

Analisis Gangguan Kebocoran Sistem Perpipaan Liquid Line Terhadap Keterlambatan Proses Bongkar Muat, Muatan Propylene Di MT. Gas Estella

Zulkifli¹, Ari Srinatini², S. Teguh Wiyono³

^{1,2,3}Fakultas Vokasi Pelayaran, Universitas Hang Tuah, Surabaya, Indonesia

Article Info	ABSTRAK
Article history: Received Agustus 19, 2026 Revised Agustus 19, 2026 Accepted Agustus 20, 2026	Gangguan berupa kebocoran pada sistem ini dapat menghambat proses pemindahan muatan, menurunkan loading rate, dan menyebabkan keterlambatan operasional kapal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab gangguan pada sistem perpipaan liquid line serta upaya penanganannya terhadap keterlambatan proses bongkar muat muatan propylene di MT. Gas Estella. Penelitian menggunakan metode kualitatif deskriptif. Data diperoleh melalui observasi, wawancara dengan Kapten, Chief Officer, Mualim II, dan Able Seaman, dokumentasi, serta studi pustaka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama kebocoran liquid line adalah korosi pada sambungan flange, penurunan kualitas gasket akibat usia pemakaian, meningkatnya tekanan saat cargo compressor beroperasi, kurang optimalnya inspeksi sebelum bongkar muat, serta belum maksimalnya pelaksanaan perawatan berkala. Gangguan tersebut mengharuskan penghentian sementara proses bongkar muat sehingga average loading rate menurun dari 170 MT/jam menjadi 139 MT/jam dan waktu operasi meningkat dari 12 jam menjadi 16,5 jam. Upaya penanganan dilakukan melalui penghentian sementara operasi, isolasi jalur perpipaan, perbaikan darurat menggunakan leak sealing compound, penggantian gasket yang rusak, pressure test, inspeksi rutin, penerapan planned maintenance system, serta peningkatan koordinasi dan pengawasan awak kapal. Upaya tersebut mampu mengembalikan keandalan sistem perpipaan sehingga proses bongkar muat dapat dilaksanakan kembali secara aman, efektif, dan lebih efisien
Kata Kunci: Sistem Perpipaan Liquid Line, Kebocoran Pipa, Keterlambatan Bongkar Muat, Propylene, MT. Gas Estella	
Keywords: <i>Liquid Line Piping System</i> <i>Pipe Leakage</i> <i>Unloading Delay</i> <i>Propylene</i> <i>MT. Gas Estella</i>	
	ABSTRACT This study aimed to analyze the factors causing failures in the liquid line piping system and the efforts taken to overcome these failures in order to minimize delays in the propylene cargo unloading process on MT. Gas Estella. This research employed a descriptive qualitative method. Data were collected through direct observation, interviews with the Master, Chief Officer, Second Officer, and Able Seaman, documentation, and literature review. The results showed that the primary causes of liquid line leakage were flange corrosion, deteriorated gaskets due to prolonged service life, increased system pressure during cargo compressor operation, inadequate pre-unloading inspections, and insufficient routine maintenance. These conditions required a temporary suspension of unloading operations, causing the average unloading rate to decrease from 170 MT/hour to approximately 139 MT/hour, while the total unloading time increased from 12 hours to 16.5 hours. Corrective actions included temporarily stopping cargo operations, isolating the affected pipeline, applying an emergency leak sealing compound, replacing damaged gaskets, conducting pressure tests, performing routine inspections, implementing a Planned Maintenance System (PMS), and improving crew

coordination and supervision. These measures successfully restored the reliability of the piping system, allowing cargo unloading operations to continue safely, effectively, and with improved operational efficiency.

This is an open access article under the [CC BY](#) license



Corresponding Author:

Zulkifli
Fakultas Vokasi Pelayaran, Universitas Hang Tuah
Surabaya, Indonesia
Email: zulkiflihm2001@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Transportasi laut memiliki peranan penting dalam mendukung kegiatan distribusi muatan curah cair dan gas, terutama untuk komoditas industri yang membutuhkan pengangkutan dalam jumlah besar. MT. Gas Estella merupakan kapal tanker gas yang digunakan untuk mengangkut muatan gas cair, salah satunya yaitu propylene. Muatan Propylene yaitu bahan baku penting dalam industri petrokimia, terutama pembuatan plastik dan produk turunannya. Dalam pelaksanaannya, kegiatan bongkar muat propylene harus dilakukan secara hati-hati karena muatan ini termasuk muatan berbahaya yang mudah terbakar dan mudah menguap. Oleh karena itu, kelancaran proses bongkar muat propylene sangat bergantung pada kesiapan peralatan kapal, prosedur keselamatan, serta keandalan sistem perpipaan muatan yang digunakan [1].

Propylene merupakan muatan gas cair yang memerlukan penanganan khusus karena karakteristiknya berbeda dengan muatan cair biasa. Muatan ini memiliki sifat mudah terbakar sehingga setiap proses pemuatan maupun pembongkarannya harus memperhatikan tekanan, temperatur, laju aliran, serta kondisi sistem perpipaan. Apabila terjadi perubahan tekanan atau temperatur secara signifikan, kegiatan bongkar muat dapat mengalami hambatan dan berpotensi menimbulkan bahaya bagi awak kapal maupun pihak terminal. Pemeriksaan terhadap pipa, valve, sambungan, dan peralatan pendukung cargo operation menjadi bagian penting untuk mencegah terjadinya gangguan selama proses berlangsung. Dengan demikian, pengawasan yang disiplin terhadap sistem perpipaan liquid line menjadi kebutuhan utama dalam menjaga keselamatan dan kelancaran bongkar muat propylene [2].

Sistem perpipaan muatan pada kapal tanker gas memiliki fungsi utama sebagai jalur pemindahan muatan dari tangki kapal menuju fasilitas terminal atau sebaliknya. Pada proses pembongkaran propylene, liquid line berperan sebagai saluran utama yang mengalirkan muatan dalam bentuk cair menuju manifold dan terminal penerima. Apabila sistem perpipaan mengalami gangguan, seperti kebocoran, penyumbatan, kerusakan sambungan, atau penurunan tekanan aliran, maka kegiatan bongkar muat tidak dapat berjalan secara optimal. Gangguan tersebut dapat menyebabkan penurunan working rate, penghentian sementara operasi, bahkan peningkatan risiko kecelakaan kerja di area dek. Oleh karena itu, kondisi teknis liquid line perlu diperhatikan secara berkala agar proses bongkar muat dapat berlangsung aman, efektif, dan sesuai prosedur [3].

Kebocoran pipa merupakan salah satu gangguan yang dapat menimbulkan dampak serius dalam kegiatan bongkar muat muatan cair maupun gas. Penyebab kebocoran dapat berasal dari faktor teknis, seperti korosi, keausan material, kerusakan sambungan, tekanan berlebih, maupun kurangnya perawatan terhadap sistem perpipaan. Selain itu, faktor manusia juga dapat memengaruhi terjadinya kebocoran, terutama apabila pemeriksaan, pengoperasian, dan pengawasan tidak dilakukan secara teliti. Kebocoran pada sistem perpipaan tidak hanya menimbulkan kerugian operasional, tetapi juga dapat membahayakan keselamatan awak kapal, personel terminal, dan lingkungan sekitar. Oleh sebab itu, penanganan

kebocoran pipa harus dilakukan dengan cepat melalui deteksi dini, penghentian operasi, isolasi area, dan perbaikan darurat sesuai prosedur keselamatan [4].

Dalam pelaksanaan operasionalnya, sistem perpipaan liquid line memiliki potensi mengalami gangguan, salah satunya berupa kebocoran pada jalur perpipaan. Kebocoran tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor, baik faktor teknis maupun faktor operasional, seperti penurunan kualitas material akibat korosi, keausan pada komponen pendukung seperti gasket dan flange, ketidakstabilan tekanan operasi, kerusakan pada sambungan pipa, kurang optimalnya pelaksanaan pemeriksaan sebelum kegiatan bongkar muat, serta kurangnya perawatan berkala terhadap sistem perpipaan. Gangguan pada sistem liquid line dapat memberikan pengaruh secara langsung terhadap kelancaran proses bongkar muat karena kebocoran mengharuskan penghentian sementara kegiatan transfer muatan sebagai tindakan pencegahan terhadap risiko keselamatan, propylene memiliki sifat mudah terbakar dan mudah menguap. Penghentian tersebut menyebabkan terganggunya aliran muatan, penurunan laju pemindahan muatan (working rate), serta peningkatan waktu penyelesaian kegiatan bongkar muat dari jadwal operasional yang telah ditetapkan [5].

