ATRIA: Jurnal Inovasi, Keilmuan dan Manajemen
Vol. 1., No. 2, Oktober 2026, pp. 55-61

p-ISSN: 3164-5852, e-ISSN:3164-533X
https://atria.indiepress.id/index.php/ATRIA

Efisiensi Cold Sea Water Tank Cleaning pada Transisi Gas Condensate ke Jet A-1

Muhammad Fifan Maulana Ihsan[a,1,*], Erwin Sutantyo[b,2], Marselia[c,3]

[a,b,c] Politeknik Maritim Negeri Indonesia, Jl. PTP Ngobo, Desa Wringinputih, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah, Kode Pos 50552, Indonesia
[1] mhisyam2nd@gmail.com; [2] erwin@polimarin.ac.id; [3] marselia@polimarin.ac.id
* Muhammad Fifan Maulana Ihsan

Diterima 05 Oktober 2026; Direvisi 8 Oktober 2026; Diterima 13 Oktober 2026

ABSTRAK

Transisi muatan dari Gas Condensate ke Jet A-1 menuntut kondisi tangki yang bersih agar mutu bahan bakar aviasi tidak terganggu oleh residu hidrokarbon maupun air. Penelitian ini menganalisis efisiensi pembersihan tangki menggunakan cold sea water di MT. Nordmarlin serta kesesuaiannya dengan persyaratan penerimaan muatan. Pendekatan yang digunakan adalah deskriptif kualitatif melalui observasi selama praktik laut, wawancara dengan Chief Officer dan Bosun, serta telaah dokumen operasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakter residu Gas Condensate yang ringan memungkinkan pencucian menggunakan air laut dingin bertekanan tinggi tanpa proses pemanasan. Metode tersebut mempercepat persiapan sekitar 2–3 jam dibandingkan pencucian dengan air panas dan mengurangi kebutuhan energi untuk tank cleaning heater. Kelayakan tangki dibuktikan melalui kondisi clean, bright, and dry, zero water test 0 ppm, gas-free 0,3% LFL, serta tidak ditemukannya residu dan bau hidrokarbon saat inspeksi. Meski efektif, sudut tangki, sambungan konstruksi, dan shadow area tetap memerlukan pembersihan manual. Pemilihan metode berdasarkan karakter muatan terbukti penting untuk menggabungkan efisiensi operasi, mutu muatan, dan keselamatan.

KATA KUNCI
Tank Cleaning;
Cold Sea Water;
Gas Condensate;
Jet A-1;
Efisiensi

ABSTRACT

Cargo transition from Gas Condensate to Jet A-1 requires a clean cargo tank to prevent hydrocarbon residues and water from affecting aviation-fuel quality. This study evaluates the efficiency of cold-sea-water tank cleaning on MT. Nordmarlin and its conformity with cargo acceptance requirements. A qualitative descriptive approach was applied through onboard observation, interviews with the Chief Officer and Bosun, and review of operational documents. The findings show that the light residue characteristics of Gas Condensate allow high-pressure cold-sea-water washing without water heating. The method shortened preparation by approximately 2–3 hours compared with hot-water washing and reduced energy demand for the tank-cleaning heater. Tank readiness was confirmed by clean, bright, and dry conditions, a zero-water-test result of 0 ppm, a gas-free reading of 0.3% LFL, and the absence of hydrocarbon residue and odor during inspection. However, tank corners, structural joints, and shadow areas still required manual cleaning. Cargo-characteristic-based method selection therefore supports operational efficiency without compromising cleanliness and safety.

