

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN  
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN  
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



**MAKALAH  
OPTIMALISASI PERAWATAN SYSTEM PENDINGIN UNTUK  
MEMPERTAHANKAN KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL MT.SEABORNE  
PERTO**

**Oleh:**

**DEDY GARAGA JULU PURBA**  
**NIS: 02091/T-1**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - 1  
JAKARTA  
2024**

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN  
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN  
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



**MAKALAH**

**OPTIMALISASI PERAWATAN SYSTEM PENDINGIN UNTUK  
MEMPERTAHANKAN KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL MT.SEABORNE  
PERTO**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan  
Untuk Menyelesaikan Program ATT - I**

**Oleh:**

**DEDY GARAGA JULU PURBA**

**NIS: 02091/T-1**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT – 1**

**JAKARTA 2024**

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN  
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN  
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



**TANDA PERSETUJUAN MAKALAH**

Nama : DEDY GARAGA JULU PURBA  
No. Inuk Siwa : 02091/T-I  
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I  
Jurusan : TEKNIKA  
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN SYSTEM PENDINGIN  
UNTUK MEMPERTAHANKAN KINERJA MESIN  
INDUK DI KAPAL MT.SEABORNE PERTO

Pembimbing I,

**Diah Zakiah, S.T., M.T**

Penata Tk I (III/d)

NIP : 19790517 200604 2 015

Jakarta, 31 Mei 2024

Pembimbing II,

**Drs. Purnomo, M.M**

Pembina (IV/a)

NIP : 19590612 198003 1 002

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknika

**Dr. Markus Yando, S.SiT., M.M**

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 19800605 200812 1 001

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN  
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN  
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



**TANDA PENGESAHAN MAKALAH**

Nama : DEDY GARAGA JULU PURBA  
No. Induk Siwa : 02091/T-I  
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I  
Jurusan : TEKNIKA  
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN SYSTEM PENDINGIN  
UNTUK MEMPERTAHANKAN KINERJA MESIN  
INDUK DI KAPAL MT.SEABORNE PERTO

Penguji I

**Muhammad Nurdin, SAP.  
,MAP., M. Mar.E**  
Pembina Utama Muda (IV/c)  
NIP. 19660217 199808 1 001

Penguji II

**Tri Budi Prasetya, S.SI.T.,MM**  
Penata Tk I (III/b)  
NIP. 19801124 20081201001

Penguji III

**Diah Zakiah, S.S.T.,MT**  
Penata Tk I (III/d)  
NIP.19790517 200604 2 015

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknika

**Dr. Markus Yando, S.SiT.,M.M**  
Penata TK. I (III/d)  
NIP. 19800605 200812 1 001

## ***KATA PENGANTAR***

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkah dan rahmat serta karunia-nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan makalah ini dengan judul:

### **OPTIMALISASI PERAWATAN SYSTEM PENDINGIN UNTUK MEMPERTAHANKAN KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL MT.SEABORNE PERTO”.**

Makalah diajukan dalam rangka melengkapi tugas dan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program pendidikan Ahli Teknik Tingkat - I (ATT -I).

Dalam rangka pembuatan atau penulisan makalah ini, penulis sepenuhnya merasa bahwa masih banyak kekurangan baik dalam teknik penulisan makalah maupun kualitas materi yang disajikan. Untuk itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan.

Dalam penyusunan makalah juga tidak lepas dari keterlibatan banyak pihak yang telah membantu, sehingga dalam kesempatan pula penulis mengucapkan rasa terima kasih yang terhormat:

1. Dr. Capt. Tri Cahyadi, M.H.,M.Mar selaku Kepala Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
2. Capt. Suhartini,M.M.,M.MTr, selaku Kepala Divisi Pengembangan Usaha Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
3. Dr. Markus Yando, S.SiT.,M.M., selaku Ketua Jurusan Teknik Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
4. IBU Diah Zakiah, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan pikirannya mengarahkan penulis pada sistematika materi yang baik dan benar
5. Bapak Drs. Purnomo, M.M selaku dosen pembimbing II yang telah meberikan waktunya untuk membimbing proses penulisan makalah.
6. Seluruh Dosen dan staf pengajar Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta yang

telah memberikan bantuan dan dorongan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas makalah.

7. Orang tua tercinta Seluruh rekan-rekan yang ikut memberikan sumbangsih pikiran dan saran serta yang telah memberikan motivasi selama penyusunan makalah.

Akhir kata semoga makalah dapat memberikan manfaat bagi penulis dan semua pihak yang membutuhkannya.

Jakarta, 31 Mei 2024

Penulis,



DEDY GARAGA JULU PURBA

NIS. 02091/T-I

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vi
<b>BAB I      PENDAHULUAN</b>	
<b>A.      Latar Belakang</b> .....	1
<b>B.      Identifikasi Masalah</b> .....	2
<b>C.      Batasan Masalah</b> .....	2
<b>D.      Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>E.      Tujuan Dan Manfaat Penulisan</b> .....	3
<b>F.      Metode Penelitian</b> .....	3
<b>G.      Waktu Penelitian</b> .....	5
<b>H.      Sistematika Penulisan</b> .....	5
<b>BAB II     LANDASAN TEORI</b>	
<b>A.      Tinjauan Pustaka</b> .....	7
<b>B.      Kerangka Pemikiran</b> .....	24
<b>BAB III    ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	
<b>A.      Deskripsi Data</b> .....	25
<b>B.      Analisis Data</b> .....	27
<b>C.      Pemecahan Masalah</b> .....	34
<b>BAB IV    KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
<b>A.      Kesimpulan</b> .....	35
<b>B.      Saran-saran</b> .....	35

## DAFTAR LAMPIRAN

**Lampiran 1. *Ship Particular***

**Lampiran 2. *Crew List***

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pendingin Terbuka.....	8
Gambar 2.2 Sea chest.....	9
Gambar 2.3 Sea Grating.....	11
Gambar 2.4 Valve.....	13
Gambar 2.5 Saringan.....	13
Gambar 2.6 Pompa.....	14
Gambar 2.7 Pendingin Tertutup.....	15

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. LATAR BELAKANG

Kapal laut terus mengalami perubahan bentuk, jenis dan teknologinya sesuai dengan muatan yang diangkut oleh kapal tersebut. Dalam pengoperasian kapal sebagian besar dipakai motor diesel sebagai penggerak utama maupun untuk mesin bantu karena motor diesel ini sangat efisien dibanding dengan mesin uap dalam pengoperasian armada pelayaran.

Pada waktu mesin diesel bekerja, torak bergerak dalam silinder, panas yang timbul sebagai hasil dari pembakaran bahan bakar didalam silinder, dapat mencapai  $500^{\circ}\text{C} - 600^{\circ}\text{C}$ . Hal itu terjadi dengan terus menerus pada blok mesin tersebut dan bagian-bagiannya akan menjadi panas akibat dari adanya pembakaran di dalamnya sehingga memerlukan pendingin.

Sistem pendingin dibagi dalam dua jenis, sistem pendingin terbuka dan tertutup. Sistem pendingin terbuka ialah pendinginan yang menggunakan air laut, Dari laut kembali kelaut. Sistem pendingin tertutup ialah pendingin yang menggunakan air tawar yang ada dikapal itu sendiri.

