

**ANALISA PENYEBAB TURUN NYA TEKANAN PENDINGIN
AIR LAUT DI KAPAL LCT. SAFEEN KATE**



Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program Pendidikan Dan
Pelatihan Pelaut (DP) Tingkat I.

SUNARDI

NIS. 25.09.102.032

AHLI TEKNIKA TINGKAT I

PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I POLITEKNIK

ILMU PELAYARAN MAKASSAR

TAHUN 2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : SUNARDI

Nomor Induk Perwira Siswa : 25.09.102.032

Jurusan : Ahli Teknika Tingkat I

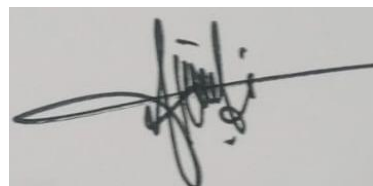
Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

ANALISA PENYEBAB PENURUNAN TEKANAN PENDINGIN AIR LAUT DI KAPAL

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

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

Makassar, 05 Desember 2025



SUNARDI
25.09.102.032

**PERSETUJUAN SEMINAR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : **ANALISA PENYEBAB TURUN NYA TEKANAN
PENDINGIN AIR LAUT DI KAPAL LCT. SAFEEN KATE**

Nama Pasis : **SUNARDI**

NIS : **25.09.102.032**

Program Diklat : **Ahli Teknika Tingkat I**

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk di seminarikan

Makassar, 05 Desember 2025

Menyetujui,

Pembimbing I



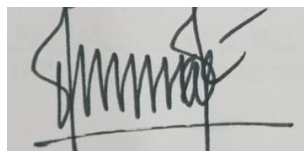
WINARNO, S.Sos., M.M., M.Mar.E.
NIP. 197001162009121001

Pembimbing II



JOPIE PESULIMA, M.Mar.E.
NIP. -

Mengetahui:
Manager Diklat Teknis
Peningkatan dan Penjenjangan



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

**ANALISA PENYEBAB TURUN NYA TEKANAN PENDINGIN AIR
LAUT DI KAPAL LCT.SAFEEN KATE**

Disusun dan Diajukan Oleh

SUNARDI

NIS. 25.09.102.032

Ahli Teknik Tingkat I

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian KIT

Pada Tanggal, 05 Desember 2025

Menyetujui,

Pembimbing I



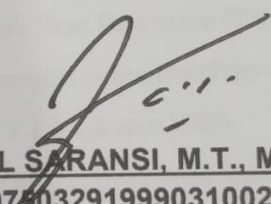
WINARNO, S.Sos., M.M., M.Mar.E.
NIP. 197001162009121001

Pembimbing II



JOPIE PESULIMA, M.Mar.E.
NIP. -

Mengetahui:
PEMBANTU DIREKTUR 1



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

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah terapan ini yang berjudul "ANALISA PENYEBAB TURUN NYA TEKANAN PENDINGIN AIR LAUT DI KAPAL LCT. SAFEEN KATE", meskipun dalam keterbatasan waktu dan berbagai tantangan. Penyusunan karya tulis ini adalah bagian dari syarat kelulusan kurikulum Diklat Teknik Profesi Kepelautan, Program Studi Teknik Tingkat I, guna mencapai kompetensi pelaut sebagai pemegang Sertifikat Ahli Teknik Tingkat I (ATT – I) di Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.

Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari sempurna, terutama dalam keterbatasan teori dan tata bahasa yang benar. Dengan demikian, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

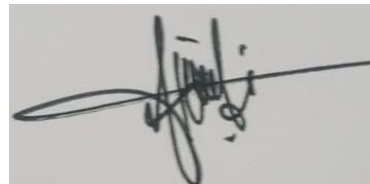
1. Capt. Rudy Susanto, M.Pd., selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.
2. Bapak Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E., selaku Manager Diklat Teknis, Peningkatan, dan Penjenjangan di Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.
3. Bapak Winarno. S.Sos., M.M., M.Mar.E selaku pembimbing I yang dengan penuh kesabaran dalam membimbing penyusunan karya ini.
4. Bapak Jopie Pesulima, M.Mar.E selaku pembimbing II yang juga dengan kesabaran membimbing dalam penyusunan karya ini.
5. Seluruh dosen dan staf Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.
6. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan, cinta, dan doa.
7. Rekan-rekan peserta Diklat ATT I Angkatan 2025.
8. Semua pihak yang telah membantu, namun tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis juga menyampaikan terima kasih yang mendalam kepada orang tua dan keluarga yang selalu memberikan cinta, dukungan, serta doa. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada seluruh dosen, staf, serta rekan-rekan pasis di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar yang telah memberikan motivasi dan dorongan selama proses penyusunan karya ilmiah ini. Tak lupa, penghargaan juga diberikan

kepada pihak-pihak lain yang telah membantu, namun tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ilmiah ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi pembaca, khususnya yang berkecimpung di bidang kelautan, serta dapat menjadi referensi yang bermanfaat di dunia pelayaran..

Makassar, 05 Desember 2025

A rectangular box containing a handwritten signature in black ink. The signature is stylized and appears to read 'Sunardi'.

SUNARDI
25.09.102.032

ABSTRAK

SUNARDI 2025, "*ANALISA PENYEBAB TURUN NYA TEKANAN PENDINGIN AIR LAUT DI KAPAL LCT.SAFEEN KATE*". Dibimbing oleh Bapak Winarno dan Jopie Pasulima.

Sistem pendingin berbasis air laut merupakan bagian vital dari operasi mesin induk kapal, terutama untuk menjaga kestabilan suhu kerja saat beroperasi dalam kondisi beban tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab penurunan tekanan pendingin air laut yang berdampak pada kenaikan suhu mesin induk di kapal LCT.SAFEEN KATE, Fenomena ini dianggap penting untuk diteliti karena berkaitan langsung dengan efisiensi dan keselamatan pengoperasian kapal.

