

ANALISIS PROSES GAS FREEING PADA CARGO TANK LPG/C CORAL IVORY

Nezwanie Aulia Azzahra¹, Achmad Ali Mashartanto², Rizal Rochmansyah³,
Edi Kurniawan⁴, Arya Widiatmaja⁵

¹⁻⁵Politeknik Pelayaran Sumatera Barat

¹nezwaauliazz@gmail.com

Gas carrier vessels have a high level of operational risk due to the characteristics of the cargo, which is volatile, pressurized, and can be toxic, such as ammonia. One of the important stages after cargo discharge is gas freeing, which is the process of removing residual gas vapour inside the cargo tank until it reaches a condition that is safe for entry. This process aims to ensure that the tank is free from hazardous gases so that it is safe for the crew to carry out maintenance or inspection activities. This study aims to determine the implementation process of gas freeing, identify the obstacles that occur, and analyze the efforts made to overcome these obstacles on LPG/C Coral Ivory. The research method used is descriptive qualitative with data collection techniques through observation, interviews, and documentation. Data analysis was conducted using a fishbone diagram to identify the factors causing the problems. The results show that the obstacles in the gas freeing process are influenced by material, method, and measurement factors. The efforts to overcome these problems include optimizing the warming-up process, adjusting inerting and purging gradually, and improving gas monitoring to ensure that the tank condition meets safety procedures.

Keywords: *gas freeing, ammonia vapour, purging, inerting, fishbone analysis*

ABSTRAK

Kapal pengangkut gas memiliki risiko operasional tinggi karena karakteristik muatan yang mudah menguap, bertekanan, serta dapat bersifat toksik seperti ammonia. Salah satu tahapan penting setelah pembongkaran muatan adalah *gas freeing*, yaitu proses menghilangkan sisa uap gas di dalam tangki hingga mencapai kondisi aman untuk dimasuki (*safe for entry*). Proses ini bertujuan memastikan tangki bebas dari gas berbahaya sehingga aman bagi *crew* saat melakukan perawatan atau inspeksi. Penelitian ini bertujuan mengetahui proses pelaksanaan *gas freeing*, mengidentifikasi kendala yang terjadi, serta menganalisis upaya penanganannya pada kapal LPG/C Coral Ivory. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan teknik pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi. Analisis data dilakukan menggunakan diagram *fishbone* untuk mengidentifikasi faktor penyebab permasalahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kendala dalam proses *gas freeing* dipengaruhi oleh faktor *material*, *method*, dan *measurement*. Upaya penanganan dilakukan melalui optimalisasi *warming up*, *inerting*

dan *purging* secara bertahap, serta peningkatan monitoring pengukuran gas untuk memastikan kondisi tangki aman sesuai prosedur keselamatan.

Kata kunci: *gas freeing, ammonia vapour, purging, inerting, fishbone analysis*

A. Pendahuluan

Pengangkutan muatan gas cair dalam pelayaran internasional merupakan kegiatan yang memiliki tingkat risiko tinggi karena karakteristik muatan yang mudah menguap, bertekanan, mudah terbakar, serta dalam beberapa kasus bersifat *toxic*. *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) merupakan campuran hidrokarbon ringan seperti propana dan butana yang dalam kondisi atmosfer normal berbentuk gas, namun dapat dicairkan melalui tekanan moderat sehingga volumenya berkurang dan lebih mudah disimpan serta diangkut (Speight, 2019). Selain LPG, kapal *tanker gas* juga dapat mengangkut muatan lain seperti *liquefied ammonia* yang memiliki tingkat bahaya lebih tinggi dari sisi toksisitas dan dampak kesehatan.

Pengoperasian kapal *tanker gas* diatur dalam *International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk* (IGC Code) yang diterbitkan oleh *International Maritime Organization*. Kode tersebut mengatur persyaratan desain tangki, sistem perpipaan, ventilasi, serta prosedur keselamatan guna

mencegah risiko kebakaran, ledakan, dan paparan zat berbahaya terhadap *crew* maupun lingkungan. LPG/C *Coral Ivory* merupakan kapal *semi-refrigerated gas carrier* yang dilengkapi tangki muatan tipe C, yaitu tangki independen berbentuk bejana tekan (*pressure vessel*). Berdasarkan pedoman *Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals* yang diterbitkan oleh *Society of International Gas Tanker and Terminal Operators*, tangki tipe C dirancang untuk menahan tekanan internal relatif tinggi dan banyak digunakan pada kapal *pressurized* maupun *semi-refrigerated gas carrier*. Desain ini memungkinkan pengangkutan muatan dalam kondisi tekanan dan suhu tertentu sesuai karakteristik zat yang diangkut.

