



Strategi pencegahan *overpressure* di jalur manifold melalui pengelolaan cargo heater di VLGC Rubra

Tri Kismantoro^{*}, Fikri Bahri Atlantic
Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta
E-mail: *trik.stip.jkt@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan energi global telah menjadikan liquefied petroleum gas (LPG) sebagai salah satu komoditas utama dalam sektor transportasi maritim. Namun, proses pengangkutan LPG memiliki tantangan tersendiri karena sifatnya yang mudah terbakar dan tekanan tinggi yang dapat membahayakan keselamatan operasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan Standard Operating Procedure (SOP) pada sistem cargo heater selama kegiatan ship-to-ship transfer di kapal Very Large Gas Carrier (VLGC) Rubra, khususnya dalam mencegah lonjakan tekanan pada jalur manifold. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif dengan teknik pengumpulan data melalui observasi langsung, wawancara mendalam, dan dokumentasi selama pelaksanaan praktik laut. Analisis dilakukan menggunakan diagram sebab-akibat (fishbone diagram) untuk mengidentifikasi akar masalah yang meliputi kerusakan pada komponen flow tube cargo heater serta kurangnya pemahaman kru terhadap prosedur pembongkaran LPG. Temuan penelitian menunjukkan bahwa korosi dan keterbatasan perawatan rutin menjadi penyebab utama kerusakan sistem, sedangkan kurangnya pelatihan teknis menyebabkan kesalahan dalam pengoperasian cargo heater. Penelitian merekomendasikan penerapan SOP secara lebih disiplin dan penyusunan program pelatihan terstruktur bagi kru kapal untuk meningkatkan kompetensi teknis dan keselamatan kerja. Kesimpulannya, penerapan SOP yang tepat pada sistem cargo heater terbukti efektif dalam mencegah peningkatan tekanan pada jalur manifold, meningkatkan keselamatan operasional, serta mendukung kelancaran proses bongkar muat LPG secara keseluruhan.

Kata Kunci: LPG, cargo heater, SOP, ship-to-ship transfer, keselamatan maritim.

ABSTRACT

The increasing global demand for energy has positioned liquefied petroleum gas (LPG) as a key commodity in the maritime transportation sector. However, the transportation of LPG presents specific challenges due to its flammable nature and the high pressure involved, which can pose serious safety risks. This study aims to evaluate the implementation of the Standard Operating Procedure (SOP) for the cargo heater system during ship-to-ship transfer operations on the Very Large Gas Carrier (VLGC) Rubra, with a particular focus on preventing pressure surges in the manifold line. A qualitative approach was employed, utilizing direct observation, in-depth interviews, and documentation during sea practice activities. Data were analyzed using a fishbone diagram to identify the root causes of problems, including damage to the cargo heater flow tube and insufficient crew understanding of LPG unloading procedures. The findings reveal that corrosion and inadequate maintenance are the primary causes of equipment failure, while a lack of technical training contributes to operational errors. The study recommends stricter SOP implementation and the development of structured training programs



Journal Marine Inside is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

to enhance crew competence and operational safety. In conclusion, proper application of SOPs for cargo heaters is proven to be effective in preventing pressure increases in the manifold line, enhancing operational safety, and ensuring the smooth execution of LPG unloading operations.

Keywords: *LPG, cargo heater, SOP, ship-to-ship transfer, maritime safety.*

Tersedia pada: <https://doi.org/10.62391/ejmi.v7i1.132>

Disubmit pada 20/04/2025	Direview pada 28/04/2025	Direvisi pada 05/05/2025
Diterima pada 30/05/2025	Diterbitkan pada 01/06/2025	

PENDAHULUAN

Liquefied Petroleum Gas (LPG) merupakan salah satu sumber energi penting dalam sistem energi global karena efisiensi pembakarannya yang tinggi dan emisi karbon yang relatif rendah dibandingkan bahan bakar fosil lainnya [1]. LPG, yang terdiri dari campuran hidrokarbon seperti propana dan butana, digunakan secara luas dalam sektor industri, rumah tangga, hingga transportasi, termasuk transportasi laut [2].

Dalam sektor maritim, LPG diangkut menggunakan kapal khusus seperti Very Large Gas Carrier (VLGC) yang dirancang untuk menangani muatan gas dalam jumlah besar. Pengangkutan ini menuntut penerapan prosedur keselamatan yang ketat, mengingat sifat LPG yang sangat mudah terbakar dan berada dalam tekanan tinggi [3]. Salah satu komponen penting dalam sistem pengangkutan LPG adalah cargo heater, yang berfungsi untuk menjaga suhu LPG tetap dalam kisaran optimal agar proses bongkar muat dapat berjalan dengan aman dan efisien [4].