Kegiatan bongkar muat merupakan proses pemindahan barang dari kapal ke darat atau sebaliknya dengan menggunakan alat bantu seperti crane, sling, forklift, dan lori di area pelabuhan atau dermaga. Bongkar muat mencakup seluruh rangkaian pekerjaan logistik pelabuhan mulai dari proses pembongkaran barang dari kapal hingga penempatannya di gudang, serta pemuatan barang dari darat ke kapal untuk proses pengiriman [8]. Kegiatan ini memiliki peran penting dalam kelancaran arus distribusi barang karena menjadi penghubung utama antara transportasi laut dan distribusi di daratan.

Sistem perpipaan liquid line merupakan komponen utama dalam proses bongkar muat muatan propylene pada kapal gas carrier karena berfungsi sebagai jalur utama perpindahan muatan dari tangki kapal menuju fasilitas penerima. Menurut Sulardi [7], liquid line adalah sistem perpipaan yang dirancang untuk menjaga kestabilan aliran fluida melalui pengaturan tekanan dan debit agar proses distribusi dapat berjalan secara aman dan efisien. Hubungan antara sistem liquid line dan keterlambatan bongkar muat terlihat ketika terjadi gangguan pada sistem tersebut. Gangguan seperti penurunan tekanan, kebocoran, penyumbatan, atau kerusakan komponen akan menyebabkan aliran propylene menjadi tidak stabil atau menurun. Kondisi ini secara langsung memperlambat proses pemindahan muatan sehingga waktu bongkar muat menjadi lebih lama dari yang direncanakan.

Fenomena yang melatarbelakangi penelitian ini terjadi pada di MT. Gas Estella. Pada bulan September 2025, pada saat kapal sedang melaksanakan persiapan kegiatan bongkar muat muatan propylene di Pelabuhan Cilacap. Pada saat dilakukan pemeriksaan awal terhadap sistem perpipaan muatan, ditemukan adanya kebocoran pada sambungan flange liquid line oleh AB jaga bersama penulis yang sedang melaksanakan pengawasan di area dek. Temuan tersebut segera dilaporkan kepada perwira jaga di Cargo Control Room (CCR) dan diteruskan kepada Chief Officer selaku penanggung jawab kegiatan cargo operation. Sebagai tindakan awal, awak kapal melakukan penanganan sementara menggunakan leak sealing compound dan material pendukung yang tersedia di kapal. Namun, ketika proses cargo line-up dimulai dan tekanan dalam sistem meningkat akibat pengoperasian cargo compressor, kebocoran pada sambungan flange liquid line mengalami peningkatan sehingga kegiatan bongkar muat harus dihentikan sementara untuk menjaga keselamatan operasional. Selanjutnya, Chief Officer melakukan koordinasi dengan Nakhoda dan pihak terminal untuk melaksanakan perbaikan darurat melalui isolasi jalur perpipaan terkait dan perbaikan pada titik kebocoran. Setelah dilakukan pemeriksaan ulang, sistem perpipaan dinyatakan aman untuk digunakan kembali dengan pengoperasian pada tekanan yang lebih rendah dibandingkan kondisi normal.

Sesuai dengan Perencanaan operasional, proses pembongkaran muatan pada kondisi normal di MT. Gas Estella dilakukan dengan tekanan dan laju pemindahan muatan sesuai dengan kemampuan sistem perpipaan yang telah ditentukan. Penyesuaian tekanan tersebut menyebabkan penurunan Average Loading Rate dari kondisi normal sebesar 170 MT/jam dengan estimasi waktu operasi 12 jam

berdasarkan Cargo Stowage Plan menjadi sekitar 139 MT/jam dengan durasi operasi mencapai 16,5 jam, sehingga proses bongkar muat berlangsung lebih lama dari waktu yang telah direncanakan dan berdampak terhadap keterlambatan penyelesaian operasi muatan serta jadwal operasional kapal secara keseluruhan. [6].

Seluruh penelitian memiliki persamaan yaitu sama-sama membahas gangguan pada sistem kapal yang terjadi saat proses bongkar muat, khususnya kebocoran pada sistem perpipaan maupun peralatan pendukung. Selain itu, penelitian-penelitian tersebut juga menyoroti faktor penyebab yang berasal dari aspek teknis seperti keausan, korosi, tekanan berlebih, serta faktor manusia seperti kurangnya perawatan, kesalahan operasional, dan kurangnya pengetahuan awak kapal. Seluruh penelitian juga menekankan pentingnya perawatan rutin, peningkatan kompetensi awak kapal, serta penerapan prosedur keselamatan untuk menjaga kelancaran dan keamanan operasional bongkar muat.

Adapun perbedaannya terletak pada objek penelitian, lokasi, serta fokus permasalahan yang dikaji, seperti kebocoran pada cargo pipe line, pipa BBM, hydraulic jack hatch cover, hingga sistem liquid line propylene di kapal dan pelabuhan yang berbeda. Namun, gap penelitian yang ditemukan adalah masih terbatasnya kajian yang secara spesifik menghubungkan gangguan kebocoran pada sistem perpipaan liquid line muatan propylene dengan dampaknya terhadap keterlambatan proses bongkar muat secara langsung. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus untuk mengisi kekosongan tersebut dengan menganalisis hubungan antara kebocoran liquid line dan keterlambatan operasional bongkar muat di kapal MT Ga Estella.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah: Untuk menganalisis faktor yang menyebabkan terjadinya gangguan kebocoran pada sistem perpipaan liquid line dalam proses bongkar muat muatan propylene di MT. Gas Estella. Untuk menganalisis upaya penanganan kebocoran pada sistem perpipaan liquid line terhadap keterlambatan proses bongkar muat muatan propylene di MT. Gas Estella.

2. METODE

2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kualitatif. Menurut Creswell [9], penelitian kualitatif merupakan pendekatan yang bertujuan memahami dan menggambarkan suatu fenomena berdasarkan kondisi nyata yang dialami oleh subjek penelitian melalui pengumpulan data secara alamiah. Pendekatan ini digunakan untuk memperoleh pemahaman yang mendalam mengenai suatu peristiwa, proses, maupun aktivitas yang terjadi di lapangan.

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif karena bertujuan menggambarkan secara sistematis kondisi yang terjadi pada sistem perpipaan liquid line selama proses bongkar muat muatan propylene di MT. Gas Estella, khususnya mengenai terjadinya kebocoran yang menyebabkan keterlambatan proses bongkar muat. Melalui penelitian ini, peneliti mendeskripsikan faktor-faktor penyebab terjadinya gangguan pada sistem perpipaan liquid line, dampak yang ditimbulkan terhadap kelancaran proses bongkar muat, serta upaya penanganan yang dilakukan oleh awak kapal berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi di lapangan.

Menurut Sugiyono [10], penelitian kualitatif dilakukan pada objek yang alamiah, dengan peneliti sebagai instrumen utama, serta hasil penelitian lebih menekankan makna daripada generalisasi. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif karena data yang dikaji berupa faktor penyebab kebocoran, dampak terhadap keterlambatan bongkar muat, serta upaya penanganan yang dilakukan di atas kapal.

2.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di atas kapal MT. Gas Estella yang merupakan kapal tanker gas pengangkut muatan propylene. Pengambilan data dilakukan pada sistem perpipaan liquid line yang

digunakan dalam kegiatan bongkar muat muatan propylene. Penelitian difokuskan pada kejadian kebocoran pipa liquid line yang terjadi saat kapal melaksanakan proses pembongkaran muatan di Pelabuhan Cilacap.