Penyebab dari kenaikan suhu pada mesin adalah kurangnya tekanan pada pompa pendingin, adanya penyumbatan pada jalur pendingin. Bila terjadi kesalahan atau kurangnya perawatan yang mengakibatkan suhu naik, mesin akan *slowdown* dan menunda jalurnya pelayaran.

Untuk menghindari kapal mengalami masalah dalam pelayaran. Pentingnya pengecekan suhu pendingin dan pengecekan tekanan pompa air laut secara berkala.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik mengangkat judul makalah sebagai berikut:

**“OPTIMALISASI PERAWATAN SYSTEM PENDINGIN UNTUK MEMPERTAHANKAN KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL MT. SEABORNE PETRO”**

## **B. IDENTIFIKASI MASALAH**

Untuk menjaga kinerja sistem pendingin air laut pada mesin induk dan komponen lainnya perlu dilakukan perawatan yang rutin. Karena kinerja sistem pendingin air yang optimal akan berpengaruh pada suhu dan kerja mesin induk sehingga mesin induk dapat dioperasikan dengan lancar. Sehubungan dengan hal tersebut, maka penulis mengidentifikasi masalah sebagai berikut:

- 1) *Heat exchanger* tidak mampu menurunkan suhu yang naik pada mesin induk (*main engine*)
- 2) *Sea water cooling pump* tidak mencapai tekanan normal
- 3) Terhisapnya gelembung udara oleh pompa
- 4) Saringan air laut tersumbat karna banyaknya kotoran yang menempel

## **C. BATASAN MASALAH**

Proses pendinginan yang tidak bekerja secara optimal dapat mengganggu kelancaran operasional Mesin Induk. Hal ini disebabkan banyak faktor mulai dari faktor SDM maupun dari peralatan itu sendiri. Oleh karena luas nya pembahasan mengenai permasalahan yang terjadi pada sistem pendingin air mesin induk, maka agar pembahasannya lebih fokus, penulis akan membatasi pembahasan makalah ini hanya pada masalah yang menjadi prioritas, yaitu tentang:

1. *Heat exchanger* tidak mampu menurunkan suhu yang naik pada mesin induk (*main engine*)
2. *Sea water cooling pump* tidak mencapai tekanan normal

## **D. RUMUSAN MASALAH**

Agar lebih mudah dicarikan solusi pemecahannya maka penulis perlu merumuskan masalah yang pernah dialami di atas kapal MT.Seaborne Petro.

Berdasarkan uraian identifikasi dan batasan masalah yang tersebut di atas, penulis merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Mengapa *heat exchanger* tidak mampu menurunkan suhu yang naik pada mesin induk?

2. Mengapa *sea water cooling pump* tidak mencapai tekanan normal?

## **E. TUJUAN DAN MANFAAT PENULISAN**

### **1. Tujuan Penulisan**

- a. Untuk mengetahui penyebab dari permasalahan *heat exchanger* tidak mampu menurunkan suhu mesin induk.
- b. Untuk mengetahui penyebab *sea water cooling pump* tidak mencapai tekanan normal.

### **2. Manfaat Penulisan**

#### **a. Aspek Teoritis**

Sebagai sumbangan pemikiran bagi studi manajemen perawatan air pendingin, dengan cara mencermati karakteristik yang khas serta untuk mendorong melakukan penelitian tentang perawatan sistem air pendingin dengan cara pandang yang berbeda.

#### **b. Aspek Praktis**

Memberikan sumbangan pemikiran kepada rekan-rekan seprofesi, agar bila mendapat masalah yang sama dapat digunakan sebagai acuan sebagai upaya pemecahannya, dalam mengatasi akibat yang ditimbulkan dari sistem pendingin air.

## **F. METODE PENELITIAN**

Dalam penyusunan makalah ini penulis menggunakan metode pengumpulan data berdasarkan di atas :

### **1. Metode Pendekatan**

Dalam penulisan makalah ini menggunakan metode pendekatan studi kasus yang dilakukan secara deskriptif kualitatif, yakni berdasarkan pengalaman yang penulis alami selama bekerja di atas kapal MT. SEABORNE PETRO.

## 2. Teknik Pengumpulan Data

Perolehan data didapat selama penulis bekerja di atas kapal, sehingga dapat diperoleh data yang lebih akurat. Untuk mendapatkan data yang diperlukan, penulis menggunakan beberapa teknik pengumpulan data sebagai berikut :

### a. Observasi (pengamatan)

Dalam hal ini penulis melakukan pengamatan atau observasi secara langsung dan telah mengumpulkan data-data dan informasi atas fakta yang dijumpai di atas kapal MT.Gas Indonesia II.

### b. Dokumentasi

Dokumentasi yaitu berupa data-data yang diperoleh dari dokumen-dokumen yang penulis dapatkan di atas kapal. Dokumen tersebut merupakan bukti nyata yang berhubungan dengan peranan/fungsi pengabut bahan bakar.

### c. Studi Pustaka

Dengan mengambil data-data dari buku-buku yang berhubungan dengan makalah ini dan sebagai dasar untuk memecahkan masalah yang diangkat dan dibahas.

## 3. Tehnik Analisis Data

Metode yang di gunakan penulis melakukan pengamatan atau langsung di atas kapal tentang kondisi-kondisi yang terjadisehingga diketahui permasalahannya dan melalui landasan teori di analisis penyebab dari permasalahan tersebut sehingga diperoleh cara pemecahan dari permasalahan.

## **G. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN**

### 1. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama Penulis bekerja di atas kapal MT.SEABORNE PETRO. Sejak 02 JUNI 2022 sampai dengan 09 MEI 2024. Dalam kurun waktu

tersebut penulis menjalankan tugas sebagai *Second Engineer* dan beberapa kali menemukan kendala pada sistem bahan bakar.

## 2. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di MT.SEABORNE PETRO, kapal yang bermuatan *crude oil* berbendera Indonesia dengan alur pelayaran domestik.

## H. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan dibutuhkan dalam penyusunan makalah guna menghasilkan suatu bahasan yang sistematis dan memudahkan dalam pembahasan maupun pemahaman makalah yang disusun, adapun sistematika penulisan adalah sebagai berikut.

### BAB IPENDAHULUAN

Menjelaskan pendahuluan yang mengutarakan latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penulisan dan sistematika penulisan.

### BAB II LANDASAN TEORI

Terdiri dari Tinjauan pustaka yang memaparkan teori-teori untuk menganalisa data-data sebagai referensi untuk mendapatkan informasi. Pada landasan teori ini juga terdapat kerangka pemikiran yang merupakan model konseptual tentang bagaimana teori berhubungan dengan berbagai faktor yang telah diidentifikasi sebagai masalah yang penting.

### BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan uraian tentang data yang diambil dari lapangan berupa fakta-fakta yang terjadi, selama penulis bekerja di atas MT.Seaborne Petro. Hal tersebut digambarkan dalam deskripsi data, kemudian dianalisis mengenai permasalahan yang terjadi dan menjabarkan pemecahan dari permasalahan tersebut sehingga permasalahan yang sama tidak terjadi lagi. Dengan kata lain menawarkan solusi terhadap penyelesaian masalah tersebut.

#### BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini dijelaskan tentang penutup yang mengemukakan kesimpulan dari perumusan masalah yang dibahas dan saran yang berasal dari evaluasi pemecahan masalah yang dibahas didalam penulisan makalah ini dan merupakan masukan untuk perbaikan yang akan dicapai.

## BAB II

### LANDASAN DAN TEORI

#### A. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini penulis memaparkan teori-teori dan istilah-istilah yang berhubungan dan mendukung dari pembahasan permasalahan yang akan dibahas lebih lanjut pada masalah ini yang bersumber dari referensi buku-buku pustaka yang terkait.

##### 1. *Main Engine* (mesin induk)

*Main engine* (mesin induk) adalah mesin utama penggerak kapal yang mendukung operasional kapal yang menghasilkan tenaga pendorong dengan cara mengubah tenaga mekanik(gerak) menjadi tenaga pendorong, dimana tenaga mekanik dihasilkan dari hasil pembakaran bahan bakar diesel didalam motor itu sendiri.

Berikut pendukung performa mesin agar pelayaran berjalan lancar adalah dengan memperhatikan Sistem Pendingin , Sistem Pelumas , Sistem Bahan Bakar. Disini saya akan membahas Sistem Pendingin sebagai salah satu pendukung performa mesin induk.

##### 2. Sistem Pendingin

###### a. Definisi Sistem Pendingin

Pendingin adalah suatu media yang berfungsi untuk menyerap panas. Panas tersebut didapat dari hasil pembakaran bahan bakar di dalam *cylinder*. Di dalam sistem pendingin terdapat beberapa komponen yang bekerja secara berhubungan antara lain: *cooler*, pompa sirkulasi air tawar, *strainer* pada air laut dan *sea chest*. Apabila salah satu komponen tersebut mengalami gangguan, maka akan berakibat pada kurang maksimalnya hasil pendinginan terhadap Mesin Induk. Air pendingin dalam fungsinya sangat *vital* dalam menjaga kelancaran pengoperasian Mesin Induk. (P. Van Maanen, 2000:82)

Sistem pendingin bertujuan untuk menjaga agar temperatur mesin tetap berada pada batas yang diperbolehkan sesuai dengan kekuatan material, karena kekuatan material akan menurun sejalan dengan naiknya temperatur (*over heating*).

Pada kapal dengan penggerak Mesin Diesel dengan pendingin air, air pendingin dialirkan melalui dan menyelubungi dinding silinder, kepala silinder serta bagian-bagian lain yang perlu didinginkan. Air pendingin akan menyerap panas (*kalor*) dan semua bagian tersebut, kemudian mengalir meninggalkan blok mesin menuju *cooler* atau alat pendingin dan akan menurunkan kembali temperaturnya.

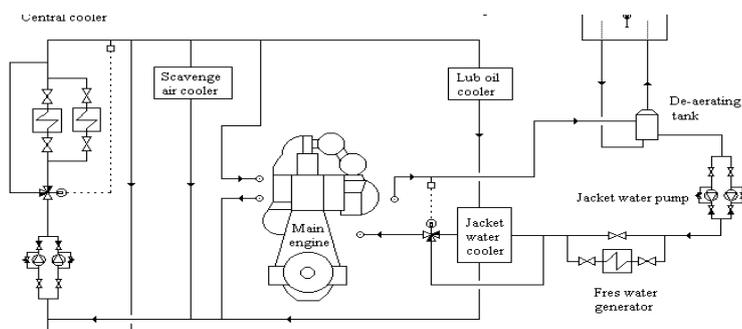
Agar blok mesin diesel dapat terpelihara dari tegangan akibat panas, maka panas yang timbul harus dapat dikendalikan. Keadaan tersebut hanya bisa diatasi dengan cara mengedarkan (mensirkulasi) media pendingin dengan tekanan yang konstan ke seluruh komponen Mesin Induk. Sistem ini harus menjadi pengawasan bagi para perwira mesin agar aliran pendingin selalu lancar.

## b. Macam-Macam Sistem Pendingin

Pada umumnya di kapal-kapal berukuran besar ada dua macam untuk mendinginkan mesin utama maupun motor bantu, yaitu:

### 1) Sistem Pendingin Langsung (Terbuka)

Sistem pendingin langsung adalah sistem pendingin yang menggunakan satu media pendingin saja yakni dengan media pendingin air laut. Proses pendinginannya dengan cara air laut diambil dari katup *sea chest* melalui Strainer dengan pompa air laut, kemudian air laut disirkulasikan ke seluruh bagian-bagian mesin yang membutuhkan pendinginan melalui pendingin minyak pelumas dan pendingin udara untuk mendinginkan kepala silinder, dinding silinder dan katup pelepas gas kemudian air laut dibuang keluar kapal.



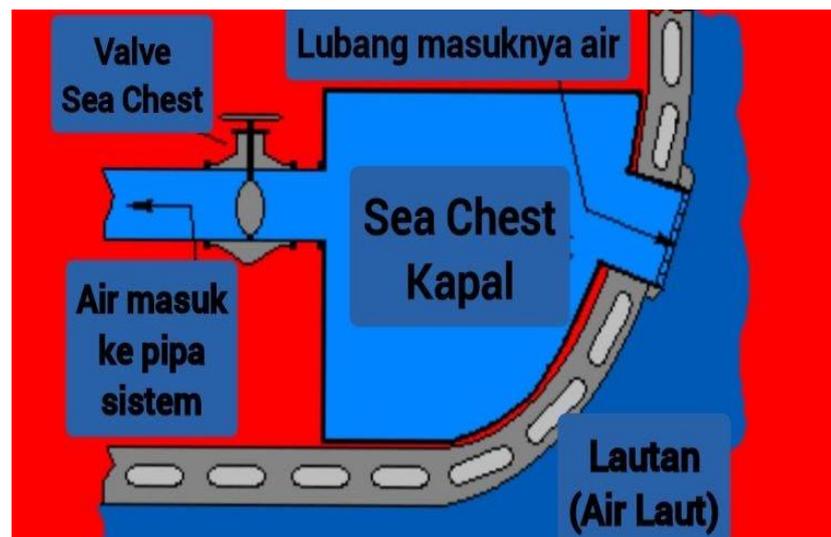
Gambar 2.1 Pendingin Terbuka  
(anak teknik Indonesia)

Bila ditinjau dari segi konstruksi sistem pendingin langsung mempunyai keuntungan yaitu lebih sederhana dan daya yang diperlukan untuk sirkulasi air lebih kecil dibandingkan dengan sistem pendingin tidak langsung. Selain itu dapat menghemat pemakaian peralatan, karena pada sistem ini tidak memerlukan tangki air dan tidak memerlukan banyak pompa untuk mensirkulasikan air pendingin. Adapun kerugian dari sistem pendingin langsung ini adalah pada instalasi perpipaannya mudah sekali terjadi pengerakan (karat) karena air laut ini bersifat korosif serta air pendingin sangat terpengaruh dengan temperatur air laut.

Beberapa komponen yang sering dipakai dalam sistem pendingin langsung (pendingin terbuka) diantaranya sebagai berikut:

a) *Sea chest*

*Sea chest* adalah suatu perangkat yang berhubungan dengan air laut yang terletak pada sisi dalam dari pelat dinding kapal yang berada dibawah permukaan air dipergunakan untuk mengalirkan air laut kedalam sistem pendingin Mesin kapal sehingga kebutuhan sistem air laut (*Sea water system*) dapat dipenuhi.



