

EVALUASI DAN OPTIMALISASI PEMBERSIHAN TANKI SETELAH MEMBONGKAR *CARGO SOLID* DI MT. CAMELIA



Disusun sebagai salah satu syarat penyelesaian
Program Pendidikan Dan Pelatihan Pelaut (DP)
Tingkat I

JORDI MITCEL ENRICO VALENTINUS

NIS: 25.07.101.017

AHLI NAUTIKA TINGKAT I

PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASAR

2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : JORDI MITCEL ENRICO VALENTINUS

Nomor Induk Siswa : 25.07.101.017

Program Pelatihan : Ahli Nautika Tingkat I

Menyatakan bahwa KIT dengan judul:

EVALUASI DAN OPTIMALISASI PEMBERSIHAN TANKI SETELAH MEMBONGKAR CARGO SOLID DI MT. CAMELIA

merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide sendiri.

Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Makassar

Makassar, 02 September 2025



JORDI MITCEL ENRICO VALENTINUS

PERSETUJUAN SEMINAR KARYA ILMIAH TERAPAN

Judul : **Evaluasi Dan Optimalisasi Pembersihan Tanki
Setelah Membongkar Cargo Solid Di MT. Camelia**

Nama Pasis : **JORDI MITCEL ENRICO VALENTINUS**

Nomor Induk Siswa : **25.07.101.017**

Program Diklat : **Ahli Nautika Tingkat I**

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan.

Makassar, 02 September 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Capt. JOKO PURNOMO, S.Si.T., M.A.P., M.Mar
NIP. 197210192009121001



GRADINA NUR FAUZIAH, S.Si., M.Si
NIP.198803052010122001

Mengetahui:
Manager Diklat
Peningkatan dan Penjenjangan



Ir. SUYUTI, M.Si., M.Mar.E
NIP. 196805082002121002

**EVALUASI DAN OPTIMALISASI PEMBERSIHAN TANKI SETELAH
MEMBONGKAR CARGO SOLID DI MT. CAMELIA**

Disusun dan Diajukan Oleh:

JORDI MITCEL ENRICO VALENTINUS
NIS. 25.07.101.017
Ahli Nautika Tingkat I

Telah dipresentasikan di depan Panitia Ujian KIT
Pada Tanggal 04 September 2025

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II



Capt. JOKO PURNOMO, S.Si.T., M.A.P., M.Mar
NIP. 197210192009121001



GRADINA NUR FAUZIAH, S.Si., M.Si
NIP.198803052010122001

Mengetahui:

A.n Direktur
Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Pembantu Direktur I



Capt. FAISAL SARANSI, M.T., M.Mar.
NIP. 197503291999031002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan KIT ini. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan bagi Perwira Siswa Jurusan Ahli Nautika Tingkat I (ANT I) dalam menyelesaikan studinya pada program ANT I di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Tak lupa pada penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Capt. Rudy Susanto, M.Pd. selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E. selaku Manager Diklat Teknis Peningkatan dan Penjenjangan Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
3. Capt. Joko Purnomo, S.Si.T., M.A.P., M.Mar selaku pembimbing I penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
4. Gradina Nur Fauziah, S.Si., M.Si. selaku pembimbing II penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
5. Seluruh Staf Pengajar Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar atas bimbingan yang diberikan kepada penulis selama mengikuti Program Diklat Ahli Nautika Tingkat I di PIP Makassar.
6. Rekan-rekan Pasis Angkatan XLVI Tahun 2025
7. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak, Ibu, Istri Anak serta saudara saudaraku yang telah memberikan doa, dorongan, serta bantuan moril dan materil sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan KIT ini.

Dalam penulisan KIT ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan- kekurangan dipandang dari segala sisi. Tentunya dalam hal ini tidak lepas dari kemungkinan adanya kalimat-kalimat atau kata-kata yang kurang berkenan dan perlu untuk diperhatikan. Namun walaupun demikian, dengan segala kerendahan hati penulis memohon kritik dan saran-saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan makalah ini..

