**

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN**

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : SHALINA IRIANTI
NRP : 565221650
Program Pendidikan : DIPLOMA IV
Jurusan : TEKNIKA
Judul : *ANALISIS OPERATIONAL INERT GAS GENERATOR*
(IGG) SISTEM TERHADAP PENCEGAHAN DAN
MITIGASI RESIKO DI KAPAL MT. PANGALENGAN

Jakarta, 03 Maret 2026

Penulis;



SHALINA IRIANTI

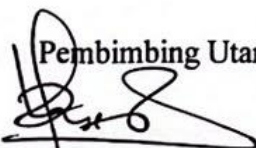
**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN**

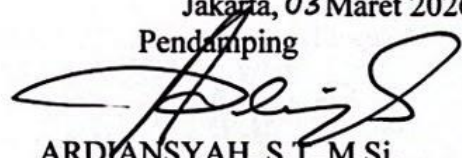
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : SHALINA IRIANTI
NRP : 565221650
Program Pendidikan : DIPLOMA IV
Jurusan : TEKNIKA
Judul : ANALISIS *OPERATIONAL INERT GAS GENERATOR*
(IGG) SISTEM TERHADAP PENCEGAHAN DAN
MITIGASI RESIKO DI KAPAL MT. PANGALENGAN


Pembimbing Utama
Dr. LARSEN BARASA, S.E., M.M.Tr
Pembina (IV/a)
NIP: 19720415 199803 1 002

Jakarta, 03 Maret 2026
Pendamping

ARDIANSYAH, S.T., M.Si.
Pembina (IV/a)
NIP: 19751025 199808 1 001

Mengetahui;
Ketua Program Studi Teknika


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

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



TANDA PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : SHALINA IRIANTI
NRP : 565221650
Program Pendidikan : DIPLOMA IV
Jurusan : TEKNIKA
Judul : ANALISIS *OPERATIONAL INERT GAS GENERATOR*
(IGG) SISTEM TERHADAP PENCEGAHAN DAN
MITIGASI RESIKO DI KAPAL MT. PANGALENGAN

Ketua Penguji

H. KAMARUL HIDAYAT, S. PEL., M.M. TR.
Pembina (IV/a)
NIP. 19710919 199803 1 001

Anggota Penguji 2,

MUHAMMAD NURDIN, SAP., MAP., M. Mar. E.
Pembina Utama Muda (IV/c)
NIP. 19660217 199898 1 001

Jakarta, 12 Juni 2026

Anggota Penguji 3

Dr. LARSEN BARASA, S.E., M.M. Tr.
Pembina (IV/a)
NIP. 19720415 199803 1 002

Mengetahui;
Ketua Jurusan Teknika

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

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena dengan berkat, rahmat, serta karunianya, Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, dengan judul :

“ ANALISIS *OPERATIONAL INERT GAS GENERATOR* (IGG) SISTEM TERHADAP PENCEGAHAN DAN MITIGASI RESIKO DI KAPAL MT. PANGALENGAN “

Skripsi ini disusun dan diajukan oleh penulis untuk melengkapi dan menyelesaikan salah satu syarat dalam menempuh Program Pendidikan Diploma IV (Diploma IV) yang telah diselenggarakan oleh Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Indonesia.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis mencoba memaparkan atas pengamatan dan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis serta berkaitan dengan teori-teori dalam beberapa buku referensi dan berusaha semaksimal mungkin untuk menyumbangkan sedikit pemikiran untuk memecahkan masalah-masalah yang dihadapi sesuai dengan kemampuan dan pengetahuan yang ada pada saat melaksanakan praktik laut di kapal MT. Pangalengan. Sangat besar harapan penulis agar skripsi ini menjadi sumbangan pengetahuan yang berguna khususnya bagi civitas akademika Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Indonesia, serta bagi dunia maritim pada umumnya. Pada penulisan skripsi ini penulis banyak mengucapkan terima kasih atas bantuan, dukungan, doa serta bimbingan dalam penyusunan skripsi ini, antara lain kepada yang terhormat :

1. Kepada Yth, Bapak Dr. Capt. Tri Cahyadi, M.H., M.Mar., selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
2. Kepada Yth. Dr. Markus Yando, S.Si.T.,M.M selaku Ketua Jurusan Teknik, Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran.
3. Kepada Yth, Bapak Dr. Larsen Barasa, S.E., M.M.Tr. sebagai Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, Serta dengan penuh sabar membimbing dan mengarahkan penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu.
4. Kepada Yth, Bapak Ardiansyah,S.T.,M.Si. sebagai Dosen Pembimbing Pendamping yang telah membimbing dan mendukung penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Kepada Yth PT. Pertamina Internasional Shipping (PIS) yang telah memberikan

Saya kesempatan berharga untuk menimba ilmu pelayaran selama melaksanakan praktik di kapal.

6. Kepada seluruh *crew* kapal MT. Pangalengan , yang selalu bersedia membimbing dan mengajarkan selama penulis melakukan praktik laut daan memberikan pengalaman terbaik selama diatas kapal.
7. Kepada seluruh dosen, instruktur dan pembimbing cadet Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran yang telah bersedia membimbing dan mendidik selama masa pendidikan
8. Kepada kedua orang tua saya yang tersayang dan tercinta Bapak Sutrisno dan Ibu Dahniar (Almh) yang selalu memberikan doa dan menjadi sumber motivasi semangat hidup penulis, serta dukungan yang sangat luar biasa pada penulis dengan penuh kasih sayang hingga saat ini yang tidak dapat diukur nilainya.
9. Kepada seluruh keluarga penulis yang tersayang dan selalu mendukung penulis dalam materi maupun motivasi selama pendidikan di STIP Indonesia, Suprabowo, Mentari Yolanda , Mery Aldah Regiani, Subendo Nugroho.
10. Kepada Ridho Dwi Julianto yang selalu memberikan penulis semangat serta dukungan dan selalu sabar menemani penulis dari SMA sampai penulis dapat menyelesaikan berpendidikan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Indonesia.
11. Kepada teman-teman angkatan 65 dan teman teman kelas Teknik VIII C yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang selalu memberikan waktu serta memori baik yang akan selalu terkenang sepanjang waktu.
12. Kepada teman-teman Palembang team dan Kamar N-102 yang telah menemani penulis melakukan pendidikan di STIP Indonesia.
13. Kepada teman-teman Team Drumband yang telah menemani penulis selama pendidikan di STIP Indonesia.
14. Kepada Senior saya yang tersayang dan saya banggakan Intan Nurbaety angkatan 55, Asa Nailah Ziadah angkatan 61 dan Junior-junior saya yang selalu membantu penulis serta mendukung penulis selama pendidikan hingga saat ini.
15. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu penulis agar dapat sampai pada titik sekarang ini.
16. Terima kasih kepada Shalina Irianti yaitu diri saya sendiri yang saya sayang dan saya cinta yang selalu semangat dan selalu kuat berjuang tanpa putus asa dengan kesabaran hati yang luas dari awal pendidikan hingga dapat menjalani pendidikan 4 tahun ini di STIP Indonesia. Terima kasih sudah menjadi manusia yang selalu berusaha untuk mencoba tanpa mengenal lelah. Terima kasih untuk tidak

menyerah dalam kondisi sesulit dan sesedih apa pun selama berproses di STIP Indonesia, adapun kurang dan lebih, mari terus belajar dan menjadi orang sukses.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini, masih banyak terdapat kekurangan, baik dari susunan kalimat, serta pembahasan materi akibat keterbatasan penulis dalam menguasai materi. Oleh karena itu dengan penuh kesadaran dan kerendahan hati penulis mengharapkan saran-saran dan kritikan yang bersifat membangun dan berguna bagi penulis dalam kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap agar dalam penulisan skripsi ini dapat memberikan manfaat yang baik dan memberikan pengetahuan-pengetahuan yang berguna bagi para pembaca terkhusus pada permasalahan sistem Inert Gas Generator.

Jakarta, 03 Maret 2026

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Shalina Irianti', with a small 's.d.' written to the right of the signature.

Shalina Irianti

NRP. 565221650

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI	iii
TANDA PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	5
F. Sistematika Penulisan Skripsi.....	6
BAB II LANDASAN TEORI.....	8
A. Tinjauan Pustaka.....	8
B. Penelitian Terdahulu	23
C. Kerangka Pemikiran	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
B. Metode Pendekatan.....	28
C. Sumber Data.....	31
D. Teknik Pengumpulan Data.....	32
E. Populasi, Sampel dan Teknik Sampling.....	33
F. Teknik Analisis Data.....	34

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	37
A.Deskripsi Data.....	37
B.Analisis Data.....	50
C.Alternatif Pemecahan Masalah.....	57
D.Evaluasi Terhadap Alternatif PemecahanMasalah.....	65
E. Pemecahan Masalah.....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	70
A. Kesimpulan	70
B. Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	77

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kapal MT. Pangalengan.....	9
Gambar 2.2 Scrubber di MT.Pangalengan.....	12
Gambar 2.3 Demister Seperator di MT.Pangalengan.....	13
Gambar 2.4 Pilot dan main burner di MT. Pangalengan.....	14
Gambar 2.5 Inert gas fan blower di MT. Pangalengan.....	15
Gambar 2.6 Deck water seal di MT. Pangalengan	16
Gambar 2.7 Control System di MT. Pangalengan	17
Gambar 2.8 Oxygen Analyzer di MT. Pangalengan	18
Gambar 2.9 Kerangka Pemikiran	26
Gambar 3.1 Diagram Fishbone.....	36
Gambar 4.1 Spesifikasi IGG MT.Pangalengan.....	38
Gambar 4.2 SMS DNV IGG MT.Pangalengan.....	43
Gambar 4.3 Kondisi burner dan Nozzle.....	44
Gambar 4.4 Kondisi Filter Pompa suplai Inert Gas Generator.....	45
Gambar 4.5 Kondisi Scrubber IGG.....	45
Gambar 4.6 Daily Work Report.....	47
Gambar 4.7 Diagram komposisi mudah terbakar	48
Gambar 4.8 Oxygen Analyzer	49
Gambar 4.9 Diagram Fishbone.....	50
Gambar 4.10 Maintenance Repair Report.....	60
Gambar 4.11 Cadet dan Electrician melakukan perawatan burner IGG.....	61
Gambar 4.12 Cadet dan 4E perawatan Filter bahan bakar	62
Gambar 4.13 Cadet dan 2E perawatan pipa sampling O2.....	62
Gambar 4.14 Cadet dan 2E perawatan Scrubber.....	63
Gambar 4.15 Cadet melakukan kalibrasi IGG.....	64
Gambar 4.16 Oxygen Analyzer sebelum di kalibrasi	64
Gambar 4.17 Oxygen Analyzer sesudah di kalibrasi.....	65

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Penelitian terdahulu.....	23
Tabel 4.1 Spesifikasi IGG	38
Tabel 4.2 Loog Book IGG	39
Tabel 4.3 Loog Book IGG	42
Tabel 4.4 Data Terkait Kegagalan Sistem Pembakaran IGG	46
Tabel 4.5 Inert Gas Generator Maintenance Log	58
Tabel 4.6 perawatan periodik inert gas generator	59

DAFTAR SINGKATAN

ABK	: Anak Buah Kapal
BV	: Bureau Veritas
BKI	: Biro Klasifikasi Indonesia
DWT	: Deadweight Tonnage
FSS Code	: Fire Safety Systems Code
GT	: Gross Tonnage
ICS	: International Chamber of Shipping
IGG	: Inert Gas Generator
IGS	: Inert Gas System
IMO	: International Maritime Organization
ISGOTT	: International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals
LOA	: Length Overall
MDO	: Marine Diesel Oil
MT	: Motor Tanker
O ₂	: Oksigen
PMS	: Planned Maintenance System
SOLAS	: Safety of Life at Sea
SOP	: Standard Operating Procedure
HMI	: Human Machine Interface

DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL

Inert Gas Generator (IGG) :

Sistem pembangkit gas lembam yang dirancang untuk menghasilkan gas dengan kandungan oksigen rendah, sehingga mampu mencegah terjadinya kebakaran dan ledakan pada tangki muatan kapal tanker.

Gas Lembam (Inert Gas):

Gas yang memiliki kandungan oksigen rendah dan tidak mendukung terjadinya proses pembakaran.

Planned Maintenance System (PMS):

Sistem perawatan terencana yang mengatur pelaksanaan inspeksi, perawatan, dan perbaikan peralatan kapal secara berkala dan sistematis.

Scrubber:

Perangkat pemurni gas buang yang berfungsi untuk mendinginkan gas, menghilangkan partikel jelaga, serta menurunkan kandungan zat berbahaya sebelum gas dialirkan ke tangki muatan.

Demister Separator:

Peralatan pemisah yang berfungsi menghilangkan uap air dan partikel mikro dari gas inert setelah melalui proses pendinginan di dalam scrubber.

Pilot Burner:

Burner awal yang berfungsi sebagai pemantik pembakaran awal sebelum burner utama dioperasikan.

Main Burner:

Burner utama yang berfungsi menghasilkan pembakaran yang stabil dalam proses produksi gas inert.

Oxygen Analyzer:

Instrumen pengukuran yang digunakan untuk memantau dan memastikan kadar oksigen dalam gas inert tetap berada di bawah batas aman yang telah ditentukan.

Deck Water Seal:

Perangkat pengaman tipe non-return yang berfungsi mencegah aliran balik gas hidrokarbon dari tangki muatan menuju sistem Inert Gas Generator.

Segitiga Api (Fire Triangle):

Konsep dasar terjadinya kebakaran yang terdiri atas tiga unsur utama, yaitu bahan

bakar, oksigen, dan sumber panas.

Kegagalan Pembakaran:

Kondisi terjadinya proses pembakaran yang tidak sempurna akibat ketidakseimbangan antara bahan bakar, udara, dan panas.

Mitigasi Risiko:

Serangkaian upaya yang dilakukan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya risiko serta meminimalkan dampak yang ditimbulkan akibat kecelakaan atau kegagalan sistem.

Diagram Fishbone:

Metode analisis sebab-akibat yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi akar penyebab suatu permasalahan secara sistematis.

O₂ (%):

Persentase kandungan oksigen dalam gas inert atau atmosfer di dalam tangki muatan.

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Turnitin.....	77
Lampiran 2 MT. PANGALENGAN.....	79
Lampiran 3 <i>Ship Particular</i>	80
Lampiran 4 <i>General Specification of Inert Gas Generator System</i>	81
Lampiran 5 <i>Piping Diagram of Inert Gas Generator Line</i>	85
Lampiran 6 <i>Scrubber Tower Inert Gas Generator</i>	86
Lampiran 7 <i>Burner Inert Gas Generator</i>	87
Lampiran 8 <i>Kondisi Burner, Nozzle, Electrode Inert Gas Generator</i>	88
Lampiran 9 <i>Filter</i> suplai bahan bakar IGG.....	89
Lampiran 10 <i>Oxygen Analyzer</i>	90
Lampiran 11 <i>Control System Human Machine Interface IGG</i>	91
Lampiran 12 Penulis dan <i>Electrician</i> melakukan perawatan dan kalibrasi.....	82
Lampiran 13 <i>Inert Gas Generator Log</i>	93
Lampiran 14 <i>Inert Gas Generator Maintenance Log</i>	94
Lampiran 15 <i>Crew List</i> MT. Pangalengan.....	95
Lampiran 16. Foto Bersama Engine Crew.....	96
Lampiran 17. Klasifikasi Kebakaran Versi NFPA.....	97

ABSTRAK

Irianti, Shalina. 2026. “ Analisis Operational Inert Gas Generator (IGG) Sistem Terhadap Pencegahan Dan Mitigasi Resiko Di Kapal MT. Pangalengan”

Penelitian ini bertujuan menganalisis permasalahan operasional pada sistem inert gas generator yang menghambat proses bongkar muat di kapal MT. Pangalengan. Masalah utama yang diidentifikasi karena tidak terencanaanya jadwal perawatan inert gas generator dan terjadinya gagal sistem pembakaran pada inert gas generator serta tingginya resiko kecelakaan dari dampak kadar oksigen yang tinggi . Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan studi kasus pada kapal MT. Pangalengan. Pengumpulan data melalui observasi langsung selama praktik laut, wawancara mendalam dengan *Chief Engineer, Second Engineer, Third Engineer, Fouth Engineer dan Electrician*, serta studi dokumentasi (*Log Book*, catatan perawatan) dan data-data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif kualitatif dibantu dengan *Diagram Fishbone* untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah. Hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa kurangnya pemahaman kru dalam penerapan *Planned Maintenance System* pada sistem IGG, serta jadwal dan praktik perawatan pada komponen-komponen IGG yang belum optimal dan dampak dari peningkatan kadar oksigen menjadi faktor-faktor utama teridentifikasi pada masalah operasional IGG. Berdasarkan temuan ini, penelitian merekomendasikan strategi analisis operasional inert gas generator (IGG) sistem terhadap pencegahan dan mitigasi resiko selama proses bongkar muat.