Tangki tipe C umumnya berbentuk silinder atau *sferikal*, yang memberikan distribusi tegangan yang baik terhadap tekanan internal muatan. Berbeda dengan tangki tipe A dan tipe B, tangki tipe C tidak memerlukan *secondary barrier*, karena desainnya telah memenuhi standar keselamatan bejana tekan sesuai ketentuan IMO dan badan klasifikasi.

Karakteristik tersebut menjadikan tangki tipe C sebagai pilihan utama pada kapal *pressurized dan semi-refrigerated LPG carrier*, karena menawarkan sistem penampungan muatan yang relatif sederhana, aman, serta sesuai untuk operasi pelayaran internasional.

Kapal Coral Ivory dirancang secara khusus untuk mengangkut gas dalam bentuk cair, khususnya *ammonia*, yang dioperasikan pada rentang suhu antara -48°C hingga 40°C . Kondisi operasi tersebut menuntut penanganan muatan yang berbeda dibandingkan muatan cair pada umumnya, baik dari aspek desain kapal maupun prosedur pengoperasian. Untuk memastikan kondisi muatan tetap stabil selama pelayaran, kapal Coral Ivory dilengkapi dengan sistem pemantauan terpusat melalui *Cargo Control Room (CCR)*. Setiap tangki muatan telah dilengkapi sensor yang berfungsi memantau dan merekam perubahan suhu serta tekanan muatan secara berkelanjutan, sehingga pengawasan dan pengendalian muatan dapat dilakukan secara optimal.

Ammonia cair sebagai salah satu muatan yang diangkut memiliki sifat *toxic* dan berbahaya apabila terhirup

dalam konsentrasi tertentu. Berdasarkan data dari *National Institute for Occupational Safety and Health*, *ammonia* termasuk zat yang memiliki batas konsentrasi tertentu yang dikategorikan sebagai *Immediately Dangerous to Life or Health (IDLH)*. Oleh karena itu, pengendalian atmosfer dalam ruang tertutup seperti *cargo tank* menjadi aspek keselamatan yang sangat penting. Salah satu tahapan penting dalam pengelolaan *cargo tank* setelah pembongkaran muatan adalah proses *gas freeing*, yaitu proses penghilangan sisa uap *cargo* dari dalam tangki hingga atmosfer dinyatakan aman untuk dimasuki (*safe for entry*). Proses ini dilakukan melalui ventilasi mekanis dan pemantauan konsentrasi gas secara berkala hingga kadar gas berbahaya berada di bawah ambang batas yang dipersyaratkan serta kadar oksigen berada dalam rentang normal sesuai ketentuan keselamatan internasional. Namun, pada kapal LPG/C Coral Ivory ditemukan beberapa kendala pada tahap *gas freeing*, yaitu proses yang bertujuan menghilangkan sisa hidrokarbon di dalam tangki muatan. Keberadaan hidrokarbon tersebut berpotensi menimbulkan bahaya ledakan apabila bereaksi dengan panas dan oksigen, sehingga tahap

gas freeing menjadi aspek kritis yang harus dikendalikan secara ketat guna menjamin keselamatan operasi *cargo tank*.

Berdasarkan data pengamatan yang tercantum pada lampiran 4 berupa *measurement report* tanggal 3 Juli 2025 di atas kapal LPG/C Coral Ivory, proses *gas freeing* pada *cargo tank* telah dilaksanakan, namun hasil pengukuran menunjukkan bahwa kondisi bebas gas belum sepenuhnya tercapai. Setelah proses *gas freeing* dinyatakan selesai, masih terdeteksi kandungan *vapour ammonia* di dalam tangki, sehingga atmosfer *cargo tank* belum memenuhi kriteria aman dan dinyatakan *not safe for entry*. Keberadaan *vapour ammonia* tersebut menunjukkan bahwa proses *gas freeing* belum mampu menghilangkan sisa gas berbahaya secara menyeluruh, sehingga berpotensi menimbulkan risiko keselamatan apabila dilakukan kegiatan lanjutan, khususnya *tank entry*. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan dan pengendalian proses *gas freeing* yang lebih terfokus pada pencapaian kondisi atmosfer tangki yang benar-benar aman sesuai standar keselamatan. Berdasarkan kondisi tersebut, penulis mengangkat permasalahan ini ke dalam sebuah penelitian