KEYWORD
Tank Cleaning;
Cold Sea Water;
Gas Condensate;
Jet A-1;
Efisiensi

This is an open-access article under the CC–BY-SA license

1. Pendahuluan

Pembersihan tangki kargo merupakan bagian penentu dalam pergantian muatan kapal tanker. Kegiatan ini tidak hanya bertujuan menghilangkan sisa muatan sebelumnya, tetapi juga menyiapkan ruang muat agar memenuhi persyaratan mutu, keselamatan, dan kesiapan operasional untuk muatan berikutnya. Pada kapal yang mengangkut produk minyak dengan spesifikasi berbeda, kegagalan mengendalikan residu, air, maupun uap hidrokarbon dapat memicu penolakan tangki, pengulangan proses pembersihan, bertambahnya waktu tunggu, serta meningkatnya biaya operasi [1], [2]. Karena itu, efisiensi tank cleaning perlu dipahami sebagai kemampuan memperoleh tingkat kebersihan yang dipersyaratkan dengan pemakaian waktu, energi, air, peralatan, dan tenaga secara proporsional, bukan sekadar mempersingkat durasi pekerjaan.

Kebutuhan tersebut menjadi lebih ketat ketika muatan berikutnya adalah Jet A-1. Bahan bakar aviasi berbasis kerosin membutuhkan pengendalian kontaminasi yang tinggi karena keberadaan air, partikel,

p-ISSN: 3164-5852, e-ISSN:3164-533X
https://atria.indiepress.id/index.php/ATRIA

atau residu hidrokarbon lain dapat memengaruhi mutu produk [3]. Penelitian tentang kontaminasi bahan bakar jet menegaskan bahwa pengendalian sumber kontaminan merupakan bagian penting dalam menjaga kualitas bahan bakar selama rantai penanganan [1]. Di sisi lain, Gas Condensate merupakan hidrokarbon ringan dan volatil yang secara umum meninggalkan residu lebih tipis dibandingkan muatan minyak berat. Perbedaan karakteristik tersebut membuka kemungkinan penggunaan metode pencucian yang lebih sederhana selama hasil akhirnya tetap dapat dibuktikan melalui inspeksi dan pengujian yang relevan.

Praktik pembersihan tangki berkembang melalui berbagai metode, mulai dari pencucian air panas, air laut dingin, penggunaan bahan kimia, hingga pengoperasian mesin pencuci otomatis. Wu dkk. menunjukkan bahwa pemilihan metode yang aman dan efisien harus mempertimbangkan sifat muatan, konstruksi tangki, parameter pencucian, serta standar akhir yang ingin dicapai [4]. Studi mengenai semburan air juga memperlihatkan bahwa kemampuan pembersihan tidak hanya bergantung pada suhu, tetapi dipengaruhi oleh energi mekanis jet, pola cakupan, jarak, dan tekanan yang bekerja pada permukaan [5]. Dengan demikian, penggunaan air panas tidak selalu menjadi pilihan paling efisien apabila residu dapat dilepas secara efektif melalui pembilasan mekanis bertekanan tinggi.

Sejumlah penelitian terdahulu telah membahas hubungan tank cleaning dengan kesiapan pemuatan Jet A-1. Wantoro dan Bagaskoro menekankan pentingnya proses pembersihan untuk menunjang kelancaran pemuatan bahan bakar aviasi [6], sedangkan Nuswantoro menunjukkan bahwa kegagalan mencapai zero water test dapat berkaitan dengan kesiapan peralatan dan pelaksanaan prosedur pembersihan [7]. Kajian lain menyoroti aspek keselamatan selama proses pembersihan, termasuk paparan gas, ventilasi, dan pengendalian risiko [8]. Rangkaian penelitian tersebut memperlihatkan bahwa kualitas hasil pembersihan, waktu pengerjaan, dan keselamatan saling berhubungan, tetapi kajian yang secara khusus menilai cold sea water pada transisi Gas Condensate menuju Jet A-1 dalam kondisi operasi nyata masih terbatas.

Kasus di MT. Nordmarlin memberikan konteks yang relevan untuk mengisi ruang tersebut. Setelah melakukan pembongkaran Gas Condensate di Daesan, Korea Selatan, kapal mempersiapkan tangki untuk menerima Jet A-1 pada pelayaran berikutnya. Pada 9 April 2025, ketika kapal berada di wilayah Yellow Sea, pembersihan tangki dilaksanakan menggunakan cold sea water melalui fixed tank washing machine atau Butterworth bertekanan tinggi. Keputusan ini didasarkan pada karakter residu yang relatif ringan sehingga pemanasan air dinilai tidak memberikan keuntungan sebanding dengan tambahan waktu dan energi yang diperlukan.