Kata kunci : *Operasional, Inert Gas Generator, Bongkar Muat, Penerapan Planned Maintenance System, Gagal Sistem pembakaran, Dampak Peningkatan Kadar Oksigen, Kontaminasi Kotoran Jelaga, Perawatan, Mitigasi Resiko, Kapal Tanker.*

ABSTARCT

Irianti, Shalina. 2026. “ *Operational Analysis of the Inert Gas Generator (IGG) System for Risk Prevention and Mitigation on the MT Pangalengan Ship* ”

This study aims to analyze operational problems in the inert gas generator system that hamper the loading and unloading process on the MT. Pangalengan ship. The main problems identified were due to unplanned maintenance schedules for the inert gas generator and the failure of the combustion system on the inert gas generator as well as the high risk of accidents from the impact of high oxygen levels. This study uses a descriptive qualitative approach with a case study on the MT. Pangalengan ship. Data collection through direct observation during sea practice, in-depth interviews with the Chief Engineer, Second Engineer, Third Engineer, Fourth Engineer and Electrician, as well as documentation studies (Log Book, maintenance records) and the collected data were analyzed descriptively qualitatively assisted by Fishbone Diagrams to identify the root causes of the problem. The results of this study indicate that the lack of crew understanding in implementing the Planned Maintenance System on the IGG system, as well as suboptimal maintenance schedules and practices on IGG components and the impact of increased oxygen levels are the main factors identified in IGG operational problems. Based on these findings, the study recommends an operational analysis strategy for the inert gas generator (IGG) system towards risk prevention and mitigation during the loading and unloading process.

Keywords: *Operation, Inert Gas Generator, Loading and Unloading, Implementation of Planned Maintenance System, Combustion System Failure, Impact of Increased Oxygen Levels, Soot Contamination, Maintenance, Risk Mitigation, Tanker Ships*

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Industri pelayaran adalah kegiatan usaha yang menyediakan jasa transportasi laut menggunakan kapal niaga, baik dalam negeri maupun luar negeri, untuk menunjang kegiatan ekonomi nasional dan internasional. Menurut UNCTAD *United Nations Conference On Trade And Development*, (2020). Industri pelayaran menjadi salah satu sektor ekonomi yang bergerak di bidang transportasi laut, di mana transportasi laut berperan penting dalam menunjang kelancaran sistem pengangkutan barang, cairan, gas, maupun penumpang dengan menggunakan sarana angkutan seperti kapal, kapal menjadi aspek penting dalam pengangkutan dengan menggunakan jalur perairan dan dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan fungsi dan muatannya, seperti kapal penumpang, kapal barang, kapal kontainer, kapal tanker.

Menurut IMO *International Maritime Organization*, (2020). Kapal tanker sebagai kapal yang secara utama digunakan untuk mengangkut muatan cair dalam tangki-tangki bawaan kapal, dan pengoperasiannya diatur secara ketat oleh peraturan internasional untuk mencegah polusi laut dan kebakaran. Kapal tanker memiliki berbagai macam jenis-jenis cairannya, yaitu terbagi menjadi tiga, kapal tanker mengangkut minyak mentah disebut dengan *crude oil*, kapal tanker mengangkut minyak hitam disebut dengan *black-oil product carriers* seperti *Marine diesel oil*, kapal tanker mengangkut minyak *petroleum* bersih seperti *kerosene*, *gas oil* dan sejenisnya.

Bahaya yang terdapat pada kapal tanker memiliki karakteristik yang sangat beragam dan kompleks. Kompleksitas ini terutama dipengaruhi oleh keberadaan ruang kosong atau rongga pada bagian atas tangki muatan, yaitu ruang yang terletak di antara permukaan cairan dengan struktur penutup tangki. Rongga tersebut umumnya terisi oleh campuran uap hidrokarbon yang bersifat mudah terbakar (*flammable*), beracun, dan rentan mengalami reaksi oksidasi. Potensi

bahaya dari ruang ini dapat memicu terjadinya kebakaran, ledakan, gangguan kesehatan akibat paparan gas berbahaya, kombinasi karakteristik tersebut menjadikan ruang ini sebagai salah satu sumber bahaya kritis yang memerlukan prosedur pengawasan dan penanganan khusus guna mencegah maupun kegagalan operasional lainnya. Dengan demikian, pemahaman terhadap karakteristik dan pengelolaannya merupakan aspek penting dalam upaya mitigasi risiko pada pengoperasian kapal tanker.

Pemasangan *Fix Inerting Gas System* diberlakukan untuk kapal tanker dengan ukuran 8,000 DWT atau lebih, dimana sebelumnya hanya diberlakukan untuk kapal dengan ukuran 20,000 DWT atau lebih. Kapal tanker dengan ukuran 8000 DWT atau lebih yang dibangun pada atau setelah 1 Januari 2016 harus dilengkapi dengan *Fix Inerting Gas System*. Sebagai salah satu sistem pencegahan terjadinya kebakaran dan ledakan dalam tanki muatan, dengan sistem gas inert berbasis gas buang, selama proses bongkar muat, sebagai efisiensi waktu dan menjaga keamanan dalam prosedur bongkar muat, dalam SOLAS (*Safety of Life at Sea*) Chapter II-2 Regulation 4.5.5 dan Regulation 16.

Kecelakaan berupa kebakaran atau ledakan dapat terjadi jika memenuhi persyaratan segitiga api (*source of ignition*) hidrokarbon yang memenuhi persyaratan dari oksigen yang cukup dapat menimbulkan kebakaran, sehingga mengancam keselamatan kerja, salah satu dari tiga unsur ini tidak memenuhi persyaratan jumlah persentasenya maka tidak akan terjadi kebakaran, sehingga penerapan dari Inert Gas System ini bertujuan memutuskan rangkaian segitiga api dengan cara penekanan volume kadar oksigen di dalam tangki muatan hingga maksimal 8 % (delapan persen), di jelaskan dalam *Inert Gas System Oil tanker Training* (IGS OTT) dalam modul-3 (Badan Diklat Perhubungan). Penggunaan sistem gas lembam atau *Inert Gas system* pada kapal tanker bukan merupakan hal yang baru Amandement SOLAS reg 1-2/4.5.5 Internasional Maritime Organization (IMO). Juga menjelaskan bahwa kadar oksigen yang ada di dalam rongga tanki tidak boleh lebih dari 8 % pada volume tekanan positif, tekanan positif ini berfungsi mencegah udara luar yang mengandung 21% (O₂) masuk ke dalam tanki, dengan menjaga kondisi *Inert* tetap stabil, untuk memastikan bahwa kandungan oksigen dalam gas buang selalu kurang dari 8% volume dan kandungan oksigen sebesar 5% volume dengan memasang alat tambahan (Guntoro et al., 2022),

BKI memberikan standar teknis terkait kualitas gas inert, sistem keselamatan, desain dan konstruksi komponen IGG, serta instrumen pemantauan dan prosedur operasi. Regulasi tersebut bertujuan memastikan bahwa sistem IGG dapat berfungsi dengan optimal untuk menjaga keselamatan kapal tanker selama kegiatan pemuatan, pengangkutan, dan pembongkaran muatan. Namun, dalam pelaksanaan operasional di lapangan, masih ditemukan berbagai permasalahan seperti ketidakstabilan kadar oksigen gas inert, gangguan pada komponen-komponen IGG, hingga kesalahan prosedur operasi oleh awak kapal. Di jelaskan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) melalui dokumen *Rules for Classification and Construction of Ships*.

Permasalahan ini dapat menurunkan efektivitas sistem IGG dan berpotensi memengaruhi keselamatan pelayaran. Pemasangan *Inert Gas Generator* (IGG) menjadi penunjang proses kelancaran operasional dalam kegiatan bongkar muat sebagai efisiensi waktu, pencegahan kecelakaan serta menjaga keselamatan pada kapal dan seluruh *crew* kapal, tetapi apabila *inert gas generator* tidak berfungsi secara normal, dapat menjadi penghambat dalam proses kegiatan operasional bongkar muat dan menimbulkan berbagai resiko pada kapal tanker, oleh karena itu perawatan dan pengoptimalisasi pada *inert gas generator system* menjadi aspek penting yang harus dilakukan oleh *crew* kapal sesuai dengan standar *planned maintenance system* (PMS) yang terkoordinasi, operasional *Inert Gas Generator* juga harus dilakukan sesuai dengan SOP yang telah ditentukan sesuai *job desk* masing masing *crew* kapal.

Ketika penulis menjalani praktek laut di kapal MT. Pangalengan penulis mengalami masalah pada operasional IGG pada kegiatan bongkar muat di kapal MT. Pangalengan terkait sistem *Inert Gas Generator* (IGG) menunjukkan bahwa kinerja IGG tidak berjalan secara optimal sebagaimana di persyaratkan oleh standar keselamatan dan operasional. Ketidakefektifan tersebut ditandai dengan terjadinya kegagalan sistem pembakaran serta disfungsi dari beberapa komponen yang berperan penting dalam proses kerja IGG. Kegagalan sistem ini dipengaruhi oleh sejumlah faktor, antara lain kurangnya pelaksanaan *maintenance* yang terjadwal dan terstruktur, tidak optimalnya implementasi *Planned Maintenance System* (PMS), serta keterbatasan pemahaman dan keterampilan awak kapal baik *engine crew*, *deck crew*, maupun Anak Buah Kapal (ABK) terhadap tugas, prosedur operasi, dan penanganan sistem IGG. Terjadi kegagalan pembakaran

pada IGG ketika sistem tersebut dioperasikan untuk menyediakan gas inert ke tangki muatan. Insiden ini mengindikasikan adanya ketidaksiapan peralatan akibat perawatan yang tidak memadai serta kurangnya kompetensi operasional awak kapal dalam menjalankan dan menangani gangguan pada sistem IGG. Kondisi tersebut menjadi alasan utama yang mendorong penulis untuk menyusun skripsi lebih mendalam dan mengangkat permasalahan terkait *Inert Gas Generator* yang berjudul.

“ANALISIS *OPERATIONAL INERT GAS GENERATOR* (IGG) SISTEM
TERHADAP PENCEGAHAN DAN MITIGASI RESIKO DIKAPAL
MT.PANGALENGAN”

B. IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah diatas yang telah di jelaskan demikian di susunlah identifikasi masalah ini, terdapat masalah yang terjadi pada *Inert Gas Generator* (IGG) *system* saat proses kegiatan operasional di atas kapal, oleh karna itu ditentukan pokok-pokok permasalahan yang berguna dalam memperlancarkan penulis untuk menyusun skripsi ini, masalah dari pokok-pokok latar belakang diatas dapat di rincikan sebagai berikut :

1. Kurangnya *maintenance* pada *Inert Gas Generator* (IGG) *system* dikapal
2. Terjadinya gagal sistem pembakaran *Inert Gas Generator* (IGG) *system*
3. Tidak terencananya jadwal perawatan *Inert Gas Generator*
4. Timbulnya pencemaran polusi udara
5. Tingginya resiko kecelakaan akibat dari kadar oksigen yang tinggi

C. BATASAN MASALAH

Berdasarkan pengalaman dan luasnya latar belakang permasalahan diatas, penulis membatasi pembahasan ini memiliki batasan sebagai berikut :

1. Tidak terencananya jadwal perawatan *Inert Gas Generator*
2. Terjadinya gagal sistem pembakaran pada *Inert Gas Generator*
3. Tingginya resiko kecelakaan dari dampak kadar oksigen yang tinggi

D. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Mengapa jadwal perawatan *Inert Gas Generator* tidak terencana sesuai dengan *Planned Maintenance system* (PMS) dikapal MT.Pangalengan ?
2. Mengapa terjadi disfungsi pada sistem pembakaran *Inert Gas Generator* ?
3. Bagaimana cara melakukan pencegahan dan mitigasi resiko dampak dari kadar oksigen yang tinggi ?

E. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

1. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditunjukkan diatas penelitian ini bertujuan untuk :

- a. Membuat jadwal perencanaan perawatan *Inert Gas Generator* berbasis pada kegiatan bongkar muat dengan standar *Planned Maintenance System* (PMS) di kapal MT.Pangalengan
- b. Menormalisasikan kinerja *Inert Gas Generator* sebagai penunjang proses kelancaran pada saat operasional di kapal MT. Pangalengan
- c. Mengidentifikasi metode pencegahan dan mitigasi kadar oksigen yang tinggi pada *Inert Gas Generator*

2. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Manfaat Teoritis

Secara teoritis, Penelitian ini diharapkan sebagai karya literatur ilmiah dibidang teknik mesin di kapal, mengenai pembahasan tentang studi kasus analisis operasional *Inert Gas Generator* (IGG) sistem terhadap pencegahan dan mitigasi resiko dikapal MT.Pangalengan, dan penulis membahas penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pengawasan pada seluruh *crew engine* dan *crew deck* serta anak buah kapal (ABK) sebagai ilmu pengetahuan dan keterampilan yang dapat meningkatkan pemahaman kinerja dan juga efisiensi dalam menjaga keselamatan serta menunjang proses kelancaran pengoperasional *Inert Gas Generator* sistem diatas kapal.

b. Manfaat Praktiks

Secara Praktis, Penelitian ini dibuat sebagai tugas akhir karya tulis ilmiah dalam bentuk skripsi yang wajib disusun oleh penulis, untuk memenuhi standar Kurikulum Diklat Diploma IV (D-IV) Program Studi Teknika di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta, untuk membantu penulis dalam membahas dan mengetahui pencegahan-pencegahan serta solusi dari permasalahan yang terjadi pada *Inert Gas Generator (IGG) system* di atas kapal untuk dapat memberikan informasi ke seluruh *crew engine* dan *crew deck* serta anak buah kapal (ABK) untuk selalu melakukan perawatan dengan *Planned Maintenance System (PMS)* sesuai standar yang telah di tentukan di atas kapal.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan skripsi ini terdiri dari lima bab, yaitu dimana masing-masing bab saling berkaitan untuk memudahkan dalam proses penyusunan skripsi ini, dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini diuraikan tentang latar belakang dalam pemilihan judul, identifikasi masalah, perumusan masalah yang diambil, tujuan dan manfaat penelitian serta sistematika penulisan yang tepat dan mudah dipahami.