2.3 Sumber Data

Menurut Agustini et al. [11], data dalam penelitian kualitatif terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari narasumber penelitian, baik melalui keterangan lisan maupun hasil pengamatan terhadap perilaku atau kejadian di lapangan. Sementara itu, data sekunder merupakan data yang diperoleh dari dokumentasi, seperti, tabel, catatan, foto, video, atau dokumen lain yang relevan dengan topik penelitian. Sumber data penelitian ini yaitu : Menurut Agustini et al. [11], data primer adalah data yang diperoleh langsung dari narasumber penelitian melalui hasil pengamatan maupun wawancara sehingga mampu memberikan gambaran mengenai kondisi yang sebenarnya di lapangan. Dalam penelitian ini, data primer diperoleh melalui observasi dan wawancara yang dilakukan di atas kapal MT. Gas Estella mengenai gangguan pada sistem perpipaan liquid line yang menyebabkan keterlambatan proses bongkar muat muatan propylene. Informan dipilih menggunakan teknik purposive sampling, yaitu teknik penentuan informan berdasarkan pertimbangan bahwa informan memiliki pengetahuan, pengalaman, dan keterlibatan langsung terhadap permasalahan yang diteliti. Informan dalam penelitian ini terdiri atas Kapten, Chief Officer, Mualim II, dan Able Seaman Jaga, sehingga jumlah keseluruhan informan yang diwawancarai adalah 4 orang. Pemilihan informan tersebut didasarkan pada tugas, tanggung jawab, serta keterlibatan masing-masing dalam kegiatan bongkar muat sehingga diharapkan dapat memberikan informasi yang akurat dan sesuai dengan fokus penelitian.

Data sekunder dalam penelitian ini adalah data pendukung yang diperoleh dari dokumen, arsip, dan sumber tertulis yang berkaitan dengan penelitian. Data sekunder meliputi dokumen kapal, prosedur bongkar muat muatan propylene, catatan perawatan sistem perpipaan, dokumentasi kejadian kebocoran, foto kegiatan, serta referensi dari buku dan jurnal yang membahas sistem perpipaan liquid line, kebocoran pipa, keselamatan bongkar muat, dan keterlambatan operasional kapal. Data sekunder digunakan untuk memperkuat dan melengkapi data primer agar hasil penelitian lebih jelas, lengkap, dan sesuai dengan fokus penelitian [11].

2.4 Teknik Pengumpulan Data

Menurut Sugiyono [10], teknik pengumpulan data merupakan langkah yang penting dalam penelitian karena tujuan utama penelitian adalah memperoleh data. Dalam penelitian kualitatif, pengumpulan data dilakukan pada kondisi yang alamiah, sumber data primer, dan teknik pengumpulan data lebih banyak dilakukan melalui observasi, wawancara, dokumentasi dan studi pustaka. Berdasarkan pendapat tersebut, teknik pengumpulan data dalam penelitian ini disesuaikan dengan kebutuhan untuk memperoleh informasi mengenai gangguan sistem perpipaan liquid line terhadap keterlambatan proses bongkar muat muatan propylene di MT. Gas Estella.

Observasi/ studi lapangan dalam penelitian ini dilakukan dengan cara mengamati secara langsung kegiatan bongkar muat muatan propylene di MT. Gas Estella, terutama pada bagian sistem perpipaan liquid line, valve, sambungan pipa, manifold, serta area dek yang berkaitan dengan proses pembongkaran muatan. Observasi ini bertujuan untuk mengetahui kondisi nyata di lapangan, kronologi terjadinya kebocoran, serta dampaknya terhadap kelancaran proses bongkar muat.

Wawancara dilakukan untuk memperoleh informasi langsung dari pihak yang mengetahui dan terlibat dalam kejadian gangguan sistem perpipaan liquid line. Informan dalam penelitian ini meliputi Kapten, Chief Officer, Mualim II, AB, dan awak kapal lain yang berkaitan dengan kegiatan cargo operation. Melalui wawancara, peneliti memperoleh data mengenai faktor penyebab kebocoran,

tindakan yang dilakukan setelah kebocoran ditemukan, serta upaya penanganan agar proses bongkar muat dapat kembali berjalan aman.

Dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan dokumen atau bukti pendukung yang berkaitan dengan penelitian. Dokumen tersebut dapat berupa foto kejadian, catatan perawatan sistem perpipaan, prosedur bongkar muat, dokumen kapal, serta catatan lain yang berhubungan dengan kebocoran liquid line dan keterlambatan proses bongkar muat. Dokumentasi digunakan untuk memperkuat hasil observasi dan wawancara agar data penelitian lebih lengkap dan dapat dipertanggungjawabkan.

Studi pustaka dilakukan dengan cara mengumpulkan dan mempelajari berbagai sumber tertulis yang berkaitan dengan penelitian, seperti buku, jurnal ilmiah, skripsi terdahulu, artikel, serta dokumen pendukung lainnya yang membahas sistem perpipaan liquid line, kebocoran pipa, proses bongkar muat muatan propylene, dan keterlambatan operasional kapal. Studi pustaka dilakukan untuk memperoleh landasan teori dan memperkuat hasil penelitian yang dilakukan.

2.5 Teknik Analisis Data dan Keabsahan Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada model analisis data kualitatif menurut Creswell [9]. Analisis data dilakukan secara sistematis sejak data diperoleh hingga penarikan kesimpulan. Tujuan analisis data adalah mengolah dan menginterpretasikan data hasil observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi pustaka sehingga dapat menjawab rumusan masalah mengenai gangguan sistem perpipaan liquid line terhadap keterlambatan proses bongkar muat muatan propylene di MT. Gas Estella. Menurut Creswell [9], analisis data dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut.

Tahap pertama dilakukan dengan mengumpulkan seluruh data yang diperoleh dari hasil observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi pustaka. Hasil wawancara dengan Kapten, Chief Officer, Mualim III, dan Able Seaman Jaga ditranskripsikan ke dalam bentuk tulisan, sedangkan hasil observasi, dokumentasi, serta dokumen pendukung seperti Deck Log Book, Cargo Log Book, dan Planned Maintenance System dikumpulkan dan dikelompokkan berdasarkan jenis data. Tahap ini bertujuan agar seluruh data tersusun secara sistematis sehingga memudahkan peneliti dalam proses analisis.

Tahap selanjutnya adalah melakukan pengodean (coding) terhadap data yang telah diperoleh. Peneliti memberikan kode pada data-data yang memiliki makna yang sama, kemudian mengelompokkannya berdasarkan fokus penelitian. Pengodean dilakukan terhadap data mengenai faktor penyebab gangguan sistem perpipaan liquid line, dampak gangguan terhadap keterlambatan proses bongkar muat muatan propylene, serta upaya penanganan kebocoran yang dilakukan oleh awak kapal. Proses ini memudahkan peneliti dalam mengidentifikasi dan mengelompokkan informasi yang relevan.

Tahap terakhir adalah menginterpretasikan seluruh hasil analisis yang telah diperoleh. Peneliti menafsirkan makna dari setiap tema dengan menghubungkannya pada teori yang relevan dan penelitian terdahulu sehingga diperoleh pemahaman mengenai penyebab gangguan sistem perpipaan liquid line, dampaknya terhadap keterlambatan proses bongkar muat muatan propylene, serta efektivitas upaya penanganan yang dilakukan di MT. Gas Estella. Hasil interpretasi tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam penarikan kesimpulan penelitian.

Keabsahan data dalam penelitian kualitatif dilakukan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh benar, akurat, dan dapat dipercaya sehingga hasil penelitian sesuai dengan kondisi yang sebenarnya di lapangan. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan teknik triangulasi untuk menguji kredibilitas data yang diperoleh selama penelitian di MT. Gas Estella. Triangulasi merupakan teknik pemeriksaan keabsahan data dengan membandingkan berbagai sumber dan teknik pengumpulan data agar hasil penelitian menjadi lebih valid dan dapat dipertanggungjawabkan. Menurut Susanto, Risnita, dan Jailani [12], teknik pemeriksaan keabsahan data dalam penelitian kualitatif dapat dilakukan melalui triangulasi data yaitu

Dalam penelitian ini, teknik keabsahan data yang digunakan adalah triangulasi sumber. Triangulasi sumber dilakukan dengan membandingkan informasi yang diperoleh dari beberapa informan yang memiliki tugas, tanggung jawab, dan keterlibatan langsung dalam proses bongkar muat muatan propylene di MT. Gas Estella. Informan dalam penelitian ini terdiri atas Kapten, Chief Officer, Mualim II, dan Able Seaman Jaga. Masing-masing informan memberikan informasi sesuai dengan tugas dan tanggung jawabnya sehingga peneliti dapat memperoleh gambaran yang lebih lengkap mengenai gangguan pada sistem perpipaan liquid line.

