

**ANALISA PENYEBAB PENURUNAN TEKANAN
PENDINGIN AIR LAUT PADA MESIN INDUK DI KAPAL
WINNING TUG 7**



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

YANDRI

NIS: 26.03.102.027

AHLI TEKNIK TINGKAT I

**PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN
MAKASAR 2026**

PERYATAAN KEASLIAN

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini :

Nama : YANDRI
Nomor Induk Siswa : 26.03.102.027
Program Pelatihan : Ahli TeknikTingkat I
Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

ANALISA PENYEBAB PENURUNAN TEKANAN PENDINGIN AIR LAUT DIKAPAL WINNING TUG 7

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,20 April 2026



YANDRI

**PERSETUJUAN SEMINAR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : **ANALISA PENYEBAB PENURUNAN TEKANAN
PENDINGIN AIR LAUT PADA MESIN INDUK DI
KAPAL WINNING TUG 7**

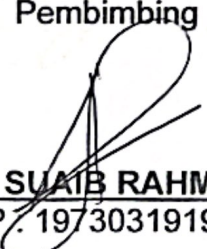
Nama Lengkap : YANDRI
Nomor Induk Siswa : 26.03.102.027
Program Diklat : Ahli Teknik Tingkat I

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan

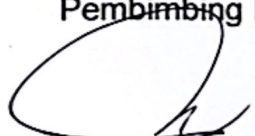
Makassar, 27 April 2026

Persetujuan

Pembimbing I

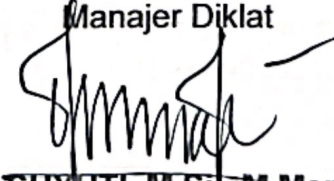

Ir. Muh. SUAIB RAHMAN, M.T., M.Mar.E
NIP. 197303191998031002

Pembimbing II


Ir. SYAH RISAL, S.T., M.T.
NIP : 197309011998031002

Mengetahui

Manajer Diklat


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

**ANALISA PENYEBAB PENURUNAN TEKANAN PENDINGIN AIR LAUT PADA
MESIN INDUK DI KAPAL WINNING TUG 7**

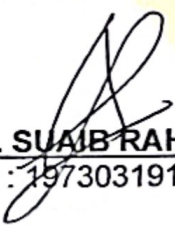
Disusun dan diajukan Oleh

YANDRI
26.03.102.027

Telah dipresentasikan di depan panitia seminar Ujian KIT
Pada Tanggal 27 April 2026

Menyetujui

Pembimbing I


Ir. MUH. SUAIB RAHMAN, M.T., M.Mar.E
NIP : 197303191998031002

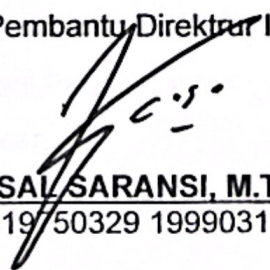
Pembimbing II


Ir. SYAH RISAL, S.T., M.T.
NIP : 197309011998031002

Mengetahui
an. Direktur

Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar

Pembantu Direktur I


Capt. FAISAL SARANSI, M.T., M.Mar
NIP. 19750329 1999031002

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 TeknikTingkat I (ATT I) dalam menyelesaikan studinya pada program ATT I di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar. Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan baik dari segi tata bahasa, struktur kalimat, maupun metode penulisan.

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. Ir. Muhammad Suaib Rahman, M.T.,M.Mar.E selaku pembimbing I penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
4. Ir. Syah Risal, S.T., M.T 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 Teknik tingkat I (I) di PIP Makassar.
6. Rekan-rekan Pasis periode maret Tahun 2026
7. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak, Ibu, dan segenap keluarga 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, 20 April 2026

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

YANDRI

ABSTRAK

YANDRI, ANALISA PENYEBAB PENURUNAN TEKANAN PENDINGIN AIR LAUT PADA MESIN INDUK DI KAPAL WINNING TUG 7

Penelitian ini mengkaji masalah penurunan tekanan pada sistem pendingin air laut di Kapal Winning Tug 7 yang terjadi saat beroperasi di perairan sungai nunez, guinea afrika barat pada 01 Januari 2026. Masalah utama yang diteliti adalah ketidakmampuan sistem mempertahankan tekanan operasional standar 3,5-4 bar, di mana tekanan aktual tercatat turun hingga 2 bar disertai kenaikan suhu mesin dari 85°C menjadi 95°C. Penelitian dilakukan melalui observasi langsung terhadap parameter sistem pendingin selama 6 jam proses perbaikan darurat, meliputi pengukuran tekanan air laut, laju aliran, suhu komponen, dan analisis kondisi fisik komponen kritis seperti *Filter Sea Chest*, *Cooler*, dan pompa sirkulasi.

