

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



MAKALAH

**PENERAPAN *GAS MANAGEMENT SYSTEM* GUNA
MENDUKUNG KELANCARAN PROSES *LOADING* DI
KAPAL LNG B/C AVENIR ASCESION**

Oleh :

NELSON VIKY REGULO FREITAS

NIS. 03315 / N-1

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - 1
JAKARTA
2024**

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



MAKALAH

**PENERAPAN *GAS MANAGEMENT SYSTEM* GUNA
MENDUKUNG KELANCARAN PROSES *LOADING* DI
KAPAL LNG B/C AVENIR ASCENSION**

Diajukan Guna Memenuhi Peryaratan
Untuk Menyelesaikan program ANT – I

Oleh :

NELSON VIKY REGULO FREITAS
NIS. 03315 / N-1

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - 1
JAKARTA
2024**

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



TANDA PERSETUJUAN MAKALAH

Nama : NELSON VIKY REGULO FREITAS
NIS : 03315 / N-1
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I
Program Studi : NAUTIKA
Judul : PENERAPAN *GAS MANAGEMENT SYSTEM*
GUNA MENDUKUNG KELANCARAN PROSES
LOADING DI KAPAL LNG B/C AVENIR
ASCENSION.

Jakarta, November 2024

Pembimbing I

ADIN SAYEKTI, S.S.T.PEL
Pembina Tk. I (III/c)
Nip: 19870402 201402 1 004

Pembimbing II

Capt. INDRA MUDA, MM
Penata Tk. I (III/d)
Nip: 19711114 201012 1 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Nautika

Meilinasari N. Hutagaol., S.Si.T., M.M.Tr
Penata Tk. I (III/d)
NIP 19810503 200212 2 001

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



TANDA PENGESAHAN MAKALAH

Nama : NELSON VIKY REGULO FREITAS
NIS : 03315 / N-1
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I
Program Studi : NAUTIKA
Judul : PENERAPAN *GAS MANAGEMENT SYSTEM* GUNA
MENDUKUNG KELANCARAN PROSES *LOADING*
DI KAPAL LNG B/C AVENIR ASCENSION

Jakarta, Desember 2024

Ketua Penguji

Anggota

Anggota

Capt. Suhartini, MM, MMTr
Penata Tk.I (III/d)
NIP. 19800307 200502 2 002

Capt. Naomi Louheapessy, MM
Penata Tk.I (III/d)
NIP: 19771122 200912 2 004

Adin Sayekti, S.S.T.PEL
Penata Tk.I (III/c)
NIP. 19870402 201402 1 004

Mengetahui:

Ketua Program Studi Nautika

Meilinasari N. Hutagaol., S.Si.T., M.M.Tr
Penata Tk. I (III/d)
NIP: 19810503 200212 2 001

KATA PENGANTAR

Dengan segala puji syukur penulis kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan rahmat yang telah diberikan-Nya sehingga dapat menyelesaikan makalah dengan judul :

PENERAPAN *GAS MANAGEMENT SYSTEM* GUNA Mendukung KELANCARAN PROSES *LOADING* DI KAPAL LNG B/C AVENIR ASCENSION.

Dalam penyusunan makalah ini penulis telah berusaha semaksimal mungkin memaparkan seluruh pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki serta yang pernah dialami selama bekerja di atas kapal. Segala kesulitan yang di alami penulis selama menyusun makalah ini dapat terselesaikan berkat bantuan dari semua pihak serta buku-buku panduan, baik yang berasal dari STIP maupun yang berasal dari perpustakaan dari luar. Dalam penyusunan makalah ini juga penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh sebab itu sangat diharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun.

Dengan segala kerendahan hati, tidak lupa dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penulisan ini :

1. Dr. Capt. Tri Cahyadi, M.H., M.Mar. Selaku Ketua STIP (Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran)
2. Ibu Meilinasari N. Hutagaol, S.Si.T, MM.Tr. Selaku Ketua Jurusan Nautika
3. Capt. Suhartini, MM., MM.Tr. Selaku kepala Divisi Pengembangan Usaha dan Pembimbing Penulisan
4. Bapak Adin Sayekti, S.S.T.Pel Selaku Pembimbing Materi
5. Capt. Indra Muda, M.M Selaku Pembimbing Penulisan
6. Seluruh rekan dosen dan Staf pengajar di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran di Jakarta yang telah memberikan bantuan dan dorongan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan makalah ini.

Rekan rekan siswa Pasis ANT – I Angkatan LXXII yang menyumbangkan peran sebagai tempat diskusi dan tukar pikiran dalam menyusun makalah ini. Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan balasan yang setimpal.

Akhirnya Penulis berharap semoga makalah ini bermanfaat baik bagi pribadi maupun pihak pembaca yang membutuhkannya.

Jakarta, November 2024

Penulis

NELSON VIKY REGULO FREITAS

NIS. 03315/N-1

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL DALAM.....	i
TANDA PERSETUJUAN MAKALAH	ii
TANDA PENGESAHAN MAKALAH	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR DIAGRAM	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR GRAFIK.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR ISTILAH.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I : PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi, Batasan, dan Rumusan Masalah	3
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
D. Metode Penelitian	5
E. Waktu dan Tempat Penelitian.....	8
F. Sistematika Penulisan	8
BAB II : LANDASAN TEORI	
A. Tinjauan Pustaka.....	9
B. Kerangka Pemikiran	22
BAB III : ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
A. Deskripsi Data.....	23
B. Analisis Data.....	27
C. Pemecahan Masalah.....	59
BAB IV : KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	62
B. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR DIAGRAM

	Halaman
Diagram 2.1. Proses memuat LNG.....	20
Diagram 3.1. <i>Fishbone Diagram</i>	27

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1. Tekanan tangki muatan tercatat di atas kapal	25

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 2.1. Perbandingan tekanan dan volume	14
Grafik 2.2. Perbandingan volume dan suhu.....	15
Grafik 2.3. Perbandingan tekanan dan suhu	15

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Komposisi LNG dari Berbagai Pabrik <i>Liquefaction</i>	12
Tabel 3.1. Kegiatan pada tanggal 21 Juni 2024 hingga 28 juni 2024	24
Tabel 3.2. Tabel pemecahan masalah.....	59

DAFTAR ISTILAH

<i>Anak Buah Kapal (ABK)</i>	: Awak kapal, personel kapal selain nahkoda yang bekerja pada perahu atau kapal. Kadang-kadang awak kapal dibedakan dengan pegawai kapal; tetapi pegawai atau petugas kapal dapat berarti awak kapal yang legal.
<i>Ambient Temperature</i>	: Suhu yang mengelilingi suatu objek yang sedang dibahas atau disebut juga suhu lingkungan.
<i>Boil Off Gas (BOG)</i>	: Gas LNG yang berasal dari penguapan <i>Liquid LNG</i> yang berada di tangki muatan.
<i>Cargo Control Room</i>	: Suatu ruangan yang secara khusus digunakan untuk memonitor seluruh kegiatan bongkar muat di atas kapal.
<i>Cargo Manual Operation</i>	: Buku panduan untuk menyampaikan informasi yang berguna mengenai muatan.
<i>Cargo Operator</i>	: Seorang yang memiliki tugas tanggung jawab dalam sistem muatan di kapal.
<i>Dual Fuel Engine (DFE)</i>	: Sebuah sistem diesel yang digerakkan dengan menggunakan 2 jenis bahan bakar yaitu bahan bakar gas dan bahan bakar diesel sebagai <i>Pilot Fuel</i> .
<i>Floating Storage</i>	
<i>Regasification Unit (FSRU)</i>	: Merupakan kapal penyimpanan LNG yang memiliki instalasi regasifikasi di atas kapal yang mampu mengembalikan LNG menjadi gas dan kemudian menyuplainya langsung ke jaringan gas.
<i>Inert Gas</i>	: Gas atau campuran bermacam-macam gas yang dapat mempertahankan kadar oksigen dalam persentase rendah sehingga dapat mencegah terjadinya ledakan atau kebakaran.

<i>Letter Of Protest (LOP)</i>	: Dokumen legal, berisi pernyataan Nakhoda bahwa kapal dalam pelayarannya telah mengalami keadaan di luar kendalinya yang dapat berakibat timbulnya kerugian atau kerusakan.
<i>Liquefied Natural Gas (LNG)</i>	: Merupakan bentuk gas alam yang telah diolah menjadi cairan melalui proses pendinginan dan pemadatan pada suhu sangat rendah, sekitar -162 derajat Celsius, pada tekanan atmosfer normal.
<i>LNG Carrier</i>	: Kapal <i>tanker</i> yang dirancang untuk mengangkut gas alam cair (LNG).
<i>Lower Flammable Limit</i>	: Ambang tingkat kebakaran terendah
<i>Operation Department</i>	: Bagian atau unit dalam sebuah organisasi yang bertanggung jawab atas pelaksanaan kegiatan operasional sehari-hari yang terkait dengan produksi barang atau penyediaan jasa. Departemen ini memainkan peran kunci dalam mengelola proses, sumber daya, dan infrastruktur untuk memastikan efisiensi, kualitas, dan pemenuhan target operasional organisasi.
<i>Planned Maintenance</i>	
<i>System (PMS)</i>	: Sistem berbasis kertas atau perangkat lunak yang memungkinkan pemilik atau operator kapal untuk melakukan pemeliharaan kapal dalam jangka waktu tertentu yang berdasarkan pada persyaratan pabrikan dan badan klasifikasi kapal.
<i>Safety Relief Valve</i>	: Katup pada tangki muatan yang akan terbuka apabila tekanan pada tangki muatan melebihi batas tekanan maksimum. Hal ini, bertujuan untuk menjaga material tangki tangki dan mencegah terjadinya ledakan pada tangki akibat tekanan berlebih di dalam tangki muatan.

<i>Ship Maker</i>	: Pihak pembuat kapal yang merencanakan, mengatur dan membuat kapal sampai siap dioperasikan dengan ketentuan yang telah direncanakan.
<i>Standard Operation Procedure (SOP)</i>	: Sebuah dokumen yang berisi instruksi dan panduan terperinci tentang cara melakukan suatu operasi atau prosedur di kapal. Sebagai acuan resmi yang menetapkan langkah-langkah yang harus diikuti dalam melaksanakan suatu tugas.
<i>Suction Drum</i>	: Sebuah wadah dimana bertindak sebagai tempat penampungan sementara uap muatan LNG untuk dipasok ke dalam sistem pendingin.
<i>Ship To Ship (STS)</i>	: Sebuah operasi dimana muatan cair atau gas yang dipindahkan antara kapal-kapal yang ditambatkan satu sama lain. Dimana salah satu kapal berlabuh jangkar atau sandar saat keduanya berlayar.
<i>Upper Flammable Limit</i>	: Ambang tingkat kebakaran tertinggi.
<i>Vapour</i>	: Muatan hidrokarbon dalam wujud uap.
<i>Vent Mast</i>	: Suatu cerobong berbentuk silinder yang menjulang ke atas dari tangki muatan yang berfungsi sebagai jalur keluarnya <i>Vapour</i> dari tangki apabila <i>Safety Valve</i> terbuka.

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1.** *Ship Particular*
- Lampiran 2.** *IMO Crew List*
- Lampiran 3.** *Open CTMS*
- Lampiran 4.** *Close CTMS*
- Lampiran 5.** LNG B/C AVENIR ASCENSION

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Seperti yang kita ketahui bahwa peradaban manusia semakin maju dari waktu ke waktu. Perkembangan peradaban manusia tentu memiliki kaitan yang erat dengan sumber daya alam, salah satunya yaitu gas alam. Gas alam merupakan gas yang terdiri atas beberapa komponen hidrokarbon ringan. Senyawa yang termasuk gas alam adalah metana (*methane*). Metana adalah molekul hidrokarbon ringan. Selain metana, molekul hidrokarbon lain yang terdapat didalam gas alam juga meliputi etana (*ethane*), propana (*propane*), butana (*butane*), karbon dioksida, nitrogen, hidrogen sulfida dan gas helium.

Komposisi dari masing-masing komponen bervariasi tergantung pada tempat gas alam tersebut berasal. Gas alam yang didinginkan hingga suhu -162°C pada tekanan atmosfer akan berubah menjadi zat cair yang dimana volumenya berkurang sekitar 1:600 volume gas alam. Zat cair tersebut dinamakan LNG (*Liquefied Natural Gas*). LNG merupakan muatan yang termasuk ke dalam klasifikasi muatan berbahaya, sehingga diperlukan pengetahuan dan keterampilan khusus dalam penanganannya, baik bagi ABK (Anak Buah Kapal) maupun pekerja terminal.

Melalui perkembangan teknologi kapal niaga, kapal LNG B/C AVENIR ASCENSION terlibat dalam pengangkutan dan pendistribusi muatan LNG untuk daerah Eropa. Selain konstruksi kapal yang dibuat khusus untuk menangani karakter dari LNG, efisiensi dari segi ekonomi juga menjadi pilihan mengapa FSRU dibutuhkan untuk saat ini. Melalui proses regasifikasi, LNG yang masih dalam bentuk zat cair akan diubah menjadi gas alam dalam bentuk gas yang nantinya akan dikirim melalui pipa bawah laut menuju PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap), industri pabrik, maupun rumah tangga yang menggunakan gas alam sebagai sumber energinya.

LNG B/C AVENIR ASCENSION merupakan salah satu kapal LNG yang dioperasikan oleh perusahaan AVENIR di bawah manajemen Wilhelmsen Norway bekerja sama dengan PT. HOEGH LNG dalam pendistribusian LNG di Eropa. Bertindak sebagai pengangkut LNG, seluruh proses memuat (*loading*) pada FSRU

INDEPENDENCE dilakukan dengan metode *Ship To Ship* (STS) transfer. Dalam hal penanganan dan pengaturan muatan LNG, kapal LNG B/V AVENIR ASCENSION memiliki beberapa persyaratan yang harus dipenuhi sebelum melaksanakan proses memuat, diantaranya kesiapan kondisi tangki muat termasuk pipa-pipa yang akan dialiri oleh LNG harus memiliki suhu yang sangat rendah atau dingin yaitu +/-162 °C.

Selain itu, kondisi tekanan yang tinggi pada tangki muatan adalah suatu hal yang harus dihindari oleh kapal pengangkut gas. Hal ini disebabkan ketika tangki muatan berada dalam kondisi tekanan yang tinggi, resiko bahaya yang timbul sangat mungkin terjadi. Salah satu contohnya, seperti terjadinya tekanan balik dari pipa yang terhubung saat proses bongkar muat berlangsung. Kemudian resiko bahaya lain yang timbul akibat dari tekanan tangki yang melebihi ambang batas, yaitu dapat terlepasnya muatan dalam bentuk gas (*vapour*) melalui *Vent Mast* dan *Safety Relief Valve* yang berada di kapal. Serta dampak resiko paling tinggi yaitu bahaya kebakaran dan ledakan pada tangki muatan. Oleh karena itu, diperlukan adanya kecakapan yang baik dalam penanganan dan pengaturan muatan terhadap naiknya tekanan di dalam tangki agar proses memuat dan bongkar muatan LNG dapat berjalan dengan aman, lancar dan terkendali.

Pada pelaksanaan penanganan dan pengaturan muatan LNG di kapal LNG B/V AVENIR ASCENSION, ABK yang terlibat sudah mengikuti prosedur seperti yang tertulis pada buku *cargo operation manual*. Namun faktanya, masih ditemukan beberapa kendala yang terjadi sebelum proses memuat. Hal ini dibuktikan ketika terjadinya miskomunikasi antara FSRU INDEPENDENCE dengan *cargo owner* dan kapal LNG B/V AVENIR ASCENSION mengenai jadwal proses memuat LNG. Pihak Kapal LNG B/V AVENIR ASCENSION menerima pemberitahuan bahwa proses memuat akan dimajukan dari jadwal, sehingga tidak sesuai dengan jadwal yang telah diberikan oleh *cargo owner*. Hal ini tentu mengakibatkan kurangnya persiapan dalam proses memuat LNG di kapal LNG B/V AVENIR ASCENSION. Tekanan tangki kapal LNG B/C AVENIR ASCENSION pada saat keadaan tersebut adalah sekitar 527 mbarg. Sedangkan sesuai permintaan dari pihak FSRU INDEPENDENCE, untuk melakukan proses memuat LNG adalah sekitar +/- 250 mbarg. Hal ini dilakukan untuk menghindari dampak yang terjadi selama proses memuat. Dampak yang ditimbulkan akibat tekanan tangki yang tinggi, menyebabkan

proses memuat LNG mengalami penundaan. Kemudian adapun dampak lain yang timbul akibat tertundanya proses memuat LNG, yaitu terjadinya keterlambatan proses pendistribusian LNG untuk kapal penumpang yang mana sudah menggunakan LNG sebagai bahan bakar.

Berdasarkan permasalahan yang diuraikan diatas, penulis tertarik dan berkeinginan untuk meneliti mengenai solusi pengendalian atas tingginya tekanan pada tangki muatan. Maka dalam penyusunan Karya Ilmiah Terapan ini, penulis memilih judul: **“PENERAPAN GAS MANAGEMENT SYSTEM GUNA Mendukung Kelancaran Proses Loading di Kapal LNG B/C AVENIR ASCENSION”**.

B. IDENTIFIKASI, BATASAN, DAN RUMUSAN MASALAH

1. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang terjadi di atas kapal. Penulis melakukan identifikasi dari beberapa masalah yang dapat dijadikan tolak ukur dalam pembuatan Karya Ilmiah Terapan, yaitu:

- a. Terjadi miskomunikasi antara pihak *Operation Department* dengan pihak LNG B/C AVENIR ASCENSION mengenai proses memuat LNG yang tidak sesuai jadwal.
- b. Kurangnya persiapan dalam proses memuat LNG dapat menimbulkan penanganan yang kurang tepat dalam mengatur muatan.
- c. Muatan LNG yang diterima pada saat proses memuat menyebabkan tekanan di dalam tangki muatan meningkat drastis.
- d. Penundaan proses memuat LNG menyebabkan terlambatnya proses *bunkering* ke kapal penumpang.

2. Batasan Masalah

Mengingat luasnya pembahasan dan bahan kajian terhadap penanganan dan pengaturan muatan LNG, agar pembahasannya lebih fokus, maka dalam pembahasan makalah ini penulis membatasi berdasar- kan pengalaman saat bekerja di kapal LNG B/V AVENIR ASCENSION yaitu:

- a. Terjadi miskomunikasi antara pihak *Operation Department* dengan pihak LNG B/C AVENIR ASCENSION mengenai proses memuat LNG yang tidak sesuai jadwal.

- b. Muatan LNG yang diterima pada saat proses memuat menyebabkan tekanan di dalam tangki muatan meningkat drastis.

3. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang terkandung dalam makalah ini membahas tentang bagaimana penerapan *GMS (Gas Management System)* guna mendukung kelancaran proses memuat di kapal LNG B/C AVENIR ASCENSION. Oleh karena itu, peneliti merumuskan masalahnya sebagai berikut:

- a. Apa yang menyebabkan terjadinya miskomunikasi antara pihak *Operation Department* dengan pihak LNG B/C AVENIR ASCENSION mengenai proses memuat LNG yang tidak sesuai jadwal.?
- b. Bagaimana cara menjaga tekanan pada tangki muatan agar tidak melebihi batas aman?

C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

1. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, diantaranya adalah:

- a. Untuk menganalisis penyebab kenaikan tekanan yang terjadi di dalam tangki muatan.
- b. Untuk mengetahui kecakapan kru kapal dalam mengontrol sistem pemuatan di kapal LNG B/C AVENIR ASCENSION.
- c. Untuk memberikan wawasan dan pengetahuan kepada pembaca mengenai karakteristik muatan LNG, maupun kecakapan yang baik dalam proses penanganan muatan LNG.

2. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, diantaranya adalah:

a. Teoritis

- 1. Untuk memberikan wawasan dan pengetahuan kepada pembaca mengenai kecakapan yang baik dalam penanganan dan pengaturan muatan LNG di kapal LNG B/C AVENIR ASCENSION.
- 2. Memberikan tambahan informasi pengetahuan dan pemahaman akan pentingnya komunikasi antara pihak manajemen dengan pihak kapal serta persiapan yang matang sebelum melaksanakan proses memuat.

b. Akademis

Penulisan makalah ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan panduan dan penelitian lanjutan baik bagi penulis maupun bagi rekan-rekan Perwira Siswa di STIP Jakarta untuk menganalisis dan mempelajari serta sebagai bahan pelajaran yang berguna untuk menambah wawasan dan pengetahuan dengan masalah pokok yang berbeda yang ditemukan dikemudian hari yang tetap berkaitan dengan GMS.

c. Praktis

Dapat meningkatkan kemampuan rekan-rekan seprofesi dalam hal komunikasi, penanganan dan pengaturan muatan LNG di atas kapal. Memberikan sumbangan pemikiran bahwa komunikasi yang baik antara *Operation Department* dengan FSRU INDEPENDENCE dan LNG B/C AVENIR ASCENSION, serta jadwal pengisian muatan yang terencana akan lebih memudahkan pihak kapal LNG B/C AVENIR ASECENSION sebagai pendistribusi muatan LNG agar lebih efektif dan efisien.

D. METODE PENELITIAN

Berdasarkan permasalahan yang ada di atas kapal LNG B/C AVENIR ASCENSION dalam penyusunan makalah ini, penulis mencari dan mengumpulkan informasi dan data yang aktual dan dapat dipertanggung jawabkan. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian dengan menggunakan metode pengumpulan data sebagai berikut:

1. Data Primer

Salim (2019:103), data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh peneliti (penulis) secara langsung dari sumber datanya atau melalui pengamatan langsung, peneliti (penulis) dapat memperoleh data primer yang mendetail tentang kejadian atau apa yang terjadi pada saat itu juga, sehingga data primer ini disebut juga data asli atau memiliki sifat *up-to-date*.

Pengumpulan data primer dalam makalah ini, diperoleh penulis pada saat bekerja di atas kapal dengan melakukan pengamatan dan pencatatan secara langsung terkait dengan pola perilaku subjek, objek atau kejadian yang

sistematik. Diharapkan dari pengamatan dimana penulis ikut terlibat atau bagian yang integral dari sistem yang diamati atau bagian dari tim kerja dalam organisasi di atas kapal maka data dan informasi yang diperoleh relatif banyak, realistis dan akurat. Adapun data primer yang penulis gunakan yaitu

a. Observasi atau pengamatan langsung

Teknik ini adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara terjun langsung ke lapangan. Dengan melakukan pengamatan langsung, data itu dikumpulkan dan dapat dibuktikan kebenarannya.

Menurut Sugiyono (2020:226), Observasi diklasifikasikan menjadi observasi partisipasi (*participant observation*), observasi secara terang-terangan dan tersamar (*overt observation and covert observation*), dan observasi yang tak berstruktur (*unstructured observation*). Selanjutnya observasi partisipasi dibagi menjadi empat, yaitu partisipasi pasif (*passive participation*), partisipasi moderat (*moderate participation*), observasi yang aktif (*active participation*), dan observasi yang lengkap (*complete participation*).

Kemudian penulis memilih untuk menggunakan metode observasi partisipatif yang dimana penulis terlibat langsung dengan kegiatan sehari-hari orang yang ada di atas kapal atau yang digunakan sebagai sumber data penelitian. Teknik observasi ini dapat dilakukan karena penulis pada saat itu sedang bekerja di atas kapal. Dengan observasi partisipatif ini, maka data yang diperoleh akan lebih lengkap, tajam, dan sampai mengetahui pada tingkat mana dari setiap perilaku yang nampak.

Dalam hal ini penulis telah melakukan pengamatan secara langsung pada tanggal 19 Juni 2024 pada saat melakukan STS *Cargo Transfer* yang berlangsung dengan FSRU INDEPENDENCE dimana penulis juga ikut berpartisipasi dalam proses tersebut. Sebelum melaksanakan proses memuat, tercatat tekanan di dalam tangki muatan sebesar 627 mbarg yang membuktikan hal ini tidak sesuai dengan persyaratan sebelum melakukan proses memuat LNG. Hal ini tentu sangat membahayakan proses memuat LNG tersebut.

b. Dokumentasi

Dokumentasi merupakan teknik pengumpulan data yang ditempuh dan dilakukan dengan mengumpulkan dokumen- dokumen dan bukti nyata

yang berkaitan dengan masalah yang diangkat pada skripsi ini, yaitu *Cargo Operating Manual Book*, *Check List Before and After loading Operation*, *Cargo Trend Record* dari sistem *Wartsila* dan *Cargo Document* sehingga bukti-bukti dari landasan hukum dan peraturan atau ketentuan dapat diperoleh.

c. Studi Pustaka

Teknik pengumpulan data melalui studi pustaka dilakukan dengan cara mengambil data tambahan akan bukti dan teori yang berhubungan dan mendukung permasalahan yang akan dibahas. Ini merupakan teknik yang banyak digunakan oleh penulis, baik dari buku panduan yang didapat di atas kapal ataupun sumber lainnya seperti dari perpustakaan STIP Jakarta. Teknik ini dimaksudkan untuk dijadikan sebagai pola pikir dalam merumuskan pembahasan agar hasil yang diperoleh dapat dibandingkan dengan sumber bacaan atau panduan yang ada. Buku panduan tersebut dipelajari kemudian dibandingkan dengan situasi yang ada di atas kapal dan disusun secara sistematis kemudian dijadikan sebagai bahan acuan dalam penulisan makalah ini.

2. Data Sekunder

Menurut Salim (2019:104), data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan penulis dari berbagai sumber yang telah ada. Data yang telah diolah oleh pihak lain dalam hal ini penulis sajikan dalam data sekunder yang bersifat mendukung dan melengkapi data primer.

Data sekunder diperoleh atau dikumpulkan oleh peneliti (penulis) dari pihak lain. Dalam hal ini penulis akan memasukkan data sekunder dari perusahaan berupa *Ship Particular* yang dapat dilihat dalam Lampiran 1 dan *Crew List* yang dapat dilihat dalam Lampiran 2.

E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

Waktu penelitian berlangsung pada saat penulis bekerja di kapal LNG B/V Avenir Ascension tersebut, sebagaimana tercantum dalam *Crew List*, terhitung sejak tanggal 31 Maret 2024 sampai tanggal 07 September 2024. (*Crew List* dapat dilihat dalam Lampiran 2).

Sedangkan Lokasi yang menjadi tempat penelitian penulis untuk membuat makalah ini adalah di kapal LNG B/V AVENIR ASCENSION, berbendera Malta,

merupakan armada milik perusahaan Avenir di bawah manajemen Wilhelmsen Norway yang beroperasi di perairan Baltik. (*Ship's particular* dapat dilihat dalam Lampiran 1).

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Untuk memudahkan pemahamannya, maka penyajian dalam kertas kerja ini dibuat dengan sistematika penulisan :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang masalah mengenai sistim kontrol standarisasi dalam kualitas dan kuantitas yang dapat memastikan bahan bakar yang di suplai benar-benar tidak terkontaminasi atau benar-benar tidak tercampur dengan bahan zat kimia yang lain, serta identifikasi, batasan dan rumusan masalah yang akan digunakan. Tujuan dan manfaat dari penelitian, metode penelitian yang digunakan, Kapan waktu dan tempat penelitian serta sistematika penulisan yang baik.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisi data-data dan informasi dari tinjauan pustaka, dan apa saja yang digunakan serta dasar kerangka pemikiran.

BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berisi deskripsi data, Analisis data dan pemecahan masalah-nya.

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

Terdiri dari kesimpulan, saran-saran sebagai langkah terbaik yang perlu diambil.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka merupakan uraian tentang teori-teori yang digunakan sebagai informasi penunjang dengan tujuan agar dapat diketahui bagaimana penerapan GMS (*Gas Management System*) dalam rangka mendukung kelancaran proses memuat LNG. Oleh karena itu, perlu adanya ulasan terhadap bahan-bahan pustaka yang relevan untuk meningkatkan pemahaman dari segi tujuan dan hasil dari penelitian makalah ini.

1. Definisi Penerapan

Menurut Dr. Haryanto “Ilmu Manajemen” (2022:100 - 110), menyatakan bahwa penerapan adalah “proses melaksanakan keputusan yang telah disiapkan, melalui koordinasi dan pengelolaan sumber daya untuk mencapai tujuan yang diinginkan”.

Penerapan merupakan sebuah kegiatan yang memiliki tiga unsur penting dan mutlak dalam menjalankannya. Adapun unsur-unsur penerapan meliputi:

- a) Adanya program yang dilaksanakan.
- b) Adanya kelompok target, yaitu masyarakat yang menjadi sasaran dan diharapkan akan menerima manfaat dari program tersebut.
- c) Adanya pelaksanaan, baik organisasi atau perorangan yang bertanggung jawab dalam pengelolaan, pelaksanaan maupun pengawasan dari proses penerapan tersebut.

Dalam hal ini, penerapan yang dimaksud adalah pelaksanaan dari GMS yang telah dibuat di atas kapal yang kemudian dipraktikkan agar GMS bisa berjalan sesuai kebutuhannya.

2. Teori Manajemen

Menurut Dr. Soetjipto Danarto “Manajemen Umum” (2023:10-20), mendefinisikan manajemen sebagai “proses pengelolaan sumber daya

manusia, keuangan, material, dan informasi untuk mencapai tujuan dan tujuan organisasi melalui pengembangan dan penggunaan potensi sumber daya yang optimal”.

Dalam hal ini yang dimaksud organisasi adalah seluruh ABK yang bekerja di atas kapal. Oleh karena itu, di atas kapal harus sudah mulai menerapkan sistem manajemen sehingga akan mempermudah seluruh ABK di atas kapal untuk mencapai tujuannya. Tahap-tahap tersebut harus terkait antara satu dengan yang lainnya, sehingga akan menjadi keterpaduan ketika semua tahap tersebut dilakukan dengan baik sehingga menghasilkan lingkungan kerja yang baik pula. Kemudian dijelaskan ada 4 hal penting dari sebuah sistem manajemen, yaitu:

a. Perencanaan (*Planning*)

Perencanaan adalah serangkaian tindakan yang dilakukan sebelum usaha dimulai hingga proses usaha masih berlangsung. Dalam arti luas perencanaan dapat dimengerti sebagai penetapan tujuan, kebijakan prosedur program, pembiayaan (*budget*), standar mutu dari suatu organisasi. Namun demikian unsur utama perencanaan adalah tujuan, kebijakan, prosedur dan program. Kegiatan perencanaan mencakup tentang apa yang harus dicapai, kapan sesuatu harus dicapai, bagaimana cara mencapainya, dan mengapa sesuatu itu harus dicapai.

b. Pengorganisasian (*Organizing*)

Pengorganisasian adalah menentukan, mengelompokkan dan pengaturan berbagai kegiatan yang dianggap perlu untuk mencapai tujuan, penugasan orang-orang dalam kegiatan-kegiatan, dengan menetapkan faktor-faktor lingkungan fisik yang sesuai, dan menunjukkan hubungan kewenangan yang dilimpahkan terhadap setiap individu yang ditugaskan untuk melaksanakan kegiatan tersebut. Ada beberapa ciri dari organisasi tersebut, yaitu:

- 1) Organisasi terdiri dari beberapa orang atau sekelompok orang yang bersama.
- 2) Organisasi ditandai dengan adanya kerjasama yang harmonis

diantara orang yang ada di dalamnya.

- 3) Dalam organisasi kerja sama yang terjadi atas dasar hak, kewajiban dan tanggung jawab masing-masing.

c. Penggerakan pelaksanaan (*Actuating*)

Penggerakan pelaksanaan adalah usaha agar semua anggota kelompok suka melaksanakan tercapainya tujuan dengan kesadarannya dan berpedoman pada perencanaan (*planning*) dan usaha pengorganisasian (*organizing*) serta menggerakkan orang-orang untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan secara efektif dan efisien.

d. Pengawasan (*Controlling*)

Pengawasan adalah proses penentuan apa yang harus diselesaikan, yaitu pelaksanaan, penilaian pelaksanaan dan bila perlu melakukan tindakan korektif agar supayapelaksanaannya tetap sesuai rencana yaitu sesuai standar. Pada dasarnya fungsi pengawasan terbagi menjadi beberapa hal, yaitu:

- 1) Mencegah berbagai penyimpangan atau kesalahan.
- 2) Memperbaiki penyimpangan serta kesalahan yang telah terjadi.
- 3) Sebagai cara memperkuat tanggung jawab.

3. Teori Karakteristik LNG

Menurut Dr. Suprpto “Liquefied Natural Gas: *Technology and Engineering*” (2020:30-40) menggambarkan LNG sebagai gas alam yang disublimasi menjadi cair untuk memudahkan pengiriman dan pengembalian.

Karakter LNG bervariasi menurut komposisinya, bergantung pada sumber sumur pengeboran (*reservoir*) gas dan riwayat pemrosesan/ fraksinasi. Meskipun LNG didominasi oleh metana (sekitar 87% mol hingga 99% mol), komposisinya juga mencakup hidrokarbon lain yang biasanya lebih tinggi, C₂ hingga C₄ dan lebih berat, nitrogen dan sejumlah kecil sulfur (kurang dari 4 ppmv), dan CO₂ (50 ppmv; lihat Tabel 2.1).

Typical Composition of LNG from Various Liquefaction Plants						
Component, mole %	Nigeria LNG	Arun LNG	Brunei LNG	Oman LNG	Atlantic LNG	Kenai LNG
Methane	87.9	88.48	89.4	90	95	99.8
Ethane	5.5	8.36	6.3	6.35	4.6	0.1
Propane	4	1.56	2.8	0.15	0.38	0
Butane	2.5	1.56	1.3	2.5	0	0
Nitrogen	0.1	0.04	0.2	1	0.02	0.1

(ILEX Energy Consulting, 2003)

Tabel 2.1. Komposisi LNG dari Berbagai Pabrik *Liquefaction*.

LNG adalah cairan kriogenik yang tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak korosif pada tekanan atmosfer normal. Ketika LNG diuapkan dan digunakan sebagai bahan bakar gas alam, LNG menghasilkan emisi partikel yang sangat rendah dan emisi karbon yang jauh lebih rendah dibandingkan bahan bakar hidrokarbon lainnya. Produk pembakaran dari LNG hampir tidak mengandung sulfur oksida dan rendahnya tingkat nitrogen oksida, menjadikan LNG sebagai sumber energi yang bersih. LNG tidak beracun. Namun, seperti halnya bahan gas lainnya, pelepasan gas alam dari LNG dapat menyebabkan sesak napas (asfiksia) karena kekurangan oksigen di area terbatas yang tidak berventilasi, dan dapat terbakar jika tercampur dengan konsentrasi udara yang tepat.

Titik didih LNG bervariasi menurut komposisinya, biasanya berkisar -161°C (-259°F). Kepadatan LNG biasanya berkisar antara 428 kg/m³ dan 473kg/m³ (3,5 hingga 4 lb/US gal), yang berarti kurang dari setengah kepadatan air. LNG, jika tumpah di atas air, akan mengapung di atasnya dan menguap dengan cepat karena lebih ringan dari air. Awalnya uap LNG lebih berat daripada udara dan akan berada di dekat permukaan tanah. Namun, ketika uap LNG mulai dihangatkan oleh lingkungan sekitar dan mencapai suhu sekitar -110°C (-166°F), kepadatan uapnya lebih ringan dibandingkan udara dan uapnya menjadi lebih ringan. Uap LNG dingin (di bawah -166°F) lebih cenderung terakumulasi di daerah rendah hingga uapnya memanaskan. Pelepasan LNG di ruang tertutup atau tempat rendah akan cenderung menggantikan udara, sehingga membahayakan pernapasan.

Uap yang dikeluarkan dari LNG, jika tidak ditampung, akan bercampur dengan udara sekitar dan terbawa arah angin, sehingga dapat menimbulkan awan uap yang mudah terbakar dan meledak. Batasnya yaitu berkisar antara

5% hingga 15% volume di udara. Diluar kisaran ini, campuran metana/ udara tidak mudah terbakar.

Ketika konsentrasi bahan bakar melebihi *upper flammable limit*, bahan bakar tidak dapat terbakar karena terlalu sedikit oksigen yang ada. Situasi ini dapat terjadi, sebagai contoh, dalam keadaan tertutup, tangki penyimpanan yang aman dimana konsentrasi uapnya kira-kira 100% metana. Ketika konsentrasi bahan bakar berada di *lower flammable limit*, bahan bakar tidak dapat terbakar karena terlalu sedikit metana yang ada. Contohnya adalah kebocoran LNG dalam jumlah kecil di area yang berventilasibaik. Dalam situasi ini, uap LNG akan cepat bercampur dengan udara dan menghilang hingga konsentrasinya kurang dari 5%.

LNG yang diuapkan memiliki karakteristik termal yang sama dengan gas alam. Di area yang berventilasi baik, gas alam terbakar dengan kecepatan pembakaran yang rendah dan memiliki energi penyalaan yang tinggi dibandingkan bahan bakar hidrokarbon lainnya. Uap gas alam di area terbuka tidak menghasilkan ledakan awan uap bebas (*Unconfined Vapour Cloud Explosions*), yang lebih sering terjadi pada hidrokarbon yang lebih tinggi. Apakah awan uap yang mudah terbakar hanya terbakar kembali ke sumber uapnya atau mengalami ledakan bergantung pada banyak faktor: struktur kimia molekul uap, ukuran dan konsentrasi awan uap, kekuatan sumber penyulutan, dan derajat pengurangan dari awan uap. Kondisi yang diperlukan untuk menghasilkan ledakan awan uap gas alam yang tidak terbatas umumnya tidak terdapat di fasilitas LNG, sehingga ledakan semacam itu tidak boleh dianggap sebagai potensi bahaya.