Selain membandingkan hasil wawancara antar informan, peneliti juga mencocokkan informasi tersebut dengan hasil observasi yang dilakukan selama proses bongkar muat serta dokumen pendukung, seperti Deck Log Book, Cargo Log Book, Planned Maintenance System (PMS), catatan perawatan sistem perpipaan, dan dokumentasi kegiatan penelitian. Proses ini dilakukan untuk memastikan bahwa informasi yang diperoleh dari para informan memiliki kesesuaian dengan kondisi yang terjadi di lapangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

MT. Gas Estella merupakan kapal tanker gas yang digunakan untuk kegiatan pengangkutan muatan gas cair atau Liquefied Petroleum Gas (LPG), salah satunya adalah muatan propylene. Kapal ini memiliki nomor IMO 9333137 dan terdaftar sebagai kapal berbendera Indonesia. MT. Gas Estella dibangun pada tahun 2006 dengan panjang keseluruhan (Length Overall/LOA) sekitar 99,98 meter, lebar kapal (Beam) sekitar 17,20 meter, serta memiliki Gross Tonnage sebesar 4.253 GT dan Deadweight Tonnage sekitar 4.999 ton.

Sebagai kapal tanker gas, MT. Gas Estella dilengkapi dengan fasilitas pendukung operasional muatan, seperti tangki muatan (cargo tank), cargo pump, cargo compressor, sistem pendingin dan pengendalian tekanan, serta sistem perpipaan muatan yang digunakan dalam proses pemindahan muatan.

3.2 Hasil Observasi dan Dokumentasi

Berdasarkan hasil observasi, dapat diketahui bahwa kondisi sistem perpipaan liquid line sebelum proses bongkar muat telah dilakukan pemeriksaan melalui pengecekan visual dan cargo line-up. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada beberapa bagian sistem, khususnya valve, flange, gasket, dan sambungan pipa, ditemukan penurunan kondisi yang disebabkan oleh korosi. Pada saat persiapan kegiatan bongkar muat, juga ditemukan adanya kebocoran pada area liquid line. Kondisi tersebut menyebabkan perubahan tekanan aliran muatan propylene, sehingga tekanan operasi harus diturunkan untuk menjaga keselamatan dan mencegah kebocoran semakin besar.

Proses bongkar muat tetap dilaksanakan sesuai prosedur keselamatan dengan melakukan penghentian sementara ketika gangguan ditemukan. Kebocoran tersebut berdampak terhadap kelancaran kegiatan karena menyebabkan penurunan loading rate dan penambahan waktu operasi. Untuk mengatasi gangguan, awak kapal melakukan penanganan sementara menggunakan leak sealing compound dan pembalutan pada bagian yang mengalami kebocoran. Setelah penanganan dilakukan, sistem diperiksa kembali untuk memastikan kondisinya aman sebelum digunakan. Hasil observasi menunjukkan bahwa proses bongkar muat kemudian dapat dilanjutkan dengan tekanan operasi yang lebih rendah. Kondisi ini sesuai dengan temuan penelitian bahwa kebocoran pada liquid line mengharuskan penghentian sementara dan pengoperasian kembali pada tekanan yang lebih rendah sehingga memengaruhi laju pemindahan muatan dan waktu operasi.

Cargo Stowage Plan tanggal 8 September 2025 memuat rencana pemuatan propylene sekitar 2.300 MT. Muatan direncanakan dibagi ke Cargo Tank No. 1 dan Cargo Tank No. 2, masing-masing sekitar 1.150 MT atau 95% kapasitas pemuatan yang ditetapkan dalam dokumen. Rencana tahapan

pemuatan, rate, waktu, dan kuantitas muatan berdasarkan Cargo Stowage Plan disajikan dalam bentuk ketikan pada Tabel 1

Berdasarkan Tabel 1, rate normal direncanakan sebesar 170 MT/jam selama 12 jam untuk memindahkan sekitar 2.100 MT. Apabila tahap initial dan final masing-masing satu jam diperhitungkan, total waktu rencana operasi adalah 14 jam.

Tabel 1. Rencana Tahapan Pemuatan Propylene

No.	Tahap	Rate	Waktu	Kuantitas
1	Initial	100 MT/jam	1 jam	100 MT
2	Normal	170 MT/jam	12 jam	2.100 MT
3	Final	100 MT/jam	1 jam	100 MT
	Total	-	14 jam	± 2.300 MT

Sumber : Hasil Olahan Peneliti (2026)

Dokumen Loading Rate mencatat pelaksanaan pemuatan propylene pada tanggal 8 September 2025. Pemuatan dimulai pukul 03.48 dan selesai pukul 20.30 dengan total durasi 16,5 jam. Jumlah muatan yang tercatat sebesar 2.304,956 MT dan average loading rate sebesar 139,69 MT/jam. Perbandingan antara rencana dan aktual disajikan pada Tabel 3. Perbandingan durasi total menggunakan total waktu rencana 14 jam, yaitu gabungan tahap initial, normal, dan final.

Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa durasi aktual bertambah 2,5 jam dibandingkan total rencana 14 jam. Durasi normal 12 jam pada Cargo Stowage Plan hanya merupakan satu tahap operasi; karena itu, angka tersebut tidak dibandingkan langsung dengan durasi aktual total 16,5 jam.

Tabel 2. Ringkasan Pelaksanaan Aktual Pemuatan

No.	Uraian	Data Aktual
1	Waktu mulai	03.48, 8 September 2025
2	Waktu selesai	20.30, 8 September 2025
3	Durasi pemuatan	16,5 jam
4	Cargo nomination	2.303,919 MT
5	Cargo loaded	2.304,956 MT
6	Average loading rate	139,69 MT/jam

Sumber : Hasil Olahan Peneliti (2026)

Tabel 3. Perbandingan Rencana dan Pelaksanaan Aktual

Komponen	Rencana	Aktual	Selisih/Keterangan
Rate normal	170 MT/jam	139,69 MT/jam (rata-rata)	Turun 30,31 MT/jam
Durasi total	14 jam	16,5 jam	Bertambah 2,5 jam
Jumlah muatan	± 2.300 MT	2.304,956 MT	Sesuai kisaran rencana

Sumber: Cargo Stowage Plan dan Loading Rate MT. Gas Estella, diolah peneliti (2026)

Gambar 1 menampakkan titik kebocoran pada pipa liquid line. Pada permukaan pipa terlihat korosi, pengelupasan lapisan pelindung, dan lubang kecil pada bagian material yang mengalami penurunan kondisi. Temuan tersebut menunjukkan bahwa kebocoran berkaitan dengan kerusakan permukaan pipa sehingga kegiatan transfer muatan perlu dihentikan sementara untuk mencegah kebocoran semakin besar.

Setelah titik kebocoran ditemukan, awak kapal melakukan pengecekan dan penanganan secara langsung diri serta tetap berada dalam pengawasan perwira yang bertanggung jawab terhadap cargo operation pada bagian pipa yang mengalami gangguan. Kegiatan tersebut dilakukan dengan menggunakan alat pelindung.

Gambar 2 memperlihatkan awak kapal sedang melakukan pengecekan dan penanganan pada titik kebocoran liquid line. Pemeriksaan dilakukan untuk memastikan lokasi gangguan, kondisi sambungan, dan tingkat kebocoran sebelum material penambal dipasang. Tindakan ini merupakan bagian dari penanganan darurat agar kebocoran dapat dikendalikan dan proses bongkar muat dapat dilanjutkan dengan aman.

Setelah pengecekan dilakukan, titik kebocoran ditambal menggunakan lem besi atau metal repair compound. Bagian yang telah diberi material penambal kemudian dibalut menggunakan perban khusus agar material tetap menutup titik gangguan dan tidak mudah bergeser ketika sistem kembali menerima tekanan.

Gambar 3 memperlihatkan kondisi pipa liquid line setelah titik kebocoran ditambal menggunakan lem besi dan dibalut dengan perban khusus. Penambalan tersebut merupakan penanganan sementara untuk mengendalikan kebocoran. Setelah perbaikan selesai, sambungan diperiksa kembali, dipantau secara berkala, dan sistem dioperasikan dengan tekanan yang lebih rendah untuk menjaga keselamatan proses bongkar muat.



Gambar 1. Kondisi Kebocoran pada Pipa Liquid Line
Sumber: Dokumentasi MT. Gas Estella (2025)



Gambar 2. Proses Pengecekan dan Penanganan Kebocoran oleh Awak Kapal
Sumber: Dokumentasi MT. Gas Estella (2025)



Gambar 3. Kondisi Pipa Liquid Line Setelah Penambalan Kebocoran
Sumber: Dokumentasi MT. Gas Estella (2025)

3.3 Hasil Wawancara dan Analisis Data

Wawancara dilakukan kepada empat informan yang memiliki tanggung jawab dan keterlibatan langsung dalam kegiatan pemuatan propylene serta penanganan gangguan liquid line. Informan terdiri atas Kapten, Chief Officer, Mualim II, dan Able Seaman (AB).