Namun demikian, berbagai tantangan teknis masih kerap muncul dalam pengoperasian cargo heater. Kerusakan pada komponen seperti flow tube serta kesalahan prosedur yang disebabkan oleh kurangnya pemahaman kru kapal dapat mengakibatkan peningkatan tekanan pada manifold. Kondisi ini tidak hanya berisiko terhadap keselamatan kapal dan kru, tetapi juga dapat menyebabkan kegagalan operasional yang berujung pada keterlambatan distribusi energi [5].

Penelitian-penelitian terdahulu telah menyoroti pentingnya manajemen sistem pemanas kargo dan implementasi Standard Operating Procedure (SOP) yang konsisten dalam mendukung keselamatan dan efisiensi operasi kapal gas [3, 6]. Selain itu, pelatihan teknis bagi kru kapal dinilai sangat krusial untuk mencegah kesalahan manusia yang berpotensi menimbulkan kecelakaan laut [7]. Meski demikian, kajian yang secara spesifik membahas kendala teknis pada cargo heater di kapal VLGC, seperti yang terjadi di kapal VLGC Rubra, masih relatif terbatas.

Permasalahan utama yang ditemukan dalam konteks ini mencakup korosi pada flow tube cargo heater akibat perawatan yang tidak memadai serta rendahnya pemahaman kru kapal terhadap prosedur pembongkaran LPG. Hal ini menjadi hambatan dalam menjaga keselamatan operasional dan efisiensi proses bongkar muat di kapal. Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab kerusakan pada sistem cargo heater serta mengevaluasi tingkat pemahaman kru terhadap SOP yang berlaku. Selain itu, studi ini berupaya mengembangkan rekomendasi praktis berupa penguatan implementasi SOP dan penyusunan program pelatihan terstruktur guna meningkatkan keselamatan dan efisiensi dalam operasi pembongkaran LPG di kapal VLGC.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif, yang bertujuan untuk memahami dan menjelaskan fenomena yang terjadi selama proses pembongkaran LPG di kapal Very Large Gas Carrier (VLGC) Rubra. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mengkaji secara mendalam kondisi peralatan, pelaksanaan prosedur operasional, serta kompetensi kru kapal dalam pengoperasian cargo heater dan sistem pendukung lainnya [8].

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di atas kapal VLGC Rubra milik Pacific Carriers Limited, yang dioperasikan oleh PT SPEDAK UTAMA SPINDO. Kapal ini berfungsi sebagai floating storage unit (FSU) untuk LPG di Balikpapan Anchorage, Kalimantan Timur, Indonesia. Periode pelaksanaan penelitian berlangsung dari 12 Mei 2022 hingga 30 Agustus 2022, dengan kegiatan observasi utama dilakukan pada 26 Juni 2022, bertepatan dengan proses ship-to-ship discharging LPG dari kapal MT Zakaria 3.

Populasi dan Subjek Penelitian

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh kru kapal VLGC Rubra yang terlibat dalam proses bongkar muatan LPG. Teknik pengambilan subjek dilakukan dengan metode purposive sampling, yaitu pemilihan individu secara sengaja berdasarkan peran dan keterlibatan langsung mereka dalam aktivitas operasional yang diteliti [9]. Subjek utama meliputi Chief Officer, Gas Engineer, serta kru operasional lainnya yang bertanggung jawab terhadap pengawasan cargo heater dan pelaksanaan SOP bongkar muat.

Teknik Pengumpulan Data

Tiga teknik utama digunakan dalam pengumpulan data:

1. Observasi Langsung. Peneliti melakukan pengamatan secara langsung terhadap proses bongkar LPG, termasuk pemantauan kondisi peralatan seperti cargo heater dan manifold, serta pengamatan terhadap interaksi antar kru selama kegiatan berlangsung [10].
2. Studi Dokumentasi. Dokumen-dokumen operasional kapal dikaji untuk mendapatkan data sekunder, meliputi laporan pemeliharaan, prosedur operasional standar (SOP), dan catatan insiden yang berkaitan dengan kerusakan flow tube pada cargo heater [11].
3. Wawancara Semi-Terstruktur. Wawancara dilakukan secara mendalam dan fleksibel terhadap informan kunci, seperti Chief Officer, Gas Engineer, dan kru operasional lainnya, untuk menggali pemahaman mereka terhadap prosedur operasional dan hambatan teknis yang dihadapi [12].

