

BAB II

TEORI PENUNJANG DAN KAJIAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Dalam laporan tugas akhir ini berisi teori penunjang dan kajian pustaka yang menjadi dasar dalam menganalisis permasalahan *cargolosses* pada proses *Discharge* muatan *Ethylene Propene*. Pada bagian ini, penulis menguraikan berbagai konsep dasar yang relevan, meliputi pengertian *cargolosses*, metode perhitungan muatan, *discrepancy*, *Discharge*, *loading*, serta infrastruktur pendukung seperti *jetty* dan *shore tank*. Selain itu, dibahas pula instrumen *Automatic Tank Gauge* (ATG), karakteristik *Ethylene Propene* sebagai muatan cair, serta metode *Root Cause Analysis* (RCA) yang digunakan dalam penelitian ini. Untuk memperkuat landasan teori, penulis juga menyajikan kajian penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan topik penelitian, sehingga diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai kondisi aktual di lapangan sekaligus mempertegas kontribusi penelitian ini.

2.1.1 Cargo Losses

Cargo Losses merupakan peristiwa kehilangan barang yang hilang atau tidak ditemukan saat melakukan pengiriman atau pengangkutan barang dari suatu Lokasi atau fasilitas (Tanjung et al., 2024) . Kehilangan muatan (*cargo losses*) kerap terjadi dalam bentuk penyusutan volume, terutama saat proses bongkar muatan di pelabuhan tujuan. Salah satu faktor utama penyebab fenomena ini adalah terjadinya penguapan muatan, yang mengakibatkan perbedaan signifikan antara angka muatan kapal setelah proses pemuatan (*ship figure after loading*) dan sebelum proses pembongkaran (*ship figure before Discharge*). Padahal, sebelum aktivitas muat dan bongkar dilakukan, pihak kru kapal sebagai penanggung jawab muatan telah menyusun rencana penempatan muatan (*stowage plan*) secara sistematis sesuai dengan dokumen *bill of loading* (Sitepu & Rangga, 2022).

Fenomena kehilangan muatan merupakan isu yang umum dijumpai dalam proses bongkar muat serta distribusi *cargo*. Untuk meminimalkan terjadinya penyusutan volume, khususnya pada muatan berbasis bahan kimia, diperlukan sistem pengendalian dan pengawasan yang ketat di setiap tahapan pergerakan muatan, mulai dari proses transfer di atas kapal hingga saat muatan mencapai terminal tujuan (Albar, 2022) .

2.1.2 Perhitungan Muatan

Perhitungan muatan dimulai dari pengukuran tangka menggunakan metode ullage ataupun *sounding*. Hasil ukur ini kemudian digunakan pada tabel tangka untuk mendapatkan volume muatan yang akan dimuat atau dibongkar.

Gambar 2. 1 Table tank shore ethylene propene

Langkah dan tata cara perhitungan muatan *Ethylene Propene* (Evleth et al., 1996a) & (SAU COMPANY, 2022)

a. Menghitung *Apprance Volume Observe*

- 1) Memasukan *level liquid* yang di dapatkan
- 2) Menyesuaikan *level liquid* untuk mendapatkan *volume liquid*
- 3) *Volume liquid* yang didapat di tambah volume cincin yang ada pada *Table Tank*

b. Menghitung untuk mencari nilai *Shrinkage Factor* (Faktor Pemuaian)

Keterangan :

- α = Faktor Muai Bahan
- t = Temperatur Observe
- T = Temperatur Tanki

$$1 + \alpha \times (t - T)$$

2.1

- c. Menghitung untuk mencari nilai *Observation Volume*

$$\text{Apprance Volume} \times \text{Shrinkage Factor} \quad 2.2$$

- d. Menghitung untuk mencari nilai *Massa Liquid*

Keterangan :

- ρ = Massa Jenis

$$\rho \times \text{Observaton Volume} \quad 2.3$$

- e. Menghitung untuk mencari nilai *Volume Vapor*

$$\text{Volume bersih} \times \text{Volume Liquid} \quad 2.4$$

- f. Menghitung untuk mencari nilai *Gas Factor Ethylene Propene*

Keterangan :

- M = *Molecullar Weight*

Untuk Molecullar Weight dari Ethylene Propene adalah 28.054 g/mol (Yoon et al., 2005)

$$C_2H_4 = (12,011 \times 2) + (1,0079 \times 4)$$

- P = *Presure*
- T = *Temperatur Tanki*

$$\frac{M}{22,414} \times \frac{273,16 \times (\rho + 1,0332)}{(273,16 + T) \times 1,0332} \times \frac{1}{100} \quad 2.5$$