Gambar 2.2 Sea Chest

([Karyapelaut.com](http://Karyapelaut.com))

Pada kapal-kapal yang berukuran besar, menengah maupun kecil dengan sistem instalasi permesinan dari mesin induk seluruhnya terletak didalam kamar mesin, pada badan kapal bawah air berdasarkan peraturan dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) 1996 vol. III sec 11.1 dinyatakan bahwa sekurang-kurangnya harus ada 2 *sea chest* karena dari *sea chest* inilah kebutuhan air laut dalam kapal dapat dipenuhi.

Sebagai lubang pengisapan air laut *sea chest* ditempatkan berdekatan dengan kamar mesin, karena segala sistem yang memerlukan pendingin berada dalam kamar mesin. Misalnya mesin induk, mesin bantu, pompa-pompa, ketel uap, dan sebagainya.

Untuk mendapatkan air laut yang dapat mencukupi kebutuhan pendingin mesin kapal, maka perlu dipikirkan tempatnya untuk pemasangan *sea chest* agar tujuan utama dari sistem pendingin air laut dapat tercapai. Kerena baik buruknya kinerja pendingin salah satunya tergantung dari suplai air laut yang dihisap melalui lubang *sea chest* yang sesuai dengan kebutuhan.

Pada sebuah kapal umumnya mempunyai minimal 2 (dua) buah *sea chest* terpasang pada lambung kiri dan kanan kapal tepatnya di dasar lambung kapal dan di samping lambung kapal dibawah air, karena mengingat bervariasinya kedalaman perairan yang dilewati.

Pemasangan pada dua tempat yang berbeda ini dimaksudkan agar kinerja *sea chest* sebagai lubang pengisapan berjalan dengan lancar dan sesuai dengan fungsinya. Bila kapal berlayar dilaut yang dalam maka dipakai *sea chest* yang terletak di dasar kapal, sebab kemungkinan adanya kotoran, lumpur yang teraduk-aduk akibat gerakan baling-baling kapal tidak akan terjadi dan pada keadaan seperti ini *sea chest* samping tidak dipergunakan. Jika kapal berlayar diperairan yang dangkal dan kemungkinan adanya kotoran, lumpur atau pasir yang teraduk-aduk karena gerakan baling-baling kapal yang mungkin dapat masuk ke lubang *sea chest* dasar maka *sea chest* samping yang dipakai sedangkan *sea chest* bawah ditutup.

Dalam penentuan peletakan *sea chest* harus dipertimbangkan bahwa *sea chest* masih berfungsi sebagai lubang pengisapan air laut dengan baik, walaupun kondisi kapal miring sampai 22, 5 derajat dari keadaan vertikal *sea chest* masih tetap bekerja dengan baik dan tidak mengisap udara.

Adapun kelengkapan pada *Sea Chest* adalah sebagai berikut :

(1) *Sea gratting*

*Sea gratting* adalah saringan atau kisi-kisi yang dipasang pada *sea chest* untuk mencegah masuknya benda-benda yang tidak dikehendaki dari laut ke dalam sistem pipa dalam kapal. Jadi fungsi *sea gratting* adalah menyaring air laut sebelum masuk kedalam kotak *sea chest*, yang merupakan saringan awal sebelum air laut masuk ke sistem melewati *strainer* dan *filternya*.

*Sea gratting* ini diikat menggunakan baut yang tahan korosi yang kemudian baut-baut ini antara satu dan lainnya diikat atau dikunci dengan menggunakan kawat agar baut tidak mudah lepas.



Gambar 2.3 Sea Grating

([anakteknik.com](http://anakteknik.com))

## (2) Pipa peniup udara

Pipa ini menghubungkan antara kotak *sea chest* dengan kompresor atau tabung udara tekan, yang digunakan untuk meniupkan udara ke kotak *sea chest*, apabila kisi-kisi *sea chest* kotor atau tersumbat oleh kotoran-kotoran yang mengakibatkan suplai air laut keseluruh sistem tidak lancar sehingga mengurangi debit air yang dibutuhkan. Untuk stop atau meniup udara diatur oleh satu *valve* yang dapat dioperasikan secara manual atau otomatis yang dapat dikendalikan dari kamar mesin.

### b) Katup (*valve*)

Semua sistem perpipaan dalam kamar mesin selalu dilengkapi dengan *valve* yang berfungsi sebagai pintu untuk membuka dan menutup aliran air laut, sebagai pengaman pula bila suatu saat aliran air harus dipompa karena kebocoran, atau karena untuk pemadam kebakaran dan lain-lain. Untuk ukuran *valve* harus disesuaikan dengan ukuran pipanya.



Gambar 2.4 Valve

([Anakteknik.com](http://Anakteknik.com))

c) *Saringan (Strainer)*

*Strainer* adalah suatu alat yang berbentuk silinder dan biasanya dipasang setelah *sea chest*. Alat ini berfungsi sebagai jebakan kotoran yang lolos masuk dari *sea grating* ke dalam *sea chest* dan tertahan didalam *strainer* yang dipasang semacam saringan dengan ukuran lubang yang lebih kecil. Kotoran tersebut bila tidak tersaring dan diendapkan pada *strainer* maka akan masuk kedalam sistem air laut dalam kamar mesin dan lain-lain. Terutama pada pompa-pompa sehingga bisa menyumbat impeller. Pada periode waktu tertentu *strainer* harus dibuka untuk dibersihkan bersama dengan saringannya, Penampang *strainer* ini di bersihkan satu bulan sekali.



Gambar 2.5 Saringan

[anakteknik.com](http://anakteknik.com)

d) Pompa

Pompa air laut berfungsi untuk menghisap, menyalurkan dan menekan air laut ke dalam sistem sebagai pendingin, selanjutnya disirkulasikan agar dapat melakukan pendinginan ke bagian yang didinginkan. Ada beberapa macam pompa dengan berbagai fungsinya tapi pada umumnya untuk pendingin dikapal menggunakan pompa air laut jenis sentrifugal atau vertical.



Gambar 2.6 Pompa

*(anakteknik.com)*

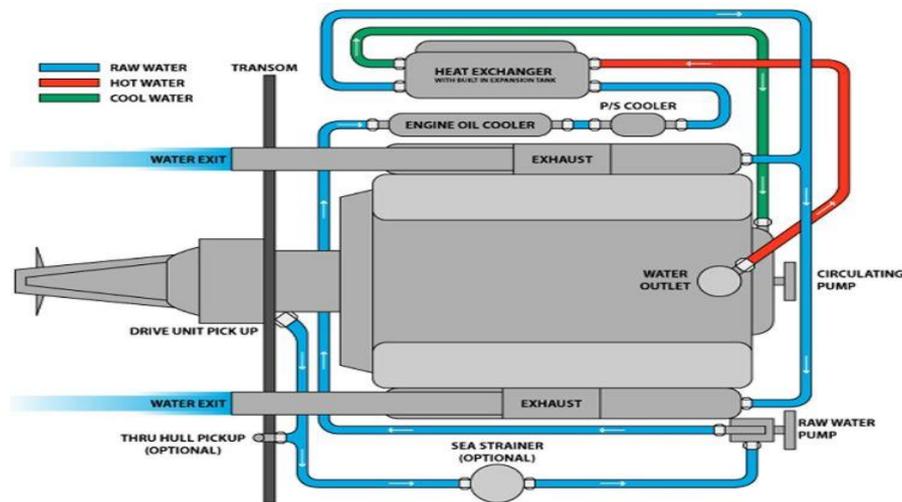
## 2). Sistem pendingin Tidak Langsung (Tertutup)

Sistem pendingin tidak langsung menggunakan dua media pendingin, yang digunakan adalah air tawar dan air laut. Air tawar dipergunakan untuk mendinginkan bagian-bagian mesin, sedangkan air laut digunakan untuk mendinginkan air tawar, setelah itu air laut langsung dibuang keluar kapal dan air tawar bersirkulasi dalam siklus tertutup. Air laut melagir dari sisi yang berbeda dengan air tawar yang dipisahkan suatu plat cooler, sedangkan air tawar mengalir dari sisi sebelahnya yang di batasi suatu plat cooler. Sistem pendingin ini mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dan dapat mendinginkan bagian-bagian mesin secara merata.

