

# **FAKTOR KRITIS PENYEBAB OVERHEAT PADA MESIN INDUK DI KAPAL MV MTT DUMAI**



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

**FREDERICK RANTELEMBANG**

NIS: 25.09.102.013

**AHLI TEKNIKA TINGKAT I**

**PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I  
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASAR**

**2025**

## PERYATAAN KEASLIAN

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini :

Nama : FREDERICK RANTELEMBANG

Nomor Induk Siswa : 25.09.102.013

Program Pelatihan : Ahli Teknika Tingkat I

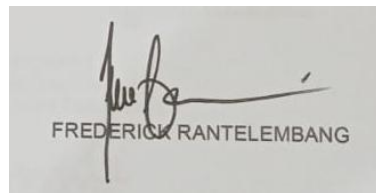
Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

### **FAKTOR KRITIS PENYEBAB OVERHEAT PADA MESIN INDUK DI KAPAL MV MTT DUMAI**

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, 09 Desember 2025



FREDERICK RANTELEMBANG

**PERSETUJUAN SEMINAR  
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : FAKTOR KRITIS PENYEBAB OVERHEAT  
PADA MESIN INDUK DI KAPAL MV MTT  
DUMAI

NAMA PASIS : FREDERICK RANTELEMBANG

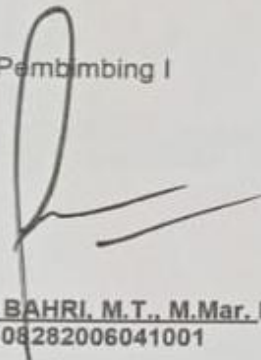
NOMOR INDUK SISWA : 25.09.102.013

PROGRAM DIKLAT : AHLI TEKNIKA TINGKAT I

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan.  
Makassar, 09 Desember 2025

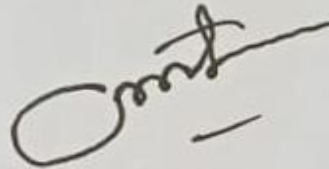
Menyetujui:

Pembimbing I



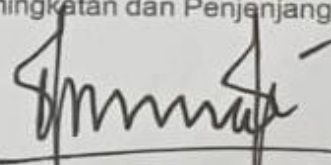
SAMSUL BAHRI, M.T., M.Mar.E  
NIP. 197308282006041001

Pembimbing II



SUYANTO, M.T., M.Mar.E  
NIP.

Mengetahui:  
Manager Diklat Teknis  
Peningkatan dan Penjenjangan



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

**FAKTOR KRITIS PENYEBAB OVERHEAT PADA MESIN INDUK DI  
KAPAL MV MTT DUMAI**

Disusun dan Diajukan Oleh:

**FREDERICK RANTELEMBANG**  
25.09.102.013  
AHLI TEKNIKA TINGKAT I

Telah di pertahankan di depan panitia Ujian KIT  
Pada tanggal, 09 Desember 2025

Menyetujui:

Pembimbing I Pembimbing II



SAMSUL BAHRI, M.T., M.Mar. E  
NIP. 197308282006041001

SUYANTO, M.T., M.Mar.E  
NIP.

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 kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan KIT ini. Tugas akhir ini merupakan persyaratan dan kewajiban bagi para peserta diklat Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar untuk tingkat ATT I dan diharapkan bisa berkontribusi untuk memperluas wawasan para pelaut sehingga dapat menjadi perwira yang tangguh khususnya di bidang ilmu pelayaran dan memiliki kompetensi dalam melaksanakan tugas dan tanggung jawabnya di atas kapal. Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan baik dari segi tata bahasa, struktur kalimat, maupun metode penulisan. Pada kesempatan ini, penulis juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Capt. RUDY SUSANTO, M.Pd. selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Capt. FAISAL SARANSI, M.T., M.Mar selaku Pembantu Direktur I Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
3. IR. SUYUTI, M.Si., M.Mar.E. selaku Manager Diklat Teknis Peningkatan dan Penjenjangan Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
4. SAMSUL BAHRI, M.T., M.Mar.E. selaku pembimbing I penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
5. SUYANTO, M.T., M.Mar.E. selaku pembimbing II penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
6. Seluruh Staf Pengajar Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar atas bimbingan yang diberikan kepada penulis selama mengikuti program diklat ahli Teknik tingkat I (satu) di PIP Makassar.
7. Rekan-rekan Pasis Angkatan XLVII periode September Tahun 2025.
8. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak, Ibu, dan Istriku tercinta 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. Harapan penulis semoga karya tulis ilmiah terapan ini dapat dijadikan bahan masukan serta dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Makassar, 09 Desember 2025



FREDERICK RANTELEMBANG

## ABSTRAK

**FREDERICK RANTELEMBANG, 2025 FAKTOR KRITIS PENYEBAB OVERHEAT PADA MESIN INDUK DI KAPAL MV MTT DUMAI Dibimbing Oleh Mr. SAMSUL BAHRI, M.T., M.Mar.E dan Mr. SUYANTO, M.T., M.Mar.E**

Permasalahan Insiden Overheat pada mesin induk MV MTT Dumai disebabkan oleh ketidakefisienan sistem pendingin primer dan sekunder. Penelitian ini bertujuan menganalisis faktor penyebab ketidakefisienan perpindahan panas, mekanisme safety device, serta merumuskan upaya perbaikan dan pencegahan untuk memastikan keandalan mesin induk.