BAB II LANDASAN TEORI

Dalam bab ini diuraikan tentang teori-teori pendukung yang digunakan dari tinjauan pustaka yang berisi uraian mengenai ilmu pengetahuan yang terdapat dalam pustaka serta ilmu pengetahuan untuk mendukung penjelasan teori-teori yang relevan pada penelitian ini. Selain itu terdapat bagian kerangka pemikiran sebagai konsep yang penting dalam pemecahan masalah yang diteliti. Mengenai pentingnya penjadwalan dan perawatan serta menjaga kadar oksigen sesuai dengan standar ketentuan dalam operasional *inert gas generator* sistem terhadap pencegahan dan mitigasi risiko di atas kapal, yang menjadi salah satu pokok pemikiran yang menjadi pembahasan penulisan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini diuraikan tentang waktu dan tempat melakukan penelitian, teknik dan pengumpulan data, dengan memanfaatkan bagian kecil data dari yang penulis yang dianggap dapat mewakili keseluruhan data yang dianalisis serta teknik analisis yang mengemukakan metode-metode yang akan digunakan dalam menganalisa data.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang deskripsi yang berisi data yang diperoleh dari lapangan tentang fakta-fakta yang didapat selama dikapal dengan menganalisis data tersebut. Selain itu juga menjelaskan mengenai uraian hasil penelitian dan pemecahan masalah guna memberikan pengetahuan tentang bagaimana pentingnya penjadwalan dan perawatan serta menjaga kadar oksigen sesuai dengan standar ketentuan dalam operasional *inert gas generator* sistem terhadap pencegahan dan mitigasi risiko di atas kapal.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Sebagai bagian akhir dari penelitian skripsi ini, maka akan menghasilkan kesimpulan dari analisis dan pembahasan masalah. Dalam bab ini, penulis menyumbangkan saran yang mungkin dapat bermanfaat bagi pembaca dan pihak pihak terkait sesuai dengan fungsi penelitian.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

1. Kapal

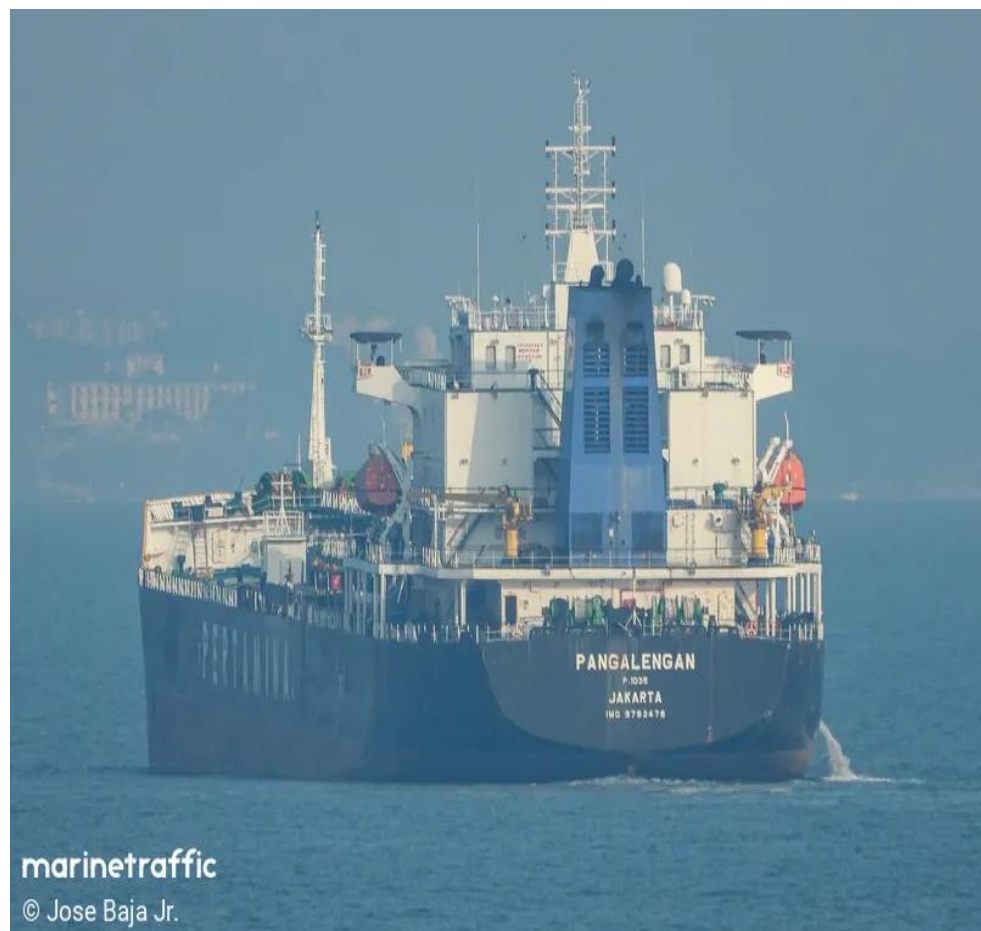
Jenis transportasi air yang digunakan untuk beroperasi di laut atau perairan lainnya, yang berfungsi sebagai pengangkutan salah satu sub sektor dari sektor perhubungan dengan peranan yang sangat penting dalam mendorong kemajuan, perkembangan ekonomi dan pemersatu bangsa. Dalam Undang-Undang No.66 tahun 2024 hasil dari perubahan Undang-Undang No. 17 tahun 2008 menjelaskan tentang Pelayaran Pengangkutan yang berfungsi untuk memindahkan barang atau orang dari suatu tempat ke tempat yang lain dengan maksud untuk meningkatkan daya guna dan nilai sesuai dengan kebutuhannya.

Kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis apapun yang digerakkan dengan tenaga mekanik, tenaga angin atau ditunda termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan dibawah permukaan air serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah, di jelaskan dalam Peraturan Menteri Perhubungan nomor PM 59 tahun 2021 (Bab 1 Pasal 1 Nomor 28).

Berdasarkan pengalaman yang telah di alami penulis dalam melakukan penelitian ini ketika melakukan kegiatan operasional *Inert Gas Generator* sistem di kapal MT.Pangalengan. Kapal MT.Pangalengan adalah jenis kapal tanker bermuatan yang dirancang secara khusus untuk mengangkut muatan jenis *Crude oil* tanker atau disebut dengan kapal pengangkut muatan jenis minyak mentah, tetapi kelemahan dari kapal tanker sangat lah banyak dan kompleks karena bersifat mudah terbakar dan meledak pada tanki muatannya, oleh karna itu kapal tanker sangat bergantung pada sistem *Inert Gas*

Generator guna menjaga kadar oksigen tetap di bawah 8%, karna oksigen (O₂) menjadi penyebab terjadinya kebakaran pada tanki muatan, api dapat timbul bila ketiga unsur utama tersebut hadir bersamaan ,oleh karna itu salah satu dari tiga elemen segitiga api harus di minimalisir atau dihilangkan, sebagai mitigasi mengurangi risiko pencegahan kebakaran dan ledakan pada kapal tanker.

Kapal MT. Pangalengan merupakan kapal tanker milik PT. Pertamina International Shipping yang saat ini sedang dioperasikan melalui sistem *charter* oleh Petronas Malaysia. Kapal ini melayani rute pelayaran dari perairan Malaysia hingga perairan Singapura. MT. *Pangalengan* dibangun pada tahun 2015 dengan kapasitas daya dukung sebesar 17.000 *Deadweight Tonnage* (DWT), serta memiliki panjang keseluruhan (*Length Overall/LOA*) sepanjang 157 meter dan lebar keseluruhan (*Breadth Moulded*) sebesar 27 meter.



Gambar 2.1

Kapal MT.Pangalengan

Sumber : *Marine Traffic*

2. Teori operasional *Inert Gas Generator*

Menurut WH Rahmat (2020), *Inert gas generator* adalah perangkat permesinan bantu yang digunakan untuk menghasilkan gas lembam dengan pembakaran sendiri. Sistem ini bekerja dengan membakar bahan bakar ringan biasanya *marine diesel oil* di dalam combustion chamber, kemudian hasil pembakaran didinginkan dan dimurnikan sehingga menghasilkan gas lembam yang mengandung oksigen kurang dari 5% sebelum dialirkan ke tangki muatan. Untuk mencegah terjadinya kebakaran atau ledakan akibat campuran uap muatan yang mudah terbakar dengan udara yang berlandaskan konsep segitiga api (*fire triangle*), yaitu dengan menghilangkan unsur oksigen.

Operasional Inert Gas Generator (IGG) berfokus pada kestabilan kerja sistem melalui pengendalian otomatis terhadap suplai bahan bakar, aliran udara pembakaran, serta pengaturan pembuangan gas. Pengendalian ini bertujuan untuk memastikan bahwa gas lembam yang dihasilkan selalu memenuhi standar keselamatan yang ditetapkan oleh *International Maritime Organization* (IMO). Pada proses pengoperasiannya, sistem IGG harus mampu mempertahankan kadar oksigen di dalam atmosfer tangki muatan pada kisaran di bawah 5–8% dengan kondisi tekanan positif. Tekanan positif tersebut sangat penting karena berfungsi mencegah masuknya udara luar yang mengandung sekitar 21% oksigen, sehingga stabilitas atmosfer inert di dalam tangki tetap terjaga. Dengan demikian, keberhasilan operasi IGG sangat ditentukan oleh kemampuan sistem dalam mempertahankan kadar oksigen rendah dan tekanan yang konstan untuk menjamin keselamatan instalasi penyimpanan muatan di jelaskan oleh *International Chamber of Shipping* (ICS, 2014) dan McGeorge (2012).

1) Prinsip kerja operasional Inert gas Generator sistem sebagai berikut:

- a) Mengecek kondisi umum. memastikan semua valve telah terbuka, seperti valve bahan bakar, valve pompa sea water.
- b) Mengkalibrasi oxygen analyzer.
- c) Tahap Pembakaran, sistem melakukan pemberian awal yang dengan mengalirkan udara ke ruang bakar selama beberapa menit, sebagai pembersihan sisa gas.

- d) Pilot burner akan menyala sebagai pematikan awal.
- e) Main Burner kemudian akan menyala untuk memulai pembakaran bahan bakar dan udara terus terkontrol.
- f) Gas buang yang panas dialirkan ke dalam scrubber tower, pada saat ini gas dibersihkan dari kandungan sulfur serta kotoran lainnya menggunakan semprotan air laut, kemudian di dinginkan.
- g) Gas yang telah di dinginkan kemudian dikeringkan sebelum proses penyaluran ke dalam tanki.
- h) Monitor Oxygen Analyzer memastikan kandungan oksigen sesuai standar keamanan kurang dari 8 %.
- i) Setelah gas lembam memenuhi standar, gas dialirkan melalui blower ke dalam tanki muatan.
- j) Pressure vacuum menjadi pengaman untuk mengatur tekanan dalam tanki muatan, apabila terdapat tekanan berlebih maka katup akan melepaskan gas.

Dari penjelasan yang telah dibahas diatas mengenai Pentingnya proses operasional Inert Gas generator, dapat di pahami tentang operasional inert gas generator dan juga mengetahui komponen-komponen yang digunakan pada sistem mesin tersebut secara benar, karna inert Gas Generator menjadi aspek penting di kapal tanker guna menghindari hal- hal yang tidak diinginkan saat kapal sedang beroperasi, demi mencegah ledakan atau kebakaran yang terjadi di kapal tanker dan untuk menjaga keselamatan dan keamanan pada manusia maupun lingkungan sekitar.

2) Komponen-komponen yang digunakan dalam IGG

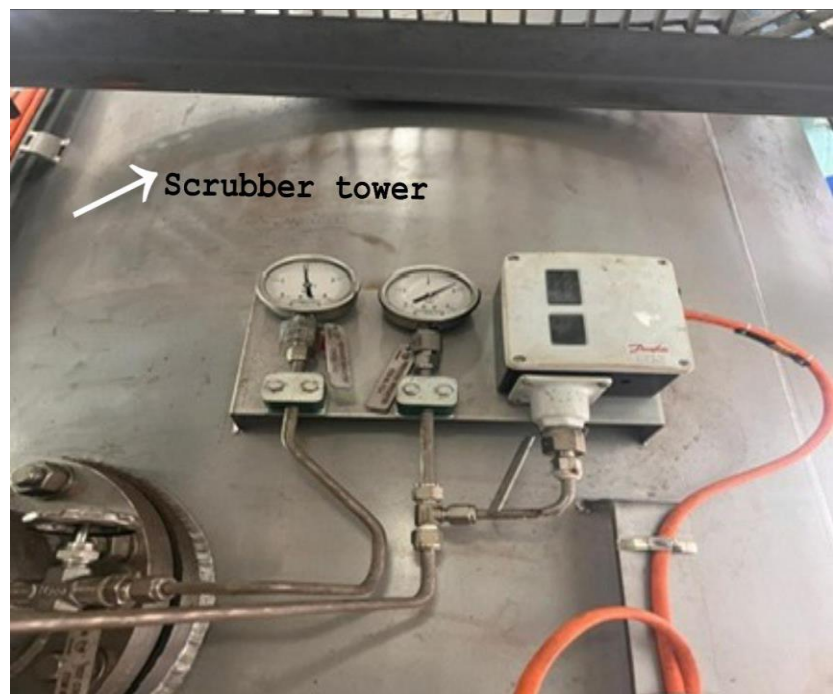
- a) *Inert Gas Scrubber*
- b) *Demister Seperator*
- c) *Pilot dan Main Burner*
- d) *Inert Gas Primary Fan Blower &Secondary Air Fan Blower*
- e) *Deck Water Seal Non return Valve*
- f) *Control System*
- g) *Oxygen Azalyzer*

3) Fungsi komponen-komponen utama yang digunakan dalam IGG

a) *Inert Gas Scrubber*

Inert gas scrubber merupakan perangkat pembersih gas berbasis kontak langsung (*direct-contact gas cleaning*) yang menggunakan air atau cairan tertentu untuk mengurangi temperatur gas, menangkap partikel padat, serta melarutkan polutan gas. berfungsi untuk mendinginkan gas buang dan menghasilkan sebagian *sulfur oksida* atau partikular jelaga padat di gas buang, di jelaskan oleh Mazumder (2020). Fungsi lainnya, yaitu :

1. Menghasilkan sulfur oksida atau partikulat jelaga padat di gas buang dan juga mengeluarkan abu dan endapan residu lainnya dari flue gas menjadi inert gas
2. Mendinginkan gas buang atau flue gas sampai +/- 5 C diatas suhu air laut
3. Mengeluarkan Gas Co₂ dengan iar laut kurang dari 90% gas tersebut harus dikeluarkan.



Gambar 2.2

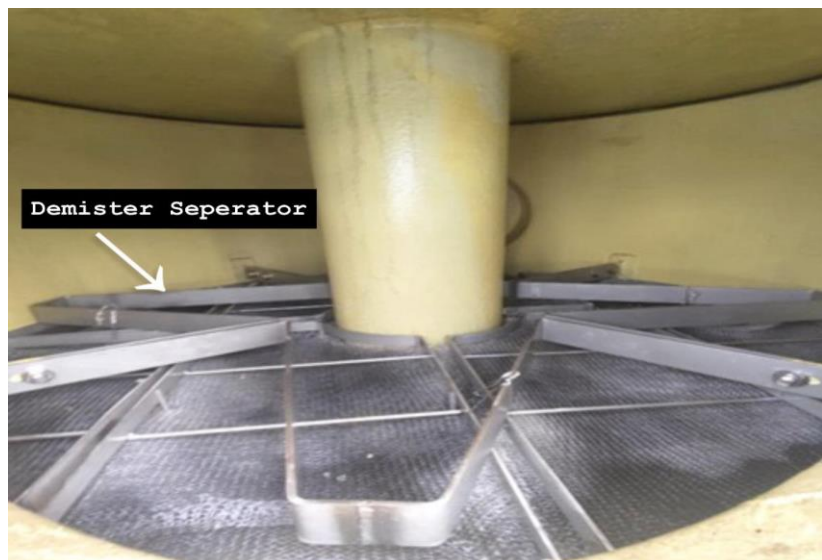
Scrubber di MT. Pangalengan

Sumber : Dokumentasi Pribadi

b) *Demister Seperator*

Demister Separator merupakan perangkat pemisah uap air dan partikel padat mikro yang digunakan pada sistem pemurnian gas buang di Inert Gas Generator (IGG). Setelah gas buang mengalami proses penurunan suhu di dalam scrubber, sisa kelembaban serta partikel padat yang terbawa aliran gas akan melewati Demister Separator. Dalam praktiknya, Demister Separator mampu menghilangkan kelembaban hingga sekitar 97% untuk partikel berukuran 5 mikron. Performa ini dicapai melalui kombinasi Demister Pad dan Filter-Type Elements yang dirancang untuk menghasilkan gas inert dengan kandungan moisture yang sangat rendah, sehingga memenuhi persyaratan keselamatan dan standar operasional pada kapal tanker. Menurut *International Chamber of Shipping (ICS) Tanker Safety Guide (Chemicals)*, 2014. Fungsi lainnya, yaitu :

