SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR DAN LAJU AIR PENDINGIN SEA WATER COOLING TERHADAP KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL KM. SIRIMAU

MUHAMAD KRISNA SURYA GYPTA

NIT. 21.42.017

TEKNIKA

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV PELAYARAN

POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKAKASSAR TAHUN 2025

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : Muhamad Krisna Surya Gypta
NIT : 21.42.017
Program Studi : Teknika

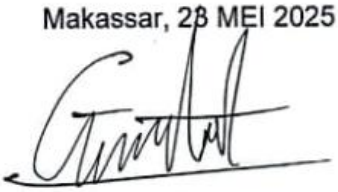
Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

Analisis Pengaruh Temperatur Dan Laju Air Pendingin *Sea Water Cooling* Pada Mesin Induk Kapal KM. Sirimau

Merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam skripsi ini yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide yang saya susun sendiri.

Jika pernyataan diatas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Makassar, 28 MEI 2025



MUHAMAD KRISNA SURYA GYPTA
NIT: 21.42.017

ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR DAN LAJU AIR PENDINGIN SEA WATER COOLING PADA MESIN INDUK KAPAL KM. SIRIMAU

Skripsi

Sebagai SaIah Satu Syarat untuk MenyeIesaikan
Program Pedidikan DipIoma IV PeIayaran

Program Studi Teknika

Disusun dan Diajukan oIeh

MUHAMAD KRISNA SURYA GYPTA
NIT. 21.42.017

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV PELAYARAN
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2025

SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR DAN LAJU AIR SEA WATER COOLING PADA MESIN INDUK KM. SIRIMAU

Disusun dan Diajukan oleh:

MUHAMAD KRISNA SURYA GYPTA

NIT. 21.42.017

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Skripsi
Pada tanggal 23 Mei 2025

Menyetujui :

Pembimbing I	Pembimbing II
H. MAHBUB ARFAH,S.Si.T., M.T.,M.Mar.E	MUH. JAFAR,S.SOS.,M.A.P
NIP: 19780502 200912 1 001	NIP: 19680516 199203 1 002

Mengetahui :

An. Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar Pembantu Direktur I	Ketua Program Studi Teknika
Capt. Faisal Saransi, M.T., M.Mar.	Ir. Alberto, S.S.T., M.Mar.E., M.A.P
NIP: 19750329 199903 1 002	NIP: 19760409 200604 1 001

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis haturkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, oleh karena limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul "**ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR DAN LAJU AIR PENDINGIN SEA WATER COOLING TERHADAP KINERJA MESIN INDUK KAPAL KM. SIRIMAU**".

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan bagi Taruna jurusan Teknika dalam menyelesaikan studinya pada program Diploma IV di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar. Tujuan penulisan skripsi ini untuk mengaplikasikan pengetahuan teori yang di peroleh dalam pendidikan dan pengalaman selama melaksanakan praktek di atas kapal dalam penyelesaian masalah yang timbul sesuai dengan pengetahuan penulis.

Pada kesempatan ini pula, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Capt. Rudi Susanto, M.Pd. selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Bapak Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P selaku ketua program studi Teknika Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
3. H.MAHBUB ARFAH, S.SiT., M.T., M.Mar.E. sebagai Pembimbing1.
4. MUH. JAFAR, S.Sos., M.A.P. sebagai Pembimbing 2.
5. Seluruh Dosen dan Staf Pembina Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
6. Nakhoda beserta Chief Engineer dan seluruh Crew kapal KM. SIRIMAU yang telah memberikan bantuan dan bimbingan selama penulis melaksanakan praktek laut.

7. Seluruh Taruna (i) Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

8. Kedua orang tua saya bapak IRFAN dan ibu RAHMAWATI BAIDI yang telah berkorban besar dari tenaga waktu hingga pikiran agar saya bisa melanjutkan pendidikan saya di pip makassar dan telah memberi semangat untuk menjalani pendidikan di pip makassar.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini masih terdapat berbagai kekurangan, baik dalam penggunaan bahasa, struktur kalimat, teknik penulisan, maupun dalam penyampaian materi. Hal ini tidak terlepas dari keterbatasan penulis dalam menguasai materi, waktu yang tersedia, serta keterbatasan data yang berhasil dikumpulkan. Oleh sebab itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun guna menyempurnakan karya ini. Akhir kata, penulis memohon agar Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan perlindungan dan keberkahan kepada kita semua. Semoga karya tulis ini dapat memberikan manfaat, baik bagi pembaca yang membutuhkan maupun bagi penulis pribadi.

Makassar, 28 MEI 2025

MUHAMAD KRISNA SURYA GYPTA
NIT: 21.42.017

ABSTRAK

MUHAMAD KRISNA SURYA GYPTA, 2025, Judul penelitian ini adalah *"Studi Eksperimen: Analisis Pengaruh Temperatur dan Laju Air Pendingin Sea Water Cooling* terhadap Kinerja Mesin Induk Kapal KM SIRIMAU", di bawah bimbingan Bapak Mahbub Arfah dan Bapak Muh. Jafar.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya perubahan temperatur dan laju aliran air pendingin dari sistem sea water cooling serta dampaknya terhadap kinerja mesin induk. Sistem pendingin air tawar berperan sebagai permesinan bantu yang digunakan untuk menstabilkan suhu mesin induk, guna mencegah terjadinya overheat.

Air tawar dipilih sebagai media pendingin utama karena memiliki keunggulan dibandingkan air laut, seperti tidak menyebabkan korosi dan kerusakan lainnya. Namun, suhu air tawar yang digunakan untuk pendinginan harus sesuai dengan standar operasional—tidak boleh terlalu panas maupun terlalu dingin. Hal ini menjadi alasan penting untuk dianalisis lebih lanjut melalui penelitian ini.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan, yaitu: Metode lapangan (Field Research), melalui observasi langsung terhadap objek penelitian di kapal KM SIRIMAU. Metode studi pustaka (Library Research), dengan mempelajari buku dan literatur yang relevan dengan topik penelitian.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi *fresh water cooler* yang kotor serta penurunan tekanan pada pompa menjadi faktor utama yang memengaruhi peningkatan temperatur pada sistem pendingin air tawar. Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan naiknya temperatur pada sistem pendingin air tawar mesin induk.

Analisis data berdasarkan temuan langsung di kamar mesin KM SIRIMAU mendukung hipotesis awal peneliti, yaitu bahwa penurunan performa sistem pendingin disebabkan oleh adanya kotoran pada *fresh water cooler* serta menurunnya tekanan pada pompa.

Kata Kunci:*fresh water cooler,* pompa*,* dan tekanan

ABSTRACT

MUHAMAD KRISNA SURYA GYPTA, 2025, The title of this research is “Experimental Study: Analysis of the Effect of Temperature and Flow Rate of Sea Water Cooling on the Performance of the Main Engine of KM SIRIMAU”, under the supervision of Mr. Mahbub Arfah and Mr. Muh. Jafar.

The purpose of this study is to determine the causes of temperature changes and variations in the flow rate of sea water cooling, as well as their impact on the performance of the ship's main engine. The fresh water cooling system serves as an auxiliary system that functions to stabilize the temperature of the main engine to prevent overheating.

Fresh water is chosen as the primary cooling medium because it is more effective than sea water, which can cause corrosion and other detrimental effects. However, the temperature of the fresh water used must meet operational standards—it should not be too hot or too cold. This becomes a crucial point to analyze further in this research.The study utilizes two research methods:Field Research, by conducting direct observation on board the KM SIRIMAU vessel. Library Research, by reviewing books and literature relevant to the research topic. The results of the study show that a dirty fresh water cooler and a decrease in pump pressure are the main factors influencing the rise in temperature in the fresh water cooling system. The main problem addressed in this research is identifying the factors that lead to increased temperatures in the fresh water cooling system of the main engine.