4. Hukum Gas Ideal

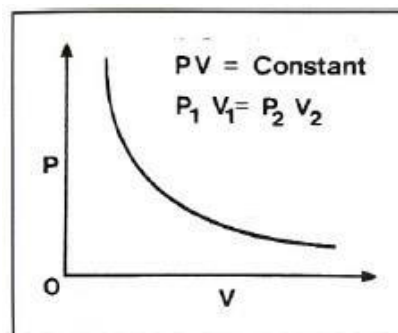
Gas ideal menurut Dr. Slamet Wiyono “Termodinamika Umum” (2021: 70-80), menganggap gas ideal sebagai suatu gas yang mengikuti prinsip yang dijelaskan dalam prinsip-prinsip termodinamika yang berlaku untuk gas ideal. Gas ideal adalah gas yang memiliki karakteristik sesuai dengan hukum gas berdasarkan molekulnya yang renggang dan tidak berlawanan satu sama lain. Semua gas dengan komposisi kimia apapun pada suhu tinggi dan tekanan rendah cenderung mempertahankan suatu hubungan sederhana tertentu di antara sifat-sifat makroskopisnya, yaitu tekanan, volume dan suhu. Adapun sifat-sifat gas ideal adalah sebagai berikut:

- a) Gas ideal terdiri dari partikel-partikel yang disebut molekul-molekul dalam jumlah besar. Molekul ini dapat berupa atom maupun kelompok atom.
- b) Ukuran partikel gas dapat diabaikan terhadap ukuran wadah.
- c) Setiap partikel gas selalu bergerak dengan arah sembarang (acak). Artinya, semua molekul bergerak ke segala arah dengan berbagai kelajuan.
- d) Partikel gas terdistribusi merata pada seluruh ruangan dalam wadah.
- e) Partikel gas memenuhi hukum newton tentang gerak.
- f) Setiap tumbukan yang terjadi (baik tumbukan antar molekul maupun tumbukan molekul dengan dinding) adalah tumbukan lenting sempurna dan terjadi pada waktu yang sangat singkat.

Akan tetapi, dalam kehidupan sehari-hari tidak ada gas yang memiliki karakteristik seperti itu, namun pada suhu ruangan dan tekanan sedang kebanyakan dari gas tak jenuh mendekati konsep tersebut. Hukum gas ideal mengatur hubungan antara tekanan mutlak (P), volume (V) dan suhu mutlak (T) untuk massa gas yang tetap. Hubungan antara ketiga variable ini telah dipelajari oleh para ilmuwan. Berikut adalah hukum gas ideal menurut para ahli:

1) Hukum Boyle

Hukum Boyle menyatakan bahwa apabila suhu gas dalam bejana tertutup dipertahankan konstan, maka tekanan gas berbanding terbalik dengan volumenya. Hasil kali tekanan dan volume gas pada suhu tetap adalah konstan. Pernyataan tersebut dapat diilustrasikan dalam grafik 2.1 dan dapat ditulis dalam persamaan sebagai berikut: $PV = \text{Konstan}$, atau $P_1V_1 = P_2V_2$

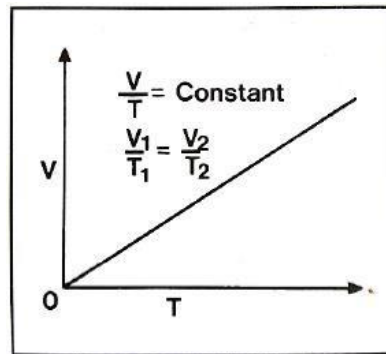


Grafik 2.1 Perbandingan tekanan dan volume

2) Hukum Charles

Seorang ilmuwan bernama Jacques Charles menemukan bahwa apabila tekanan gas yang berada dalam bejana tertutup dipertahankan konstan, maka volume gas sebanding dengan suhu mutlaknya. Pernyataan tersebut menjelaskan bahwa semua gas jika dapat didinginkan sampai suhu -273°C atau 0°K , maka volume gas tersebut akan mendekati nilai nol. Dengan demikian suhu ini adalah suhu terendah yang dapat dicapai gas yang disebut suhu nol mutlak. Nol mutlak merupakan dasar bagi skala suhu yang dikenal sebagai skala mutlak atau skala Kelvin. Penjelasan tersebut diilustrasikan dalam grafik 2.2 dan ditulis dalam persamaan sebagai berikut:

$$V / T = \text{Konstan, atau } V_1 / T_1 = V_2 / T_2$$

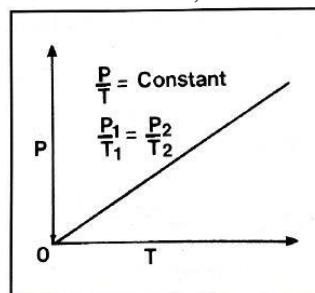


Grafik 2.2 Perbandingan volume dan suhu

3) Hukum Gay Lussac

Hukum Gay Lussac menyatakan bahwa apabila volume gas yang berada dalam bejana tertutup dipertahankan konstan, maka tekanan gas sebanding dengan suhu mutlaknya. Pernyataan tersebut diilustrasikan dalam grafik 2.3 dan ditulis dalam persamaan sebagai berikut:

$$P / T = \text{Konstan, atau } P_1 / T_1 = P_2 / T_2$$



Grafik 2.3 Perbandingan Tekanan dan Suhu

5. Hukum Termodinamika

Menurut Dr. Suprpto, “Termodinamika Modern” (2020:70-80), Hukum ini menyatakan bahwa energi dalam suatu sistem terjaga tetap (tidak bertambah atau berkurang), hanya berubah bentuknya. Bunyi hukum 1 termodinamika adalah sebagai berikut:

“Jumlah kalor pada suatu sistem ialah sama dengan perubahan energi di dalam sistem tersebut ditambah dengan usaha yang dilakukan oleh sistem.”

Pernyataan di atas menjelaskan bahwa apabila sistem melakukan usaha atau sistem mendapatkan kalor dari lingkungan, maka energi dalam sistem akan naik. Sebaliknya energi dalam sistem akan berkurang jika sistem melakukan usaha terhadap lingkungan atau sistem memberikan kalor pada lingkungan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa perubahan energi dalam sistem tertutup ialah selisih kalor yang diterima dengan usaha yang dilakukan oleh sistem.

Jika hal tersebut diterapkan dalam sistem penanganan muatan di atas kapal FSRU, pada saat LNG dengan volume tetap mendapatkan kalor, maka suhu dari LNG tersebut akan naik. Akibat dari kenaikan suhu ini, molekul-molekul LNG bergerak lebih cepat yang mengakibatkan tumbukan antara molekul dengan dinding lebih banyak. Tumbukan ini menyebabkan tekanan gas bertambah. Selain tekanan yang bertambah besar, energi kinetik gas juga meningkat, yang berarti energi dalam gas juga bertambah.

6. Gas Management System (GMS)

Menurut *Worldwide Marine Technology LTD* dalam buku *Cargo Operation Manual LNG B/C AVENIR ASCENSION* (2021 : Part 4 - 21) yang kemudian diterjemahkan penulis sebagai berikut:

Gas Management System (GMS) akan berusaha menjaga tekanan di tangki muatan dalam batas operasional normal. GMS juga berfungsi sebagai keamanan jika tekanan di tangki bergerak di luar parameter pengoperasian normal. Tugas utama dari sistem pengelolaan gas yaitu:

- a) Mengatur tekanan pada tangki muatan.
- b) Mengontrol keseluruhan mode bahan bakar.
- c) Mengontrol masuknya bahan bakar ke *Dual Fuel Diesel Engine (DFDE)* sesuai dengan kebutuhan.
- d) Mengontrol masuknya bahan bakar ke *Gas Combustion Unit (GCU)* sesuai dengan tekanan tangki dan kebutuhan.
- e) Pengontrol gas buang.

Tekanan pada tangki muatan dikendalikan dengan menghitung *Natural Boil-Off Gas (NBOG)* melalui alat pengontrol tekanantangi. Sinyal NBOG yang dihitung digunakan untuk menghitung pemuatan gas *Dual Fuel Diesel Engine (DFDE)*. Yang terakhir pengontrolan tekanan tangki adalah membuka katup buang ke cerobong. Pengaturan ini juga termasuk dalam sistem pengelolaan gas. Sistem pengelolaan gas akan mencoba untuk mengatur kestabilan tekanan gas yang dipasok ke kamar mesin.

Untuk melindungi tangki muatan dari tekanan berlebih akibat NBOG, *vapor* harus dikonsumsi oleh Mesin DFDE atau dibakar oleh GCU. Dalam keadaan darurat, *vapor* dapat dibuang ke atmosfer. Kompresor akan menyuplai gas NBO ke mesin DFDE, ketel uap bantu dan GCU sebagai bahan bakar gas guna menjaga tekanan *vapor main* tetap stabil. Jika mesin bahan bakar ganda memerlukan lebih sedikit bahan bakar gas daripada jumlah yang NBOG, tekanan *vapor main* akan meningkat. Untuk mencegah peningkatan tekanan, GCU harus diaktifkan untuk membakar sisa NBOG.

7. *Boil Off Gas (BOG)*

Menurut *Cargo Handling Manual – operating manual SOE STOLT 20K LNGC*: BOG adalah *Boil Off Gas* dari LNG adalah lebih ringan dari pada udara saat suhu gas di atas -100°C atau lebih berat daripada komposisi LNG. Oleh karena itu, saat gas dibuang ke atmosfer, gas akan cenderung mengarah ke atas dari lubang cerobong dan akan menyebar dengan cepat. Saat gas dingin bercampur dengan udara sekitar, gas yang bercampur udara akan muncul terlihat dengan segera awan putih yang disebabkan oleh

kondensasi dari pengembunan diudara. Umumnya secara aman diasumsikan bahwa rentan mudah terbakar gas yang bercampur udara tidak dapat melampaui secara signifikan kepengukuran dari awan putih. Suhu nyala otomatis darimetana, contohnya suhu terendah yang dibutuhkan gas untuk memanaskan itu menyebabkan pembakaran yang berkelanjutan tanpa pemicu oleh sebuah percikan atau api adalah 595°C.

8. Gas Combustion Unit (GCU)

Menurut Cargo Handling Manual – operating manual SOE STOLT 20K LNGC: A GCU is available on board for gas burning to control the cargo tank pressure in case of low consumption of NG to the engines. The GCU will be fed by either the cargo compressor or by free flow. Note that the cargo tank pressure needs to be above appr. 2.5 barg to be able to be within the operating range of 2-6 barg at the inlet to the GVU for the GCU. The GCU has a dedicated master valve and a N2 purging valve for purging of the piping up to the GCU GVU.

GCU telah dikembangkan secara khusus untuk pengendalian keamanan oksidasi dari BOG pada kapal pengangkut LNG. Sistem GCU diperlukan untuk membakar BOG dari tangki muatan dengan aman sambil tetap menjaga suhu gas buang pada cerobong asap.

GCU yang diilustrasikan terdiri dari cangkang kembar pengoksidasi yang dilengkapi dengan pembakar otomatis, pemindai pengawasan api dan pemantik energi yang tinggi. Pembakar gas utama yang terintegrasi dan GCU memiliki sistem katup gas khusus, minyak pembakar pendukung dengan sistem bahan bakar minyak terkait, dan set pompa bahan bakar minyak. Udara disuplai oleh kipas udara pembakaran / pengenceran untuk mendukung pembakaran dan memberikan pendinginan pada GCU.

Pembakar dan kotak pemasok angin terletak di dasar GCU. Sisi luar tabung dari bodi cangkang kembar GCU berfungsi sebagai struktur pendukung cerobong gas buang dan mencakup koneksi menuju pemindai api, pemantik, dan titik pantau api. Silinder bagian dalam bertindak sebagai ruang bakar dan di sekelilinglingkar luarnya, menyediakan jalur bagi udara lebur untuk mengalir ke dasar unit, menjaga efek pendinginan pada kulit

terluar sebelum bercampur dengan gas pembakaran. Gas dibakar dengan udara pembakaran terkontrol dan kemudian dicampur dengan udara yang melebur. Udara yang melebur dimasukkan di atas nyala api, menciptakan pencampuran turbulen antara udara lebur yang lebih dingin dengan gas panas, yang bertindak untuk mengurangi suhu gas buang hingga mencapai kriteria suhu yang disyaratkan.

Minyak pendukung pembakaran digunakan pada periode pembakaran BOG dengan kandungan nitrogen tinggi / rendah metana, seperti saat penyalaan awal setelah pemuatan dan selama operasi pembebasan gas tangki, untuk memastikan adanya nyala api yang stabil untuk mengoksidasi kantong metana di dalam cerobong. Kombinasi *Inert Gas Generator* (IGG)/GCU dipasang pada beberapa kapal pengangkut LNG yang lebih baru, dimana gasbuang dari GCU digunakan untuk menghasilkan gas inert.

9. Proses Memuat LNG

Tata cara proses memuat (*loading*) yang dilakukan di atas kapal LNG B/C AVENIR ASCENSION menurut *cargo handling manual – SOE STOLT 7.5K LNG BV Procedure* (2021:47-51) akan diuraikan dalam diagram 2.1 sebagai berikut:

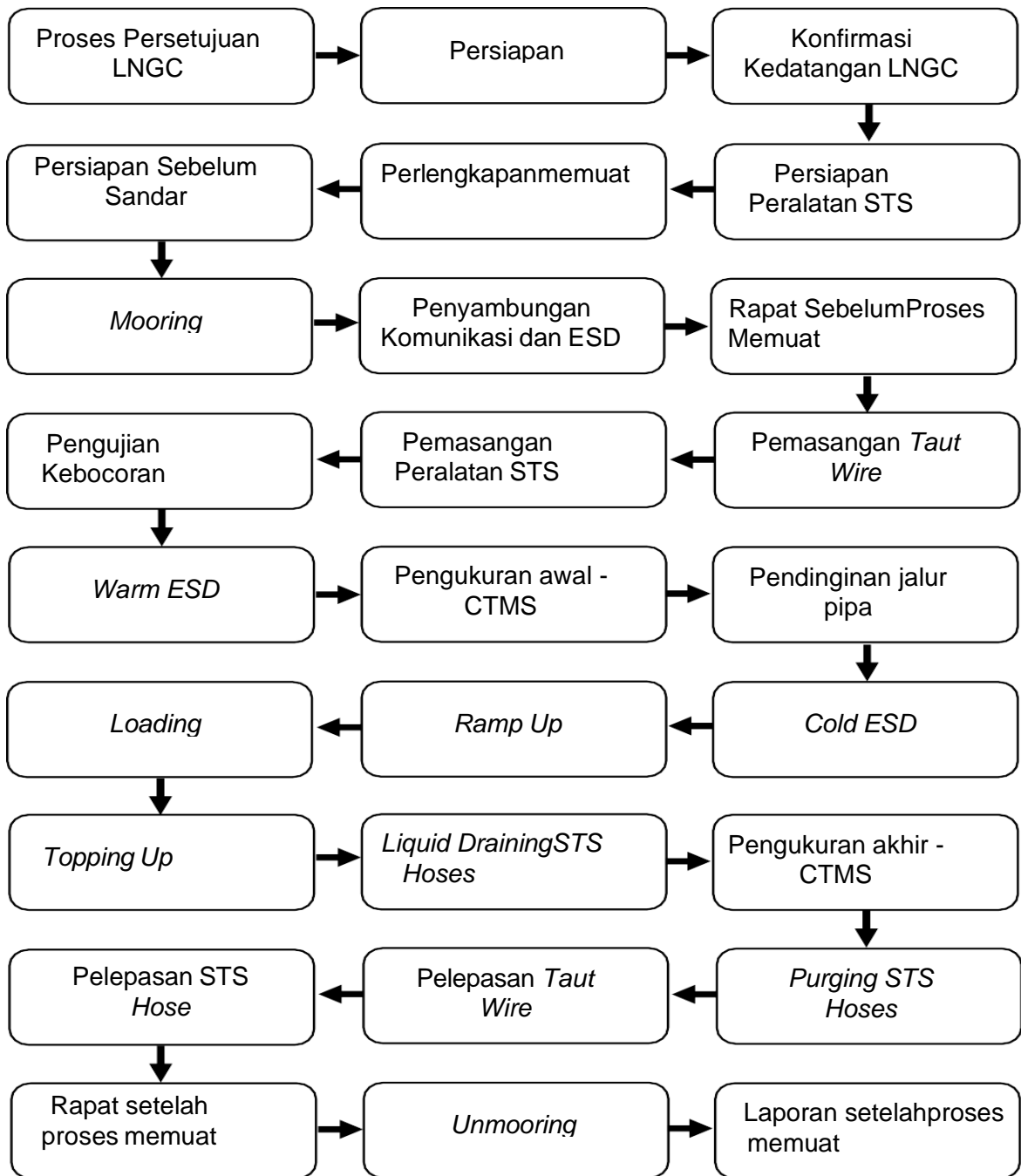


Diagram 2.1. Proses memuat LNG

10. Teori Pendukung Penerapan Manajemen

a) Pelatihan

Menurut Hasibuan (2023); Pelatihan adalah proses peningkatan kemampuan teknis, teoretis, konseptual, dan moral karyawan agar mereka dapat bekerja secara lebih efisien dan efektif. Pelatihan

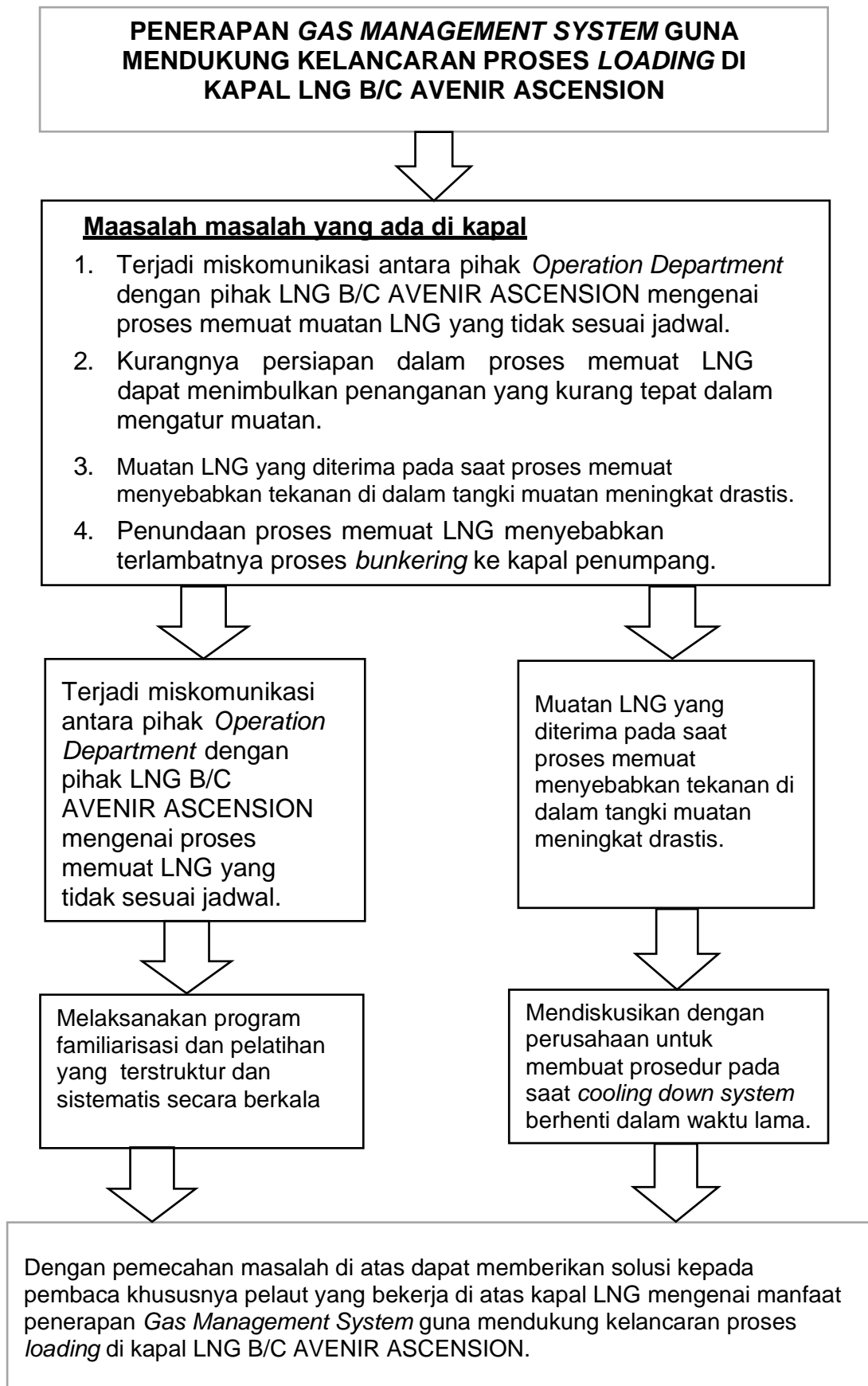
bertujuan untuk meningkatkan produktivitas, kualitas kerja, dan profesionalisme individu dalam pekerjaan tertentu. Pernyataan di atas merupakan gambaran kehidupan di kapal yang terjadi secara nyata. Pelatihan di atas kapal umumnya diberikan kepada perwira mualim maupun kepada seluruh anak buah kapal yang diibaratkan karyawan. Sang kepala kerja (*Chief Officer*) harus bisa menggambarkan kepada seluruh anak buah kapal mengenai apa yang mereka butuhkan dan apa yang dapat mereka lakukan selama bekerja di atas kapal. Hal ini juga termasuk tugas dan tanggung jawab mereka dalam pengoperasian dan pengendalian muatan LNG.