yang berjudul Analisis Proses Gas *Freeing* pada *Cargo Tank* LPG/C Coral Ivory. Yang dimana penelitian ini memiliki tujuan diantaranya, untuk mengetahui proses pelaksanaan gas freeing yang dilakukan di LPG/C Coral Ivory, untuk mengidentifikasi kendala yang terjadi selama proses pelaksanaan gas freeing di LPG/C Coral Ivory, serta untuk menentukan upaya penanganan terhadap kendala yang terjadi dalam proses pelaksanaan gas freeing di LPG/C Coral Ivory.

B. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kualitatif. Menurut Creswell dan Poth (2018), penelitian kualitatif merupakan pendekatan penelitian yang bertujuan untuk memahami dan mengeksplorasi makna suatu fenomena yang terjadi pada individu atau kelompok dalam kondisi alamiah melalui pengumpulan data secara langsung di lapangan. Pendekatan ini menekankan pemahaman terhadap proses, konteks, dan pengalaman subjek penelitian.

Selanjutnya, Moleong (2017) menyatakan bahwa penelitian kualitatif menghasilkan data deskriptif berupa kata-kata tertulis atau lisan dari orang-orang serta perilaku yang diamati,

dengan penekanan pada makna dan proses daripada hasil yang bersifat numerik. Metode ini memungkinkan peneliti untuk menggambarkan fenomena secara mendalam sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Berdasarkan pendapat para ahli tersebut, metode penelitian kualitatif dipilih karena mampu menggambarkan secara nyata kondisi serta fakta yang terjadi selama pelaksanaan proses *gas freeing* pada *cargo tank* LPG/C Coral Ivory, sehingga hasil penelitian dapat memberikan pemahaman yang mendalam dan sesuai dengan tujuan penelitian.

Penelitian ini dilakukan selama praktik berlayar di LPG/C Coral Ivory, yang merupakan kapal gas tanker milik perusahaan Anthony Veder. Sumber data pada penelitian ini peneliti mengklasifikasikan menjadi data primer, dan data skunder. Data primer diperoleh peneliti secara langsung, dengan melakukan observasi, wawancara dan dokumentasi secara langsung dari tempat penelitian. Sedangkan data skunder diperoleh peneliti dari dokumen-dokumen pendukung yang tidak peneliti dapatkan selama berada di objek penelitian.

Dalam proses pengumpulan data peneliti melakukan wawancara

dengan memilih informan dengan Teknik purposive sampling, yang Dimana peneliti memilih informan diantaranya, Chief Officer dipilih sebagai informan karena memiliki tanggung jawab utama dalam perencanaan dan pengawasan seluruh proses *gas freeing*, Second Officer dipilih sebagai informan penelitian karena memiliki tanggung jawab utama pada aspek keselamatan kerja dan pengendalian risiko selama proses *gas freeing*, serta Third Officer dipilih sebagai informan karena berperan sebagai perwira jaga yang bertanggung jawab terhadap aspek keselamatan selama proses *gas freeing* berlangsung.

Dalam hal ini penulis mengadakan observasi partisipatif, yaitu observasi dilakukan secara langsung di atas kapal LPG/C Coral Ivory selama peneliti menjalani praktik laut. Pengamatan difokuskan pada pelaksanaan proses *gas freeing* pada *cargo tank*, mulai dari tahapan pekerjaan, penggunaan peralatan, penerapan prosedur keselamatan, hingga peran perwira dan *crew*. Melalui observasi ini, peneliti memperoleh gambaran nyata mengenai kondisi operasional *gas freeing* yang berlangsung di atas kapal.