Data analysis based on actual findings in the engine room of KM SIRIMAU supports the initial hypothesis, which states that the performance degradation of the cooling system is caused by contamination in the fresh water cooler and reduced pump pressure.

Keywords: *fresh water cooler, pump,and pressure.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGAJUAN ..... **i**

HALAMAN PENGESAHAN ..... **i**

PRAKATA ..... **ii**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI ..... **iv**

ABSTRAK ..... **v**

ABSTRACT ..... **vi**

DAFTAR ISI ..... **vii**

DAFTAR GAMBAR ..... **ix**

DAFTAR TABEL ..... **x**

BAB I PENDAHULUAN **10**

A. Latar Belakang 10

B. Rumusan Masalah 10

C. Tujuan Penelitian 10

D. Manfaat Penelitian 10

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **13**

A. Pengertian Pendingin Mesin 13

B. Macam-Macam Sistem Pendingin 16

C. Sistem Pendingin Mesin 17

D. Prinsip Kerja Sistem Pendingin 23

E. Komponen pada Sistem Mesin Pendingin Induk Kapal 25

F. Kerangka Pikir 38

G. Hipotesis 39

BAB III METODE PENELITIAN **40**

A. Tempat dan Waktu Penelitian 40

B. Metode Pengumpulan Data 40
C. Jenis dan Sumber Data 41
D. Analisis Data..... 42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 43
A. Hasil Penelitian 43
B. Pembahasan..... 53
BAB V SIMPULAN DAN SARAN 59
A. Simpulan.....59
B. Saran 60
DAFTAR PUSTAKA 61
LAMPIRAN 63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pendingin Terbuka.....17
Gambar 2. 2 Pendingin Tertutup.....19
Gambar 2. 3 *Fresh Water Cooling*.....21
Gambar 2. 4 *Sea Chest*.....26
Gambar 2. 5 *Sea Grating*.....29
Gambar 2. 6 Katup.....30
Gambar 2. 7 Saringan (*Strainer*).....31
Gambar 2. 8 *Sea Water Pump*.....33
Gambar 2. 9 *Pipa By Pass*.....34
Gambar 2. 10 *Cooler*.....35
Gambar 2. 11 Pengukur Suhu (*Thermometer)*.....36
Gambar 4. 1 *Fresh Water Pump* KM. Sirimau.....46
Gambar 4. 2 Tangki *Ekspangsi*.....*47*
Gambar 4. 3 Fresh water cooler.....49
Gambar 4. 4 Pengukur Suhu.....50
Gambar 4. 5 Motor Induk.....51
Gambar 4. 6 *Plate fresh water cooler* KM.Sirimau.....54
Gambar 4. 7 Filter *Central Cooler*.....55
Gambar 4. 8 *Cooling Sea Water Pump* KM.Sirimau.....57

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Kinerja *Fresh Water Cooler*.....45

Tabel 4. 2 Data Pada Saat Temperatur Meningkat 52

Tabel 4. 3 Data Pada Saat Temperatur Normal 53

Tabel 4.4 Data Pada Saat Tekanan Normal Dan Abnormal Sea Water.....53

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Mesin yang dipasang di atas kapal dirancang untuk beroperasi secara efisien dalam jangka waktu yang lama. Salah satu bentuk kehilangan energi yang paling dominan pada mesin adalah energi panas. Untuk mencegah akumulasi panas berlebih yang dapat mengganggu kinerja atau bahkan merusak mesin, diperlukan sistem pendingin sebagai media pelepas panas. Oleh karena itu, kapal dilengkapi dengan sistem pendingin air. Sistem ini merupakan komponen vital dalam mesin kapal berbahan bakar diesel, karena secara langsung memengaruhi performa kerja mesin dan memerlukan perhatian khusus dalam pengoperasiannya. (Pongkessu et al., 2021)

Proses pembakaran yang terjadi di dalam dinding silinder menyebabkan peningkatan suhu dan temperatur mesin. Jika sistem pendinginan tidak berfungsi dengan baik, maka tingkat kekentalan (viskositas) oli pelumas akan menurun, sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada torak dan silinder akibat tingginya temperatur dari hasil pembakaran. Agar sistem pendinginan tetap berjalan secara optimal, dapat digunakan alat penukar panas atau *Heat Exchanger*. Alat ini berfungsi untuk mentransfer energi panas dari satu sistem ke sistem lainnya tanpa disertai perpindahan massa. Heat Exchanger juga dapat berperan ganda, baik sebagai alat pendingin maupun sebagai pemanas, tergantung pada kebutuhan sistem.(Pongkessu et al., 2021)

Sistem pendingin mesin diesel di atas kapal menggunakan sistem pendinginan tidak langsung. Sistem

pendingin tidak langsung ini merupakan sistem pendingin mesin yang menggunakan fresh water yang berikan *additive* sebagai media untuk mendinginkan mesin, Di sisi lain, intrusi air laut juga dapat terjadi di daerah pesisir akibat eksploitasi air tanah yang berlebihan seiring dengan pertumbuhan populasi di daerah tersebut. (Arfah et al., 2022). Selanjutnya, air tawar yang digunakan sebagai media pendingin akan didinginkan oleh air laut. Sistem pendingin jenis tidak langsung dipilih karena proses pendinginan mesin tidak dilakukan secara langsung. Komponen yang berperan dalam menurunkan suhu air tawar ini umumnya dikenal dengan sebutan heat exchanger atau fresh water cooler. Mengingat peran penting sistem pendingin air tawar dalam operasional mesin induk di atas kapal, maka perlu dilakukan pemantauan dan perawatan secara berkala guna memastikan suhu air pendingin tetap berada dalam kondisi ideal. (Pongkessu et al., 2021)

Berdasarkan latar belakang maka di lakukan penelitian dengan judul **ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR DAN LAJU AIR PENDINGIN *SEA WATER COOLING* TERHADAP KINERJA MESIN INDUK KAPAL KM. SIRIMAU.**

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang di ajukan penulis adalah apa yg mempengaruhi perubahan temperatur dan laju air pendingin *sea water cooling* terhadap kinerja mesin induk kapal.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin di capai oleh penulis adalah :

a. Mengetahui faktor-faktor yang timbul akibat penurunan tekanan air laut pada sistem pendingin mesin induk.
b. Mengetahui penyebab serta dampak dari perubahan

temperatur dan laju air pendingin *sea water cooling* terhadap peforma kerja mesin induk kapal.

D. Manfaat Penelitian

a. Manfaat Teoritas

Hasil penelitian ini bisa sebagai bahan masukan yang berguna untuk meningkatkan ilmu pengetahuan pembaca dan referensi bagi penulis, sehingga dapat diaplikasikan secara optimal dalam menyelesaikan permasalahan terkait penurunan temperatur dan laju air pendingin sea water cooling yang mempengaruhi performa mesin induk kapal.

b. Manfaat Praktis

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi para awak kapal, khususnya bagian mesin (masinis), dalam melaksanakan perawatan sistem pendingin secara konsisten dan berkala. Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya peningkatan temperatur serta perubahan laju aliran air pada sistem *sea water cooling* yang dapat memengaruhi kinerja *main engine.*

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Pendingin Mesin

Mesin yang digunakan di atas kapal dirancang untuk beroperasi secara optimal dan terus-menerus dalam durasi yang lama. Salah satu bentuk kehilangan energi yang paling dominan adalah dalam bentuk panas. Untuk mencegah akumulasi panas berlebih yang dapat menyebabkan gangguan atau kerusakan pada mesin, diperlukan penggunaan media pendingin (cooler). Oleh karena itu, sistem pendingin air dipasang pada kapal sebagai bagian penting dalam menjaga kestabilan suhu operasional mesin. (Widodo, B. et al.,2020).