Dibutuhkan pengenalan dan pelatihan tentang alat-alat di atas kapal terutama yang berkaitan dengan prosedur memuat maupun *Cooling Down System* pada LNG untuk membuat sebuah tim di atas kapal menjadi paham dengan sistem kerja yang ada. Dengan adanya pelatihan-pelatihan yang dilakukan kepada seluruh anak buah kapal, sehingga seluruh anak buah kapal dapat mengerti tugas dan tanggung jawab masing-masing selama mereka bekerja di atas kapal. Pelatihan yang baik merupakan sesuatu yang vital.

b) Familiarisasi

Menurut *International Safety Management (ISM) Code, Part A Section 6 - Resources And Personnel* (Sumber Daya dan Personil) bahwa salah satu dari peraturan yang diharuskan adalah familiarisasi bagi personil yang baru ditempatkan untuk memahami dengan benar tugas dan tanggung jawabnya, yang berhubungan dengan keselamatan kerja dan perlindungan lingkungan. Tujuan familiarisasi bagi anak buah kapal adalah untuk membantu anak buah kapal mengenal kapal dan lingkungan kerjanya, serta memastikan bahwa anak buah kapal memahamitugas dan tanggung jawab mereka selama bekerja di atas kapal. Ini juga dapat membantu mengurangi risiko kecelakaan dan memastikan keselamatan dan kenyamanan mereka selama bekerja di atas kapal.

B. KERANGKA PEMIKIRAN



BAB III

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

Deskripsi data yang disajikan merupakan gambaran mengenai kejadian di atas kapal yang menjadi latar belakang penulis untuk membuat makalah ini. Bertindak sebagai kapal LNG *Carrier* tentu saja diperlukan kecakapan dalam hal penanganan dan pengendalian muatan di atas kapal LNG B/C AVENIR ASCENSION. Berikut uraian peristiwa mengenai tekanan tinggi dalam tangki muatan yang terjadi di atas kapal.

1. **Terjadi miskomunikasi antara pihak *Operation Department* dengan pihak LNG B/C AVENIR ASCENSION mengenai proses memuat LNG yang tidak sesuai jadwal.**

Pada tanggal 4 Juli 2024 kapal LNG B/C AVENIR ASCENSION dijadwalkan akan memuat LNG sebesar 6900 m³ dari kapal FSRU INDEPENDENCE yang bermuatan LNG di pelabuhan Klaipeda, Lithuania. Proses pemuatan dengan FSRU INDEPENDENCE sesuai dengan *order* dari *Operation Department*. Namun pada tanggal 28 Juni 2024 pemberitahuan mengenai proses memuat berubah secara mendadak menjadi 1 minggu lebih awal dari jadwal sebelumnya, yaitu tanggal 4 Juli 2024. Hal ini menyebabkan persiapan-persiapan yang harus dilakukan menjelang proses memuat menjadi terburu-buru dan tidak maksimal. Dan risiko terburuk yang terjadi adalah proses penyandaran terhadap kapal FSRU INDEPENDENCE mengalami penundaan dikarenakan masih tingginya tekanan di dalam tangki muatan kapal LNG B/C AVENIR ASCENSION.

Hal ini bermula setelah selesai proses *bunkering* - STS dengan kapal penumpang yang dilakukan pada tanggal 20 Juni 2024 hingga tanggal 21 Juni 2024 di pelabuhan Trelleborg, Sweden, terdapat banyak kegiatan perbaikan yang dilakukan oleh ABK di atas kapal. Adapun kegiatan yang dilakukan

setelah selesai proses *bunkering* - STS dari tanggal 22 Juni 2024 hingga sebelum proses memuat padatanggal 28 Juni 2024 adalah seperti berikut:

TANGGAL	KEGIATAN YANG DILAKSANAKAN
22 Juni 2024	Melakukan ventilasi <i>Forepeak Tank</i> (FPT) dan <i>Afterpeak Tank</i> (APT) selama 24 jam untuk persiapan inspeksi.
23 Juni 2024	Melakukan inspeksi FPT dan APT <i>Chief Officer</i> (C/O) bersama pihak DNV dan BKI melakukan ventilasi <i>Water Ballast Tank</i> (WBT) #4 <i>Starboard</i> dan <i>Portside</i> selama 24 jam.
24 Juni 2024 s/d 26 Juni 2024	Melakukan <i>Maintenance Work</i> seperti <i>chipping</i> dan <i>Painting</i> pada WBT #4 <i>Starboard</i> dan <i>Portside</i> .
26 Juni 2024 s/d 27 Juni 2024	Melakukan <i>Pressure Test</i> untuk cadangan <i>STS Hose</i> oleh <i>third officer</i> .
27 Juni 2024	Melakukan ventilasi <i>Water Ballast Tank</i> (WBT)#3 <i>Starboard</i> dan <i>Portside</i> .
28 Juni 2024	Melakukan inspeksi <i>Water Ballast Tank</i> (WBT) #3 <i>Starboard</i> dan <i>Portside</i> , APT <i>Water Ballast Tank</i> dan FWD <i>Water Ballast Tank</i> yang dilakukan secara bergantian oleh <i>Chief Officer</i> , <i>Second Officer</i> , <i>Third Officer</i> .

Tabel 3.1. Kegiatan pada tanggal 22 Juni 2024 sampai 28 Juni 2024

Selama bulan Juni 2024 terdapat 13 kali melakukan proses *bunkering* dan 3 kali *loading*. Sejak dari terakhir *bunkering* bulan ini terjadi kekosongan permintaan untuk proses *bunkering* yang mengakibatkan meningkatnya BOG yang berada di dalam tangki muatan. Penyebab utama BOG meningkat dikarenakan beberapa peralatan di dalam sistem pendingin berjalan tidak maksimal. Oleh karena itu, *Junior Officer* yang berdinast jaga terkadang harus melakukan pengawasan saat *cooling down* yang berfungsi untuk menjaga suhu dan tekanan muatan dalam tanki agar tetap dingin.

Namun terkadang ketika *Junior Officer* melakukan *Cooling Down*, hal tersebut dilakukan pada saat tidak ada pengawasan *Chief Officer* yang menyebabkan sering terjadinya kesalahan prosedur terhadap penanganan muatan yang berujung meningkatnya tekanan di dalam tangki muatan. Penyebab lain BOG meningkat yaitu karena faktor permesinan seperti kompresor sudah waktunya dilakukan perawatan skala besar (*overhaul*). Namun hal ini tidak dapat dilakukan dikarenakan suku cadang yang sulit didapatkan. Sehingga BOG yang dihisap oleh kompresor untuk kemudian di kirim ke ruang mesin dan GCU, menjadi tidak maksimal. Kejadian ini terjadi terus menerus dalam kekosongan proses *Cooling Down* yang cukup lama. Hal ini cukup membuat semua pihak baik Nakhoda, *Officer*, *Engineer*, dan pihak kantor menjadi khawatir. Hal ini dikarenakan pada layar sistem di *Cargo Control Room* (CCR) yang selalu mencatat perkembangan semua sistem, tekanan di dalam tangki muatan terus mengalami kenaikan.

Data tekanan pada tangki muatan yang tercatat di atas kapal LNG B/C AVENIR ASCENSION, yaitu 632 mbarg. Angka tersebut merupakan angka yang cukup tinggi dan tidak sesuai dengan permintaan dari pihak FSRU INDEPENDENCE, yang mana meminta untuk *loading* dengan tekanan dalam tangki muatan kapal LNG B/C AVENIR ASCENSION berkisar antara 250 – 300 mbarg.

	CT 1	CT 2
Temperature (°C)		
100% (T8)	-121.5 V	-121.3 V
80% (T5)	-125.7 V	-126.6 V
60% (T4)	-128.1 V	-128.7 V
40% (T3)	-130.3 V	-129.7 V
20% (T2)	-140.9 V	-133.0 V
0% (T1)	-154.45 L	-154.39 L
Avg. vapour temp. (°C)	-129.30	-127.86
Total avg. vapour temp. (°C)		-128.58
Avg. liquid temp. (°C)	-154.45	-154.39
Total avg. liquid temp. (°C)		-154.42
Vapour pressure (barG)	0.632	0.632
Vapour pressure (mbarA)	1633	1633
Avg. vapour pressure (mbarA)		1633

Gambar 3.1. Tekanan yang tercatat di atas kapal

2. Muatan LNG yang diterima pada saat proses memuat menyebabkan tekanan di dalam tangki muatan meningkat drastis.

Pada tanggal 30 Juni 2024 LNG B/C AVENIR ASCENSION melaksanakan proses memuat dengan kapal FSRU INDEPENDENCE yang berlangsung selama 6 jam. Proses memuat dari kapal FSRU INDEPENDENCE dengan

proses STS transfer di Klaipeda, Lithuania. Sebelum proses memuat dengan kapal FSRU INDEPENDENCE, persiapan-persiapan dilakukan sesuai dengan buku prosedur yang diberikan perusahaan. Selama proses memuat dari FSRU INDEPENDENCE, LNG B/C AVENIR ASCENSION juga menerima perintah dari *operation department* untuk menjalankan GCU sampai proses memuat selesai. Pada pukul 21:36 LT saat awal proses memuat LNG berlangsung, tekanan di dalam tangki muatan LNG B/C AVENIR ASCENSION tercatat sebesar 632 mbarg dengan suhu *vapour* sebesar -128.58°C dan suhu *liquid* sebesar -154.42°C (*Certificate measurement before loading* dapat dilihat dalam Lampiran 3). Muatan LNG yang diterima cukup panas sehingga membuat tekanan di dalam tangki muatan mengalami peningkatan. Pada pukul 06.12 LT tanggal 01 Juli 2024, terjadi kenaikan tekanan yang sangat tinggi di dalam tangki muatan. Data yang tercatat yaitu tekanan sebesar 958 mbarg dengan suhu *vapour* sebesar -127,80°C dan suhu *liquid* sebesar -156,58°C. (*Certificate measurement after loading* dapat dilihat dalam Lampiran 4).

Chief Officer yang pada saat itu menjadi penanggung jawab proses memuat dan juga ikut berdinas jaga bersama mualim 3, langsung menghubungi Nakhoda dan memberikan informasi mengenai kejadian tersebut. Kemudian *Chief Officer* melakukan tindakan antisipasi yaitu menghidupkan GCU (*Gas Combustion Unit*) yang berfungsi untuk membakar BOG sehingga menurunkan tekanan di dalam tangki muatan. Perlu diketahui bahwa menghidupkan GCU selama proses *loading* adalah tindakan yang dilarang karena perlu mendapatkan ijin dari otoritas pelabuhan setempat. Dari data yang tercatat pada proses memuat STS dengan FSRU INDEPENDENCE, peningkatan tekanan yang terjadi disebabkan oleh aliran muatan LNG yang diterima dari FSRU sudah cukup panas sehingga terjadi pemuain BOG yang besar didalam tangki muatan. Selain tekanan yang cukup tinggi pada saat awal pengisian muatan, juga turut memberikan kontribusi terhadap kenaikan tekanan di dalam tangki muatan.

Oleh karena itu, sebagai persyaratan keamanan dalam proses memuat diwajibkan

untuk mengatur tekanan tangki muatan sebesar antara 250 mbarg sampai dengan 300 mbarg sesuai permintaan dari pihak FSRU INDEPENDENCE hal ini dilakukan untuk mengantisipasi lonjakan tekanan di dalam tangki muatan ketika proses memuat LNG berlangsung.

B. ANALISIS DATA

Berdasarkan permasalahan yang terjadi terkait apa yang menyebabkan tingginya tekanan pada tangki muatan, maka untuk mencari pemecahan masalah, terlebih dahulu penulis melakukan analisis data yang dianggap sebagai Faktor penyebab terjadinya masalah dengan metode analisa data *Fishbone diagram*.

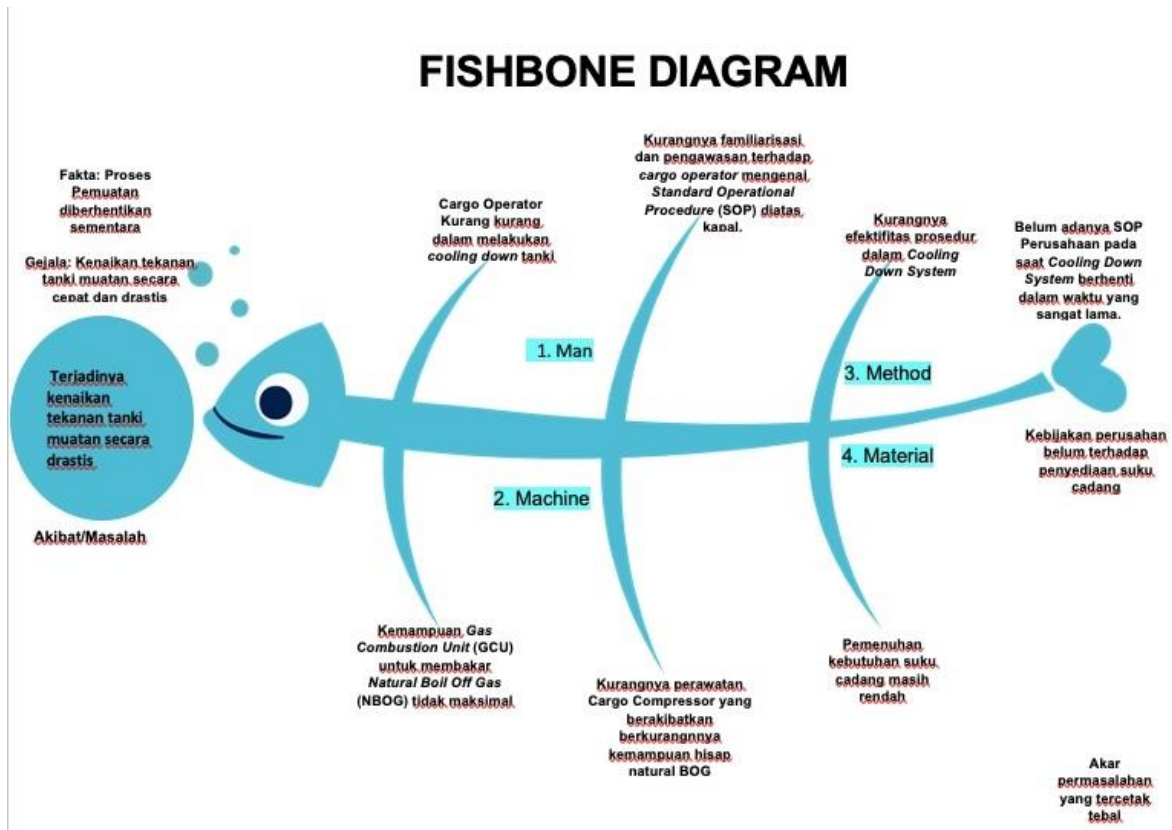


Diagram 3.1 Fishbone Diagram

1. Faktor Manusia (Man)

Analisis faktor penyebab manusia adalah analisis sebab-akibat terhadap unsur manusia yang mempunyai kontribusitimbulnya masalah terjadinya tekanan tinggi pada tangki muatan yang melebihi batas aman yaitu ABK yang bertindak

sebagai *cargo operator* untuk mengoperasikan sistem pendingin di atas kapal. Berikut ini adalah uraian hasil analisis akar penyebab masalah dari faktor manusia.

a. *Cargo operator* kurang cermat dalam melakukan *cooling down* tangki muatan.

Tidak cermatnya operator kargo dalam melakukan *cooling down* tangki muatan dapat menyebabkan berbagai risiko dan masalah, baik pada kondisi operasional maupun keselamatan. Berikut adalah beberapa dampaknya:

1) Kerusakan pada Tanki

- a) *Thermal Shock*: Jika proses *cooling down* dilakukan terlalu cepat atau tidak sesuai prosedur, perubahan suhu ekstrem dapat menyebabkan *thermal shock* pada dinding tangki. Hal ini dapat mengakibatkan keretakan atau deformasi.
- b) Kerusakan Isolasi: Proses pendinginan yang tidak merata dapat merusak lapisan isolasi termal tangki.

