



Analisis Pelaksanaan Tank Cleaning Pergantian Muatan dari MTBE ke JET A-1 di Kapal MT. GT EQUALITY

Ahmad Sugiono^{1*}, Supangat², Djamaludin Malik³

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

*Penulis Korespondensi: ahmad.sugiono312@gmail.com

Abstract. *The changeover of cargo from methyl tert-butyl ether (MTBE) to aviation turbine fuel JET A-1 on product and chemical oil tankers requires stringent tank readiness, as JET A-1 is sensitive to hydrocarbon residues, water, salts, and foreign particles. This study aims to analyze the implementation of tank cleaning during the cargo changeover from MTBE to JET A-1 aboard MT. GT EQUALITY and to identify the factors determining the effectiveness of the process. The research employs a qualitative descriptive approach. Data were obtained through direct observation, interviews with crew members, field notes, and documentation during the period from 2 August 2024 to 2 July 2025, with the main focus on activities on 26 January 2025. Data analysis was conducted through data reduction, data presentation, and conclusion drawing and verification. The results show that tank cleaning refers to the Tank Cleaning Guide code C, which includes washing using seawater at normal temperature for 40 minutes, seawater at 50–55°C for 60 minutes, fresh water rinsing for 20 minutes, draining, gas freeing, mopping, drying, initial inspection, corrective actions, wall wash test, tank inspection, and issuance of the Dry Certificate. The initial inspection still found thin residue, internal pipe moisture, water pooling at the bellmouth, residual water on the tank bottom, and a faint MTBE odor. These discrepancies were addressed through local washing, re-drying, and extended gas freeing duration. The final results showed O₂ at 20.9%, H₂S at 0 ppm, a clear hydrocarbon test, chloride test below 2 ppm, and a permanganate test of 58 minutes. Thus, the effectiveness of tank cleaning is determined by procedural accuracy, equipment readiness, crew competence, physical tank condition, supervision, and the application of occupational safety.*

Keywords: tank cleaning, MTBE, JET A-1, cargo contamination, gas freeing.

Abstrak. Pergantian muatan dari methyl tert-butyl ether (MTBE) ke aviation turbine fuel JET A-1 pada kapal tanker produk minyak dan kimia memerlukan kesiapan tangki yang ketat karena JET A-1 sensitif terhadap residu hidrokarbon, air, garam, dan partikel asing. Penelitian ini bertujuan menganalisis pelaksanaan tank cleaning pada pergantian muatan MTBE ke JET A-1 di kapal MT. GT EQUALITY serta mengidentifikasi faktor-faktor yang menentukan efektivitas proses tersebut. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif. Data diperoleh melalui observasi langsung, wawancara dengan awak kapal, catatan lapangan, dan dokumentasi selama periode 2 Agustus 2024 sampai 2 Juli 2025, dengan fokus utama pada kegiatan tanggal 26 Januari 2025. Analisis data dilakukan melalui reduksi data, penyajian data, serta penarikan dan verifikasi kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembersihan tangki mengacu pada Tank Cleaning Guide kode C, yang meliputi pencucian menggunakan air laut suhu normal selama 40 menit, air laut bersuhu 50-55°C selama 60 menit, pembilasan air tawar selama 20 menit, draining, gas freeing, mopping, drying, pemeriksaan awal, tindakan korektif, wall wash test, tank inspection, dan penerbitan Dry Certificate. Pemeriksaan awal masih menemukan residu tipis, kelembapan pipa internal, genangan air pada bellmouth, sisa air pada tank bottom, dan bau MTBE lemah. Ketidaksesuaian tersebut diatasi melalui pencucian lokal, pengeringan ulang, dan penambahan durasi gas freeing. Hasil akhir menunjukkan O₂ 20,9%, H₂S 0 ppm, hydrocarbon test jernih, chloride test kurang dari 2 ppm, dan permanganate test 58 menit. Dengan demikian, efektivitas tank cleaning ditentukan oleh ketepatan prosedur, kesiapan peralatan, kompetensi awak kapal, kondisi fisik tangki, pengawasan, dan penerapan keselamatan kerja.

