



STUDI ANALISIS RISIKO PENGELOLAAN MUATAN LPG MENGUNAKAN SISTEM *RELIQUEFACTION* UNTUK MENCEGAH KENAIKAN TEKANAN TINGGI PADA KAPAL LPG BASTOGNE

Tri Kismantoro¹⁾, Derma Watty Sihombing²⁾, R.M. Wahyudi S³⁾
Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran
Jl. Marunda Makmur Cilincing, Jakarta Utara

Disubmit :

direvisi :

diterima :

Abstrak

Peningkatan kebutuhan energi global menyebabkan LPG menjadi bahan bakar utama yang banyak digunakan, namun transportasinya memerlukan penanganan khusus karena sifat mudah terbakar dan tekanan tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis risiko dan mencari solusi terkait penanganan muatan LPG menggunakan sistem reliquefaction di kapal LPG Bastogne. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi penyebab tekanan tinggi selama proses muatan dan merumuskan tindakan preventif guna meningkatkan keselamatan operasional.

Metodologi penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan observasi, dokumentasi, dan wawancara selama praktik laut di kapal LPG Bastogne. Data dianalisis menggunakan metode deskriptif dan fishbone diagram untuk mengidentifikasi akar masalah, seperti kurang optimalnya perawatan sistem reliquefaction dan tingginya suhu muatan dari terminal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelaksanaan perawatan yang tidak sesuai standar serta kurangnya keterampilan kru menjadi faktor utama penyebab tekanan tinggi. Implementasi perawatan sistem yang lebih baik dan pelatihan kru direkomendasikan untuk mencegah terjadinya venting, mengurangi risiko ledakan, serta memastikan kelancaran bongkar muat. Kesimpulannya, optimalisasi sistem reliquefaction dapat meningkatkan efisiensi operasional kapal LPG dan meminimalkan dampak lingkungan.

Kata kunci: *Reliquefaction system*, Tekanan tinggi, Transportasi LPG, Keselamatan operasional, Keselamatan Kapal

Abstract

The increasing global energy demand has made LPG a widely used primary fuel; however, its transportation requires special handling due to its flammable nature and high pressure. This study aims to analyze risks and seek solutions related to the handling of LPG cargo using the reliquefaction system on the LPG vessel Bastogne. The objective is to identify the causes of high pressure during loading processes and to formulate preventive actions to enhance operational safety.

The research methodology employs a qualitative approach through observation, documentation, and interviews conducted during sea practice on the LPG vessel Bastogne. Data were analyzed using descriptive methods and a fishbone diagram to identify root causes, such as suboptimal maintenance of the reliquefaction system and high cargo temperature from the terminal.

The findings reveal that non-standard maintenance practices and insufficient crew skills are the primary factors contributing to high pressure. Improved system maintenance and crew training are recommended to prevent venting, reduce explosion risks, and ensure smooth loading and unloading operations. In conclusion, optimizing the reliquefaction system can enhance the operational efficiency of LPG vessels and minimize environmental impact.

Keywords: *Reliquefaction system, High pressure, LPG Transportation, Operational safety, Ship Safety*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan peradaban dan revolusi industri telah membawa umat manusia ke dalam era eksploitasi sumber daya alam secara besar-besaran. Sumber daya alam, baik yang bersifat biotik maupun abiotik, kini dimanfaatkan secara optimal untuk memenuhi kebutuhan manusia. Salah satu sumber daya alam yang sangat dibutuhkan adalah gas bumi, khususnya LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), yang banyak digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga, kendaraan, dan industri. Namun, seiring dengan meningkatnya penggunaan LPG, ada tantangan besar terkait dengan pengangkutannya, terutama dalam pengaturan suhu dan tekanan dalam tangki kapal yang membawa muatan LPG. Hal ini karena LPG memiliki titik didih yang rendah dan mudah terbakar, sehingga pengelolannya memerlukan perhatian khusus untuk mencegah bahaya kebakaran dan ledakan.

Penelitian sebelumnya, seperti yang dijelaskan dalam buku *Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminal Fourth Edition (LGHP4)*, menyebutkan pentingnya pengelolaan suhu dan tekanan yang tepat dalam pengangkutan LPG untuk mencegah terjadinya *venting* dan masalah lainnya. Namun, pada praktiknya, terdapat beberapa kendala dalam pelaksanaan perawatan pada instrumen *reliquefaction system* yang berperan penting dalam pengendalian suhu dan tekanan di kapal. Hal ini pernah diamati oleh penulis di kapal LPG Bastogne, di mana ditemukan masalah

terkait perawatan instrumen *reliquefaction system* yang kurang optimal dan suhu LPG yang tidak dapat disesuaikan dengan baik oleh pihak terminal. Dampak dari masalah tersebut adalah terjadinya kenaikan tekanan di tangki yang berpotensi membahayakan keselamatan kru dan lingkungan.