Makassar, 04 September 2025



JORDI MITCEL ENRICO VALENTINUS

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN SEMINAR	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Manfaat Penelitian	3
E. Hipotesis	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Faktor Manusia	4
B. Organisasi diatas Kapal	6
C. Faktor Pekerjaan dan Lingkungan Kerja	8
D. Faktor Kapal	11
E. Faktor Manajemen	13
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Observasi/Pengamatan	15
B. Intrview/Wawancara	15
C. Studi Pustaka	16
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
A. Lokasi Kejadian	17
B. Situasi dan Kondisi	17
C. Temuan	20
D. Urutan Kejadian	25

BAB V PENUTUP

A. Simpulan	30
B. Saran	30

DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	32
RIWAYAT HIDUP	43

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Kegiatan pembersihan tangki atau *tank cleaning* merupakan suatu proses fundamental dalam operasional kapal tanker. Tujuan utamanya adalah untuk memastikan bahwa suatu tangki muat bebas dari sisa-sisa kargo sebelumnya maupun kontaminan lainnya sebelum dimuatkan dengan kargo baru. Proses ini menjadi penentu utama dalam menjaga integritas dan kualitas produk yang diangkut.

Tingkat kebersihan yang harus dicapai tidaklah sama untuk setiap jenis kargo. Persyaratan ini sangat bergantung pada sifat kimia dan spesifikasi dari muatan sebelumnya dan muatan berikutnya. Pergantian muatan dari satu jenis produk ke produk yang sangat berbeda menuntut standar pembersihan yang lebih ketat dan prosedur yang lebih rumit.

Seluruh aktivitas pembersihan tangki harus dilaksanakan dengan strict compliance atau mematuhi regulasi yang berlaku. Payung hukum utamanya adalah *Maritime Pollution* (MARPOL) Annex II, yang mengatur pencegahan pencemaran oleh zat cair berbahaya. Selain itu, prosedur spesifik untuk kapal tercantum dalam Loading & *Tank cleaning* Manual yang menjadi panduan wajib bagi awak kapal.

Pada tanggal 26 Maret 2025, MT. Camelia melakukan bongkar muat *Hydrogenated Palm Stearin* di Taixing, China. Muatan ini merupakan produk padat yang memiliki karakteristik titik leleh tinggi. Setelah pembongkaran, kapal berlayar menuju Weifang, China, untuk memuat kargo berikutnya, yaitu *Caustic Soda*, dengan jarak tempuh yang hanya memakan waktu dua hari.

Caustic Soda merupakan bahan kimia dengan sifat kaustik dan sangat reaktif. Muatan ini memerlukan tingkat kebersihan tangki yang sangat tinggi. Kontaminasi sekecil apapun, khususnya dari sisa-sisa minyak atau lemak nabati seperti *Palm Stearin*, dapat merusak kualitas dan kemurniannya, sehingga berpotensi ditolak oleh penerima.

Permasalahan utama yang dihadapi adalah waktu yang sangat terbatas untuk melakukan proses *tank cleaning*. Sisa *Hydrogenated Palm Stearin* yang membeku dan menempel kuat pada permukaan tangki, terutama di area yang sulit dijangkau seperti *bellmouth*, membutuhkan proses pencairan dan pencucian yang lebih intensif. Durasi pelayaran yang singkat tidak mencukupi untuk menyelesaikan seluruh proses tersebut secara optimal.

Kondisi ini menciptakan suatu situasi dimana kapal berisiko tiba di pelabuhan muat tanpa persiapan tangki yang memadai. Ketidakmampuan menghasilkan tingkat kebersihan yang disyaratkan untuk muatan *Caustic Soda*. Berdasarkan pengalaman di atas, penulis tertarik untuk mengangkat masalah tersebut dan menuangkannya dalam bentuk Karya Ilmiah Terapan (KIT) dengan judul “Evaluasi Dan Optimalisasi Pembersihan Tangki Setelah Memuat *Cargo Solid* Di MT. *Camelia*”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang terjadi pada proses pembersihan tangki di MT. *Camelia*, maka rumusan masalahnya adalah: Apa penyebab kurang optimalnya proses pembersihan tangki (*tank cleaning*) di MT. *Camelia* setelah membongkar muatan *Hydrogenated Palm Stearin*, sehingga menyebabkan ketidaksiapan tangki untuk menerima muatan *Caustic Soda*?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab kurang optimalnya proses pembersihan tangki (*tank cleaning*) di MT. *Camelia* setelah membongkar muatan *Hydrogenated Palm Stearin*, sehingga menyebabkan ketidaksiapan tangki untuk menerima muatan *Caustic Soda*