2) Kehilangan Efisiensi Operasional

- a) Kondensasi yang Tidak Terkontrol: Jika tangki tidak mencapai suhu yang sesuai dengan muatan (misalnya *LNG* atau bahan kriogenik lainnya), bisa terjadi kondensasi uap yang tidak diinginkan, meningkatkan tekanan dalam tangki.
- b) Penundaan Pengisian: Tangki yang tidak mencapai suhu ideal mungkin memerlukan waktu tambahan untuk mencapai kondisi optimal, sehingga menghambat jadwal operasi.

3) Risiko Keselamatan

- a) *Overpressure* : Kurangnya pengontrolan suhu dapat menyebabkan tekanan meningkat akibat ekspansi gas, berpotensi menyebabkan pelepasan tekanan darurat atau bahkan kegagalan struktural.

- b) Kebocoran atau Kecelakaan: Proses *cooling down* yang tidak sesuai dapat melemahkan sambungan pipa, katup, atau komponen lainnya, meningkatkan risiko kebocoran.

4) Kerugian Finansial

- a) Biaya Perbaikan: Kerusakan pada tangki atau sistem pendingin memerlukan biaya perbaikan yang signifikan.
- b) Penurunan Kapasitas Muatan: Efisiensi operasional yang terganggu dapat memengaruhi kemampuan kapal untuk membawa muatan sesuai kapasitasnya.

Rekomendasi untuk Menghindari Ketidaktepatan:

- a) Patuhi Prosedur Standar: Pastikan semua tahapan *cooling down* dilakukan sesuai dengan *manual book*.
- b) Pengawasan yang Ketat: Monitor suhu, tekanan, dan waktu selama proses pendinginan berlangsung.
- c) Pelatihan Operator: Berikan pelatihan khusus untuk meningkatkan pemahaman operator mengenai pentingnya *cooling down* yang tepat.
- d) Penggunaan Peralatan yang Tepat: Pastikan sensor suhu, katup pengontrol, dan sistem pendinginan dalam kondisi baik dan dikalibrasi secara berkala.

b. Kurangnya familiarisasi dan pengawasan terhadap *cargo operator* mengenai *Standard Operational Procedure (SOP)* di atas kapal.

Kurangnya familiarisasi dan pengawasan terhadap *cargo operator* mengenai *Standard Operational Procedure (SOP)* di atas kapal dapat menyebabkan sejumlah masalah serius dalam pengoperasian dan keselamatan kapal, terutama saat menangani cargo berbahaya seperti LNG (*Liquefied Natural Gas*). SOP merupakan panduan operasional yang sangat penting untuk memastikan bahwa semua prosedur dilakukan dengan benar, aman, dan efisien. Tanpa familiarisasi yang memadai, serta tanpa pengawasan yang

tepat, operator dapat melakukan kesalahan yang merugikan keselamatan, kinerja, dan keberlanjutan operasional kapal. Berikut adalah penyebab, dampak, dan solusi terkait masalah ini.

Penyebab Kurangnya Familiarisasi dan Pengawasan terhadap SOP di atas Kapal:

- 1) Pelatihan yang Tidak Memadai
 - a) Pelatihan yang Tidak Cukup: Operator yang kurang mendapatkan pelatihan terkait SOP mungkin tidak sepenuhnya memahami pentingnya prosedur yang harus diikuti atau langkah-langkah yang harus diambil dalam situasi darurat.
 - b) Pelatihan yang Tidak Rutin: Jika pelatihan tidak dilakukan secara berkala atau tidak mencakup pembaruan terbaru pada SOP, operator mungkin tidak selalu mengetahui prosedur yang paling baru dan relevan.
- 2) SOP yang Tidak Tersosialisasi dengan Baik
 - a) Dokumentasi SOP yang kurang Jelas: Jika SOP tidak disusun dengan cara yang mudah dipahami atau tidak terdokumentasi dengan baik, operator dapat mengalami kesulitan dalam mengikuti langkah-langkah yang benar.
 - b) Kurangnya Penyebaran SOP yang Efektif: Meskipun SOP ada, jika tidak didistribusikan secara tepat atau tidak disosialisasikan dengan baik kepada pihak khususnya *operation department*, bisa berakibat pada operator yang mana belum sesuai dalam menjalankan prosedur yang harus diikuti.
- 3) Pengawasan yang Kurang Ketat
 - a) Kurangnya Pengawasan Langsung: Tanpa pengawasan yang cukup oleh pihak yang berkompeten, operator mungkin tidak mengikuti SOP dengan konsisten. Pengawasan yang lemah memungkinkan

kesalahan terjadi tanpa ada intervensi cepat.

- b) Tidak Adanya Evaluasi Kinerja: Jika tidak ada evaluasi atau audit berkala terhadap kinerja operator dalam mengikuti SOP, kelemahan atau kesalahan dalam pengoperasian bisa terlewatkan.

4) Kesibukan Operasional yang Tinggi

Tekanan Waktu atau Beban Kerja Berlebihan: Dalam situasi operasional yang sangat padat, operator mungkin tergoda untuk mengabaikan atau mengurangi pelaksanaan SOP untuk mempercepat proses, yang dapat menyebabkan kesalahan.

5) Kurangnya Pengetahuan Tentang Bahaya atau Risiko

Ketidaktahuan Terhadap Risiko Keselamatan: Tanpa familiarisasi yang memadai dengan potensi bahaya yang terkait dengan penanganan cargo (misalnya LNG yang sangat mudah terbakar), operator mungkin kurang waspada terhadap langkah-langkah pencegahan yang harus dilakukan.

Dampak dari Kurangnya Familiarisasi dan Pengawasan terhadap SOP

1) Kesalahan Operasional

- a) Prosedur yang Salah: Kurangnya familiarisasi dengan SOP dapat menyebabkan operator melakukan prosedur yang salah, yang berpotensi merusak *cargo*, peralatan kapal, atau bahkan menimbulkan kebakaran atau kecelakaan lainnya.

- b) Kesalahan dalam Penanganan *Cargo*: Khususnya dalam pengangkutan barang berbahaya seperti LNG, kesalahan prosedur dapat menyebabkan kebocoran, penurunan kualitas *cargo*, atau kerusakan serius pada kapal.

2) Peningkatan Risiko Keselamatan

- a) Potensi Kecelakaan atau Kebakaran: Pengoperasian yang tidak sesuai dengan SOP bisa meningkatkan risiko kecelakaan, termasuk

kebakaran atau ledakan, terutama pada LNG yang sangat mudah terbakar.

- b) Bahaya bagi Kru dan Lingkungan: Kurangnya pengawasan dan kepatuhan terhadap SOP dapat menyebabkan bahaya baik bagi kru kapal maupun bagi lingkungan sekitar, terutama dalam hal tumpahan atau kebocoran bahan berbahaya.
- 3) Kerusakan Reputasi dan Kepercayaan
- a) Kehilangan Kepercayaan Pelanggan dan Pihak Berwenang: Perusahaan yang tidak mampu menjaga kepatuhan terhadap SOP berisiko kehilangan kepercayaan pelanggan atau pihak berwenang, yang dapat berdampak pada reputasi dan hubungan bisnis jangka panjang.
 - b) Sanksi Regulasi: Pengabaian terhadap prosedur keselamatan yang ditetapkan dapat menyebabkan sanksi dari pihak regulator, termasuk denda atau larangan operasional.
- 4) Keterlambatan dan Kerugian Operasional
- a) Gangguan pada Proses Operasi: Kesalahan dalam mengikuti SOP dapat memperlambat operasional, menunda pengiriman, atau memerlukan waktu ekstra untuk memperbaiki masalah yang terjadi.
 - b) Kerugian Finansial: Selain kerugian akibat kecelakaan atau kerusakan peralatan, perusahaan juga dapat menghadapi kerugian finansial yang signifikan karena *downtime* operasional dan biaya tambahan yang terkait dengan perbaikan dan penyelidikan.
- 5) Kinerja Kapal yang Menurun
- a) Penurunan Efisiensi Operasional: Tanpa pengawasan yang memadai, prosedur yang salah dapat menyebabkan penurunan efisiensi operasional kapal, termasuk dalam pengelolaan BOG (*Boil Off Gas*) atau sistem pengangkutan lainnya.

Solusi untuk Meningkatkan Familiarisasi dan Pengawasan terhadap SOP

- 1) Peningkatan Pelatihan dan Pendidikan Operator
 - a) Pelatihan Berkala dan Simulasi: Melaksanakan pelatihan dan simulasi secara rutin untuk memastikan bahwa semua operator memahami SOP dan dapat mengaplikasikannya dengan benar dalam situasi nyata.
 - b) Pelatihan Khusus untuk Setiap Prosedur: Memberikan pelatihan yang lebih spesifik dan mendalam sesuai dengan jenis *cargo* yang diangkut, misalnya pelatihan penanganan LNG, serta prosedur keselamatan yang terkait.
 - c) Penggunaan Modul Pelatihan Interaktif: Memanfaatkan teknologi, seperti *e-learning* atau pelatihan berbasis virtual, untuk memastikan semua operator dapat mengakses informasi dan memahaminya secara menyeluruh.
- 2) Distribusi dan Sosialisasi SOP yang Efektif
 - a) Dokumentasi SOP yang Jelas dan *ter-update*: Memastikan bahwa SOP yang ada selalu terorganisir dengan baik, jelas, dan mudah diakses oleh semua operator. Semua perubahan dalam SOP harus disosialisasikan dan diperbarui secara berkala.
 - b) Penggunaan Alat Bantu Visual: Menggunakan alat bantu visual seperti poster, diagram, atau video yang menggambarkan prosedur yang tepat, untuk mempermudah pemahaman operator.
- 3) Peningkatan Pengawasan dan Evaluasi Kinerja.
 - a) Pengawasan yang Lebih Ketat: Menetapkan sistem pengawasan yang ketat, baik dengan supervisor di kapal maupun dengan menggunakan teknologi pemantauan jarak jauh, untuk memastikan bahwa SOP diikuti dengan benar.
 - b) Evaluasi Kinerja Rutin: Melakukan evaluasi rutin terhadap kinerja

operator dalam mengikuti SOP, dengan memberikan umpan balik yang konstruktif dan mendiskusikan area yang perlu diperbaiki.

4) Audit Kepatuhan SOP Secara Berkala

a) Audit Internal: Melakukan audit internal terhadap kepatuhan terhadap SOP, termasuk pemeriksaan prosedur yang telah dilaksanakan oleh operator, untuk menemukan dan memperbaiki potensi kesalahan.

b) Pengawasan Pihak Ketiga: Mengundang pihak ketiga atau auditor independen untuk melakukan evaluasi terhadap implementasi SOP dan memberikan saran atau perbaikan.

5) Penguatan Prosedur Tanggap Darurat

a) Simulasi Tanggap Darurat: Melakukan latihan tanggap darurat secara berkala untuk memastikan bahwa operator tahu prosedur yang harus diikuti jika terjadi kecelakaan atau insiden yang melibatkan cargo berbahaya.

b) Penyuluhan tentang Risiko dan Bahaya: Memberikan penyuluhan yang mendalam kepada semua kru kapal mengenai risiko-risiko yang terkait dengan setiap tahap operasional, terutama dalam penanganan bahan berbahaya seperti LNG.

c) Peningkatan Sistem Komunikasi

d) Sistem Komunikasi yang Efektif: Memastikan adanya sistem komunikasi yang jelas antara operator di kapal dan tim darat, untuk menjamin bahwa semua pihak memiliki informasi yang sama dan dapat bertindak sesuai dengan SOP jika diperlukan.

e) Laporan Kesalahan dan Perbaikan: Membuat saluran laporan untuk kesalahan atau pelanggaran terhadap SOP, agar dapat diidentifikasi dan diperbaiki sesegera mungkin.

Dengan penerapan solusi-solusi ini, perusahaan dapat meningkatkan familiarisasi operator terhadap SOP, memastikan kepatuhan yang lebih

baik, dan meminimalkan risiko operasional yang dapat terjadi akibat kesalahan manusia. Pengawasan yang lebih ketat dan pelatihan yang berkelanjutan akan sangat mendukung terciptanya operasi kapal yang lebih aman dan efisien..

2. Faktor Mesin (*Machine*)

Analisis faktor penyebab mesin adalah analisis sebab-akibat terhadap unsur mesin yang mempunyai kontribusi timbulnya masalah terjadinya tekanan tinggi pada tangki muatan yaitu permesinan yang digunakan dalam sistem pendingin untuk mempertahankan tekanan di dalam tangki muatan. Berikut ini adalah uraian hasil analisis akar penyebab masalah dari faktor mesin.

a. Kemampuan *Gas Combustion Unit (GCU)* untuk membakar *natural Boil Off Gas (BOG)* tidak maksimal

Ketidakmampuan *Gas Combustion Unit (GCU)* untuk membakar *Natural Boil Off Gas (BOG)* LNG secara maksimal dapat disebabkan oleh beberapa faktor teknis yang mempengaruhi proses pembakaran. Mengingat bahwa *LNG (Liquefied Natural Gas)* mengandung *methane (CH₄)* sebagai komponen utama, ada beberapa tantangan spesifik dalam membakar BOG secara efisien.

Berikut adalah penyebab umum, dampak yang mungkin timbul, serta solusi untuk mengatasi masalah ini:

Penyebab Tidak-maksimalnya Pembakaran BOG LNG.

1) Komposisi Gas BOG yang Tidak Stabil

- a) Fluktuasi Komposisi Gas: Komposisi BOG yang terbentuk selama proses penyimpanan LNG dapat bervariasi tergantung pada suhu dan tekanan tangki penyimpanan. Gas yang terbentuk bisa lebih kaya dengan etana, propana, atau bahkan lebih sedikit metana.

Pembakaran yang optimal memerlukan campuran bahan bakar yang stabil dan sesuai dengan parameter desain GCU.

b) Kadar *Methane* yang Terlalu Rendah: Jika BOG mengandung kadar metana yang rendah, pembakar mungkin kesulitan mencapai suhu pembakaran yang cukup tinggi atau stabil.

2) *Air-Fuel Ratio* yang Tidak Tepat.

Ketidakseimbangan Udara dan Gas: Untuk pembakaran yang efisien, GCU membutuhkan campuran udara dan gas yang tepat (rasio udara-bahan bakar). Jika rasio ini terlalu kaya (terlalu banyak bahan bakar) atau terlalu miskin (terlalu sedikit bahan bakar), pembakaran tidak akan optimal.

3) Kerusakan atau Kelemahan pada Komponen GCU

a) tidak *Burner* yang Kotor atau Aus: Penumpukan kotoran atau karbon pada *burner* atau nozel pembakar dapat menghalangi aliran gas atau mengurangi efisiensi pembakaran.

b) Masalah pada Sistem Pengontrol: Ketidakakuratan sensor atau kegagalan pada sistem kontrol otomatis yang mengatur aliran gas dan udara dapat menyebabkan pembakaran tidak stabil atau lengkap.

4) Tekanan Gas BOG yang Tidak Stabil

Tekanan BOG yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat mengganggu proses pembakaran. Tekanan gas yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan oleh GCU dapat menyebabkan pembakaran yang tidak sempurna.

5) Fluktuasi Suhu

Suhu Gas yang Tidak Sesuai: BOG LNG yang berasal dari tangki penyimpanan memiliki suhu yang sangat rendah (sekitar -162°C), sehingga perlu dipanaskan terlebih dahulu untuk mencapai suhu pembakaran yang tepat. Jika proses pemanasan tidak tepat atau tidak cukup, pembakaran menjadi kurang efisien.

6) Kualitas Udara yang Masuk

Kelembapan Udara: Kelembapan yang tinggi atau kualitas udara yang buruk dapat mengganggu proses pembakaran, mengurangi suhu dan efisiensi pembakaran.

Dampak dari Pembakaran BOG LNG yang Tidak Maksimal.

1) Penurunan Efisiensi Energi

Pemborosan Energi: BOG LNG yang tidak terbakar secara maksimal akan membuang potensi energi yang dapat dimanfaatkan, yang berdampak pada penurunan efisiensi operasi fasilitas.

2) Peningkatan Emisi Gas Berbahaya

Pembakaran Tidak Sempurna: Gas yang tidak terbakar sepenuhnya (seperti metana atau karbon monoksida) dapat dilepaskan ke atmosfer, meningkatkan emisi dan dampak lingkungan.

3) Risiko Keamanan

a) Akumulasi Tekanan: Jika *BOG* tidak terbakar dengan baik, tekanan dalam sistem penyimpanan dapat meningkat, meningkatkan risiko kebocoran atau bahkan ledakan.

b) Kebocoran Gas: Jika pembakaran *BOG* tidak maksimal, gas yang tidak terbakar dapat melarikan diri dan meningkatkan potensi kebakaran atau ledakan.

4) Kerusakan Peralatan

Kerusakan pada *GCU*: Pembakaran yang tidak stabil dapat menyebabkan suhu tinggi yang merusak komponen *GCU*, seperti *burner* dan katup kontrol, serta mempercepat keausan.

Solusi dan Tindakan Perbaikan.

1) Pemeliharaan Rutin GCU

Lakukan pembersihan dan perawatan berkala pada *burner* dan komponen sistem pembakaran untuk memastikan tidak ada penumpukan karbon atau kotoran yang menghalangi aliran gas.

2) Pengaturan dan Kalibrasi Sistem Kontrol

a) Kalibrasi sensor dan kontrol otomatis untuk memastikan aliran gas dan udara tetap berada dalam rasio yang tepat untuk pembakaran optimal.

b) Periksa dan atur tekanan gas BOG agar berada dalam rentang yang sesuai dengan spesifikasi GCU.

3) Pemanasan dan Penyesuaian Suhu BOG

a) Gunakan sistem pemanasan yang efektif untuk memastikan bahwa BOG memiliki suhu yang cukup untuk pembakaran sebelum memasuki GCU.

b) Pastikan pemanas dalam GCU berfungsi dengan baik untuk menaikkan suhu gas ke level yang sesuai untuk pembakaran.

4) Analisis Komposisi BOG

Jika memungkinkan, lakukan pemantauan dan analisis komposisi BOG untuk memastikan konsentrasi metana dalam gas cukup untuk pembakaran yang stabil.

5) Pelatihan dan Peningkatan Keterampilan Operator

Operator perlu diberikan pelatihan untuk memahami pengaruh perubahan suhu, tekanan, dan komposisi BOG terhadap kinerja GCU. Mereka juga harus tahu bagaimana cara mengatasi masalah yang mungkin muncul selama operasi.

6) *Upgrade* Sistem GCU

Jika GCU yang ada tidak mampu menangani fluktuasi volume dan komposisi BOG dengan baik, pertimbangkan untuk melakukan *upgrade* atau mengganti dengan unit yang lebih canggih yang dapat menangani variasi BOG dengan lebih efisien.