Melalui penelitian ini, penulis bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab ketidakteraturan dalam pelaksanaan perawatan instrumen *reliquefaction system* dan suhu LPG yang tinggi dalam proses pengangkutan LPG. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan, baik dari segi teori maupun praktik. Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat memperluas pemahaman tentang penanganan muatan LPG di kapal tanker, terutama mengenai faktor-faktor yang menyebabkan kenaikan tekanan di dalam tangki. Secara praktis, penelitian ini dapat memberikan wawasan dan informasi yang berguna bagi kru kapal dan pihak terkait dalam mengelola muatan LPG secara lebih aman dan efisien.

Dengan tujuan tersebut, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan manfaat dalam meningkatkan kesadaran dan keterampilan kru kapal dalam perawatan *reliquefaction system* serta mengurangi risiko bahaya kebakaran dan ledakan yang disebabkan oleh ketidakteraturan dalam pengelolaan suhu dan tekanan LPG.

Pengertian/ definisi operational

Peneliti akan menguraikan berbagai teori pendukung serta definisi dan istilah-istilah

yang relevan dengan topik utama penelitian ini. Selain itu, penulis akan mengacu pada buku-buku, pandangan para ahli, serta pedoman dari penelitian-penelitian terdahulu guna mempermudah pemahaman pembaca dan mendukung penulisan penelitian ini.

a. Analisis

Menurut Sudjana, Nana (2016), analisis adalah proses memecah suatu keseluruhan menjadi bagian-bagian untuk memahami strukturnya. Dengan demikian, analisis adalah kegiatan memilah informasi untuk memperoleh pemahaman baru dan bukti akurat terkait masalah yang diteliti..

b. Risiko

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), risiko adalah kemungkinan terjadinya peristiwa yang dapat merugikan perusahaan. Meskipun tidak pasti, kita perlu mempersiapkan diri dan mempertimbangkan segala kemungkinan sebelum membuat keputusan. Menurut Besis (2011), risiko terjadi ketika ketidakpastian dapat menyebabkan kerugian.

Jadi, risiko adalah kemungkinan kerugian yang muncul dalam situasi ketidakpastian, sehingga penting untuk berhati-hati sebelum mengambil keputusan.

c. Metode

Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), metode adalah serangkaian cara yang terorganisir untuk menyelesaikan suatu tugas agar dapat mencapai hasil yang diinginkan. Dengan demikian, metode dapat dipahami sebagai serangkaian langkah yang terstruktur untuk mencapai tujuan atau hasil tertentu dalam sebuah aktivitas atau pekerjaan.

d. Pemeliharaan

Menurut Widiyanto, Akbar (2016), pemeliharaan dapat diartikan sebagai langkah-langkah untuk merawat mesin atau peralatan pabrik agar dapat memperpanjang masa pakai dan mencegah kerusakan atau kegagalan mesin. Dengan

demikian, pemeliharaan merupakan upaya untuk memastikan mesin atau peralatan tetap berfungsi dengan baik dan memiliki umur pakai yang lebih lama, serta mengurangi kemungkinan kerusakan.

e. Prosedur

Menurut M. Rudi (2013), prosedur adalah pedoman dalam suatu organisasi untuk memastikan keputusan, tindakan, dan penggunaan fasilitas dilakukan secara efektif dan efisien. Sementara itu, Nuraida, Ida (2012) menyatakan bahwa prosedur adalah cara yang digunakan untuk melaksanakan tugas, dengan menggabungkan beberapa langkah menjadi satu prosedur.