Permasalahan penelitian diarahkan pada dua hal. Pertama, sejauh mana penggunaan cold sea water mampu memberikan efisiensi waktu dan energi pada proses tank cleaning. Kedua, apakah hasil pembersihan tersebut memenuhi indikator mutu dan keselamatan sebelum pemuatan Jet A-1. Artikel ini bertujuan menganalisis efisiensi metode tersebut sekaligus menjelaskan keterkaitan antara karakter muatan, tahapan pencucian, hasil verifikasi tangki, dan kebutuhan pembersihan lanjutan. Fokus ini penting agar keputusan pemilihan metode pembersihan tidak didasarkan pada kebiasaan semata, melainkan pada kesesuaian antara karakter residu dan standar akhir yang harus dicapai.

2. Tinjauan Pustaka

Tank cleaning adalah proses menghilangkan residu muatan, air, sedimen, maupun kontaminan lain dari permukaan dan sistem tangki sebelum tangki digunakan untuk muatan berikutnya. Pada kapal tanker, keberhasilan proses tersebut sangat dipengaruhi oleh hubungan antara sifat residu dan mekanisme pelepasannya. Residu yang kental, melekat kuat, atau memiliki titik leleh tinggi dapat membutuhkan suhu, bahan kimia, atau waktu kontak yang lebih besar.

Sebaliknya, residu hidrokarbon ringan dapat lebih mudah dipindahkan melalui pembilasan bertekanan apabila tidak membentuk lapisan berat pada dinding tangki. Karena itu, pendekatan satu metode untuk semua jenis muatan berpotensi menghasilkan penggunaan energi yang tidak perlu atau hasil pembersihan yang tidak memadai [9]. Cold sea water washing memanfaatkan air laut pada suhu aktual tanpa proses pemanasan sebagai media utama pencucian. Efektivitasnya pada penelitian ini bergantung pada energi mekanis yang dihasilkan mesin pencuci tangki. Studi Guha, Barron, dan Balachandar menunjukkan bahwa water jet mampu menghasilkan gaya geser dan impak yang membantu melepaskan lapisan kotoran dari permukaan. Prinsip yang sama mendukung penggunaan Butterworth: semburan bertekanan diarahkan secara berulang pada area tangki sehingga residu terlepas dan terbawa bersama air pencuci.

p-ISSN: 3164-5852, e-ISSN:3164-533X
https://atria.indiepress.id/index.php/ATRIA

Penggunaan pola pencucian yang menjangkau bagian atas, tengah, bawah, dan sudut tangki menjadi penting agar area yang tidak terkena langsung semburan tidak menjadi titik sisa kontaminasi. Efisiensi proses perlu dilihat dari lebih dari satu indikator. Li dkk. mengemukakan bahwa prosedur pembersihan pada sistem tertutup dipengaruhi oleh kombinasi waktu, energi, mekanisme pembersihan, dan kualitas hasil [10]. Pada konteks kapal tanker, indikator tersebut dapat diterjemahkan menjadi durasi persiapan, kebutuhan mengoperasikan heater atau auxiliary machinery, jumlah pengulangan pencucian, keterlibatan tenaga manual, serta penerimaan tangki oleh pemeriksa. Metode yang cepat tetapi menghasilkan tangki gagal inspeksi tidak dapat disebut efisien karena harus diulang. Sebaliknya, metode yang memenuhi standar dengan penggunaan sumber daya lebih rendah dapat dinilai lebih sesuai secara operasional. Standar akhir pada transisi menuju Jet A-1 berhubungan erat dengan kondisi tangki yang clean, bright, and dry. Clean berarti tidak terdapat residu atau kotoran yang dapat dilihat, bright menunjukkan permukaan tangki telah bersih dan siap diperiksa, sedangkan dry menekankan tidak adanya genangan atau sisa air. Zero water test digunakan untuk memastikan tidak ada indikasi air yang dapat mengganggu kualitas muatan. Selain itu, pemeriksaan gas dibutuhkan untuk menilai konsentrasi uap hidrokarbon serta menentukan keamanan tahapan inspeksi. ISGOTT menempatkan perencanaan, ventilasi, pengukuran atmosfer, pengendalian sumber bahaya, dan koordinasi awak sebagai elemen penting dalam operasi tanker [11], [12]. Aspek keselamatan tidak boleh dipisahkan dari efisiensi. Proses tank cleaning dapat melibatkan atmosfer mudah terbakar, ruang terbatas, permukaan licin, dan peralatan bertekanan. Senol dan Yasli menunjukkan bahwa paparan gas berbahaya, suhu, dan kegagalan ventilasi merupakan faktor risiko yang perlu dikendalikan dalam pembersihan tangki kimia [13]. Oleh sebab itu, keputusan mengurangi tahap pemanasan hanya bernilai positif apabila tidak mengurangi pengendalian bahaya dan tetap mengikuti prosedur gas freeing, permit, serta pembatasan akses tangki.

