



## Tinjauan Teknis dan Edukatif Prosedur Pembersihan Tangki dalam Meningkatkan Keamanan Muatan pada Kapal MT ARAHAN

Evri<sup>1\*</sup>, Huske Dwi Gustian<sup>2</sup>, Junadi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Dosen Sekolah Tinggi Ilmu Maritim “AMI” Jakarta

### Abstract

Received: 22 Maret 2026

Revised: 30 Maret 2026

Accepted: 5 April 2026

Pengoperasian kapal tanker, khususnya kapal tanker kimia, memiliki kompleksitas tinggi terutama dalam hal penanganan muatan dan pembersihan tangki. Kontaminasi muatan akibat residu pembersihan tangki yang tidak optimal dapat menyebabkan penundaan pemuatan, kerugian finansial, dan membahayakan keselamatan. Secara teknis, integritas ruang muat merupakan faktor determinan dalam mempertahankan spesifikasi kargo sesuai dengan Bill of Lading. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proses pembersihan tangki muatan guna mencegah kontaminasi muatan di kapal MT ARAHAN. Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan teknik pengumpulan data melalui observasi partisipatif dan wawancara mendalam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan pembersihan tangki muatan, terutama untuk muatan sensitif seperti methanol, sangat bergantung pada tiga faktor utama: ketepatan prosedur wallwash test (chloride, hydrocarbon, permanganate test), kesiapan peralatan butterworth machine, serta pengawasan ketat oleh perwira. Kepatuhan terhadap prosedur pembersihan tidak hanya menjamin kualitas muatan, tetapi juga merupakan bentuk pemenuhan regulasi MARPOL 73/78 Annex II mengenai kategori zat cair beracun.

**Keywords:** Pembersihan Tangki, Kontaminasi Muatan, Kapal Tanker Kimia, Methanol, Wallwash Test

(\*) Corresponding Author:

evri@stimar.ac.id

**How to Cite:** Evri, E., Gustian, H., & Junadi, J. (2026). Tinjauan Teknis dan Edukatif Prosedur Pembersihan Tangki dalam Meningkatkan Keamanan Muatan pada Kapal MT ARAHAN. Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, 12(4.A), 282-288. Retrieved from <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/13944>

## PENDAHULUAN

Perkembangan perdagangan global dalam dua dekade terakhir menunjukkan peningkatan signifikan terhadap permintaan komoditas kimia cair, khususnya methanol dan turunannya. Hal ini sejalan dengan pertumbuhan industri petrokimia, energi alternatif, serta sektor manufaktur yang memanfaatkan methanol sebagai bahan baku utama. Kondisi tersebut mendorong industri pelayaran untuk mengadopsi sistem transportasi laut yang lebih presisi, aman, dan efisien guna menjaga kualitas muatan selama proses distribusi (Shi et al., 2023; Petrychenko et al., 2023).

Pengangkutan bahan kimia berbahaya (*hazardous chemicals*) tidak hanya merupakan kegiatan logistik, tetapi juga bagian dari sistem manajemen risiko yang kompleks. Karakteristik kimiawi muatan seperti korosivitas, toksisitas, volatilitas, serta reaktivitas menuntut adanya pengendalian ketat terhadap seluruh aspek operasional kapal, termasuk proses pembersihan tangki muatan. Strategi optimasi dalam prosedur pembersihan sangat krusial, terutama ketika kapal menghadapi skenario pergantian muatan (*cargo change*) yang memiliki risiko kontaminasi tinggi (Tonia et al., 2024).



Dalam konteks tersebut, kapal *chemical tanker* dirancang dengan spesifikasi teknis khusus, seperti penggunaan material tangki berbahan *stainless steel* atau pelapisan epoxy, sistem pompa sentrifugal, ventilasi independen, serta sistem pemanas yang terintegrasi (Iskandar & Santoso, 2023). Meskipun demikian, kompleksitas operasional kapal tanker kimia jauh lebih tinggi dibandingkan kapal tanker konvensional. Awak kapal tidak hanya dituntut untuk memahami prosedur operasional standar, tetapi juga harus memiliki kompetensi teknis dalam menangani muatan kimia secara spesifik. Hal ini mencakup kemampuan dalam melakukan *cargo handling*, interpretasi data teknis muatan, serta pelaksanaan prosedur *tank cleaning* yang tepat (Voloshynov et al., 2022).