Kata Kunci: tank cleaning, MTBE, JET A-1, kontaminasi muatan, gas freeing.

1. LATAR BELAKANG

Kapal tanker merupakan sarana transportasi laut yang dirancang untuk mengangkut muatan cair dalam jumlah besar. Pada kapal tanker produk minyak dan kimia yang membawa lebih dari satu jenis muatan, kesiapan ruang muat menjadi aspek operasional yang menentukan keberhasilan bongkar muat. Pergantian jenis muatan tidak dapat dilakukan hanya dengan mengosongkan tangki, karena residu cairan, uap, air, garam, dan partikel yang tertinggal berpotensi bercampur dengan muatan berikutnya. Oleh sebab itu, tank cleaning menjadi tahapan penting untuk memastikan ruang muat berada dalam kondisi bersih, kering, aman, dan sesuai dengan persyaratan kualitas muatan yang akan diterima.

Tank cleaning pada dasarnya merupakan proses menghilangkan uap hidrokarbon, cairan, dan residu dari tangki untuk mencegah kontaminasi antarmuatan. Prosedur pembersihan dipengaruhi oleh karakteristik muatan sebelumnya, muatan berikutnya, jenis coating tangki, konfigurasi sistem perpipaan, ketersediaan peralatan, serta persyaratan charterer, terminal, dan surveyor. International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals menempatkan pengendalian atmosfer tangki, ventilasi, penggunaan alat pelindung diri, dan prosedur masuk ruang tertutup sebagai unsur penting karena kegiatan pembersihan tangki melibatkan bahaya kebakaran, paparan uap beracun, kekurangan oksigen, dan risiko kerja di ruang terbatas.

Muatan MTBE dan JET A-1 memiliki karakteristik yang menuntut perhatian khusus. MTBE digunakan sebagai komponen pencampur bahan bakar dan mempunyai sifat mudah menguap serta berbau khas. Sebaliknya, JET A-1 merupakan bahan bakar turbin penerbangan yang memiliki persyaratan mutu tinggi. Kehadiran residu MTBE, kandungan hidrokarbon yang tidak sesuai, klorida, air, atau bahan asing dapat memengaruhi mutu JET A-1 dan menyebabkan tangki ditolak pada tahap pemeriksaan. Konsekuensinya tidak hanya berupa pengulangan pembersihan, tetapi juga keterlambatan pemuatan, bertambahnya biaya operasi, terganggunya jadwal kapal, serta meningkatnya risiko keselamatan.

Keberhasilan tank cleaning tidak semata-mata ditentukan oleh lamanya penyemprotan air. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa proses tersebut dipengaruhi oleh faktor manusia, peralatan, prosedur, material, perawatan, dan pengawasan. Kerusakan atau penurunan tekanan butterworth dapat mengurangi daya jangkauan semprotan. Kurangnya pemahaman awak kapal dapat menyebabkan tahapan kerja tidak dilaksanakan secara konsisten. Kondisi konstruksi tangki, seperti sudut sempit, pipa internal, bellmouth, dan area dasar tangki, juga dapat menjadi tempat tertinggalnya air atau residu. Karena itu, pemeriksaan awal dan tindakan korektif sebelum inspeksi resmi merupakan bagian integral dari sistem pengendalian mutu ruang muat.

Kapal MT. GT EQUALITY merupakan kapal tanker produk minyak dan kimia yang mengangkut beberapa jenis muatan, antara lain mogas, gas oil, benzene, MTBE, JET A-1, dan used cooking oil. Pada 26 Januari 2025, kapal melaksanakan tank cleaning setelah pembongkaran MTBE dan sebelum pemuatan JET A-1. Pergantian ini dipilih sebagai fokus penelitian karena membutuhkan tingkat kebersihan dan kekeringan tangki yang tinggi. Pelaksanaan di lapangan mengacu pada Tank Cleaning Guide kode C dan tidak menggunakan chemical, sabun, atau deterjen karena tidak terdapat permintaan khusus dari charterer.