Teknik Analisis Data

Data dianalisis menggunakan diagram tulang ikan (Fishbone Diagram) atau Cause-and-Effect Diagram, yang dirancang untuk mengidentifikasi akar penyebab dari suatu permasalahan secara sistematis dan visual [13]. Proses analisis meliputi:

1. Identifikasi permasalahan utama dalam proses bongkar LPG.
2. Klasifikasi faktor penyebab berdasarkan empat kategori:

- a. Peralatan: kerusakan flow tube akibat korosi dan kurangnya perawatan.
 - b. Manusia: minimnya pelatihan dan pemahaman kru terhadap SOP.
 - c. Metode: pelaksanaan prosedur yang tidak konsisten.
 - d. Lingkungan: pengaruh cuaca dan tekanan eksternal selama operasi.
3. Penyusunan alternatif solusi berbasis temuan lapangan untuk meningkatkan efektivitas dan keselamatan operasional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerusakan Flow Tube pada Cargo Heater

Hasil observasi di lapangan menunjukkan bahwa kerusakan pada flow tube cargo heater merupakan salah satu penyebab utama terjadinya peningkatan tekanan (high pressure) pada line manifold selama proses pembongkaran LPG. Kerusakan ini diidentifikasi sebagai akibat dari korosi, yang terjadi karena paparan lingkungan laut yang bersifat korosif serta tidak optimalnya pemeliharaan rutin terhadap komponen terkait. Akibat dari kerusakan tersebut, terjadi pencampuran antara air laut dan cairan LPG yang menyebabkan pembekuan (freezing) pada bagian strainer, sehingga memperlambat dan mengganggu kelancaran proses bongkar muatan.

Rendahnya Pemahaman Kru terhadap Prosedur Operasional

Berdasarkan wawancara semi-terstruktur dengan beberapa personel kunci di kapal, diketahui bahwa tingkat pemahaman kru terhadap prosedur operasional pembongkaran LPG masih tergolong rendah. Hal ini terlihat dari kesalahan dalam pengoperasian cargo heater serta ketidaktepatan dalam penyusunan sistem valve line-up. Minimnya pelatihan dan program familiarisasi terhadap sistem dan prosedur pembongkaran LPG menjadi faktor dominan yang menyebabkan ketidaksesuaian dalam praktik lapangan.

Analisis Akar Masalah dengan Fishbone Diagram

Untuk mengidentifikasi penyebab utama permasalahan secara sistematis, digunakan Fishbone Diagram yang memetakan faktor-faktor penyebab ke dalam empat kategori, yaitu:

1. Peralatan: Korosi pada flow tube, serta ketidaksesuaian pembacaan antara indikator tekanan lokal dan sistem pemantauan utama (Kongsberg).
2. Metode: Implementasi Standard Operating Procedure (SOP) yang tidak konsisten.
3. Manusia: Rendahnya keterampilan, kurangnya pelatihan, serta lemahnya koordinasi antar kru.
4. Lingkungan: Paparan terhadap bahan korosif dan tekanan eksternal yang tinggi selama proses operasi.

Penerapan SOP dan Strategi Pemeliharaan

Temuan penelitian mengindikasikan bahwa penerapan SOP secara disiplin dalam pengoperasian cargo heater sangat berperan dalam mencegah terjadinya kerusakan peralatan dan peningkatan tekanan yang tidak terkendali di manifold. SOP yang tidak diikuti dengan tepat, seperti kesalahan dalam pengaturan tekanan air laut atau waktu aktivasi pemanas, berkontribusi terhadap terjadinya malfungsi sistem. Oleh karena itu, dibutuhkan pengawasan yang lebih ketat dan sistem evaluasi berkala terhadap kepatuhan pelaksanaan SOP, terutama

pada tahap persiapan dan eksekusi pembongkaran.

Urgensi Program Pelatihan Kru

Rendahnya tingkat pemahaman kru terhadap prosedur operasional menuntut adanya penyusunan program pelatihan yang lebih terstruktur. Pelatihan tidak hanya mencakup aspek teoretis, tetapi juga praktik lapangan seperti simulasi bongkar muat, pengenalan sistem valve, serta pengoperasian sistem pemanas LPG. Dengan adanya program refresher dan familiarization training, diharapkan kompetensi operasional kru dapat meningkat, sehingga risiko kesalahan dapat diminimalisir.

Dampak Korosi terhadap Efisiensi Operasi

Korosi pada flow tube cargo heater terbukti menyebabkan gangguan aliran panas dan pembekuan cairan di dalam sistem, yang secara langsung menurunkan efisiensi proses bongkar LPG. Korosi juga mempercepat degradasi komponen vital dalam sistem pemanas, sehingga menimbulkan potensi kerusakan berulang. Oleh sebab itu, program pemeliharaan preventif harus diimplementasikan secara konsisten, meliputi inspeksi berkala terhadap flow tube, strainer, dan saluran pengatur tekanan.