Berdasarkan kajian tersebut, kerangka analisis artikel ini menempatkan karakter Gas Condensate sebagai dasar pemilihan media pencuci, high-pressure Butterworth sebagai mekanisme pelepasan residu, dan serangkaian verifikasi sebagai bukti keberhasilan. Efisiensi ditentukan ketika metode cold sea water mampu mengurangi waktu serta kebutuhan energi tanpa menurunkan hasil inspeksi, zero water test, dan kondisi gas-free. Kebutuhan pembersihan manual pada area tertentu diperlakukan sebagai batas teknis metode, bukan sebagai kegagalan keseluruhan, selama area tersebut dapat ditangani sebelum tangki dinyatakan siap.

3. Metodologi Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan studi pada pelaksanaan tank cleaning di MT. Nordmarlin. Pendekatan ini dipilih karena tujuan penelitian bukan menguji hubungan statistik antarvariabel, melainkan memahami alasan pemilihan metode, urutan pekerjaan, kendala lapangan, dan bukti yang digunakan untuk menyatakan tangki siap menerima Jet A-1. Pengamatan utama dilakukan pada 9 April 2025 ketika kapal berada di Yellow Sea setelah menyelesaikan pembongkaran Gas Condensate di Daesan, Korea Selatan, dan sedang melakukan persiapan menuju pemuatan Jet A-1 pada rangkaian voyage berikutnya.

Data primer diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara dengan personel yang terlibat dalam operasi, terutama Chief Officer dan Bosun. Observasi memusatkan perhatian pada tahapan stripping, ventilasi, pengoperasian fixed tank washing machine, pengaliran cold sea water, pengeringan, pembersihan manual, dan pemeriksaan akhir. Wawancara digunakan untuk menjelaskan pertimbangan teknis pemilihan air laut dingin, perbandingan dengan metode yang membutuhkan pemanasan, pola pencucian, kendala pada area yang tidak terjangkau langsung oleh semburan, serta kriteria penerimaan tangki.

Data sekunder bersumber dari dokumen operasional kapal, antara lain tank cleaning plan, jadwal pembersihan, informasi muatan, hasil pemeriksaan tangki, zero water test, data gas-free, dan dokumen kesiapan muatan. Data tersebut digunakan untuk memeriksa konsistensi antara pernyataan informan dengan bukti operasional. Analisis mengikuti tahap reduksi data, penyajian tematik, dan penarikan kesimpulan. Informasi dikelompokkan ke dalam tiga tema: efisiensi waktu dan energi, kualitas kebersihan tangki, serta keselamatan dan keterbatasan metode. Triangulasi dilakukan dengan membandingkan hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi sehingga simpulan tidak bergantung pada satu sumber informasi.