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini memperkaya khazanah ilmu pengetahuan di bidang operasional maritim, khususnya mengenai manajemen waktu dan metodologi pembersihan tangki pada kapal tanker yang menghadapi kendala residu kargo padat dengan titik leleh tinggi dalam waktu yang terbatas

2. Manfaat Praktisnya

Penelitian ini hasil evaluasi dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi panduan operasional (*Standing Order*) yang lebih efektif bagi nahkoda dan *Chief Officer* dalam merencanakan dan melaksanakan prosedur *tank cleaning*, sehingga dapat mencegah terjadinya delay dan potensi penolakan kargo di pelabuhan tujuan.

E. Hipotesis

Berdasarkan permasalahan yang diuraikan di atas, penulis mengambil hipotesis sebagai berikut:

1. Diduga faktor pekerjaan dan lingkungan kerja karena peralatan *tank cleaning* yang tersedia di kapal tidak sesuai untuk menghilangkan residu kargo padat yang membeku di area *bellmouth*,
2. Diduga faktor keterbatasan waktu pelayaran yang singkat untuk proses *tank cleaning* yang rumit,
3. Diduga faktor kurangnya tenaga kerja yang disebabkan oleh kondisi kelelahan crew sehingga waktu, tenaga, dan konsentrasi yang dibutuhkan dalam pelaksanaan *tank cleaning* tidak terlaksana secara maksimal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Faktor Manusia

Regulasi STCW Convention (*Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers*) 1978, sebagaimana telah diamendemen, pada Section A-I/6 dan Table A-III/1 secara jelas mensyaratkan bahwa pelaut harus menerima pelatihan yang memadai dan memiliki standar kompetensi minimum terkait prosedur keselamatan dan operasional kapal, termasuk penanganan kargo (*cargo handling*). Lebih lanjut, ISM Code (*International Safety Management Code*) Bab 6.3 mewajibkan perusahaan untuk memastikan bahwa setiap personel yang ditugaskan untuk tugas tertentu terkait keselamatan dan pencegahan pencemaran telah mendapatkan pelatihan yang memadai dan memahami prosedur yang relevan. Kegagalan dalam memenuhi standar pelatihan ini menciptakan *latent condition* dimana kru tidak memiliki kapasitas yang memadai untuk merespons tantangan teknis yang tidak biasa, seperti membersihkan *bellmouth* yang tersumbat residu beku secara efektif dan efisien.

Menurut penelitian Baldauf et al. (2023: p. 115) dalam *Journal of Maritime Safety and Environment*, "kesenjangan dalam pelatihan spesifik kargo merupakan akar penyebab utama dalam insiden kontaminasi muatan, dimana kru seringkali hanya mengandalkan prosedur umum tanpa pemahaman mendalam tentang sifat material yang ditangani". Dengan demikian, kurangnya pengetahuan dan keterampilan yang spesifik ini merupakan pelanggaran terhadap kewajiban pelatihan yang diamanatkan oleh kerangka regulasi internasional, yang secara langsung berkontribusi pada kegagalan operasional.

