

OPTIMALISASI PENANGANAN MUATAN UNTUK MENCEGAH KENAIKAN TEKANAN PADA TANGKI MUATAN DI KAPAL LPG/C GAS CATALINA

Kaharuddin¹, Rusman², Siti Zulaikah³

^{1,2,3}Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar

¹kaharuddin0120@gmail.com, ²rusmandhafa@gmail.com, ³sitizulaikah@uim-makassar.ac.id

ABSTRACT

This study aims to identify the causes and handling efforts of increasing tank pressure during the LPG loading process on board LPG/C Gas Catalina. The method used is descriptive qualitative through observation, interviews, and documentation, supported by the use of NVivo 12 Pro software for data analysis. The results show that the increase in tank pressure is caused by high cargo temperature, suboptimal performance of the cargo compressor, the influence of hot weather, as well as the lack of crew experience and monitoring. The handling efforts include conducting safety meetings, monitoring temperature and pressure regularly, optimizing equipment, and improving crew competence.

Keywords: *LPG, tank pressure, loading, safety.*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab dan upaya penanganan kenaikan tekanan tangki saat proses pemuatan LPG di kapal LPG/C Gas Catalina. Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi serta didukung oleh penggunaan perangkat lunak NVivo 12 Pro untuk pengolahan data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan tekanan tangki disebabkan oleh suhu muatan yang tinggi, kurang optimalnya cargo compressor, pengaruh cuaca panas, serta kurangnya pengalaman dan monitoring kru. Upaya penanganan dilakukan melalui safety meeting, pengawasan suhu dan tekanan secara berkala, optimalisasi peralatan, serta peningkatan kompetensi awak kapal.

Kata Kunci: LPG, tekanan tangki, pemuatan, keselamatan.

A. Pendahuluan

Liquefied Petroleum Gas (LPG) merupakan salah satu sumber energi utama yang memiliki peranan penting dalam mendukung kebutuhan sektor industri maupun rumah tangga. Sebagai bahan bakar yang efisien dan relatif bersih, LPG telah menjadi pilihan utama di banyak negara, termasuk Indonesia, untuk memenuhi kebutuhan energi harian (Yulia & Elfizon, 2022). Seiring meningkatnya konsumsi LPG setiap tahun, diperlukan sistem distribusi yang aman dan efisien, termasuk dalam aspek transportasi menggunakan kapal khusus yang dikenal sebagai LPG Carrier (LPG/C), mengingat sifat muatannya yang mudah terbakar dan berisiko tinggi apabila terjadi peningkatan tekanan dalam tangki muatan.

Kapal LPG Carrier dirancang khusus untuk mengangkut LPG dalam kondisi tekanan dan suhu yang terkendali, sejalan dengan Peraturan Menteri ESDM No. 28 Tahun 2021, sehingga dapat meminimalkan risiko kebocoran dan ledakan. Salah satu tantangan utama dalam pengangkutan LPG adalah mengendalikan tekanan di dalam tangki muatan, karena tekanan yang

berlebihan dapat mengakibatkan kebocoran hingga ledakan yang mengancam keselamatan manusia dan lingkungan sekitar. Salah satu contoh kegagalan kontrol tekanan adalah ledakan BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) yang terjadi selama gempa Tohoku di Jepang pada tahun 2011. Standar internasional yang diatur oleh International Maritime Organization (IMO) mewajibkan penerapan teknologi dan prosedur yang ketat dalam manajemen tekanan selama pengangkutan LPG guna memastikan keamanan operasi kapal (IMO, 2024).

Berbagai insiden nyata dalam operasi kapal LPG menunjukkan bahwa kegagalan dalam mengendalikan tekanan muatan berpotensi menimbulkan konsekuensi serius, salah satunya near-miss pada LPG Carrier BW Gemini, di mana sistem reliquefaction tidak mampu menangani seluruh boil-off gas sehingga tekanan tangki meningkat dan memicu pelepasan uap darurat (SIGTTO, 2018). Laporan keselamatan dari Joint Research Centre juga menyoroti bahwa banyak kecelakaan LPG berkaitan dengan peningkatan tekanan uap yang melampaui kapasitas tangki serta

kegagalan peralatan proteksi tekanan (Joint Research Centre, 2020).