Dalam penelitian ini, wawancara dilakukan secara terstruktur kepada perwira kapal yang terlibat langsung dalam *proses gas freeing*, yaitu *Chief Officer*, *Second Officer*, dan *Third Officer*. Wawancara bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai prosedur *gas freeing* yang diterapkan, kendala yang dihadapi selama pelaksanaan, serta upaya yang dilakukan untuk mengoptimalkan proses *gas freeing* di *cargo tank*. Dalam penelitian ini, data dokumentasi diperoleh dari dokumen kapal seperti *cargo manual*, prosedur *gas freeing*, *safety management system* (SMS), *checklist* keselamatan, serta catatan hasil pengukuran gas. Selain itu, dokumentasi juga diperoleh dari buku dan jurnal ilmiah yang membahas *gas freeing* dan keselamatan kapal pengangkut LPG. Data dokumentasi ini digunakan untuk mendukung analisis dan meningkatkan keabsahan hasil penelitian.

Teknik Analisis data yang digunakan peneliti pada penelitian ini adalah pengambungan dengan melakukan pemilihan terhadap data yang dianggap relevan dan dianggap penting. Selanjutnya di susun dengan menggunakan kategori serta dilanjutkan menarik kesimpulan yang logis

agar hasil penelitian mudah dipahami dan dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah.

C.Hasil Penelitian dan Pembahasan

Setelah proses analisis data selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah pembahasan yang disusun dengan mengacu pada permasalahan yang telah dirumuskan dalam rumusan masalah sebelumnya. Pembahasan ini bertujuan untuk menjelaskan dan menginterpretasikan temuan penelitian secara lebih mendalam. Berikut peneliti menguraikan hasil pembahasan dari penelitian yang telah dilaksanakan.

a. Proses pelaksanaan gas freeing di LPG/C Coral Ivory.

1) Tahap Persiapan Gas Freeing dan Warming Up (Hot Gas Operation)

Secara teoritis, *International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals* (IS-GOTT) menegaskan bahwa tahap persiapan *gas freeing* harus dilakukan secara sistematis dan menyeluruh. Persiapan meliputi isolasi sistem *cargo*, pemeriksaan ventilasi, pengecekan integritas peralatan, serta pengukuran

awal konsentrasi gas sebelum pekerjaan dilakukan di dalam tangki. Tujuan utamanya adalah memastikan bahwa kondisi tangki bergerak menuju keadaan aman (*safe for entry* dan *safe for hot work*).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa praktik di LPG/C Coral Ivory selaras dengan prinsip tersebut. Sebelum gas *freeing* dimulai, dilakukan *discharge* maksimal untuk meminimalkan sisa muatan cair. Kapal di *trim* ± 1 meter *astern* guna mendukung *stripping* agar cairan *ammonia* dapat mengalir keluar secara optimal. Seluruh sistem *cargo* termasuk *valve*, jalur pipa, *vapour line*, *compressor*, *condenser*, dan *economizer*—diperiksa untuk memastikan tidak ada kebocoran atau kesalahan konfigurasi.

Instrumen pengukuran seperti *detector* NH_3 dan oksigen dikalibrasi sebelum digunakan untuk memastikan keakuratan hasil pengukuran. Tindakan ini mencerminkan penerapan prinsip pencegahan risiko sejak tahap awal.

Secara konseptual, kesiapan sistem sebelum proses dimulai merupakan bentuk pengendalian risiko primer (*primary risk control*), yaitu upaya mencegah potensi bahaya sebelum berkembang. Berdasarkan *manual book gas detector* yang digunakan di kapal, kalibrasi alat direkomendasikan untuk dilakukan secara berkala setiap tiga bulan sekali menggunakan *calibration gas* agar sensitivitas sensor tetap terjaga dan hasil pengukuran tetap akurat. Ketentuan tersebut juga sejalan dengan pedoman IMO MSC.1/Circ.1370 dari *International Maritime Organization* yang menekankan pentingnya pemeliharaan dan kalibrasi berkala terhadap peralatan deteksi *gas portable* di kapal untuk menjamin keandalan hasil pengukuran. Jadwal kalibrasi tersebut juga dilampirkan dalam penelitian ini sebagai dokumentasi yang menunjukkan bahwa proses kalibrasi dilakukan sesuai rekomendasi pabrikan dan standar keselamatan internasional.