Masalah penelitian diarahkan pada dua pertanyaan utama, yaitu bagaimana proses tank cleaning dari MTBE ke JET A-1 dilaksanakan di kapal MT. GT EQUALITY dan faktor apa saja yang memengaruhi efektivitasnya. Penelitian ini bertujuan menjelaskan tahapan pembersihan secara sistematis, mengevaluasi kondisi tangki sebelum dan setelah tindakan korektif, serta menganalisis hubungan antara prosedur, kesiapan peralatan, kompetensi awak kapal, kondisi fisik tangki, dan keselamatan kerja. Hasil penelitian diharapkan menjadi rujukan praktis bagi awak kapal dan perwira dalam menyiapkan tangki, mencegah kontaminasi, serta mendokumentasikan proses pembersihan secara akuntabel.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif untuk menggambarkan secara rinci pelaksanaan tank cleaning dalam kondisi operasional yang sebenarnya. Pendekatan tersebut dipilih karena objek penelitian berupa rangkaian aktivitas kerja, keputusan operasional, interaksi antarpersonel, kondisi fisik tangki, dan penerapan

prosedur keselamatan yang lebih tepat dipahami melalui data naratif, observasi, dan dokumentasi daripada melalui pengujian statistik. Penelitian tidak memberikan perlakuan eksperimental, tetapi merekonstruksi proses berdasarkan fakta yang ditemukan di lapangan.

Penelitian dilaksanakan di kapal MT. GT EQUALITY yang dikelola AllSea Management Joint Stock Company, Ho Chi Minh City, Vietnam. Lokasi pengamatan mencakup dek kapal, cargo control room, sistem perpipaan dan pompa muatan, serta bagian dalam cargo tank setelah dinyatakan bebas gas. Periode penelitian berlangsung sejak peneliti sign on pada 2 Agustus 2024 sampai 2 Juli 2025. Kegiatan yang menjadi fokus utama adalah tank cleaning pada 26 Januari 2025 setelah pembongkaran MTBE dan sebelum kapal menerima JET A-1.

Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap persiapan, pengoperasian portable butterworth, pengawasan tekanan pompa dan temperatur air, pembilasan, draining, gas freeing, pemeriksaan atmosfer, mopping, drying, pemeriksaan awal, dan tank inspection. Wawancara dilakukan kepada awak kapal yang terlibat dalam operasi untuk memperoleh penjelasan mengenai pembagian tugas, kendala, keputusan tindakan korektif, dan penerapan prosedur keselamatan. Catatan lapangan digunakan untuk merekam urutan kegiatan, waktu, temuan visual, serta respons awak kapal terhadap ketidaksesuaian. Data dokumenter meliputi Tank Cleaning Guide, foto kondisi tangki, hasil pemeriksaan, dan Dry Certificate.

Keabsahan data dijaga melalui triangulasi teknik dan sumber. Temuan observasi dibandingkan dengan hasil wawancara, catatan lapangan, pedoman pembersihan, serta dokumen pemeriksaan. Informasi yang berbeda tidak langsung disimpulkan, tetapi diverifikasi kembali berdasarkan urutan kejadian dan bukti yang tersedia. Analisis data mengikuti tiga tahapan, yaitu reduksi data untuk memilih informasi yang relevan dengan proses dan faktor efektivitas; penyajian data dalam uraian komparatif antara standar, temuan awal, tindakan korektif, dan hasil akhir; serta penarikan dan verifikasi kesimpulan berdasarkan konsistensi bukti.

Kriteria keberhasilan tank cleaning ditentukan melalui kondisi visual dan hasil pemeriksaan. Tangki harus bebas residu, kering, tidak terdapat genangan pada bellmouth

dan tank bottom, pipa internal tidak lembap, coating dalam kondisi baik, serta tidak tercium bau muatan sebelumnya. Atmosfer tangki harus aman untuk pemeriksaan, dengan kadar oksigen berada pada kisaran aman dan tidak terdeteksi H₂S. Verifikasi kebersihan dilakukan melalui hydrocarbon test, chloride test, dan permanganate test, kemudian diperkuat oleh tank inspection serta penerbitan Dry Certificate.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan Tank Cleaning Pergantian Muatan MTBE ke JET A-1