Efisiensi dinilai secara deskriptif melalui pengurangan waktu dibandingkan penggunaan air panas, tidak digunakannya tank cleaning heater, serta keberhasilan tangki mencapai kondisi penerimaan tanpa

p-ISSN: 3164-5852, e-ISSN:3164-533X
https://atria.indiepress.id/index.php/ATRIA

penurunan mutu hasil. Kualitas pembersihan dinilai melalui inspeksi visual, kondisi clean, bright, and dry, zero water test, pembacaan gas-free, dan keberadaan residu atau bau hidrokarbon. Analisis juga mencatat area yang masih memerlukan tindakan manual untuk menunjukkan batas cakupan mesin pencuci. Pendekatan ini memungkinkan penilaian yang seimbang antara keuntungan operasional dan kualitas akhir pembersihan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil

Pelaksanaan pembersihan dimulai setelah sisa muatan sebelumnya dikeluarkan melalui stripping sehingga jumlah residu cair di dasar tangki ditekan sekecil mungkin. Tahap berikutnya adalah ventilasi untuk membantu mengurangi konsentrasi uap hidrokarbon. Setelah kondisi operasi dinyatakan sesuai, fixed tank washing machine dijalankan menggunakan cold sea water.

Pola pencucian dilakukan bertahap dari bagian atas menuju area tengah, kemudian difokuskan pada bagian bawah dan sudut tangki. Susunan tersebut bertujuan membawa residu turun menuju titik pengumpulan dan mencegah bagian bawah kembali terkontaminasi oleh bilasan dari area di atasnya.

Pertimbangan utama penggunaan cold sea water adalah sifat Gas Condensate sebagai produk hidrokarbon ringan. Menurut keterangan Chief Officer, residu yang tertinggal tidak seberat residu crude oil sehingga gaya pembilasan bertekanan tinggi telah memadai untuk melepaskan lapisan tipis pada permukaan. Bosun juga menjelaskan bahwa air dingin dapat langsung digunakan dari sistem tanpa menunggu tahap pemanasan. Perbedaan ini menghasilkan penghematan waktu sekitar 2–3 jam dibandingkan pola pencucian yang membutuhkan warm atau hot seawater. Penghematan tersebut terutama berasal dari hilangnya waktu tunggu untuk pemanasan dan tidak perlunya pengoperasian tank cleaning heater.

Setelah pencucian, bilasan dikeluarkan, tangki dikeringkan dan diventilasi kembali. Pemeriksaan kemudian difokuskan pada keberadaan noda, residu, genangan air, dan bau hidrokarbon. Hasil menunjukkan kondisi clean, bright, and dry. Zero water test memberikan hasil 0 ppm, sedangkan pengukuran gas menunjukkan 0,3% LFL. Tidak ditemukannya residu maupun bau hidrokarbon saat inspeksi memperkuat bahwa hasil pembersihan memenuhi persyaratan yang digunakan sebelum penerimaan Jet A-1. Mesin pencuci tidak sepenuhnya menghilangkan kebutuhan intervensi manusia. Sudut tangki, sambungan konstruksi, dan shadow area yang terlindung dari lintasan langsung semburan masih memerlukan pembersihan manual. Temuan ini menunjukkan bahwa efisiensi tidak berarti menghapus seluruh tahap manual, tetapi mengurangi beban kerja utama melalui pencucian mekanis dan memusatkan tenaga pada area yang memang sulit dicapai.

4.2. Pembahasan

Temuan menunjukkan bahwa keberhasilan cold sea water tidak dapat dipisahkan dari karakter muatan. Gas Condensate yang volatil dan beresidu tipis lebih mudah ditangani dengan pembilasan mekanis dibandingkan muatan berat yang dapat membentuk lapisan kental. Pada kondisi tersebut, energi dari semburan bertekanan tinggi menjadi faktor dominan untuk melepaskan residu dari permukaan. Hal ini sejalan dengan kajian water jet yang menekankan pengaruh gaya impak dan pola aliran terhadap kemampuan membersihkan permukaan [3]. Dengan kata lain, suhu bukan satu-satunya variabel yang menentukan, sehingga pemanasan air dapat dihindari apabila tidak memberikan peningkatan hasil yang berarti.