Dengan demikian, prosedur adalah panduan yang memastikan bahwa segala hal dalam organisasi dilakukan dengan cara yang efisien dan efektif.

f. Penanganan

Menurut KBBI (Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2016), penanganan adalah proses atau cara untuk menangani atau mengelola suatu hal. Dengan demikian, penanganan dapat diartikan sebagai segala tindakan atau langkah yang diambil untuk menyelesaikan atau mengatasi suatu masalah dengan cara tertentu.

g. Terminal

Menurut Me Guire, White (2016) dalam buku *Liquefied Gas Handling Principles On Ships and in Terminals 4th Edition* (LGHP4), terminal adalah area di mana kru kapal dan pelabuhan melakukan kegiatan terkait penanganan muatan. Dengan demikian, terminal merujuk pada lokasi di mana berbagai aktivitas yang berhubungan dengan muatan dan bongkar muatan dilakukan, baik di kapal maupun di darat di pelabuhan.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan oleh penulis di kapal LPG Bastogne milik Exmar Shipping Management, dari 24 Desember 2022 hingga 27 Desember 2022. Lokasi penelitian berada di atas kapal LPG Bastogne yang berbendera Belgia. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kualitatif, yang berfokus pada pengamatan langsung terhadap peristiwa yang terjadi selama proses bongkar muat di kapal tersebut. Metode ini lebih menekankan pada pengumpulan data dan analisis untuk memahami makna dari fenomena yang diteliti, yaitu penanganan muatan menggunakan sistem *reliquefaction* guna mencegah *venting*. Selain itu, penelitian ini juga mengacu pada berbagai referensi untuk memperkuat asumsi dan memahami hubungan sebab-akibat dari permasalahan yang ada. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah informasi yang bermakna, tidak hanya data yang sulit diperoleh melalui pendekatan kuantitatif.

SUMBER DATA

Penelitian ini berfokus pada kapal LPG Bastogne, dengan objek penelitian tentang upaya pencegahan tekanan tinggi (*high pressure*) selama pemuatan menggunakan metode *reliquefaction system* untuk memastikan keamanan muatan LPG. Data yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua jenis. Data primer diperoleh langsung melalui observasi pada kapal LPG Bastogne saat melaksanakan operasional pemuatan muatan LPG pada 24 Desember 2022 di Kandla, India. Proses yang diamati mencakup tahap *cooldown* dengan *reliquefaction system* hingga pemuatan selesai dan *disconnecting the loading arm*. Sedangkan data sekunder diperoleh melalui kajian pustaka, buku, jurnal, dan dokumen yang relevan seperti SIGTTO, ISGOTT, *Cargo Operation Manual*, *Liquefied Gas Handling Principles 3rd & 4th edition*, IGC Code, serta dokumen kapal dan foto-foto

yang mendukung pemahaman teoritis tentang topik yang diteliti.

TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Adapun teknik pengumpulan data yang Penulis mengumpulkan data yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan untuk penelitian ini dengan menggunakan teknik-teknik yang disarankan oleh Sugiyono (2018). Teknik pertama adalah observasi, di mana penulis mengamati secara langsung proses penanganan muatan dengan metode *reliquefaction system* di kapal LPG Bastogne pada 24 Desember 2022 di Kandla, India. Penulis berada di *Cargo Control Room* untuk memantau sistem kontrol muatan saat terjadi *overpressure* pada tangki propane, yang menghasilkan data primer yang objektif dan dapat dipercaya. Teknik kedua adalah dokumentasi, yang melibatkan pengumpulan berbagai dokumen pendukung dari kapal LPG Bastogne, seperti gambar kapal, rencana pemeliharaan, data kapal, tata letak ruang kompresor, daftar awak kapal, dan diagram analisis risiko. Terakhir, penulis juga menggunakan wawancara, dengan mewawancarai Mualim 1, Kepala Kamar Mesin (KKM), dan Bosun untuk mendapatkan informasi lebih mendalam terkait operasional dan perawatan *reliquefaction system*. Dengan penerapan ketiga teknik ini, penulis berhasil memperoleh data yang relevan untuk menganalisis penanganan muatan di kapal LPG Bastogne.

POPULASI SAMPEL DAN TEKNIK SAMPLING

Populasi yang penulis ambil sebagai subjek penelitiannya adalah kru kapal LPG Bastogne yang berjumlah 25 orang termasuk Nakhoda. Sebagai sampel narasumber Penulis memilih Nakhoda, dan seluruh perwira dek dan kru dek yang ada di atas kapal. Dan teknik sampling yang digunakan penulis adalah orang-orang yang memiliki pengetahuan

dan pengalaman tentang *reliquefaction system* di atas kapal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini berfokus pada sistem *reliquefaction* di kapal LPG Bastogne yang digunakan untuk mengangkut muatan gas cair seperti propane dan butane. Kapal ini dilengkapi dengan tiga tangki muatan dan tiga *cargo compressor* untuk mendukung operasi bongkar muat. Dalam pelaksanaannya, ditemukan dua masalah utama yang berdampak pada efisiensi dan keamanan proses:

3.1.1 Kurang optimalnya perawatan instrumen *reliquefaction system*:

- a. Pemeliharaan instrumen seperti kompresor dan kondensor sering tidak sesuai dengan prosedur standar yang tercantum dalam manual book.
- b. Keterbatasan jadwal pemeliharaan menyebabkan beberapa instrumen tidak berfungsi secara maksimal.
- c. Kekurangan pada pengelolaan suku cadang dan dokumentasi perawatan yang tidak optimal.