Pelaksanaan tank cleaning dimulai setelah pembongkaran MTBE selesai dan sistem muatan dikondisikan untuk pekerjaan pembersihan. Chief Officer terlebih dahulu mengidentifikasi muatan sebelumnya dan muatan berikutnya melalui Tank Cleaning Guide. JET A-1 diklasifikasikan sebagai aviation turbine fuel, sedangkan kombinasi pergantian dari MTBE menuju JET A-1 mengarah pada prosedur kode C. Penetapan kode ini penting karena menjadi dasar pemilihan media pencuci, temperatur, durasi, dan tahapan lanjutan. Proses yang dilakukan tidak menggunakan chemical, sabun, ataupun deterjen karena Tank Cleaning Guide dan instruksi charterer tidak mensyaratkannya.

Tahap pertama berupa pencucian menggunakan air laut suhu normal selama 40 menit melalui portable butterworth. Sebelum penyemprotan, awak kapal memeriksa kondisi selang, sambungan, tekanan pompa, powerpack, dan posisi alat agar semprotan dapat menjangkau dinding, struktur internal, pipa, serta dasar tangki. Pencucian awal berfungsi meluruhkan sisa cairan dan residu yang masih menempel setelah stripping. Pengawasan tekanan dilakukan dari dek dan cargo control room untuk mencegah penurunan kinerja alat atau kebocoran sistem.

Tahap kedua menggunakan air laut panas pada suhu 50-55°C selama 60 menit. Temperatur yang lebih tinggi meningkatkan kemampuan media pencuci dalam melepaskan lapisan residu yang tertinggal pada permukaan tangki. Namun, efektivitasnya tetap bergantung pada distribusi semprotan dan kestabilan tekanan. Selama tahap ini, awak kapal memantau temperatur, tekanan, suara putaran butterworth, serta aliran keluar untuk memastikan tidak terjadi penyumbatan. Setelah pencucian air laut panas selesai, tangki dibilas menggunakan air tawar selama 20 menit untuk menghilangkan garam yang dapat memengaruhi chloride test dan mutu muatan JET A-1.

Air hasil pembilasan kemudian dikeluarkan melalui proses draining dan stripping. Perhatian diberikan pada area bellmouth dan tank bottom karena kedua bagian tersebut menjadi titik berkumpulnya sisa air. Setelah cairan dikeluarkan semaksimal mungkin, dilaksanakan gas freeing menggunakan sistem ventilasi kapal. Proses ini bertujuan menurunkan konsentrasi uap MTBE dan menciptakan atmosfer aman. Pengukuran menunjukkan kadar O₂ sebesar 20,9% dan H₂S 0 ppm. Hanya setelah atmosfer dinyatakan aman, awak kapal diperbolehkan melakukan pemeriksaan visual, mopping, dan drying dengan alat pelindung diri serta pengawasan sesuai prosedur enclosed space entry.

Urutan tersebut menunjukkan bahwa tank cleaning merupakan sistem berlapis. Pencucian mengurangi residu, pembilasan air tawar mengendalikan klorida, draining mengurangi genangan, gas freeing mengendalikan bahaya atmosfer, dan mopping-drying menyelesaikan ketidaksempurnaan yang tidak dapat diatasi mesin. Temuan ini mendukung pandangan bahwa keberhasilan pembersihan tangki tidak dapat dinilai hanya dari berakhirnya proses penyemprotan, tetapi harus diverifikasi melalui kondisi fisik dan hasil pengujian.