Kapal LPG/C Gas Catalina, sebagai salah satu kapal tipe fully pressurized ship yang bertugas mengangkut LPG dalam jumlah besar, turut menghadapi tantangan tersebut. Selama periode praktik berlayar berlangsung, ditemukan kejadian kenaikan tekanan tangki yang melebihi loading agreement pada saat proses pemuatan secara ship to ship (STS). Kondisi tersebut dipengaruhi oleh suhu muatan yang tinggi, kurang optimalnya kinerja cargo compressor, pengaruh cuaca panas, serta kurangnya pengalaman dan monitoring kru. Apabila tidak segera ditangani, kenaikan tekanan berpotensi menimbulkan back pressure yang menurunkan loading rate, bahkan menghentikan operasi pemuatan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana penanganan muatan LPG untuk mencegah kenaikan tekanan pada tangki muatan saat proses muat di kapal LPG/C Gas Catalina, guna menjamin keamanan dan keselamatan serta mengantisipasi keterlambatan pada saat cargo operation.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang bertujuan menggambarkan secara mendalam kondisi nyata penanganan muatan LPG di kapal LPG/C Gas Catalina. Data dikumpulkan dalam bentuk aslinya tanpa mengalami modifikasi, serta disusun secara sistematis agar tetap menjaga keabsahan dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui tiga cara, yaitu observasi langsung selama praktik laut untuk memperoleh data yang relevan dengan kondisi operasional di lapangan, wawancara dengan Chief Officer, Second Officer, Third Officer, Second Engineer, serta AB I, AB II, dan AB III terkait penanganan muatan, dan dokumentasi berupa foto kegiatan serta voyage document sebagai bukti pendukung penelitian.

Unit analisis dalam penelitian ini adalah personel yang terlibat langsung dalam kegiatan penanganan muatan di kapal LPG/C Gas Catalina, meliputi Chief Officer, Second Officer, dan Third Officer sebagai tim deck officer, Ab I, Ab II, Ab III sebagai pelaksana teknis di lapangan, serta

Masinis 2 sebagai perwira mesin yang turut serta dalam penanganan kenaikan tekanan.

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan mengacu pada tiga tahapan model Miles dan Huberman, yaitu reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Proses ini didukung oleh perangkat lunak NVivo 12 Pro sebagai alat bantu pengolahan data kualitatif, sehingga memudahkan peneliti dalam menyusun temuan, mengidentifikasi pola serta keterkaitan antarfaktor, dan menyajikan kesimpulan yang relevan terkait penanganan muatan untuk mencegah kenaikan tekanan tangki selama proses pemuatan.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

LPG/C Gas Catalina (IMO: 9364174) merupakan kapal tanker LPG milik PT. Bahari Nusantara yang dicarter oleh PT. Pertamina dan beroperasi di bawah bendera Indonesia. Kapal ini memiliki panjang keseluruhan (LOA) 96 meter dan lebar 15 meter, dibangun di Jepang pada tahun 2006, serta diregistrasi di Makassar. Berdasarkan klasifikasi tipe tangki dan jenis muatan yang

diangkut, kapal Gas Catalina termasuk dalam kategori fully pressurized ship, yaitu kapal yang menggunakan tangki bertekanan penuh (tipe C) sehingga tidak memerlukan sistem pendinginan tambahan seperti pada tipe kapal LPG lainnya. Kapal ini dilengkapi peralatan bongkar muat khusus, seperti cargo pump dan cargo compressor, serta perangkat keselamatan berupa Emergency Shut Down Valve, safety valve, dan level gauge.

Kejadian kenaikan tekanan tangki dialami pada voyage ke-28 tanggal 24 April 2025, saat kapal melaksanakan pemuatan LPG secara ship to ship (STS) dengan MT. Gas Benua sebagai mother ship di Ob Balikpapan. Sebelum pemuatan dimulai, Chief Officer telah melaksanakan tank inspection bersama loading master. Pemuatan mulai berlangsung pukul 10.30 WITA pada jam jaga Third Officer dan awalnya berjalan lancar dan normal.

Pada pukul 13.15 WITA saat Second Officer melaksanakan dinas jaga cargo, tercatat loading rate sebesar 94.991 MT/HR, namun disertai kondisi tekanan tangki yang meningkat hingga melebihi 7 bar sehingga tidak memenuhi loading

agreement yang telah disepakati kedua kapal. Kondisi ini berpotensi menghentikan operasi pemuatan apabila tidak segera ditangani.