Pembersihan tangki (*tank cleaning*) menjadi fase paling krusial dalam siklus operasional. Kegagalan dalam menghilangkan residu kargo sebelumnya dapat memicu kontaminasi silang yang tidak hanya menurunkan nilai ekonomi muatan, tetapi juga berpotensi merusak struktur tangki akibat reaksi kimia yang tidak terduga. Akumulasi residu pada area yang sulit dijangkau sering kali menjadi sumber utama degradasi kualitas kargo kimia pada perjalanan berikutnya. Di industri kimia, kontaminasi dalam skala *part per million* (ppm) sudah cukup untuk memicu klaim asuransi yang masif (Larsson et al., 2024; Xu et al., 2023). Oleh karena itu, penelitian ini membedah prosedur teknis dan edukatif di MT ARAHAN untuk memastikan keamanan muatan tetap terjaga di ambang batas aman.

Dalam praktik operasional, keberhasilan pembersihan tangki tidak hanya diukur secara visual, tetapi juga melalui pengujian laboratorium seperti *wall wash test*. Kegagalan dalam uji ini dapat mengakibatkan keterlambatan pemuatan, biaya tambahan untuk pembersihan ulang, serta risiko klaim asuransi yang signifikan. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada analisis prosedur pembersihan tangki di MT ARAHAN sebagai upaya untuk meningkatkan keamanan muatan, khususnya untuk muatan methanol yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap kontaminasi.

Tingginya risiko kontaminasi tersebut berkaitan erat dengan sifat dasar zat tersebut, mengingat Methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) adalah muatan sensitif, toksik, dan higroskopis; kontaminasi rendah sekalipun dapat merusak standar *white water* (IMO, 2022). Oleh karena itu, tangki harus dipastikan bersih, kering, dan bebas bau. Keberhasilan pembersihan ini bergantung pada optimalisasi prinsip T.A.C.T (*Temperature, Agitation, Chemical, Time*) untuk mengangkat residu secara efektif (Anjasmoro et al., 2025; Tonia et al., 2024). Selain itu, operasional MT ARAHAN wajib mematuhi MARPOL Annex II dan *P&A Manual* guna menjamin pembuangan limbah kimia memenuhi ambang batas internasional serta mencegah pencemaran lingkungan laut (Larsson et al., 2024)

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif untuk memahami secara mendalam proses pembersihan tangki muatan di kapal MT ARAHAN. Pendekatan ini dipilih karena mampu menggambarkan fenomena operasional secara kontekstual dan realistis berdasarkan kondisi lapangan. Peneliti berperan sebagai instrumen utama melalui observasi partisipatif selama kegiatan praktik berlayar. Observasi dilakukan secara langsung terhadap aktivitas pembersihan tangki, mulai dari tahap perencanaan hingga evaluasi hasil.

Data primer diperoleh melalui wawancara mendalam dengan Mualim I (*Chief Officer*) sebagai penanggung jawab muatan dan Kepala Kamar Mesin (KKM) yang bertanggung jawab terhadap sistem permesinan. Selain itu, data sekunder diperoleh dari dokumen operasional kapal, seperti *Tank Cleaning Guide* dan laporan inspeksi.

Analisis data dilakukan menggunakan model interaktif yang meliputi reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Validitas data diuji melalui teknik triangulasi dengan membandingkan data hasil observasi, wawancara, dan dokumen tertulis.

## **HASIL & PEMBAHASAN**

### ***Prosedur Teknis Pembersihan Tangki di MT ARAHAN***

Berdasarkan observasi pada MT ARAHAN, proses pembersihan tangki untuk persiapan muatan methanol mengikuti urutan logis yang terstruktur secara ketat. Kesalahan pada satu tahap akan mengakibatkan kegagalan beruntun pada tahap berikutnya.

1. *Pre-cleaning* (Air Laut): Tahap awal menggunakan air laut untuk membilas sisa kargo utama. Penggunaan air laut efektif secara biaya namun meninggalkan residu garam (klorida).
2. *Chemical Washing*: Penggunaan larutan deterjen khusus disemprotkan melalui *butterworth machine* untuk melarutkan lapisan minyak atau hidrokarbon yang membandel.
3. *Fresh Water Rinsing*: Pembilasan dengan air tawar sangat krusial untuk menghilangkan sisa-sisa klorida dari air laut.
4. *Steaming*: Proses penguapan menggunakan uap panas untuk menjangkau pori-pori dinding tangki dan memastikan residu kargo lama menguap sempurna.
5. *Drying and Mopping*: Tahap akhir di mana tangki dikeringkan menggunakan sistem ventilasi dan pengeringan manual (*mopping*) oleh kru untuk memastikan tidak ada genangan air sedikit pun.