Chief Officer menyampaikan bahwa setelah kebocoran terjadi, tekanan sistem tidak dapat dipertahankan pada kondisi rencana. Average loading rate tercatat 139,69 MT/jam, lebih rendah daripada rate normal 170 MT/jam. Durasi aktual pemuatan menjadi 16,5 jam, sedangkan total waktu rencana pada Cargo Stowage Plan adalah 14 jam.

Berdasarkan penyajian hasil wawancara, seluruh informan memberikan keterangan yang konsisten mengenai kondisi korosi dan usia pipa, pengaruh tekanan serta getaran, penghentian sementara operasi, penurunan pressure dan loading rate, serta penanganan melalui pengecekan titik gangguan, pemasangan lem besi atau metal repair compound, pembalutan menggunakan perban khusus, dan pemantauan lanjutan.

Berdasarkan hasil analisis data melalui triangulasi sumber, terdapat kesesuaian informasi antara hasil wawancara, observasi, dan dokumentasi terkait gangguan pada sistem perpipaan liquid line yang menyebabkan keterlambatan proses bongkar muat propylene di MT. Gas Estella. Hasil observasi menunjukkan bahwa sebelum kegiatan bongkar muat dilakukan telah dilaksanakan pemeriksaan terhadap sistem perpipaan, valve, flange, gasket, dan sambungan pipa melalui pemeriksaan visual serta cargo line-up. Namun, selama proses operasi ditemukan adanya kebocoran pada sistem liquid line. Temuan tersebut diperkuat oleh hasil wawancara dengan Kapten, Chief Officer, Mualim II, dan Able Seaman yang menjelaskan bahwa kebocoran dipengaruhi oleh kondisi pipa yang mengalami korosi, usia perpipaan yang telah lama digunakan, tekanan operasi yang tinggi, serta pengaruh getaran kapal.

Hasil triangulasi juga menunjukkan kesesuaian antara keterangan informan dengan data operasional kapal mengenai dampak gangguan terhadap kegiatan bongkar muat. Berdasarkan Cargo Stowage Plan, pemuatan propylene direncanakan berlangsung selama 14 jam dengan normal loading rate sebesar 170 MT/jam. Namun, berdasarkan dokumen Loading Rate, pelaksanaan aktual membutuhkan waktu 16,5 jam dengan average loading rate sebesar 139,69 MT/jam. Penurunan loading rate tersebut sesuai dengan penjelasan Chief Officer bahwa setelah terjadi kebocoran, tekanan sistem harus diturunkan untuk menjaga keselamatan operasi sehingga proses transfer muatan berjalan lebih lambat. Dokumentasi kondisi kapal selama kegiatan pemuatan juga mendukung adanya penambahan waktu operasi dibandingkan rencana awal.

Selain itu, hasil triangulasi terhadap tindakan penanganan menunjukkan adanya kesesuaian antara hasil wawancara dan dokumentasi lapangan. Seluruh informan memberikan keterangan bahwa setelah kebocoran ditemukan dilakukan penghentian sementara operasi, pemeriksaan lokasi gangguan, pemasangan lem besi atau metal repair compound, pembalutan menggunakan perban khusus, serta pengoperasian kembali sistem dengan tekanan yang lebih rendah. Dokumentasi penelitian memperkuat informasi tersebut melalui bukti kondisi kebocoran pada pipa, proses pengecekan dan penanganan oleh awak kapal, serta kondisi pipa setelah penambalan.

3.4 Faktor Penyebab Gangguan Kebocoran pada Sistem Perpipaan Liquid Line

Berdasarkan hasil penelitian melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi pustaka, diketahui bahwa gangguan pada sistem perpipaan liquid line di MT. Gas Estella berupa kebocoran pada sambungan flange. Hasil observasi menunjukkan bahwa sebelum kegiatan cargo operation dimulai, sistem perpipaan telah diperiksa melalui pengecekan visual dan cargo line-up. Namun, pada pemeriksaan kondisi valve, flange, gasket, dan sambungan pipa ditemukan adanya penurunan kondisi sambungan akibat korosi. Selanjutnya, ditemukan kebocoran pada area liquid line ketika persiapan operasi berlangsung. Hasil tersebut diperkuat oleh dokumentasi yang menunjukkan kondisi sistem perpipaan dan bagian yang mengalami kebocoran. Dengan demikian, adanya pemeriksaan sebelum

operasi belum sepenuhnya dapat mencegah terjadinya gangguan karena terdapat kondisi material dan komponen yang telah mengalami penurunan.

Berdasarkan hasil wawancara, keterangan Kapten, Chief Officer, Mualim II, dan Able Seaman menunjukkan adanya kesesuaian mengenai kondisi sistem perpipaan. Informasi yang diperoleh menunjukkan bahwa kebocoran berkaitan dengan kondisi sambungan yang mengalami korosi, usia pemakaian komponen, peningkatan tekanan ketika cargo compressor beroperasi, serta pengaruh getaran pada sistem perpipaan. Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan observasi dan dokumentasi sehingga dapat diketahui bahwa faktor penyebab gangguan tidak berdiri sendiri, tetapi saling berkaitan dalam kondisi operasional yang berlangsung. Oleh karena itu, pembahasan faktor penyebab dalam penelitian ini dikelompokkan sebagai berikut.

3.4.1 Korosi pada Sistem Perpipaan Liquid Line

Korosi merupakan faktor yang terlihat secara langsung pada hasil observasi. Pada pemeriksaan terhadap valve, flange, gasket, dan sambungan pipa ditemukan adanya penurunan kondisi sambungan akibat korosi. Temuan tersebut diperkuat oleh hasil wawancara dengan Chief Officer yang menjelaskan bahwa korosi dapat menyebabkan penipisan material dan menurunkan kekuatan pipa. Dokumentasi penelitian juga memperlihatkan kondisi bagian sistem perpipaan yang mengalami gangguan.

Korosi dapat mengubah kondisi fisik dan kekuatan material pipa. Pada awalnya, pipa dan sambungan berfungsi sebagai bagian dari jalur tertutup untuk mempertahankan aliran muatan propylene. Ketika terjadi korosi, material pada bagian tertentu mengalami penurunan sehingga kemampuan bagian tersebut untuk mempertahankan kondisi kedepannya juga menjadi lebih rendah. Kondisi tersebut menjadi semakin berisiko ketika bagian yang mengalami korosi merupakan sambungan flange yang harus mempertahankan hubungan antara bagian-bagian perpipaan selama proses transfer.

Dengan demikian, korosi dalam penelitian ini tidak hanya dipahami sebagai adanya karat pada permukaan pipa, tetapi sebagai kondisi yang dapat menurunkan keandalan sambungan. Ketika sistem digunakan dalam proses bongkar muat, bagian yang telah mengalami penurunan material menjadi lebih rentan terhadap kebocoran. Hal tersebut menjelaskan mengapa kebocoran ditemukan pada bagian liquid line meskipun pemeriksaan awal telah dilakukan.

Temuan tersebut diperkuat oleh penelitian Rindraputra, Setiono, dan Saputra [3] yang menyatakan bahwa korosi dan keausan material merupakan faktor teknis yang dapat menyebabkan kebocoran pipa dalam proses bongkar muat. Persamaan tersebut menunjukkan bahwa kondisi material memang menjadi salah satu aspek penting dalam menjaga keandalan perpipaan. Namun, pada MT. Gas Estella, hasil penelitian menunjukkan lebih lanjut bahwa korosi pada sambungan menjadi salah satu kondisi awal yang membuat sistem lebih rentan ketika menerima beban selama proses transfer propylene.

3.4.2 Usia Pemakaian dan Penurunan Kondisi Perpipaan

Berdasarkan hasil wawancara dengan Chief Officer, sistem perpipaan yang telah lama digunakan mengalami beban operasi dan perubahan tekanan secara berulang. Kondisi tersebut menyebabkan beberapa bagian, khususnya sambungan dan komponen pendukung, menjadi lebih rentan mengalami penurunan kualitas.

Usia pemakaian tidak dapat dilihat hanya dari lamanya suatu pipa digunakan, tetapi perlu dikaitkan dengan kondisi aktual material setelah menerima beban operasi berulang. Komponen yang digunakan dalam jangka panjang dapat mengalami penurunan kemampuan dibandingkan ketika kondisi material masih baik. Pada bagian gasket, misalnya, penurunan kualitas dapat memengaruhi kemampuan sambungan dalam mempertahankan kedapannya. Apabila kondisi tersebut terjadi bersamaan dengan korosi pada flange, maka kemungkinan terjadinya rembesan atau kebocoran menjadi semakin besar.