Hasil penelitian mengungkapkan bahwa akar masalah berasal dari kombinasi penyumbatan parah di sistem filtrasi, akumulasi deposit di *Cooler*, dan kelemahan sistem monitoring. Penyumbatan *Filter Sea Chest* mencapai 80% oleh lumpur setebal 15 cm, sementara 40% *tube Cooler* tersumbat partikel halus dan kerak mineral. Analisis lebih lanjut menunjukkan sistem alarm yang tidak responsif dengan *Setpoint* terlalu rendah (1,5 bar) menyebabkan keterlambatan deteksi masalah. Dampak operasional yang terjadi meliputi penurunan efisiensi mesin, peningkatan konsumsi bahan bakar 15-20%, dan downtime operasional selama 6 jam. Temuan ini menegaskan pentingnya modifikasi desain sistem filtrasi, peningkatan protokol perawatan preventif, dan instalasi sistem monitoring yang lebih canggih untuk lingkungan operasional dengan sedimentasi tinggi.

Kata Kunci: Sistem pendingin air laut, penyumbatan sedimentasi, perawatan *Cooler*, monitoring tekanan, efisiensi mesin kapal

ABSTRACT

YANDRI, YANDRI, ANALYSIS OF THE CAUSES OF THE DECREASE IN SEAWATER COOLING PRESSURE OF MAIN ENGINE ON THE WINNING TUG 7 SHIP

This study examines the problem of pressure drop in the seawater cooling system on the Winning Tug 7 Ship that occurred while operating in the waters of the Nunez river. Guinea on January 01, 2026. The main problem studied was the system's inability to maintain a standard operating pressure of 3.5-4 bar, where the actual pressure was recorded to have dropped to 2 bar accompanied by an increase in engine temperature from 85°C to 95°C. The study was conducted through direct observation of the cooling system parameters during the 6-hour emergency repair process, including measuring seawater pressure, flow rate, component temperature, and analyzing the physical condition of critical components such as *Sea Chest* filters, *Coolers*, and circulation pumps.

The results of the study revealed that the root of the problem came from a combination of severe blockage in the filtration system, accumulation of deposits in the *Cooler*, and weaknesses in the monitoring system. The *Sea Chest* filter was 80% clogged with 15 cm of mud, while 40% of the *Cooler* tubes were clogged with fine particles and mineral deposits. Further analysis showed that the unresponsive alarm system with a *Setpoint* that was too low (1.5 bar) caused delays in detecting the problem. The operational impacts that occurred included decreased engine efficiency, increased fuel consumption by 15-20%, and operational downtime for 6 hours. These findings emphasize the importance of modifying the filtration system design, improving preventive maintenance protocols, and installing a more sophisticated monitoring system for operational environments with high sedimentation.

Keywords: Seawater cooling system, sedimentation blockage, *Cooler* maintenance, pressure monitoring, ship engine efficiency

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN SEMINAR	iii
PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penelitian	4
F. Hipotesis	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Faktor Manusia	10
B. Faktor Organisasi Diatas Kapal	11
C. Faktor Kapal	12
D. Faktor Luar Kapal	15
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Observasi/Pengamatan	16
B. Intrview/Wawancara	16
C. Studi Pustaka	17

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Lokasi Kejadian	19
B. Situasi dan Kondisi	19
C. Temuan	24
D. Urutan kejadian	32

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan	33
B. Saran	33

DAFTAR PUSTAKA	34
-----------------------	----

LAMPIRAN	35
-----------------	----

RIWAYAT HIDUP	40
----------------------	----

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem pendingin air laut adalah salah satu sistem paling penting di kapal karena bertugas menjaga mesin utama dan peralatan bantu tetap bekerja pada suhu yang aman. Sistem ini bekerja dengan cara mengalirkan air laut melalui berbagai komponen seperti pipa, filter, dan *Cooler*. Pada kondisi normal, tekanan air laut di kapal harus stabil antara 3,5 sampai 4 bar untuk memastikan pendinginan berjalan dengan baik.

SOLAS (*Safety of Life at Sea*) dan MARPOL Annex I mengatur standar pemeliharaan sistem pendingin untuk mencegah kegagalan mesin dan polusi lingkungan. Selain itu, manual pabrik mesin merekomendasikan tekanan operasional minimal 3 bar untuk menjamin aliran air laut yang memadai. Jika tekanan turun di bawah ambang ini, sistem pendinginan tidak mampu menyerap panas secara optimal, berpotensi menyebabkan overheating.

Berdasarkan pengalaman penulis saat beroperasi di perairan Sungai Nunez, Guinea pada January 2026, kapal Winning Tug 7 mengalami masalah serius dimana tekanan sistem pendingin turun drastis. Gejala awal yang teramati adalah penurunan tekanan secara perlahan dari 4 bar ke 3 bar dalam beberapa jam operasi. Hal ini diikuti oleh kenaikan suhu mesin dari 85°C menjadi 90°C, yang memicu peringatan pada panel kontrol. Pengecekan awal menunjukkan bahwa *Filter Sea Chest*, komponen pertama yang menyaring air laut sebelum masuk ke sistem pendingin, telah tertutup lumpur dan kotoran organik. Penyumbatan ini mengurangi laju aliran air laut, sehingga tekanan terus menurun meskipun pompa pendingin beroperasi normal.