Sistem pendingin memegang peranan krusial dalam mendukung kinerja dan kelangsungan operasi mesin kapal, khususnya mesin induk. Pada instalasi kapal, Secara umum, sistem pendingin dapat dikategorikan ke dalam dua tipe pokok, yaitu sistem pendingin yang menggunakan air tawar *(fresh water cooling system)* dan sistem pendingin yang memanfaatkan air laut *(sea water cooling system).* Dalam prosesnya, air laut Digunakan untuk menyerap dan mengalirkan panas yang dibawa oleh air tawar yang sebelumnya telah menerima panas dari mesin melalui *heat exchanger*. Efisiensi sistem pendingin sangat mempengaruhi kinerja mesin secara keseluruhan. Jika pendinginan tidak optimal, maka suhu kerja mesin dapat meningkat, yang pada akhirnya dapat menyebabkan overheat, keausan komponen, hingga kerusakan permanen. (PVan Maanen, 2020, Motor Diesel Kapal, hal8.1,Noutech).

Sistem pendinginan pada mesin berperan penting dalam menjaga kestabilan temperatur kerja agar tetap dalam batas optimal. Mesin pembakaran, baik tipe dalam maupun luar, menghasilkan panas melalui proses pembakaran bahan bakar, yang kemudian diubah menjadi tenaga gerak melalui sistem mekanis di dalam mesin. Panas yang dihasilkan dari proses pembakaran tidak seluruhnya dikonversi menjadi energi. Sebagian energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran dibuang melalui sistem pembuangan, sementara sebagian lainnya diserap oleh komponen-komponen di sekitar ruang bakar. Mesin dengan tingkat efisiensi yang tinggi mampu mengonversi mayoritas energi panas tersebut menjadi energi mekanik, sehingga meminimalkan jumlah panas yang terbuang. Upaya pengembangan teknologi mesin terus dilakukan guna mencapai efisiensi kerja yang maksimal, dengan tetap mempertimbangkan faktor ekonomi, keandalan operasional, aspek keselamatan, serta dampaknya terhadap lingkungan. Dalam hal ini, peran air pendingin sangatlah penting untuk memastikan kelancaran dan kestabilan pengoperasian mesin induk kapal. Oleh karena itu, Sistem pendingin memiliki peranan vital dalam mendukung ketahanan dan kinerja mesin induk. Secara umum, sistem pendinginan pada mesin kapal terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu:

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

   Sistem ini memanfaatkan air tawar sebagai media pendingin internal mesin, di mana air tersebut bersirkulasi melalui jacket cooling dan cylinder liner untuk menyerap panas yang dihasilkan selama proses pembakaran, kemudian dialirkan ke *heat exchanger* untuk didinginkan kembali. *Fresh water cooling system* bekerja dalam

sirkulasi tertutup dan dilengkapi dengan pompa sirkulasi, katup kontrol suhu *(thermostat),* dan alat pengukur tekanan serta suhu. Keunggulan sistem ini adalah mencegah terjadinya korosi karena air tawar tidak mengandung garam dan kotoran yang dapat merusak komponen mesin.

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

Sistem ini menggunakan air laut untuk mendinginkan air tawar dari *fresh water cooling system* melalui *heat exchanger* (biasanya berupa *plate type* atau *shell-and-tube type*). *Sea water cooling system* ekerja secara terbuka dan biasanya hanya digunakan pada tahap akhir pendinginan. Air laut dihisap melalui *sea chest*, kemudian disaring menggunakan *sea strainer* sebelum masuk ke sistem. Setelah digunakan, air laut dibuang langsung ke laut. Sistem ini harus dirawat secara rutin karena air laut bersifat korosif dan dapat menyebabkan fouling atau kerak pada permukaan pendingin. (PVan Maanen, 2020, Motor Diesel Kapal, hal8.1,Noutech).

Temperatur operasional mesin induk harus dijaga agar tetap dalam kisaran yang telah ditentukan oleh pabrik pembuatnya. Temperatur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan ekspansi termal yang berlebihan pada komponen mesin seperti piston, liner, dan cylinder head. Sebaliknya, temperatur yang terlalu rendah juga tidak efisien karena meningkatkan konsumsi bahan bakar dan mempercepat keausan akibat pelumasan yang kurang optimal. (Putra, A., & Sari, R. 2021).

B. Jenis – Jenis Sistem Pendingin

1. Sistem Pendinginan Langsung (Terbuka)

   Dalam sistem pendinginan langsung, air laut digunakan secara langsung sebagai media pendingin utama, yang dialirkan menuju komponen mesin tertentu guna menyerap panas dan menjaga kestabilan suhu operasional mesin. Dari sisi konstruksi, sistem pendinginan langsung memiliki kelebihan karena rancangannya yang lebih simpel serta membutuhkan tenaga yang lebih rendah untuk mengalirkan air dibandingkan dengan sistem pendinginan tidak langsung. Selain itu, sistem ini lebih efisien dalam penggunaan peralatan karena tidak membutuhkan tangki penampungan air maupun banyak pompa untuk sirkulasi. Namun demikian, sistem pendinginan langsung juga memiliki kelemahan, antara lain instalasi perpipaannya cenderung mudah mengalami korosi akibat sifat air laut yang bersifat merusak logam. Selain itu, efektivitas pendinginan berpengaruh besar oleh *sea water* yang berubah-ubah.

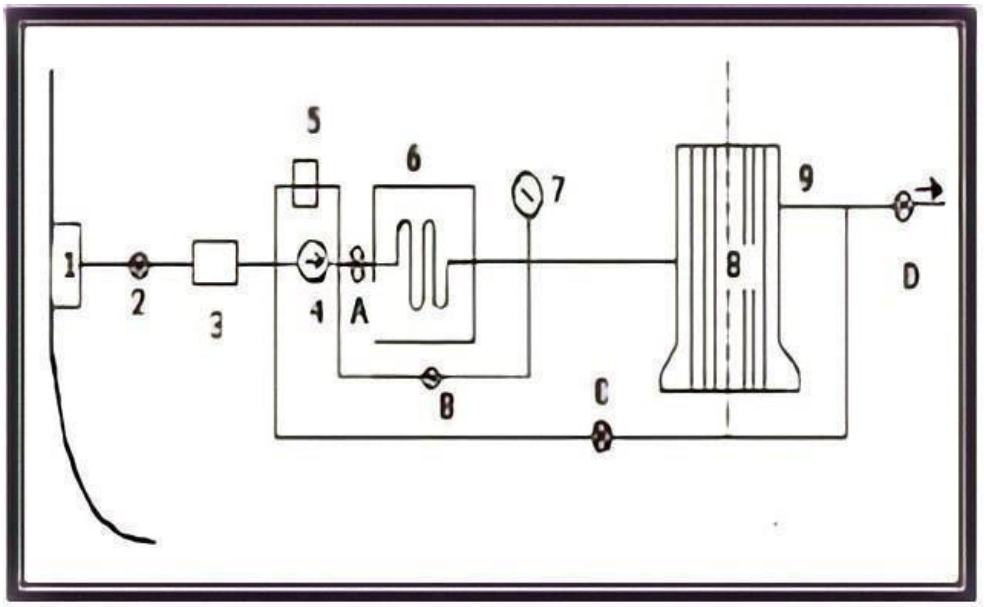
2. Sistem Pendinginan Tidak Langsung (tertutup)

   Sistem pendinginan tak langsung memanfaatkan dua tipe media pendingin, yaitu *sea water* dan *fresh water*. Dalam mekanisme ini, air tawar bertindak sebagai media primer untuk menyerap energi panas dari elemen-elemen mesin, sementara air laut digunakan untuk menurunkan temperatur air tawar via heat exchanger. Setelah tahapan pendinginan selesai, air laut dialirkan keluar dari kapal, sedangkan air tawar kembali bersirkulasi dalam loop tertutup. Sistem ini dipandang memiliki performa yang lebih unggul dan mampu menyebarkan efek pendinginan secara uniform pada seluruh komponen mesin.