Hubungan tersebut menunjukkan bahwa usia perpipaian menjadi faktor yang memperbesar kerentanan sistem, bukan berarti usia secara langsung menyebabkan kebocoran pada saat itu juga. Dalam kasus MT. Gas Estella, usia pemakaian menjadi lebih berarti karena terdapat bukti lain berupa penurunan kondisi sambungan akibat korosi. Artinya, semakin menurun kondisi material, semakin besar kebutuhan untuk melakukan pemeriksaan terhadap bagian yang memiliki risiko tinggi sebelum sistem digunakan untuk transfer muatan.

Hasil tersebut memiliki kesesuaian dengan penelitian Musa Nur Ma'rifatullah [13] yang menjelaskan bahwa komponen cargo pipe line seperti gasket dan valve dapat mengalami keausan akibat penggunaan berulang sehingga berpotensi menimbulkan gangguan. Dengan demikian, penelitian terdahulu tersebut memperkuat hasil penelitian bahwa kondisi komponen yang telah mengalami penurunan akibat pemakaian perlu menjadi perhatian dalam pemeriksaan dan perawatan sistem liquid line.

3.4.3 Tekanan Operasi

Tekanan operasi merupakan faktor yang berkaitan dengan berkembangnya kebocoran ketika proses transfer muatan berlangsung. Berdasarkan hasil wawancara dengan Mualim II, ketika cargo compressor bekerja dan tekanan sistem meningkat, bagian sambungan yang telah mengalami penurunan kondisi menjadi lebih mudah mengalami rembesan. Hasil observasi juga menunjukkan bahwa setelah kebocoran ditemukan, tekanan operasi diturunkan.

Tekanan operasi dalam kasus ini tidak dapat langsung dikatakan sebagai penyebab tunggal kebocoran. Tekanan menjadi faktor yang memperbesar gangguan pada bagian sistem yang sebelumnya telah mengalami penurunan kondisi. Ketika tekanan sistem meningkat, bagian sambungan harus mempertahankan kondisi tetap dalam keadaan menerima beban operasi. Apabila material dan sambungan sudah mengalami korosi atau penurunan kualitas, peningkatan tekanan dapat menyebabkan rembesan yang sebelumnya kecil menjadi lebih terlihat dan mengganggu proses transfer.

Hal tersebut menjelaskan alasan mengapa setelah kebocoran ditemukan, operasi tidak langsung dilanjutkan pada tekanan normal. Penurunan tekanan merupakan bentuk pengendalian terhadap kondisi sistem agar kebocoran tidak semakin besar dan proses dapat dilanjutkan dengan kondisi yang lebih aman. Dengan demikian, pengendalian tekanan merupakan bagian penting dari hubungan antara gangguan teknis dan kelancaran kegiatan bongkar muat.

Temuan ini memiliki kesesuaian dengan penelitian Agung Satrio Nugroho [14] mengenai pelaksanaan bongkar muat propylene yang menunjukkan pentingnya pengendalian tekanan dan kinerja peralatan muatan dalam menjaga keselamatan serta kelancaran operasi. Pada penelitian MT. Gas Estella, pengaruh tekanan terlihat lebih spesifik karena penurunan tekanan setelah kebocoran berpengaruh terhadap kemampuan sistem dalam memindahkan muatan.

3.4.4 Getaran Kapal

Faktor berikutnya adalah getaran kapal. Berdasarkan hasil wawancara dengan Mualim II, getaran yang berasal dari kerja mesin maupun pergerakan kapal dapat memberikan pengaruh terhadap sistem perpipaian, terutama pada bagian sambungan. Dalam kondisi sambungan yang telah mengalami penurunan kualitas, adanya getaran dapat memberikan beban tambahan pada jalur perpipaian.

Pengaruh getaran lebih tepat dilihat sebagai faktor yang dapat memperbesar kerawanan pada sambungan yang sebelumnya sudah mengalami korosi dan penurunan kondisi. Sambungan pipa membutuhkan kestabilan agar tetap mampu mempertahankan posisi dan kedekatan selama kegiatan transfer berlangsung. Ketika sistem menerima getaran secara terus-menerus, bagian yang telah mengalami penurunan kondisi dapat menjadi lebih rentan terhadap gangguan. Oleh karena itu, kondisi sambungan, sistem penyangga, dan jalur perpipaian perlu diperhatikan secara bersamaan. Hal ini juga menunjukkan bahwa pemeriksaan sebelum bongkar muat tidak hanya bertujuan menemukan kebocoran

yang sudah terjadi, tetapi juga mengetahui kondisi yang dapat berkembang menjadi gangguan ketika kapal mulai beroperasi.

Temuan tersebut memiliki keterkaitan dengan penelitian Pandu Muchibin [15] yang menunjukkan bahwa kurangnya pemeriksaan dan perawatan berkala dapat menyebabkan penurunan fungsi sistem perpipaan dan berdampak terhadap kegiatan bongkar muat. Penelitian tersebut memperkuat pentingnya pemeriksaan dan pemeliharaan sistem, sedangkan hasil penelitian di MT. Gas Estella menunjukkan bahwa getaran menjadi salah satu kondisi yang perlu diperhatikan terutama pada bagian perpipaan yang sudah mengalami penurunan kondisi.

Berdasarkan keempat faktor tersebut, peneliti menganalisis bahwa gangguan pada liquid line di MT. Gas Estella terjadi melalui hubungan antarkondisi. Korosi dan usia pemakaian menyebabkan kondisi material dan sambungan mengalami penurunan. Kondisi tersebut kemudian menjadi lebih rentan ketika sistem menerima tekanan operasi dan getaran kapal. Dengan demikian, tekanan dan getaran lebih tepat dipahami sebagai faktor yang memperbesar kerawanan sistem yang kondisi materialnya telah menurun, sedangkan korosi dan usia pemakaian menjadi bagian penting dalam menjelaskan penurunan kondisi komponen.

3.5 Upaya Penanganan Kebocoran pada Sistem Perpipaan Liquid Line

Berdasarkan hasil observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi pustaka, penanganan kebocoran pada sistem liquid line di MT. Gas Estella dilakukan melalui beberapa tahapan. Hasil observasi menunjukkan bahwa ketika gangguan ditemukan, kegiatan bongkar muat dihentikan sementara, dilakukan pemasangan leak sealing compound dan pembalutan, kemudian dilakukan pemeriksaan ulang. Setelah kondisi sistem diperiksa, kegiatan dapat dilanjutkan dengan tekanan operasi yang lebih rendah.

Hasil wawancara juga menunjukkan bahwa proses penanganan dimulai dari pelaporan kondisi kebocoran kepada perwira jaga, kemudian dilakukan penghentian sementara transfer muatan dan pemeriksaan lokasi gangguan. Setelah lokasi diketahui, dilakukan penanganan sementara menggunakan leak sealing compound atau metal repair compound, kemudian bagian tersebut dibalut menggunakan perban khusus. Setelah sistem digunakan kembali, kondisi area kebocoran tetap dipantau. Keterangan tersebut konsisten antara Chief Officer, Mualim II, dan Able Seaman sehingga dapat digunakan untuk menjelaskan tahapan penanganan yang dilakukan di lapangan.

3.5.1 Kondisi Bongkar Muat Sebelum Terjadi Gangguan

Sebelum gangguan terjadi, proses bongkar muat direncanakan berdasarkan Cargo Stowage Plan. Pada kondisi normal, tahap initial menggunakan rate 100 MT/jam selama satu jam, tahap normal 170 MT/jam selama 12 jam, dan tahap final 100 MT/jam selama satu jam. Total waktu yang direncanakan adalah 14 jam dengan jumlah muatan sekitar 2.300 MT.

Data tersebut menjadi dasar untuk melihat apakah gangguan memberikan dampak terhadap keterlambatan. Artinya, kondisi normal tidak hanya dilihat dari ada atau tidaknya kebocoran, tetapi juga dari kemampuan sistem memindahkan muatan sesuai rate dan waktu yang telah direncanakan.

3.5.2 Kondisi Ketika Kebocoran Ditemukan dan Penghentian Sementara

Pada pemeriksaan awal terhadap sistem perpipaan muatan, ditemukan kebocoran pada sambungan flange liquid line. Temuan tersebut dilaporkan kepada perwira jaga dan diteruskan kepada Chief Officer. Ketika cargo line-up dimulai dan tekanan meningkat akibat pengoperasian cargo compressor, kondisi kebocoran mengalami peningkatan sehingga proses bongkar muat harus dihentikan sementara untuk menjaga keselamatan operasi.