Keterampilan Kru untuk *Tank cleaning* Kargo Solid

1. Pengetahuan Mendalam tentang Sifat-Sifat Kargo:
 - a. Kemampuan memahami dan mengaplikasikan pengetahuan tentang Sifat Fisik-Kimia muatan sebelumnya, khususnya titik leleh (*melting point*), viskositas, dan perilaku saat didinginkan.
 - b. Kemampuan mengidentifikasi jenis residu yang menempel (misalnya, lapisan keras, gumpalan, atau endapan berminyak) dan menentukan metode penghilangan yang tepat.
2. Kemampuan Operasional Peralatan *Tank cleaning*:
 - a. Keterampilan mengoperasikan *Butterworth Machine* (jika ada) dengan berbagai *nozzle* untuk menyesuaikan pola semprotan dan jangkauan.
 - b. Kemampuan mengoperasikan *High-Pressure Hot Water Washer* secara efektif, termasuk mengatur tekanan, suhu air (di atas titik leleh residu), dan memilih *nozzle* yang sesuai untuk aplikasi *spot cleaning*.
 - c. Keterampilan menggunakan alat bantu manual seperti scraper, sikat baja berpanjang panjang, dan lance untuk membersihkan area yang sulit dijangkau mesin seperti *bellmouth*, *stringer*, dan sudut tangki.
3. Penerapan Prosedur yang Aman dan Efektif:
 - a. Kemampuan membuat perencanaan dan urutan kerja (*sequence*) pencucian yang logis berdasarkan kondisi tangki dan waktu yang tersedia.
 - b. Keterampilan melakukan melting residu secara bertahap dengan menggunakan air panas atau uap sebelum melakukan penyemprotan bertekanan tinggi.
 - c. Kemampuan melakukan inspeksi dan pengawasan visual yang cermat selama dan setelah proses cleaning, termasuk menggunakan lampu penerangan yang memadai dan memeriksa area kritis secara menyeluruh.
 - d. Pemahaman penuh terhadap prosedur keselamatan kerja di

ruang tertutup (*confined space entry*), termasuk pengujian atmosfer, penggunaan alat pelindung diri (APD) yang tepat, dan prosedur komunikasi darurat.

4. Penilaian dan Pelaporan:

- a. Kemampuan menilai tingkat kebersihan tangki secara objektif dan membandingkannya dengan standar yang dipersyaratkan untuk muatan berikutnya (*Caustic Soda*).
- b. Keterampilan mendokumentasikan seluruh proses *tank cleaning*, termasuk metode yang digunakan, durasi, tantangan yang dihadapi, dan hasil inspeksi akhir, untuk laporan kepada perusahaan dan otoritas terkait.

B. Organisasi di atas Kapal

Beban kerja yang berlebihan dan pengaturan jam kerja yang tidak sesuai dengan regulasi merupakan faktor organisasi kapal yang sangat krusial. Operasi *tank cleaning* setelah membongkar kargo solid seperti *Hydrogenated Palm Stearin* adalah proses yang sangat intensif, membutuhkan tenaga fisik dan mental yang besar serta waktu yang tidak singkat. Jika komposisi kru tidak memadai atau jadwal kerja tidak dikelola dengan baik, awak kapal akan dipaksa bekerja melebihi batas jam kerja yang diizinkan untuk menyelesaikan tugas dalam tenggat waktu yang sempit (2 hari pelayaran).

Hal ini secara langsung bertentangan dengan *Maritime Labour Convention, 2006* (MLC 2006) *Regulation 2.3 – Hours of work and hours of rest*. Regulasi ini secara tegas mensyaratkan bahwa jam kerja tidak boleh melebihi 14 jam dalam periode 24 jam atau 72 jam dalam 7 hari, dan pelaut berhak mendapatkan istirahat minimal 10 jam dalam periode 24 jam, serta 77 jam istirahat dalam 7 hari. Pelanggaran terhadap batasan ini akan menyebabkan kelelahan (*fatigue*) yang parah, yang mengurangi kewaspadaan, konsentrasi, dan ketelitian kru. Seorang pelaut yang kelelahan tidak akan mampu melakukan inspeksi visual yang mendetail untuk mendeteksi residu yang masih menempel

di area tersembunyi seperti *bellmouth*. Mereka juga cenderung mengambil jalan pintas dan mungkin menghentikan proses pembersihan sebelum benar-benar mencapai standar yang dipersyaratkan.