Penelitian dilakukan di kapal LCT. SAFEEN KATE yang berbendera Marshall Island, yang beroperasi di wilayah Das Island Oil Field, Abu Dhabi. Observasi dilaksanakan selama tiga hari pada June 2025, dengan metode pengambilan data suhu dan tekanan pendingin setiap 4 jam. Hari pertama menggambarkan kondisi normal, hari kedua menunjukkan kondisi abnormal akibat penurunan tekanan, dan hari ketiga merekam kondisi pasca perbaikan. Situasi menunjukkan adanya gangguan signifikan pada sistem pendingin akibat lingkungan operasi yang berlumpur dan penuh organisme laut serta suhu air laut yang cukup hangat.

Hasil analisis menunjukkan bahwa penurunan tekanan air laut disebabkan oleh penyumbatan pada filter sea chest dan kerak tebal pada tube-tube cooler. Hal ini berdampak langsung pada kenaikan suhu jacket water dan fresh water. Kesimpulannya, sistem pendingin membutuhkan perawatan berkala yang ketat. Disarankan agar filter sea chest dibersihkan secara rutin dan heat exchanger dijadwalkan pembersihannya sesuai jam operasi, guna menjaga kinerja optimal sistem pendingin kapal.

Kata Kunci: Penurunan Tekanan, Sistem Pendingin Air Laut, Filter Sea Chest

ABSTRACT

SUNARDI, 2025. "ANALYSIS OF THE CAUSES OF SEA WATER COOLING PRESSURE DROP ONBOARD LCT.SAFEEN KATE." Supervised by Winarno and Jopie Pasulima.

The seawater-based cooling system is a vital part of main engine operations on ships, particularly in maintaining stable working temperatures under high load conditions. This study aims to analyze the causes of the seawater cooling pressure drop, which affected the rise in main engine temperature on LCT. SAFEEN KATE. This phenomenon is considered important to investigate due to its direct relation to the efficiency and safety of ship operations.

The research was conducted on board LCT.SAFEEN KATE, a Marshall Island-flagged vessel operating in the Das Island Oil Field area, Abu Dhabi. Observations were carried out over three days in June 2025, with data on temperature and cooling pressure taken every 4 hours. The first day represented normal conditions, the second day showed abnormal conditions due to pressure drop, and the third day recorded the post-repair state. The situation revealed significant disruption in the cooling system caused by a muddy operating environment and the presence of marine organisms.

The analysis showed that the pressure drop was caused by clogging in the sea chest filter and heavy scaling in the tube-tube cooler. This directly affected the increase in jacket water and fresh water temperatures. In conclusion, the cooling system requires strict periodic maintenance. It is recommended that the sea chest filter be cleaned regularly and the heat exchanger be scheduled for cleaning according to operating hours to maintain optimal cooling performance.

Keywords: Pressure Drop, Sea Water Cooling System, Sea Chest Filter

DAFTAR ISI

Nomor	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Pengertian Kapal Landing	4
B. Mesin Induk Kapal	5
C. Sistem Pendingin di Kapal	8
D. Jenis-Jenis Pendingin di Kapal	9
E. Sea Chest dan Peranannya dalam Sistem Pendingin	10
F. Heat Exchanger Tipe Shell and Tube dalam Sistem Pendingin	12
G. Penurunan Tekanan Pendingin Air Laut	15
H. Kerangka Pikir Penelitian	18
BAB III HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN	19
A. Lokasi Kejadian	19
B. Situasi dan Kondisi	20
C. Temuan	22

D. Pembahasan	25
BAB IV SIMPULAN DAN SARAN	30
A. Simpulan	30
B. Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	32
RIWAYAT HIDUP	37

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
Gambar 1 kapal Landing Craft Tank	4
Gambar 2 Mesin Induk Yanmar 6EY17W Series.	6
Gambar 3 Sistem Pendingin di Kapal	10
Gambar 4 Shell and Tube Heat Exchanger	12
Gambar 5 Prinsip Kerja Shell and Tube Cooler	13
Gambar 6 Komponen Utama Heat Exchanger Shell and Tube	14
Gambar 7 Penumpukan Kotoran pada Filter Sea Chest	23
Gambar 8 Tebalnya Kerak pada Tube-Tube Cooler	24

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Tabel 1 Ship Particular LCT.Safeen Kate	19
Tabel 2 Kondisi Operasional Sistem Pendingin Air Laut	21
Tabel 3 Strategi Pencegahan dan Optimalisasi Sistem Pendingin	29

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem pendingin air laut merupakan salah satu sistem vital dalam operasional mesin kapal. Sistem ini berfungsi menjaga suhu kerja mesin agar tetap dalam batas aman melalui sirkulasi air laut yang mengalir melalui heat exchanger atau cooler. Tekanan air laut dalam sistem pendingin harus stabil agar efisiensi perpindahan panas tetap optimal. Penurunan tekanan dalam sistem pendingin dapat mengindikasikan adanya gangguan pada jalur aliran air laut, yang dapat berujung pada peningkatan temperatur mesin dan potensi kerusakan komponen.

Secara teknis, penurunan tekanan air laut dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti tersumbatnya filter, pertumbuhan biota laut (biofouling), atau penumpukan kotoran dalam pipa dan cooler. Salah satu komponen yang paling sering mengalami penyumbatan adalah sea chest filter, yang berfungsi menyaring air laut sebelum masuk ke pompa. Selain itu, bagian tube cooler juga rentan terhadap penumpukan lumpur, pasir, atau kerak laut yang dapat menghambat aliran dan mengurangi luas permukaan perpindahan panas.