Setelah tahap persiapan dinyatakan memenuhi syarat, dilakukan *warming up* menggunakan *hot gas*. *Hot gas* dialirkan melalui *compressor* ke dasar tangki untuk meningkatkan *temperature* internal. Secara fisika, peningkatan *temperature* bertujuan mempercepat proses perubahan fase sisa *ammonia* cair menjadi *vapour*. Tekanan tangki dinaikkan secara bertahap hingga ± 1 bar sesuai SOP. Peningkatan tekanan ini bukan untuk menahan gas, tetapi untuk mendukung distribusi panas yang lebih merata dan menjaga stabilitas sistem selama proses berlangsung. Pemantauan tekanan dan *temperature* dilakukan setiap empat jam dan dicatat dalam *log book*. Praktik ini menunjukkan bahwa pengendalian parameter dilakukan secara konsisten dan terdokumentasi, yang menjadi indikator penerapan sistem manajemen keselamatan yang baik.

2) Pelaksanaan Inerting Nitrogen (N_2)

Tahap berikutnya adalah

inerting nitrogen. Landasan teori dalam *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) Chapter II-2* menyatakan bahwa sistem *inert gas* merupakan bagian wajib dari sistem proteksi kebakaran pada kapal *tanker*. Regulasi ini menekankan bahwa *inerting* bertujuan menurunkan konsentrasi oksigen dalam tangki hingga berada di bawah batas yang memungkinkan terjadinya pembakaran. Dalam praktik di LPG/C Coral Ivory, nitrogen dialirkan secara bertahap dan tidak langsung pada kapasitas maksimum. Secara teknis, pendekatan bertahap ini bertujuan menghindari fluktuasi tekanan yang berpotensi membahayakan struktur tangki maupun sistem perpipaan. Secara konseptual, hal ini mencerminkan prinsip kontrol bertahap (*gradual control approach*) dalam manajemen risiko operasional.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kadar oksigen berhasil ditekan sesuai batas aman. Namun, pada beberapa

titik sampling masih terdeteksi residu *ammonia*. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun secara regulasi sistem *inert* telah bekerja, faktor distribusi gas di dalam tangki berukuran besar menjadi tantangan tersendiri. Temuan ini memperlihatkan bahwa *inerting* bukan hanya soal memenuhi angka batas oksigen, tetapi juga memastikan distribusi gas *inert* merata pada seluruh volume tangki.

Dengan demikian, implementasi di lapangan telah memenuhi aspek regulatif SOLAS sekaligus menunjukkan adanya kesadaran operasional untuk memastikan keselamatan secara menyeluruh

3) Pelaksanaan Dry Purging air Purging

Tahap akhir adalah *dry air purging*. SOLAS *Chapter II-2* juga menegaskan bahwa sistem pengendalian atmosfer merupakan bagian dari sistem proteksi kebakaran yang terintegrasi. Dengan demikian, *purging* bukan sekadar tahap pembersihan gas, melainkan

bagian dari strategi pengendalian risiko kebakaran dan paparan gas beracun. Pada LPG/C Coral Ivory, *dry air* dialirkan melalui sistem PSA, sementara gas keluar melalui *cross over line* yang terhubung dengan *cargo hose*. Parameter yang dipantau meliputi tekanan, *temperature*, dan konsentrasi *ammonia*. Jika *ammonia* masih terdeteksi, *purging* diperpanjang dan dilakukan ventilasi tambahan menggunakan *blower*. Secara keseluruhan, pelaksanaan *gas freeing* di kapal ini menunjukkan kesesuaian antara praktik lapangan dan landasan teori internasional.

b. Kendala yang terjadi selama proses gas freeing di LPG/C Coral Ivory

1) Kendala Material (Muatan Ammonia)

Berdasarkan SOLAS *Chapter II-2*, material dalam sistem *cargo* harus memenuhi spesifikasi keselamatan agar tidak terjadi kegagalan sistem. Namun, dalam konteks penelitian ini, kendala utama berasal dari sifat

fisik *ammonia* itu sendiri. *Ammonia* memiliki sifat mudah larut dalam air dan dapat tertahan pada permukaan yang masih lembab. Jika terdapat sisa cairan pada dinding atau dasar tangki, maka cairan tersebut akan terus menguap secara bertahap selama *purging* berlangsung. Selain itu, *temperature* rendah memperlambat laju penguapan. Artinya, kendala material bukan disebabkan oleh ketidaksesuaian spesifikasi sistem, melainkan karakteristik alamiah muatan. Hal ini menunjukkan bahwa proses *gas freeing* sangat dipengaruhi oleh faktor termodinamika dan sifat kimia muatan.