3.1.2 Suhu LPG yang tinggi saat pemuatan di terminal:

- a. Muatan dengan suhu tinggi meningkatkan risiko *overpressure* di tangki.
- b. Metode untuk menurunkan suhu tangki seperti *top spray* belum memberikan hasil optimal jika suhu muatan melebihi batas tertentu.

3.2 Pembahasan

3.2.1 Analisis Kurangnya Optimalisasi Perawatan Instrumen

Reliquefaction system pada kapal LPG Bastogne memegang peranan penting dalam menjaga suhu dan tekanan muatan. Berdasarkan pengamatan, masalah utama berasal dari kurangnya penerapan prosedur perawatan yang konsisten. Penemuan ini sejalan dengan pendapat White (2016), yang menekankan pentingnya perawatan

berkala untuk mencegah kerusakan instrumen pendinginan pada kapal pengangkut gas cair. Selain itu, penelitian Rachman et al. (2017) menunjukkan bahwa sistem boiler kapal memerlukan manajemen perawatan berbasis jadwal untuk menjaga kinerja optimal, sebuah prinsip yang relevan untuk *reliquefaction system*.

Beberapa kendala spesifik yang ditemukan meliputi:

- a. Pelaksanaan perawatan: tidak semua kru memiliki pemahaman yang cukup mengenai prosedur perawatan instrumen, termasuk penggantian pelumas kompresor sesuai jadwal.
- b. Pengelolaan suku cadang: keterlambatan dalam penyediaan suku cadang menghambat kelancaran perawatan.
- c. Pencatatan dan dokumentasi: kurangnya sistem pengarsipan yang efisien menyebabkan sulitnya evaluasi kondisi instrumen secara berkala.

Solusi yang diusulkan mencakup implementasi sistem manajemen perawatan berbasis PMS (*Planned Maintenance System*) yang melibatkan pelatihan awak kapal, pengelolaan suku cadang yang lebih terstruktur, dan pengawasan berkala oleh Mualim I. Temuan ini juga konsisten dengan studi Mitropoulos & Prevedouros (2016), yang menunjukkan bahwa pengelolaan yang baik dapat meningkatkan efisiensi sistem transportasi berbasis gas cair.

3.2.2. Pengelolaan Suhu LPG saat Pemuatan

Suhu LPG yang tinggi saat pemuatan di terminal menjadi penyebab utama *overpressure* di tangki kapal. Faktor ini diperparah oleh keterbatasan terminal dalam menyesuaikan suhu muatan dengan standar tangki kapal. Penemuan ini relevan dengan studi Rasyid et al.

(2022), yang menunjukkan bahwa suhu muatan sangat mempengaruhi kestabilan tekanan di tangki kapal.

Metode seperti *vapour return to shore* terbukti efektif, tetapi pelaksanaannya membutuhkan koordinasi antara kapal dan terminal, serta kapasitas penyimpanan terminal yang memadai. Studi Bessis (2011) juga mendukung pentingnya koordinasi dalam pengelolaan risiko transportasi gas cair.

Metode *top spray* dapat menjadi solusi alternatif yang sederhana, tetapi efektivitasnya bergantung pada suhu awal muatan. Pendekatan ini didukung oleh penelitian Rachman et al. (2017), yang menunjukkan bahwa sistem pendinginan pada kapal membutuhkan strategi adaptif untuk mengelola risiko tekanan tinggi.

3.3.3. Evaluasi Pemecahan Masalah

Berdasarkan analisis terhadap dua masalah utama, berikut adalah langkah evaluasi yang diusulkan:

- a. Perawatan Instrumen:
Melaksanakan perawatan berdasarkan *manual book* dan jadwal yang telah direncanakan. Hal ini akan meningkatkan efisiensi *reliquefaction system* sekaligus meminimalkan potensi kerusakan.
- b. Pengendalian Suhu LPG:
Mengurangi tekanan tangki melalui *vapour return* ke terminal dengan persetujuan loading master. Langkah ini diharapkan dapat menurunkan risiko venting serta mempercepat proses pemuatan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi dan menganalisis faktor penyebab utama dari tingginya tekanan (*high pressure*) di tangki kapal LPG Bastogne selama

proses pemuatan muatan. Faktor-faktor tersebut mencakup:

4.1.1 Kurang optimalnya pelaksanaan perawatan *reliquefaction system* yang tidak sesuai dengan standar prosedur, sehingga mengurangi efisiensi pengendalian tekanan dan suhu di dalam tangki.