Jika tekanan dalam sistem pendingin turun drastis, maka pompa harus bekerja lebih keras, atau bahkan dapat mengalami kavitasi. Hal ini akan mengganggu proses pendinginan dan meningkatkan temperatur mesin utama atau mesin bantu. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat menimbulkan kerusakan pada komponen mesin seperti cylinder head, liner, piston, atau bahkan merusak cooler itu sendiri. Oleh karena itu, pengawasan dan perawatan berkala terhadap sistem pendingin sangat diperlukan untuk menjamin kelangsungan operasi kapal.

Dalam dunia pelayaran modern, terutama di daerah operasi yang memiliki kadar garam tinggi atau perairan dangkal seperti Teluk Arab, resiko penyumbatan filter dan cooler semakin tinggi. Oleh karena itu, pengoperasian kapal di wilayah seperti Das Island Oil Field, Abu Dhabi, membutuhkan perhatian lebih terhadap kondisi kebersihan sistem pendingin air laut agar performa mesin tetap terjaga dan tidak mengalami overheating.

Pada bulan Juni 2025, saat saya bertugas di kapal Lct.Safeen Kate. Kapal yang berbendera Marshall Island dan beroperasi di perairan Das Island Oil Field, Abu Dhabi, terjadi penurunan tekanan pada sistem pendingin air laut. Awalnya tekanan pada sistem pendingin turun secara perlahan, disertai peningkatan suhu kerja mesin. Setelah dilakukan pengecekan, ditemukan bahwa filter sea chest telah kotor oleh lumpur dan kotoran laut, yang menyebabkan aliran air laut terhambat.

Kemudian, setelah pembersihan awal filter dilakukan, tekanan sempat membaik namun kembali menurun setelah beberapa jam. Pemeriksaan lanjutan menunjukkan bahwa tube-tube pada cooler juga mengalami penyumbatan oleh kotoran dan serpihan laut yang terbawa masuk. Pembersihan menyeluruh pada heat exchanger dilakukan untuk mengembalikan fungsi pendinginan ke kondisi normal.

Kejadian tersebut sempat menyebabkan penurunan efisiensi kerja mesin dan meningkatkan risiko kerusakan akibat temperatur tinggi. Proses pembersihan memakan waktu dan menyebabkan keterlambatan operasional kapal dalam proyek survei. Hal ini menunjukkan bahwa gangguan sekecil apa pun pada sistem pendingin dapat berdampak besar terhadap performa operasional kapal.

Oleh karena itulah saya tertarik untuk menuangkan permasalahan ini dalam bentuk Karya Ilmiah Terapan dengan Judul **“ANALISA PENYEBAB TURUN NYA TEKANAN PENDINGIN AIR LAUT DI KAPAL . LCT. SAFEEN KATE**

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apa penyebab utama terjadinya penurunan tekanan pendingin air laut di kapal Lct. Safeen Kate.?
2. Bagaimana dampak teknis dari penurunan tekanan tersebut terhadap performa sistem pendingin.?

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan terarah, maka penulis membatasi ruang lingkup kajian pada:

1. Penelitian hanya dilakukan pada sistem pendingin air laut mesin utama dan sistem sirkulasi terkait.
2. Data yang digunakan adalah data operasional dan hasil pemeriksaan teknis pada saat kejadian penurunan tekanan akibat kotornya filter Sea Chest yang berlangsung di kapal LCT.SAFEEN KATE, Tujuan khusus dari penelitian ini adalah:
3. Menganalisis penyebab teknis penurunan tekanan pendingin air laut di kapal LCT.SAFEEN KATE.
4. Memberikan rekomendasi perawatan dan perbaikan yang efektif untuk mencegah gangguan serupa di masa depan.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat yang signifikan bagi berbagai pihak, baik secara praktis maupun akademis, sebagai berikut:

1. Secara Teoritis
 - a. Memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang teknik permesinan kapal, khususnya terkait analisa sistem pendingin air laut dan penyebab gangguannya.
 - b. Menjadi bahan referensi bagi penelitian selanjutnya yang membahas permasalahan serupa pada sistem pendingin di kapal.

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat yang signifikan bagi berbagai pihak, baik secara praktis maupun akademis, sebagai berikut:

2. Secara Teoritis
 - a. Memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang teknik permesinan kapal, khususnya terkait analisa sistem pendingin air laut dan penyebab gangguannya.
 - b. Menjadi bahan referensi bagi penelitian selanjutnya yang membahas permasalahan serupa pada sistem pendingin di kapal.
3. Secara Praktis
 - a. Memberikan panduan bagi awak kapal dan teknisi dalam mendeteksi dini gejala penurunan tekanan sistem pendingin agar dapat segera di tindak lanjuti.
 - b. Menjadi acuan bagi manajemen operasional kapal dalam menyusun

prosedur perawatan rutin dan inspeksi sistem pendingin untuk mencegah gangguan operasional.

4. Secara Praktis

- a. Memberikan panduan bagi awak kapal dan teknisi dalam mendeteksi dini gejala penurunan tekanan sistem pendingin agar dapat segera di tindak lanjuti.
- b. Menjadi acuan bagi manajemen operasional kapal dalam menyusun prosedur perawatan rutin dan inspeksi sistem pendingin untuk mencegah gangguan operasional.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Pengertian Kapal Landing Craft Tank (LCT)

Kapal LCT (Landing Craft Tank) adalah kapal yang di rancang khusus untuk mengangkut dan memuat cargo berat, seperti alat berat dan kendaraan langsung ke daratan atau pantai yang tidak memiliki pelabuhan khusus. Kapal ini memiliki struktur kokoh, dek yang luas dan rata serta rampdor depan yang bisa turun untuk bongkat muat. Awalnya di gunakan untuk keperluan militer pada perang dunia II, kini LCT banyak di gunakan dalam sektor industri konstruksi, pertambangan dan sebagai kapal fery antar pulau untuk pengangkutan alat berat, material dan barang curah.

(Mulyadi et al., 2020).



Gambar 1 Kapal Landing Craft Tank.