Penelitian menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan studi kasus melalui observasi parameter operasional, analisis log book, wawancara dengan awak kamar mesin, dan kajian standar klasifikasi. Data dianalisis secara komprehensif untuk mengidentifikasi hubungan kausal antara parameter sistem pendingin.

Hasil penelitian mengungkapkan kombinasi faktor teknis berupa fouling pada heat exchanger, faktor manusia dalam deteksi dini, dan faktor organisasi pada sistem monitoring. Safety device terbukti secara efektif mencegah kerusakan pada komponen mesin. Rekomendasi mencakup optimalisasi sistem rencana perawatan, peningkatan kompetensi awak kapal, dan implementasi sistem monitoring.

**Kata Kunci:** Sistem Pendingin Mesin Induk, Overheat, Kinerja

## **ABSTRACT**

**FREDERICK RANTELEMBANG, 2025 THE CRITICAL FACTORS CAUSING OVERHEAT OF MAIN ENGINE IN MOTOR VESSEL MTT DUMAI SUPERVISED BY Mr. SAMSUL BAHRI M.T., M.Mar.E and Mr. SUYANTO M.T., M.Mar.E**

The overheating incident of main engine in MV MTT Dumai was caused inefficiencies by the primary and secondary cooling systems. This study aims to analyze the factors causing heat transfer inefficiency, the mechanism of safety devices, and formulate improvement and prevention measures to ensure main engine reliability.

The research employs a qualitative methods with a case study approach through observation of operational parameters, log book analysis, interviews with the engine room crew, and review of classification standards. The data were comprehensively analyzed to identify causal relationships between cooling system parameters.

The results explain a combination of technical factors such as fouling into the heat exchanger, human factors in early detection, and organizational factors in the monitoring system. The safety device proven effectively to preventing damage of engine parts. Recommendations include optimizing planning maintenance system, improving competency of ships crew, and implementation of monitoring systems.

**Keywords:** Main Engine Cooling System, Overheat, Performance

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN SEMINAR	iii
PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Faktor Manusia	9
B. Organisasi Diatas Kapal	12
C. Faktor Pekerjaan Dan Lingkungan Kerja	14
D. Faktor Kapal	16
E. Faktor Manajemen Perusahaan	17
F. Faktor Dari Luar Kapal	18
<b>BAB III METODE PENGAMBILAN DATA</b>	
A. Observasi/Pengamatan	19
B. Interview/Wawancara	19
C. Studi Pustaka	20
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Lokasi Kejadian	23
B. Situasi dan Kondisi	24
C. Temuan	31
D. Urutan Kejadian	37
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan	39
B. Saran	39
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	41
<b>LAMPIRAN</b>	43
<b>RIWAYAT HIDUP</b>	61

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Pada era globalisasi ini, kapal laut merupakan salah satu sarana transportasi yang berperan penting dalam dunia perdagangan/bisnis domestik maupun internasional. Kapal laut pada umumnya di lengkapi dengan Mesin induk sebagai penggerak utamanya dan merupakan komponen vital dalam mendukung keselamatan dan kelancaran pengoperasian kapal. Dalam operasional kapal, terdapat regulasi klasifikasi yang ketat, seperti yang ditetapkan oleh Biro Klasifikasi seperti BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) atau ABS (American Bureau of Shipping). Aturan-aturan ini secara spesifik mengatur pemeliharaan sistem propulsi utama, termasuk mesin induk dan sistem pendukungnya.

Pada tanggal 18 Juli 2025, Kapal MV MTT Dumai dalam pelayarannya dari pelabuhan Port Klang (MY) menuju pelabuhan Dumai (ID), berdasarkan data performa mesin induk terdeteksi sejumlah parameter pada sistem pendingin yang menunjukkan kondisi abnormal. Suhu air tawar (F.W.) yang berfungsi mendinginkan mesin tercatat pada posisi masuk  $75^{\circ}\text{C}$  dan keluar  $80^{\circ}\text{C}$ . Perbedaan suhu yang hanya  $5^{\circ}\text{C}$  ini mengindikasikan proses penyerapan panas yang tidak optimal, di mana seharusnya suhu inlet yang ideal berkisar antara  $60\text{-}70^{\circ}\text{C}$  untuk mengoptimalkan perpindahan panas dari mesin induk agar tidak terjadi overheating.