- g. Menghitung untuk mencari nilai *Massa Vappor*

$$\text{Obs. Volume Vappor} \times \text{Gas Factor} \quad 2.6$$

- h. Menghitung untuk mencari nilai *Massa Total*

$$\text{Massa Liquid} + \text{Massa Vappor} \quad 2.7$$

2.1.3 Discrepancy

Istilah *discrepancy* dalam bahasa Inggris diartikan sebagai perbedaan atau selisih. Berdasarkan hasil analisis penulis yang didukung oleh informasi dari wawancara bersama *Loading Master* dan *Chief Officer*, fenomena *cargo discrepancy* merupakan salah satu permasalahan yang kerap muncul dalam kegiatan pemuatan maupun pembongkaran muatan. Kondisi ini mengacu pada adanya perbedaan hasil perhitungan volume muatan antara pihak kapal dan pihak darat selama proses operasi berlangsung, yang dikenal sebagai "*cargo discrepancy*," merupakan isu yang perlu diperhatikan. Kajian ini mengulas berbagai faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya ketidaksesuaian data muatan (*cargo discrepancy*), serta langkah-langkah

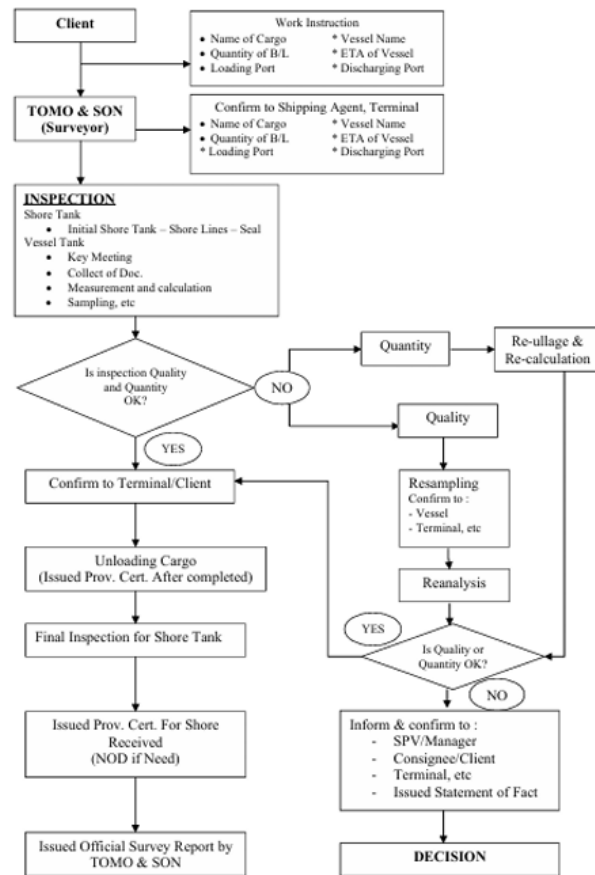
strategis yang perlu dilakukan untuk mengantisipasi dan mengurangi dampaknya. Selain itu, pembahasan juga mencakup berbagai tantangan yang kemungkinan besar akan ditemui dalam proses penerapan upaya penanggulangan tersebut (Kusuma, 2020). Beberapa hal yang diamati merupakan sebuah perbedaan yang diamati pasti disebabkan oleh kesalahan seperti ini (Saliba et al., 2023).

Berdasarkan kajian mengenai pengendalian *transportation losses* pada armada tanker milik Pertamina *Shipping*, yang dimaksud dengan penyusutan (*losses*) adalah berkurangnya volume maupun massa produk akibat proses pemindahan dari satu titik lokasi ke titik lainnya dalam rantai distribusi. Dalam konteks ini, penulis memaknai bahwa penyusutan mencerminkan berkurangnya kuantitas minyak mentah maupun produk turunannya yang diakibatkan oleh proses perpindahan antar lokasi penyimpanan. Penyusutan atau kerusakan muatan dapat timbul karena berbagai faktor seperti kondisi cuaca ekstrem, kesalahan dalam pengemasan, insiden kandas, benturan antar kapal, hingga tindak kriminal seperti perompakan. Selain itu, perbedaan hasil perhitungan kuantitas muatan juga dapat terjadi akibat beberapa faktor teknis, seperti kekeliruan dalam perhitungan manual (misalnya kesalahan input angka, proses perkalian, atau pembagian), kesalahan pembacaan level muatan (angka yang ditampilkan tidak sesuai dengan yang terbaca atau dicatat), ketidakakuratan dalam pengukuran suhu, kesalahan membaca nilai densitas, serta faktor mekanis lainnya seperti aliran muatan yang tertahan dalam pipa karena jarak distribusi, kebocoran pada tangki, atau kerusakan alat ukur yang menyebabkan pembacaan tidak valid (Hudenko & Pocs, 2015).