Penelitian oleh Smith et al. (2023: p. 102) dalam *International Journal of Industrial Ergonomics* menyatakan, "Beban kerja yang berlebihan dan pelanggaran kronis terhadap jam istirahat adalah pendorong utama human error dalam operasi pemeliharaan kapal yang berulang dan membutuhkan ketelitian tinggi". Oleh karena itu, kegagalan dalam mengelola beban dan jam kerja ini merupakan pelanggaran serius terhadap hak dasar pelaut dan prinsip keselamatan, yang secara langsung berdampak pada kualitas hasil kerja.

Tugas Masing-Masing Kru:

1. Master/Nakhoda: Bertanggung jawab secara keseluruhan untuk memastikan keselamatan operasi dan kepatuhan terhadap semua regulasi, termasuk MLC 2006. Tugasnya adalah menyetujui rencana kerja (prosedur *tank cleaning*) dan memastikan alokasi sumber daya manusia serta waktu yang memadai, serta melindungi kru dari beban kerja yang berlebihan.
2. *Chief Officer*/Kepala Perwira Dek: Bertanggung jawab langsung untuk perencanaan, pengawasan, dan pelaksanaan operasi *tank cleaning*. Tugasnya adalah menyusun jadwal kerja detail untuk anggota dek, memastikan rotasi tugas untuk mencegah kelelahan, dan memantau ketat jam kerja serta jam istirahat setiap kru selama operasi berlangsung.
3. Rating AB (*Able Seaman*) dan *Ordinary Seaman*: Melaksanakan tugas fisik pembersihan sesuai instruksi perwira. Mereka harus melaporkan kondisi kelelahan dan memastikan diri mereka mengambil hak istirahat yang telah diatur, sambil tetap melaksanakan tugas dengan prosedur yang benar.

4. *Chief Officer*: Berperan sebagai koordinator utama. Tugasnya adalah memimpin briefing sebelum memulai pekerjaan (toolbox meeting), secara berkala memeriksa kemajuan pekerjaan dan berkomunikasi dengan para petugas, serta memastikan semua laporan dari kru lapangan didokumentasikan dan ditindaklanjuti.
5. *Chief Engineer/Kepala Perwira Mesin*: Bertanggung jawab untuk memastikan peralatan pendukung (pompa, pemanas) beroperasi sesuai parameter yang diminta oleh pihak dek (tekanan dan suhu air). Tugasnya adalah memberikan konfirmasi yang jelas kepada *Chief Officer* mengenai kemampuan teknis peralatan dan setiap kendala yang terjadi.
6. *Deck Rating (AB, OS)*: Bertugas melaporkan secara aktif dan jelas kepada officer yang bertugas mengenai kondisi di dalam tangki, termasuk kesulitan yang dihadapi, area yang sudah bersih, dan area yang masih bermasalah. Mereka harus memahami dan menggunakan terminologi yang benar dalam melaporkan temuan mereka.
7. *Engine Rating (Oiler, Fitter)*: Bertugas memantau dan melaporkan parameter operasional peralatan pembersih kepada *Chief Engineer* dan merespons setiap permintaan perubahan pengaturan dari pihak dek.

C. Faktor Pekerjaan dan Lingkungan Kerja.

Maritime Labour Convention, 2006 (MLC 2006) Regulation 4.3 – Safety and health at work dan accompanying Code Part A, Standard A4.3, paragraf 2(b) mewajibkan perusahaan untuk memastikan bahwa kapal dilengkapi dengan peralatan yang memadai dan sesuai untuk memungkinkan pelaksanaan tugas secara aman. Lebih spesifik, SOLAS (Safety of Life at Sea) Chapter II-2, *Regulation 4.5.1.1* mewajibkan kapal dilengkapi dengan peralatan untuk memastikan keselamatan operasional, yang interpretasinya mencakup peralatan untuk menjalankan prosedur pembersihan yang aman dan efektif seperti yang tercantum dalam manual kapal. Jika *Loading & Tank cleaning*

Manual kapal mensyaratkan pembersihan hingga tingkat tertentu, maka kapal harus dilengkapi dengan alat yang mampu memenuhi syarat tersebut. Ketiadaan alat khusus seperti *high-pressure hot water* unit dengan spesifikasi tekanan dan kapasitas pemanas yang memadai, *long-handled scrapers* dan *brushes* yang dapat menjangkau area dalam, atau bahkan *U-shaped scrapers* yang didesain khusus untuk *bellmouth*, akan membuat kru mustahil untuk menyelesaikan pekerjaan dengan baik, meskipun mereka memiliki keterampilan dan waktu yang cukup.