Second Officer segera melaporkan kondisi tersebut dan berkoordinasi dengan pihak STS, kemudian mengoordinasikan AB dan bosun jaga untuk mengoperasikan cargo compressor. Setelah compressor beroperasi kurang lebih 45 menit, tekanan tangki menunjukkan penurunan secara bertahap dari 7 bar menjadi sekitar 6,4 bar, yang menunjukkan bahwa penggunaan cargo compressor cukup efektif dalam menjaga kestabilan tekanan tangki selama proses pemuatan.

Hasil pengolahan data dengan NVivo 12 Pro mengidentifikasi empat faktor utama penyebab kenaikan tekanan tangki, yaitu sifat muatan, kurangnya monitoring, kurangnya pemahaman kru, serta cuaca panas, yang selanjutnya berdampak pada terjadinya back pressure dan gangguan operasional apabila tidak dicegah melalui komunikasi, training cargo, familirisasi, dan monitoring tekanan yang konsisten.

Sifat fisik muatan LPG merupakan faktor dasar yang secara

alami memengaruhi kenaikan tekanan tangki. LPG terdiri atas gas hidrokarbon seperti propana dan butana yang memiliki titik didih sangat rendah sehingga sensitif terhadap perubahan suhu; ketika temperatur meningkat, sebagian cairan LPG berubah menjadi vapour dengan volume jauh lebih besar sehingga tekanan di dalam tangki naik. Sifat muatan ini bukan satu-satunya penyebab, melainkan faktor yang memperbesar dampak apabila sistem pengendalian tekanan tidak dijalankan secara efektif.

Faktor operasional turut berpengaruh signifikan, khususnya kegiatan monitoring tekanan dan temperatur tangki yang tidak selalu dilakukan secara maksimal akibat keterbatasan jumlah awak kapal yang bertugas serta adanya pembagian tugas lain selama proses pemuatan. Selain itu, kurangnya pemahaman kru mengenai karakteristik muatan LPG, prosedur penanganan, serta pengoperasian cargo compressor menyebabkan keterlambatan dalam mengambil tindakan ketika terjadi perubahan kondisi suhu dan tekanan.

Faktor lingkungan berupa cuaca panas turut mempercepat peningkatan temperatur tangki melalui

perpindahan panas dari lingkungan, sehingga mempercepat penguapan cairan LPG. Meskipun cuaca panas tidak dapat dikendalikan secara langsung, dampaknya dapat diminimalkan melalui pengaturan loading rate serta pengoperasian sistem pendinginan tangki secara optimal. Faktor manusia, seperti kurangnya kedisiplinan dalam melakukan monitoring suhu dan tekanan secara berkala, juga turut memperburuk kondisi apabila tidak diimbangi dengan pengawasan yang konsisten.

Berdasarkan temuan tersebut, terdapat beberapa upaya penanganan yang dapat dilakukan untuk mencegah kenaikan tekanan tangki muatan. Pertama, memperkuat komunikasi dan koordinasi antara kru kapal dan mother ship melalui pre-transfer meeting atau ship/shore safety meeting sebelum pelaksanaan transfer muatan, termasuk diskusi mengenai jenis muatan, tekanan dan temperatur awal, serta metode transfer yang digunakan, sehingga potensi ketidakseimbangan tekanan dapat diantisipasi sejak dini.

Kedua, melaksanakan monitoring tekanan tangki secara berkala baik di cargo control room

(CCR) maupun di atas tangki. Officer jaga bertanggung jawab mengontrol seluruh kerja muatan yang masuk ke dalam tangki dengan memantau tekanan dan temperatur cargo tank, sementara AB jaga memantau kondisi di atas tangki dan melaporkan kepada officer jaga apabila terjadi kenaikan tekanan.

Ketiga, melaksanakan safety meeting dan training cargo secara rutin kepada seluruh awak kapal sebelum proses pemuatan berlangsung, guna meningkatkan pemahaman mengenai prosedur pemuatan yang benar, karakteristik bahaya muatan LPG, serta penggunaan peralatan keselamatan, sehingga risiko kecelakaan kerja maupun ketidaksesuaian pada saat pekerjaan dapat diminimalkan.