2) Kendala Metode (Method)

Menurut *International Safety Management (ISM) Code*, setiap operasi kritis harus memiliki prosedur terdokumentasi dan dilakukan evaluasi jika terjadi penyimpangan. Dalam praktiknya, penghentian *compressor* saat kapal melewati area *lock* menyebabkan *warming up* tidak berlangsung terus mene-

rus. Walaupun tindakan tersebut merupakan bagian dari prosedur keselamatan navigasi, dampaknya adalah perlambatan kenaikan *temperature* dan distribusi panas yang kurang merata. Selain itu, distribusi nitrogen dan *dry air* tidak selalu langsung menjangkau sudut dan bagian bawah tangki. Ini menunjukkan bahwa meskipun metode telah sesuai SOP, faktor teknis seperti desain internal tangki tetap dapat memengaruhi hasil.

3) Kendala Measurement (Pengukuran)

Standar Occupational Safety and Health Administration (OSHA) 29 CFR 1910.146 tentang *confined space* mewajibkan pengujian atmosfer secara menyeluruh sebelum dan selama pekerjaan berlangsung. Di LPG/C Coral Ivory, pengukuran dilakukan di beberapa titik dan dicatat secara berkala. Namun, adanya variasi konsentrasi *ammonia* antar titik menunjukkan bahwa dinamika gas di dalam tangki bersifat kompleks. Gas dapat terdeteksi kembali akibat penguapan

ulang dari residu cair. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran harus dilakukan secara representatif dan berulang untuk memastikan tidak terjadi *false safe condition*.

c. Upaya Penanganan Kendala yang terjadi Selama Proses Gas Freeing di LPG/C Coral Ivory

1) Penanganan Kendala Material

Secara teoritis, SOLAS *Chapter II-2* menegaskan bahwa sistem *cargo* harus dirancang dan dioperasikan sedemikian rupa untuk mencegah risiko kebakaran dan paparan gas berbahaya. Dalam konteks *gas freeing*, kendala material tidak berasal dari kegagalan sistem, melainkan dari sifat fisik *ammonia* itu sendiri. *Ammonia* memiliki karakteristik yaitu, mudah menguap pada kondisi tertentu, larut dalam air, dapat tertahan pada permukaan lembab, menguap kembali apabila terjadi perubahan *temperature*. Ketika masih ditemukan *vapour ammonia* di dalam tangki, salah satu indikasi utamanya adalah adanya residu cair yang belum sepenuhnya teruapkan.

Oleh karena itu, langkah pertama yang dilakukan adalah mengoptimalkan tahap *hot gas operation*. *Hot gas* dialirkan hingga ke dasar tangki untuk memastikan pemanasan terjadi secara menyeluruh. Tekanan tangki dinaikkan hingga ± 1 bar sesuai SOP. Peningkatan tekanan ini bukan untuk mempertahankan gas di dalam tangki, melainkan untuk membantu distribusi panas dan mendorong proses penguapan sisa cairan *ammonia*. Selain itu, dilakukan pemantauan *temperature sump*. Jika *temperature sump* tidak menunjukkan kenaikan yang signifikan, maka proses pemanasan dilanjutkan hingga indikasi penguapan meningkat. Dengan kata lain, penanganan kendala *material* dilakukan dengan pendekatan termodinamika praktis: meningkatkan energi panas dalam sistem agar laju penguapan residu *ammonia* bertambah.

2) Upaya Penanganan Kendala Metode

Berdasarkan *International Safety Management (ISM)*

Code, setiap operasi kritis harus dilaksanakan berdasarkan prosedur terdokumentasi dan dievaluasi apabila terjadi penyimpangan. Dalam praktiknya, ketika ditemukan *vapour ammonia* masih terdeteksi setelah *inerting* atau *purging*. *Crew* melakukan evaluasi terhadap beberapa aspek metode kerja, antara lain:

- a) Evaluasi Urutan Proses
Urutan *hot gas* – nitrogen – *dry air* tetap dipertahankan karena secara metodologis setiap tahap memiliki fungsi spesifik: *Hot gas* untuk meningkatkan *temperature* dan menguapkan residu cair, Nitrogen untuk menurunkan kadar oksigen dan menggantikan atmosfer. *Dry air* untuk mengeringkan dan menghilangkan sisa *vapour*. Apabila salah satu tahap tidak berjalan maksimal, maka tahap berikutnya tidak akan efektif. Oleh karena itu, urutan ini tidak dapat dipersingkat atau dibalik.