Discrepancy merupakan hal yang umum terjadi di semua lini bisnis dan dapat terjadi di semua lini nilai dari Liquid cargo, mulai dari kapal hingga terminal dan dari hulu ke hilir. Karena hal ini menggabungkan pengaruh internal dan eksternal, fenomena ini sangat kompleks: cuaca peralatan, model geologi, perilaku manusia, ketersediaan dan konsumsi, dan banyak lagi (Bakkula et al., n.d.).

2.1.4 Discharge

Unloading/Discharge Istilah *Discharge* merupakan terjemahan dari bahasa Inggris yang mengacu pada aktivitas penurunan muatan. Kata ini berasal dari istilah *unload*, yang berarti membongkar. Dengan demikian, *unloading* dapat didefinisikan sebagai proses memindahkan muatan dari atas kapal ke area dermaga atau pelabuhan, yang selanjutnya akan dilanjutkan ke fasilitas penyimpanan seperti *Shore Tank*. (Setyansah, 2020). Berdasarkan definisi yang dirumuskan oleh Tim Penyusun Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa, istilah *penanganan* merujuk pada serangkaian tindakan, metode, atau proses dalam menangani sesuatu. Sementara itu, muat diartikan sebagai kegiatan memasukkan barang atau muatan ke dalam alat angkut, dan *bongkar* merujuk pada aktivitas memindahkan atau menurunkan muatan dari alat angkut ke lokasi tujuan (Kurniawan Pratama, 2019). Pada umumnya pengertian dari bongkar muat kapal ialah kegiatan pemindahan muatan dari kapal ke dermaga atau pun kapal lainnya begitu pun sebaliknya, sesuai dengan prosedur bongkar muat kapal itu sendiri untuk menghindari kecelakaan kerja yang tidak diinginkan (Rohman et al., 2023).



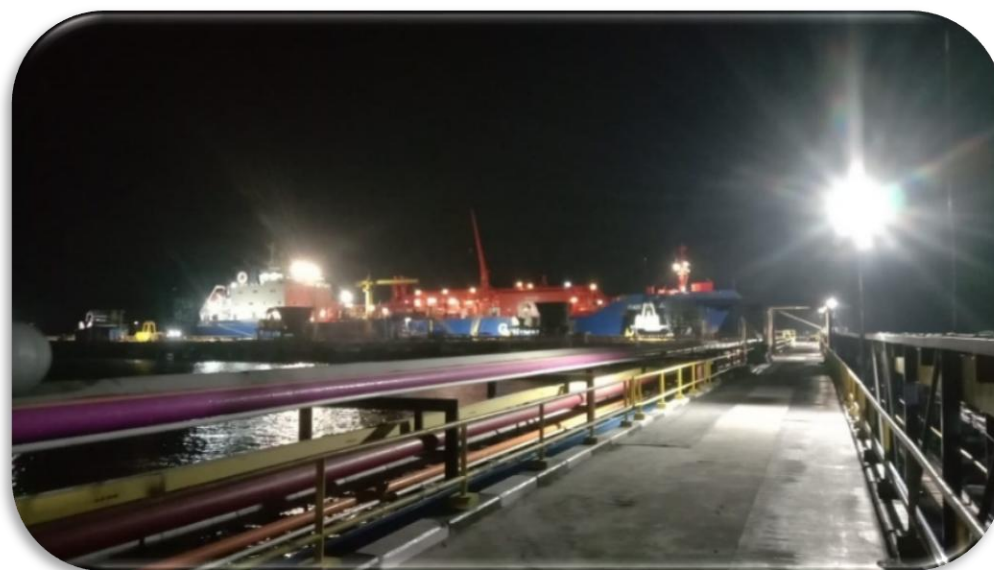
Tabel 2. 1 Alur Proses Discharge

2.1.5 Loading

Proses pemuatan barang merupakan rangkaian aktivitas yang bertujuan untuk memindahkan barang dari area *Shore tank* menuju kapal, biasanya melalui tahap penumpukan terlebih dahulu. Secara umum, kegiatan ini mencakup pemindahan barang dari kapal ke dermaga, ke tongkang, atau sebaliknya yakni dari dermaga atau tongkang ke atas kapal sebagai bagian dari sistem logistik dan distribusi barang di pelabuhan. (Gushariato, 2022).