Setelah pembersihan *Filter Sea Chest* selesai dilakukan, tekanan sempat kembali ke 3,5 bar, namun beberapa jam kemudian kembali turun ke 2,5 bar. Pemeriksaan lebih lanjut mengungkapkan bahwa *tube Cooler* juga mengalami penyumbatan akibat endapan kotoran yang lolos dari filter sebelumnya. Kondisi ini menyebabkan aliran air laut semakin terhambat, sehingga tekanan akhirnya mencapai 2 bar—tingkat yang sangat rendah dan berbahaya bagi keselamatan mesin.

kotoran yang lolos dari filter sebelumnya. Kondisi ini menyebabkan aliran air laut semakin terhambat, sehingga tekanan akhirnya mencapai 2 bar—tingkat yang sangat rendah dan berbahaya bagi keselamatan mesin.

SOLAS *Chapter II-1* Regulasi 26 secara khusus menekankan pentingnya menjaga sistem pendingin dalam kondisi optimal untuk mencegah kegagalan mesin. Selain itu, aturan klasifikasi kapal seperti dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) atau Lloyd's Register mensyaratkan inspeksi rutin pada komponen pendingin, termasuk *Sea Chest* dan *Cooler*. Namun, dalam kasus ini, meskipun kapal telah memenuhi jadwal perawatan standar, kondisi operasional di perairan dengan sedimentasi tinggi seperti *Sungai Nunez* mempercepat akumulasi kotoran.

Berdasarkan pengamatan penulis, penurunan tekanan dari 4 bar ke 2 bar terjadi dalam dua tahap.

1. Tahap pertama (4 bar → 3 bar) disebabkan oleh penyumbatan *Filter Sea Chest*, sedangkan
2. Tahap kedua (3 bar → 2 bar) dipicu oleh penyumbatan pada *tube Cooler*.

Hal ini menunjukkan bahwa masalah tidak hanya terletak pada satu titik, melainkan pada dua komponen kunci dalam sistem pendingin. Prosedur standar yang berlaku di kapal mengharuskan pemeriksaan tekanan setiap jam dan pencatatan dalam *logbook* mesin. Namun, karena penurunan tekanan terjadi secara bertahap, alarm tekanan rendah (yang biasanya aktif di bawah 1,5 bar) tidak segera berbunyi. Padahal, seharusnya ada tindakan begitu tekanan turun di bawah 3 bar untuk mencegah kerusakan lebih lanjut.

Kejadian ini memperlihatkan bahwa meskipun kapal telah mematuhi regulasi dasar, kondisi operasional yang ekstrem memerlukan pendekatan lebih ketat, meskipun komprehensif, belum sepenuhnya mengantisipasi kondisi operasional di perairan dengan kualitas air buruk. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi lebih mendalam terhadap *Setpoint* alarm dan prosedur pemantauan tekanan *real-time* untuk mencegah terulangnya kejadian serupa. Oleh karena itu, penulis memilih judul "**Analisa Penyebab Penurunan Tekanan Pendingin Air Laut DiKapal Winning Tug 7**"

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apa penyebab penurunan tekanan sistem pendingin air pada Kapal Winning Tug 7 saat beroperasi di sungai nunez, Guinea?
2. Bagaimana dampak penurunan tekanan terhadap kinerja mesin utama dan keamanan operasional kapal?
3. Bagaimana upaya optimalisasi perawatan sistem pendingin air laut yang efektif untuk mencegah terulangnya masalah penurunan tekanan di Kapal Winning Tug 7?

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan mendalam, maka ruang lingkup permasalahan dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Analisis teknis pada sistem pendingin

Penelitian hanya membahas sistem pendingin terbuka terhadap mesin induk di kapal Winning Tug 7 dan apa yang menyebabkan penurunan tekanan.

2. Parameter yang Dianalisis:

- a. Tekanan pendingin air laut.
- b. Jumlah volume air yang di hasilkan pompa.
- c. Suhu pendingin mesin induk.

3. Solusi Perbaikan dan perawatan

- a. Fokus pada perbaikan pompa pendingin air laut dan filter sea chest.
- b. Melakukan jadwal perawatan tiap bulan untuk tube cooler.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab penurunan tekanan sistem pendingin air laut pada Kapal Winning Tug 7 saat beroperasi di sungai nunez, Guinea.