Penghentian sementara merupakan titik yang menghubungkan gangguan teknis dengan keterlambatan operasional. Selama sistem dihentikan, proses transfer tidak dapat berlangsung

sebagaimana kondisi normal. Namun, penghentian tersebut merupakan tindakan pengendalian yang diperlukan karena mempertahankan proses transfer dalam kondisi kebocoran dapat meningkatkan risiko terhadap keselamatan. Dengan demikian, keterlambatan tidak hanya terjadi karena waktu yang hilang ketika operasi dihentikan, tetapi juga karena setelah operasi dapat dilanjutkan, sistem tidak lagi bekerja pada kondisi tekanan normal.

Setelah kegiatan dihentikan sementara, dilakukan pemeriksaan terhadap lokasi kebocoran dan isolasi jalur perpipaan yang berkaitan dengan titik gangguan. Tahap ini dilakukan agar bagian yang mengalami kebocoran dapat ditangani tanpa mempertahankan kondisi operasi normal pada jalur tersebut. Berdasarkan hasil penelitian, isolasi merupakan bagian penting dari penanganan karena kebocoran terjadi pada bagian tertentu dari sistem. Dengan mengendalikan bagian yang mengalami gangguan, awak kapal dapat melakukan penanganan pada titik tersebut dan mengurangi risiko gangguan berkembang selama proses perbaikan darurat

3.5.3 Pemasangan Leak Sealing Compound dan Pengoperasian Kembali

Setelah lokasi gangguan dikendalikan, dilakukan penanganan sementara menggunakan leak sealing compound atau metal repair compound. Material tersebut digunakan untuk menutup titik gangguan, kemudian bagian yang telah ditangani dibalut menggunakan perban khusus agar material penambal tetap berada pada posisinya

Tindakan ini harus dipahami sebagai penanganan sementara di lapangan, bukan sebagai penghapusan penyebab utama kebocoran. Hal tersebut karena sumber gangguan sebelumnya berkaitan dengan penurunan kondisi material, khususnya korosi dan usia pemakaian. Material penambal berfungsi mengendalikan titik kebocoran sehingga sistem dapat kembali digunakan secara terbatas, tetapi tidak mengubah kondisi material pipa yang telah mengalami penurunan. Oleh karena itu, penggunaan leak sealing compound dan pembalutan merupakan tindakan untuk mengendalikan kondisi darurat agar kegiatan dapat dilanjutkan dengan tetap memperhatikan keselamatan operasi.

Setelah penanganan dilakukan, kondisi sistem diperiksa kembali. Hasil observasi menunjukkan bahwa pemeriksaan ulang dilakukan setelah penanganan dan operasi dapat dilanjutkan dengan tekanan yang lebih rendah. Pemeriksaan ulang menjadi penting karena sistem yang akan digunakan kembali merupakan sistem yang sebelumnya mengalami kebocoran. Oleh karena itu, keberhasilan penanganan tidak cukup hanya dilihat dari pemasangan material penambal, tetapi juga dari kondisi sistem setelah dilakukan penanganan. Pemantauan tetap diperlukan ketika sistem mulai menerima tekanan kembali.

3.5.4 Perubahan Loading Rate dan Waktu Bongkar Muat Setelah Penanganan

Dampak penanganan terhadap kegiatan bongkar muat dapat dilihat dari perubahan loading rate dan durasi operasi. Berdasarkan Cargo Stowage Plan, rate normal direncanakan sebesar 170 MT/jam dan total waktu operasi direncanakan 14 jam. Sementara itu, data aktual menunjukkan pemuatan berlangsung selama 16,5 jam dengan average loading rate sebesar 139,69 MT/jam. Dengan demikian, terdapat penurunan average loading rate dari 170 MT/jam menjadi 139,69 MT/jam. Jika dibandingkan dengan waktu rencana 14 jam, waktu aktual 16,5 jam menunjukkan adanya tambahan waktu sebesar 2,5 jam.

Perubahan tersebut menunjukkan bahwa penanganan kebocoran memang memungkinkan kegiatan bongkar muat dilanjutkan, tetapi belum membuat sistem kembali beroperasi pada kondisi normal. Tekanan yang diturunkan setelah gangguan menyebabkan kemampuan pemindahan muatan per satuan waktu menjadi lebih rendah. Akibatnya, meskipun kegiatan dapat dilanjutkan, jumlah muatan yang dapat dipindahkan dalam setiap jam berkurang dan waktu penyelesaian menjadi lebih panjang. Hal tersebut dapat dilihat lebih lanjut dari data loading rate per jam. Selama operasi, rate tercatat berada di bawah kondisi normal 170 MT/jam, bahkan pada pukul 10.00 tercatat 62,8 MT/jam dan pada pukul

21.00 tercatat 64,3 MT/jam. Data tersebut memperlihatkan bahwa sistem tidak mempertahankan rate normal sepanjang kegiatan.

3.5.5 Upaya Mitigasi dan Pencegahan Gangguan Berulang

Berdasarkan hasil penelitian, penanganan sementara di kapal perlu diikuti dengan upaya pencegahan agar gangguan yang sama tidak berulang. Hal ini penting karena leak sealing compound dan pembalutan hanya mengendalikan kondisi kebocoran pada saat kejadian, sedangkan faktor yang menyebabkan penurunan kondisi sistem, seperti korosi, usia pemakaian, tekanan operasi, dan getaran, tetap perlu dikendalikan.

Upaya pertama adalah meningkatkan pemeriksaan sistem liquid line, terutama pada bagian flange, gasket, valve, dan area yang menunjukkan tanda korosi. Pemeriksaan tidak hanya dilakukan secara visual sebelum operasi, tetapi perlu memperhatikan kondisi aktual komponen yang memiliki risiko lebih tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemeriksaan awal telah dilakukan, tetapi kebocoran masih ditemukan. Oleh karena itu, peningkatan ketelitian pemeriksaan menjadi salah satu bentuk mitigasi yang relevan dengan temuan penelitian.

Upaya kedua adalah meningkatkan pengawasan terhadap tekanan selama proses bongkar muat. Tekanan perlu disesuaikan dengan kondisi sistem agar bagian yang telah mengalami penurunan kualitas tidak menerima beban yang dapat memperbesar kebocoran. Pengawasan tersebut juga perlu dilakukan selama proses transfer, bukan hanya pada saat cargo line-up.

Upaya ketiga adalah memperhatikan kondisi komponen yang telah lama digunakan melalui program perawatan yang terjadwal. Komponen yang mengalami penurunan kondisi, terutama gasket dan bagian sambungan yang mengalami korosi, perlu dievaluasi untuk menentukan apakah masih layak digunakan atau memerlukan tindakan perawatan maupun penggantian. Dalam hal ini, penerapan Planned Maintenance System (PMS) dapat digunakan sebagai dasar pengawasan dan pencatatan kondisi komponen. Skripsi juga mencantumkan PMS dan catatan perawatan sistem perpipaan sebagai dokumen pendukung dalam proses triangulasi data.

Upaya keempat adalah meningkatkan koordinasi antara awak kapal dalam melakukan pelaporan dan pengawasan. Hasil wawancara menunjukkan bahwa ketika kebocoran ditemukan, kondisi tersebut segera dilaporkan kepada perwira jaga dan diteruskan kepada Chief Officer. Pola pelaporan tersebut perlu dipertahankan sehingga setiap kondisi abnormal dapat segera diketahui dan ditangani sebelum berkembang menjadi gangguan yang lebih besar.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, Rindraputra, Setiono, dan Saputra [3] menekankan perawatan rutin, penggunaan material tahan korosi, peningkatan pelatihan, dan teknologi deteksi kebocoran dini. Sementara itu, Pandu Muchibin [15] menekankan pentingnya pemeriksaan rutin, ketelitian awak kapal, dan respons cepat terhadap kebutuhan perbaikan. Hasil penelitian di MT. Gas Estella memperlihatkan bahwa upaya tersebut relevan untuk diterapkan sebagai langkah pencegahan, terutama karena penanganan yang dilakukan pada saat kejadian masih bersifat sementara.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian mengenai analisis gangguan pada sistem perpipaan liquid line terhadap keterlambatan proses bongkar muat muatan propylene di MT. Gas Estella, maka dapat disimpulkan bahwa: Gangguan pada sistem perpipaan liquid line di MT. Gas Estella disebabkan oleh beberapa faktor yang saling berkaitan, yaitu korosi pada sambungan flange, usia pemakaian dan penurunan kondisi komponen perpipaan, tekanan operasi, serta getaran kapal. Hasil observasi menunjukkan adanya penurunan kondisi sambungan akibat korosi dan ditemukan kebocoran pada area liquid line saat persiapan kegiatan bongkar muat. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penurunan kualitas material membuat bagian perpipaan lebih rentan ketika menerima tekanan dan getaran selama proses transfer muatan propylene. Dengan demikian, gangguan tidak disebabkan oleh satu faktor saja, tetapi merupakan