2.1.6 Jetty

Jetty merupakan struktur dermaga yang dibangun menjorok ke arah laut dan menjadi bagian integral dari pelabuhan khusus. Fungsinya adalah untuk memfasilitasi kapal dalam proses sandar serta mendukung kegiatan pemuatan dan pembongkaran muatan secara efisien (Fadilllah, 2020). *Jetty* umumnya dimanfaatkan sebagai tempat sandar bagi kapal tanker, kapal LNG, serta tongkang pengangkut batu bara. Selain berfungsi sebagai fasilitas tambat kapal, *jetty* juga berperan dalam mengurangi risiko pendangkalan alur pelayaran yang disebabkan oleh endapan sedimen yang terbawa arus menuju garis pantai.(Cahnadi, 2018).



Gambar 2. 2 Jetty

2.1.7 Shore Tank

Tangki darat, dalam konteks industri perminyakan, adalah wadah untuk menyimpan bahan baku seperti minyak mentah (*Crude Oil*) atau gas, serta berbagai produk Bahan Bakar Minyak (BBM), LPG, dan LNG tangki darat memiliki fungsi utama sebagai wadah penyimpanan sementara bagi cairan hasil produksi dari sumur minyak. Selain menerima minyak mentah yang dialirkan melalui jaringan pipa dari lapangan produksi, tangki ini juga digunakan untuk menampung produk akhir yang berasal dari kilang maupun kapal. Fasilitas ini berperan dalam proses pemuatan bahan bakar minyak (BBM), non-BBM, LPG, dan LNG dari darat ke kapal. Selain itu, tangki ini juga digunakan untuk persiapan *Dry Crude Oil*, pemompaan ke unit kilang, suplai *bunker* dan air bersih ke kapal, penanganan *ballast* dan pemulihan *slop*, pengambilan sampel minyak, pengukuran hasil produksi sumur, serta pemisahan antara fase minyak dan air (Lee et al., 2009).

2.1.8 Automatic Tank Gauge (ATG)

Instrumen yang secara otomatis mengukur dan menampilkan level cairan atau *ullage* dalam satu atau beberapa tangki baik secara terus menerus, berkala, atau sesuai permintaan Level cairan dalam tangki yang diukur menggunakan sistem pengukur tangki otomatis (American Petroleum Institute, 2011).

2.2 Kajian Penelitian Terkait Ethylene Propene

Etilena atau *Ethylene Propene* (nama IUPAC etena) adalah gas *olefin* paling sederhana dan merupakan molekul gas pertama yang terbukti berfungsi sebagai hormon (Binder, 2020). *Polietilena*, yang merupakan polimer sintesis yang paling banyak diproduksi dan dibuang secara global adalah komponen utama dalam pembuatan *plastic*. Total produksi plastik global hingga saat ini diperkirakan mencapai $8300 \times 10^6 \text{ Mt}$, dengan *polietilena* sebagai polimer yang paling umum, mencakup sekitar 36% dari semua jenis plastik. Di lingkungan, plastik rentan terhadap proses pelapukan dan degradasi, yang

disebabkan oleh faktor lingkungan seperti cahaya, panas, kelembapan, oksidasi kimia, dan aktivitas biologis yang menyebabkan perubahan fisik dan kimia pada struktur polimer (Royer et al., 2018).

2.3 Kajian Penelitian Terdahulu

Penelitian selanjutnya merupakan upaya peneliti untuk mencari perbandingan yang selanjutnya digunakan untuk menemukan inspirasi baru untuk melakukan penelitian selanjutnya. Dalam penulisan tugas akhir ini peneliti menggali informasi dari beberapa referensi penelitian sebelumnya.

Menurut Zada Albar dalam penelitiannya yang berjudul ” Analisis *cargo Loss benzene* pada proses Bongkar di *Jetty* PT. Redeco Petrolim Utama ”. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Penyusutan muatan yang terjadi saat proses pembongkaran kapal MT. Erawan 1 di fasilitas jetty PT. Redeco Petrolin Utama, Banten, disebabkan oleh kurangnya ketelitian dan tanggung jawab petugas operasional *jetty* dalam menyiapkan jalur pipa bongkar. Selain itu, perbedaan suhu antara muatan di atas kapal dan suhu di tangki penyimpanan darat turut menjadi faktor penyebab. Dalam penanganan muatan kimia cair, suhu dan tekanan sangat memengaruhi stabilitas muatan, sehingga selama proses transfer, pemantauan terhadap parameter suhu dan tekanan baik dari faktor internal maupun eksternal harus dilakukan secara cermat. Akibat penyusutan muatan *benzene* ini, beban kerja petugas operasional di PT. Redeco Petrolin Utama, Banten meningkat, dan berdampak pada kelancaran aktivitas pelayaran kapal MT. Erawan 1. Erawan 1 yang tertunda serta tindak lancarnya kegiatan agen operasional keagenan PT. Bintang Samudra Utama dalam menangani jasa keagenannya (Albar, 2022).