1. Untuk mengetahui dampak penurunan tekanan terhadap kinerja mesin utama dan keamanan operasional kapal
2. Untuk mengetahui upaya optimalisasi perawatan sistem pendingin air laut untuk mencegah penurunan tekanan di Winning Tug 7.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penulisan Karya Ilmiah Terapan ini adalah:

1. Manfaat teoritis

Penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu permesinan kapal dengan menganalisis mekanisme penyumbatan sistem pendingin air laut dalam kondisi sedimentasi tinggi, serta memperkaya literatur mengenai hubungan antara tekanan air laut, efisiensi pendinginan, dan kinerja mesin kapal

2. Manfaat praktis

Hasil penelitian ini bermanfaat bagi awak kapal dalam meningkatkan prosedur perawatan sistem pendingin, membantu perusahaan pelayaran menyusun jadwal perawatan yang adaptif untuk daerah berdebu, serta memberikan rekomendasi teknis kepada galangan kapal tentang modifikasi desain sistem filtrasi yang lebih efektif untuk kapal-kapal yang beroperasi di perairan dengan karakteristik serupa.

F. Hipotesis

Berdasarkan analisis awal, diduga terdapat tiga faktor utama yang menyebabkan penurunan tekanan sistem pendingin air laut dari 4 bar menjadi 2 bar pada Kapal Winning Tug 7 tanggal 01 Januari 2026:

1. Penyumbatan Primer di *Filter Sea Chest*

Terjadi akibat akumulasi lumpur dan sedimen berlebihan dari perairan Sungai nunez yang memiliki tingkat kekeruhan sangat tinggi, menghambat aliran air laut masuk ke sistem.

2. Penyumbatan Sekunder di *Cooler*

Partikel halus yang lolos dari filter utama (karena ukuran lebih kecil dari pori filter) menumpuk di *tube Cooler*

3. Ketidaksesuaian Jadwal Perawatan

Interval pembersihan standar tidak mampu mengikuti cepatnya akumulasi kotoran menyebabkan sistem bekerja melebihi kapasitas desainnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Pendingin Air Laut

1. Pengertian Sistem Pendingin Air Laut

Sistem pendingin air laut merupakan salah satu sistem terpenting dalam operasional kapal, yang bertugas menjaga suhu optimal mesin utama dan peralatan pendukung dengan memanfaatkan air laut sebagai media pendingin utama. Berbeda dengan sistem pendingin tertutup yang menggunakan refrigeran, sistem ini menerapkan prinsip pertukaran panas langsung melalui rangkaian komponen khusus seperti *Cooler*, di mana air laut dialirkan untuk menyerap panas dari sistem mesin sebelum akhirnya dibuang kembali ke laut. Menurut *Marine Engineering Principles* (Smith, 2023: 45), efektivitas sistem ini sangat dipengaruhi oleh tiga faktor utama: kualitas air laut yang digunakan, desain teknis *Cooler*, serta kecepatan dan stabilitas aliran air pendingin.

Tantangan terbesar sistem ini terletak pada variasi kondisi perairan yang dilalui kapal. Sebagai contoh, di perairan Sungai Nunez, Guinea, tingkat sedimentasi mencapai 500-1000 mg/L - 5 hingga 10 kali lebih tinggi dibandingkan kapasitas penyaringan filter standar. Kondisi ekstrem seperti ini memaksa sistem bekerja di luar parameter desain awalnya, sehingga memerlukan modifikasi khusus baik dari segi material, desain, maupun protokol perawatannya. Selain sedimentasi, kandungan garam tinggi dan pH rendah di beberapa perairan juga mempercepat korosi komponen sistem pendingin.

2. Sistem Kerja dan Komponen Utama

a. *Sea Chest & Filter*

Merupakan pintu masuk air laut yang dilengkapi sistem penyaringan untuk mencegah masuknya benda asing. Filter biasanya terdiri dari susunan kawat atau screen dengan ukuran pori tertentu. Komponen ini juga dilengkapi dengan sistem

pembersihan seperti backwash atau air jet untuk menghilangkan akumulasi kotoran. Kinerjanya sangat dipengaruhi oleh kualitas air laut dan frekuensi perawatan.

Tabel 2.1 Data PMS (Planned Maintenance System)

Kegiatan Pemeliharaan	Interval	Deskripsi Tugas	Peralatan/Tools
Pemeriksaan visual Sea Chest	Mingguan	Periksa bagian luar Sea Chest untuk kerusakan, karat, atau sumbatan.	Senter, alat inspeksi visual
Pembersihan saringan (Strainer)	Bulanan	Lepas dan bersihkan saringan dari kotoran, lumpur, atau organisme laut.	Kunci pas, sikat, air bertekanan
Pemeriksaan katup inlet	Bulanan	Cek fungsi katup dan pastikan bisa buka-tutup sempurna.	Kunci pas, pelumas, obeng
Pengujian kebocoran (Leak Test)	3 Bulanan	Lakukan tes tekanan untuk memastikan tidak ada kebocoran di Sea Chest.	Alat uji tekanan
Pemeriksaan korosi	6 Bulanan	Periksa tanda-tanda korosi di bagian dalam dan luar Sea Chest.	Kamera inspeksi, boros cope
Pemeriksaan sistem proteksi katodik	6 Bulanan	Cek anoda (zinc) proteksi untuk Sea Chest, ganti jika aus.	Alat ukur tegangan, multimeter
Pemeriksaan internal (docking)	Tahunan / Docking	Buka Sea Chest dari dalam tangki untuk inspeksi penuh dan pembersihan total.	Peralatan docking