B. Mesin Induk Kapal

Mesin Induk Kapal (Main Engine) merupakan jantung dari sistem propulsi kapal, yaitu sistem yang bertugas menggerakkan kapal dari satu titik ke titik lainnya di laut. Mesin ini berfungsi menghasilkan tenaga mekanik yang kemudian ditransmisikan melalui poros baling-baling (propeller shaft) untuk menghasilkan daya dorong. Tanpa mesin induk yang bekerja dengan baik, kapal tidak akan mampu melakukan pelayaran, manuver, ataupun mempertahankan posisinya di laut. Oleh karena itu, keberadaan dan kondisi mesin induk sangat krusial dalam menjamin kelangsungan operasional sebuah kapal, baik dari segi efisiensi bahan bakar, keselamatan pelayaran, maupun ketepatan waktu distribusi muatan.

Mesin induk ini menjadi “Jantung” kapal yang mengubah energi dari bahan bakar menjadi tenaga mekanik untuk propulsi dan beroperasi secara terus menerus saat kapal berlayar



Gambar 2 .Mesin Induk Yanmar,6EY17W Series.

Sumber: (Putra & Wirawan, 2021)
Beberapa Aspek Penting Mengenai Mesin Induk Kapal:

1. Jenis Mesin yang Digunakan

Mesin induk pada kapal biasanya berupa mesin diesel dua langkah (*two-stroke diesel engine*) atau empat langkah (*four-stroke diesel engine*), tergantung pada ukuran kapal dan kebutuhannya. Mesin dua langkah lebih umum digunakan pada kapal besar karena efisiensinya dalam menghasilkan tenaga besar, sementara mesin empat langkah lebih sering digunakan pada kapal kecil hingga menengah seperti LCT dan Tugboat. Sistem pendingin yang digunakan dapat berupa sistem terbuka menggunakan air laut secara langsung, atau sistem tertutup dengan cairan pendingin internal untuk menjaga suhu mesin tetap stabil.

2. Sumber Tenaga dan Jenis Bahan Bakar

Mesin induk kapal umumnya menggunakan bahan bakar jenis Marine Gas Oil (MGO) atau Marine Diesel Oil (MDO). Pemilihan jenis bahan bakar bergantung pada spesifikasi mesin dan regulasi emisi yang berlaku di wilayah pelayaran tertentu. MGO, sebagai bahan bakar dengan kandungan sulfur rendah, semakin banyak digunakan untuk memenuhi standar lingkungan internasional seperti MARPOL Annex VI.

3. Kinerja Mesin

Mesin induk harus mampu mempertahankan performa optimal pada berbagai kondisi beban dan suhu operasi. Kapal yang berlayar di lintasan panjang atau wilayah ekstrem seperti kutub membutuhkan mesin yang mampu beroperasi secara andal dan tahan terhadap perubahan suhu yang drastis. Kinerja mesin ini ditentukan oleh kestabilan proses pembakaran, tekanan pelumasan, dan efisiensi sistem pendinginan.

4. Perawatan Rutin (Routine Maintenance)

Agar mesin induk dapat berfungsi dengan baik dalam jangka panjang, diperlukan perawatan berkala yang meliputi:

- a. Pemeriksaan dan penggantian filter oli dan filter bahan bakar
- b. Pengecekan sistem pelumasan, untuk mencegah keausan komponen
- c. Pembersihan sistem pendingin, termasuk heat exchanger dan water jacket
- d. Pemeriksaan sistem pembakaran, termasuk injector dan ruang bakar Tanpa perawatan rutin yang memadai, kerusakan bisa terjadi secara bertahap maupun tiba-tiba, yang dapat mengganggu keseluruhan operasional kapal (Lubis & Hartono, 2020).

5. Sistem Pendukung Mesin Induk

Mesin induk tidak bekerja sendiri, tetapi didukung oleh berbagai sistem tambahan, seperti:

- a. Sistem pendingin, untuk menjaga suhu kerja mesin tetap dalam batas aman
- b. Sistem pelumas, untuk mengurangi gesekan antar komponen
- c. Sistem bahan bakar, untuk memastikan suplai bahan bakar stabil dan bersih

d. Sistem gas buang, yang membuang hasil pembakaran secara efisien dan sesuai dengan standar emisi Integrasi dan kinerja sistem-sistem ini sangat mempengaruhi keandalan mesin induk.

6. Efisiensi dan Pencegahan Kerusakan

Efisiensi mesin induk sangat bergantung pada kondisi operasi dan bagaimana mesin tersebut dirawat. Masalah umum seperti:

- a. Overheating (panas berlebih)
- b. Penurunan tekanan oli
- c. Kerusakan sistem pendingin bisa berdampak langsung pada penurunan performa mesin bahkan kerusakan permanen. Oleh karena itu, diperlukan pemantauan parameter kerja mesin secara real-time, misalnya melalui sistem monitoring digital yang menampilkan suhu, tekanan, dan kecepatan mesin secara langsung. Selain itu, penerapan preventive maintenance menjadi strategi penting untuk menghindari kegagalan mesin mendadak saat berlayar (Yulianto & Basri, 2023).

C. Sistem Pendingin di Kapal

Sistem pendingin di kapal merupakan salah satu elemen terpenting dalam sistem permesinan, terutama untuk memastikan keandalan dan umur panjang mesin induk (Main Engine) dan mesin bantu (Auxiliary Engine). Mengingat mesin kapal bekerja terus-menerus dalam menghasilkan tenaga dorong serta memasok energi listrik, maka pengendalian suhu kerja mesin menjadi sangat krusial. Mesin diesel, khususnya, menghasilkan panas yang sangat tinggi sebagai akibat dari proses pembakaran bahan bakar dan gesekan antar komponen internal. Oleh karena itu, sistem pendingin dirancang untuk menyerap, mengatur, dan membuang panas berlebih agar mesin dapat beroperasi dalam batas suhu yang aman, umumnya antara 70–90°C (Sihombing & Aditya, 2020).