- b) Pengendalian Tekanan Tangki

Tekanan dijaga sesuai SOP agar tidak terjadi akumulasi gas di dalam tangki. Jika tekanan terlalu rendah, aliran gas mungkin tidak menjangkau seluruh bagian tangki. Jika terlalu tinggi, berpotensi menimbulkan risiko struktural. Pengendalian tekanan dilakukan dengan menyeimbangkan aliran masuk dan aliran keluar melalui *cross over line*.

- c) Optimalisasi Distribusi Gas

Masih ditemukannya cairan yang tercampur dengan *vapour ammonia* pada bagian bawah atau sudut tangki menunjukkan kemungkinan adanya area stagnan. Untuk mengatasi hal tersebut maka laju nitrogen disesuaikan secara bertahap, durasi *inerting* diperpanjang, *purging* dilanjutkan dengan ventilasi tambahan

menggunakan *blower*. Langkah-langkah ini menunjukkan bahwa metode kerja yang diterapkan bersifat fleksibel dan menyesuaikan kondisi di lapangan. Crew tidak hanya menjalankan prosedur secara kaku berdasarkan *checklist*, tetapi juga melakukan penyesuaian tindakan berdasarkan hasil pengamatan dan respons sistem selama proses berlangsung.

3) Upaya Penanganan Kendala Pengukuran (Measurement)

Aspek pengukuran menjadi faktor krusial dalam menentukan apakah tangki benar-benar aman. Standar *Occupational Safety and Health Administration (OSHA) 29 CFR 1910.146* mewajibkan pengujian atmosfer ruang terbatas secara menyeluruh sebelum dan selama pekerjaan dilakukan. Selain itu, prinsip *ISO 9001* tentang *evidence-based decision making* menegaskan bahwa setiap keputusan operasional harus didasarkan

pada data yang terverifikasi. Di LPG/C Coral Ivory, beberapa langkah yang dilakukan antara lain yaitu kalibrasi alat ukur, alat deteksi NH_3 dikalibrasi sebelum digunakan untuk memastikan akurasi pembacaan. Pengukuran *multi-point*, pengambilan sampel dilakukan pada beberapa titik yaitu bagian atas, tengah, dan bawah tangki.

Hal ini bertujuan memastikan hasil pengukuran merepresentasikan seluruh volume tangki, bukan hanya satu area. penentuan *reference mark* yaitu *reference mark* pada botol pengukuran NH_3 digunakan sebagai acuan konsistensi pembacaan. ketinggian air dalam botol menunjukkan konsentrasi *ammonia* yang terlarut, sehingga hasilnya lebih objektif. Pengukuran berulang, jika pada satu titik terdeteksi *ammonia*, pengukuran diulang setelah *purging* tambahan dilakukan. Proses tidak dilanjutkan sebelum seluruh titik menunjukkan nilai di bawah batas aman. Pengambilan keputusan tidak dilakukan berdasarkan asumsi

visual atau bau, melainkan berdasarkan data kuantitatif yang terdokumentasi.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi selama persiapan memasuki *dry dock* yang dilakukan dari Juni 2025 - Juli 2025, dapat disimpulkan bahwa pelaksanaan proses *gas freeing* pada LPG/C Coral Ivory telah dilakukan sesuai tahapan prosedur, namun dalam pelaksanaannya masih ditemukan beberapa kendala teknis dan operasional yang memengaruhi kelancaran proses tersebut. Berikut merupakan kesimpulan utama dari penelitian ini.

1. Pelaksanaan *gas freeing* di LPG/C Coral Ivory dilakukan melalui tahapan yang sistematis dan berurutan, yaitu tahap persiapan dan *warming up (hot gas operation)*, *inerting* nitrogen (N_2), serta *dry air purging*. Tahap persiapan dilakukan dengan memastikan *discharge* dan *stripping* telah maksimal, sistem pipa dan *valve* dalam kondisi benar, serta alat ukur telah dikalibrasi. Pada tahap *warming up*, *hot gas* dialirkan ke dasar tangki dan tekanan dinaikkan hingga ± 1 bar

untuk membantu distribusi panas serta mempercepat penguapan sisa cairan *ammonia*. Tahap *inerting* nitrogen dilakukan secara bertahap untuk menjaga stabilitas tekanan dan menurunkan kadar oksigen hingga batas aman sesuai ketentuan keselamatan. Selanjutnya, *dry air purging* dilakukan untuk menghilangkan sisa *vapour ammonia* dan mengeringkan tangki. Secara umum, proses *gas freeing* telah dilaksanakan sesuai dengan prosedur operasional dan regulasi keselamatan internasional, dengan pengawasan parameter tekanan, *temperature*, dan konsentrasi gas secara berkala.