Sistem pendingin tidak langsung ini memiliki keuntungan yang lebih tinggi dari pada sistem pendingin langsung karna dapat mendinginkan secara merata. Keuntungan lain yang didapat dari sistem pendingin ini adalah kecilnya resiko terjadinya karat.

Kerugian sistem pendingin tidak langsung adalah terlalu banyak menggunakan ruangan untuk penempatan alat-alat utamanya, sehingga konstruksi menjadi rumit. Daya yang dipergunakan untuk mensirkulasikan air

pendingin lebih besar, karena sistem ini menggunakan banyak pompa sirkulasi.



Gambar 2.7 Sistem Tertutup

([anakteknik.com](http://anakteknik.com))

c. Macam-Macam Media Pendinginan

Pada sistem pendingin mesin dapat dilakukan dengan beberapa media pendingin, yaitu:

1) Media Pendingin Air

Air merupakan media pendingin yang baik karena air dapat mengambil 1 kkal pada tiap kg dan tiap derajat celcius. Sedangkan volume dari 1 kg air hanya 1 dm<sup>3</sup>.

a) Media pendingin air tawar

Media pendingin dengan menggunakan air tawar ini digunakan pada sistem pendingin tak langsung. Proses pendinginannya dilakukan dengan proses pendingin air tawar terlebih dahulu yang terletak di tangki penampung air tawar dengan menggunakan air laut melalui *cooler*. Setelah temperatur air tawar pada tangki penampung menurun selanjutnya air tawar disirkulasikan ke bagian-bagian mesin yang

memerlukan pendinginan, terutama ke bagian yang bergerak yang memiliki resiko kerusakan besar.

Untuk menjaga agar proses pendinginan pada mesin dapat berjalan dengan lancar maka perlu diperhatikan sirkulasi pendingin tersebut. Biasanya akan terdapat karat yang terjadi akibat dari endapan-endapan mineral yang terkandung di dalam air. Apabila ini dibiarkan terus-menerus, maka seiring berjalannya waktu maka karat tersebut akan menyebabkan tersumbatnya sirkulasi air pendingin.

b) Media pendingin air laut

Media pendingin dengan menggunakan air laut ini digunakan pada sistem pendingin secara langsung (terbuka).

Proses pendinginannya dengan mensirkulasikan air laut secara langsung ke bagian-bagian mesin yang memerlukan pendinginan. Pada sistem pendingin jenis ini diperlukan bahan pencegah pembentukan korosi terutama pada bagian di dalam blok silinder yang sering disebut *zinc anode*. Karena system ini sangat rentan sekali dengan korosi pada bagian-bagian yang dilalui oleh air laut dan memerlukan perawatan yang baik.

2) Media Pendingin Udara

Kompresor merupakan suatu pesawat atau permesinan bantu, yang berfungsi untuk menghasilkan atau memproduksi angin yang bertekanan tinggi. Udara bertekanan tinggi tersebut ditampung dalam botol angin.

a) Udara tersedia dalam jumlah yang besar.

b) Jumlah panas yang harus dikeluarkan adalah terbatas, seperti pada mesin yang kecil.

Pada umumnya semua mesin dengan pendingin udara, silindersilindernya dilengkapi dengan rusuk-rusuk pendingin. Rusuk-rusuk pendingin ini berguna untuk memperbesar luas permukaan yang dapat menyerahkan panas kepada udara pendingin sehingga untuk mendinginkan menjadi lebih cepat.

### 3) *Media Pendingin Minyak*

Minyak lumas juga dapat dipakai sebagai pendingin, akan tetapi minyak tersebut hanya dapat mengambil 0,4 kkal pada tiap kg dan tiap derajat celcius. Sehingga kita harus menyediakan minyak yang cukup banyak agar dapat mengeluarkan panas yang besarnya sama dengan media pendingin air. (Romzana, HR, M. Mar. E, 2002)

Pada motor diesel, penggunaan minyak lumas hanya untuk melumasi bagian yang bergesekan seperti gesekan pada torak, poros engkol, bantalan, dan lain-lain. Bila ditinjau dari segi penyerapan panas, maka media pendingin minyak lumas memiliki lebih kecil dan rendah dibanding media pendingin air. Minyak pelumas digunakan sebagai media pendingin permukaan yang panas dengan cara disemprotkan atau dialirkan pada bagian tersebut. Selain itu juga dapat digunakan untuk melumasi bagianbagian yang saling bergesekan agar tidak cepat aus.

#### d. Pendingin Air Tawar (*Fresh Water Cooler*)

*Fresh Water Cooler* adalah alat pemindah panas atau penyerap panas yang mana didalamnya terjadi pertemuan antara air tawar yang panas dari hasil penyerapan panas mesin diserap oleh air laut yang dingin sehingga air tawar yang keluar dari *cooler* panasnya akan turun. Di dalam *cooler* yang berbentuk silinder terdapat lubang-lubang (*tube*) sebagai jalan masuknya air laut atau *cooler* yang berjenis *Plate Heat Exchanger* (sekat) yang merupakan sejenis penukar panas untuk *fluid* yang didalamnya tersusun banyak sekat-sekat yang berfungsi sebagai pemisah (pembatas) antara *fluid* panas dan *fluid* dingin. Sekat-sekat tersebut juga berfungsi sebagai pengarah aliran.

Ada 3 (tiga) cara perpindahan panas yang terjadi didalam *Plate Heat Exchanger* adalah secara:

##### 1) Konduksi

Merupakan bagian yang penting dalam membawa panas melalui dinding logam dan lapisan tipis dari gas dan air yang berhenti dan bersinggungan dengan dinding (perpindahan panas melalui medium).

## 2) Konveksi

Bila cairan mempunyai suhu yang berbeda, kepadatan sebagian dari suhu tinggi menjadi lebih kecil dari pada yang bersuhu rendah disekitarnya, dan cairan bagian suhu yang tinggi naik dan mengalir. Panas dipindahkan dengan gerakan ini disebut Konveksi.