1. Sebagai Penyaring sisa partikel dan air dari gas inert yang telah melalui inert gas scrubber
2. Untuk memastikan Inert Gas yang akan disupply ketanki sudah bersih dan bebas dari uap yang dapat menyebabkan kontaminasi
3. Sebagai penyerap gas buang yang telah di kekolah



Gambar 2.3

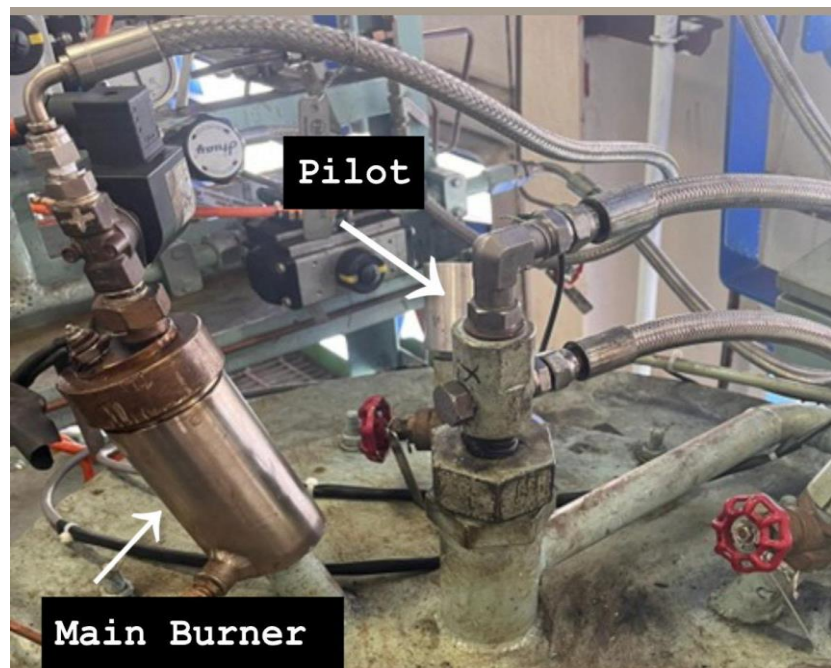
Demister Seperator di MT. Pangalengan

Sumber : Dokumentasi Pribadi

c) *Pilot dan Main Burner*

Menurut McGeorge (2012) dalam *Marine Auxiliary Machinery*, *pilot burner* dirancang untuk menciptakan kondisi pembakaran awal yang konsisten, yang kemudian menjadi dasar keberhasilan pembakaran pada burner utama, sedangkan main burner bekerja dengan mengatur kestabilan nyala dan temperatur pembakaran sehingga proses produksi gas lembam dapat berlangsung efisien dan tetap berada dalam batas aman yang dipersyaratkan. Ditambahkan oleh D.R. Derrett 2010 dalam *Ship's Marine Engineering Practice*. Fungsi Lainnya, yaitu :

1. *Pilot* berfungsi saat awal pembakaran ketika terdapat proses fluktuasi
2. Menghasilkan panas untuk proses pembakaran saat pengoperasian *Inert Gas Generator System*
3. Mengontrol pembakaran tetap stabil.



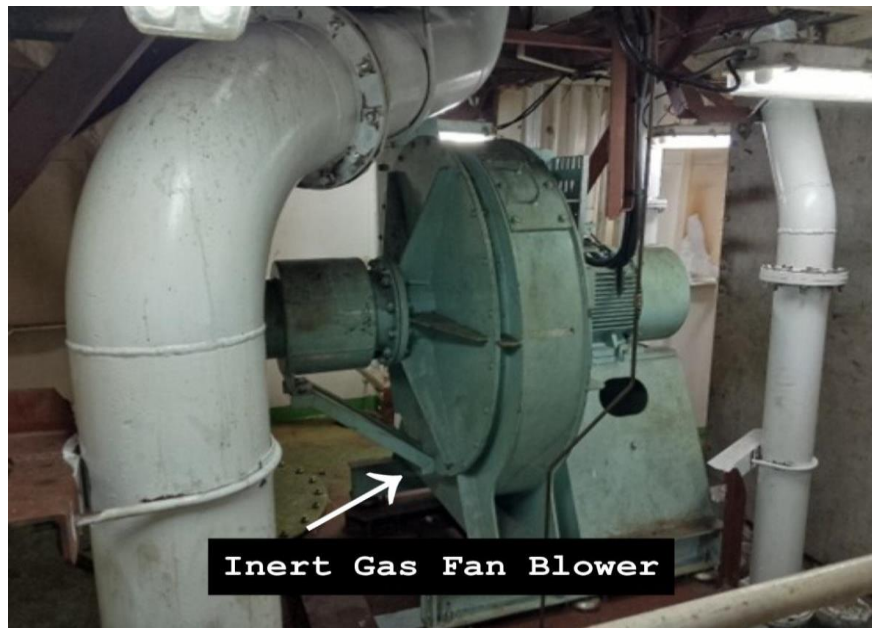
Gambar 2.4

Pilot dan Main burner di MT. Pangalengan

Sumber : Dokumentasi Pribadi

d) *Inert gas Primary Fan Blower & Secondary Air Fan Blower*

Inert gas Primary Fan Blower & Secondary Air Fan Blower
Terdapat 2 blower, yang berfungsi sebagai penggerak aliran gas lembam dari scrubber menuju tangki muatan atau *slop tanks*. Menurut IMO (2016), blower merupakan komponen mekanis yang menghasilkan tekanan dan laju alir yang diperlukan agar suplai inert gas tetap stabil dan kontinu selama operasi bongkar muat maupun pelayaran.



Gambar 2.5

Inert Gas Fan Blower di MT. Pangalengan

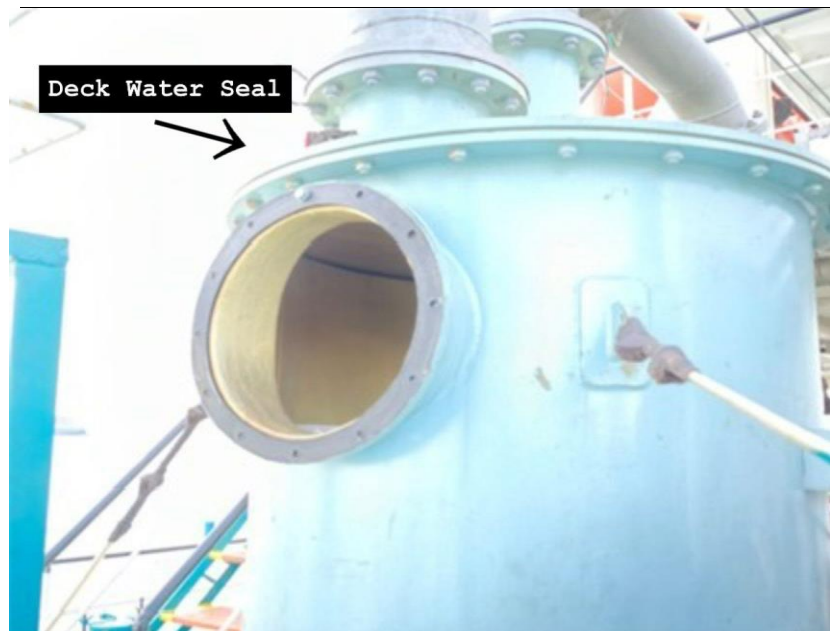
Sumber : Dokumentasi Pribadi

e) *Deck Water Seal*

Deck water seal merupakan salah satu komponen terpenting dalam sistem Inert Gas Generator (IGG) pada kapal tanker, khususnya yang mengangkut muatan minyak atau bahan mudah terbakar. Komponen ini berfungsi sebagai perangkat *non-return* yang menggunakan media air untuk mencegah aliran balik gas berbahaya dari tangki muatan menuju sistem pembakaran di IGG. Menurut International Maritime Organization (IMO) melalui *Fire Safety Systems (FSS) Code* (2016), *deck water seal* digolongkan sebagai *primary barrier* dalam sistem inert gas, yaitu penghalang utama yang harus mampu bekerja secara

pasif untuk menghentikan potensi *backflow* dan *flashback* dari vapour *hidrokarbon* yang terdapat pada tangki muatan. IMO menegaskan bahwa perangkat ini harus selalu berada dalam kondisi berfungsi karena kegagalannya dapat menyebabkan gas mudah terbakar kembali ke ruang mesin, yang berpotensi memicu ledakan. Fungsi lainnya, yaitu :

1. Menghentikan gas yang mungkin akan kembali dari blower tangki muatan.
2. Menghindari atau Mencegah ledakan atau kebakaran pada sistem inert gas yang mudah terbakar.
3. Menjaga kadar oksigen rendah pada tangki muatan agar tetap stabil.



Gambar 2.6

Deck Water Seal di MT. Pangalengan

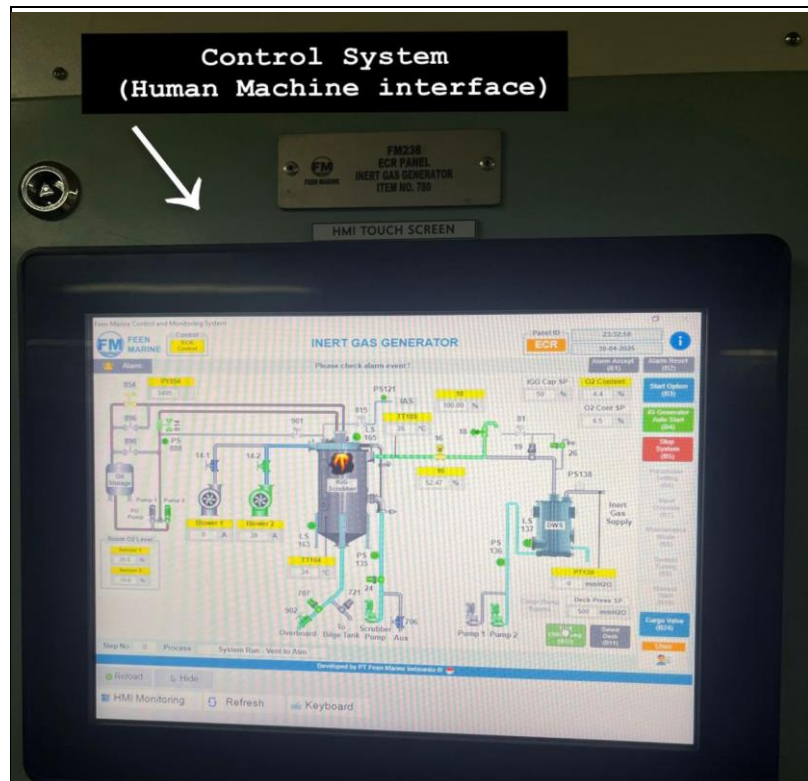
Sumber : Dokumentasi Pribadi

f) Control system

Control system berfungsi sebagai untuk mengontrol komponen-komponen yang ada di inert *Gas Generator (IGG) system*, agar bekerja dengan normal dan aman, Control System juga berfungsi terhadap seluruh proses pengoperasian *Inert Gas Generator (IGG) system*, yang dimana mengontrol tekanan, suhu, abnormal, dan memberikan tanda alarm jika terjadi sesuatu terhadap sistem *Inert*

gas Generator (IGG). Fungsi lainnya,yaitu:

1. Sebagai alat bantu kontrol dengan memberikan alarm atau nada bunyi peringatan jika inert gas mengalami tekanan rendah, tinggi, , temperature, atau tiba tiba tidak gangguan sistem.
2. Memberikan tanda bahwa terdapat kinerja blower atau mesin yang kurang aman
3. Alat untuk memantau dan mengatur parameter selama pengoperasian



Gambar 2.7

Control System di MT. Pangalengan

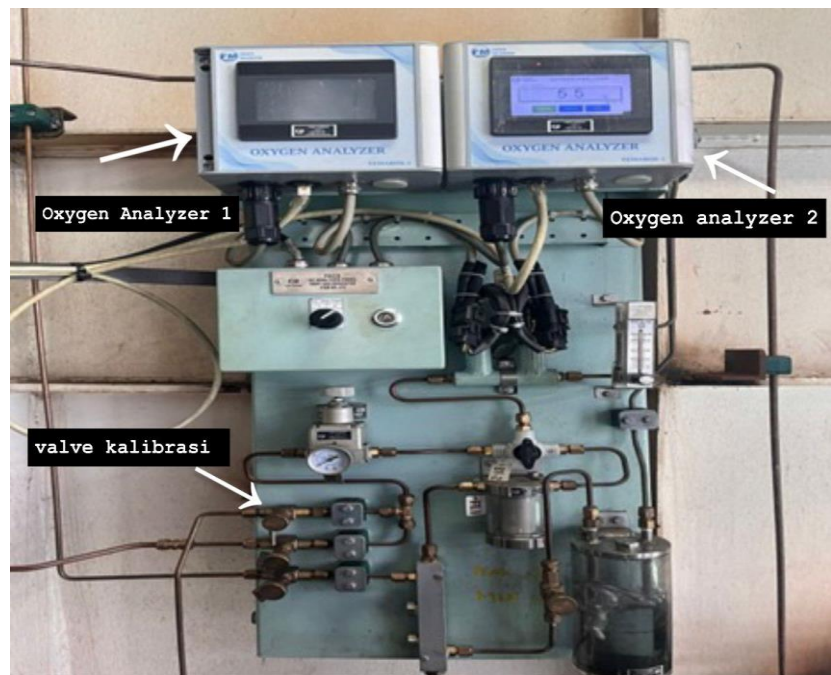
Sumber : Dokumentasi Pribadi

g) Oxygen Analyzer

Oxygen Analyzer berfungsi untuk mengontrol kualitas peningkatan konsentrasi terhadap oksigen yang tidak di inginkan, memastikan oksigen dalam batas yang telah ditentukan dan memastikan bahwa oksigen dalam keadaan aman saat proses pengoperasian Inert Gas Generator system, *Oxygen Analyzer* juga berfungsi untuk memantau kadar oksigen dalam Inert Gas Generator system, menjadi sebuah alat bantu terhadap sistem kalibrasi mesin Inert Gas Generator

system. Fungsi lainnya, yaitu :

1. Sebagai alat bantu untuk memantau kadar oksigen
2. Sebagai sistem calibration mengontrol kualitas kadar oksigen sebelum akan proses pengoperasian inert gas generator (IGG) system
3. Mencegah terdapat potensi bahaya ledakan atau kebakaran pada tanki jika terjadi kadar oksigen yang terlalu tinggi dan memberikan alarm apabila terjadinya oksigen yang tidak normal.



Gambar 2.8

Oxygen Analyzer di MT. Pangalengan

Sumber : Dokumentasi Pribadi

3. Teori Gagal Sistem Pembakaran *Inert Gas Generator*

Kegagalan pada sistem pembakaran *Inert Gas Generator (IGG)* merupakan salah satu faktor yang dapat menurunkan efektivitas proses inerting pada kapal tanker. Menurut Drysdale (2011) dalam *An Introduction to Fire Dynamics*, proses pembakaran hanya dapat berlangsung apabila tiga elemen utama bahan bakar, oksigen, dan sumber panas terpenuhi secara simultan. Lebih lanjut, Rasbash (1986) memperluas konsep tersebut menjadi *fire tetrahedron* dengan menambahkan unsur reaksi berantai

sebagai komponen penunjang keberlanjutan proses pembakaran. Berdasarkan teori tersebut, ketidakseimbangan pada salah satu elemen pembentuk api akan menyebabkan terjadinya pembakaran tidak sempurna (*incomplete combustion*) atau bahkan kegagalan pembakaran secara total.

Kegagalan pada sistem pembakaran inert gas generator umumnya disebabkan oleh tidak stabilnya proses pembakaran bahan bakar dan udara di dalam combustion chamber, yang mengakibatkan penurunan kualitas gas inert dan meningkatnya kadar oksigen di atas batas aman (8%). Pembakaran yang tidak sempurna atau kegagalan pembakaran terjadi ketika salah satu atau lebih dari tiga elemen utama pembakaran (yang diperluas dari segitiga api) tidak terpenuhi di jelaskan oleh M.Rahman (2020) yang membahas operasional dan kegagalan sistem Inert Gas Generator.