Pemeriksaan Awal, Tindakan Korektif, dan Hasil Akhir

Setelah seluruh tahapan utama selesai, Chief Officer bersama awak kapal melakukan pre-inspection sebelum pemeriksaan resmi oleh surveyor dan loading master. Pemeriksaan mencakup bulkhead, pipa internal, bellmouth, tank bottom, coating, indikasi karat, bau muatan sebelumnya, dan atmosfer tangki. Sebagian besar area telah bersih, tetapi masih ditemukan bercak residu tipis pada beberapa sudut, kelembapan pada pipa internal, genangan air sekitar 2-3 liter di bellmouth, sisa air pembilasan pada bagian tertentu dari tank bottom, dan bau MTBE lemah di area tertutup. Kondisi coating baik dan tidak ditemukan loose rust.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa penyelesaian prosedur sesuai durasi belum otomatis menjamin seluruh bagian tangki memenuhi standar penerimaan. Sudut sempit dan struktur internal menimbulkan area bayangan semprotan, sedangkan gravitasi menyebabkan air terkumpul pada titik rendah. Bau MTBE yang masih terdeteksi secara organoleptik juga menandakan ventilasi belum merata. Apabila ketidaksesuaian ini tidak

ditemukan pada pre-inspection, tangki berpotensi gagal pada inspeksi resmi dan kapal harus mengulang pekerjaan dalam tekanan waktu yang lebih tinggi.

Tindakan korektif dilakukan secara spesifik sesuai jenis temuan. Bercak residu dibersihkan melalui pencucian lokal dan pengelapan. Kelembapan pada pipa internal dikeringkan dengan cotton rag serta peningkatan sirkulasi udara. Genangan pada bellmouth dan sisa air di tank bottom dihisap dan dimopping sampai permukaan benar-benar kering. Durasi gas freeing ditambah untuk menghilangkan bau MTBE pada area tertutup. Setelah tindakan tersebut, dilakukan pemeriksaan ulang untuk memastikan seluruh ketidaksesuaian telah ditutup sebelum surveyor memasuki tangki.

Hasil akhir menunjukkan bahwa dinding, pipa internal, bellmouth, dan tank bottom berada dalam kondisi bersih dan kering. Tidak terdeteksi bau MTBE, tidak terdapat loose rust, dan coating tetap baik. Parameter atmosfer menunjukkan O₂ 20,9% dan H₂S 0 ppm. Hydrocarbon test memberikan hasil clear, chloride test berada di bawah 2 ppm, dan permanganate test mencapai 58 menit. Nilai permanganate test yang melampaui 50 menit menunjukkan sampel memenuhi kriteria yang digunakan dalam pemeriksaan. Berdasarkan keseluruhan hasil tersebut, tangki dinyatakan layak menerima JET A-1 dan Dry Certificate dapat diterbitkan.

Secara analitis, perbedaan antara pemeriksaan awal dan hasil akhir memperlihatkan fungsi penting pengendalian internal. Pre-inspection bukan pengulangan yang tidak perlu, melainkan mekanisme pencegahan kegagalan. Tindakan korektif yang dilakukan sebelum inspeksi resmi mengurangi risiko penolakan, keterlambatan, dan kontaminasi. Proses ini juga membuktikan bahwa kualitas ruang muat terbentuk melalui siklus pembersihan, pemeriksaan, perbaikan, dan verifikasi, bukan melalui satu aktivitas tunggal.

Faktor-Faktor yang Memengaruhi Efektivitas Tank Cleaning

Faktor pertama adalah ketepatan prosedur. Pemilihan Tank Cleaning Guide kode C memastikan media, temperatur, dan durasi pembersihan sesuai dengan kombinasi muatan. Ketidaktepatan membaca matriks pergantian muatan dapat menghasilkan prosedur yang terlalu ringan sehingga residu tertinggal atau terlalu berat sehingga waktu, energi, dan air terbuang. Dalam penelitian ini, prosedur dasar telah diterapkan dengan benar, tetapi temuan residu dan bau pada pemeriksaan awal menunjukkan perlunya

fleksibilitas operasional berupa pencucian lokal dan penambahan durasi gas freeing berdasarkan kondisi aktual tangki.

Faktor kedua adalah kesiapan peralatan. Portable butterworth, pompa, powerpack, selang, sambungan, alat ukur gas, wilden pump, air hose, perlengkapan mopping, dan alat pelindung diri harus berada dalam kondisi layak. Tekanan dan pola putaran butterworth menentukan jangkauan penyemprotan, sedangkan keandalan pompa dan selang menentukan kesinambungan aliran. Peralatan pengeringan yang disiapkan sebelum masuk tangki mempercepat penyelesaian genangan. Dengan demikian, planned maintenance dan pemeriksaan sebelum operasi merupakan syarat efektivitas, bukan sekadar kegiatan administratif.