## 3) Radiasi

Sebuah unsur meradiasikan energi panas sendiri dalam bentuk gelombang magnet listrik sesuai dengan suhu. Benda tersebut mempunyai sipat meresap, radiasi panas dan penyimpanannya sebagai energi panas. Pemindahan panas dihasilkan oleh radiasi panas dan penyerapan. Pemindahan panas secara radiasi terjadi dari *Plate Heat Exchanger* ke lingkungan sekitar (*surrounding*), sebagai pemisah antara air laut dan air tawar.

Jika *Cooler* dalam keadaan kotor maka penyerapan panas tidaklah akan maksimal karena terh alang oleh kotoran tadi. *Cooler* ini bisa dibilang salah satu bagian terpenting dalam proses pendinginan karena disinilah penyerapan dan peralihan panas terjadi sesuai dengan fungsinya.

## 3. Perawatan Pada Pompa Pendingin *main engine* (mesin induk)

Hadiyanto Gosali menyatakan dalam sebuah artikel yang diakses dari <http://hariyantogasali.co.id> pada tanggal 7 November 2019, bahwa untuk melaksanakan kegiatan perawatan atau pemeliharaan secara fisik terhadap pompa air laut beserta instalasinya, pelaksanaannya dengan menggunakan strategi perawatan yang diantaranya:

### a. Perawatan sesuai PMS

- 1) Melakukan pergantian ball bearing sesuai jam kerja
- 2) Melakukan pergantian mechanical seal sesuai janm kerja
- 3) Melakukan penecekan impeler pompa dan bagian bagian lain sesuai PMS

#### a. Ketentuan

Selanjutnya yang dipakai sebagai dasar pemikiran untuk melaksanakan pemeriksaan rutin adalah menentukan bagian-bagian yang akan diperiksa beserta jangka waktunya. Atas dasar petunjuk ini kondisi mesin pada saat pemeriksaan dibandingkan dengan keadaan standart yang diperoleh dari pemeriksaan-pemeriksaan sebelumnya. Adapun frekuensi tersebut sebagai berikut:

##### 1) Pemeriksaan harian

Hal-hal yang perlu diperiksa setiap hari adalah sebagai berikut :

- a) Temperatur pada permukaan rumah pompa harus dapat diraba dengan tangan.
- b) Tekanan hisap dan tekanan keluar pada petunjuk *pressure gauge* harus dapat dibaca.
- c) Kebocoran dari kotak *packing* atau *mechanical seal* diamati secara cermat.
- d) Arus listrik harus dapat dibaca pada *amperemeter*.

##### 2) Pemeriksaan bulanan

Setiap bulannya minimal tahanan disolasi pada motor pompa harus diperiksa secara rutin dengan cara di *megger* biasanya tahanan dari motor tidak boleh kurang dari 1 mega ohm (M $\Omega$ ).

##### 3) Pemeriksaan bantalan

- a) Jika bantalan yang digunakan memakai cara pelumas cincin maka ini harus dapat berputar secara normal.
- b) Jika rumah bantalan dipegang dengan tangan harus tidak terasa panas yang berlebihan. Jika diukur dengan *thermometer* biasanya bantalan diangkat normal lihat temperaturnya tidak lebih dari 40°C di atas temperatur udara disekitarnya.

#### 4) Pemeriksaan getaran dan bunyi

- a) Bila tangan diletakan diatas permukaan rumah pompa, harus tidak ada geteran-getaran yang berlebihan. Untuk pengukuran yang teliti, getaran dapat diukur dengan *vibrometer* pada rumah bantalan dan pada motor. Nilai getaran yang diukur harus kurang dari 30 mm, pada 3000 rpm dan kurang dari 50 mm pada 1500 rpm.
- b) Tidak boleh ada bunyi yang luar biasa karena kavitasi atau sunging maupun bunyi dari bantalan.

#### b. Pemeriksaan pendahuluan

sebelum pompa dijalankan pompa yang baru selesai dipasang atau sudah lama tidak dipakai harus terlebih dahulu diperiksa sebelum dijalankan.

##### 1) Pembersihan pada katup hisap dan pipa hisap

Jika selama perawatan instalasi pada pompa terdapat benda asing, kotoran maupun sampah dan segala macam bahan-bahan yang akan menghalangi atau akan merusak jika masuk kedalam pompa, maka harus segera dibersihkan dulu sebelum pompa digunakan.

Kebutuhan air pendingin yang banyak memerlukan suatu instalasi yang baik maka dari itu semua instalasi pendingin harus di rawat sebaik mungkin agar supaya selalu siap jika dibutuhkan.

Walaupun tidak menutup kemungkinan terjadi kerusakan akibat adanya proses kimia didalam pipa tetapi dengan perawatan yang baik dan terencana setidaknya akan memperlambat kerusakan sehingga menambah umur panjang dari instalasi tersebut.

##### 2) Pemeriksaan kelurusan

Kelurusan poros pompa dan motor harus diperiksa. Hal ini diperlukan karena kelurusan dapat berubah oleh berbagai hal sebagai berikut :

- a) Perubahan rumah pompa karena pemuaian dan pengerutan pipapipa.

b) Perubahan bentuk struktur bangunan dan kedudukan ketidaklurusan yang terjadi pada pompa dalam jangka panjang akan menimbulkan keausan yang cepat pada bantalan serta getaran yang besar pada pompa dan motornya.

3) Pemeriksaan minyak pelumas bantalan

Gemuk dan minyak untuk bantalan harus diperiksa kebersihan dan jumlahnya secara rutin.

4) Pemeriksaan dengan memutar poros

Poros harus dapat berputar dengan mudah dan halus jika diputar dengan tangan tanpa menggunakan tenaga besar dan pada saat akan berhenti akan ada *balance* dengan berputar kebalikannya kemudian berhenti.

5) Pemeriksaan pipa alat bantu

Semua katup *system* pipa pembantu seperti pipa pendingin harus terbuka penuh, jumlah dan tekanan air pendingin dan air pelumas harus sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan.

6) Pengisian air (Pancingan)

Pompa harus dipancing dengan mengisi penuh pompa dan pipa hisap dengan air laut melalui pipa dari *sea chest* supaya didalam pompa tidak ada udara yang tersisa.

7) Pemeriksaan arah putaran

Pemeriksaan arah putaran biasanya dilakukan dengan terlebih dahulu melepas kopling yang menghubungkan pompa dan motor penggerak. Motor dihidupkan sendiri dan diperiksa putarannya sesuai dengan arah yang ditentukan. Setelah putaran sesuai maka kopling dipasang kembali.

Tapi jika putaran terbalik maka segera periksa sambungan elektrik dari pada elektro motornya.

8) Penanganan katup keluar pada waktu *start*

Pada waktu *start*, katup tekan pada pipa keluar harus dalam keadaan tertutup penuh. Setelah pompa *distart*, katupnya lalu dibuka pelan-pelan dan manometer diamati terus sampai menunjukkan tekanan normal sebagaimana dinyatakan dalam spesifikasi pompa operasi dalam keadaan katup tertutup tidak boleh berlangsung terlalu lama karena zat cair di dalam pompa akan menjadi panas sehingga dapat menimbulkan berbagai kesulitan dalam keadaan katup tertutup pompa tidak boleh dijalankan lebih dari 5 menit.

c. Pemeriksaan pada kondisi operasi

Ada beberapa hal yang perlu diperiksa serta cara penilaian kasar tentang kondisi pompa baik pada waktu uji coba, maupun pada waktu operasi.