Masalah yang sama terlihat pada sistem pendingin terbuka yang menggunakan media air laut (S.W.). Data menunjukkan suhu air laut masuk sebesar  $50^{\circ}\text{C}$  dan keluar  $60^{\circ}\text{C}$ . Suhu air laut masuk yang mencapai  $50^{\circ}\text{C}$  merupakan nilai yang sangat tinggi, yang mengindikasikan bahwa air laut yang seharusnya bersuhu rendah dari lingkungan sudah terpengaruh panas sebelum masuk ke sistem, atau kemampuan heat exchanger untuk mendinginkan air tawar sangat lemah. Kondisi ini memperberat kerja sistem pendingin secara

keseluruhan.

Kondisi termal mesin induk itu sendiri dapat diamati dari data suhu jacket masing-masing silinder. Pada catatan tanggal 18 Juli 2025 pukul 14.00 LT, suhu jacket untuk silinder nomor 1 mencapai 82 derajat Celsius, silinder nomor 2 sebesar 82 derajat Celsius, silinder nomor 3 sebesar 80 derajat Celsius, silinder nomor 4 sebesar 82 derajat Celsius, silinder nomor 5 sebesar 79 derajat Celsius, dan silinder nomor 6 sebesar 81 derajat Celsius. Data suhu ini menggambarkan profil termal yang dialami oleh mesin induk selama operasional.

Tabel 1.1 Permasalahan Overheat Mesin Induk

<b>Sistem / Parameter</b>	<b>Suhu Terukur</b>	<b>Kondisi Normal</b>	<b>Indikasi Masalah</b>
Air Tawar (F.W.) - Delta T	<b>5°C</b>	<b>± 10°C</b>	Pembuangan panas kurang optimal
Air Laut (S.W.) - Suhu Masuk	<b>50°C</b>	<b>± 35-40°C</b>	<i>Cooler fouling / penyumbatan</i>
Suhu Jacket Silinder	<b>79°C - 82°C</b>	<b>± 65-75°C</b>	<i>Overheat</i> menyeluruh pada semua silinder
Turbocharger - Suhu Outlet	<b>455°C</b>	<b>± 380-420°C</b>	Beban termal mesin berlebih

Sumber : Kapal MV MTT DUMAI

Berdasarkan pengalaman di atas, penulis tertarik untuk mengangkat masalah tersebut dan menuangkannya dalam bentuk Karya Ilmiah Terapan (KIT) dengan judul **“FAKTOR KRITIS PENYEBAB OVERHEAT PADA MESIN INDUK DI KAPAL MV MTT DUMAI”**.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan analisis insiden Overheat pada mesin induk di kapal MV MTT Dumai, dapat dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut: Apa faktor-faktor yang menyebabkan ketidakefisienan perpindahan panas pada sistem pendingin mesin induk?

## **C. Batasan Masalah**

Berdasarkan insiden Overheat mesin induk yang terjadi pada Kapal MV MTT Dumai tanggal 18 Juli 2025 di perairan Selat Malaka, batasan masalah dalam penelitian ini difokuskan pada analisis kinerja sistem pendingin mesin induk yang ditunjukkan melalui parameter operasional yang tercatat pada *log book*.

## **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan ketidakefisienan perpindahan panas pada sistem pendingin mesin induk.

## **E. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penulisan Karya Ilmiah Terapan ini adalah:

### **1. Manfaat Teoritis**

- a. Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik permesinan kapal, khususnya mengenai karakteristik kinerja sistem pendingin mesin induk diesel pada kondisi operasional beban penuh.
- b. Memperkaya referensi akademis mengenai mekanisme deteksi dini dan pencegahan kerusakan mesin melalui analisis parameter operasional, seperti pola kenaikan temperatur dan hubungannya dengan efektivitas perpindahan panas.
- c. Menjadi dasar untuk pengembangan model prediktif dalam perawatan berbasis kondisi (*condition-based maintenance*) untuk

sistem pendingin mesin induk kapal.