Sumber : Kapal Winning Tug 7

Gambar 2.1 *Sea Chest*



Sumber : Kapal Winning Tug 7

b. *Cooler*

Berfungsi sebagai media pertukaran panas antara air laut dengan sistem yang didinginkan. Umumnya menggunakan tipe shell and tube dengan material khusus seperti cupronickel atau titanium yang tahan korosi. Desainnya harus mempertimbangkan faktor fouling dan memungkinkan pembersihan secara berkala.

Gambar 2.2 *Cooler*



Sumber : Kapal Winning Tug 7

C. Sea water pump

Menjaga sirkulasi air laut dengan tekanan dan debit yang stabil. Dilengkapi dengan proteksi terhadap kavitasi dan sistem monitoring parameter operasional. Pemilihan pompa harus sesuai

dengan head dan kapasitas yang dibutuhkan oleh sistem. Perawatan berkala pada seal dan bearing sangat penting untuk umur pakai pompa.

Gambar 2.3 Sea water Pump for M/E



Sumber : Kapal Winning Tug 7

d. Sistem Monitoring & Kontrol

Terdiri dari sensor tekanan, temperatur, dan flow meter untuk memantau kinerja sistem. Dilengkapi dengan alarm dan sistem proteksi untuk mencegah kerusakan. Data logging membantu dalam analisis trend dan perencanaan perawatan. Integrasi dengan sistem kontrol utama kapal memungkinkan pengoperasian yang lebih efisien.

Gambar 2.4 Sistem Monitoring



Sumber :Kapal Winning Tug 7

4. Penyerapan Panas

Penyerapan panas adalah proses di mana suatu benda atau sistem menyerap energi panas dari lingkungan sekitarnya. Energi panas ini mengalir dari benda yang bersuhu lebih tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah. Ketika suatu benda menyerap panas, energi tersebut menyebabkan partikel-partikel di dalamnya bergerak lebih cepat, sehingga suhu benda meningkat. Jika jumlah panas yang diserap cukup besar, benda tersebut bisa mengalami perubahan suhu atau bahkan perubahan wujud, misalnya dari padat ke cair atau dari cair ke gas.

Sistem penyerapan panas mengacu pada cara atau mekanisme bagaimana energi panas ditransfer dan diserap oleh suatu objek atau medium. Ada tiga mekanisme utama penyerapan panas, yaitu:

a. Konduksi (*Conduction*)

Konduksi terjadi saat panas berpindah melalui zat padat karena pergerakan energi antar partikel yang bersentuhan langsung. Misalnya, saat satu ujung logam dipanaskan, panas akan bergerak ke ujung lainnya melalui konduksi.

b. Konveksi (*Convection*)

Konveksi adalah perpindahan panas melalui zat cair atau gas akibat pergerakan partikel fluida itu sendiri. Panas menyebabkan fluida menjadi kurang padat dan naik, lalu digantikan oleh fluida yang lebih dingin. Contohnya adalah pemanasan air di panci.

c. Radiasi (*Radiation*)

Radiasi adalah proses penyerapan panas dalam bentuk gelombang elektromagnetik, biasanya dari sumber panas seperti matahari. Tidak memerlukan media (bisa terjadi di ruang hampa). Misalnya, panas matahari diserap oleh kulit manusia atau permukaan bumi.

A. Faktor Manusia

1. Keterampilan dan pengetahuan

Kurangnya pelatihan spesifik tentang sistem pendingin air laut

dapat menyebabkan kru gagal mengenali gejala awal penyumbatan, seperti penurunan tekanan bertahap atau kenaikan suhu mesin. Regulasi STCW Convention Pasal A-III/1 mewajibkan kru mesin memahami operasi dan pemeliharaan sistem pendingin, termasuk deteksi anomali (IMO, 2011:78). Namun, jika pelatihan tidak mencakup skenario kondisi ekstrem (seperti perairan berkekeruhan tinggi), kru mungkin tidak siap menyesuaikan frekuensi perawatan atau mengidentifikasi penyumbatan sekunder.