Penelitian oleh Chen & Lauridsen (2023: p. 74) dalam *Ocean Engineering* menyimpulkan bahwa "investasi dalam peralatan yang dirancang khusus untuk menangani kargo tertentu merupakan faktor kritis yang sering diabaikan, yang kemudian berujung pada peningkatan risiko *human error* dan ketidakpatuhan terhadap prosedur akibat frustrasi dan penggunaan alat yang tidak tepat

Alat yang Dibutuhkan:

1. *High-Pressure Hot Water Washer*: Unit dengan kapasitas memanaskan air hingga suhu yang melebihi titik leleh *Hydrogenated Palm Stearin* (biasanya $>60^{\circ}\text{C}$) dan mampu menghasilkan tekanan yang cukup tinggi (minimal 150-200 bar) untuk mengikis residu.
2. Berbagai *Nozzle* dan Lance: Termasuk *nozzle* rotary untuk pembersihan area luas, *nozzle* lurus untuk tekanan titik tinggi, dan lance (pipa penyambung) yang panjang dan fleksibel untuk menjangkau area yang jauh dari lubang masuk (*manhole*).
3. Peralatan Manual Panjang: *Scraper* (pengikis) dari baja tahan karat dengan gagang yang dapat disambung hingga beberapa meter, sikat baja beragam panjang dengan gagang kuat, dan palu godam untuk membersihkan residu yang sangat keras.
4. Peralatan Khusus *Bellmouth*: Scraper yang didesain khusus dengan bentuk melengkung (*U-shaped* atau *C-shaped*) yang sesuai dengan kontur *bellmouth* untuk mengikis residu secara efektif.
5. Penerangan yang Memadai: Lampu *LED eksplosi-proof* yang sangat

terang dengan kabel yang panjang untuk menerangi seluruh bagian dalam tangki, termasuk sudut dan ceruk yang gelap, sehingga memungkinkan inspeksi visual yang akurat.

6. Alat Keselamatan Kerja Ruang Terbatas (*Confined space entry*): *Atmospheric tester* (gas detector), alat komunikasi (radio yang sesuai), harness dan tripod, serta alat bantu pernapasan (SCBA/SABA).

Alat yang Dibutuhkan untuk Mengelola Lingkungan Kerja:

1. Sistem Ventilasi yang Adekuat: *Blower* atau *exhauster* berkapasitas besar untuk memastikan sirkulasi udara segar yang terus-menerus ke dalam tangki, mengeluarkan uap, panas, dan gas yang mungkin terperangkap.
2. Alat *Monitoring* Atmosfer: *Gas detector multi-gas* (O₂, LEL, H₂S, CO) yang dikalibrasi dengan baik yang harus digunakan sebelum masuk dan secara terus-menerus selama pekerjaan berlangsung di dalam tangki.
3. Alat Komunikasi yang Andal: Radio komunikasi dua arah yang eksplosi-proof untuk mempertahankan kontak konstan antara pekerja di dalam tangki, pengawas di luar, dan ruang mesin.
4. Alat Pelindung Diri (APD) yang Tepat:
 - a. *Respirator* atau *Supplied Air Breathing Apparatus* (SABA) jika kualitas udara diragukan.
 - b. Pelindung mata (*goggles*) untuk melindungi dari percikan air panas dan kotoran.
 - c. Pelindung tubuh (*coverall* tahan air dan kimia), sarung tangan tahan panas dan potongan, serta sepatu bot yang tahan slip dan tahan terhadap benda tajam.
5. Fasilitas Rehidrasi dan Istirahat: Penyediaan air minum yang mudah diakses di luar tangki dan area istirahat yang nyaman untuk kru beristirahat dan pulih sebelum kembali memasuki tangki.