Dengan langkah-langkah di atas, kemampuan GCU untuk membakar BOG LNG secara maksimal dapat ditingkatkan, yang akan memperbaiki efisiensi operasional dan mengurangi risiko yang terkait dengan pembakaran gas LNG.

b. Kurangnya perawatan *cargo compressor* menyebabkan kinerja menurun dalam menjaga *natural Boil Off Gas* (BOG)

Kurangnya perawatan pada *cargo compressor* dalam pengangkutan LNG atau produk cair lainnya dapat menyebabkan penurunan kinerja yang signifikan dalam menjaga pengendalian *Natural Boil Off Gas* (BOG). *Cargo compressor* berfungsi untuk memampatkan gas yang dihasilkan selama proses pemanasan LNG, menjaga tekanan dan suhu di dalam tangki agar tetap stabil, serta mencegah kebocoran atau potensi bahaya lainnya. Tanpa perawatan yang memadai, *cargo compressor* tidak akan dapat berfungsi dengan baik, yang dapat mengakibatkan sejumlah masalah operasional. Berikut adalah analisis tentang penyebab, dampak, dan solusi terkait kurangnya perawatan pada *cargo compressor*.

Penyebab Kurangnya Perawatan pada *Cargo Compressor*

- 1) Pemeliharaan yang Tidak Terjadwal dengan Baik
 - a) Jadwal Pemeliharaan yang Tidak Jelas atau Terlambat: Jika pemeliharaan tidak dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan atau terlambat, komponen-komponen penting dalam *cargo compressor* seperti motor, rotor, atau sistem pelumasan dapat mengalami keausan yang mengurangi kinerjanya.
 - b) Kurangnya Inspeksi Rutin: Tanpa inspeksi dan pemantauan rutin, masalah pada *Compressor* bisa terdeteksi terlambat, menyebabkan kerusakan yang lebih parah atau berisiko menurunkan kapasitas kerja unit.

- 2) Keterbatasan Sumber Daya untuk Perawatan
 - a) Sumber Daya yang Terbatas: Keterbatasan anggaran atau tenaga kerja yang kurang terampil dapat menyebabkan pemeliharaan tidak dilakukan secara menyeluruh atau sesuai dengan kebutuhan.
 - b) Kurangnya Suku Cadang yang Tersedia: Penyediaan suku cadang yang tidak memadai atau pengadaan yang lambat dapat menunda perbaikan dan perawatan yang diperlukan pada *cargo compressor*.
- 3) Kurangnya Keahlian atau Pelatihan Operator
 - a) Operator yang Tidak Terlatih dengan Baik: Jika operator tidak memiliki pemahaman yang cukup tentang cara merawat dan mengoperasikan *cargo compressor* dengan benar, hal ini dapat menyebabkan kesalahan dalam pengoperasian yang memperburuk kinerjanya.
 - b) Ketidakmampuan Mengidentifikasi Masalah Sejak Dini: Operator yang tidak terlatih mungkin kesulitan mengenali tanda-tanda masalah yang muncul, seperti suara aneh, getaran, atau penurunan tekanan yang menunjukkan adanya gangguan pada *compressor*.
- 4) Pengabaian pada Sistem Pendinginan dan Pelumasan
 - a) Sistem Pelumasan yang Tidak Memadai: *Cargo compressor* memerlukan pelumasan yang tepat untuk mencegah gesekan berlebih yang bisa merusak komponen internal. Kurangnya perhatian terhadap sistem pelumasan atau penggunaan pelumas yang tidak sesuai dapat mempercepat keausan komponen.
 - b) Sistem Pendinginan yang Rusak: *Cargo compressor* juga memerlukan sistem pendinginan yang efisien. Jika sistem pendinginan tidak berfungsi dengan baik, suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan komponen internal dan penurunan performa *compressor*.
- 5) Kualitas atau Kondisi BOG yang Tidak Terkontrol

Kondisi BOG yang Tidak Terjaga: Jika kualitas atau tekanan BOG yang dihasilkan tidak dikendalikan dengan baik, beban kerja pada *cargo compressor* menjadi lebih berat, sehingga memperburuk kinerja dan mempercepat keausan.

Dampak dari Kurangnya Perawatan *Cargo Compressor*

1) Penurunan Kemampuan untuk Menjaga BOG

- a) Ketidakmampuan Menjaga Tekanan dan Suhu yang Tepat: *Cargo compressor* yang tidak dirawat dengan baik dapat gagal menjaga tekanan dan suhu BOG pada level yang diinginkan, yang mengarah pada ketidakstabilan kondisi di dalam tangki.
- b) Kebocoran atau Kejatuhan Tekanan: Kompresor yang tidak berfungsi dengan baik bisa menyebabkan kebocoran atau penurunan tekanan di tangki, yang mengakibatkan gas bocor ke atmosfer atau kesulitan dalam menjaga cadangan LNG yang ada.

2) Kerusakan pada Sistem dan Peralatan

- a) Kerusakan Komponen Internal *Compressor*: Komponen seperti piston, silinder, atau rotor pada *cargo compressor* yang tidak mendapatkan perawatan rutin dapat mengalami kerusakan, menyebabkan biaya perbaikan yang tinggi dan memerlukan penggantian komponen.
- b) Kerusakan pada Sistem Pendinginan dan Pelumasan: Sistem pelumasan dan pendinginan yang tidak bekerja dengan baik akan memperburuk kondisi *compressor*, menyebabkan *over-heating* atau keausan yang lebih cepat.

3) Peningkatan Biaya Operasional

- a) Biaya Perbaikan yang Lebih Tinggi: Tanpa perawatan yang tepat, kerusakan pada *cargo compressor* bisa menyebabkan biaya perbaikan yang jauh lebih tinggi daripada biaya pemeliharaan rutin.
- b) Efisiensi Energi yang Menurun: Kompresor yang tidak terpelihara dengan baik akan beroperasi dengan efisiensi yang lebih rendah,

meningkatkan konsumsi energi dan menambah biaya operasional.

- 4) Risiko Kegagalan Sistem dan Keamanan
 - a) Risiko Kebocoran Gas: Kurangnya perawatan bisa menyebabkan kebocoran gas, yang merupakan risiko besar dalam pengangkutan LNG. Kebocoran yang tidak terdeteksi bisa menyebabkan dampak lingkungan dan keselamatan yang serius.
 - b) Gangguan Operasional yang Tidak Terduga: Kerusakan pada *compressor* yang tidak terdeteksi dengan cepat dapat menyebabkan gangguan besar dalam operasi, berpotensi menghentikan pengiriman atau menunda jadwal operasional.

Solusi untuk Meningkatkan Perawatan *Cargo Compressor*

- 1) Pemeliharaan Terjadwal yang Rutin dan Terstruktur
 - a) Jadwal Pemeliharaan yang Ketat: Menyusun jadwal pemeliharaan yang teratur untuk memastikan bahwa *cargo compressor* selalu dalam kondisi optimal. Ini termasuk pemeriksaan rutin terhadap komponen penting, pelumasan, serta kalibrasi sistem.
 - b) Pengecekan Komponen Utama: Melakukan pengecekan rutin pada komponen-komponen utama *cargo compressor*, seperti motor, rotor, sistem pelumasan, dan pendinginan, untuk mendeteksi tanda-tanda kerusakan sebelum menjadi masalah besar.
- 2) Pengadaan Suku Cadang yang Tepat dan Cepat
 - a) Ketersediaan Suku Cadang: Menjamin ketersediaan suku cadang yang dibutuhkan untuk perawatan atau perbaikan *cargo compressor*, serta memastikan adanya prosedur cepat untuk pengadaan jika diperlukan.
 - b) Pemeliharaan Stok Suku Cadang Penting: Menyediakan stok cadangan untuk suku cadang penting agar penggantian dapat dilakukan dengan cepat dan tidak mengganggu operasional.

- 3) Pelatihan dan Peningkatan Keterampilan Operator
 - a) Pelatihan Intensif untuk Operator: Memberikan pelatihan kepada operator mengenai cara mengoperasikan dan merawat *cargo compressor* dengan benar, serta cara mengidentifikasi masalah secara dini.
 - b) Sertifikasi Keahlian: Mendorong operator untuk memperoleh sertifikasi dalam pemeliharaan dan pengoperasian sistem yang kompleks seperti *cargo compressor*.
- 4) Peningkatan Pengawasan dan *Monitoring*
 - a) Implementasi Sistem Pemantauan *Real-Time*: Menggunakan teknologi pemantauan *real-time* untuk memantau kinerja *cargo compressor* secara terus-menerus, sehingga operator dapat mendeteksi masalah lebih cepat.
 - b) Data Analitik untuk Deteksi Dini: Menggunakan data analitik untuk menganalisis kinerja *compressor* dan memprediksi kapan perawatan atau perbaikan akan diperlukan.
- 5) Optimasi Penggunaan Sistem Pelumasan dan Pendinginan
 - a) Penyempurnaan Sistem Pelumasan: Memastikan sistem pelumasan berfungsi dengan baik dan menggunakan pelumas yang tepat untuk mencegah keausan pada komponen.
 - b) Perawatan Sistem Pendinginan: Menyusun kebijakan untuk memeriksa dan merawat sistem pendinginan, untuk memastikan suhu *compressor* tetap dalam batas aman selama operasional.
- 6) Penerapan Teknologi Canggih
 - a) Pemanfaatan Teknologi *IoT*: Menggunakan *Internet of Things (IoT)* untuk menghubungkan *cargo compressor* dengan sistem manajemen pemeliharaan dan pemantauan jarak jauh, memungkinkan pengawasan dan perawatan lebih efisien.
 - b) Penggunaan Sensor dan Alarm: Mengimplementasikan sensor canggih yang dapat mendeteksi tekanan, suhu, atau getaran yang abnormal dan memberi peringatan dini sebelum kerusakan terjadi.

Dengan menerapkan solusi-solusi di atas, perusahaan dapat meningkatkan kinerja *cargo compressor*, menjaga pengendalian BOG dengan lebih efisien, dan mengurangi risiko kerusakan atau gangguan operasional. Perawatan yang efektif akan memperpanjang umur peralatan, mengurangi biaya, dan memastikan operasi berjalan lebih aman dan lancar.

3. Faktor Metode (*Method*)

Analisis faktor penyebab metode adalah analisis sebab-akibat terhadap unsur metode yang mempunyai kontribusi timbulnya masalah terjadinya tekanan tinggi pada tangki muatan yang melebihi batas aman yaitu prosedur atau tata cara dalam mengoperasikan sistem pendingin yang diberikan oleh perusahaan. Berikut ini adalah uraian hasil analisis akar penyebab masalah dari faktor metode.

a. Kurangnya efektifitas prosedur dalam sistem pendingin

Kurangnya efektivitas prosedur dalam sistem cooling down cargo pada pengangkutan LNG atau produk cair lainnya dapat mengakibatkan sejumlah masalah yang berdampak pada keselamatan, efisiensi, dan operasional. Prosedur yang tidak efektif atau tidak diikuti dengan baik dalam sistem *cooling down* dapat menyebabkan waktu yang lebih lama dalam mencapai suhu yang diinginkan, peningkatan risiko kebocoran atau kerusakan, dan bahkan kecelakaan. Untuk menangani hal ini, berikut adalah beberapa penyebab umum, dampak yang mungkin timbul, dan solusi yang dapat diterapkan.

Penyebab Kurangnya Efektivitas Prosedur dalam *Cargo Cooling Down System*.

1) Prosedur yang Tidak Terstandarisasi

- a) Panduan Tertulis yang Jelas: Jika prosedur *cooling down* tidak terdokumentasi dengan baik atau tidak terstandarisasi, operator mungkin tidak mengikuti langkah-langkah yang benar atau konsisten, mengakibatkan ketidakefektifan dalam menurunkan suhu.

- b) Ketidakjelasan dalam Instruksi Operasional: Tanpa instruksi yang jelas dan rinci, operator dapat membuat keputusan yang salah dalam memilih pengaturan suhu atau pengendalian aliran yang diperlukan untuk proses *cooling down*.
- 2) Kesalahan Pengaturan pada Sistem
- a) Pengaturan Suhu atau Tekanan yang Tidak Tepat: Jika sistem *cooling down* tidak diprogram atau disetel dengan benar, misalnya pengaturan suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah, maka proses pendinginan bisa menjadi tidak efisien atau bahkan berbahaya.
 - b) Tidak Memadai dalam Penanganan Sumber Daya Energi: Penggunaan sumber daya energi (misalnya, pendinginan atau kompresi) yang tidak efisien atau tidak memadai dapat menghambat proses *cooling down*.
- 3) Kurangnya Pemantauan yang Tepat
- a) *Monitoring* yang Tidak Cukup: Proses *cooling down* memerlukan pemantauan suhu dan tekanan secara terus-menerus. Jika sistem *monitoring* tidak berfungsi dengan baik atau tidak dilakukan secara konsisten, operator mungkin tidak dapat mengidentifikasi masalah yang terjadi selama proses tersebut.
 - b) Sensor yang Tidak Akurat: Sensor suhu atau tekanan yang rusak atau tidak terkalibrasi dengan baik dapat menghasilkan data yang tidak akurat, mengarah pada pengambilan keputusan yang salah.
- 4) Keterlambatan dalam Pengambilan Keputusan
- Respon yang Lambat terhadap Masalah: Jika terjadi gangguan atau masalah dalam proses *cooling down*, ketidakmampuan dalam mengambil tindakan cepat dapat memperpanjang durasi *cooling down* atau bahkan merusak *cargo*.
- 5) Kurangnya Pelatihan dan Keahlian Operator
- Keterampilan Operator yang Tidak Memadai: Operator yang kurang

terlatih atau tidak memahami prinsip-prinsip sistem *cooling down* mungkin melakukan prosedur yang salah, memperburuk efisiensi proses pendinginan atau bahkan menyebabkan kerusakan pada *cargo*.

6) Faktor Lingkungan Eksternal

Kondisi Cuaca atau Lingkungan yang Buruk: Pengaruh eksternal seperti suhu udara yang tinggi, kelembaban, atau kondisi angin yang buruk dapat mempengaruhi efektivitas sistem pendinginan.

Dampak dari Kurangnya Efektivitas Prosedur *Cooling Down*

1) Penurunan Keamanan

- a) Risiko Kebocoran atau Ledakan: Proses *cooling down* yang tidak efektif dapat menyebabkan perubahan suhu yang tidak terkendali pada *cargo*, yang pada gilirannya dapat meningkatkan risiko kebocoran atau bahkan ledakan, terutama pada produk LNG atau bahan kimia berbahaya.
- b) Kondisi Berbahaya bagi Operator: Jika prosedur *cooling down* tidak efektif, ada kemungkinan sistem menjadi lebih rentan terhadap kegagalan, yang dapat membahayakan operator dan orang di sekitar.

2) Kerusakan pada *Cargo*

- a) Kerusakan pada Barang atau Material: Suhu yang tidak dikendalikan dengan baik dapat merusak *cargo*, seperti kondensasi atau pembekuan yang berlebihan, yang berpotensi menyebabkan kehilangan atau kerusakan produk.
- b) Pencemaran: Jika sistem pendinginan tidak dilakukan dengan tepat, kebocoran atau kontaminasi bisa terjadi, mengarah pada pencemaran produk.

3) Waktu dan Biaya yang Terbuang

- a) Waktu *Cooling Down* yang Lebih Lama: Ketidakefektifan dalam prosedur dapat menyebabkan proses *cooling down* memakan waktu

lebih lama dari yang diperlukan, menambah waktu tunggu dan mengganggu jadwal operasional lainnya.

- b) Biaya Energi yang Meningkat: Proses yang tidak efisien dalam pendinginan bisa menyebabkan pemborosan energi yang lebih tinggi, sehingga menambah biaya operasional.

4) Pengaruh Terhadap Operasi Lain

Gangguan pada Proses Lain: Proses *cooling down* yang tidak efektif bisa mengganggu alur logistik atau distribusi, menyebabkan keterlambatan dalam pengiriman atau penggunaan peralatan.

Solusi untuk Meningkatkan Efektivitas Prosedur dalam *Cargo Cooling Down System*

1) Standarisasi dan Dokumentasi Prosedur

- a) Penyusunan Prosedur yang Terperinci: Membuat dan mendokumentasikan prosedur *cooling down* yang standar dan terperinci, mencakup langkah-langkah yang jelas, pengaturan suhu dan tekanan yang tepat, serta peralatan yang harus digunakan.
- b) Pembaruan Berkala pada Prosedur: Meninjau dan memperbarui prosedur secara berkala agar selalu relevan dengan teknologi dan kondisi operasional terkini.

2) Pemeliharaan dan Kalibrasi Sistem

- a) Kalibrasi dan Pemeliharaan Sensor Secara Berkala: Menyusun kebijakan untuk kalibrasi rutin dan pemeliharaan sistem pengukuran suhu dan tekanan untuk memastikan akurasi data yang digunakan dalam pengaturan proses *cooling down*.
- b) Pengecekan Kinerja Sistem Pendinginan: Menjaga kinerja optimal sistem *cooling down* melalui pemeriksaan dan pengujian sistem secara berkala.

3) Peningkatan Pelatihan dan Keterampilan Operator

- a) Pelatihan Rutin bagi Operator: Melakukan pelatihan yang intensif dan berkelanjutan bagi operator mengenai prosedur *cooling down* yang tepat, penggunaan alat yang benar, serta cara mengidentifikasi dan mengatasi masalah.
 - b) Simulasi Kegagalan Sistem: Mengadakan simulasi kegagalan sistem *cooling down* untuk melatih operator agar dapat menangani masalah secara cepat dan efektif.
- 4) Peningkatan Pemantauan dan Pengendalian
- a) Implementasi Sistem Monitoring *Real-Time*: Menggunakan sistem *monitoring* berbasis sensor dan perangkat lunak untuk memantau suhu dan tekanan secara *real-time*, serta memberikan peringatan dini jika ada ketidaksesuaian atau penyimpangan.
 - b) Pengendalian Otomatis dan *Remote Monitoring*: Mengembangkan sistem otomatis yang dapat menyesuaikan pengaturan suhu atau tekanan secara otomatis, serta memungkinkan operator untuk memantau dan mengontrol sistem dari jarak jauh.
- 5) Analisis dan Penyesuaian Berdasarkan Kondisi Eksternal
- Pengaruh Kondisi Lingkungan: Menyesuaikan pengaturan sistem *cooling down* dengan kondisi cuaca dan lingkungan di sekitar fasilitas untuk memastikan proses pendinginan tetap efisien meskipun ada faktor eksternal yang dapat mempengaruhi.
- 6) Optimasi Proses dengan Teknologi
- Menggunakan Teknologi Canggih: Implementasi teknologi baru dalam *cooling down* seperti sistem pembakaran gas yang lebih efisien, pompa bertekanan tinggi, atau sistem pendingin berbasis siklus termodinamika yang lebih efektif.
- Dengan melaksanakan solusi di atas, kapal dapat meningkatkan efektivitas prosedur *cooling down cargo*, yang pada gilirannya dapat mengurangi risiko keselamatan, kerusakan produk, serta

mengoptimalkan biaya dan waktu operasional.

b. Belum adanya *Standard Operational Procedure (SOP)* dari perusahaan pada saat *cooling down system* berhenti dalam waktu yang lama.