Tanpa sistem pendingin yang bekerja dengan baik, suhu mesin dapat meningkat secara drastis hingga mencapai titik overheating. Dampaknya dapat mencakup berbagai kerusakan serius seperti deformasi piston, keretakan kepala silinder, ausnya ring piston, bahkan kegagalan total mesin yang menyebabkan kapal kehilangan daya gerak. Oleh sebab itu, sistem pendingin bukan hanya penunjang, melainkan komponen vital yang menentukan stabilitas operasi kapal.

D. Jenis-Jenis Pendingin di Kapal

Secara umum, sistem pendingin di kapal modern terdiri atas dua sirkuit utama yang saling berhubungan, namun memiliki fungsi berbeda, yaitu:

1. Sistem Pendingin Air Tawar (Fresh Water Cooling System)

Sirkuit ini menggunakan air tawar yang telah dicampur dengan zat aditif (coolant) untuk mencegah karat, pembentukan kerak, dan mendukung transfer panas yang efisien. Air tawar ini bersirkulasi secara tertutup melalui komponen-komponen utama mesin seperti:

- a. Mantel pendingin (cooling jacket) di sekitar silinder dan blok mesin
- b. Kepala silinder (cylinder head)
- c. Exhaust valve seat dan injector seat, yang cenderung sangat panas

Fungsi dari sistem ini adalah untuk menyerap panas langsung dari mesin. Setelah menyerap panas, suhu air tawar meningkat dan kemudian mengalir menuju heat exchanger, di mana panas akan dipindahkan ke air laut.

Keuntungan dari penggunaan air tawar sebagai media pendingin adalah:

- a. Tidak menyebabkan korosi seperti air laut
- b. Dapat dikontrol secara presisi suhunya
- c. Tidak meninggalkan endapan garam

Sistem ini biasanya dilengkapi dengan pompa sirkulasi, termometer, thermostat, dan tangki ekspansi untuk memastikan tekanan dan suhu tetap stabil.

2. Sistem Pendingin Air Laut (Sea Water Cooling System)

Berbeda dengan sistem air tawar, air laut tidak bersirkulasi langsung ke mesin, tetapi berfungsi sebagai media pendingin sekunder. Sistem ini bekerja berdasarkan prinsip pendinginan tidak langsung, di mana air laut digunakan untuk menyerap panas dari air tawar melalui alat penukar panas (heat exchanger).

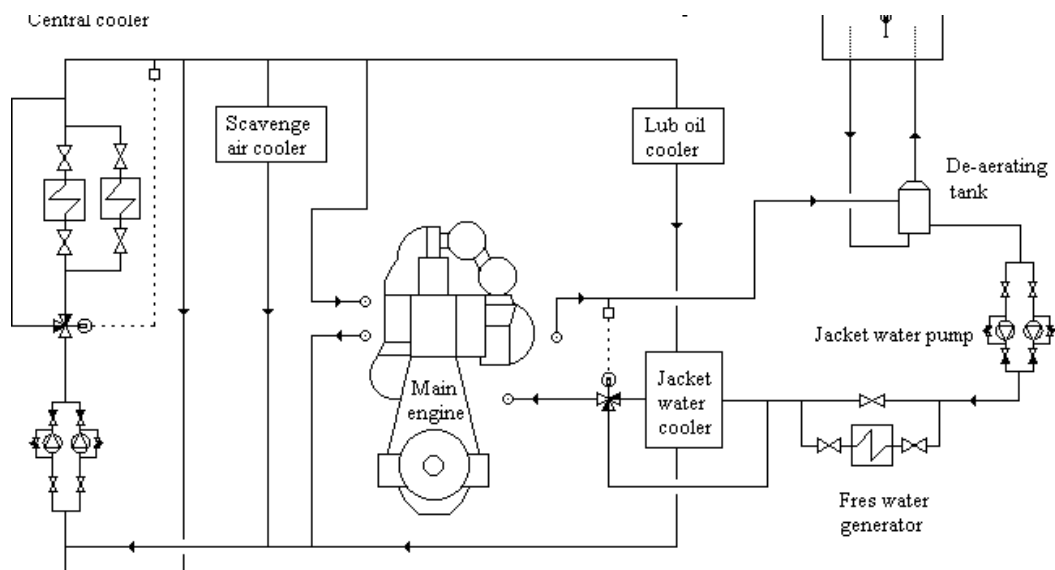
Proses alirannya dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Air laut diambil langsung dari laut menggunakan pompa air laut melalui Sea Chest dan Strainer (penyaring kotoran).

- b. Air tersebut dialirkan ke Heat Exchanger (Cooler), di mana ia menyerap panas dari air tawar yang telah membawa panas dari mesin.
- c. Setelah menyerap panas, air laut yang kini sudah panas dibuang kembali ke laut melalui sistem pembuangan.

Sistem ini sering kali bekerja secara paralel dengan sistem pendingin lainnya, seperti pendingin pelumas dan pendingin udara masuk (*charge air cooler*), menggunakan air laut sebagai media akhir pembuangan panas.

Gambar 3 Sistem Pendingin di Kapal



Sumber: <http://www.maritimeworld.web.id>

Kelebihan dari sistem ini adalah efisiensinya dalam mengeliminasi panas dalam jumlah besar berkat suhu air laut yang relatif lebih rendah. Namun demikian, sistem ini memerlukan perhatian ekstra terhadap potensi korosi, penyumbatan oleh organisme laut, serta kerak garam, sehingga pembersihan rutin dan pemakaian bahan anti-korosi sangat dianjurkan (Hakim & Priambodo, 2022).