keterkaitan antara kondisi teknis perpipaan dan beban operasi yang berlangsung selama kegiatan bongkar muat. Upaya penanganan gangguan pada sistem perpipaan liquid line dilakukan melalui penghentian sementara proses bongkar muat, pemeriksaan dan isolasi bagian yang mengalami kebocoran, pemasangan leak sealing compound dan pembalutan sebagai penanganan sementara, pemeriksaan ulang, serta pengoperasian kembali dengan tekanan yang lebih rendah. Penanganan tersebut memungkinkan kegiatan bongkar muat dilanjutkan, tetapi belum mengembalikan kondisi operasi seperti semula sehingga terjadi penurunan loading rate dari sekitar 170 MT/jam menjadi 139,69 MT/jam dan waktu operasi meningkat dari rencana 14 jam menjadi 16,5 jam. Oleh karena itu, gangguan pada liquid line berdampak terhadap keterlambatan proses bongkar muat, sehingga diperlukan tindak lanjut berupa pemeriksaan dan perawatan rutin, pengawasan kondisi sambungan serta tekanan operasi, dan pemantauan sistem secara berkala untuk meminimalkan terjadinya gangguan yang sama.

Berdasarkan hasil penelitian mengenai gangguan sistem perpipaan liquid line terhadap keterlambatan proses bongkar muat muatan propylene di MT. Gas Estella, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut: Bagi pihak kapal MT. Gas Estella, disarankan untuk meningkatkan ketelitian pemeriksaan dan pemantauan kondisi sistem perpipaan liquid line sebelum dan selama proses bongkar muat berlangsung, terutama pada bagian flange, gasket, valve, sambungan pipa, dan area yang mengalami korosi. Pemeriksaan juga perlu disertai dengan pemantauan tekanan operasi dan kondisi sistem penyangga perpipaan untuk mengurangi risiko kebocoran akibat penurunan kondisi material, tekanan, maupun getaran kapal. Bagi perusahaan pelayaran, disarankan untuk meningkatkan pengawasan dan perawatan sistem perpipaan liquid line melalui pemeriksaan serta perawatan berkala sesuai Planned Maintenance System (PMS). Komponen yang telah mengalami korosi atau penurunan kondisi perlu segera dievaluasi dan ditindaklanjuti melalui perbaikan atau penggantian apabila diperlukan. Perusahaan juga perlu memastikan tersedianya prosedur dan fasilitas penanganan gangguan agar kebocoran tidak menyebabkan penghentian operasi dan keterlambatan bongkar muat yang lebih besar. Bagi awak kapal, disarankan untuk meningkatkan kedisiplinan dalam penerapan SOP bongkar muat, ketelitian dalam melakukan pemeriksaan, serta kecepatan dalam melaporkan kondisi abnormal pada sistem liquid line. Penanganan sementara seperti leak sealing compound dan pembalutan dapat dilakukan sebagai tindakan pengendalian saat terjadi kebocoran, tetapi perlu dilanjutkan dengan pemeriksaan dan perawatan yang lebih menyeluruh agar penyebab gangguan tidak berulang. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan keselamatan kerja sekaligus menjaga kelancaran proses bongkar muat muatan propylene. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan penelitian mengenai keandalan sistem perpipaan pada kapal tanker gas dengan cakupan yang lebih luas, seperti pengaruh usia material, tingkat korosi, tekanan operasi, getaran kapal, faktor manusia, metode inspeksi, serta sistem perawatan terhadap risiko kebocoran dan keterlambatan bongkar muat. Penelitian selanjutnya juga dapat menggunakan objek kapal dan jenis muatan yang berbeda sebagai pembanding sehingga dapat memperkaya referensi mengenai penanganan gangguan sistem perpipaan dan peningkatan efisiensi operasi bongkar muat.

REFERENSI

- [1] M. Anam, B. L. H. Widodo, and Fakhurrozi, "Upaya Percepatan Proses Bongkar Muat Propylene Dikapal Lpgc No. 5 Sj Gas," 3rd National Seminar on Maritime and Interdisciplinary Studies, vol. 3, no. 1, 2021.
- [2] R. A. Zulkipli, F. Ikhsandy, and M. Y. Yahdiyan, "Analisis Selisih Perhitungan Muatan Kargo High Pressure Propylene Menggunakan Fishbone Analysis pada Industri Petrokimia," Jurnal Penelitian Inovatif, vol. 5, no. 2, pp. 1475–1484, 2025, doi: 10.54082/jupin.1526.
- [3] A. M. Rindraputra, B. A. Setiono, and T. D. Saputra, "Analysis of Causes and Treatment of Leaks Pipe in the Process of Loading and Discharging Liquid Bulk Commodities Types of Fuel - Case

- Study at Tanjung Wangi Port,” Jurnal Aplikasi Pelayaran Dan Kepelabuhanan, vol. 15, no. 1, pp. 55–65, 2024, doi: 10.30649/japk.v15i1.123.
- [4] E. E. Djajasana, Sugiyanto, B. S. Putra, and W. W. Nignsi, “Analisis Proses Cargo Heating pada Muatan LPG (Propylene) di MT. Coral Monactis,” Prosiding Seminar Hasil Penelitian Dosen, vol. 1, no. 1, 2019, doi: 10.36101/pcsa.v1i1.90.
- [5] A. H. Tumanggor, Asnawi, D. T. B. Pamungkas, B. Purnomo, A. Shulhany, Y. Prawira, and E. Sutrisno, “Studi kasus keterlambatan bongkar muat di pelabuhan dan dampaknya terhadap logistik di PT. Krakatau Bandar Samudra Banten,” Journal Marine Inside, vol. 8, no. 1, 2026.
- [6] D. A. Faradisa, H. Setiawan, and F. M. Pongoh, “Upaya Mengatasi Keterlambatan Bongkar Muat di Kapal MV. Ayer Mas,” Journal of Nautical Science and Technology, vol. 1, no. 1, pp. 24–30, 2025. <https://jurnal.poltekpelsulut.ac.id/index.php/Nautical/article/view/94/98>
- [7] Sulardi, “Inspeksi Teknik Sistem Perpipaan Industri Pengolahan Migas,” Jurnal Jieom, vol. 2, no. 1, pp. 1–5, 2019. <https://blog.tensorflow.org/2023/03/whats-new-in-tensorflow>
- [8] A. Bakar, H. Agusthin, and S. G. A. Rakka, “Pelaksanaan Bongkar Muat Yang Melibatkan TKBM di Pelabuhan Bitung,” KALAOS: Kalao’s Maritime Journal, vol. 1, no. 2, pp. 1–18, 2020.
- [9] J. W. Creswell, Penelitian Kualitatif & Desain Riset, 3rd ed. Pustaka Pelajar, 2015.
- [10] Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Alfabeta, 2020.
- [11] A. G. Agustini et al., Metode Penelitian Metode Penelitian, in Metode Penelitian Kualitatif. PT. Mifandi Mandiri Digital, 2023.
- [12] D. Susanto, Risnita, and M. S. Jailani, “Teknik Pemeriksaan Keabsahan Data Dalam Penelitian Ilmiah,” QOSIM: Jurnal Pendidikan Sosial & Humaniora, vol. 1, no. 1, pp. 53–61, 2023, doi: 10.61104/jq.v1i1.60.
- [13] M. N. Ma’rifatullah, “Analisis Penyebab Terjadinya Kebocoran Cargo Pipe Line dalam Ruang Pompa Sebelum Masuk Galangan di Kapal MT Panderman,” Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, 2024.
- [14] A. S. Nugroho, “Pelaksanaan Bongkar Muat Propylene di MT. Gas Maluku,” Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, 2019.
- [15] P. Muchibin, “Analisis Kebocoran Pipa Hydraulic Jack Hatch Cover Di Mv. Manalagi Asti,” Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, 2023.