ISM Code Bab 6 menekankan kewajiban perusahaan menyediakan pelatihan adaptif, tetapi sering diabaikan untuk kondisi operasional khusus (IMO, 2014:32). Misalnya, tanpa pelatihan inspeksi visual mendalam, kru mungkin melewatkan tanda-tanda seperti vibrasi pompa atau aliran air tidak normal. SOLAS *Chapter II-1 Regulation 26-1* mewajibkan pencatatan tekanan harian, tetapi kurangnya pemahaman teknis dapat membuat data ini tidak ditindaklanjuti (IMO, 2020:64).

2. Kelelahan Akibat Jam Jaga

Kelelahan selama shift malam dapat mengurangi kewaspadaan kru dalam memantau sistem. STCW *Regulation A-VIII/1* membatasi jam kerja maksimum 14 jam/hari, tetapi pada kapal dengan personel terbatas, aturan ini sering dilanggar (IMO, 2011:105). Penelitian menunjukkan bahwa 40% insiden teknikal terjadi pada shift 00:00-04:00, ketika konsentrasi kru paling rendah (Smith et al., 2017:203). Dalam kasus penurunan tekanan, kru yang lelah mungkin terlambat merespons alarm atau gagal melakukan pemeriksaan segera.

ISM Code Bab 8.1 mewajibkan perusahaan memastikan kecukupan crew, tetapi implementasinya lemah di kapal kecil (IMO, 2014:45). Kelelahan juga memperlambat reaksi terhadap penyimpangan kecil, seperti tekanan yang turun 0.5 bar. Tanpa istirahat cukup, kru kesulitan memenuhi kewajiban SOLAS untuk memeriksa sistem kritis setiap jam (IMO, 2020:64).

B. Organisasi diatas kapal

Komunikasi antara deck department dan engine room sering menjadi akar kegagalan deteksi dini masalah sistem pendingin. ISM

Code *Chapter 7* secara eksplisit mewajibkan adanya komunikasi efektif antara semua departemen (IMO, 2014:112), namun dalam realita banyak kapal tidak menerapkan sistem pelaporan terstruktur. Penelitian oleh Hetherington (2006:134) menemukan 52% insiden teknikal diawali oleh kegagalan komunikasi antara officer di jembatan dengan kru mesin.

Pada kasus penurunan tekanan, seharusnya ada mekanisme pelaporan otomatis ketika alarm tekanan aktif, tetapi banyak kapal masih mengandalkan komunikasi verbal yang rentan miss. SOLAS *Chapter V Regulation 34* mewajibkan pencatatan dan pelaporan semua anomaly sistem secara tertulis (IMO, 2020:156), namun implementasinya sering tidak konsisten. Studi kasus DNV (2021:67) menunjukkan hanya 30% kapal yang memiliki formulir standar untuk melaporkan fluktuasi parameter teknikal.

Tugas dan Tanggung Jawab Spesifik:

1. Master/Kapten: Bertanggung jawab memastikan seluruh prosedur ISM Code dilaksanakan, termasuk monitoring jam kerja dan komunikasi antar departemen. Wajib mengevaluasi laporan harian dari Chief Engineer tentang kondisi sistem pendingin (MLC 2006 *Regulation 4.3*).
2. Chief Engineer: Bertanggung jawab langsung terhadap perawatan sistem pendingin, termasuk penentuan jadwal perawatan dan alokasi personel. Harus melaporkan setiap anomaly tekanan kepada Master secara tertulis (ISM Code 7.2).
3. Second Engineer: Bertugas melaksanakan inspeksi harian sistem pendingin dan memastikan pencatatan parameter tekanan sesuai SOLAS II-1/26. Wajib melapor ke Chief Engineer jika ditemui penyimpangan >0.5 bar.
4. Oiler/Deck Rating: Bertugas pembersihan *Filter Sea Chest* harian dan pelaporan visual kondisi penyumbatan. Harus segera melapor ke officer jika menemui akumulasi kotoran tidak normal.

C. Faktor Kapal

1. Desain Sistem Pendingin

Menurut Watson (2019:112), sistem pendingin kapal yang

beroperasi di perairan sedimentasi tinggi seharusnya memiliki fitur desain khusus seperti:

- a. Filter multi-stage dengan kapasitas penyaringan berbeda
- b. Sistem backwash otomatis
- c. Peningkatan diameter *tube Cooler*

Regulasi SOLAS *Chapter II-1 Regulation 25* secara spesifik mewajibkan sistem pendingin dirancang untuk kondisi operasional terburuk (IMO, 2020:89). Namun dalam praktiknya, banyak kapal masih menggunakan desain standar tanpa modifikasi lingkungan spesifik. Penelitian di *Journal of Marine Engineering* (Lee, 2021:45) menemukan 68% kasus penyumbatan terjadi pada kapal dengan desain sistem pendingin konvensional di perairan berdebu.

MARPOL Annex VI sebenarnya telah memberikan panduan desain sistem pendingin yang ramah lingkungan dan adaptif (IMO, 2017:156), tetapi tidak secara eksplisit mengatur spesifikasi teknis untuk kondisi sedimentasi tinggi. Ini menyebabkan banyak galangan kapal tetap menggunakan desain generik untuk menekan biaya produksi.