Rekomendasi Solutif untuk Peningkatan Operasional

Berdasarkan keseluruhan temuan, disusun beberapa rekomendasi strategis untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi proses pembongkaran LPG, antara lain:

- a. Pemeliharaan Preventif: Melaksanakan inspeksi rutin dan pemeliharaan terjadwal pada sistem cargo heater untuk mencegah terjadinya korosi dan kerusakan fungsi.
- b. Peningkatan Kapasitas SDM: Mengadakan pelatihan berkala bagi kru kapal terkait SOP pembongkaran, manajemen risiko teknis, serta penggunaan sistem pemantauan tekanan.
- c. Pemanfaatan Teknologi Pemantauan: Mengintegrasikan sistem sensor tekanan dan suhu dengan akurasi tinggi, serta sistem alarm dini untuk mendeteksi adanya ketidaksesuaian operasional sejak awal.

KESIMPULAN

Penelitian ini mengungkap bahwa disiplin dalam penerapan Standard Operating Procedure (SOP) serta peningkatan kapasitas kru kapal merupakan dua faktor kunci dalam mencegah kerusakan sistem cargo heater, menjaga kestabilan tekanan pada manifold, dan memastikan keselamatan selama proses pembongkaran LPG. Kurangnya pelatihan serta lemahnya pemeliharaan terbukti menjadi akar permasalahan utama dalam gangguan operasional di kapal VLGC Rubra. Oleh karena itu, implementasi SOP yang konsisten dan program pelatihan terstruktur bagi kru kapal direkomendasikan sebagai strategi utama untuk meningkatkan efisiensi, keandalan, dan keselamatan operasional kapal pengangkut LPG.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Energy Agency (IEA). (2020). *Liquefied Petroleum Gas: Analysis and forecast to 2025*. Paris: International Energy Agency (IEA).

- [2] Mokhatab, S., Poe, W. A., & Speight, J. G. (2014). *Handbook of Natural Gas Transmission and Processing (3rd ed.)*. Texas: Gulf Professional Publishing.
- [3] Society of International Gas Tanker and Terminal Operators (SIGTTO). (2016). *Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals (4th ed.)*. London: Society of International Gas Tanker and Terminal Operators (SIGTTO)
- [4] Morozyuk, L., Kosoy, B., Sokolovska-Yefymenko, V., & Ierin, V. (2022). Analysis of Mixing Processes of LPG Gases in Tanks When Transporting by Sea. *Dynamics*, vol. 2, no. 3, pp. 219-233.
- [5] Valdor, P. F., Gómez, A. G., Steinberg, P., Tanner, E., Knights, A. M., Seitz, R. D., Airolidi, L., Firth, L. B., Arvanitidis, C., Ponti, M., Chatzinikolaou, E., Brooks, P. R., Crowe, T. P., Smith, A., Méndez, G., Ovejero, A., Soares-Gomes, A., Burt, J. A., MacLeod, C., & Juanes, J. A. (2020). A global approach to mapping the environmental risk of harbours on aquatic systems. *Marine Policy*, vol. 119, no. 104051, pp. 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104051>
- [6] Da Silva Esteves, A., & dos Reis Parise, J. A. (2016). *Transoceanic Carriage of LNG: Background and Technological Innovations*. Brasilia: Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro.
- [7] Tokakis, V., Polychroniou, P., & Boustras, G. (2019). Crisis management in public administration: The three phases model for safety incidents. *Safety science*, 113, 37-43.
- [8] Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4th ed.)*. SAGE Publications.
- [9] Palinkas, L. A., Horwitz, S. M., Green, C. A., Wisdom, J. P., Duan, N., & Hoagwood, K. (2015). Purposeful sampling for qualitative data collection and analysis in mixed method implementation research. *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research*, vol. 42, no. 5, pp. 533–544. <https://doi.org/10.1007/s10488-013-0528-y>.
- [10] Spradley, J. P. (1980). *Participant observation*. Texas: Holt, Rinehart and Winston.
- [11] Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, vol. 9, no. 2, pp. 27–40. <https://doi.org/10.3316/ORJ0902027>.
- [12] Kvale, S., & Brinkmann, S. (2009). *InterViews: Learning the craft of qualitative research interviewing (2nd ed.)*. Newcastle Upon Tyne: SAGE Publications.
- [13] Ishikawa, K. (1985). *What is Total Quality Control? The Japanese Way*. New Jersey: Prentice Hall.