Efisiensi waktu sekitar 2–3 jam memiliki konsekuensi lebih luas daripada sekadar mempersingkat satu tahap. Tidak dioperasikannya heater berarti auxiliary machinery tidak perlu bekerja untuk menghasilkan air panas, sehingga konsumsi energi dan jam kerja peralatan dapat ditekan. Waktu persiapan yang lebih singkat juga membantu kapal lebih cepat mencapai status siap muat dan mengurangi peluang idle time. Dari sudut pandang voyage, keuntungan ini relevan karena kegiatan tank cleaning berada di antara dua operasi muatan; keterlambatan pada tahap persiapan dapat memengaruhi rangkaian jadwal berikutnya. Efisiensi tersebut tetap harus dibaca sebagai efisiensi bersyarat: metode hanya layak dipertahankan jika hasil akhir lolos pemeriksaan.

Pada aspek kualitas, hasil 0 ppm pada zero water test dan kondisi clean, bright, and dry menunjukkan bahwa penghematan energi tidak dilakukan dengan mengurangi standar kebersihan. Hal ini penting karena Jet A-1 memiliki persyaratan mutu yang sensitif terhadap air dan kontaminan. Israel dkk.

p-ISSN: 3164-5852, e-ISSN:3164-533X
https://atria.indiepress.id/index.php/ATRIA

menunjukkan bahwa evaluasi karakteristik laboratorium Jet A-1 menjadi bagian penting untuk menjamin kondisi on-spec [9], sedangkan Pruski dan Sprynskyy menekankan pentingnya kontrol terhadap berbagai bentuk kontaminasi bahan bakar jet [1]. Dalam konteks MT. Nordmarlin, kombinasi inspeksi visual, pengujian air, dan pemeriksaan atmosfer menyediakan beberapa lapis verifikasi sebelum tangki dinyatakan siap.

Hasil gas-free 0,3% LFL dan ventilasi berulang memperlihatkan bahwa efisiensi tidak boleh diterjemahkan sebagai percepatan yang mengabaikan keselamatan. ISGOTT menekankan pentingnya pengukuran atmosfer, pengendalian akses, dan perencanaan operasi tanker [8]. Praktik di lapangan juga menunjukkan bahwa awak tidak boleh memasuki tangki tanpa persyaratan gas-free dan izin ruang terbatas yang sesuai. Oleh karena itu, pengurangan tahap pemanasan hanya bermanfaat jika seluruh kontrol keselamatan lain tetap berjalan. Kebutuhan pembersihan manual di sudut dan shadow area menjadi batas teknis yang penting. Mesin pencuci berputar memiliki pola cakupan tertentu; konstruksi internal dapat menciptakan area yang menerima energi jet lebih kecil. Fenomena ini menjelaskan mengapa hasil tangki tidak boleh dinilai hanya dari durasi mesin bekerja. Inspeksi akhir berfungsi mengidentifikasi area yang belum tercapai dan mengarahkan pembersihan tambahan secara lokal. Pendekatan tersebut lebih rasional daripada memperpanjang seluruh siklus pencucian hanya untuk mengatasi beberapa titik, karena penambahan waktu dan air pada seluruh tangki belum tentu memberikan manfaat yang sebanding.

Dibandingkan penelitian terdahulu, kajian ini menambahkan bukti bahwa pemilihan cold sea water dapat menjadi strategi efisiensi pada transisi hidrokarbon ringan menuju Jet A-1. Wantoro dan Bagaskoro lebih menekankan proses tank cleaning untuk menunjang pemuatan Jet A-1 [4], sedangkan Nuswantoro menyoroti optimalisasi untuk mencapai zero water test [5]. Artikel ini memusatkan perhatian pada hubungan antara karakter Gas Condensate, penghilangan kebutuhan pemanasan, penghematan waktu, dan keberhasilan verifikasi kualitas. Temuan tersebut tidak dimaksudkan untuk digeneralisasi ke seluruh jenis muatan, karena muatan berat atau residu yang sulit larut dapat membutuhkan temperatur atau bahan kimia yang berbeda.