Faktor ketiga adalah kondisi fisik dan konstruksi tangki. Pipa internal, bracket, sudut tangki, bellmouth, dan tank bottom menciptakan area yang sulit dijangkau oleh semprotan. Coating yang rusak juga dapat menahan residu dan memperbesar risiko kontaminasi. Pada MT. GT EQUALITY, coating berada dalam kondisi baik dan tidak terdapat loose rust, tetapi kelembapan pipa serta genangan pada bellmouth menunjukkan bahwa bentuk konstruksi tetap memerlukan pemeriksaan manual. Karena itu, strategi pembersihan harus memperhitungkan titik-titik kritis, bukan hanya volume tangki secara umum.

Faktor keempat adalah kompetensi, disiplin, dan koordinasi awak kapal. Awak kapal harus memahami karakteristik MTBE dan JET A-1, urutan valve, pengoperasian pompa, temperatur pencucian, teknik gas freeing, pengukuran atmosfer, serta prosedur masuk ruang tertutup. Kompetensi tampak dari kemampuan mengidentifikasi ketidaksesuaian sebelum inspeksi resmi dan memilih tindakan korektif yang tepat. Safety meeting, pembagian tugas, komunikasi antara dek dan cargo control room, serta pengawasan Chief Officer membantu mencegah kesalahan operasional dan memastikan setiap tahapan terdokumentasi.

Faktor kelima adalah keselamatan kerja dan penerapan HSSE. Pembersihan tangki tidak boleh dinilai efektif apabila hasilnya bersih tetapi dicapai dengan mengabaikan keselamatan. MTBE menghasilkan uap yang mudah terbakar dan berbahaya bila terhirup. Gas freeing, pengukuran O₂ dan gas beracun, ventilasi berkelanjutan, penggunaan

personal protective equipment, izin masuk tangki, standby person, dan komunikasi darurat merupakan pengendalian utama. Hasil O₂ 20,9% dan H₂S 0 ppm mengindikasikan atmosfer memenuhi parameter keselamatan yang digunakan sebelum pemeriksaan dan pekerjaan manual.

Faktor keenam adalah pengawasan mutu dan dokumentasi. Tank Cleaning Log Book diperlukan untuk merekam waktu, media pencuci, temperatur, durasi, tangki yang dikerjakan, hasil pengukuran gas, temuan, tindakan korektif, dan hasil inspeksi. Pencatatan memberikan bukti bahwa prosedur telah dilaksanakan, memudahkan evaluasi apabila terjadi klaim kontaminasi, dan menjadi sumber pembelajaran untuk operasi berikutnya. Dry Certificate berfungsi sebagai verifikasi eksternal bahwa kondisi tangki telah memenuhi persyaratan sebelum pemuatan.

Secara keseluruhan, efektivitas tank cleaning di MT. GT EQUALITY terbentuk dari keterpaduan faktor teknis dan manusia. Prosedur yang tepat tanpa peralatan yang siap tidak menghasilkan semprotan efektif. Peralatan yang baik tanpa kompetensi awak dapat dioperasikan secara keliru. Tangki yang telah dicuci tanpa pemeriksaan dan tindakan korektif masih dapat menyimpan air atau residu. Keselamatan yang lemah dapat menghentikan operasi dan menimbulkan kecelakaan. Oleh karena itu, model efektivitas yang lebih tepat bukan hubungan sebab tunggal, melainkan sistem pengendalian berlapis yang menghubungkan perencanaan, pelaksanaan, inspeksi, koreksi, verifikasi, dan dokumentasi.