C. Sistem Pendingin Mesin

1. Sistem Pendingin Terbuka

Gambar 2.1. Pendingin Terbuka



Sumber: Unimaramni,(2018)

Keterangan :

1. Filter laut (seachest)
2. Valve (katup)
3. Filter induk
4. Pompa pembuangan
5. Safety valve
6. Bak penampung
7. Pengukur suhu
8. Motor induk
9. Saluran pipa

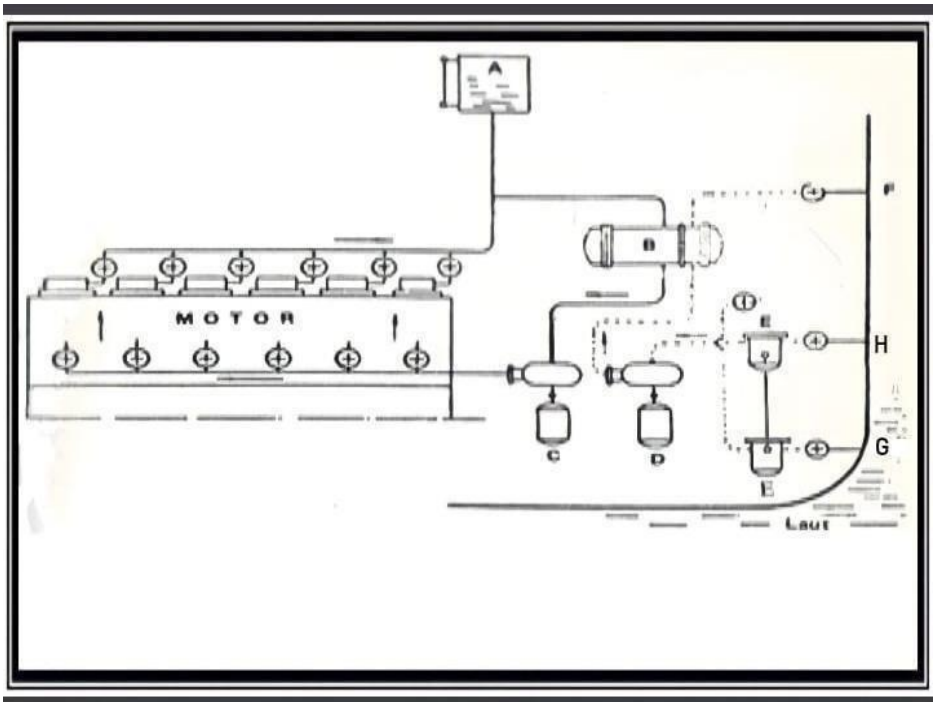
Sistem pendingin terbuka adalah sistem yang menggunakan air laut sebagai media pendingin utama. Setelah digunakan untuk proses pendinginan, air laut tersebut langsung dibuang ke luar kapal. Pada umumnya, air laut memang digunakan sebagai media pendingin dalam sistem ini. Namun, penggunaan sistem terbuka memiliki sejumlah dampak negatif terhadap komponen yang bersentuhan langsung dengan air laut, seperti risiko terjadinya korosi, penumpukan kotoran, dan penyempitan saluran pada pipa-pipa. Kondisi ini dapat mengurangi efektivitas proses pendinginan dan berpotensi mengganggu kinerja mesin induk. Pada sistem pendinginan terbuka, air laut dimanfaatkan secara langsung sebagai medium untuk mengabsorbsi panas dari mesin. Karena air laut hanya mengalir melalui sistem untuk menyerap kalor kemudian dilepaskan kembali ke laut, maka sistem ini dikategorikan sebagai sistem pendingin terbuka. Proses pendinginan dimulai dengan pengambilan air laut melalui katup masuk yang dilengkapi dengan filter, kemudian dipompa menggunakan pompa air laut. Air laut didistribusikan ke sejumlah bagian mesin utama yang memerlukan pendinginan, seperti *oil cooler* dan air *cooler*, lalu diteruskan ke bagian *cylinder head*, dinding silinder, dan *exhaust valve* gas buang. Setelah tahap pendinginan berakhir, air laut langsung dilepaskan keluar dari kapal. Salah satu keunggulan dari implementasi sistem pendinginan air laut (sistem terbuka) adalah konfigurasinya yang lebih simpel, serta konsumsi energi untuk sirkulasi air yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem pendingin air tawar (sistem tertutup). Selain itu, sistem ini lebih efisien

dalam pemanfaatan equipment karena tidak membutuhkan reservoir air maupun banyak pompa untuk mengoperasikan sirkulasi coolant. Namun demikian, sistem pendingin air laut juga memiliki kelemahan, khususnya pada instalasi pipa yang mudah mengalami korosi atau pengikisan akibat karakteristik air laut yang bersifat korosif.

Di samping itu, efisiensi pendinginan sangat dipengaruhi oleh temperatur air laut yang dapat berfluktuasi bergantung pada kondisi lingkungan.

2. Sistem Pendingin Tertutup

Gambar 2.2 Pendingin Tertutup



Sumber : Unimaramni,(2018)

Keterangan:

A. Tanki persediaan air tawar
B. Alat pendingin
C. Pompa sirkulasi air tawar
D. Pompa sirkulasi air laut
E. Filter - Filter
F. Saluran pembuangan air laut
G. Saluran inlet untuk permukaan air rendah (Irigasi)
H. Saluran inlet untuk permukaan air tinggi (Drainase)

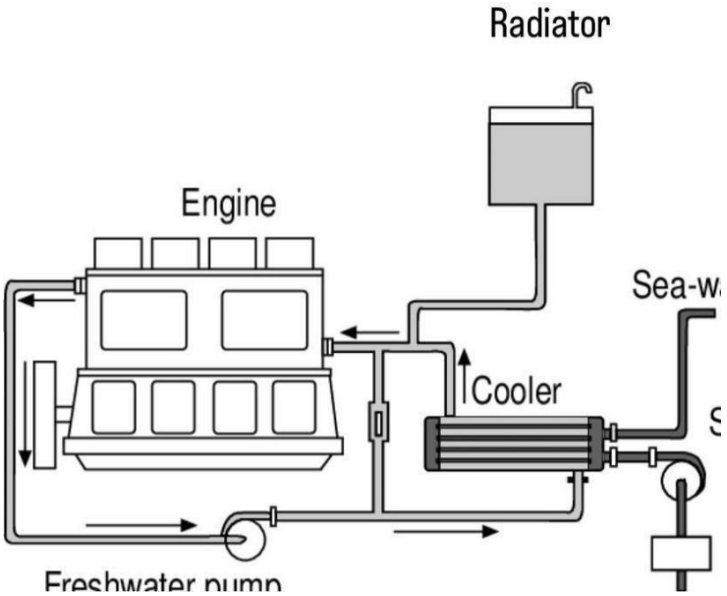
Sistem pendingin tertutup adalah sistem yang memanfaatkan air tawar sebagai medium pendingin primer, yang beredar secara kontinyu untuk mempertahankan temperatur operasi mesin. Sebelum air tawar tersebut dialirkan kembali ke dalam mesin, terlebih dahulu didinginkan melalui heat exchanger yang dinamakan fresh water cooler. Dalam proses ini, air laut digunakan sebagai media pengabsorpsi panas dari sirkulasi air tawar. Setelah menerima kalor, air laut tidak digunakan kembali melainkan langsung dibuang ke lingkungan laut., Sistem ini memungkinkan pengendalian suhu yang lebih stabil serta meminimalkan risiko korosi pada komponen internal mesin.