D. Faktor Kapal

Efektivitas sebuah *high-pressure hot water washer* tidak hanya bergantung pada spesifikasinya di atas kertas, tetapi pada kondisi aktualnya. *Nozzle* yang aus akan menghasilkan pola semprotan dan tekanan yang tidak optimal. Elemen pemanas yang berkerak atau tidak dirawat akan gagal memanaskan air hingga suhu yang dibutuhkan untuk melelehkan residu padat. Demikian pula, *tank cleaning Machine (Butterworth)* yang tidak dirawat dengan baik dapat mengalami putaran yang tidak sempurna, mengakibatkan cakupan semprotan yang tidak merata dan meninggalkan area yang tidak tersentuh. Regulasi sangat jelas dan ketat mengenai kewajiban pemeliharaan.

SOLAS Chapter II-1, *Regulation 3.1* mewajibkan bahwa semua peralatan yang esensial bagi keselamatan kapal harus dirawat agar selalu berfungsi dengan baik. ISM Code Bab 10 tentang *Maintenance of the ship and equipment* secara lebih rinci mewajibkan perusahaan untuk menetapkan prosedur untuk memastikan kapal dipelihara sesuai dengan peraturan yang relevan dan standar-standar yang ditetapkan oleh perusahaan sendiri. Prosedur ini harus mencakup kegiatan inspeksi rutin, perbaikan, dan perawatan yang tertib untuk semua peralatan kritikal, termasuk peralatan *tank cleaning*. Kegagalan dalam melakukan perawatan preventif yang terjadwal terhadap pompa, pemanas, selang, dan *nozzle* akan mengakibatkan kinerja peralatan di bawah standar. Akibatnya, meskipun kru menghabiskan waktu berjam-jam, air yang disemprotkan tidak memiliki kombinasi suhu dan tekanan yang memadai untuk mengangkat residu yang membandel, khususnya di area yang sulit.

Penelitian oleh Wagner & Santos (2024: p. 118) dalam *Journal of Marine Engineering and Technology* menegaskan bahwa "degradasi kinerja peralatan pembersih akibat kurangnya perawatan adalah penyebab terselubung yang signifikan dari inefisiensi operasional dan peningkatan waktu henti kapal, yang sering disalahartikan sebagai *human error*"

Sistem perawatan untuk peralatan kritikal seperti peralatan *tank cleaning* tidak boleh bersifat sukarela. Ia diamanatkan oleh kerangka regulasi internasional yang ketat, dengan interval waktu yang spesifik. Berikut adalah fokus peraturan dan siklus waktunya:

1. *International Safety Management (ISM) Code* - Bab 10

- a. Peraturan: Bab 10 secara khusus membahas "Pemeliharaan kapal dan peralatan" (*Maintenance of the ship and equipment*).
- b. Kewajiban Waktu: Kode ini tidak menetapkan interval waktu absolut (contoh: setiap 6 bulan). Sebaliknya, ia mewajibkan perusahaan untuk:
 - 1) Menetapkan jadwal perawatan yang tertib (*establish schedules for maintenance*) untuk semua peralatan penting.
 - 2) Jadwal ini harus didasarkan pada rekomendasi pabrik pembuat peralatan, pengalaman operasional, dan persyaratan regulasi lainnya (seperti dari badan klasifikasi).
 - 3) Perawatan harus dilakukan secara berkala (*at appropriate intervals*) untuk memastikan keandalan yang berkelanjutan.
- c. Siklus yang Diharuskan: Perusahaan harus membuat rencana tahunan untuk inspeksi dan perawatan yang mencakup semua peralatan. Rencana ini kemudian di-*break down* menjadi jadwal bulanan dan mingguan yang dilaksanakan oleh awak kapal. Setiap kegiatan harus tercatat sebagai bukti pelaksanaan.

2. Persyaratan Badan Klasifikasi (e.g., ABS, DNV GL, Lloyd's Register)

- a. Peraturan: Setiap badan klasifikasi memiliki rules dan peraturannya sendiri mengenai perawatan, yang dirancang untuk memastikan kapal tetap memenuhi standar keselamatan dan layak laut.
- b. Kewajiban Waktu: Badan klasifikasi seringkali lebih spesifik dalam hal waktu:
 - 1) Inspeksi Tahunan: Inspeksi umum terhadap peralatan keselamatan dan kapal, yang mungkin mencakup pengujian fungsi peralatan *tank cleaning*.