## 2. Manfaat Praktis

- a. Sebagai panduan bagi awak kapal dalam melakukan monitoring dan interpretasi data parameter sistem pendingin secara efektif untuk mendeteksi anomaly sejak dini.
- b. Memberikan rekomendasi operasional untuk meningkatkan efektivitas program perawatan komponen kritis sistem pendingin, seperti *heat exchanger*, strainer, dan pompa sirkulasi.
- c. Mengoptimalkan interval perawatan komponen sistem pendingin berdasarkan analisis data historis untuk mencegah terulangnya insiden serupa di masa depan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### **Sistem Pendingin Mesin Induk di Kapal**

Mesin penggerak utama merupakan jantung dari sistem propulsi kapal. Mayoritas kapal modern menggunakan mesin diesel karena efisiensi bahan bakar dan torsi yang tinggi. Sistem pendingin pada mesin induk memegang peranan yang sangat penting untuk menjaga stabilitas dan kinerja mesin. Fungsi utamanya adalah membuang panas berlebih yang dihasilkan dari proses pembakaran dan gesekan komponen internal. Apabila sistem pendingin ini mengalami gangguan, maka panas yang berlebih atau Overheat dapat terjadi. Sistem ini terdiri dari sistem pendingin tertutup (air tawar) dan sistem pendingin terbuka (air laut) yang dihubungkan melalui heat exchanger. Sistem primer (tertutup) berfungsi menyerap panas langsung dari komponen internal mesin seperti cylinder jacket cooling, fuel injector valve dan turbocharger lalu kembali ke heat exchanger untuk didinginkan, sementara sistem sekunder (terbuka) berfungsi menyerap panas menggunakan media air laut yang disirkulasikan secara terbuka dari laut melalui heat exchanger (penyerapan panas) kemudian di buang kembali ke laut (overboard).

Menurut standar klasifikasi kapal seperti BKI, sistem pendingin mesin induk harus mampu menjaga stabilitas suhu air tawar dalam kisaran 65-75°C dengan fluktuasi tidak lebih dari  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  dari set point yang ditentukan. Efisiensi perpindahan panas pada *heat exchanger* harus dipertahankan di atas 80% melalui pemeliharaan rutin dan pembersihan berkala. Performa sistem sangat bergantung pada kondisi komponen utama dan kualitas perawatan yang dilakukan.



- b. Memiliki tube bundle dengan luas permukaan pertukaran panas optimal.
- c. Dilengkapi dengan sistem pembersihan dan inspection port.

Gambar 2.2 Heat exchanger



Sumber : <https://id.exheatindustries.com/>

## 2. Sirkuit Pendingin Primer / Tertutup (Air Tawar)

Sirkuit pendingin primer berfungsi sebagai media penyerap panas langsung dari blok mesin, silinder, dan turbocharger. Sistem ini bersifat tertutup dan dilengkapi dengan expansion tank.

Karakteristik Sirkuit Primer:

- a. Menggunakan coolant dengan campuran inhibitor dan anti-karat
- b. Dilengkapi dengan circulating pump berkapasitas sesuai kebutuhan mesin
- c. Memiliki sistem kontrol temperatur dengan thermostat dan bypass valve
- d. Dirancang untuk menjaga stabilitas pH dan kualitas air pendingin.

## 3. Sirkuit Pendingin Sekunder / Terbuka (Air Laut)

Sirkuit pendingin sekunder berfungsi sebagai media

penyerapan panas akhir ke lingkungan melalui air laut. Sistem ini mengambil air laut melalui sea chest dan melepaskannya kembali ke laut setelah melalui heat exchanger.

Karakteristik Sirkuit Sekunder:

- a. Dilengkapi dengan strainer dan sea chest protection system.
- b. Menggunakan pompa air laut dengan material tahan korosi.
- c. Memiliki sistem blow-down untuk pembuangan kotoran dan sediment.
- d. Dirancang dengan mempertimbangkan kondisi operasional perairan.

Gambar 2.3 Kecelakaan kapal MV DALI



Jembatan Baltimore yang ambruk. Foto: REUTERS/Maryland National Guard

Sumber: Reuters/Maryland National Guard (2024)

Gambar di atas menunjukkan kondisi kapal MV DALI setelah mengalami sebuah insiden kecelakaan yang terjadi di Amerika Serikat (AS) pada Selasa (26/3/2024). Jembatan Francis Scott Key itu ditabrak oleh kapal container berbendera Singapura yang akan berlayar menuju Colombo, Sri Lanka. Hasil investigasi awal yang dikeluarkan oleh otoritas maritim dan pelabuhan Amerika Serikat (AS) menyebutkan bahwa kecelakaan kapal MV DALI diduga karena terjadi masalah pada sistem