E. Sea Chest dan Peranannya dalam Sistem Pendingin

Sea chest adalah komponen penting dalam sistem pengambilan air laut di kapal, yang terletak di bagian bawah lambung kapal dan berfungsi sebagai ruang penerima awal air laut sebelum disalurkan ke berbagai sistem yang memerlukan, seperti sistem pendingin mesin, ballast, dan pemadam kebakaran. Sea chest merupakan titik awal dari sirkulasi air laut yang berperan besar dalam kestabilan

temperatur sistem permesinan, terutama pada mesin induk dan auxiliary engine (Prasetya & Alamsyah, 2020).

Karena air laut mengandung beragam material asing seperti lumpur, pasir, rumput laut, plastik, dan organisme laut mikro maupun makro, maka bagian dalam sea chest dilengkapi dengan komponen penyaring yang disebut filter sea chest atau strainer. Filter ini umumnya berbentuk silinder dengan lubang-lubang kecil dan dibuat dari bahan tahan korosi seperti baja tahan karat, guna menyaring partikel-partikel padat agar tidak masuk ke dalam sistem pompa atau alat penukar panas (cooler) (Sutrisno et al., 2021).

Adapun Fungsi dan Perawatan Filter Sea Chest yaitu

1. Penyaringan Awal: Mencegah masuknya kotoran besar ke sistem sirkulasi air laut.
2. Perlindungan Pompa dan Cooler: Menjaga agar komponen downstream tidak mengalami kerusakan atau penyumbatan.
3. Pemeliharaan Berkala: Filter harus dibersihkan secara rutin, baik melalui metode *blow down* (pembersihan balik dengan tekanan) atau pembersihan manual ketika kapal berlabuh.

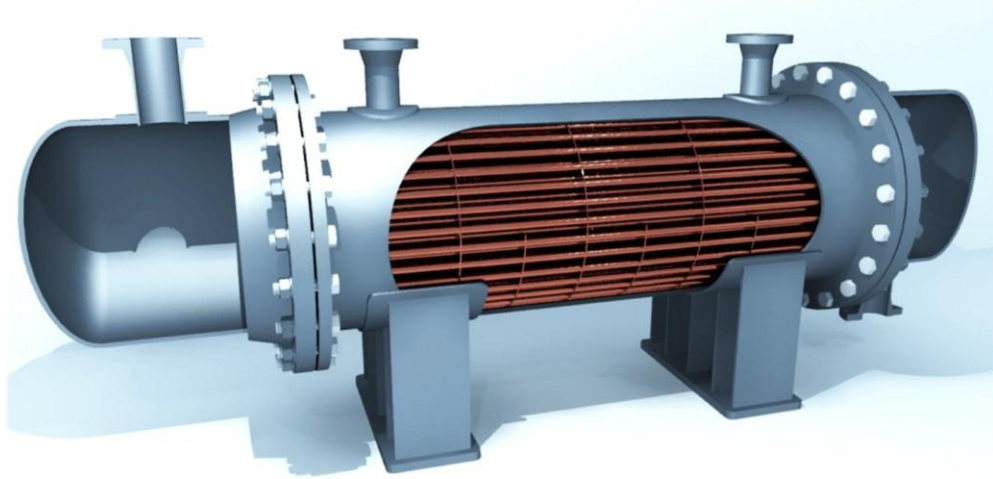
Apabila filter tidak dibersihkan secara berkala, akumulasi kotoran dapat menyebabkan aliran air laut menjadi terhambat. Penurunan tekanan dan volume aliran air laut ini akan berdampak langsung pada kinerja sistem pendingin, yang akhirnya menyebabkan peningkatan suhu mesin dan risiko *overheating*. Hal ini secara langsung menurunkan efisiensi pembakaran dan mempercepat keausan komponen mesin (Yusuf & Hardiansyah, 2023).

Kondisi perairan tempat kapal beroperasi sangat memengaruhi performa Sea Chest. Sebagai contoh, di perairan seperti Das Island Oil Field, Abu Dhabi, yang dikenal memiliki kandungan lumpur tinggi dan banyak organisme laut, penyumbatan pada filter sea chest cenderung terjadi lebih cepat dibandingkan di perairan yang jernih. Oleh karena itu, dalam kondisi operasi seperti ini, inspeksi dan pembersihan sea chest harus dilakukan lebih sering sebagai bagian dari perawatan preventif (Hamid & Suparman, 2022).

F. Heat Exchanger Tipe Shell and Tube dalam Sistem Pendingin

Salah satu komponen vital dalam sistem pendingin mesin kapal adalah heat exchanger, yang berfungsi untuk mentransfer panas dari air tawar yang telah menyerap panas mesin ke air laut yang bersuhu lebih rendah.

Gambar 4. Shell and Tube Heat Exchanger



Sumber: (Wicaksono & Taufik, 2020)

Di antara berbagai jenis heat exchanger, tipe shell and tube (juga dikenal sebagai *tube type cooler*) adalah yang paling umum digunakan dalam aplikasi kelautan. Hal ini disebabkan oleh konstruksinya yang relatif sederhana, efisien, dan mudah dirawat serta kemampuannya dalam menangani volume fluida yang besar (Wicaksono & Taufik, 2020).

1. Prinsip Kerja Shell and Tube Cooler

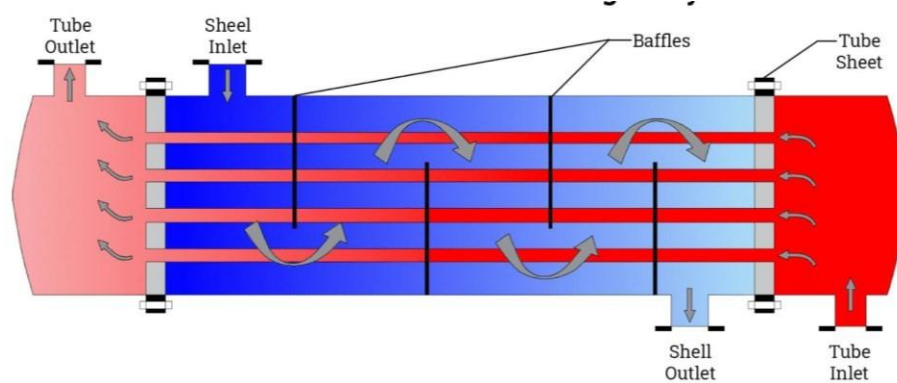
Heat exchanger jenis ini bekerja berdasarkan prinsip perpindahan panas tidak langsung antara dua jenis fluida dengan suhu berbeda—yakni, air tawar panas dari mesin dan air laut dingin yang diambil dari lingkungan luar kapal.