Khan et al. (2023) bahwa pembentukan jelaga berlebih adalah indikator utama terjadinya kegagalan pembakaran. Jelaga yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna dapat mengotori dinding ruang bakar, mengganggu aliran gas, dan menurunkan efisiensi perpindahan panas. Akumulasi jelaga secara berkelanjutan dapat menyebabkan penyumbatan dan overheating yang pada akhirnya mempercepat kerusakan komponen IGG.

4. Teori Pencegahan kecelakaan *Inert Gas Generator*

Kecelakaan dalam konteks keselamatan industri dan sistem teknik pada dasarnya merupakan peristiwa yang terjadi akibat perpindahan energi yang tidak terkendali dari suatu sumber menuju objek, peralatan, atau manusia sehingga menimbulkan kerusakan, cedera, maupun gangguan operasional. Menurut Haddon (1980) dalam *Energy Release Theory*, kecelakaan terjadi karena adanya pelepasan energi yang melebihi batas toleransi sistem atau tubuh manusia. Energi tersebut dapat berupa energi panas, mekanik, listrik, tekanan, kimia, maupun radiasi yang apabila tidak dikendalikan dengan baik berpotensi menimbulkan kerusakan atau kondisi berbahaya, kecelakaan merupakan hasil dari rangkaian penyebab, di mana salah satu faktor utamanya adalah adanya kondisi tidak aman (*unsafe condition*) yang memungkinkan energi bergerak tanpa kendali. Dalam konteks industri permesinan dan sistem pembakaran, energi panas, api,

dan tekanan merupakan bentuk energi dominan yang memerlukan pengendalian ketat untuk mencegah risiko kecelakaan di jelaskan oleh Heinrich (1959).

Pencegahan kecelakaan merupakan salah satu aspek fundamental dalam menjaga keselamatan operasional di atas kapal, khususnya pada sistem-sistem yang memiliki tingkat risiko. Menurut Marbun (2003:331), Pencegahan pada dasarnya merupakan mekanisme pengendalian yang dilakukan sebelum suatu risiko berkembang menjadi kecelakaan. Konsep pencegahan yang dikemukakan oleh Marbun sangat relevan.

Menurut Heinrich (1931) dalam teori *Industrial Accident Prevention*, pencegahan kecelakaan merupakan upaya sistematis untuk mengendalikan potensi bahaya dengan memutus mata rantai penyebab insiden melalui pengelolaan kondisi tidak aman *unsafe condition* maupun tindakan tidak aman *unsafe act*. Sejalan dengan pandangan Bird & Germain (1985), pencegahan kecelakaan bertujuan menurunkan tingkat kerugian operasional melalui identifikasi, evaluasi, dan pengendalian risiko secara terstruktur. Menurut Badan Diklat Perhubungan Modul-4 (2000:73), menerangkan bahwa penyebab terjadinya kecelakaan antara lain:

a. Tindakan tidak aman dari manusia (*unsafe acts*) misal:

- 1) bekerja tanpa wewenang
- 2) bekerja dengan bercanda dan bersenda gurau
- 3) menggunakan alat pelindung diri tak berfungsi
- 4) bekerja/mengoperasikan alat tanpa prosedur yang benar
- 5) melanggar peraturan keselamatan kerja

b. Akibat dari seseorang mengalami kecelakaan-kecelakaan di atas kapal:

- 1) Kurang *Familiarisasi* terhadap sistem *inert gas generator*
Crew kapal kurang familiar dalam melakukan job desk dengan aman dan tidak tahu bahaya yang akan berdampak sehingga dapat terjadi kecelekaan.
- 2) Tidak mematuhi peraturan, *Crew* kapal megetahui prosedur kerja, dan bahaya-bahaya yang ada, tetapi crew kapal tidak mematuhi peraturan yang ada yang dapat mengakibatkan kecelakaan.
- 3) Keadaan tidak aman (*unsafe condition*) misalnya:

- 4) Kerusakan pada mesin yang tidak diperhatikan.
- 5) Kerusakan pada alat-alat kerja yang tidak diperbaiki.

Kesalahan tersebut pada pelaksana atau petugas yang melakukan pemeliharaan mesin dan peralatannya.

- c. Pada pokoknya penyebab kecelakaan disini dibatasi menjadi tiga faktor yaitu:
 - 1) Keadaan lingkungan kerja (*work environment*)
 - 2) Keadaan mesin dan alat-alat kerja (*machiner and tools*)
 - 3) Keadaan pekerja sendiri (*human factor*) Khusus untuk keselamatan kerja diatas kapal, bahaya yang mungkin timbul diatas kapal terdiri dari:
 - 4) Bahaya kecelakaan
 - 5) Bahaya kebakaran
 - 6) Bahaya tenggelam Untuk mengatasi bahaya- bahaya tersebut maka diadakan :
 - 7) Undang-undang keselamatan kerja.
 - 8) Undang-undang perburuhan.
 - 9) *Safety Of Life At Sea* (SOLAS).

Dari pengertian diatas dapat disimpulkan dengan menerapkan pencegahan kecelakaan secara menyeluruh, kapal dapat beroperasi dengan aman, efisien, dan sesuai standar keselamatan internasional (SOLAS & ISGOTT), serta mencegah kerugian besar baik terhadap manusia, peralatan, maupun lingkungan laut. Pencegahan kecelakaan pada *Inert Gas Generator* bukan hanya kewajiban teknis, tetapi juga merupakan langkah utama dalam melindungi keselamatan kapal, awak, dan lingkungan dari potensi bencana akibat kegagalan sistem gas inert.

5. Teori Mitigasi Risiko

Mitigasi risiko adalah suatu pendekatan atau serangkaian tindakan untuk mengidentifikasi, menilai, mengurangi, atau mengelola potensi risiko. Tujuannya untuk membantu perusahaan dalam mengatasi atau meminimalkan dampak yang mungkin timbul akibat risiko-risiko tersebut, di jelaskan dalam Jurnal GRC Indonesia 2023. Oleh karena itu pentingnya mitigasi risiko adalah untuk menghindari atau mengurangi risiko-risiko yang dapat mempengaruhi

jalannya bisnis perusahaan. Dengan mengidentifikasi, menilai, dan mengambil langkah-langkah yang sesuai untuk mengelola risiko, perusahaan dapat menghadapi masa depan dengan lebih percaya diri dan mengurangi kemungkinan dampak negatif yang tidak diinginkan dalam operasional inert gas generator sebagai penunjang kelancaran dalam kegiatan operasional inert gas generator diatas kapal.

Menurut W.H. Rahmat dalam *Keselamatan Sistem Gas Inert di Kapal Tanker* 2020, Mitigasi risiko dalam sistem IGG bertujuan menjaga kestabilan operasi agar tidak menimbulkan kecelakaan, kerusakan, atau pencemaran lingkungan. Mitigasi risiko menjadi serangkaian upaya yang dilakukan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya risiko dan meminimalkan dampak apabila risiko tersebut tidak dapat dihindari.

Dalam konteks industri atau sistem teknis *Inert Gas Generator* di kapal tanker, mitigasi risiko mencakup langkah-langkah pencegahan, pengendalian, dan pemulihan agar potensi kecelakaan atau kegagalan sistem dapat di minimalkan.

6. Diagram Fishbone

International Journal of Quality Engineering menjelaskan bahwa fishbone diagram merupakan alat analisis yang sangat efektif dalam mengidentifikasi akar penyebab kegagalan suatu proses industri. Mereka menekankan bahwa penggunaan diagram ini memberikan struktur visual yang sistematis untuk mengelompokkan penyebab berdasarkan kategori utama seperti *man*, *machine*, *method*, *material*, *measurement*, dan *environment*. Penerapan *fishbone diagram* mampu meningkatkan ketepatan identifikasi penyebab masalah, karena metode ini memaksa analis untuk mengevaluasi setiap faktor secara mendalam dan tidak hanya fokus pada gejala permukaan (*symptoms*). Sharma dan Singh (2020) dalam artikelnya yang berjudul “*Application of Fishbone Diagram in Industrial Failure Analysis*”

Fishbone atau yang umum dikenal dengan istilah *Cause and Effect Diagram* ataupun Ishikawa Diagram, ialah sebuah teknik atau suatu metode yang pertama kali diperkenalkan oleh Kaoru Ishikawa (1915-1989). *fishbone diagram* juga dikenal sebagai diagram tulang ikan, merupakan alat

analisa visual yang digunakan untuk mengenali dan menyelidiki akar penyebab dari suatu kejadian atau proses. Diagram ini dirancang untuk membantu kelompok atau individu secara sistematis menganalisa faktor-faktor yang

Secara umum *Fishbone* Diagram dipergunakan untuk keperluan identifikasi dan pengelolaan sebab-sebab yang memiliki potensi untuk dijadikan suatu topik permasalahan yang akan dibahas, selanjutnya dari hasil identifikasi tersebut kita dapat menemukan suatu akar permasalahan dan latar belakang permasalahan yang terjadi. Diagram tulang ikan didasarkan pada konsep bahwa masalah atau efek yang terlihat adalah hasil dari penyebab yang berbeda. Struktur fiisk bagian ini menyerupai struktur *heeringbone* , dengan garis tengah yang menunjukkan masalah atau dampak yang coba dipecahkan dan cabang-cabang yang mewakili berbagai faktor atau penyebab potensial yang dapat mempengaruhi masalah tersebut, diagram ini dapat menjadi alat yang sangat efektif untuk mengidentifikasi dan memecahkan masalah, serta meningkatkan efisiensi dank ualitas proses.

B. PENELITIAN TERDAHULU

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu

JUDUL DAN NAMA PENELITIAN	HASIL PENELITIAN	PERSAMAAN	PERBEDAAN
Fachrul Adetyantoko Ramadhan 2023, Berjudul Upaya Peningkatan Kinerja Inert Gas Generator Guna Meningkatkan Gas Lembang untuk Kelancaran	Kegagalan pembakaran IGG disebabkan solenoid valve, electrode, dan nozzle tidak berfungsi, serta scrubber tower tersumbat. Perbaikan	Sama-sama membahas kegagalan sistem pembakaran IGG dan analisis penyebab teknis (<i>valve, burner, scrubber</i>). Sama-sama menggunakan	Penelitian Fachrul fokus pada upaya peningkatan kinerja IGG di MT. Prima XP, sedangkan penelitian penulis fokus pada hubungan

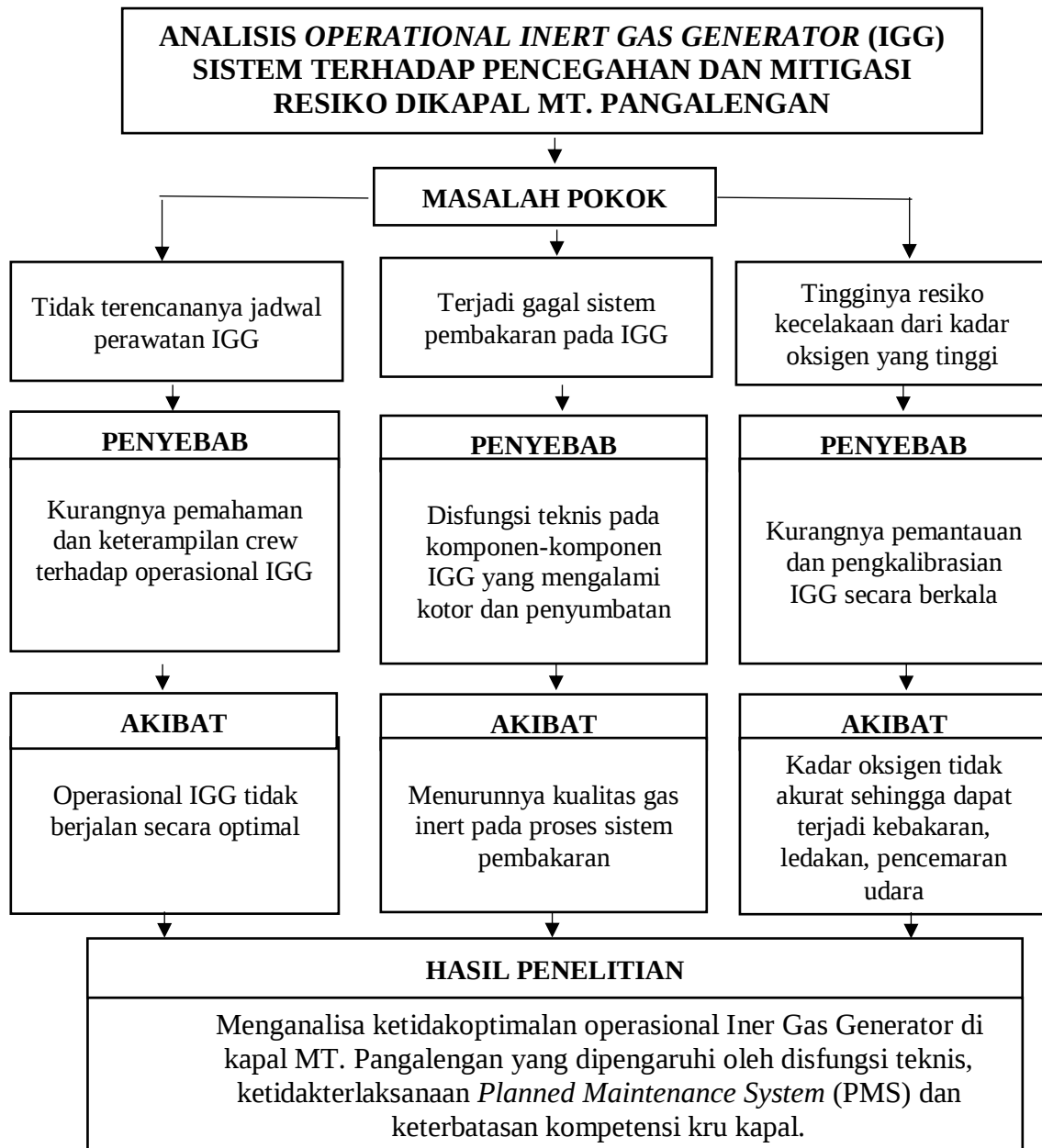
Proses Bongkar Muat di MT. Prima XP	dilakukan melalui pengaturan valve udara dan bahan bakar, kalibrasi oxygen analyzer, serta pengaturan kapasitas air dan aliran sampel.	pendekatan deskriptif kualitatif dengan teknik pengumpulan data berupa observasi, wawancara, dan dokumentasi untuk mengidentifikasi penyebab gangguan dan upaya perbaikan.	operasional IGG terhadap pencegahan dan mitigasi risiko di MT. Pangalengan.
Susmita Silva 2022, Berjudul Optimalisasi Kerja Inert Gas Generator untuk Mendapatkan Inert Gas dengan Oksigen Konten di Bawah 3% di VLGC Pertamina Gas 2	Penurunan kualitas IGG disebabkan filter pompa bahan bakar kotor sehingga tekanan bahan bakar rendah. Hal ini berakibat meningkatnya kadar oksigen pada gas lembam yang dihasilkan.	Sama-sama meneliti kualitas gas lembam dan kadar oksigen yang tidak stabil pada IGG. Sama-sama menggunakan metode deskriptif kualitatif (studi kasus).	Penelitian Susmita menitikberatkan pada kontaminasi oksigen akibat filter pompa bahan bakar, sedangkan penelitian penulis menekankan faktor perawatan (PMS), disfungsi pembakaran, dan risiko keselamatan.
Agus Puguh Irawan 2020, Berjudul Analisis Kegagalan	Kegagalan pembakaran terjadi akibat kebocoran pada	Sama-sama meneliti kualitas gas lembam dan kadar oksigen	Penelitian Agus fokus pada kebocoran scrubber tower

Pembakaran Inert Gas Generator karena Kebocoran Bagian Scrubber Tower di MT. Sei Pakning	combustion chamber scrubber tower, disebabkan usia komponen yang sudah tua dan aus.	yang tidak stabil pada IGG. Sama-sama Menggunakan metode deskriptif kualitatif, dengan teknik analisis Fishbone Analysis (6M: Method, Machine, Management, Mother Nature, Man, Material).	sementara penelitian penulis mengintegrasikan operasional IGG, mitigasi risiko, dan pencegahan kecelakaan.
--	---	---	--

C. KERANGKA PEMIKIRAN

Kerangka pemikiran adalah bagian yang di tulis oleh penulis untuk mempermudah dalam melakukan penelitian yang didalamnya terdapat poin poin yang memudahkan peneliti. Dan dibuatnya kerangka pemikiran untuk memudahkan pembaca dalam memahami penelitian yang ditulis.