Air tawar tersebut dialirkan kembali menuju *cooler*, di mana suhunya diturunkan dengan bantuan air laut melalui *sea water cooler*. Dalam sistem ini, air tawar bersirkulasi secara kontinu dan tertutup. Apabila volume air tawar dalam sistem mengalami pengurangan, maka penambahan dilakukan secara otomatis melalui sistem gravitasi dari expansion tank yang diletakkan lebih tinggi dari mesin utama. Ketika kapal sedang beroperasi dan mesin utama berjalan, air tawar dialirkan ke setiap cylinder dengan temperatur antara 160°C hingga 210°C, kemudian keluar

menuju heat exchanger. Di heat exchanger, air tawar didinginkan oleh air laut hingga temperatur turun menjadi sekitar 110°C hingga 150°C. Selanjutnya, air tawar dihisap kembali oleh pompa untuk kemudian disirkulasikan ulang ke mesin utama dalam loop yang berkesinambungan. Karena air tawar beredar tanpa dibuang,sistem ini disebut sistem pendingin tertutup. Oleh karena itu, saat mesin induk beroperasi dalam kondisi normal, *crew* mesin wajib melakukan pemeriksaan berkala pada *expansion tank* guna memastikan volume air tetap mencukupi untuk menjaga efisiensi pendinginan.

3. *Fresh Water Cooling*

Gambar 2.3 *Fresh Water Cooling*



Sumber : Alif nur rochmad,(2022)

Sistem pendingin ini menggunakan air tawar sebagai medium primer untuk mengabsorbsi panas dari mesin. Air

tawar yang telah dipakai untuk mendinginkan mesin akan disalurkan keluar untuk dikondisikan kembali sebelum masuk ke mesin. Proses sirkulasi ini dilakukan oleh pompa sirkulasi, yang memiliki peran vital dalam menjaga kestabilan sistem. Sama halnya dengan sistem pendingin air laut, apabila pompa mengalami gangguan seperti penurunan tekanan, maka harus segera dilakukan penanganan untuk menghindari gangguan pada proses pendinginan mesin. Sistem pendingin yang biasa di gunakan ada 2 macam, yaitu :

1. Sistem pendingin air laut

   Sistem pendinginan ini merupakan sistem yang terpisah, di mana setiap komponen mesin yang memerlukan pendinginan dilengkapi dengan *cooler* masing-masing. Media pendingin yang digunakan adalah air laut yang bersentuhan langsung dengan permukaan komponen yang didinginkan.

   Kerugian pada sistem ini :

   a) Diperlukan material komponen yang memiliki ketahanan tinggi terhadap korosi akibat sifat air laut yang agresif.
   b) Biaya perawatan (maintenance) cenderung lebih tinggi karena tingkat kerusakan yang lebih cepat.
   c) Kerusakan pada salah satu bagian sistem pendingin dapat berdampak pada terganggunya fungsi komponen lain yang saling terhubung dalam sistem tersebut.

   Keunggulan dari sistem ini meliputi:

   a) Perawatan yang lebih sederhana dan praktis.
   b) Biaya pemasangan awal yang lebih ekonomis.
   c) Tidak memerlukan tangki tambahan maupun sistem

sirkulasi air internal yang kompleks.

2. Sistem Pendinginan Terpusat

Sistem pendinginan terpusat adalah sistem di mana seluruh proses pendinginan mesin dilakukan melalui satu sumber pendingin utama yang mengalirkan media pendingin ke semua komponen yang memerlukan pendinginan secara terpadu. Sistem pendinginan ini dirancang dengan memanfaatkan satu heat exchanger pokok yang dikondisikan oleh air laut, sedangkan cooler lainnya seperti jacket water, minyak pelumas, dan udara pembilasan didinginkan menggunakan air tawar bertemperatur rendah. Dengan demikian, komponen yang mengalami kontak langsung dengan air laut sangat minim, sehingga tingkat risiko korosi dapat dikurangi secara drastis. Sistem pendinginan terpusat terdiri dari rangkaian air laut *(sea water circuit)* yang berfungsi sebagai coolant yang menggunakan air laut untuk mendinginkan central cooler. Aliran air laut pada rangkaian ini digerakkan oleh pompa sea water pump, dengan sumber air laut yang diambil dari sea chest di bagian samping kapal. Setelah melewati tahapan pendinginan, air laut tersebut dialirkan langsung ke luar kapal melalui saluran overboard.

Fresh water sirkuit, di bagi lagi menjadi 2 yaitu:

1.) High Temperature Circuit digunakan untuk mendinginkan jacket water cooler, di mana air tawar (fresh water) dialirkan oleh pompa jacket water pump. Uap sisa yang terbentuk kemudian diproses kembali di dalam deaerating tank agar dapat dimanfaatkan kembali untuk proses pendinginan.

2.) Low Temperature Circuit adalah sistem pendingin yang berperan dalam mendinginkan lube oil cooler, di mana suhu air pendingin pada titik masuk (inlet) berkisar sekitar 190°C dan setelah melewati cooler suhu pada titik keluar (outlet) meningkat hingga mencapai 210°C. Selain itu, sirkuit ini juga bertugas mendinginkan udara bilas (scavenging air) yang digunakan dalam proses pembakaran mesin. Pengaturan suhu pada sirkuit ini sangat penting untuk menjaga kestabilan operasi mesin dan mencegah kerusakan akibat suhu yang terlalu tinggi.

D. Prinsip Kerja Sistem Pendingin

Mesin pendingin adalah sistem yang dirancang untuk mengatur dan menjaga suhu komponen-komponen mesin agar tetap berada dalam batas suhu kerja yang aman dan optimal. Prinsip kerja sistem pendinginan adalah dengan memindahkan panas dari mesin ke air, yang berfungsi sebagai media pendingin yang menyerap panas dari sistem. Pada sistem ini, Air laut dipompa melalui sea chest menggunakan pompa air laut. Sebelum memasuki pompa, air laut terlebih dahulu melewati strainer sebagai saringan untuk memblokir masuknya kotoran atau material asing ke dalam sistem. Setelah itu, air laut dialirkan ke cooler untuk menyerap panas dari mesin, Selanjutnya, air laut tersebut dibuang kembali ke laut setelah digunakan secara langsung sebagai media pendingin, di mana fungsinya hanya untuk menyerap panas tanpa digunakan kembali, melainkan langsung dibuang ke laut setelah proses pendinginan selesai.Secara umum, proses kerja mesin pendingin pada kapal dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Ketika mesin bekerja, suhu komponen internal seperti silinder

dan piston meningkat akibat pembakaran bahan bakar dan gesekan.

2. Air tawar bersirkulasi melalui jaket pendingin dan menyerap panas dari komponen mesin.
3. Air tawar panas kemudian dialirkan ke dalam heat exchanger, di mana panasnya dipindahkan ke air laut yang mengalir secara terpisah.
4. Setelah menyerap panas, air laut dialirkan keluar dan dibuang ke laut, sedangkan air tawar yang telah didinginkan kembali digunakan dalam sirkulasi pendinginan mesin
5. Seluruh proses ini berlangsung secara berulang dan terus menerus selama mesin beroperasi.
6. Ketika mesin bekerja, suhu komponen internal seperti silinder dan piston meningkat akibat pembakaran bahan bakar dan gesekan.
7. Air tawar bersirkulasi melalui jaket pendingin dan menyerap panas dari komponen mesin.
8. Air tawar panas kemudian dialirkan ke dalam heat exchanger, di mana panasnya dipindahkan ke air laut yang mengalir secara terpisah.
9. Seluruh proses ini berlangsung secara berulang dan terus menerus selama mesin beroperasi

E. Komponen Pada Sistem Mesin Pendingin Induk Kapal

1. Komponen Sistem Pendingin Terbuka

a. Sea chest

Sea chest merupakan komponen pertama yang memiliki peran krusial dalam sistem pendinginan yang menggunakan air laut. Kinerja dan keandalannya secara langsung berpengaruh terhadap efektivitas sistem pendinginan mesin induk. *Gangguan pada sea chest bisa* menyebabkan terganggunya suplai air laut ke

cooler, yang berisiko menyebabkan *overheating* mesin. *Sea chest* merupakan salah satu elemen penting dalam sistem pendingin mesin induk kapal.