Yang membedakan jenis ini dari sistem lainnya adalah bahwa fluida panas dan dingin tidak pernah bersentuhan langsung, sehingga mencegah terjadinya kontaminasi silang.

- a. Air laut yang memiliki suhu lebih rendah dialirkan melalui bagian dalam pipa-pipa kecil (tube bundle).
- b. Air tawar yang sudah menyerap panas dari mesin mengalir di bagian luar pipa, yaitu dalam ruang shell.

- c. Perpindahan panas terjadi melalui dinding pipa: panas dari air tawar mengalir melalui konduksi ke dinding tube, kemudian diteruskan ke air laut.
- d. Setelah menyerap panas, air laut menjadi lebih hangat dan dibuang kembali ke laut, sementara air tawar yang telah didinginkan akan bersirkulasi kembali ke mesin untuk melanjutkan siklus pendinginan (Suryana & Hasan, 2022).

Gambar 5. Prinsip Kerja Shell and Tube Cooler



Sumber: (Suryana & Hasan, 2022)

2. Komponen Utama Heat Exchanger Shell and Tube

Agar sistem dapat berfungsi dengan efisien, heat exchanger dilengkapi dengan beberapa komponen penting berikut:

a. Tube Bundle

Sekumpulan pipa kecil (biasanya berbahan tembaga, kuningan, atau baja tahan karat) tempat air laut mengalir. Tube inilah yang menjadi medium utama transfer panas.

b. Shell

Tabung silinder besar tempat air tawar bersirkulasi di sekitar tube bundle. Shell ini menampung air tawar dan mengarahkan alirannya agar efisien dalam proses penyerapan panas.

c. Baffle Plate

Pelat pengarah aliran yang dipasang di dalam shell untuk mengarahkan jalur aliran air tawar agar melintasi tube secara zig-zag. Ini meningkatkan efisiensi perpindahan panas dengan menciptakan turbulensi.

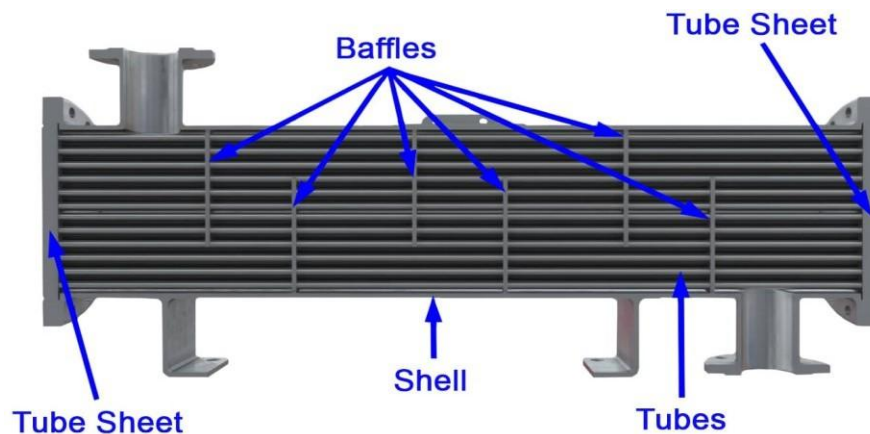
d. End Cap dan Flange

Digunakan untuk menutup dan menyambungkan heat exchanger ke sistem pipa di kapal, baik untuk sisi air laut maupun air tawar.

e. Gasket

Material penyegel yang terpasang antara sambungan untuk mencegah kebocoran fluida saat alat beroperasi dalam tekanan tinggi.

Gambar 6. Komponen Utama Heat Exchanger Shell and Tube



Sumber: (Ananda & Riyanto, 2023)

3. Penyumbatan Tube dan Dampaknya

Salah satu tantangan terbesar dalam pengoperasian heat exchanger tipe ini adalah penyumbatan atau fouling. Beberapa penyebab umum meliputi:

- a. Lumpur dan pasir dari laut, terutama saat kapal beroperasi di perairan dangkal atau dekat pelabuhan
- b. Kerak garam akibat penguapan air laut
- c. Organisme laut mikro, seperti alga, teritip, dan plankton, yang masuk melalui sea chest
- d. Korosi dan serpihan logam dari bagian dalam sistem

Penyumbatan pada tube bundle menyebabkan penurunan laju aliran air laut, sehingga proses penyerapan panas menjadi tidak optimal. Akibatnya:

- a. Suhu air tawar tetap tinggi atau bahkan meningkat
- b. Mesin tidak mampu mempertahankan suhu kerja ideal
- c. Potensi terjadinya overheating pada mesin meningkat signifikan
- d. Tekanan air laut dalam sistem juga bisa menurun, mengganggu sirkulasi

Masalah ini tidak hanya berdampak pada penurunan efisiensi pendinginan, tetapi juga dapat mempercepat kerusakan komponen mesin dan memperpendek umur pakai sistem secara keseluruhan (Ananda & Riyanto, 2023).

Heat exchanger tipe shell and tube adalah komponen esensial dalam sistem pendingin kapal, terutama dalam menjaga kestabilan suhu mesin diesel agar tetap berada dalam batas aman. Efisiensi dan keandalan alat ini sangat bergantung pada desain termal, kondisi operasional, serta rutin tidaknya perawatan yang dilakukan oleh teknisi kapal. Memahami prinsip kerja dan potensi masalah pada alat ini akan membantu menghindari gangguan besar dalam operasi mesin induk, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap keselamatan dan efisiensi pelayaran kapal secara keseluruhan.