Menurut Nazh Putri Aldanty dalam penelitiannya yang berjudul ” Analisis Penyusutan Muatan *White Oil Product Avtur* saat Bongkar di MT. Sinar Jogya ”. Hasil dari penelitian ini menunjukkan Penyebab terjadi penyusutan *white oil product avtur* saat bongkar di MT. Sinar Jogya Penyebab utama terjadinya penyusutan muatan *white oil product* jenis *avtur* pada saat kegiatan bongkar di MT. Sinar Jogya antara lain disebabkan oleh kinerja peralatan bongkar muat yang tidak berfungsi secara optimal, ketidaksinkronan antara indikator di *Cargo Control Room* (CCR) dan di *deck*, serta adanya perbedaan suhu antara proses pemuatan dan pembongkaran yang berpotensi menyebabkan penyusutan volume muatan. Selain itu, ketidakakuratan dalam proses pengukuran dan perhitungan oleh pihak kapal turut memperbesar selisih muatan yang tercatat. Untuk meminimalkan penyusutan tersebut, kru kapal perlu melakukan perawatan dan pengecekan rutin secara menyeluruh terhadap seluruh peralatan bongkar muat dan alat pengukur muatan. *Chief Officer* sebagai penanggung jawab departemen dek memiliki peran penting dalam memastikan kesiapan peralatan serta melakukan kalibrasi berkala terhadap alat ukur. Selain itu, peningkatan kompetensi awak kapal dalam hal perhitungan dan pengukuran muatan juga diperlukan guna memastikan hasil pengukuran yang lebih akurat dan andal (Aldanty, 2018).

Menurut Satya Anantadzika dalam penelitiannya yang berjudul ” Peningkatan Pengawasan Bongkar Muat Premium dan Pertamina Untuk Meminimalisir Terjadinya Penyusutan Muatan Pada MT. Fastron ”. Hasil dari penelitian ini menunjukkan Penyusutan jumlah muatan selama kegiatan bongkar muat di kapal MT. Fastron disebabkan oleh ketidaktepatan dalam proses pengukuran serta perhitungan muatan, ditambah dengan pelaksanaan *stripping* yang tidak sesuai dengan standar operasional prosedur (SOP). Hal ini berdampak pada tidak optimalnya proses bongkar muat, karena lebih banyak mengandalkan pengalaman individu dari *Officer on Cargo Watch* dari pada prosedur baku. Untuk mengurangi potensi penyusutan muatan, perlu diterapkan pengawasan yang lebih ketat selama kegiatan bongkar muat, termasuk melakukan pengukuran (*ullaging*) secara berulang, meningkatkan ketelitian dalam perhitungan volume muatan, serta menyusun panduan *stripping* yang praktis, sistematis, dan komprehensif agar dapat diterapkan secara efektif dalam pelaksanaan *stripping* di kapal MT. Fastron (Anantadzika, 2020).

Menurut Gani Azis Hardikadalam penelitiannya yang berjudul ” Cargo Loss Bongkar Muatan di MT. Galunggung ”. Hasil dari penelitian ini menunjukkan salah satu penyebab utama terjadinya *cargo loss* saat proses pembongkaran muatan di kapal MT. Galunggung adalah kesalahan kru kapal dalam melakukan pengukuran dan perhitungan muatan. Ketidaktepatan ini menimbulkan selisih antara hasil perhitungan aktual dan estimasi, yang pada akhirnya memicu terjadinya kehilangan muatan. Faktor ini muncul akibat kurangnya ketelitian saat menjalankan prosedur pengukuran dan pencatatan data muatan. Penyebab kedua adalah penggunaan alat ukur yang tidak terkalibrasi dengan standar yang benar serta minimnya perawatan terhadap peralatan tersebut, sehingga menghasilkan data yang tidak akurat dan menimbulkan perbedaan angka muat yang memicu dugaan terjadinya *cargo loss* selama kegiatan bongkar berlangsung. Faktor ketiga yang turut berkontribusi adalah kondisi cuaca yang tidak mendukung saat pengukuran dilakukan. Cuaca buruk menyebabkan kapal mengalami goyangan yang signifikan, sehingga berdampak pada ketidakakuratan hasil pengukuran dan menciptakan selisih perhitungan muatan, yang berujung pada potensi terjadinya kehilangan muatan selama proses bongkar (Hardika, 2022) .