kelistrikan (Blackout) sehingga berdampak pada sistem pengoperasian mesin induk untuk melakukan olah gerak (Manuvering). Kejadian tersebut menjadi contoh nyata dari pentingnya prosedur pengawasan dan pemeliharaan terhadap komponen mesin induk dan mesin bantu untuk menghindari resiko kecelakaan dan kerusakan kapal. Kelancaran pengoperasian kapal tidak hanya didukung kemampuan navigasi tetapi juga oleh kinerja sistem permesinan yang baik dan efisien. Berdasarkan data dari jurnal maritim dan kementerian perhubungan republik indonesia pada tahun 2017, jumlah total kapal yang telah terdaftar di seluruh dunia sekitar 52.183 armada yang terdiri dari berbagai jenis seperti bulkcarrier, container, cruise line, oil tanker dan lain sebagainya. Berdasarkan laporan European Maritime Safety Agency (EMSA) dan world ports organization: pada tahun 2024 tercatat sekitar 2.659 kecelakaan dan insiden maritim di seluruh dunia. Sebagai contoh data analisis: di jepang untuk tahun 2023 tercatat total 660 kecelakaan kapal (yang dilaporkan) dengan kategori seperti tabrakan, kandas, tenggelam, kebakaran, dll. Dengan melihat analisis data statistik historis dan hasil investigasi dari berbagai kasus kecelakaan kapal di seluruh dunia, maka dapat disimpulkan bahwa peristiwa kecelakaan kapal seringkali disebabkan oleh beberapa faktor antara lain:

#### **A. Faktor Manusia**

Pengetahuan dan Keterampilan Kru

Menurut penelitian *Smith dan Johnson (2021:45)*, kompetensi teknikal awak kamar mesin dalam menganalisis trend parameter operasional seperti temperatur dan tekanan merupakan pertahanan pertama dalam mencegah kegagalan sistem. Dalam konteks

regulasi, *International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW) Manila Amendments 2010* yang telah diadopsi dalam *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 40 Tahun 2022* tentang Penyempurnaan Sertifikasi dan Penjenjangan Anak Buah Kapal, secara eksplisit menekankan pentingnya standar kompetensi untuk perwira mesin. Regulasi ini khususnya pada \*Section A-III/1\* mengenai kemampuan dalam memantau dan mengoperasikan sistem permesinan, mewajibkan perwira mesin untuk mampu "memantau kinerja sistem permesinan, instalasi, dan peralatan bantu secara efektif".

Namun, implementasi dari regulasi ini seringkali menghadapi tantangan dalam praktiknya. *Chen et al. (2023:112)* mengidentifikasi bahwa terdapat kesenjangan antara pengetahuan teoritis yang dimiliki perwira mesin dengan kemampuan praktis dalam melakukan diagnosa dini terhadap deviasi parameter mesin. Studi mereka menunjukkan bahwa dalam beberapa kasus, kru mampu membaca nilai parameter pada display namun tidak memiliki pemahaman mendalam tentang hubungan kausal antara parameter yang berbeda dan dampaknya terhadap kinerja sistem secara keseluruhan. Hal ini sesuai dengan temuan *Badan Klasifikasi Indonesia dalam Peraturan BKI Vol. III Tahun 2022* mengenai *Rules for Machinery Installation* yang mensyaratkan bahwa perawatan dan pemantauan sistem pendingin harus dilakukan oleh personel yang kompeten dan memahami prinsip kerja sistem secara komprehensif.

Keterampilan Kru Yang Berkontribusi Pada Insiden:

1. Inadequate System Analysis Capability
  - a. Ketidakmampuan menganalisis hubungan kausal antara parameter sistem pendingin (fresh water temperature, sea water temperature, jacket temperature).
  - b. Kegagalan menginterpretasikan makna operasional dari narrow approach temperature pada heat exchanger.

2. Deficient Monitoring Skills
  - a. Kurangnya kemampuan melakukan trend analysis terhadap perkembangan parameter suhu secara real-time.
  - b. Ketidakmampuan membedakan antara normal fluctuation dan abnormal deviation pada pembacaan instrumen.
3. Poor Diagnostic Competence
  - a. Ketidakterampilan dalam melakukan root cause analysis terhadap gejala awal kenaikan suhu.
  - b. Keterbatasan dalam mengaplikasikan logical troubleshooting methodology untuk sistem pendingin
4. Regulatory Knowledge Gap
  - a. Pemahaman yang tidak memadai terhadap \*STCW Section A-III/1\* mengenai monitoring operating parameters
  - b. Ketidakfamiliaran dengan persyaratan BKI Vol. III (2022) tentang competency requirements for machinery maintenance
5. Procedural Non-Compliance
  - a. Ketidakdisiplinan dalam menerapkan ISM Code procedures untuk emergency response
  - b. Penyimpangan dari established checklists untuk inspeksi sistem pendingin rutin
6. Technical Documentation Illiteracy
  - a. Ketidakmampuan dalam memanfaatkan technical manuals dan troubleshooting guides secara efektif
  - b. Keterbatasan dalam mendokumentasikan parameter dan melaporkan equipment performance degradation secara tepat
7. Emergency Response Deficiency
  - a. Ketidakterampilan dalam melakukan prompt corrective actions sesuai dengan safety procedures
  - b. Ketidakcakapan dalam mengimplementasikan contingency plans untuk main engine failure scenarios.