Inert Gas Generator menjadi aspek yang sangat penting dalam proses kegiatan operasional bongkar muat di atas kapal. Sehingga ketika terjadi permasalahan yang dialami kapal pada saat bongkar muat yang disebabkan oleh inert gas generator. Demikian penulis mengambil judul skripsi tentang Analisis *Operational Inert Gas Generator* (IGG) Sistem Terhadap Pencegahan Dan Mitigasi Risiko Dikapal MT. Pangalengan.



Gambar 2.9
Kerangka Pemikiran

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian serta pengalaman penulis selama melaksanakan praktik laut di kapal MT. Pangalengan terkait permasalahan pada operasional Inert Gas Generator (IGG) sistem serta upaya pencegahan dan mitigasi risiko di kapal, Oleh karna itu merujuk pada pembahasan bab-bab sebelumnya, penulis merumuskan beberapa konsep yang dapat dijadikan sebagai langkah pencegahan terhadap potensi kegagalan sistem operasional Inert Gas Generator sebagai berikut:

1. Tidak terencananya jadwal perawatan Inert Gas Generator

Tidak terencananya jadwal perawatan Inert Gas Generator menjadi permasalahan utama yang teridentifikasi terkait implementasi penerapan *Planned Maintenance System* (PMS) yang belum terlaksana di kapal. Selain itu, keterbatasan pemahaman kru terhadap PMS berdampak pada kurang efektifnya pelaksanaan perawatan secara preventif, Oleh karena itu, dengan membuat metode penerapan *Planned Maintenance System* (PMS) yang terkonsisten, terstruktur, terkoordinasi pada IGG di kapal dapat menjadi sebuah evaluasi berkelanjutan dalam memastikan kepatuhan terhadap standar prosedur perawatan Inert Gas Generator. Penyusunan jadwal perawatan yang sistematis dan terkoordinasi terhadap kru yang bertanggung jawab terhadap perawatan sistem IGG menjadi strategi preventif yang efektif dalam meminimalkan risiko gangguan sistem inert gas generator.

2. Terjadinya gagal sistem pembakaran pada Inert gas generator

Terjadinya gagal sistem pembakaran pada Inert gas generator merupakan permasalahan dari faktor teknis dan perawatan yang dapat menyebabkan gangguan selama operasional IGG. Kegagalan sistem pembakaran terjadi karena komponen-komponen IGG mengalami

difungsi akibat dari akumulasi jelaga dan penyumbatan dari kontaminasi kotoran pada komponen-komponen IGG yang berdampak pada penurunan mutu gas inert yang dihasilkan, terutama ditandai oleh peningkatan kadar oksigen yang berpotensi melampaui batas keselamatan. Oleh karena itu, meningkatkan pelaksanaan perawatan dan kebersihan IGG dengan penyesuaian interval perawatan secara berkala dengan mempertimbangkan jam kerja setiap komponen, dapat menjamin kualitas dan keandalan komponen selama operasional IGG, sehingga kru mesin maupun kru deck dapat mengantisipasi kemungkinan kegagalan sistem pembakaran sejak tahap awal. Dengan demikian, kinerja operasional inert gas generator tetap optimal selama pelaksanaan kegiatan bongkar muat berlangsung.

3. Tingginya risiko kecelakaan dari dampak kadar oksigen yang tinggi

Tingginya risiko kecelakaan dari dampak kadar oksigen yang tinggi dapat meningkatkan risiko kebakaran dan ledakan, terutama saat kegiatan bongkar muat. Selain itu, kondisi pembakaran yang tidak sempurna juga menimbulkan pencemaran polusi udara akibat emisi jelaga. Dengan kegiatan pemantauan dan pemeriksaan kadar oksigen yang dilakukan secara berkala saat inert gas generator dalam proses operasional, dengan didukungnya sistem pengkalibrasian *Oxygen analyzer*, Selain itu data kadar oksigen yang terdokumentasi dan tercatat secara sistematis dapat dimanfaatkan sebagai bahan evaluasi mengenai peningkatan oksigen pada sistem IGG. Informasi tersebut menjadi dasar untuk pendeteksi dini adanya gangguan, sekaligus mendukung pengambilan keputusan teknis dan operasional secara tepat.

B. SARAN

Berdasarkan kesimpulan dari permasalahan yang ada mengenai operasional inert gas generator sistem di atas kapal MT. Pangalengan dan penanganan yang lebih terkoordinasi dan teridentifikasi, beberapa saran yang dapat diberikan sebagai berikut :

1. Sebaiknya kru mesin maupun kru deck dapat mengimplementasikan penerapan *Planned Maintenance System* (PMS) konsisten, sistematis, dan terdokumentasi sesuai ketentuan yang berlaku. Manajemen kapal

perlu memastikan bahwa perencanaan perawatan preventif mengacu pada rekomendasi *maker's instruction*, jam operasional aktual, serta standar prosedur perusahaan. Selain itu, evaluasi periodik, pengendalian pelaksanaan, dan audit internal hendaknya dilakukan secara berkesinambungan guna menjamin efektivitas PMS dalam mendukung keandalan operasional Inert Gas Generator di kapal.

2. Meningkatkan pelaksanaan perawatan rutin dan pemeliharaan kebersihan komponen-komponen IGG, khususnya pada bagian yang rentan terhadap akumulasi jelaga, residu pembakaran, dan kontaminasi. Selain itu, ketersediaan *spare part* cadangan serta perlengkapan pendukung perawatan dan kebersihan perlu dipastikan guna mendukung kelancaran kegiatan pemeliharaan IGG. Upaya tersebut penting untuk mengantisipasi potensi gangguan operasional IGG.
3. Dengan pemantauan kadar oksigen dilaksanakan secara berkala dan konsisten, serta didukung oleh dokumentasi dan pencatatan yang sistematis dalam *Inert Gas Generator Log*. Selain itu, di bantu dengan pelaksanaan pengkalibrasian peralatan pendukung IGG, khususnya *Oxygen Analyzer*, perlu dilakukan secara periodik sebagai bagian dari evaluasi kinerja sistem. Pendekatan ini penting untuk mendukung deteksi dini terhadap kecenderungan peningkatan kadar oksigen, sehingga tindakan korektif dapat diterapkan secara tepat, terukur, dan efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Diklat Perhubungan. (2000). *Modul keselamatan kerja di kapal* (Modul 4). Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- Badan Diklat Perhubungan. (2020). *Inert gas system oil tanker training (IGS-OTT)* (Modul 3). Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- Bird, F. E., & Germain, G. L. (1985). *Practical loss control leadership*. Loganville, GA: International Loss Control Institute.
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2020). *Rules for classification and construction of ships*. Jakarta: BKI.
- Derrett, D. R. (2010). *Ship's marine engineering practice*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Drysdale, D. (2011). *An introduction to fire dynamics* (3rd ed.). Chichester: John Wiley & Sons.
- Guntoro, A., Pratama, R., & Nugroho, S. (2022). Pengendalian kadar oksigen pada inert gas generator kapal tanker. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 10(2), 85–94.
- Haddon, W. (1980). Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy. *Public Health Reports*, 95(5), 411–421.
- Heinrich, H. W. (1931). *Industrial accident prevention: A scientific approach*. New York: McGraw-Hill.
- Heinrich, H. W. (1959). *Industrial accident prevention* (4th ed.). New York: McGraw-Hill.
- International Chamber of Shipping. (2014). *Tanker safety guide (chemicals)*. London: ICS.

- International Maritime Organization. (2016). *Fire safety systems (FSS) code*. London: IMO.
- International Journal of Quality Engineering. (2019). Fishbone diagram as a tool for industrial failure analysis. *International Journal of Quality Engineering*, 6(1), 12–20.
- International Maritime Organization. (2020). *International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT)*. London: IMO.
- International Maritime Organization. (2020). *International convention for the safety of life at sea (SOLAS)*. London: IMO.
- Indonesia. (2024). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 66 Tahun 2024 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran.
- Indonesia. Kementerian Perhubungan. (2021). Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 59 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Keselamatan Pelayaran. Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- Ishikawa, Kaoru. (1985). *Guide to Quality Control*. Tokyo: Asian Productivity Organization.
- Jurnal GRC Indonesia. (2023). Mitigasi risiko operasional dalam sistem industri berbasis governance, risk, and compliance. *Jurnal GRC Indonesia*, 3(1), 15–27.
- Journal of Marine Engineering & Technology. (2018). Performance analysis of inert gas systems on oil tankers. *Journal of Marine Engineering & Technology*, 17(3), 145–156.
- Journal of Loss Prevention in the Process Industries. (2019). Risk mitigation strategies for explosion prevention in hydrocarbon storage systems. *Journal of Loss Prevention in the Process*

Industries, 62, 103–112.

Journal of Safety Science. (2020). Oxygen concentration control and explosion prevention in enclosed industrial systems. *Safety Science*, 128, 104–112.

Khan, M. S., Rahman, M., & Ali, S. (2023). Combustion instability and soot formation in inert gas generator systems. *Journal of Marine Engineering and Technology*, 22(1), 45–56.

Marbun, R. (2003). *Manajemen keselamatan dan kesehatan kerja*. Jakarta: Erlangga.

Mazumder, S. (2020). *Combustion and gas cleaning systems*. Singapore: Springer.

McGeorge, D. (2012). *Marine auxiliary machinery* (8th ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.

National Fire Protection Association. (2022). *NFPA 10: Standard for Portable Fire Extinguishers*. Quincy, Massachusetts, Amerika Serikat: National Fire Protection Association.

Organization, I. M. (2016). *Fire Safety Systems (FSS) Code*. IMO Publishing.

Rahman, W. H. (2020). *Keselamatan sistem gas inert di kapal tanker*. Jakarta: Maritim Press.

Rasbash, D. J. (1986). *Evaluation of fire safety*. Chichester: John Wiley & Sons.

Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2023). *Research methods for business students* (9th ed.). Harlow: Pearson Education.

Silva, S. (2022). Optimalisasi kerja inert gas generator untuk mendapatkan inert gas dengan oxygen content di bawah 3% di VLGC Pertamina Gas 2. *Jurnal Teknik Kelautan*, 9(1), 33–41.

- Sekaran, U., & Bougie, R. (2020). *Research methods for business: A skill-building approach* (8th ed.). Hoboken, NJ: Wiley.
- Sharma, P., & Singh, R. (2020). Application of fishbone diagram in industrial failure analysis. *International Journal of Quality Engineering*, 12(3), 210–218.
- Sugiyono. (2018). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2020). *Metode penelitian kualitatif*. Bandung: Alfabeta.
- United Nations Conference on Trade and Development. (2020). *Review of maritime transport 2020*. Geneva: UNCTAD.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Turnitin



Page 1 of 80 - Cover Page

Submission ID: 3117561416194




Lampiran 1
27/02

Turnitin CS

ANALISIS OPERATIONAL INERT GAS GENERATOR (IGG) SISTEM TERHADAP PENCEGAHAN DAN MITIGASI RESIKO DI...

Assignment 14

Document Details

Submission ID

3117561416194

73 Pages

Submission Date

Feb 27, 2026, 9:00 AM GMT+7

15,147 Words

Download Date

Feb 27, 2026, 9:02 AM GMT+7

104,676 Characters

File Name

SKRIPSI SHALINA TRIANTI IGG BAB 1-5 AJA - Mic Ken.pdf

File Size

2.9 MB



Page 1 of 80 - Cover Page

Submission ID: 3117561416194

11% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text



Top Sources

- 9%  Internet sources
- 2%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Lampiran 2. MT. PANGALENGAN



Lampiran 3. Ship Particular



PANGALENGAN (P.1035)

Ship particular

CALL SIGN	Y C X H 2
IMO NUMBER	9793478
MMSI NO.	525108015
VESSEL TYPE	OIL TANKER
HULL NO.	349
OWNER	PT PERTAMINA (PERSERO)
BUILDER	PT DAYA RADAR UTAMA Unit V – Lamongan – Jawa Timur Indonesia
Year Of Built	DECEMBER 2015
FLAG	PANAMA (Construction) INDONESIA (Operation)
CLASS	BV



CLASS NOTATION	I +Hull +Mach Oil Tanker ESP, Unrestricted Navigation, CPS(WBT), CPS(COT) MON-SHAFT, GREEN PASSPORT, BWT, CLEANSHIP, INWATERSURVEY, VCS	
SPEED	SERVICE SPEED	13.00 knots (Planned)
DIMENSION	LOA	157.50 m
	LBP	149.50 m
	BREADTH MOULDED	27.70 m
	DEPTH MOULDED	12.00 m
	MAX DRAFT	7.00 m
TONNAGE	GROSS TONNAGE	14749 t
	NET TONNAGE	7843 t
WEIGHT	LIGHTSHIP	6649.544 t
	DEADWEIGHT	17803.18 t
CAPACITIES	CARGO TANK CAPACITY	26339.299 m ³ (Including Slop Tank)
PUMPS	CARGO PUMP	3 x 650 m ³ /h x 125 mTH
	STRIPPING PUMP	1 x 100 m ³ /h x 100 mTH
	BALLAST PUMP	2 x 300 m ³ /H x 20 mTH
MAIN ENGINE (1 Unit)	MAKER	STX-MAN 6S35MC7
	TYPE	TWO (2) STROKE, LOW SPEED SINGLE-ACTING, CROSSHEAD, DIRECT- REVERSIBLE, TURBO CHARGE MARINE DIESEL ENGINE
	ENGINE POWER	BHP : 5951.74 HP, MCR 4440 kW (173 RPM)
	CYLINDER	6 CYLINDER / HFO-MDO
AUXILIARY ENGINE (3 Unit)	MAKER	YANMAR 6EY22ALW
	TYPE	HORIZONTAL SYNCHRONOUS AND REVOLVING FIELD TYPE, MEDIUM SPEED
	RATE OUTPUT	850 kW
PROPELLER	TYPE	4 Blade Solid, Skew type
	DIAMETER X MEAN PITCH	4300 mm x 2809.3 mm
CREW	COMPLIMENT	28 Persons

Lampiran 4. General Specification of Inert Gas Generator System

Pangalengan
Rev.1
30 May 2024

Technical Specifications
Inert Gas Generator
FM238-111



TECHNICAL SPECIFICATION

Inert Gas Generator
Adjustable Oxygen Content 1 to 5%



PROJECT DETAILS:

Shipyard	TBA
Ships Owner	Pertamina International Shipping
Vessel's Name/Hull No.	Pangalengan/349 (Available for Pangrango/H-7010)
Class Society	BV (Pangalengan) NK (Pangrango)
System Type	IGG 2 x 100%
Capacity	2500 Nm ³ /h
Date	30 May 2024
FM Document No.	FM238-111

This specification is Feen Marine Inc. property and shall be treated as confidential. Information from this specification shall not be shown or given to any third party without written acceptance by Feen Marine Inc.

7 Design Basis

Equipment for indoor (safe area) installation will have maker standard material. Equipment for deck side (hazardous area) installation will have Ex certification.

The cooling sea water shall not contain corrosion product, particles or substances that may have detrimental effect upon the operation life of the Inert Gas System.

Capacity calculation based on gas temperature of 20°C, pressure of 200 mmH₂O in tank and 100% RH. Horizontal effluent piping should never be used, minimum slope 15°.