4.1.2 Suhu LPG yang tinggi dari terminal yang menyebabkan peningkatan tekanan di dalam tangki, memicu potensi bahaya venting yang dapat merugikan lingkungan dan keselamatan.

Proses *reliquefaction system* telah terbukti memainkan peran penting dalam mencegah tekanan berlebih di tangki dengan cara mengubah muatan berbentuk gas (*vapour*) menjadi cair kembali. Implementasi prosedur yang lebih disiplin dan pengelolaan perawatan yang terstruktur dapat mengurangi risiko *overpressure* dan meningkatkan efisiensi operasi.

Hasil penelitian ini mendukung teori dan temuan sebelumnya, seperti yang dipaparkan oleh White (2016) dan Rachman et al. (2017), yang menekankan pentingnya perawatan sistem pendinginan secara berkala pada kapal pengangkut gas cair untuk mengurangi risiko teknis dan operasional.

4.2 Saran

4.2.1 Perbaiki Sistem Perawatan:

- a. Mengadopsi sistem manajemen perawatan berbasis *Planned Maintenance System* (PMS) yang terintegrasi dan mendukung pengawasan peralatan secara berkala.
- b. Menyediakan pelatihan tambahan bagi kru kapal terkait pengoperasian dan perawatan *reliquefaction system*, termasuk manajemen risiko saat kondisi kritis.

4.2.2 Kerja Sama dengan Terminal Pemuatan:

- a. Meningkatkan koordinasi dengan pihak terminal untuk memastikan suhu LPG yang dimuat sesuai dengan standar tangki kapal, guna meminimalkan risiko *overpressure*.
- b. Mengimplementasikan *vapour return to shore* sebagai langkah mitigasi untuk mengurangi tekanan saat suhu LPG terlalu tinggi.

4.2.3 Peningkatan Infrastruktur Kapal:

- a. Memastikan ketersediaan suku cadang penting untuk pemeliharaan, seperti pelumas kompresor dan *spare parts* kondensor, agar *reliquefaction system* selalu berada dalam kondisi optimal.
- b. Memasang sistem monitoring tekanan dan suhu yang lebih akurat untuk meningkatkan deteksi dini masalah teknis selama operasi bongkar muat.

4.2.4 Rekomendasi Penelitian Selanjutnya:

- a. Mengkaji lebih lanjut efektivitas alternatif teknologi pengendalian suhu LPG, seperti penggunaan material isolasi baru pada tangki yang mampu mempertahankan suhu rendah lebih lama.
- b. Melakukan studi komparatif dengan kapal serupa di perusahaan lain untuk mengidentifikasi praktik terbaik dalam manajemen *reliquefaction system*.

Liquefied Gas Tanker Safety Guide. (2013). *Third Edition*. London: Witherby Seamanship.

McGuire, White. (2016). *Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals (4th Edition)*. Witherby Publishing Group Ltd.

Prihantoro, T. (2012). *Fishbone Diagram Analysis for Risk Management*. Jakarta: Teknik Press.

Rachman, G., Garside, T., & Kholik, A. (2017). *Manajemen Pemeliharaan Mesin Kapal*. Jakarta: Pustaka Pelaut.

Rashid, M. A. (2019). *Cargo Work for Maritime Operations (8th Edition)*. Oxford: Elsevier.

SIGTTO (Society of International Gas Tanker and Terminal Operators). (2014). *Liquefied Gas Tanker Operation Manual*. London: SIGTTO.

Sudjana, N. (2016). *Metode Analisis Data*. Bandung: Alfabeta.

Widianto, A. (2016). *Pemeliharaan Kapal dan Sistem Pendinginan*. Yogyakarta: Maritime Books.

DAFTAR PUSTAKA

Besis, M. (2011). *Efektivitas Manajemen Risiko dan Hasil*. Rotterdam: Springer Maritime.

Health and Safety Executive (HSE). (2015). *Guidance on LPG Transportation Safety*. UK: HSE Publications