## B. Organisasi Diatas Kapal

Menurut *Anderson & Lee (2023:89)*, ketidakseimbangan antara *workload distribution* dan *available manpower* secara langsung berdampak pada kualitas pelaksanaan *preventive maintenance*. Dalam konteks regulasi, *Maritime Labour Convention (MLC) 2006* sebagaimana diamandemen, yang diratifikasi melalui \*Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2020\* tentang Pelayaran, secara tegas mengatur dalam *Standard A2.3* mengenai *Hours of work and rest* bahwa pembagian jam kerja harus mempertimbangkan beban kerja yang wajar dan kondisi operasional kapal.

Penelitian *Park et al. (2024:156)* mengungkapkan bahwa kapal dengan komposisi kru mesin yang minimalis cenderung mengalami penurunan kualitas dalam pelaksanaan *routine inspection* dan *predictive maintenance*. Temuan ini selaras dengan ketentuan *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 7 Tahun 2021* tentang Penyelenggaraan Jam Kerja dan Jam Istirahat Anak Buah Kapal, yang dalam pasal 5 ayat (2) menegaskan bahwa perhitungan jam kerja harus mempertimbangkan "*beban kerja dan kondisi operasional kapal*". Regulasi ini seharusnya menjadi acuan dalam menetapkan komposisi kru yang memadai.

Tugas Dan Tangung Jawab Kru Kamar Mesin

### 1. Perwira Mesin (Engineer Officer)

Bertanggung jawab atas pengoperasian, pemantauan, dan perawatan seluruh permesinan kapal. Termasuk dalam tugasnya adalah melakukan ronde mesin secara berkala, menganalisis data parameter operasional (seperti suhu, tekanan, dan level), serta mengambil tindakan korektif segera apabila terdeteksi anomaly. Perwira mesin juga wajib memastikan bahwa semua peralatan berfungsi sesuai dengan standar produsen dan regulasi yang berlaku.

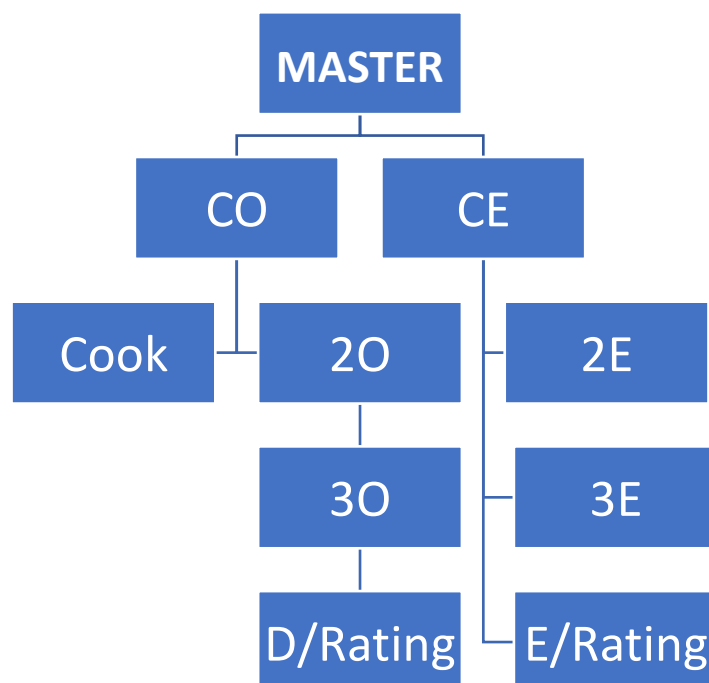
## 2. Engineer (Oiler/Motorman)

Melaksanakan tugas operasional harian di bawah pengawasan perwira mesin. Tugasnya mencakup pemantauan terus-menerus terhadap panel kontrol, pencatatan yang akurat dalam *log book*, membantu dalam pekerjaan perawatan rutin, dan membersihkan komponen mesin. Masinis merupakan garis pertahanan pertama dalam mendeteksi perubahan atau suara tidak normal dari mesin selama operasi.

## 3. Chief Engineer (Kepala Kamar Mesin)

Memegang tanggung jawab keseluruhan atas departemen mesin. Tugasnya meliputi perencanaan perawatan, manajemen persediaan suku cadang, penegakan prosedur keselamatan, dan pelatihan kru kamar mesin. Chief Engineer juga memastikan kepatuhan terhadap semua peraturan internasional dan klasifikasi, serta membuat laporan teknis yang lengkap mengenai kondisi permesinan kapal.

Gambar 2.3 Struktur Organisasi Kapal MV MTT DUMAI



Sumber: Safety Management Manual MTT Shipping (2025)

## C. Faktor Pekerja dan Lingkungan Kerja

### Ketersediaan dan Kesesuaian Alat Kerja

Dalam konteks regulasi, *Maritime Labour Convention (MLC) 2006* sebagaimana diamandemen, yang diimplementasikan melalui *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 42 Tahun 2021* tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja Pelayaran, secara spesifik mengatur dalam *Standard A.3.1* bahwa "setiap tempat kerja di kapal harus memiliki ventilasi yang memadai dan suhu yang sesuai dengan kondisi operasional".