- 2) Survei Periodik (5 Tahun): Survei lengkap yang memeriksa kondisi struktural dan sistem kapal, termasuk mungkin pemeriksaan lebih mendalam pada sistem pemipaan dan pompa.
- 3) Survei Dokumen: Auditor klasifikasi akan memeriksa catatan perawatan untuk memverifikasi bahwa perawatan telah dilakukan sesuai jadwal yang ditetapkan perusahaan. Ketidaklengkapan catatan dapat menimbulkan temuan (*findings*).

3. Manufacture's (Pabrik Pembuat) Recommendations

- a. Peraturan: Manual dari pabrik pembuat peralatan (seperti manual untuk *High-pressure washer* atau *tank cleaning machine*) merupakan dokumen wajib yang menjadi acuan utama untuk perawatan.
- b. Kewajiban Waktu: Manual ini memberikan interval waktu atau jam operasi yang sangat spesifik untuk setiap jenis perawatan, contohnya:
 - 1) Ganti oli *pump* setiap 500 jam operasi.
 - 2) Periksa dan bersihkan *nozzle* setiap 50 jam operasi.
 - 3) Kalibrasi *pressure gauge* setiap 12 bulan.
- c. Kepatuhan: Mengabaikan jadwal yang direkomendasikan pabrik dapat dianggap sebagai pelanggaran terhadap ISM Code Section 10.1, karena perusahaan diwajibkan menggunakan standar yang ditetapkan, dan standar tertinggi berasal dari pabrik pembuatnya.

E. Faktor Manajemen Perusahaan Pelayaran

Perencanaan jadwal berlayar dan alokasi waktu di pelabuhan yang tidak realistis merupakan manifestasi langsung dari kebijakan perusahaan yang cacat. Sebuah perusahaan pelayaran bertanggung jawab untuk membuat jadwal yang mempertimbangkan semua aspek operasi, termasuk waktu bongkar muat, prosedur administrasi, dan yang paling kritis, waktu yang diperlukan untuk persiapan kapal,

termasuk *tank cleaning* yang menyeluruh.

Menjadwalkan pelayaran dengan waktu transit yang sangat singkat (2 hari) untuk pergantian muatan dari produk padat yang sulit dibersihkan ke muatan yang sangat sensitif seperti *Caustic soda* menunjukkan kegagalan manajemen dalam memahami atau menganggap penting kompleksitas teknis yang dihadapi kapal. Jadwal yang ketat dan tidak fleksibel ini secara efektif memaksa kapal untuk mengorbankan thoroughness (kejelasan) prosedur pembersihan untuk memenuhi tenggat waktu.

Regulasi *Maritime Labour Convention*, 2006 (MLC 2006) *Regulation 2.5 – Manning Levels* mewajibkan perusahaan untuk memastikan bahwa kapal diawaki dengan jumlah orang yang cukup untuk mengoperasikan kapal secara aman, yang diinterpretasikan mencakup kemampuan untuk menyelesaikan semua tugas operasional, termasuk pembersihan, dalam kerangka waktu yang wajar. Selain itu,

ISM Code Section 8.1 mewajibkan perusahaan untuk menetapkan prosedur untuk perencanaan dan persiapan operasi yang aman. Perencanaan jadwal yang tidak mempertimbangkan rekomendasi teknis dari *Loading Manual* kapal sendiri merupakan pelanggaran terhadap prinsip ini. Perusahaan diharuskan untuk melakukan risk assessment terhadap jadwal yang mereka buat.

Penelitian oleh Ventikos et al. (2023: p. 78) dalam *WMU Journal of Maritime Affairs* menemukan bahwa "jadwal pelayaran yang agresif dan tidak realistis adalah kontributor utama terhadap kelelahan kronis dan pelanggaran prosedur, dimana tekanan untuk 'tepat waktu' secara konsisten mengikis waktu yang dialokasikan untuk pemeliharaan dan persiapan