Prosedur yang dilakukan selama ini oleh *cargo operator* di kapal LNG B/C AVENIR ASCENSION hanya berlandaskan pada *manual operation* yang diberikan perusahaan. Di dalam *manual book*, metode yang dicantumkan adalah metode pada saat sistem pendingin berjalan secara terus menerus (*continuously*). Metode seperti menghidupkan *cargo compressor*, yang mana *vapour* melewati *suction drum* (pemisahan antara *liquid & vapour*) terus ke *first stage compression*, hal ini tentu dapat menimbulkan dampak yang buruk terhadap muatan LNG itu sendiri, maupun terhadap tekanan di dalam tangki muatan. Penyebabnya apabila proses regasifikasi tidak dilanjutkan hingga pengaliran LNG ke fasilitas penerimaan di darat (*shore facility*), tentu LNG yang kembali masuk ke dalam tangki muatan merupakan LNG yang sudah memiliki suhu panas. LNG dengan suhu panas inilah yang menyebabkan meningkatnya natural BOG di dalam tangki muatan. Hal inilah yang kemudian menyebabkan tekanan di dalam tangki muatan menjadi meningkat. Dalam hal ini prosedur yang diberikan perusahaan belum disesuaikan dengan *Standard Operational Procedure (SOP)* yang lebih spesifik untuk mengelola *natural BOG* pada saat sistem *cooling down* minimum atau berhenti dalam waktu yang lama.

Berdasarkan rangkaian analisis sebab-akibat dari faktor *method*, sehingga dapat diketahui bahwa akar masalah terjadinya tekanan tinggi pada tangki muatan yang melebihi batas aman adalah belum adanya *Standard Operational Procedure (SOP)* dari perusahaan pada saat sistem pendinginan dijalankan.

4. Faktor Material (*Material*)

Analisis faktor penyebab material adalah analisis sebab-akibat terhadap unsur material yang mempunyai kontribusi timbulnya masalah terjadinya tekanan tinggi pada tangki muatan yang melebihi batas aman yaitu kebijakan dari

perusahaan dalam hal penyediaan suku cadang untuk peralatan di dalam sistem pendingin yang tidak sesuai dengan permintaan pihak kapal untuk melakukan perawatan sesuai dengan *Planned Maintenance System* (PMS). Berikut ini adalah uraian hasil analisis akarpenyebab masalah dari faktor material.

a. Pemenuhan kebutuhan suku cadang masih rendah

Pemenuhan kebutuhan suku cadang yang rendah dalam operasi, terutama di industri yang menggunakan peralatan kompleks seperti di sektor LNG, dapat menimbulkan berbagai masalah yang berdampak pada operasional dan keselamatan. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan masalah ini, serta solusi yang dapat diambil, antara lain:

Penyebab Pemenuhan Suku Cadang yang Rendah

1) Manajemen Persediaan yang Tidak Efisien

- a) Kurangnya Perencanaan Persediaan: Tanpa sistem perencanaan yang tepat, kebutuhan suku cadang tidak dapat diprediksi dengan akurat. Hal ini dapat menyebabkan kehabisan stok suku cadang yang penting saat diperlukan.
- b) Stok yang Tidak Terkelola dengan Baik: Stok suku cadang yang terlalu sedikit atau terlalu banyak, serta suku cadang yang kadaluwarsa atau usang, dapat memengaruhi pemenuhan kebutuhan.

2) Keterlambatan Pengadaan

- a) Proses Pembelian yang Lambat: Proses pengadaan yang lama atau tidak efisien dapat menyebabkan keterlambatan dalam mendapatkan suku cadang yang dibutuhkan, terutama untuk komponen yang memiliki waktu tunggu pengiriman yang panjang.
- b) Ketergantungan pada Pemasok Tertentu: Jika perusahaan bergantung pada satu atau beberapa pemasok untuk suku cadang, keterlambatan dari pihak pemasok bisa memengaruhi ketersediaan suku cadang.

3) Kesalahan Identifikasi Suku Cadang

- a) Spesifikasi yang Tidak Tepat: Jika suku cadang yang dipesan tidak sesuai dengan kebutuhan atau spesifikasi teknis peralatan, ini dapat memperlambat proses pemenuhan kebutuhan.
- b) Kesalahan dalam Inventarisasi: Kesalahan dalam pencatatan atau pelabelan suku cadang dapat menyebabkan kebingungan dalam pengadaan dan distribusi.

4) Masalah Anggaran dan Pembiayaan

- a) Keterbatasan Anggaran: Dalam beberapa kasus, anggaran yang terbatas untuk pengadaan suku cadang dapat menghambat kemampuan perusahaan untuk membeli suku cadang yang diperlukan.
- b) Prioritas yang Salah: Seringkali, pengalokasian anggaran untuk kegiatan operasional yang lain (misalnya, pemeliharaan atau proyek baru) dapat menyebabkan pengabaian terhadap kebutuhan suku cadang.

5) Ketersediaan Pemasok dan Distributor Terbatas

Jaringan Pemasok yang Terbatas: Ketersediaan suku cadang bisa terbatas jika perusahaan hanya memiliki hubungan dengan pemasok atau distributor tertentu, apalagi jika suku cadang tersebut langka atau terkhusus untuk teknologi tertentu.

Dampak dari Pemenuhan Kebutuhan Suku Cadang yang Rendah

1) Gangguan Operasional

- a) *Downtime* yang Tidak Direncanakan: Keterlambatan atau kekurangan suku cadang dapat menyebabkan peralatan tidak berfungsi, mengganggu proses operasional, dan meningkatkan waktu henti (*downtime*).
- b) Penurunan Kinerja Sistem: Jika suku cadang yang diperlukan tidak

tersedia untuk perbaikan rutin atau penggantian komponen, sistem dapat beroperasi dengan kinerja yang lebih rendah atau tidak efisien.

2) Peningkatan Biaya

- a) Biaya Perbaikan yang Lebih Mahal: Jika suku cadang tidak tersedia, perusahaan mungkin terpaksa membeli suku cadang dengan harga lebih tinggi dari pihak ketiga atau dengan biaya pengiriman darurat.
- b) Penundaan Proyek: Keterlambatan dalam memperoleh suku cadang dapat memperlambat proyek yang sedang berjalan atau merencanakan perawatan terjadwal

3) Risiko Keselamatan

Risiko Kegagalan Sistem: Kegagalan untuk memperbaiki atau mengganti komponen yang rusak dapat menyebabkan kerusakan lebih lanjut pada peralatan, yang pada gilirannya bisa menimbulkan risiko keselamatan, kebocoran gas, atau kecelakaan.

4) Peningkatan Beban Kerja untuk Tim Pemeliharaan

Tugas yang Menumpuk: Kekurangan suku cadang dapat membuat tim pemeliharaan bekerja lebih keras untuk mencari alternatif, yang menambah beban kerja mereka dan meningkatkan risiko kesalahan.

Solusi untuk Meningkatkan Pemenuhan Kebutuhan Suku Cadang

1) Penerapan Manajemen Persediaan yang Lebih Baik

- a) Sistem Perencanaan Sumber Daya Perusahaan (ERP): Menggunakan sistem ERP untuk melacak persediaan suku cadang, memantau penggunaan, dan memperkirakan kebutuhan suku cadang berdasarkan siklus perawatan dan umur komponen.
- b) Jadwal Pemeliharaan Preventif: Menyusun dan mengikuti jadwal pemeliharaan preventif untuk mencegah kerusakan yang tidak terduga dan memastikan ketersediaan suku cadang yang diperlukan.

2) Diversifikasi Pemasok dan Distributor

- a) Diversifikasi Sumber Pasokan: Membangun hubungan dengan beberapa pemasok atau distributor untuk mengurangi ketergantungan pada satu sumber. Ini membantu memastikan suku cadang tersedia, bahkan jika salah satu pemasok mengalami keterlambatan atau masalah pengiriman.
- b) Penyimpanan Suku Cadang Kritis: Menyimpan suku cadang yang sangat penting dan sering digunakan di gudang perusahaan, terutama untuk komponen yang memiliki waktu pengiriman yang lama.

3) Perencanaan Anggaran yang Lebih Efisien

- a) Alokasi Anggaran yang Tepat: Mengalokasikan anggaran dengan tepat untuk pengadaan suku cadang kritis yang diperlukan untuk memastikan kelancaran operasional.
- b) Cadangan Keuangan: Membuat dana cadangan untuk kebutuhan darurat yang berkaitan dengan pengadaan suku cadang.

4) Pemantauan dan Pengelolaan Kualitas

- a) Kontrol Kualitas yang Ketat: Memastikan bahwa suku cadang yang dipesan sesuai dengan spesifikasi dan berkualitas tinggi, serta meminimalkan risiko kesalahan pengadaan.
- b) Sistem Inventaris yang Tertata: Menggunakan sistem manajemen inventaris yang tepat untuk menghindari kesalahan pencatatan atau penyalahgunaan stok.

5) Penggunaan Teknologi untuk Efisiensi

Sistem Prediksi dan Otomatisasi: Menggunakan teknologi seperti *Internet of Things (IoT)* untuk memantau kondisi peralatan secara *real-time*, yang memungkinkan prediksi kebutuhan penggantian suku

cadang lebih akurat.

Dengan mengimplementasikan solusi-solusi tersebut, perusahaan dapat meningkatkan pemenuhan kebutuhan suku cadang dan mencegah gangguan yang disebabkan oleh kekurangan atau keterlambatan pengadaan suku cadang. Hal ini akan mendukung kelancaran operasional dan mengurangi risiko yang berhubungan dengan pemeliharaan dan keselamatan.

b. Kebijakan perusahaan belum mendukung terhadap penyediaan suku cadang

Jika kebijakan perusahaan belum mendukung penyediaan suku cadang yang optimal, hal ini dapat menimbulkan dampak signifikan pada operasional, efisiensi, dan keselamatan. Kebijakan yang tidak memadai dalam pengadaan dan pengelolaan suku cadang bisa menghambat keberlanjutan operasional, meningkatkan biaya, dan menurunkan kualitas layanan. Berikut adalah analisis mengenai penyebab, dampak, dan solusi terkait kebijakan perusahaan yang tidak mendukung penyediaan suku cadang.

Penyebab Kebijakan Perusahaan yang Tidak Mendukung Penyediaan Suku Cadang

a) Kebijakan Anggaran yang Terbatas

Anggaran yang Tidak Memadai: Anggaran yang dialokasikan untuk pengadaan suku cadang mungkin terlalu terbatas, terutama untuk komponen yang kritis dan berisiko tinggi. Pembiayaan yang rendah untuk suku cadang penting sering kali menjadi penghalang dalam memastikan ketersediaan dan pengadaan tepat waktu.

2) Kurangnya Perencanaan Pemeliharaan Preventif

Tidak Ada Fokus pada Pemeliharaan Jangka Panjang: Jika kebijakan perusahaan lebih fokus pada pemeliharaan reaktif (hanya mengganti suku cadang saat rusak), ketergantungan pada suku cadang menjadi tidak terencana. Ini menyebabkan kesulitan dalam mempersiapkan stok suku cadang yang diperlukan sebelum terjadi kerusakan.

3) Keterlambatan dalam Pengambilan Keputusan

Prosedur Pengadaan yang Rumit atau Lambat: Kebijakan yang memperlambat proses pengadaan suku cadang, misalnya prosedur yang panjang dan birokratis, akan memperlambat kedatangan suku cadang yang dibutuhkan dalam waktu yang tepat.

4) Kurangnya Kebijakan Mengenai Diversifikasi Pemasok

Ketergantungan pada Pemasok Tunggal: Kebijakan yang hanya mendukung hubungan dengan satu pemasok dapat meningkatkan risiko keterlambatan pengiriman atau masalah kualitas. Tanpa adanya kebijakan untuk diversifikasi pemasok, perusahaan menjadi rentan terhadap gangguan pasokan.

5) Kurangnya Fokus pada Teknologi dan Sistem Manajemen Persediaan

Tidak Menggunakan Teknologi Modern: Kebijakan yang tidak mendorong penggunaan teknologi untuk manajemen persediaan atau prediksi kebutuhan suku cadang dapat menyebabkan ketidaktepatan dalam perencanaan dan pengelolaan stok.

6) Kurangnya Pemahaman Mengenai Dampak Suku Cadang terhadap Keberlanjutan Operasional

Pengabaian terhadap Dampak Jangka Panjang: Beberapa perusahaan mungkin tidak sepenuhnya menyadari bagaimana pemenuhan kebutuhan suku cadang yang tepat waktu dan memadai berpengaruh pada kelangsungan dan efisiensi operasional, serta pengendalian biaya.

Dampak dari Kebijakan yang Tidak Mendukung Penyediaan Suku Cadang

1) Gangguan Operasional

- a) *Downtime* yang Tidak Direncanakan: Ketidaksiapan dalam pengadaan suku cadang dapat menyebabkan peralatan atau mesin mengalami *downtime* tak terduga, yang mengganggu alur produksi

atau operasional.

- b) Penurunan Kualitas Layanan: Jika suku cadang tidak tersedia atau terlambat, hal ini dapat menyebabkan penurunan kualitas layanan kepada pelanggan, terutama di industri yang mengandalkan operasional yang tepat waktu dan efisien.

2) Biaya yang Lebih Tinggi

- a) Biaya Darurat yang Meningkat: Ketidakterersediaan suku cadang atau lambatnya pengadaan dapat memaksa perusahaan untuk membeli suku cadang dengan harga yang lebih tinggi dari pihak ketiga atau dengan pengiriman darurat, yang tentu saja lebih mahal.
- b) Peningkatan Biaya Pemeliharaan: Pemeliharaan yang tidak tepat waktu atau tidak terencana dapat meningkatkan biaya operasional dan pemeliharaan, serta memperpendek umur peralatan.

3) Risiko Keselamatan

- a) Risiko Kegagalan Sistem: Suku cadang yang tidak tersedia untuk perbaikan atau penggantian komponen yang rusak dapat meningkatkan risiko kegagalan peralatan yang berpotensi menyebabkan kecelakaan atau masalah keselamatan, terutama di industri yang berisiko tinggi seperti LNG.
- b) Penggunaan Komponen Pengganti yang Tidak Sesuai: Kebijakan yang tidak mendukung pengadaan suku cadang yang sesuai dapat menyebabkan penggunaan komponen pengganti yang tidak tepat, yang pada gilirannya berpotensi menurunkan kualitas dan keselamatan operasional.

4) Penurunan Produktivitas

- a) Keterlambatan Produksi: Keterlambatan dalam memperoleh suku cadang atau penggantian komponen yang rusak dapat menyebabkan pengurangan produktivitas dan menurunnya efisiensi operasional.

- b) Keterbatasan dalam Perawatan Preventif: Kurangnya kebijakan pemeliharaan preventif dan pengadaan suku cadang yang sesuai dapat memperburuk kondisi peralatan dan mempercepat kerusakan

Solusi untuk Meningkatkan Kebijakan Penyediaan Suku Cadang

- 1) Perbaiki Kebijakan Anggaran dan Pengalokasian Sumber Daya
 - a) Alokasi Anggaran yang Lebih Fleksibel: Kebijakan perusahaan harus mengalokasikan anggaran yang cukup untuk pengadaan suku cadang yang penting dan kritis. Selain itu, perlu ada dana cadangan untuk kebutuhan darurat.
 - b) Prioritas pada Suku Cadang Kritis: Menentukan suku cadang mana yang memiliki prioritas tinggi dan memastikan ketersediaannya dalam persediaan untuk mengurangi *downtime* yang tidak direncanakan
- 2) Perencanaan Pemeliharaan yang Lebih Baik
 - a) Pemeliharaan Preventif yang Terjadwal: Perusahaan harus membuat kebijakan yang mendorong pemeliharaan preventif dan pemesanan suku cadang berdasarkan jadwal perawatan dan siklus umur peralatan.
 - b) Sistem Manajemen Pemeliharaan Berbasis Komputer (CMMS): Mengimplementasikan sistem CMMS untuk membantu merencanakan, memantau, dan mengelola kebutuhan pemeliharaan serta pengadaan suku cadang.
- 3) Diversifikasi Sumber Pemasok
 - a) Membangun Jaringan Pemasok yang Luas: Kebijakan perusahaan harus mendukung diversifikasi pemasok dan distributor untuk mengurangi ketergantungan pada satu sumber, serta memastikan ketersediaan suku cadang dalam jumlah yang cukup dan tepat waktu.

- b) Evaluasi Pemasok Secara Berkala: Menyusun kebijakan evaluasi pemasok secara berkala untuk memastikan kualitas dan ketepatan pengiriman.
- 4) Penggunaan Teknologi untuk Mengelola Persediaan
- a) Sistem ERP dan IoT: Menggunakan teknologi seperti ERP untuk mengelola inventaris secara *real-time* dan sistem *IoT* untuk memantau kondisi peralatan sehingga dapat memprediksi kebutuhan suku cadang lebih akurat.
 - b) *Big Data* dan Analitik: Menerapkan analitik data untuk memprediksi kebutuhan suku cadang berdasarkan pola penggunaan dan kinerja peralatan.
- 5) Pelatihan dan Peningkatan Keterampilan SDM
- a) Pelatihan tentang Manajemen Suku Cadang: Memberikan pelatihan kepada manajer dan staf terkait pentingnya pengadaan dan manajemen suku cadang yang efisien serta dampak dari kebijakan yang tidak mendukung terhadap operasional.
 - b) Peningkatan Kapasitas Tim Pengadaan: Mengembangkan kebijakan yang memfasilitasi peningkatan kapasitas tim pengadaan agar dapat melakukan proses pengadaan yang lebih efisien dan responsif.

Dengan perbaikan kebijakan yang lebih mendukung penyediaan suku cadang, perusahaan dapat mengurangi gangguan operasional, meningkatkan efisiensi, mengendalikan biaya, dan mengurangi risiko keselamatan. Kebijakan yang tepat akan memastikan kelancaran proses operasional dan mengoptimalkan kinerja jangka panjang perusahaan.