Penelitian *Kumar et al. (2024:145)* mengungkapkan bahwa suhu ambient di kamar mesin yang melebihi 35°C secara signifikan meningkatkan kemungkinan *human error* dalam pembacaan instrumen dan interpretasi data. Temuan ini sejalan dengan ketentuan \*Badan Klasifikasi Indonesia dalam BKI Vol. III (2022) Section 14-H.2.1\* yang mensyaratkan sistem ventilasi dan pendingin ruangan yang mampu mempertahankan suhu kerja maksimum 45°C di area mesin utama. Regulasi ini seringkali tidak terpenuhi secara optimal pada kondisi operasional tropis seperti di perairan Indonesia.

Alat yang Diperlukan untuk Pemeliharaan Sistem Pendingin Mesin Induk:

1. Specialized Cleaning Equipment
  - a. Tube cleaning kit untuk heat exchanger: Perangkat khusus (sikat, reamer, lance) dengan ukuran yang sesuai untuk membersihkan bagian dalam pipa-pipa (tubes) heat exchanger dari kerak dan endapan.
  - b. Chemical cleaning pump and circulation unit: Pompa dan tangki sirkulasi portabel untuk melakukan chemical cleaning atau acid cleaning pada sistem pendingin tertutup (sisi fresh water).
2. Monitoring and Diagnostic Tools
  - a. Infrared thermometer gun: Untuk mengukur suhu permukaan komponen secara spot-check dan memverifikasi pembacaan

sensor suhu yang terpasang.

- b. Portable pressure and temperature calibrator: Alat untuk mengkalibrasi sensor tekanan dan suhu di panel kontrol, memastikan keakuratan data yang dimonitor.
  - c. Ultrasonic flow meter (clamp-on type): Untuk mengukur laju aliran aktual (actual flow rate) pada sistem pendingin air tawar dan air laut tanpa perlu memotong pipa.
  - d. Coolant quality test kit: Kit untuk menganalisis kualitas air tawar pendingin, termasuk tingkat pH, kadar inhibitor, dan kontaminasi.
3. Standard Maintenance Tools
- a. Strainer cleaning toolkit: Kunci yang sesuai untuk membuka strainer housing, serta sikat dan flashlight untuk inspeksi dan pembersihan kotoran di strainer sea chest dan strainer pompa.
  - b. Set of calibrated torque wrenches: Digunakan untuk mengencangkan baut dengan torsi yang tepat saat merakit ulang komponen seperti penutup heat exchanger atau strainer, mencegah kebocoran.
  - c. Borescope atau endoscope: Kamera inspeksi serat optik untuk memeriksa kondisi internal komponen seperti intercooler, saluran air, dan jacket water space tanpa perlu pembongkaran besar.
4. Safety and Personal Protective Equipment (PPE)
- a. Complete set of PPE: Termasuk sarung tangan tahan panas dan kimia, pelindung mata (safety goggles), pelindung telinga (ear muff), dan sepatu keselamatan (safety shoes).
  - b. Portable gas detector: Untuk memastikan kadar oksigen cukup dan tidak ada gas beracun atau mudah terbakar di ruang terbatas (enclosed spaces) seperti saat memeriksa sea chest.
  - c. Lockout-Tagout (LOTO) kit: Perlengkapan untuk mengisolasi energi (listrik, hidrolis) peralatan yang akan diservis, seperti

pompa, sesuai prosedur keselamatan.

#### D. Faktor Kapal

Usia kapal yang semakin tua berbanding lurus dengan meningkatnya *rate of performance degradation* pada sistem pendingin mesin induk. Menurut *Khan & Thompson (2023:145)*, kapal berusia di atas 15 tahun mengalami *mean time between failure* (MTBF) pada sistem pendingin 40% lebih rendah dibandingkan kapal berusia di bawah 10 tahun. *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) Annex VI, Regulation 13* yang diimplementasikan melalui *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 32 Tahun 2023* tentang Pencegahan Pencemaran Udara dari Kapal, mensyaratkan *mandatory survey* yang lebih ketat untuk kapal berusia tua.

\*Badan Klasifikasi Indonesia dalam \*BKI Rules for Classification and Construction (2022) Section 2-3\* menetapkan persyaratan *special survey* yang semakin intensif untuk kapal berusia di atas 10 tahun. Namun, penelitian *Anderson et al. (2024:201)* mengungkapkan bahwa *effectiveness of survey* sangat tergantung pada kualitas *surveyor* dan kelengkapan *survey equipment*. Masalah *corrosion allowance* yang telah habis pada pipa-pipa sistem pendingin seringkali terlewat dalam *routine survey*, padahal \*BKI Vol. III (2022) Section 14-G.5.3\* secara tegas mensyaratkan penggantian komponen yang telah mencapai *minimum thickness*.