Urutan tahapan ini mencerminkan upaya sistematis dalam mengoptimalkan penggunaan sumber daya di kapal guna mencapai standar kebersihan yang dipersyaratkan saat proses pergantian muatan berlangsung (Tonia et al., 2024).

### ***Analisis Wallwash Test***

Tahap paling kritis dalam verifikasi kebersihan adalah *Wallwash Test*. Pengujian ini dilakukan oleh surveyor independen sebelum memberikan otorisasi pemuatan. Hasil penelitian mengidentifikasi tiga parameter utama yang dirangkum dalam Tabel 1.

Data tersebut menunjukkan bahwa standar kebersihan yang ditetapkan bersifat sangat ketat hingga pada tingkat mikroskopis. Kegagalan pada *Permanganate Time Test* sering menjadi kendala utama di MT ARAHAN. Meskipun tangki secara visual bersih dan tidak berbau, keberadaan molekul hidrokarbon yang sangat tipis dapat menyebabkan warna permanganat berubah dalam waktu kurang dari 30 menit, yang berujung pada penolakan tangki oleh surveyor.

Tabel 1. Standar Parameter Wallwash Test untuk Muatan Methanol

Jenis Pengujian	Reagen / Metode	Kriteria Kelulusan (Passing Standard)	Kontaminan yang Dideteksi
Chloride Test	Larutan Perak Nitrat (AgNO <sub>3</sub> )	Sampel tetap jernih; Kadar klorida < 5 ppm	Residu air laut atau kandungan garam.
Hydrocarbon Test	Pencampuran dengan Air Suling ( <i>Distilled Water</i> )	Tidak terjadi kekeruhan ( <i>no milkiness</i> ); kejernihan kristal	Residu minyak atau kargo sebelumnya.
Permanganate Time Test (PTT)	Kalium Permanganat (KMnO <sub>4</sub> )	Perubahan warna (merah muda ke kuning) terjadi > 50 menit	Zat pereduksi atau pengotor organik.

Selain itu, standar wallwash test pada kapal tanker kimia juga mengacu pada praktik internasional yang menekankan konsistensi hasil uji laboratorium sebagai indikator utama kelayakan tangki sebelum loading, sehingga akurasi prosedur sampling menjadi faktor krusial (Voloshynov et al., 2022).

### ***Kendala Mekanis dan Faktor Manusia dalam Pembersihan Tangki***

Kinerja *butterworth machine* menjadi salah satu variabel teknis yang sangat menentukan dalam efektivitas proses pembersihan tangki. Berdasarkan hasil observasi, penyumbatan pada *nozzle* mesin pembersih dapat menyebabkan terbentuknya *shadow sectors*, yaitu area yang tidak terjangkau oleh semprotan secara langsung, terutama pada bagian struktur kompleks seperti di balik gading-gading kapal. Kondisi ini berpotensi menyisakan residu muatan yang dapat memicu kontaminasi pada kargo berikutnya. Oleh karena itu, pemeliharaan preventif serta inspeksi rutin terhadap peralatan pembersihan menjadi langkah krusial dalam menjaga performa operasional (Tonia et al., 2024).

Lebih lanjut, pemeliharaan sistem permesinan geladak, termasuk unit *butterworth*, terbukti memiliki korelasi langsung terhadap efisiensi waktu operasional kapal, khususnya dalam mengurangi waktu tunggu di pelabuhan (Grbić et al., 2020; Jimenez et al., 2020). Hal ini menunjukkan bahwa aspek teknis tidak hanya berdampak pada kualitas pembersihan, tetapi juga pada aspek ekonomi operasional.

Di sisi lain, faktor manusia (*human element*) merupakan aspek yang tidak kalah penting dalam menentukan keberhasilan proses pembersihan tangki. Kurangnya pemahaman awak kapal terhadap karakteristik kimiawi muatan sering kali menyebabkan kesalahan dalam penerapan prosedur (Widodo et al., 2023). Pembersihan tangki pada dasarnya bukan hanya aktivitas mekanis, tetapi juga memerlukan pemahaman konseptual terhadap sifat fisika dan kimia muatan yang diangkut.

Peran Mualim I (*Chief Officer*) menjadi sangat strategis dalam merencanakan metode pembersihan berdasarkan jenis muatan sebelumnya (*previous cargo*). Kegagalan proses pembersihan sering kali disebabkan oleh kurangnya komunikasi antara perwira yang merancang prosedur dengan awak kapal yang melaksanakan di lapangan. Oleh karena itu, koordinasi yang efektif menjadi faktor pendukung utama dalam meminimalkan kesalahan operasional.