4. KESIMPULAN

Pelaksanaan tank cleaning pergantian muatan dari MTBE ke JET A-1 di kapal MT. GT EQUALITY telah mengikuti Tank Cleaning Guide kode C. Tahapannya meliputi pencucian air laut suhu normal selama 40 menit, pencucian air laut panas 50-55°C selama 60 menit, pembilasan air tawar selama 20 menit, draining, gas freeing, mopping, drying, pemeriksaan awal, tindakan korektif, wall wash test, tank inspection, dan penerbitan Dry Certificate. Pemeriksaan awal masih menemukan residu tipis, kelembapan pipa, genangan air, sisa air pembilasan, dan bau MTBE lemah, tetapi seluruh temuan berhasil diatasi sebelum inspeksi resmi. Hasil akhir menunjukkan tangki bersih, kering, aman, dan layak menerima JET A-1, dengan O₂ 20,9%, H₂S 0 ppm, hydrocarbon test clear, chloride test kurang dari 2 ppm, dan permanganate test 58 menit. Efektivitas proses dipengaruhi

oleh ketepatan prosedur, kesiapan peralatan, kondisi fisik tangki, kompetensi dan koordinasi awak kapal, penerapan HSSE, serta pengawasan dan dokumentasi. Karena itu, awak kapal perlu mempertahankan pre-inspection, mematuhi gas freeing dan enclosed space entry, serta mencatat setiap proses secara lengkap dalam Tank Cleaning Log Book untuk mencegah kontaminasi dan mendukung evaluasi operasional.

DAFTAR REFERENSI

- Afifuddin, & Saebani, B. A. (2012). Metodologi Penelitian Kualitatif. Pustaka Setia.
- Antika, E., Rochanda, Lesmana, E. J., & Marcelina, S. (2019). Upaya mencegah terjadinya kontaminasi terhadap penanganan muatan. Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim, 1(2), 13-19. <https://doi.org/10.51578/j.sitektransmar.v1i2.4>
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1990). Riset Kualitatif untuk Pendidikan: Pengantar ke Teori dan Metode. Pusat Antar Universitas.
- ChemServe GmbH. (2022). Dr. Verwey's Tank Cleaning Guide (11th ed.). Witherby Seamanship International.
- Dartnell, P. L., & Campbell, K. (1978). Other aspects of MTBE/methanol use. Oil and Gas Journal, 205-212.
- Fadillah, T. R. N. (2022). Analisis Pelaksanaan Tank Cleaning Muatan Bahan Dasar Oli (Lube Base Oil) Guna Mencegah Terjadinya Kontaminasi Cargo di MT. Kakap. Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.
- Hamid, S. H., & Ali, M. A. (1995). Effect of MTBE blending on the properties of gasoline. Fuel Science and Technology International, 13(5), 509-544. <https://doi.org/10.1080/08843759508947692>
- International Chamber of Shipping, Oil Companies International Marine Forum, & International Association of Ports and Harbors. (2006). International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (5th ed.). Witherby Seamanship International.
- International Chamber of Shipping, Oil Companies International Marine Forum, & International Association of Ports and Harbors. (2020). International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (6th ed.). Witherby Publishing Group.
- Julianto, E., Purwanto, & Wahyudi, N. R. (2023). Analisis prosedur perawatan tangki muatan sebagai penunjang kelancaran loading unloading pada kapal MT. Sulfur Brave. Jurnal Universal Technic, 2(1), 33-41. <https://doi.org/10.58192/unitech.v2i1.500>
- Martes, L. (2018). Tank Cleaning and Cargo Handling Procedures for Chemical Tankers. Maritime operational guidance.
- Moleong, L. J. (2017). Metodologi Penelitian Kualitatif. Remaja Rosdakarya.
- Speight, J. G. (2018). Handbook of Petroleum Product Analysis (2nd ed.). Wiley.

- Sugiyono. (2013). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Alfabeta.
- Wantoro, A., & Bagaskoro, D. (2021). Tank cleaning process dalam menunjang kelancaran pemuatan JET A-1 di kapal MT. Andhika Vidyanata. Jurnal Pelayaran dan Kepelabuhanan.
- Widodo, H., et al. (2013). Pelaksanaan pembersihan tangki muatan pada kapal tanker. Kajian operasional pelayaran.
- Wu, B., et al. (2023). Operational risk and efficiency in tanker cargo tank cleaning. Maritime Policy and Management.