Fungsinya adalah sebagai penyaring awal atau penyaring kasar yang bertugas mencegah masuknya benda asing berukuran besar, seperti potongan kayu, plastik, maupun organisme laut. Selain itu, Sea chest juga bertugas dalam mengalirkan sea water ke dalam kapal untuk memenuhi kebutuhan sea water system.

Umumnya terdapat dua jenis sea chest pada kapal:

1. *High Sea Chest*

   Terletak lebih tinggi dari dasar kapal, digunakan saat kapal sedang berlayar di laut dalam atau saat perairan dangkal yang berlumpur untuk menghindari penyumbatan oleh sedimen laut. Kegunaannya antara lain :

   a. Digunakan saat kapal berada di pelabuhan, perairan dangkal, atau perairan berlumpur/keruh.
   b. Mencegah risiko penyumbatan sistem oleh sedimen atau sampah dari dasar laut.
   c. Menyediakan pasokan air laut yang aman untuk sistem penting seperti pompa ballast atau fire pump.

2. *Low sea chest* Terletak dekat lunas kapal, digunakan saat kapal dalam kondisi *ballast* atau saat sedang bersandar di pelabuhan agar tetap dapat menyerap air laut walau permukaan air rendah. Kegunaanya antara lain :

   1. Menyediakan volume aliran air laut lebih maksimum, karena tekanan hidrostatis di kedalaman lebih tinggi.
   2. Ideal untuk pendinginan mesin induk yang membutuhkan pasokan air laut konstan dan besar.

Gambar 2.4. *Sea chest*

Sumber : Sobat pelaut,(2020)

b. Sea grating

Sea grating adalah komponen penyaring awal *(intake screen)* yang dipasang pada lubang isap air laut (sea chest) kapal. Fungsinya adalah untuk menyaring benda-benda besar seperti sampah laut, ganggang, kerikil, atau organisme laut agar tidak masuk ke sistem pendinginan air laut. Sea grating merupakan garis pertahanan pertama dalam sistem pendinginan, Sebelum air laut melewati strainer dan masuk ke dalam heat exchanger, air terlebih dahulu disaring oleh *sea grating* berfungsi sebagai penyaring awal berbentuk kisi-kisi yang bertugas menghalau benda asing dari laut agar tidak masuk dan mengganggu kinerja sistem perpipaan kapal. Dengan demikian, *sea grating* berperan sebagai penyaring pertama yang menyaring kotoran sebelum air laut masuk ke dalam *sea chest*, yang selanjutnya akan melewati strainer dan filter

sebagai bagian dari sistem penyaringan lanjutan. Sea grating dipasang secara permanen pada bagian luar lambung kapal, tepat di depan sea chest Karena berada di luar lambung dan selalu terenda.

Sea grating adalah komponen penyaring awal (intake screen) yang dipasang pada lubang isap air laut (sea chest) kapal. Fungsinya adalah untuk menyaring benda-benda besar seperti sampah laut, ganggang, kerikil, atau organisme laut agar tidak masuk ke sistem pendinginan air laut. Sea grating merupakan garis pertahanan pertama dalam sistem pendinginan. Sebelum air laut melewati strainer dan masuk ke dalam heat exchanger, air terlebih dahulu disaring oleh *sea grating*. *Sea grating* merupakan filter berbentuk kisi-kisi yang diinstal pada bagian eksternal *sea chest* dan berfungsi untuk mencegah penetrasi benda-benda asing yang tidak diinginkan, seperti waste atau organisme laut, ke dalam sistem perpipaan kapa. Dengan kata lain, *sea grating* berperan sebagai lapisan penyaring awal yang menyaring kotoran sebelum air laut memasuki *sea chest,* kemudian dilanjutkan ke tahapan penyaringan selanjutnya melalui strainer dan filter.

Gambar 2.5. *Sea grating*

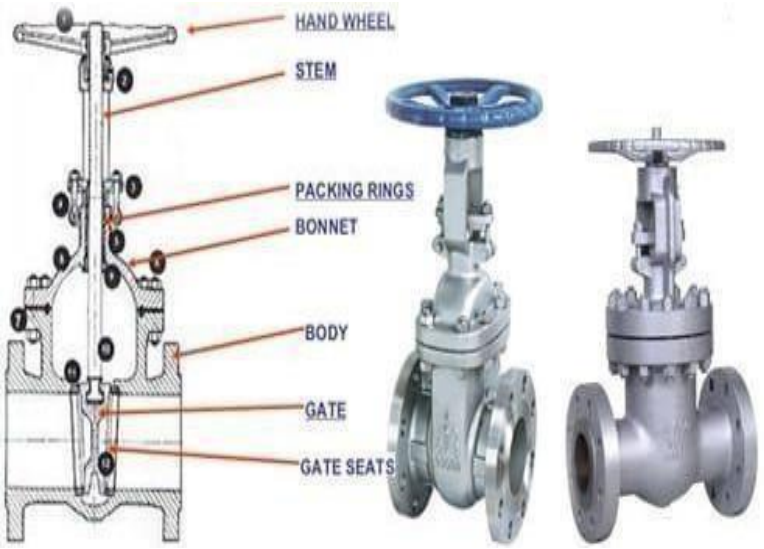
Sumber: Indonesia marine equipment,(2020)

1. Katup(valve)

Katup (*valve*) merupakan komponen mekanis yang memiliki fungsi utama untuk mengatur, mengarahkan, serta mengontrol aliran fluida, baik berupa cairan maupun gas, di dalam sistem perpipaan. Dalam sistem pendingin mesin induk kapal, katup berperan penting dalam mengatur jalannya air laut sebagai media pendingin, memastikan aliran fluida berjalan sesuai kebutuhan operasi serta menjaga stabilitas tekanan dan suhu dalam sistem, katup memiliki peran krusial untuk memastikan bahwa fluida pendingin (air tawar maupun air laut) dapat mengalir dengan arah, tekanan, dan volume yang sesuai dengan kebutuhan

operasi mesin. Keseluruhan sistem perpipaan di dalam kamar mesin dipasang dengan valve yang berperan sebagai kontrol aliran, memungkinkan pembukaan dan penutupan jalur air laut sesuai kebutuhan. Selain itu, katup juga berperan sebagai perangkat pengaman yang dapat digunakan dalam kondisi darurat, seperti kebocoran sistem, keperluan pemadaman kebakaran, atau situasi kritis lainnya.