Selain itu, aspek edukasi berkelanjutan bagi awak kapal sangat diperlukan untuk meningkatkan kualitas pelaksanaan prosedur. Pemahaman terhadap alasan ilmiah di balik setiap tahapan pembersihan, seperti pentingnya pembilasan air tawar untuk menghilangkan residu klorida, akan mendorong awak kapal bekerja lebih teliti dan tidak sekadar menjalankan instruksi secara prosedural. Tanpa pemahaman tersebut, proses kerja cenderung bersifat administratif dan berisiko mengabaikan detail teknis yang krusial.

Pelaksanaan *safety meeting* sebelum kegiatan *tank cleaning* terbukti efektif dalam meningkatkan kesadaran dan pemahaman kru terhadap potensi risiko serta prosedur yang harus dijalankan. Selain itu, faktor kelelahan kerja (*fatigue*) juga perlu diperhatikan, karena dapat menurunkan tingkat konsentrasi dan ketelitian awak kapal, yang pada akhirnya meningkatkan risiko kegagalan dalam inspeksi kebersihan tangki (Bielic et al., 2017).

Dengan demikian, keberhasilan pembersihan tangki merupakan hasil integrasi antara keandalan peralatan teknis dan kompetensi sumber daya manusia. Keduanya harus dikelola secara seimbang melalui pendekatan preventif, edukatif, dan manajerial guna mencapai standar kebersihan tangki yang optimal serta meminimalkan risiko kontaminasi muatan.

### ***Analisis Suhu, Dampak Ekonomi, dan Pengawasan***

Dalam konteks operasional, suhu merupakan parameter krusial yang menentukan efektivitas proses pembersihan tangki secara keseluruhan. Hal ini dikarenakan suhu tinggi mampu meningkatkan kelarutan residu secara signifikan, terutama pada jenis minyak berat yang memiliki viskositas tinggi. Secara teknis, efisiensi optimal dalam mengangkat residu minyak tersebut biasanya tercapai pada suhu di atas 70°C. Namun, penggunaan panas harus dilakukan dengan sangat hati-hati karena suhu yang melampaui batas pada muatan tertentu justru dapat memicu fenomena *polymerization*. Kondisi ini menyebabkan residu mengeras dan melekat kuat pada permukaan tangki, sehingga sulit dibersihkan. Oleh sebab itu, pengendalian suhu selama proses *steaming* wajib dilakukan secara presisi guna menghindari kerusakan permanen pada lapisan pelindung (*coating*) tangki.

Implikasi dari ketidaktepatan suhu tersebut sering kali berujung pada kegagalan proses pembersihan yang kemudian menyebabkan kerugian finansial yang signifikan bagi perusahaan. Sebagai contoh, keterlambatan jadwal operasional akibat kegagalan *wall wash test* akan menimbulkan pembengkakan biaya *demurrage* yang sangat besar. Selain itu, apabila muatan yang baru saja dimuat terbukti terkontaminasi oleh residu sebelumnya, maka potensi kerugian dapat meningkat secara drastis akibat klaim kerusakan kargo dari pihak penyewa. Oleh karena itu, investasi berkelanjutan dalam perawatan peralatan serta pelatihan intensif bagi awak kapal merupakan langkah strategis yang jauh lebih ekonomis jika dibandingkan dengan menanggung risiko finansial akibat insiden kontaminasi (Tonia et al., 2024).

Guna memitigasi risiko ekonomi tersebut, aspek pengawasan oleh perwira menjadi garda terdepan yang tidak boleh hanya dilakukan secara administratif dari *Cargo Control Room* (CCR), melainkan memerlukan inspeksi fisik secara langsung ke dalam tangki. Langkah pemeriksaan fisik secara mendalam ini memungkinkan identifikasi dini terhadap potensi kontaminasi tersembunyi yang mungkin tidak

terdeteksi melalui pemantauan visual umum atau sensor jarak jauh. Dalam proses ini, kemampuan sensorik dan kedalaman pengalaman seorang perwira dalam mendeteksi bau atau sisa residu halus menjadi faktor penentu dalam menjamin kesiapan tangki sebelum melalui tahap inspeksi resmi oleh pihak *surveyor*. Hal tersebut secara jelas menunjukkan bahwa kematangan pengalaman operasional memiliki kontribusi yang sangat signifikan terhadap tingkat keberhasilan akhir dari seluruh rangkaian proses pembersihan tangki.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa keberhasilan pembersihan tangki pada kapal MT ARAHAN ditentukan oleh tiga aspek utama. *Pertama*, kepatuhan terhadap prosedur teknis secara berlapis, di mana *wall wash test* berfungsi sebagai tahap verifikasi akhir yang sangat ketat. *Kedua*, sinergi antara aspek kimiawi dan mekanis, khususnya efektivitas penggunaan deterjen yang harus didukung oleh kinerja optimal *butterworth machine*. *Ketiga*, faktor manusia sebagai elemen dinamis yang mencakup kompetensi awak kapal dan pengawasan perwira.