1) Pembacaan *pressure gauge*

Tekanan keluar dan tekanan hisap harus sesuai atau mendekati harga yang telah ditentukan atau diperhitungkan sebelumnya, serta tidak boleh berfluktuasi secara tidak normal. Jika ada benda asing yang menyumbat atau ada udara yang terhisap, maka tekanan akan jatuh atau akan berfluktuasi secara tidak normal.

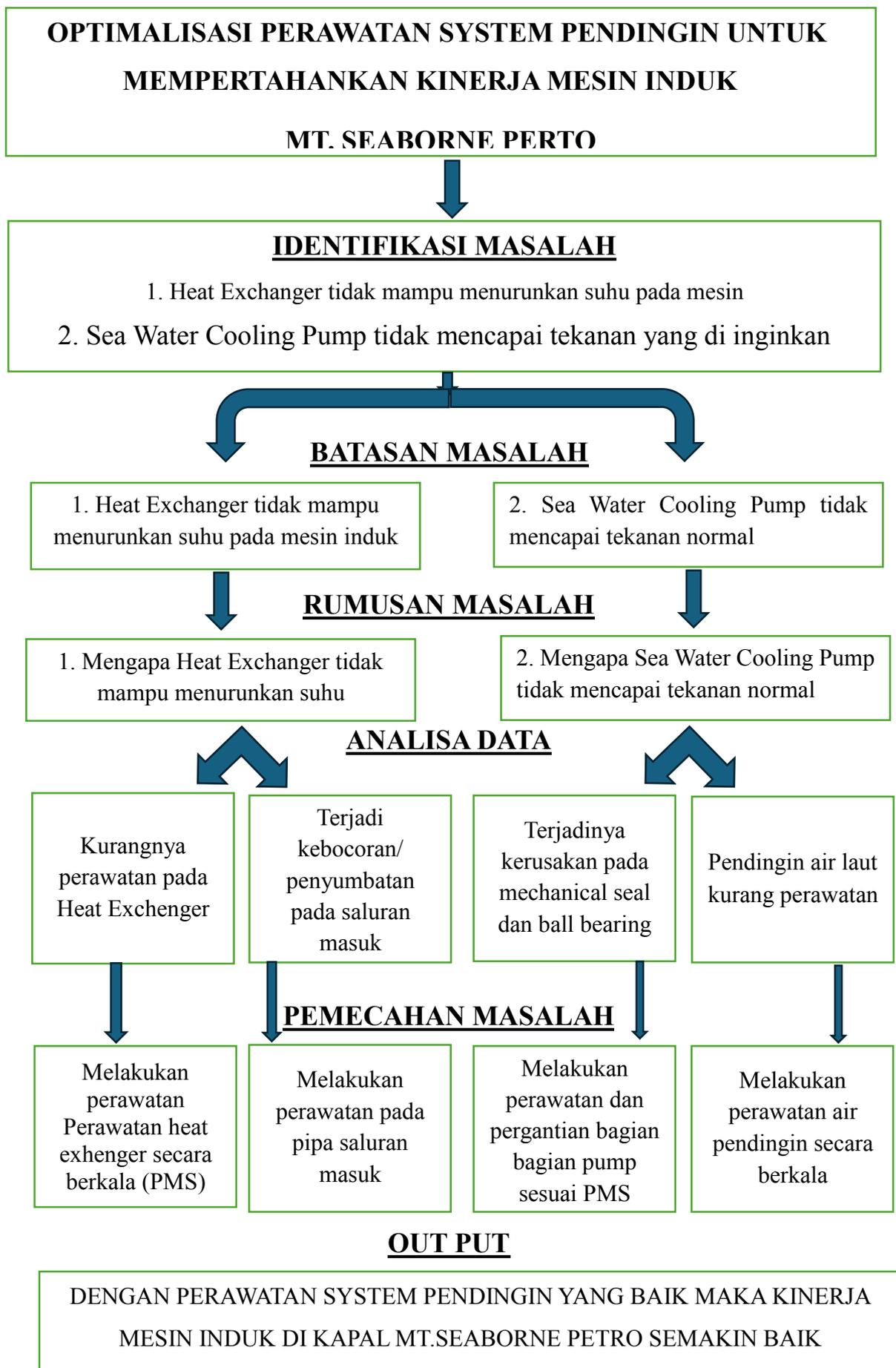
2) Arus listrik yang dikonsumsi harus lebih rendah dari pada yang dinyatakan pada ampermeter, arus ini tidak berfluktuasi secara tidak normal. Jika ada benda asing atau pasir yang terselip pada celah-celah sempit antara *impeller* dan rumah pompa, arus listrik dapat berfluktuasi secara tidak normal sebelum *impeller* macet.

d. Penanganan pompa cadangan

1) Pompa cadangan (*standby pump*) harus dipersiapkan untuk dapat di *start* setiap saat. Untuk pelumasan dan pemeriksaan bantalan, *packing* atau *mechanical seal* harus terpasang dengan baik dengan kata lain tidak ada kebocoran.

- 2) Pompa cadangan harus dioperasikan secara *periodic* jika tidak pernah dijalankan maka bagian dalam pompa dapat berkarat sehingga tidak dapat berputar. Dalam hal ini perawatan pompa perlu dijalankan sedikitnya sekali sebulan atau sekali seminggu selama kurang lebih 10 menit dalam keadaan normal. Supaya pompa tersebut dapat diketahui kesiapannya.
  
- 3) Penanganan pompa yang tidak dipakai dalam jangka waktu yang lama.  
Jika pompa tidak akan dioperasikan dalam jangka waktu lama, zat cair di dalam pompa harus dibuang dan pompa dikeringkan. Permukaanpermukaan pada bantalan, poros penekan *packing* dan kopling, harus dilumasi minyak atau zat untuk penahan korosi.

## B. KERANGKA PEMIKIRAN



## BAB III

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### A. DESKRIPSI DATA

MT.SEABORNE PERTO adalah kapal *Oil Product Tanker* berbendera Indonesia milik Waruna. Kapal dengan nama panggilan (*call sign*) YCAJ2 memiliki berat kotor (*gross tonnage*) 57315 tons dan panjang keseluruhan (*length over all*) 240,50 M. Untuk menunjang operasionalnya, kapal dilengkapi dengan mesin induk Man b&w 6S60MC. Data lengkap dapat dilihat pada lampiran ship particular.

Fakta kondisi yang terjadi di atas kapal MT.SEABORNE PERTO sebagai 3<sup>rd</sup> Engineer diantaranya yaitu:

#### 1. *Heat Exchanger* Tidak Mampu Menurunkan Suhu Pada Mesin Induk

Pada tanggal 18 September 2023 bahwa penulis pernah mengalami adanya kebocoran pada sistem pendingin air laut untuk mesin induk, kejadian ini dapat diketahui dengan penuhnya *bilge* kamar mesin sehingga *High Level Alarm* kamar mesin berbunyi, dimana setelah diperiksa ada kebocoran pada pipa isap air laut / *outlet sea chest*. Dengan adanya kebocoran tersebut kinerja pompa menjadi tidak optimal dilihat dari *pressure gauge* yang naik turun disebabkan pompa kadang isap kadang tidak jika keadaan ini tidak segera perbaiki, maka pompa tidak bisa bekerja dengan sempurna untuk mendinginkan bagian-bagian yang seharusnya didinginkan. Faktor ketidak seimbangan dari kedua sistem pendingin air laut dan air tawar pada saat penyerapan panas oleh mesin penggerak utama, akan mengakibatkan peningkatan temperatur pada sistem pendingin.