G. Penurunan Tekanan Pendingin Air Laut

Penurunan tekanan pada sistem pendingin air laut merupakan salah satu indikator awal terjadinya gangguan pada sirkulasi pendinginan mesin kapal. Sistem pendingin air laut bekerja dengan prinsip sirkulasi fluida yang stabil dan kontinu agar mampu menyerap panas dari air tawar secara efisien melalui *heat exchanger*. Jika tekanan air laut menurun, maka debit aliran yang masuk ke *tube cooler* juga akan berkurang. Hal ini berdampak langsung pada berkurangnya kapasitas penyerapan panas, yang kemudian dapat memicu peningkatan suhu air tawar dan meningkatkan risiko overheating pada mesin (Santoso & Fikri, 2021).

1. Faktor-Faktor Penyebab Penurunan Tekanan Pendingin Air Laut

Beberapa penyebab umum dari penurunan tekanan pendingin air laut dalam sistem pendingin mesin kapal antara lain:

a. Penyumbatan Filter Sea Chest

Sea chest merupakan tempat pertama masuknya air laut ke dalam sistem pendingin kapal. Di bagian ini, biasanya terdapat filter atau strainers untuk menyaring partikel besar seperti sampah plastik, rumput laut, atau lumpur. Penumpukan kotoran pada filter dapat menghambat aliran air laut, menurunkan tekanan di sisi hisap pompa, dan mengurangi efisiensi sirkulasi pendingin secara keseluruhan. Masalah ini sering terjadi saat kapal beroperasi di perairan padat organisme atau wilayah dengan

tingkat pencemaran tinggi, seperti di dekat pelabuhan atau muara sungai (Wahyudi & Pranoto, 2020).

b. Fouling pada Tube Cooler (Heat Exchanger)

Proses fouling atau pengotoran akibat akumulasi kerak, lumpur, garam, dan organisme laut seperti teritip atau plankton di dalam pipa tube cooler dapat menyebabkan penyempitan aliran. Ini menghasilkan kenaikan tekanan balik (back pressure) dan mengakibatkan penurunan tekanan di sisi masuk (*inlet pressure*). Akibatnya, jumlah air laut yang dapat mengalir melalui sistem berkurang, dan kemampuan penukar panas menurun.

c. Kerusakan atau Kavitasi pada Pompa Air Laut

Pompa air laut merupakan komponen penting yang mendorong air laut masuk ke dalam sistem. Kavitasi, yaitu fenomena terbentuknya gelembung uap di sisi isap pompa akibat tekanan yang terlalu rendah, dapat menyebabkan kerusakan pada impeller dan bagian internal pompa. Efeknya adalah penurunan daya dorong pompa, sehingga tekanan dan volume air laut yang masuk ke sistem berkurang secara signifikan (Irawan & Bakti, 2022).

d. Valve Tidak Terbuka Penuh atau Mengalami Keausan

Katup (valve) yang tidak terbuka secara maksimal, tersumbat, macet, atau aus karena korosi internal akan menyebabkan hambatan aliran fluida, menimbulkan penurunan tekanan lokal. Kondisi ini seringkali tidak terdeteksi secara visual namun memiliki dampak besar terhadap distribusi tekanan dan efisiensi sistem pendingin.

2. Dampak Penurunan Tekanan Pendingin terhadap Kinerja Sistem

Turunnya tekanan dalam sistem pendingin air laut menyebabkan sirkulasi air laut tidak berjalan dengan optimal, sehingga kemampuan sistem untuk membuang panas dari air tawar akan menurun. Hal ini menimbulkan berbagai risiko, antara lain:

- a. Peningkatan suhu operasi air tawar dalam mesin
- b. Overheating pada komponen mesin utama dan bantu
- c. Percepatan keausan pada bagian metalurgi mesin

- d. Potensi kerusakan permanen atau kegagalan sistem pendingin secara total (Basri & Hidayat, 2023)

Kondisi ini banyak di jumpai di wilayah operasi dengan air laut berkadar lumpur tinggi dan banyak organisme laut, seperti di Das Island Oil Field, Abu Dhabi, yang dikenal sebagai area dengan tingkat kontaminasi alami tinggi. Di wilayah tersebut, sistem pendingin kapal lebih rentan mengalami penyumbatan dan penurunan tekanan.

3. Tindakan Pencegahan dan Rekomendasi Pemeliharaan

Untuk mencegah dan menangani penurunan tekanan pendingin air laut, berikut beberapa tindakan pemeliharaan yang disarankan:

- a. Inspeksi tekanan secara berkala menggunakan manometer atau sensor tekanan digital pada inlet dan outlet sistem pendingin
- b. Pembersihan rutin pada filter sea chest dan strainer
- c. Pemeriksaan kondisi pompa, termasuk pengukuran tekanan isap dan buang serta analisa potensi kavitasi
- d. Pemeriksaan valve agar tidak terdapat penyumbatan atau kerusakan aktuator
- e. Melakukan flushing atau chemical cleaning pada heat exchanger secara terjadwal

Selain berdampak langsung terhadap suhu kerja mesin, penurunan tekanan pendingin air laut juga dapat menyebabkan ketidakseimbangan termal dalam sistem pendinginan, terutama pada kapal-kapal besar yang memiliki lebih dari satu heat exchanger atau jalur pendingin terpisah untuk masing-masing mesin bantu. Ketika tekanan tidak merata, distribusi air laut menjadi tidak seimbang, sehingga sebagian unit pendingin bekerja lebih berat dibanding yang lain. Hal ini menyebabkan stres termal berlebih pada komponen mesin tertentu dan menurunkan efisiensi operasional secara keseluruhan.

H. Kerangka Pikir Penelitian