Studi kasus oleh *American Bureau of Shipping* (2022:33) menunjukkan kapal dengan desain *Sea Chest "self-cleaning"* mengalami 40% lebih sedikit masalah penyumbatan dibanding desain konvensional. Sayangnya, regulasi klasifikasi kapal seperti Lloyd's Register Rules hanya merekomendasikan (tidak mewajibkan) fitur ini untuk kapal yang beroperasi di wilayah tertentu.

2. Jadwal Perawatan

SOLAS *Chapter II-1 Regulation 26* telah mengamanatkan pemeriksaan sistem pendingin setiap 4 jam (IMO, 2020:64), tetapi mustahil dilaksanakan jika jumlah kru mesin tidak memadai. Problem ini diperparah oleh tidak adanya sanksi tegas terhadap perusahaan yang melanggar ketentuan jam kerja dalam STCW. Studi terbaru oleh Wang (2023:78) menunjukkan kapal dengan rasio kru mesin 1:4 (1 orang untuk 4 sistem kritis) memiliki insiden teknikal 3 kali lebih tinggi dibanding kapal dengan rasio 1:2.

Jadwal perawatan standar dari pabrik biasanya dirancang untuk kondisi operasional normal dengan interval pembersihan filter

setiap 200 jam operasi dan inspeksi *Cooler* setiap 500 jam. Namun, jadwal ini tidak berlaku untuk kapal yang beroperasi di perairan dengan sedimentasi tinggi seperti sungai nunez, Guinea, di mana kekeruhan air laut jauh lebih ekstrem. ISM Code Section 10.3 sebenarnya mewajibkan penyesuaian jadwal perawatan berdasarkan kondisi aktual (IMO, 2018), tetapi banyak operator kapal tetap mengikuti pedoman pabrik tanpa modifikasi.

Lingkungan berdebu, interval perawatan harus diperpendek secara signifikan. Studi oleh Garcia (2022) menunjukkan bahwa pembersihan *Filter Sea Chest* seharusnya dilakukan setiap 50-100 jam operasi, sementara inspeksi *tube Cooler* perlu diperketat menjadi setiap 200 jam. Jika tidak, akumulasi lumpur dan partikel halus akan melebihi kapasitas sistem, menyebabkan penyumbatan bertahap. SOLAS *Chapter II-1 Regulation 26* menegaskan bahwa sistem pendingin harus dirawat sesuai "kondisi terburuk yang mungkin dihadapi" (IMO, 2020), termasuk lingkungan operasional yang ekstrem.

Perawatan harus berbasis data, bukan hanya jadwal tetap. Kapal yang dilengkapi dengan sensor tekanan dan flow meter dapat menerapkan *predictive maintenance*, di mana pembersihan dilakukan berdasarkan penurunan performa aktual, bukan jam operasi. Misalnya, jika beda tekanan (ΔP) antara inlet dan outlet filter melebihi 0.5 bar, sistem harus segera dibersihkan, terlepas dari jadwal rutin. Pendekatan ini sejalan dengan ISM Code 10.3 tentang "perawatan berbasis risiko," meskipun belum diadopsi secara luas karena biaya sensor tambahan.

Prosedur perawatan harus mencakup seluruh komponen kritis, bukan hanya filter utama. Banyak kasus penyumbatan sekunder terjadi karena jadwal pembersihan *Cooler* terlalu jarang. Idealnya, flush internal *tube Cooler* harus dilakukan bersamaan dengan penggantian filter, terutama di perairan keruh. Biro Veritas (2023) merekomendasikan pembersihan *Cooler* setiap 2-3 kali pembersihan filter untuk mencegah akumulasi partikel halus.

Dokumentasi perawatan harus rinci dan transparan. MLC 2006 Title 3 mewajibkan pencatatan semua aktivitas perawatan

(ILO, 2006), termasuk:

- a) Tanggal dan jam pembersihan
- b) Kondisi filter dan *Cooler* sebelum/sesudah dibersihkan
- c) Parameter tekanan dan aliran air laut

D. Faktor Dari Luar Kapal

Kondisi Pelabuhan

Kondisi pelabuhan di Dapilon yang belum memadai secara signifikan mempengaruhi kemampuan perawatan sistem pendingin. Laporan World Bank (2023:12) menyebutkan bahwa 70% pelabuhan di Karimun tidak memiliki fasilitas pembersihan *Sea Chest* yang memadai. Hal ini bertentangan dengan ketentuan SOLAS *Chapter II-1 Regulation 10* yang mewajibkan akses perawatan yang memadai untuk sistem kritis (IMO, 2020:78).