1.1 Parameters

Sea Water, Filtered to 3 mm	Max +35 °C
Ambient Temperature Outdoor	-20 °C to +45 °C, 95% RH
Ambient Temperature IG Room	0 °C to +45 °C, 95% RH
Fuel Oil	Fuels according to ISO 8217:2010 (E) DMA or DMB is recommended Class DMC can also be used without pre-heating
Instrument Air	Free of oil, water and dust according to DIN/ISO 8573-1

1.2 Performance

Nominal Capacity	2500 Nm ³ /h
Delivery Pressure Generator Outlet	Approx. 0.12 bar(g) at 100% capacity
Normal Oxygen Content	1-5% by volume, adjustable
Gas Temperature at Cooling Tower Outlet	Approx. 5-10 °C above inlet cooling water temperature
Carry Over of Water Droplets	Less than 1 g/kg dry gas

IGG gas composition by volume at O₂ = 3% by volume based on Class DMA or DMB destilate fuel

CO	Max. 100 ppm (114 mg/m ³)
NO _x	Max. 150 ppm (190 mg/m ³)
SO _x	Max. 10 ppm (26 mg/m ³)
CO ₂	Approx. 14%
NO _x + Ar	Balance
Soot	Bacharach 0

1.3 Consumption

Item	Installed	Usage	Unit	Remark
Electrical Motor for Blower	43	35	kW	440VAC, 60Hz, 3Phase
Electrical Motor for Fuel Oil Pump	1.75	0.94	kW	440VAC, 60Hz, 3Phase

Item	Rate	Unit	Remark
Fuel Oil	185	kg/h	Inert gas at 3% vol O ₂
Sea Water for Generator	160	m ³ /h	SW pressure 2-2.5 bar at generator inlet
Sea Water for DWS	3	m ³ /h	SW pressure 0.7-1 bar at DWS inlet
Electrical Power for Control System	3	kW	220/230VAC, 60Hz, 1Phase

Item	Rate	Unit	Remark
Instrument Air for:			
• Control System	4	Nm3/h	Normal Operation
• Ignition Burner	0.4	Nm3/h	

1.4 Panel Location

Item No.	Description	Installation Location
470	O2 Analyzer Panel	In Local Area
500	Main Control Panel	In Local Area
610-1	Blower Starter Panel 1	Near to Blower
610-2	Blower Starter Panel 2	Near to Blower
640	Fuel Oil Starter Panel	Near to FO Pump
770	CCR Panel	In CCR Area
780	ECR Panel	In ECR Area
790	Wheel House Panel	In Bridge Area

1.5 Standard Material

Material	
Scrubber & Burner Unit	Combustion Chamber is SS904L Cooling / Scrubbing Section is SS316L Cooling Water Piping is SS316L Fuel Oil Piping is Mild Steel Combustion Air Piping is Mild Steel
Blowers	Foundation and Chasing are Mild Steel
Panels	All panels are mild steel except Deck Panel is SS316L
Butterfly Valves	Ductile Iron with AL Bronze Disc
Deck Water Seal & PV Breaker	Mild steel (DWS heating coil SS316)
Bolts and Nuts	Internal Scrubber and DWS use grade A4 External Scrubber/DWS/PVB/Blowers/GVU use grade 8.8 HDG

1.6 Surface Treatment & Coating

Internal Coating	
Deck Water Seal	Pre-treatment to SA 2.5 Glass flake reinforced coating total DFT min. 600µm as per Paint Technical Datasheet Spark testing of internal coating, max. 1500V
PV Breaker & Blowers	Pre-treatment to SA 2.5 Epoxy coat DFT min. 180µm per Paint Technical Datasheet
External Coating	
Scrubber & Burner Unit	Stainless Steel Part Cleaned for impurities, pickling and passivation Mild Steel Part Coating primer, DFT min. 75µm as per Paint Technical Datasheet Top Coating, DFT min. 50µm as per Paint Technical Datasheet

This specification is Feen Marine Inc. property and shall be treated as confidential. Information from this specification shall not be shown or given to any 3rd party without written acceptance by Feen Marine Inc.

L.7 Shutdown & Alarm List

Shutdown

Group	Action
SD-1	Immediately stop system without cooling
SD-2	Stop system with cooling
SD-3	Shutdown delivery to deck changeover to atmosphere
SD-4	Warning
SD-5	Blocking cargo pump (cargo pump trip)

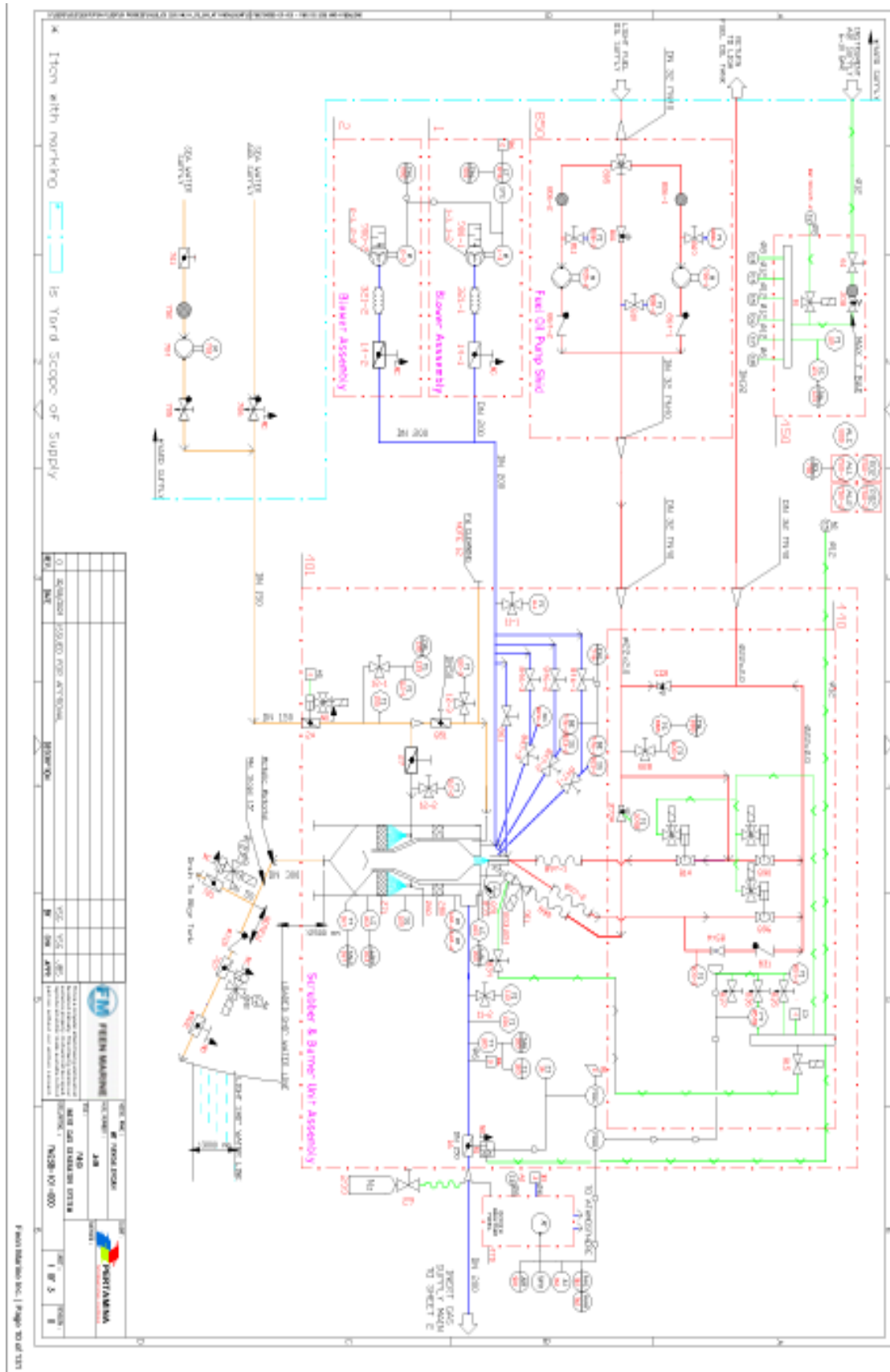
Alarm List

Item	Description	Set Point	Group
PAL121	Instrument Air Low Pressure	4 bar	SD-1
LAH163	Scrubber Sea Water High Level	-	SD-1
LAL165	Cooling Jacket Low Level	-	SD-1
PAL135	Scrubber Low SW Supply Pressure	0.7 bar	SD-2
TAH164	Cooling Jacket High Temperature	50 °C	SD-4
TAHH164	Cooling Jacket High High Temperature	55 °C	SD-2
PAL001	Blower 1 Low Load	Adjustable	SD-2
PAL002	Blower 2 Low Load	Adjustable	SD-2
TAH189	IG High Temperature Outlet Scrubber	60 °C	SD-4
TAHH189	IG High High Temperature Outlet Scrubber	65 °C	SD-2
PAL888	Fuel Oil Low Pressure	17 bar	SD-2
FAL946	Flame Failure	-	SD-1/2*
PAL136	DWS Low Sea Water Supply Pressure	1 bar	SD-3
LAL137	DWS Low Sea Water Level	-	SD-3
AAH161	IG High O2 Content	5%	SD-3
AAL161	IG Low O2 Content	1%	SD-3
PAL138	Deck Low Pressure	200 mmH2O	SD-4
PAL139	Deck Low Low Pressure	100 mmH2O	SD-5
PAH139	Deck High Pressure	1250 mmH2O	SD-3
ZAL001	Blower 1 Run Failure	-	SD-2
ZAL002	Blower 2 Run Failure	-	SD-2
ZAL703	Scrubber Pump Run Failure	-	SD-1
ZAL712	DWS Pump 1 Run Failure	-	SD-4**
ZAL713	DWS Pump 2 Run Failure	-	SD-4**
PAF500	Power Failure	Low Voltage	SD-1
PAF470	Power Failure O2 Analyzer	Low Voltage	SD-2
ROL750	Room Low O2 Content	<19%	SD-2

Note:

- * IGG mode if running with scrubber drain use effluent overboard action group should be SD-2
IGG mode if running with scrubber drain use bilge tank action group should be SD-1
- ** If both alarm ZAL712 & ZAL713 activated, action group should be SD-3

Lampiran 5. Piping Diagram of Inert Gas Generator Line



Lampiran 6. Scrubber Tower Inert Gas Generator



Lampiran 7. *Burner Inert Gas Generator*



Lampiran 8. Kondisi *Burner, Nozzle, Electrode Inert Gas Generator*



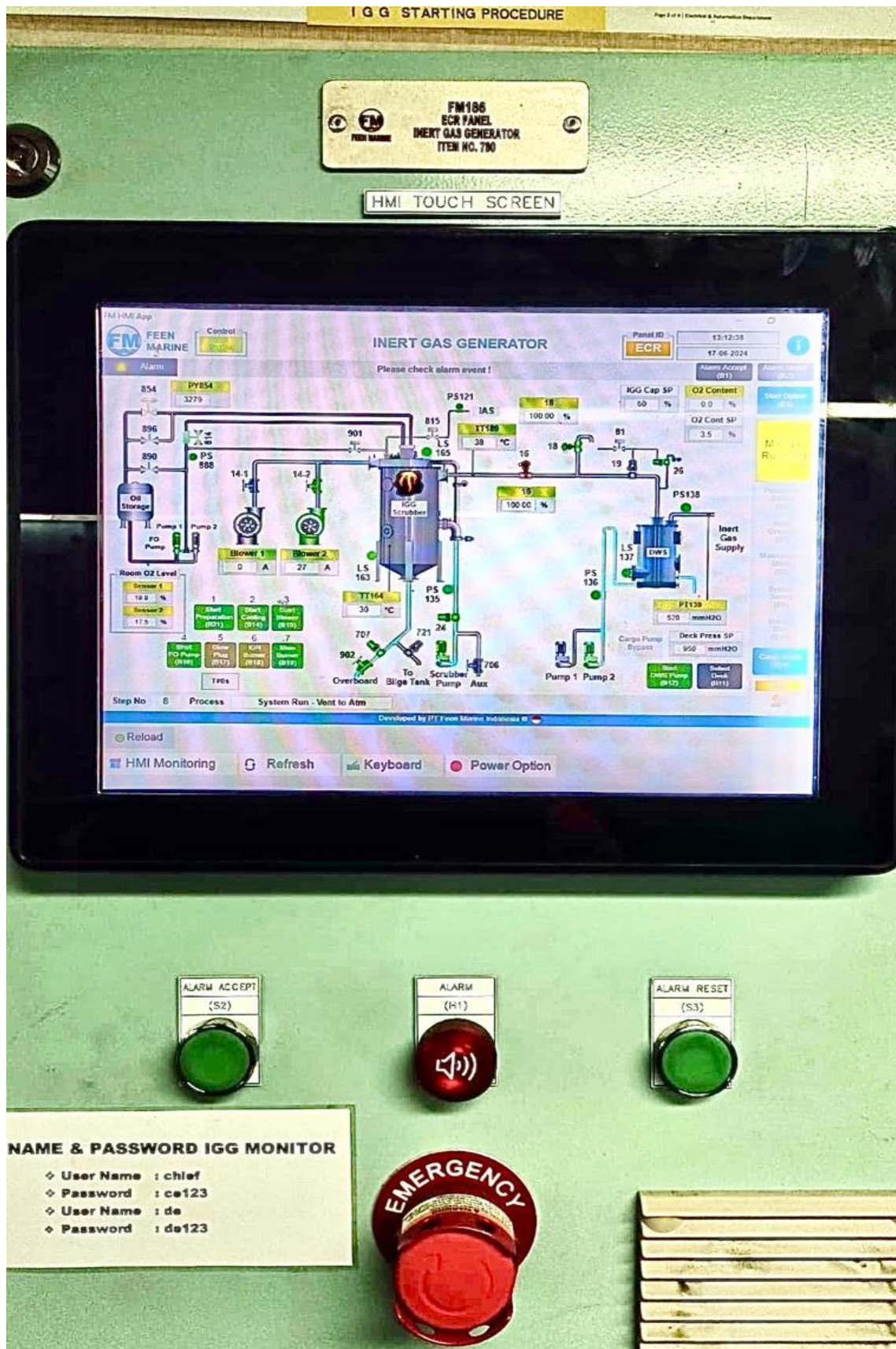
Lampiran 9. *Filter suplai bahan bakar IGG*