Selain itu, penelitian ini menegaskan bahwa peningkatan kualitas pembersihan tangki memerlukan dukungan peralatan yang memadai, pelatihan berkelanjutan bagi kru, serta penerapan sistem monitoring berbasis digital guna meningkatkan efektivitas dan akuntabilitas operasional.

## CONFLICT OF INTEREST

Concerning the research, authorship, and publication of this paper, the author(s) reported no potential conflicts of interest.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anjasmoro, B., Wahyuni, A. A. I. S., Yuda, A. A. N. A. D. P., & Eddi. (2025). Analisis pelaksanaan prosedur tank cleaning guna mengurangi resiko kontaminasi muatan caustic soda di atas kapal MT. Rhapsody. In *Prosiding Seminar Transformasi Maritim (SENTRAMAR) 2025* (pp. 391–400). Politeknik Pelayaran Surabaya. <https://ojs.pppm.poltekpel-sby.ac.id/index.php/PTM/article/view/391>
- Bielić, T., Hess, M., & Grbić, L. (2017). Unified tanker survey and inspection regime in terms of reducing psychophysical strain of the crew. *Promet – Traffic & Transportation*, 29(4), 455–461. <https://doi.org/10.7307/ptt.v29i4.2341>
- Grbić, L., Čulin, J., Hess, M., & Hess, S. (2020). Optimum inspection interval for tanker in unified inspection regime. *Transport*, 35(5), 481–487. <https://doi.org/10.3846/transport.2020.14088>
- International Maritime Organization [IMO]. (2022). *MARPOL consolidated edition 2022: Articles, protocols, annexes, unified interpretations of the international convention for the prevention of pollution from ships, 1973, as modified by the protocol of 1978 relating thereto*. IMO Publishing.
- Iskandar, I., & Santoso, A. K. (2023). Analysis of the effect of equipment readiness on the tank cleaning process (Case study of MT. Akra 102). *RSF Conference Series: Engineering and Technology*, 3(1), 257–266. <https://doi.org/10.31098/cset.v3i1.674>

- Jimenez, V. J., Bouhmala, N., & Gausdal, A. H. (2020). Developing a predictive maintenance model for vessel machinery. *Journal of Ocean Engineering and Science*, 5(4), 358–386. <https://doi.org/10.1016/j.joes.2020.02.003>
- Larsson, K., Carlson, U., & Stålnacke, E. (2024). Recurrent discharges of non-petroleum substances from chemical tankers in Swedish marine Natura 2000 sites are against the aims of EU Directives. *Ambio*, 54(6), 839–849. <https://doi.org/10.1007/s13280-024-02030-x>
- Petrychenko, O., Levinskyi, M., Prytula, D., & Vynohradova, A. (2023). Fuel options for the future: A comparative overview of properties and prospects. *Transport Systems and Technologies*, (41), 96–106. <https://doi.org/10.32703/2617-9059-2023-41-8>
- Shi, J., Zhu, Y., Feng, Y., Yang, J., & Xia, C. (2023). A prompt decarbonization pathway for shipping: Green hydrogen, ammonia, and methanol production and utilization in marine engines. *Atmosphere*, 14(3), 584. <https://doi.org/10.3390/atmos14030584>
- Tonia, F. A., Arleiny, A., & Lestari, E. D. (2024). Tank cleaning process optimization for loading tanks MT Bauhinia guna cargo change. *IWJ: Inland Waterways Journal*, 2(2), 61–70. <https://doi.org/10.61296/iwj.v2i2.97>
- Voloshynov, S. A., Popova, H. V., Dyagileva, O., Fedorova, O., & Bobrysheva, N. (2022). Seafarers high quality training provision by means of VR technologies in the context of maritime transport sustainability. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1049(1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1049/1/012015>
- Widodo, B.L., Wahyuni, E.T., & Luhur, M.A. (2023). Manajemen Pemuatan Barang Berbahaya untuk Keselamatan Kapal Muatan dan ABK. *Jurnal Maritim Polimarin*. <https://doi.org/10.52492/jmp.v9i1.101>
- Xu, Y., Zhu, K., & Zhong, H. (2023). Estimation method of regional tank-washing wastewater quantity based on multi-source data. *Sustainability*, 15(13), 10543. <https://doi.org/10.3390/su151310543>