Gambar 2.6. Katup (*valve*)



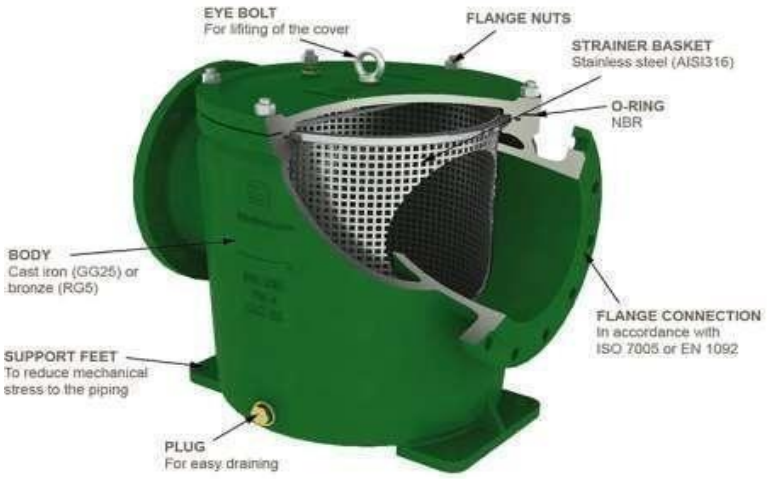
Sumber: dimensi pelaut,(2020)

2. Saringan (*Strainer*)

Strainer adalah salah satu komponen penting dalam sistem pendinginan air laut *(sea water cooling system)* yang berfungsi sebagai penyaring untuk memisahkan partikel-partikel padat atau kotoran dari air laut sebelum masuk ke sistem perpipaan lebih lanjut, seperti ke pompa, *heat exchanger,* atau *cooler. Strainer* merupakan bagian dari perlindungan sistem agar tidak mengalami penyumbatan atau kerusakan akibat kontaminasi benda asing. *Strainer*

adalah suatu peralatan berbentuk kotak atau silinder yang biasanya diletakkan pada pipa menuju mesin induk, pipa menuju mesin bantu atau pada pipa *by pass.* Peralatan ini berfungsi sebagai filter kotoran dari laut, dalam strainer tersebut dipasang saringan. Impuritas tersebut bila tidak tersaring dan mengendap pada strainer akan enter ke dalam sistem air laut dalam engine room dan lain-lain. Dalam sistem pendingi*n sea water (sea water cooling system),* strainer mencegah masuknya sampah laut seperti lumpur, rumput laut, atau kerikil kecil ke dalam sistem, yang dapat menghambat kinerja mesin.

Gambar 2.7. *Strainer*



Sumber : stimartamni,(202

3. Pompa

Pompa adalah perangkat mekanis yang berfungsi untuk memindahkan fluida (cairan) dari satu lokasi ke lokasi lain melalui pipa dengan cara memberikan tambahan energi, baik dalam bentuk tekanan, energi kinetik, atau kombinasi keduanya.Dalam aplikasinya di kapal, Pompa sangat signifikan karena digunakan dalam berbagai sistem seperti sistem pendinginan, sistem fuel oil, dan sistem ballast, sistem bilge, dan sistem pemadam api. Pompa air laut berperan dalam menghisap, mengalirkan, dan menekan air laut ke dalam sistem, kemudian mensirkulasikannya untuk mendinginkan bagian-bagian tertentu. Umumnya, kapal dilengkapi dengan pompa air laut bertipe sentrifugal atau vertikal.Pompa sentrifugal bekerja dengan menggunakan impeller untuk memindahkan fluida dari posisi yang lebih rendah ke posisi yang lebih tinggi. Impeller berfungsi sebagai komponen utama dalam proses penghisapan air. Jika impeller mengalami kerusakan atau keausan, kinerja pompa dalam menghisap air laut akan menurun, yang berdampak pada penurunan tekanan output dari pompa.

Gambar 2.8. *Sea water pump*

Sumber :Renaldi fuji pamungkas, 2021

4. Pipa By pass

By-pass adalah suatu jalur alternatif dalam sistem perpipaan yang dirancang untuk mengalihkan sebagian atau seluruh aliran fluida dari jalur utama. Dalam sistem pendinginan mesin kapal, fungsi by-pass sangat penting untuk mengatur suhu kerja mesin secara optimal, terutama saat mesin berada dalam kondisi start-up, low load, atau saat suhu fluida terlalu rendah untuk memasuki sistem utama seperti heat exchanger. sistem by-pass biasanya dilengkapi dengan katup (valve) yang dapat dikontrol secara manual maupun otomatis menggunakan sistem termostatik. Katup ini akan membuka atau menutup jalur by-pass tergantung pada temperatur fluida, dengan tujuan menjaga

temperatur kerja mesin tetap stabil. Saat fluida masih terlalu dingin, sebagian besar aliran akan diarahkan melalui jalur by-pass tanpa melewati cooler, sehingga mempercepat tercapainya temperatur kerja ideal. Pipa by-pass digunakan untuk mengkoneksikan beberapa sea chest, sehingga dapat mendukung kelancaran suplai air laut ke sistem saat salah satu jalur mengalami penyumbatan atau kerusakan.

Gambar 2.9.*Pipa by pass*

Sumber :hatta piestick,(2020)

5. Cooler

Cooler adalah suatu alat penukar panas yang berperan dalam mencegah terjadinya overheating dengan menurunkan suhu fluida bersuhu tinggi melalui media pendingin berupa cairan. Proses ini dilakukan melalui mekanisme perpindahan panas secara bertahap dari fluida panas ke media pendingin, tanpa menyebabkan fluktuasi suhu yang drastis. Pada sistem pendingin mesin induk, air tawar digunakan untuk menyerap panas dari mesin, kemudian air tawar tersebut didinginkan oleh air laut melalui *cooler*. Setelah proses pendinginan, air laut dibuang kembali ke luar kapal. Cooler bekerja sebagai media penukar panas dengan memanfaatkan air laut untuk menyerap panas dari mesin, sehingga panas dari fluida tersebut dapat diserap secara efektif.

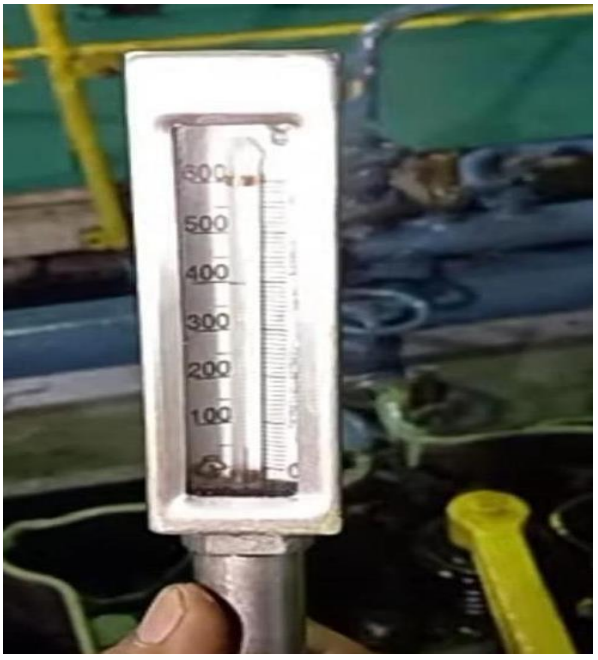
Gambar 2.10. *Cooler*

Sumber : Andre hadi pratama, 2020

6. Pengukur Suhu (*Thermometer*)

Termometer merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengetahui suhu suatu zat atau sistem dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dalam sistem pendinginan mesin kapal, alat ini berfungsi untuk memantau suhu fluida agar tetap berada dalam batas operasi yang aman., thermometer berperan penting dalam memantau suhu air pendingin (baik fresh water maupun sea water), suhu oli pelumas, serta suhu komponen-komponen penting mesin induk. Informasi suhu sangat penting untuk memastikan mesin beroperasi dalam kisaran temperatur yang aman dan efisien. sehingga kinerja sistem pendingin dapat diawasi secara optimal.