Kondisi lingkungan saat pencucian juga memberi konteks pada hasil. Pada 9 April 2025, wilayah Yellow Sea masih berada pada periode akhir musim dingin hingga awal musim semi, dengan temperatur udara sekitar 6–12°C dan temperatur permukaan laut sekitar 7–10°C. Pada temperatur tersebut, penggunaan air laut dingin tetap mampu menghasilkan kebersihan yang dipersyaratkan karena mekanisme utama yang dimanfaatkan adalah pembilasan bertekanan, bukan pelarutan residu melalui panas. Kondisi ini sekaligus memperlihatkan bahwa keputusan operasi didasarkan pada sifat residu dan kemampuan peralatan. Temperatur yang rendah tidak boleh dianggap otomatis membuat atmosfer aman; pengukuran gas dan ventilasi tetap diperlukan karena hidrokarbon ringan dapat menghasilkan uap mudah terbakar.

Tahapan verifikasi setelah pencucian memiliki fungsi yang sama pentingnya dengan tahap washing. Tangki yang terlihat bersih belum langsung dapat dinyatakan siap karena air dapat tertinggal pada titik rendah, noda dapat berada di area konstruksi, dan uap hidrokarbon dapat masih terdeteksi. Karena itu, pemeriksaan dilakukan secara berlapis melalui pengeringan, inspeksi visual, zero water test, pengukuran atmosfer, serta pemeriksaan akhir sebelum cargo acceptance. Pendekatan berlapis ini mengurangi kemungkinan keputusan yang hanya mengandalkan satu indikator. Hasil 0 ppm dan 0,3% LFL memperoleh makna operasional karena didukung kondisi visual yang sesuai, bukan berdiri sebagai angka terpisah.

Dari perspektif manajemen operasi, data tersebut juga penting untuk membangun basis pengalaman kapal. Catatan jenis muatan, temperatur pencucian, durasi washing, kebutuhan pembersihan manual, hasil pengujian, dan keputusan penerimaan dapat dibandingkan antarvoyage. Pola tersebut memungkinkan penyusunan cleaning matrix yang lebih presisi sehingga kapal dapat menghindari pemanasan atau chemical cleaning ketika tidak diperlukan, tetapi tetap mengetahui kapan metode yang lebih kuat harus digunakan. Pendekatan berbasis catatan operasional akan mengurangi ketergantungan pada keputusan intuitif dan memperjelas batas penerapan cold sea water. Implikasi praktisnya adalah Chief Officer perlu menjadikan riwayat muatan, sifat fisik residu, standar muatan berikutnya, kondisi peralatan, serta hasil inspeksi sebagai dasar pemilihan cleaning plan. Pemakaian air panas sebaiknya bukan prosedur otomatis apabila karakter muatan tidak membutuhkannya. Sebaliknya, cold sea water tidak boleh dipilih hanya karena lebih cepat apabila indikator kebersihan tidak tercapai. Kerangka keputusan berbasis karakter

p-ISSN: 3164-5852, e-ISSN:3164-533X
https://atria.indiepress.id/index.php/ATRIA

muatan dan hasil verifikasi memungkinkan kapal memperoleh manfaat biaya dan waktu sekaligus menjaga mutu serta keselamatan.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Cold sea water tank cleaning pada transisi Gas Condensate ke Jet A-1 di MT. Nordmarlin menunjukkan efisiensi yang baik karena residu hidrokarbon ringan dapat dibersihkan melalui semburan bertekanan tinggi tanpa pemanasan air. Penghilangan tahap pemanasan mempercepat persiapan sekitar 2–3 jam dibandingkan metode air panas sekaligus mengurangi penggunaan tank cleaning heater dan energi pendukung. Efisiensi tersebut tidak mengurangi hasil akhir: tangki mencapai kondisi clean, bright, and dry, zero water test 0 ppm, gas-free 0,3% LFL, serta tidak menunjukkan residu maupun bau hidrokarbon pada inspeksi. Namun, sudut tangki, sambungan konstruksi, dan shadow area masih membutuhkan pembersihan manual. Dengan demikian, efektivitas metode bergantung pada kesesuaian dengan karakter muatan dan verifikasi akhir, bukan pada kecepatan proses saja.