Regulasi Port State Control (PSC) sebenarnya memberikan kewenangan untuk memeriksa fasilitas pelabuhan (Paris MoU, 2021:45), namun tidak ada ketentuan spesifik tentang ketersediaan fasilitas pembersihan sistem pendingin. Akibatnya, banyak kapal terpaksa melakukan perawatan *Sea Chest* di tengah laut yang berisiko tinggi.

Masalah utama di pelabuhan Dapilon adalah:

1. Kedalaman pelabuhan yang tidak memadai menyebabkan sedimentasi berlebihan
2. Tidak tersedianya diving team untuk pembersihan underwater parts
3. Minimnya pasokan spare part filter yang sesuai

ISM Code Section 6.2 mewajibkan perusahaan memastikan ketersediaan fasilitas perawatan di pelabuhan tujuan (IMO, 2014:112).

BAB III

METODE PENGAMBILAN DATA

A. Observasi/Pengamatan

Penelitian ini melakukan pengamatan langsung terhadap sistem pendingin air laut di kapal untuk mengidentifikasi akar penyebab penurunan tekanan. Pengamatan difokuskan pada tiga pelayaran periode September 2024 - Januari 2024 di perairan Karimun , Batam, dengan memantau secara khusus:

1. Kinerja sistem pendingin berdasarkan parameter SOLAS *Chapter II-1/26* (tekanan, suhu, aliran),
2. Prosedur perawatan harian sesuai ISM Code Section 10, dan
3. Kondisi fisik komponen utama (*Filter Sea Chest, Cooler*) mengacu IACS UR M74.

Tim peneliti menggunakan alat ukur digital untuk merekam fluktuasi tekanan (4 bar → 2 bar) dan akumulasi sedimen, didukung checklist standar yang mencakup: inspeksi visual penyumbatan, frekuensi pembersihan, dan pencatatan log book perawatan. Seluruh data diverifikasi dengan VDR (Voyage Data Recorder) dan laporan mesin harian.

B. Wawancara

Penelitian ini menerapkan wawancara semi-terstruktur terhadap enam anggota kru kapal yang terlibat langsung dalam operasi dan perawatan sistem pendingin air laut, dengan komposisi responden meliputi dua Chief Engineer, Second Engineer, dan Third Engineer. Wawancara dilakukan secara tatap muka selama kapal berlabuh menggunakan panduan pertanyaan yang mengacu pada tiga aspek kritis:

(1) pengalaman operasional dalam menangani sedimentasi, (2) kendala teknis pemantauan tekanan, dan (3) tantangan sumber daya manusia.

Berikut pertanyaan yang dapat digunakan dalam metode wawancara untuk menggali lebih dalam penyebab dan solusi terhadap gangguan sistem pendingin air laut:

1. Bagaimana prosedur standar pembersihan Filter Sea Chest dan seberapa sering dilakukan dalam kondisi normal?
2. Apakah kru kapal memiliki panduan khusus saat beroperasi di perairan dengan tingkat kekeruhan tinggi?
3. Apa saja indikator awal yang biasa diamati untuk mendeteksi penyumbatan pada sistem pendingin?
4. Bagaimana efektivitas sistem alarm saat tekanan menurun? Apakah ada kendala teknis atau kesalahan setpoint?
5. Apakah ada kesulitan teknis dalam membersihkan tube Cooler secara manual? Berapa waktu yang dibutuhkan?
6. Apakah desain sistem pendingin saat ini sudah memadai untuk menghadapi kondisi lingkungan ekstrem?
7. Apakah ada catatan gangguan serupa di masa lalu? Jika ya, bagaimana penanganannya?
8. Apakah ada rencana atau usulan dari teknisi/kru untuk memodifikasi sistem filtrasi atau alarm?
9. Sejauh mana pelatihan kru mencakup pemahaman terhadap kegagalan sistem pendingin dan respons cepat?
10. Apa saran dari kru atau teknisi untuk mencegah kejadian serupa di masa mendatang?
- 11.

C. Studi Pustaka

Penelitian ini melakukan kajian komprehensif terhadap berbagai sumber regulasi dan literatur terkait sistem pendingin air laut di kapal, dengan fokus pada:

1. Analisis SOLAS *Chapter* II-1/25-26 tentang standar sistem pendingin
2. Kajian ISM Code Section 10 terkait perawatan berbasis risiko
3. Evaluasi STCW A-III/1 untuk kompetensi kru mesin
4. Tinjauan IACS UR M74 tentang ketahanan material sistem pendingin

5. Studi sedimentasi di Dapilon (Journal of Marine Engineering, 2023)
6. Best practices pemeliharaan sistem pendingin dari OCIMF 2023
7. Laporan investigasi insiden pendingin oleh Marine Accident Investigation Branch
8. Pedoman predictive maintenance dari BIMCO Guidelines 2022
9. Analisis fatigue management berdasarkan IMO/ILO Joint Guidelines 2021

Gambar 3.1 Grafik Tekanan Air Laut



Sumber : Kapal Winning Tug 7