Gambar 2.11.Pengukur Suhu (*Thermometer*)

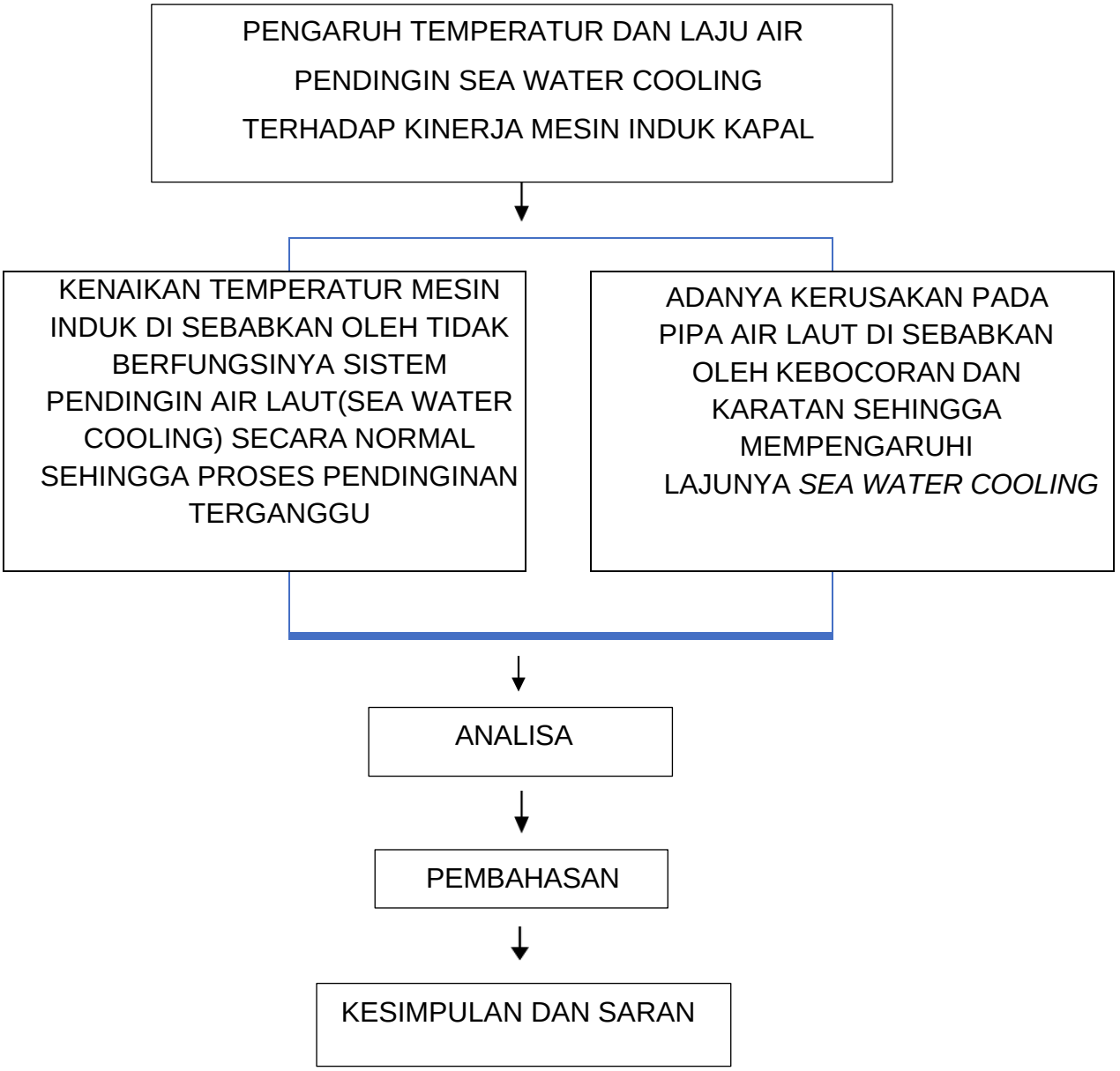


Sumber: The movic chanel, 2020

2. Sistem Pendingin Tertutup

Sistem pendingin tertutup adalah sistem yang menggunakan air tawar yang beredar secara tertutup untuk mendinginkan mesin utama kapal. Air tawar ini tidak dibuang ke luar, melainkan didinginkan kembali melalui alat penukar panas *(heat exchanger)* sebelum kembali dialirkan ke mesin. Sistem ini banyak digunakan karena efektif menjaga kestabilan suhu kerja mesin sekaligus mencegah terjadinya korosi pada komponen mesin bagian dalam. Setelah bersirkulasi melalui mesin dan mengalami peningkatan suhu, air tawar tersebut dialirkan kembali ke heat *exchanger (cooler)*, di mana panasnya dipindahkan ke air laut melalui sistem pendingin air laut. Dalam sistem ini, fresh water yang telah mendinginkan mesin terus bersirkulasi secara kontinyu. Jika kapasitas fresh water dalam sistem berkurang, pengisian cairan dilakukan secara gravitasi dari expansion tank yang ditempatkan di posisi lebih tinggi, umumnya di lantai atas, di atas main engine. Komponen sistem cooling tertutup mirip dengan sistem cooling terbuka, namun perbedaannya terletak pada aplikasi sea chest dan strainer (filter) yang hanya ada pada sistem cooling terbuka, sedangkan pada sistem tertutup kedua komponen tersebut tidak digunakan.

F. Kerangka Pikir



G. Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, penulis menyusun hipotesis sebagai berikut:

1. Kenaikan temperatur mesin induk disebabkan oleh gangguan pada sistem pendingin sea water cooling yang tidak berfungsi dengan baik.
2. Adanya kerusakan pada pipa air laut di sebabkan oleh kebocoran dan karatan sehingga mempengaruhi lajunya sea *water cooling.*

BAB III
METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di atas kapal KM. SIRIMAU selama kurang lebih satu tahun (12 bulan) saat penulis menjalani Prala (Praktek Laut).

B. Metode Pengumpulan Data

Data dan informasi yang dibutuhkan untuk skripsi ini dikumpulkan melalui:

a. Penelitian lapangan *(field research)* merupakan metode penelitian yang dilaksanakan melalui observasi secara langsung terhadap subjek atau objek yang menjadi fokus penelitian. Pengumpulan data dan informasi dalam penelitian ini dilakukan dengan cara:
   a. Pengamatan (observasi), yakni melakukan pengamatan secara langsung terhadap subjek penelitian di lokasi lapangan selama pelaksanaan praktik laut di atas kapal.
   b. Wawancara, yakni melaksanakan dialog tanya jawab secara langsung dengan para perwira dan kru mesin yang bertugas di kapal.
   c. Dokumentasi, yakni teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui kegiatan pengamatan, pembacaan, dan pencatatan terhadap seluruh informasi yang relevan dengan objek penelitian.

2. Studi kepustakaan (*Library Research),* yaitu metode penelitian yang dilaksanakan melalui aktivitas membaca dan mengkaji literatur referensi yang berkaitan dengan permasalahan yang dikaji, dengan tujuan memperoleh dasar teoritis untuk memperkuat analisis permasalahan dalam penelitian.

Metode subjektif deskriptif, dimana penulis melakukan pemeriksaan terhadap data-data yang diperoleh dari hasil observasi atau pengamatan secara langsung terhadap objek penelitian.

C. Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu:

1. Jenis Data:
   a. Data kualitatif: data yang diperoleh dalam bentuk variabel berupa informasi terkait pembahasan, baik secara lisan maupun tertulis.
   b. Data kuantitatif: data berupa angka yang diperoleh dari hasil pengukuran atau perhitungan. Dalam penelitian ini, data kuantitatif meliputi data dari alat ukur serta catatan waktu perawatan.
2. Sumber Data:
   a. Data primer: merupakan data yang diperoleh secara langsung dari sumber asli melalui observasi dan pencatatan langsung di lapangan.
   b. Data sekunder: merupakan data yang dikumpulkan bukan secara langsung oleh peneliti, melainkan diperoleh dari buku-buku yang relevan dengan objek penelitian serta informasi yang diperoleh selama perkuliahan

D. Analisis Data

Penulisan skripsi ini menggunakan metode deskriptif yang bertujuan untuk mengungkap fakta-fakta yang terjadi di lapangan. Metode ini disajikan dalam bentuk paparan dan uraian mengenai objek permasalahan yang muncul pada

waktu tertentu. Pendekatan ini digunakan secara rinci agar data yang diperoleh sesuai dengan langkah-langkah yang telah ditetapkan, sehingga informasi yang dikumpulkan relevan dengan permasalahan dalam materi skripsi ini.