C. PEMECAHAN MASALAH

Berdasarkan hasil analisis data dengan menggunakan *Fishbone Diagram*, penulis telah memperoleh akar penyebab dari masing-masing faktor. Berikut ini adalah Tabel pemecahan masalah masing-masing faktor;

Tabel 3.2. Tabel pemecahan masalah

No	Akar Masalah	Pemecahan Masalah	PIC	Batas Waktu	Progress
1	Terjadi miskomunikasi antara pihak <i>Operation Department</i> dengan pihak LNG B/C AVENIR ASCENSION mengenai proses memuat LNG yang tidak sesuai jadwal.	Melaksanakan program familiarisasi dan pelatihan yang terstruktur dan sistematis secara berkala.	Chief Officer & Nahkoda	1 Minggu	In Progress
2	Muatan LNG yang diterima pada saat proses memuat menyebabkan tekanan di dalam tangki muatan meningkat drastis.	<p>Sementara: Memanfaatkan GCU untuk menurunkan tekanan di dalam tangki muatan pada saat proses <i>loading</i> berlangsung dan juga membuka <i>vapour return</i> ke FSRU INDEPENDENCE.</p> <p>Utama: Mendiskusikan dengan perusahaan untuk membuat prosedur pada saat sistem pendinginan berhenti di dalam waktu lama.</p>	Chief Officer Nahkoda	1 Minggu	In Progress

Berdasarkan pada tabel pemecahan masalah di atas, berikut ini adalah pemecahan dari masing-masing akar masalah:

1. Melaksanakan program familiarisasi dan pelatihan yang terstruktur dan sistematis secara berkala.

Dengan menyediakan program familiarisasi dan pelatihan yang terstruktur dan sistematis secara berkala untuk meningkatkan pemahaman ABK terutama *junior officer* yang bertugas sebagai *cargo operator* di atas kapal dan *Operation Department* yang mana sebagai pihak yang mengatur jadwal pemuatan. ABK dapat mengembangkan pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan untuk menangani proses memuat muatan LNG. Dalam program familiarisasi tersebut, ABK diberikan pengetahuan mengenai *Loading*, sistem pendinginan (*cooling down system*) dan *Gas Management System (GMS)* termasuk fungsi dan operasinya. Selain itu, mereka dilatih untuk mengambil tindakan pencegahan terhadap peningkatan tekanan di dalam tangki muatan.

Dalam hal ini tindakan pencegahan sementara yang dapat dilakukan dari faktor manusia, yaitu *Chief Officer* dapat melakukan pengawasan terhadap *cargo operator* ketika melakukan *cooling down*. Tujuannya selain untuk mencegah kesalahan selama *cooling down* LNG, hal ini dilakukan untuk menimbulkan rasa percaya diri terhadap *cargo operator* selama proses tersebut berlangsung. Dan nahkoda kapal bisa memastikan ke *Operation department* terkait jadwal pemuatan muatan LNG.

2. Mendiskusikan dengan perusahaan untuk membuat prosedur pada saat sistem pendinginan berhenti di dalam waktu lama.

Prosedur yang terjadi pada umumnya, yaitu *cooling down system* harus berjalan secara terus menerus karena permintaan *bunkering* yang cukup tinggi dari pihak *consumer* dalam hal ini adalah *passenger ship* sehingga penanganan muatan LNG dilakukan dengan efektif dan efisien. Tujuan dari diskusi terkait langkah yang dapat diambil untuk membuat prosedur dalam hal menghadapi situasi ketika sistem pendinginan berhenti dalam waktu lama adalah untuk mengurangi risiko kerusakan pada sistem pendingin sehingga pemuatan muatan LNG dapat berjalan dengan aman. Sehingga perusahaan dapat mengembangkan prosedur yang komprehensif untuk mengelola risiko terkait penghentian sistem

pendinginan. Hal ini juga membantu membangun kesadaran akan pentingnya kesiapan operasional dalam situasi darurat.

Dalam hal tindakan untuk pencegahan sementara terhadap faktor metode, yaitu *Chief officer* dapat memanfaatkan momentum menurunkan tekanan di dalam tangki muatan pada saat proses *loading* dengan menggunakan GCU untuk membakar BOG, juga membuka *vapour return* ke FSRU INDEPENDENCE sehingga tekanan muatan dalam tangki bisa dikendalikan dengan efektif dan efisien.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab-bab sebelumnya, maka penulis mengambil beberapa kesimpulan bahwa:

1. Terjadi miskomunikasi antara pihak *Operation Department* dengan pihak LNG B/C AVENIR ASCENSION mengenai proses memuat LNG yang tidak sesuai jadwal dikarenakan kurangnya program familiarisasi dan pelatihan yang terstruktur dan sistematis secara berkala yang di jadwalkan oleh pihak kantor dan pihak kapal.
2. Terjadinya kenaikan tekanan pada tangki muatan disebabkan oleh kemampuan *cargo operator* yang kurang cermat dalam melakukan *cooling down* pada muatan dan juga kurangnya familiarisasi dan pengawasan terhadap *cargo operator* mengenai *Standard Operational Procedure (SOP)* di atas kapal.

B. SARAN

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka penulis memberi- kan saran mengenai penerapan *Gas Management System (GMS)* di atas kapal sebagai berikut:

1. Nakhoda hendaknya menjalankan program familiarisasi dan pelatihan yang terstruktur dan sistematis secara berkala. Hal ini dilakukan agar seluruh ABK dapat memahami prosedur yang sudah berjalan yang berhubungan dengan sistem pendingin. Kemudian Nakhoda dapat mendelegasikan perwira senior untuk memberikan pengawasan kepada *cargo operator* terutama pada saat *cooling down*. Nakhoda hendaknya memberi masukan kepada *Designated Person Ashore (DPA)* dan bersama-sama memastikan komponen pendukung sistem pendingin memenuhi standar yang ditentukan oleh perusahaan. Kemudian Nakhoda bersama dengan *Chief Officer* dan *Chief Engineer* melakukan pemeriksaan dan pengawasan ekstra terhadap komponen yang dianggap bermasalah pada sistem pendingin.

2. Nakhoda dalam hal ini harus mendiskusikan dengan perusahaan mengenai inovasi *standard operational procedure* (SOP) yang terbaru mengenai sistem pendingin di atas kapal, terutama pada saat *cooling down system* berhenti dalam waktu yang lama. Pada lain kesempatan Nakhoda dapat mendelegasikan *Chief Officer* untuk memanfaatkan momentum menurunkan tekanan di dalam tangki muatan pada saat proses pendinginan berlangsung. Nakhoda bersama dengan *Designated Person Ashore* (DPA) disarankan mendiskusikan dengan pihak manajemen perusahaan tentang kebijakan penyediaan suku cadang dan memastikan suku cadang yang tersedia di kapal dalam keadaan cukup atau berlebih mengacu pada *Planned Maintenance System* (PMS). Hal ini dapat dilakukan dengan sistem digital agar semua pihak dapat ikut memastikan apakah PMS yang dibuat oleh perusahaan dapat berjalan dengan efektif dan efisien. Kemudian Nakhoda bersama dengan *Chief Engineer* memastikan untuk dapat menggunakan suku cadang pengganti sementara yang di dapat dari substitusi dengan peralatan permesinan lain yang sejenis sesuai dengan kebutuhannya.

DAFTAR PUSTAKA

Danarto, Soetjipto. (2023). *Manajemen Umum*, Jakarta: PT Indeks.

Haryanto. (2022). *Ilmu Manajemen*, Jakarta: Bumi Aksari.

Hasibuan, Malayu S.P.(2023). *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Jakarta: Bumi Aksari.

IMO. (2014). *International Safety Management (ISM) Code Edition 2014*. London: IMO Publication.

Suprpto. (2020). *Liquefied Natural Gas: Technology and Engineering*, Jakarta: Bumi Aksara.

Suprpto. (2020). *Termodinamika Modern*, Jakarta: PT Indeks.

Wartsila Gas Solutions. (2021). *Cargo Handling Manual – Operating Manual SOE STOLT 7.5K LNG BV Procedure*. Norway Published.

Wartsila Gas Solutions. (2021). *Cargo Handling Manual – Operating Manual SOE STOLT 20K LNGC*. Norway Published.

Wiyono, Slamet. (2021). *Termodinamika Umum*, Bandung: Alfabeta.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

SHIP'S PARTICULARS			
SHIP'S NAME	:	AVENIR ASCENSION	
CALL SIGN	:	9HA5360	
SHIP'S FLAG	:	MALTA	
PORT of REGISTRY	:	VALLETTA	
IMO / OFFICIAL NUMBER	:	9868962	
TYPE OF SHIP	:	1A LNG Tanker , Ice Class 1B, Double Hull	
CLASSIFICATION SOCIETY	:	DNV	
YEAR OF BUILT	:	2021	
SHIPYARD	:	NANTONG SINOPACIFIC O&E Co.LTD, JIANGSU, PRC	
HULL No.	:	S1049	
KEEL LAID	:	August 28, 2020	
DELIVERY DATE	:	October 8, 2021	
<hr/>			
L.O.A.	:	115.80 meters	HOSE HANDLING CRANE
BREADTH MOULDED	:	19.00 meters	SWL 5T / Radius 4.5-18.0 m
DEPTH MOULDED	:	11.80 meters	
KEEL TO MASTHEAD	:	35.02 meters	PROVISION CRANE
SUMMER DRAFT	:	6.20 meters	SWL 3T / Radius 6.0 m
SUMMER FREEBOARD	:	5.60 meters	
D.W.T on SUMMER DRAFT	:	4716.3	ANCHOR CHAIN LENGTH
DISPLACEMENT - SUMMER	:	9656.1 Tonnes	PORT - STBD
TONNAGE: GROSS / NET	:	8366 / 2510	9 Sh. - 10 Sh.
<hr/>			
CARGO TANK CAPACITY 100%	:	7586 m3	BALLAST CAP. 100 %
CARGO TANK CAPACITY 98%	:	7390 m3	3419 m3
LNG UN No. / LNG IMO Class	:	1972 / 2.1	BWP 2 X 150 m3/Hr
MIN TEMPERATURE °C	:	-163.0 °C	
MAX PRESS	:	4.5 Barg	FUEL LSMDO CAP.100 %
DISCHARGE RATE	:	4 x 250 m ³ /hrs	301 m3
<hr/>			
FBB TEL	:	+870 773412375	
FAX	:	+870763025625	
IP PHONE - MASTER ONLY	:	+441224372367	
E-MAIL	:	master.a-aspiration@ship.wilhelmsen.com	
MMSI	:	215902000	
<hr/>			
MAIN GENERATOR SETS	:	3 SETS x MAN L23/DF Diesel Electric	
MAX.CONTINOUS RATING	:	3 x 1200 Kw	
PROPELLER	:	Azimuth x 2 Sets, Fix Pitch with Nozzle, Ø2400mm, 4 Blades	
PROPULS. MOTOR RATED OUTPUT	:	2 X 1250 KW on 95.6 % Load	
COMMERCIAL SPEED	:	12.5 Knots	
BOW THRUSTER	:	870 kW	
<hr/>			
REGISTRED OWNER	:	AVENIR ASPIRATION LIMITED (IMO ID No.6243301)	
ADDRESS	:	3rd Floor 41-44 Great Queen Street London WC2B 5AD United kingdom	
<hr/>			
SHIP MANAGER/OPERATOR	:	WILHELMSEN SHIP MANAGEMENT (NORWAY) AS	
ADDRESS	:	P.O. BOX 33, N-1324 Lysaker, Norway	
TEL	:	+47 67 58 47 00	
FAX	:	+47 67 58 47 84	
TELEX	:		
E-MAIL	:		



D09
Rev 12/23

CREW LIST

M.V. Avenir Ascension IMO Number: 9868974 Call Sign: 9HA5363
 Port: Klaipeda, Lithuania Port Of Registry: Valletta Date: 30/06/24

No.	Family Name	Given Name	Date Of Birth	Place Of Birth	Nationality	Passport No.	Passport Expiry	Seaman's Book No.	Seaman's Book Expiry	Rank	Where Embarked (Port & Country)
1	Radic	Duje	19/04/85	Split	Croatian	206955680	15/03/27	00083381	12/02/25	Master	Trelleborg, Sweden
2	Talib	Jeffrey Ganadan	06/11/60	Lamitan Basia	Filipino	P5309065B	05/06/34	C1302065	08/03/34	Chief Officer	Hamina, Finland
3	Turowicz	Pawel	09/08/84	Sawalki	Polish	EM1275683	30/10/27	0233643	08/11/25	Trainee C/O	Hamina, Finland
4	Freitas	Nelson Viky Regulo	22/02/96	Dili	Indonesian	C8103249	19/11/26	J018784	25/03/27	3rd Officer	Drogden, Denmark
5	Radman	Ivan	11/04/94	Split	Croatian	253453641	06/06/28	00110080	24/08/32	3rd Officer	Dunkerque, France
6	Nugroho	Ignatius Ary	13/11/82	Bangunrejo	Indonesian	C7811404	21/04/26	G104033	03/10/26	Chief Eng.	Trelleborg, Sweden
7	Magas	Klaudio	15/12/70	Zadar	Croatian	159898033	08/05/28	00090411	13/09/27	2nd Eng	Trelleborg, Sweden
8	Ganesha	Revydo Yogi	19/10/95	Jakarta	Indonesian	X1235399	09/11/26	F 333770	09/11/26	3rd Eng	Dunkerque, France
9	Biletskyi	Andrii	21/10/97	Mykolaiv Rog	Ukrainian	FB290402	27/02/25	AB619377	04/10/27	ETO	Ferrol, Spain
10	Alvarez	Arnolfo Martin Marillano	13/12/78	Panangon Ant	Filipino	P6773999B	05/05/31	C1552396	24/10/29	AB - 1	Mukran, Germany
11	Galindon	Santiago Manasag	01/03/86	Ereño Cagayan	Filipino	P5309061B	09/07/30	C1474640	23/04/29	AB - 2	Drogden, Denmark
12	Mejor	Armando Adorable	02/07/78	Sapang Dalaga	Filipino	P6267492B	10/02/31	A0145623	12/04/31	AB - 3	Mukran, Germany
13	Bastede	Noel Vien	22/09/90	Basista Pgn	Filipino	P8857308A	22/09/28	C1302070	31/08/28	OS	Drogden, Denmark
14	Crisostomo	Alfie Borifacio	25/02/83	Plaridel Bulac	Filipino	P8371096A	15/08/28	C1521357	29/07/29	Fitter	Ferrol, Spain
15	Grande	Gerald Calase	24/11/84	Lamitan Basia	Filipino	P5851791B	23/11/30	A0114233	13/01/31	Chief Cook	Ferrol, Spain
16	Ubiera	Michael Baradero	12/12/83	Ivian Capiz	Filipino	P5934518B	13/12/30	A0114897	28/01/31	Measman	Trelleborg, Sweden
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											

Filing On board : Master's Filing (F2)

MASTER

CREW LIST

LAMPIRAN 3

**Certificate of measurements
Before loading**

Ship name Avenir Ascension
 Date/time (yyyy-mm-dd hh:mm) 2024-06-30 21:36
 Port name KLAIPEDA/FSRU INDEPENDENCE
 Cargo number 016a
 Voyage number 016a B
 Chief officer JOEFFREY TALIB
 Calculation method Standard

Trim (m) 0.47 B/S Inclinator
 List (deg) 0.89 PORT Inclinator
 Atmospheric pressure (mbarA) 1001

Level measurements (m)	CT 1	CT 2
Level source	A	A
1st	1.824	1.299
2nd	1.824	1.299
3rd	1.824	1.299
4th	1.824	1.299
5th	1.824	1.299
Average level (m)	1.824	1.299

Thermal correction (m) 0.010
 Pressure correction (m) 0.001
 Trim correction (m) -0.026
 List correction (m) 0.001
 Corrected level (m) 1.810

Vapour volume at ref. temp (m³)	3487.608	3611.243
Liquid volume at ref. temp (m³)	307.736	181.162
Thermal correction vapour	0.996174	0.996212
Thermal correction*	0.995508	0.995509
Pressure correction	1.000164	1.000164
Corrected vapour volume (m³)	3474.834	3598.154
Corrected total vapour volume (m³)		7072.988
Corrected liquid volume (m³)	306.404	180.378
Corrected total liquid volume (m³)		486.782

*) Thermal correction based on tank avg. liquid temp. from before loading

Temperature (°C)	CT 1	CT 2
100% (T6)	-121.5 V	-121.3 V
80% (T5)	-125.7 V	-126.6 V
60% (T4)	-128.1 V	-128.7 V
40% (T3)	-130.3 V	-129.7 V
20% (T2)	-140.9 V	-133.0 V
0% (T1)	-154.45 L	-154.39 L

Avg. vapour temp. (°C) -129.30
 Total avg. vapour temp. (°C) -127.86
 Avg. liquid temp. (°C) -154.45
 Total avg. liquid temp. (°C) -154.39
 Vapour pressure (barG) 0.632
 Vapour pressure (mbarA) 1633
 Avg. vapour pressure (mbarA) 1633

Company Name JOEFFREY TALIB
 Ship's Master C/O AVENIR ASCENSION LTD
 For Buyer(s) _____
 For Seller(s) _____
 Surveyor _____



OPEN CTMS

LAMPIRAN 4

**Certificate of measurements
After loading**

Ship name **Avenir Ascension**
 Date/time (yyyy-mm-dd hh:mm) **2024-07-01 06:12**
 Port name **KLAIPEDA/FSRU INDEPENDENCE**
 Cargo number **016a**
 Voyage number **016a B**
 Chief officer **JOEFFREY TALIB**
 Calculation method **Standard**

Trim (m) **0.41** B/S **Inclinometer**
 List (deg) **0.48** PORT **Inclinometer**
 Atmospheric pressure (mbarA) **1001**

Level measurements (m)	CT 1		CT 2	
	A		A	
Level source	11.799		11.768	
1st	11.799		11.768	
2nd	11.799		11.768	
3rd	11.799		11.768	
4th	11.799		11.768	
5th	11.799		11.768	
Average level (m)	11.799		11.768	

Thermal correction (m)	0.002	0.002
Pressure correction (m)	0.000	0.000
Trim correction (m)	-0.024	-0.024
List correction (m)	0.000	0.000
Corrected level (m)	11.777	11.746

Vapour volume at ref. temp (m ³)	83.817	88.886
Liquid volume at ref. temp (m ³)	3711.527	3703.519
Thermal correction vapour	0.996222	0.996205
Thermal correction*	0.995454	0.995449
Pressure correction	1.000249	1.000249
Corrected vapour volume (m ³)	83.521	88.571
Corrected total vapour volume (m ³)		172.092
Corrected liquid volume (m ³)	3695.574	3687.582
Corrected total liquid volume (m ³)		7383.156

*) Thermal correction based on tank avg. liquid temp. from after loading

Temperature (°C)	CT 1		CT 2	
	V		V	
100% (T6)	-127.5	L	-128.1	L
80% (T5)	-156.48	L	-156.57	L
60% (T4)	-156.51	L	-156.65	L
40% (T3)	-156.51	L	-156.67	L
20% (T2)	-156.51	L	-156.68	L
0% (T1)	-156.51	L	-156.68	L

Avg. vapour temp. (°C)	-127.50	-128.10
Total avg. vapour temp. (°C)		-127.80
Avg. liquid temp. (°C)	-156.50	-156.65
Total avg. liquid temp. (°C)		-156.58
Vapour pressure (barG)	0.959	0.957
Vapour pressure (mbarA)	1900	1958
Avg. vapour pressure (mbarA)		1959

Ship's Master **CO** Company **AVENIR ASCENSION LTD** Name **JOEFFREY TALIB**
 For Buyer(s) _____
 For Seller(s) _____
 Surveyor _____



SGS FOR RECEIPT OF THIS DOCUMENT ONLY
 This acknowledgement is not an endorsement for collateral purposes. If comparable SGS documents are issued, the SGS document shall take precedence in the event of dispute.
O. Zbarazskij
 Inspector

CLOSED CTMS



LNG B/C AVENIR ASCENSION