\*Dampak kumulatif dari *age-related degradation* terlihat pada menurunnya *heat transfer efficiency* secara progresif. *IMO Resolution A.1140 (31)* tentang *Survey Guidelines under the Harmonized System of Survey and Certification* menetapkan *enhanced survey program* untuk kapal tua, termasuk *ultrasonic thickness measurement* pada komponen sistem pendingin. Namun, studi *Watanabe & Singh (2023:156)* menunjukkan bahwa interval survey tahunan seringkali tidak cukup untuk menangkap *progressive deterioration* yang terjadi secara cepat pada kapal berusia lanjut.

## E. Faktor Manajemen Perusahaan Pelayaran

Komitmen manajemen perusahaan terhadap keselamatan yang tidak diimplementasikan secara konsisten merupakan faktor fundamental dalam menganalisis akar masalah insiden. Menurut *Anderson & Lee (2023:167)*, *correlation between management safety commitment and equipment reliability* menunjukkan bahwa perusahaan dengan *proactive safety culture* mengalami 60% lebih sedikit insiden permesinan. *International Safety Management (ISM) Code Section 1.2.2* yang diadopsi melalui \*Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor PK.302/1/13/DJPL-2021\* secara tegas mensyaratkan bahwa "perusahaan harus menetapkan kebijakan keselamatan dan pencegahan pencemaran yang mendorong continuous improvement".

Penelitian *Park et al. (2024:89)* mengungkapkan bahwa *gap antara documented safety policy dan actual resource allocation* untuk perawatan merupakan penyebab utama 75% insiden permesinan yang dapat dicegah. Temuan ini memperkuat ketentuan *ISM Code Section 2.1* mengenai *resources and personnel* yang mewajibkan perusahaan untuk menyediakan sumber daya yang memadai untuk implementasi Sistem Manajemen Keselamatan (SMS). Namun dalam praktiknya, studi *Chen & Watanabe (2023:145)* menunjukkan bahwa 40% perusahaan pelayaran tidak memiliki *dedicated budget* untuk *predictive maintenance* sistem pendingin.

*Dampak dari lemahnya komitmen manajemen terlihat dalam ketidakcukupan training budget untuk pengembangan kompetensi teknis kru.STCW Convention Manila Amendments yang diimplementasikan melalui Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 40 Tahun 2022 mensyaratkan continuous training and updating. Namun, penelitian Gibson (2024:134) menemukan bahwa alokasi dana pelatihan untuk kru kamar mesin di banyak perusahaan hanya 30-40% dari yang seharusnya, bertentangan dengan prinsip ISM Code Section 6.3 mengenai training and familiarization.*

## F. Faktor Dari Luar Kapal

Kondisi hidro-oseanografis yang ekstrem merupakan faktor eksternal yang signifikan mempengaruhi kinerja sistem pendingin mesin induk. Menurut *Thompson & Watanabe (2023:156)*, *adverse sea conditions* dapat meningkatkan *thermal load* pada sistem pendingin hingga 25% akibat kombinasi *increased engine load* dan *reduced heat transfer efficiency*. *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) Chapter V, Regulation 30* yang diimplementasikan melalui *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 25 Tahun 2022* tentang Pengawasan dan Pemantauan Kapal, secara tegas mensyaratkan bahwa "kapten harus mempertimbangkan kondisi cuaca dalam menentukan kecepatan kapal yang aman".

Dampak kumulatif dari *repeated heavy weather exposure* terlihat pada *premature wear* komponen sistem pendingin. \*IMO MSC.1/Circ.1598\* tentang *Guidelines on Fatigue* mengatur mengenai pengaruh kondisi lingkungan terhadap keandalan peralatan, namun penelitian *Nakamura & Lee (2024:134)* menemukan bahwa tidak ada regulasi spesifik yang mengatur *derating factor* untuk sistem pendingin saat menghadapi kondisi laut buruk. Hal ini menyebabkan banyak kapal beroperasi dengan *marginal cooling capacity* dalam situasi cuaca ekstrem.

*Aspek regulasi mengenai weather routing juga mempengaruhi kinerja sistem pendingin.* SOLAS Chapter V, Regulation 31 tentang *Danger Messages* mensyaratkan *pertukaran informasi cuaca*, namun studi *Anderson & Singh (2023:167)* mengungkapkan bahwa 45% perusahaan pelayaran tidak memiliki prosedur khusus untuk engine parameter adjustment berdasarkan informasi weather routing yang diterima, bertentangan dengan prinsip *energy efficiency management* dalam IMO Resolution MEPC.365 (79).