2. Meskipun prosedur telah dilaksanakan sesuai standar, masih ditemukan sisa *vapour ammonia* di dalam tangki pada beberapa tahap proses. Kendala yang terjadi meliputi, distribusi *gas inert* dan *dry air* yang belum sepenuhnya merata ke seluruh bagian tangki, terutama pada bagian bawah dan sudut-sudut tangki, adanya sisa cairan *ammonia* pada dinding atau dasar tangki yang menyebabkan penguapan ulang selama proses *purging*, *temperature* tangki yang belum optimal sehingga memperlambat laju penguapan

residu *ammonia*, dan gangguan operasional seperti penghentian sementara *compressor* saat melewati area tertentu, yang menyebabkan *warming up* tidak berlangsung secara berkelanjutan. Kendala tersebut lebih banyak dipengaruhi oleh faktor fisik muatan dan dinamika operasional di lapangan, bukan karena penyimpangan prosedur.

3. Upaya penanganan dilakukan melalui pendekatan teknis dan sistematis antara lain, optimalisasi tahap *hot gas* untuk memastikan pemanasan merata dan penguapan residu cair berlangsung maksimal, penyesuaian laju nitrogen dan perpanjangan durasi *inerting* apabila hasil pengukuran menunjukkan distribusi gas belum merata, perpanjangan *dry air purging* dan pelaksanaan ventilasi tambahan menggunakan *blower* apabila *ammonia* masih terdeteksi, penguatan sistem pengukuran melalui kalibrasi alat, pengambilan sampel di beberapa titik, serta pencatatan hasil secara berkala sebagai dasar pengambilan keputusan. Dengan pendekatan tersebut, proses *gas freeing* tetap dapat dikendalikan hingga konsentrasi *ammonia* mencapai batas aman sesuai standar keselamatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alzira, F. S. (2021). *Optimalisasi purging menggunakan nitrogen untuk free gas tangki muatan pada saat dry dock di kapal LPG/C Gas Nuri Arizona* (Skripsi, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).
- American Bureau of Shipping. (2020). *Guide for gas and chemical tanker operations*. ABS.
- Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa. (2023). *Analisis. Kamus Besar Bahasa Indonesia* (KBBI).
- Det Norske Veritas. (2020). *Human factors in maritime operations*. DNV.
- Fadli, M. R. (2021). Memahami desain metode penelitian kualitatif. *Humanika: Kajian Ilmiah Mata Kuliah Umum*, 21(1), 33–54.
- Hardani, A., Auliya, N. H., Andriani, H., et al. (2020). *Metode penelitian kualitatif & kuantitatif*. Pustaka Ilmu.
- International Chamber of Shipping. (2020). *Tanker safety guide: Liquefied gas*. ICS.

- International Energy Agency. (2022). *Ammonia technology roadmap*. IEA. *kapal LNG Tangguh Batur* (Undergraduate thesis, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).
- International Maritime Organization. (2020). *International convention for the safety of life at sea (SOLAS), 1974 as amended*. IMO Publishing.
- International Organization for Standardization. (2021). *Cryogenic vessels — Operating requirements*. ISO.
- Kumah, A., Nwogu, C. N., Issah, A., Obot, E., Kanamitie, D. T., Sifa, J. S., & Aidoo, L. A. (2024). *Cause-and-Effect (Fishbone) Diagram: A Tool for Generating and Organizing Quality Improvement Ideas*. *Global Journal on Quality and Safety in Healthcare*, 7(2), 85–87.
- Najah, F. N. (2020). *Analisis faktor penghambat operasi free gas pada kapal LPG/C Pertamina Gas 1* (Undergraduate thesis, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).
- Yudatriyana, H. P. (2020). *Analisis pelaksanaan free gas operation sebelum memasuki dry dock di*