Lampiran 10. Oxygen Analyzer



Lampiran 11. Control System Human Machine Interface IGG

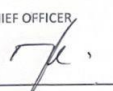


Lampiran 12. Penulis dan *Electrician* melakukan perawatan dan kalibrasi



Lampiran 13. Inert Gas Generator Log

PERTAMINA INTERNATIONAL SHIPPING		PT. PERTAMINA INTERNATIONAL SHIPPING										FORM 708				
Prepared : LPSQ / DPA		INERT GAS GENERATOR LOG										Page :				
		Approved : Director of Fleet Management										Revision : Date :				
To be filled up hourly when the Inert Gas plant is in operation																
Ship : <u>PT. PANGAENGAN</u>												Location : <u>ADUWASO, SINGAPORE</u>				
Operation : <u>DISCHARGE ACTIVITY</u>												Date : <u>11. MAR 2025</u>				
Time Plant started : <u>04.00 UT</u>												Time Plant stopped : <u></u>				
												IGG Record started : <u>(Yes) / No</u>				
Time	Temp Scrubber	Temp Inert out	Oxygen Analyzer unit			Pressure Fuel oil		Pressure Scrubber Pump		Pressure DWS Pump		Ampere Blower		Pressure Main line	Position Valve 16	Position Valve 18
			Oxygen Content	Flow meter glass	Bubble in water tube	Main	Return	Suction	Discharge	Suction	Discharge	No.1	No.2			
01:00																
02:00																
03:00																
04:00	36°C	30°C	5.7%	30.2	WORKING	23	3450	0.2	5.0	0.1	2.4		39	690	53%	95%
05:00	36°C	30°C	5.0%	40.7	WORKING	23	3400	0.2	5.0	0.1	2.4		39	694	53%	95%
06:00	35°C	30°C	5.0%	40.7	WORKING	23	3450	0.2	5.0	0.1	2.4		41	685	54%	100%
07:00	35°C	30°C	5.1%	40.7	WORKING	23	3450	0.2	5.0	0.1	2.4		40	680	53%	100%
08:00	33°C			STOP	AT OFF	30 UT										
09:00	33°C			START	AT 09.30 UT											
10:00	33°C															
11:00	33°C	30°C	5.9%	80	NORMAL	23	3.110	0.2	5.0	0.1	2.4		42	680	55%	100%
12:00	32°C	30°C	5.0%	60	NORMAL	23	3.200	0.2	5.0	0.1	2.4		42	780	53%	100%
13:00	32°C	30°C	5.0%	60	NORMAL	23	3.210	0.2	5.0	0.1	2.4		41	760	52%	100%
14:00	30°C	30°C	5.1%	60	NORMAL	23	3.220	0.2	5.0	0.1	2.4		42	800	54%	208%
15:00	33°C	30°C	5.1%	70	NORMAL	23	3.300	0.2	5.0	0.1	2.4		42	800	54%	20.90%
16:00	23°C	30°C	5.1%	70	NORMAL	23	3.320	0.2	5.0	0.1	2.4		42	500	54%	20.04%
17:00	33°C	30°C	4.5%	60	NORMAL	24.5	3.350	0.1	5.1	0.1	2.4		39	452	55%	26%
18:00	32°C	30°C	4.6%	60	NORMAL	24	3.400	0.1	5.1	0.1	2.4		39	460	54%	22%
19:00	22°C	30°C	4.7%	60	NORMAL	25	3.410	0.1	5.1	0.1	2.4		41	568	55%	35%
20:00	32°C	30°C	4.5%	60	NORMAL	24	3.420	0.1	5.1	0.1	2.4		39	552	55%	55%
21:00	32°C	30°C	4.6%	60	NORMAL	24	3.430	0.1	5.1	0.1	2.4		39	706	54%	100%
22:00	32°C	30°C	4.8%	60	NORMAL	24	3.500	0.1	5.1	0.1	2.4		39	909	54%	100%
23:00	32°C	31°C	4.5%	60	NORMAL	24	3.510	0.1	5.1	0.1	2.4		39	909	55%	100%
24:00	32°C	31°C	4.5%	60	NORMAL	24	3.520	0.1	5.1	0.1	2.4		39	707	55%	100%

CHIEF OFFICER


CHIEF ENGINEER


PERTAMINA INTERNATIONAL SHIPPING		PT. PERTAMINA INTERNATIONAL SHIPPING										FORM 708				
Prepared : LPSQ / DPA		INERT GAS GENERATOR LOG										Page :				
		Approved : Director of Fleet Management										Revision : Date :				
To be filled up hourly when the Inert Gas plant is in operation																
Ship : <u>PT. PANGAENGAN</u>												Location : <u>ADUWASO, SINGAPORE</u>				
Operation : <u>DISCHARGE ACTIVITY</u>												Date : <u>12 MAR 2025</u>				
Time Plant started : <u></u>												Time Plant stopped : <u>19.30 UT</u>				
												IGG Record started : <u>(Yes) / No</u>				
Time	Temp Scrubber	Temp Inert out	Oxygen Analyzer unit			Pressure Fuel oil		Pressure Scrubber Pump		Pressure DWS Pump		Ampere Blower		Pressure Main line	Position Valve 16	Position Valve 18
			Oxygen Content	Flow meter glass	Bubble in water tube	Main	Return	Suction	Discharge	Suction	Discharge	No.1	No.2			
01:00	33°C	32°C	4.5%	60	NORMAL	23	3.000	0.1	5.1	0.1	2.4		40	500	53%	100%
02:00	33°C	33°C	4.8%	60	NORMAL	24	3.100	0.1	5.1	0.1	2.4		39	482	54%	100%
03:00	32°C	33°C	4.8%	60	NORMAL	24	3.180	0.1	5.1	0.1	2.4		40	498	54%	100%
04:00	32°C	33°C	4.7%	60	NORMAL	24	3.150	0.1	5.1	0.1	2.4		39	512	54%	100%
05:00	35°C	30°C	4.8%	60	NORMAL	24	3.250	0.1	5.3	0.1	2.4		39	547	54%	52%
06:00	35°C	30°C	4.3%	60	NORMAL	25	3.350	0.1	5.3	0.1	2.4		38	535	56%	20%
07:00	35°C	30°C	4.4%	60	NORMAL	25	3.400	0.1	5.3	0.1	2.4		38	465	55%	14%
08:00	35°C	30°C	3.9%	60	NORMAL	25	3.450	0.1	5.3	0.1	2.4		39	441	55%	64%
09:00	35°C	30°C	4.4%	60	NORMAL	24	3.500	0.1	5.1	0.1	2.4		39	565	55%	75%
10:00	36°C	30°C	4.6%	60	NORMAL	24	3.510	0.1	5.1	0.1	2.4		39	588	50%	25%
11:00	35°C	31°C	4.7%	60	NORMAL	24	3.600	0.1	5.1	0.1	2.4		39	541	48%	20%
12:00	36°C	31°C	4.5%	60	NORMAL	24	3.600	0.1	5.1	0.1	2.4		39	402	56	16%
13:00																
14:00																
15:00																
16:00																
17:00																
18:00																
19:00																
20:00																
21:00																
22:00																
23:00																
24:00																

CHIEF OFFICER


CHIEF ENGINEER


Lampiran 14. Inert Gas Generator Maintenance Log

		PT PERTAMINA INTERNATIONAL SHIPPING		FORM 709	
		INERT GAS MAINTENANCE LOG		Page	1 of 1
Prepared: LPSQ/DPA		Approved: Director of Fleet Management		Revision: 0	Date: 15.06.21
This record shall be filled up whenever any maintenance is carried out on the Inert Gas system or its components.					
Any maintenance on the IG System will be carried out in coordination with Chief Engineer					
Name of the Ship :					
Identification of the Component	Date	Description of Maintenance carried out	Remarks on Condition	System tested after completion of Maintenance	Signature of the Officer
CALIBRATION O ₂ ANALYZER	22 JAN 25	CALIBRATION O ₂ ANALYZER BEFORE RUNNING 165 / DISCHARGE CARGO	GOOD FUNCTION	GOOD IN ORDER	ELECT 2/E
CALIBRATION O ₂ ANALYZER	24 JAN 25	CALIBRATION O ₂ ANALYZER BEFORE RUNNING 165 / DISCHARGE CARGO	GOOD FUNCTION	GOOD IN ORDER	ELECT 2/E
CLEAN FILTER & RENEW WATER	2 FEB 25	CLEANING FILTER & RENEW WATER O ₂ ANALYZER	GOOD FUNCTION	GOOD IN ORDER	ELECT 2/E
CHECK PIPE FLOW	2 FEB 25	BLOW PIPE LINE FLOW TO O ₂ ANALYZER	GOOD FUNCTION	GOOD IN ORDER	ELECT 2/E
CLEAN BURNER	2 FEB 25	CLEANING NOZZLE MAIN BURNER	GOOD FUNCTION	GOOD IN ORDER	ELECT 2/E
CALIBRATION O ₂ ANALYZER	13 FEB 25	CALIBRATION O ₂ ANALYZER BEFORE RUNNING 165 / DISCHARGE CARGO	GOOD FUNCTION	GOOD IN ORDER	ELECT 2/E
CALIBRATION O ₂ ANALYZER	14 FEB 25	CALIBRATION O ₂ ANALYZER BEFORE RUNNING 165 / DISCHARGE CARGO	GOOD FUNCTION	GOOD IN ORDER	ELECT 2/E
CLEAN FILTER & RENEW WATER	1 MAR 25	CLEANING FILTER O ₂ ANALYZER & RENEW WATER	GOOD FUNCTION	GOOD IN ORDER	ELECT 2/E

Retention: Continuous

		PT PERTAMINA INTERNATIONAL SHIPPING		FORM 709	
		INERT GAS MAINTENANCE LOG		Page	1 of 1
Prepared: LPSQ/DPA		Approved: Director of Fleet Management		Revision: 0	Date: 15.06.21
This record shall be filled up whenever any maintenance is carried out on the Inert Gas system or its components.					
Any maintenance on the IG System will be carried out in coordination with Chief Engineer					
Name of the Ship :					
Identification of the Component	Date	Description of Maintenance carried out	Remarks on Condition	System tested after completion of Maintenance	Signature of the Officer
BURNER	10/06 2025	CLEAN NOZZLE OF MAIN BURNER & PRIMARY BURNER	GOOD CONDITION	GOOD IN ORDER	2/E
FLOW LINE	16/06 2025	CLEAN & BLOW WITH AIR PRESSURE TUBE FOR FLOW LINE O ₂ ANALYZER	GOOD CONDITION	GOOD IN ORDER	2/E
STRAINER	10/06 2025	CLEAN STRAINER SUBSIDIARY PUMP	GOOD CONDITION	GOOD IN ORDER	2/E
CALIBRATION	10/06 2025	CALIBRATION O ₂ ANALYZER AFTER MAINTENANCE	GOOD CONDITION	GOOD IN ORDER	2/E
BURNER	18/06 2025	CLEAN NOZZLE OF MAIN BURNER & PRIMARY BURNER	GOOD CONDITION	GOOD IN ORDER	2/E
FLOW LINE	18/06 2025	CLEAN & BLOW WITH AIR PRESSURE TUBE FOR FLOW LINE O ₂ ANALYZER	GOOD CONDITION	GOOD IN ORDER	2/E
CALIBRATION	18/06 2025	CALIBRATION O ₂ ANALYZER AFTER MAINTENANCE	GOOD CONDITION	GOOD IN ORDER	2/E

Retention: Continuous

Lampiran 15. Crew List MT. Pangalengan

IMO CREW LIST

(IMO FAL Form 5)



ARRIVAL



DEPARTURE

1. Name of Ship			2. Port of Arrival / Departure			3. Date of Arrival / Departure			
Pangalengan			Port Dickson			5/Jun/25			
4. Nationality of Ship (Flag)			5. Last Port of Call / Next Port of Call			6. Nature and Number of Identify Document			
Indonesia			Singapore			Passport	Passport Exp. Date	Seaman Book	Seaman Book Exp.
7. No.	8. Family Name, Given Name	9. Rank	10. Sex	11. Nationality	12. Date and Place of Birth	Passport	Passport Exp. Date	Seaman Book	Seaman Book Exp.
1	Yesayas Parindungan Antonang	Master	M	Indonesia	05-Jun-79 Mataram	E 0451427	23-Aug-27	G 041754	15-Jan-26
2	Nurwahidin	Ch. Officer	M	Indonesia	02-Aug-87 Kebumen	E 1800278	26-Dec-32	H 068761	14-Oct-27
3	Budi Raharjo	2nd. Officer	M	Indonesia	23-Feb-83 Boyolali	E 0918827	25-Oct-32	J 081297	10-Sep-27
4	Nurdin	3rd. Officer	M	Indonesia	18-Aug-84 Garut	E 3156838	12-Apr-33	G 057854	15-Jun-26
5	Wawan Damanto	Ch. Engineer	M	Indonesia	12-Sep-79 Ciamis	E 3080334	14-Apr-33	F 281434	17-Apr-27
6	Galot Suhendo	2nd. Engineer	M	Indonesia	08-Jun-81 Jakarta	C 8099386	24-Aug-26	G 079070	10-Aug-26
7	Haris Amasyid	3rd. Engineer	M	Indonesia	01-Sep-88 Sidoarjo	E 7207917	3-May-34	J 101322	12-Oct-27
8	Adi Yudiasta	4th. Engineer	M	Indonesia	01-Oct-96 Sukabumi	E 4322839	1-Oct-33	K 016527	2-Jan-28
9	Andika Agung Pamungkas	Electrician	M	Indonesia	25-Feb-96 Karanganyar	O 6078124	30-Sep-25	H 065522	15-Aug-25
10	Achmad Rudi Sukanto	Boatswain	M	Indonesia	26-Feb-72 Jakarta	E 1701506	19-Dec-32	G 107621	5-Nov-26
11	Hendriyato	Pump Man	M	Indonesia	21-May-77 Jakarta	X 3614632	30-Sep-34	G 109166	26-Nov-26
12	Syahriullah	Able Seaman-A	M	Indonesia	30-Jun-81 Pajaj	E 2986890	13-Feb-33	G 109118	8-Dec-26
13	Adi Wijaya Saputra	Able Seaman-B	M	Indonesia	1-Oct-86 Palembang	C 8680096	27-May-27	I 1003624	18-Jan-28
14	Dody Syarifudin	Able Seaman-C	M	Indonesia	10-Aug-79 Jakarta	X 2388623	21-Aug-33	K 017103	10-Feb-28
15	Moh. Iqbal Endar Bayuardhi	Ord. Seaman-A	M	Indonesia	04-Oct-92 Nganjuk	X 5450624	14-Apr-35	H 031196	11-May-27
16	Febiansyah	Ord. Seaman-B	M	Indonesia	05-Feb-95 Marinding	C 6584597	17-Dec-26	G 022009	10-Sep-27
17	Tri Widiyanto	Filter	M	Indonesia	25-Nov-73 Karanganyar	E 2622560	2-Mar-33	G 019499	25-Nov-25
18	Chana Fredyanto	Oiler - A	M	Indonesia	27-Nov-95 Malang	E 3995531	5-Jul-33	F 246270	26-Aug-26
19	Restu Eko Putra	Oiler - B	M	Indonesia	18-Jun-90 Simpang Kural Taj	E 5735126	20-Dec-33	F 265492	22-Apr-26
20	Apzal	Oiler - C	M	Indonesia	05-May-86 Panomban	E 2606318	12-Jun-33	L 002462	22-Apr-28
21	Rinal Sipahutar	Cook	M	Indonesia	09-Oct-88 Lotusingkam	C 8104491	13-Dec-26	I 100292	21-Nov-26
22	Aldian Zain Pratama	Messboy	M	Indonesia	30-Mar-02 Tagal	C 0963559	23-Jun-27	H 020441	30-May-27
23	Az Zahra Ayu Berfiana	Deck cadet A	F	Indonesia	12-Sep-04 Semarang	E 6457782	21-Jan-34	J 027816	24-Apr-27
24	A Muh Arif Rahman Nur	Deck cadet B	M	Indonesia	09-Mar-03 Sirjai	E 7689742	28-May-34	F 327293	24-Mar-27
25	Christopher Jonathan Hutapea	Engine cadet A	M	Indonesia	28-Sep-04 Besitang	E 6213152	18-Jul-34	J 042628	21-Apr-27
26	Shalina Istanti	Engine cadet B	F	Indonesia	07-Jan-04 Tanjung Enim	E 8192290	12-Sep-34	J 039923	6-Jun-27

13. Date and Signature by Master, Authorized Agent of Officer



IMO Convention on Facilitation of International Maritime Traffic

IMO FAL

Form 5

Lampiran 16. Foto Bersama *Engine Crew*



**Lampiran 17. Klasifikasi Kebakaran Versi NFPA, Sumber :
Indonesia Safety Center (2019).**

Terkait Halaman 48

The infographic is titled "Klasifikasi (kelas) kebakaran berdasarkan NFPA berikut dengan media pemadam efektifnya antara lain:" and lists six fire classes with their descriptions and effective extinguishing media. The background is red with a grid pattern. Logos for SAFETY SCHOOL, SYNERGY SOLUSI, and PROXSIS are at the top. A flame icon is in the bottom left corner.

Kelas	Deskripsi	Media Pemadam Efektif
A	Kebakaran yang terjadi pada benda padat kecuali logam.	Water, foam, dry chemical
B	Kebakaran yang terjadi pada benda gas, uap atau cairan.	Gas, foam, dry chemical
C	Kebakaran yang terjadi pada peralatan listrik bertegangan.	Gas, dry chemical
D	Kebakaran yang terjadi pada bahan logam (magnesium, aluminium, kalium, dan sebagainya).	Dry powder
E	Kebakaran yang terjadi pada bahan-bahan radioaktif.	Water, foam, dry chemical
K	Kebakaran terjadi pada bahan masakan.	Water, foam, dry chemical