Keempat, mengoptimalkan penggunaan cargo compressor sebagai sarana pengendalian tekanan, yaitu dengan menghisap vapour panas dari tangki muatan menuju kondensor untuk didinginkan kembali menjadi fase cair, sebelum dikembalikan ke dalam tangki guna menurunkan tekanan secara bertahap dan menjaga kestabilan kondisi muatan selama proses pemuatan berlangsung.

D. Kesimpulan

Kenaikan tekanan pada tangki muatan LPG/C Gas Catalina merupakan permasalahan yang dipengaruhi oleh beberapa faktor utama yang saling berkaitan, yaitu sifat muatan yang sensitif terhadap perubahan suhu dan tekanan, kurangnya kegiatan monitoring yang dilakukan secara optimal, rendahnya tingkat pemahaman kru terhadap prosedur dan karakteristik muatan, serta pengaruh kondisi lingkungan berupa cuaca panas. Keempat faktor tersebut secara simultan berkontribusi terhadap meningkatnya tekanan di dalam tangki, terutama ketika tidak diimbangi dengan pengawasan dan penanganan yang tepat.

Upaya penanganan yang telah dilakukan, seperti pengoperasian cargo compressor, koordinasi dengan pihak STS, serta pelaksanaan safety meeting dan training cargo, terbukti cukup efektif dalam menurunkan dan menstabilkan tekanan tangki selama proses pemuatan. Untuk mencegah terulangnya kenaikan tekanan tangki pada proses muat berikutnya, penting bagi setiap kru untuk mengikuti proses familiarisasi secara menyeluruh terhadap peralatan dan prosedur kerja, melaksanakan monitoring

tekanan tangki secara berkala dan konsisten, serta menerapkan langkah antisipatif terhadap pengaruh cuaca panas melalui penyesuaian prosedur operasional dan peningkatan kewaspadaan selama proses pemuatan berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Arijanto, A., & Saputra, T. F. (2015). Pengujian bahan bakar gas pada mesin sepeda motor karburator ditinjau dari aspek torsi dan daya. *ROTASI*, 17(2), 105. <https://doi.org/10.14710/rotasi.17.2.105-113>
- Girolamo Casto, dkk. (2023). Sifat dan karakteristik muatan LPG dalam proses pemuatan kapal gas.
- International Maritime Organization. (2020). International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (IGC Code). IMO Publishing.
- International Maritime Organization. (2024). Standar keselamatan pengangkutan LPG.
- Joint Research Centre. (2020). 14 Lessons Learned Bulletin on Accidents Involving LPG. European Commission – JRC.
- Kundori. (2022). Dasar Manajemen Kapal Tanker. Yogyakarta: KBM Indonesia.
- Liang, H., Wang, T., Luo, Z., Wang, X., Kang, X., & Deng, J. (2021). Risk Assessment of Liquefied Petroleum

Gas Explosion in a Limited Space.
ACS Omega, 6(38), 24683–24692.
<https://doi.org/10.1021/acsomega.1c03430>

McGuire, J., & White, B. (2016).
Liquefied Gas Handling Principles on
Ships and in Terminals (4th ed.).
SIGTTO, Witherby Publishing Group
Ltd.

Nindyaningrum, F. R., Suhartini, S., &
Lohenapessy, N. (2022). Analisis high
pressure tank pada saat loading di
kapal LPG/C Gas Nuri Arizona.
Meteor STIP Marunda, 15(1), 18–29.
<https://doi.org/10.36101/msm.v15i1.214>

Peraturan Menteri Energi dan Sumber
Daya Mineral Republik Indonesia No.
28 Tahun 2021.

Prayogo, B. D., Huda, S., &
Kismantoro, T. (2018). Suhu dari luar
tangki muatan mempengaruhi proses
memuat di LPG/C Lady Hilde.
Dinamika Bahari, 9(1), 2227–2242.
<https://doi.org/10.46484/db.v9i1.90>

SIGTTO. (2018). Near-miss report:
BW Gemini vapour release incident.
Society of International Gas Tanker
and Terminal Operators.

Yulia, S., & Elfizon, E. (2022).
Rancang bangun alat sistem
pengaman dan monitoring kebocoran
LPG berbasis Internet of Things (IoT).
JTEIN Jurnal Teknik Elektro
Indonesia, 3(1), 25.
<https://doi.org/10.24036/jtein.v3i1.191>