5.2Saran

Awak kapal perlu mempertahankan disiplin pada urutan stripping, ventilasi, pencucian, draining, pengeringan, inspeksi, dan verifikasi atmosfer. Cleaning plan sebaiknya disusun berdasarkan karakter muatan sebelumnya dan persyaratan muatan berikutnya, disertai perhatian khusus pada area yang tidak terjangkau langsung oleh mesin pencuci. Perusahaan dapat menggunakan catatan durasi, penggunaan heater, hasil zero water test, dan temuan inspeksi sebagai basis evaluasi untuk membandingkan efisiensi antarvoyage. Penelitian berikutnya dapat membandingkan tekanan pencucian, temperatur air, konsumsi energi, volume air, dan penggunaan bahan kimia pada beberapa kapal atau kombinasi muatan agar batas penerapan cold sea water dapat ditentukan lebih terukur.

Daftar Pustaka

[1] P. B. ISAAC, “ANALISIS PERSIAPAN TANGKI MUAT SEBELUM PROSES PEMUATANDI MTRAONTERESA.” Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, 2025.

[2] M. E. V. JORDI, “EVALUASI DAN OPTIMALISASI PEMBERSIHAN TANKI SETELAH MEMBONGKAR CARGO SOLID DI MT. CAMELIA.” Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, 2025.

[3] Y. D. Anindita, *Teknologi Pengendalian Pencemaran Udara Untuk Industri Berkelanjutan: Konsep Dasar, Proses Teknik Kimia, dan Aplikasi Pengendalian Emisi Industri*. Star Digital Publishing, 2026.

[4] G. H. Wibisono, “Analisis Efektivitas Proses Tank Cleaning dalam Operasional Kapal MT. Tirtasari.” Politeknik Pelayaran Surabaya, 2023.

[5] I. Maulita, F. Damayanti, N. A. Silviyanti, A. S. Sirajuddin, and D. H. Nugroho, “Mekanika Dasar.” Hei Publishing Indonesia, 2025.

[6] W. B. Wantoro and F. Bagaskoro, “Tank Cleaning Process dalam Menunjang Kelancaran Pemuatan Jet A-1 di Kapal Mt. Andhika Vidyanata,” *J. Marit. Polimarin*, vol. 7, no. 1, pp. 13–18, 2021.

[7] Y. D. W. I. NUSWANTORO, “OPTIMALISASI TANK CLEANING DARI MUATAN GASOLINE RON 88 KE JET A-1 GUNA MENGHASILKAN ZERO WATER TEST MT. PRIMA XP.” POLITEKNIK ILMU PELAYARAN SEMARANG, 2023.

[8] R. Basuki, M. Musyahidah, A. Risnawati, and B. Sumiati, “Kesehatan lingkungan dan kesehatan kerja: Paparan, risiko, dan strategi mitigasi.” PT Mafy Media Literasi Indonesia, 2025.

[9] F. KHOERUL, “OPTIMALISASI TANK CLEANING DARI MUATAN CPO KE METHANOL GUNA MENGHASILKAN WALL WASH TEST YANG BAIK DI KAPAL MT. TIRTASARI.” POLITEKNIK ILMU PELAYARAN SEMARANG, 2019.

[10] S. Sugiyarto, “Optimasi Pembersihan Filter Udara Truk Menggunakan Closed-Cylinder Rotary Sprinkler System,” in *Seminar Nasional Inovasi Vokasi*, 2026, pp. 343–349.

[11] M. H. Saleh and D. D. Suharso, *Basic Training for Oil and Chemical Tanker Cargo Operation (BTOCT)*. PIP Semarang, 2024.

[12] A. Syarifudin, “Evaluasi Penerapan Prosedur Keselamatan Kerja Kegiatan Bongkar Muat di MT. Aviani dengan Fishbone Analysis.” Politeknik Pelayaran Surabaya, 2023.

p-ISSN: 3164-5852, e-ISSN:3164-533X
https://atria.indiepress.id/index.php/ATRIA

[13] B. MARGO, "ANALISIS RISIKO BAHAYA PEMBERSIHAN RUANG MUAT (TANK CLEANING) PADA MUATAN MINYAK PRODUCT GUNA MENGHINDARI KECELAKAAN KERJA PADA KAPAL MT. SEVEN TARGET." POLITEKNIK ILMU PELAYARAN SEMARANG, 2024.