Pada 18 September 2023 , pada pukul 02:30 mengalami kenaikan suhu pada jaket silinder main engin dari suhu normal 78-85°C naik menjadi 90°C. 02:35 naik kembali pada suhu 100°C yang mengakibatkan kapal maju pelan sekali. Setelah dilakukan pengecekan pada sistem pendingin ditemukan pompa air laut tidak mencapai tekanan dari 4.5 kg menjadi 2.5 kg.

Disini penulis mengalami kejadian yaitu pompa pendingin air laut terutama untuk pompa pendingin mesin induk tidak bisa menghisap air laut dikarenakan di dalam sistem pompa tersebut terdapat banyak udara (masuk angin). Dikarnakan kurangnya air pada *sea chest*. Yang bisa diketahui dengan membuka pipa *pressure gauge* dan yang keluar bukanlah air laut melainkan udara yang terus menerus.

Kejadian tersebut selalu terulang manakala pada saat kapal dalam keadaan kosong atau tanpa muatan ditambah jika tangki minyak bagian belakang tidak terisi penuh dan *Draft* belakang Kapal kurang dari 2,5 meter. Yang perlu diketahui dari keseluruhan tangki minyak di kapal yaitu: 3 tangki kiri, 3 tangki kanan dan 1 tangki tengah (*Center*).

Kejadian terhisapnya gelembung udara (masuk angin) penulis perkirakan seperti ini, apabila Kapal dalam keadaan tanpa muatan dan tangki minyak tidak terisi penuh maka badan kapal akan terangkat separuh dari garis sarat kapal yang mana kontruksi dari bawah badan kapal datar tetapi pada lambung bagian belakang yang terletak lubang *sea chest* tidak datar melainkan melengkung yang mungkin menjadi penyebab kurang optimalnya tekanan air laut masuk.

Ketika kapal olah gerak pada saat baling-baling Mesin Induk berputar mundur penuh dalam waktu yang cukup lama sehingga putaran baling-baling tersebut akan menimbulkan gelembung udara yang cukup banyak. Dikarenakan gelembung tersebut kearah belakang yang dimana terdapat lubang *sea chest* sehingga gelembung udara langsung masuk dan terjebak didalam *sea chest*. Dikarenakan posisi pipa isap pompa pendingin mesin induk sangat dekat dengan *strainer* maka otomatis gelembung udara tersebut akan langsung terisap dan mengakibatkan pompa tidak dapat mengisap air atau pompa menjadi masuk angin.

## **2. *Sea Water Cooling Pump* Tidak Mencapai Tekanan Normal**

Pada saat MT.Seaborne Petro melaksanakan pelayaran setelah *loading* tepatnya tanggal 25 September 2023, tiba-tiba tekanan pada pompa pendingin air laut yang masuk ke *cooler* turun dari batas normal yaitu: 4.5 bar menjadi 1,5 bar sehingga suhu / temperatur air tawar pendingin mesin induk menjadi panas 90°C yang dimana suhu normalnya antara 78°C-85°C untuk Mesin Induk dan 75°C-

80°C untuk generator. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan ternyata pada pompa pendingin Mesin induk dan generator No.1 mengeluarkan air dari tempat *mechanical seal* dan bunyi yang keras serta getaran pada badan pompanya pada saat dibuka ditemukan banyak sampah menutupi lubang *impeller* dan saringannya juga banyak sampah akibat dari kotornya alur pelayaran yang dilalui.

Semua penyebab di atas akan mengurangi masuknya air laut kepompa, dengan berkurangnya air laut masuk maka tekanan airpun otomatis akan turun dan mengakibatkan suhu air pendingin mesin induk menjadi panas melewati batas yang diijinkan dikarenakan kinerja pompa pendingin mesin induk maupun pompa pendingin generator tidak bekerja dengan optimal. Kejadian ini sering terjadi karena daerah-daerah yang dilalui adalah daerah dekat pesisir hutan bakau yang selalu ada sampah sehingga saringan induk air laut cepat kotor dan tersumbat. Begitu juga ada yang terisap oleh pompa sehingga menutupi sudusudu *impeller* dan sebagian sampah kecil masuk ke pipa-pipa pendingin dan *plat cooler* air tawar maupun lubang-lubang yang terdapat pada *LO cooler* sehingga lambat laun menumpuk menutupi permukaan *cooler* yang berakibat penyerapan panas akan berkurang. Kejadian yang terus menerus ini akan mengakibatkan kerusakan pada komponen pompa-pompa terutama *mechanical seal*, *impeller*, *bearing* maupun pada badan pompa dikarenakan terjadinya gesekan karena putaran tidak stabil.

## **B. ANALISIS DATA**

Dari rumusan masalah yang penulis uraikan diatas maka penulis menganalisis data dengan mencari penyebab permasalahan untuk menemukan pemecahannya diantaranya yaitu:

### **1. Heat Exchanger Tidak Mampu Menurunkan Suhu Pada Mesin Induk**

Masalah tersebut disebabkan oleh:

#### **a. Adanya Sumbatan Kotoran Pada Pipa Air Laut (*Heat Exchanger*)**

*Cooler* adalah suatu alat pemindah panas yang gunanya untuk mendinginkan air tawar yang keluar dari motor induk. Apabila dalam pipa pipa

*cooler* terdapat kotoran seperti lumpur yang menyumbat sehingga mengakibatkan penyerapan panas terhadap air tawar akan berkurang / terhalang, sehingga temperatur air tawar yang keluar dari *cooler* tersebut tetap tinggi. Maka hal ini dinamakan proses pendinginan tidak sempurna.

*Cooler* merupakan bagian yang penting dalam hal untuk kelancaran air pendingin karena sesuai dengan fungsinya yaitu sebagai alat penukar panas. Pendingin dari sistem pendingin motor dan peralatannya dipasang untuk menjamin bahwa temperature air pendingin yang telah ditentukan dapat diperoleh pada berbagai jenis kondisi. Pada Instalasi *cooler* dilengkapi dengan *safety device* bilamana terjadi gangguan pada *cooler* untuk menjaga kelangsungan operasi sistem. Pada ujung saluran pipa air tawar dekat tutup *cooler* dipasang *thermometer* dengan skala derajat *Celcius* dan juga pada bagian keluarnya dipasang juga *thermometer* dengan skala derajat *Celcius*. Maksud dari pemasangan ini adalah sebagai alat control suhu pada air pendingin.

Jadi air laut dari pompa akan dipompa masuk *cooler* dan air akan mengalir melalui *plate element* yang jumlahnya  $\pm 180$  lembar. Dan air laut itu akan menyerap panas pada *cooler* terus keluar melalui saluran pada pipa bagian atas saluran kemudian air keluar ke laut. Sedangkan untuk air tawarnya berlawanan dengan arah aliran air lautnya.

Banyaknya panas dari air tawar yang masuk *cooler* akan diambil sebagian oleh air laut. Air laut akan menjadi panas, karena hal itu *cooler* disebut juga alat penukar panas. *Cooler* bekerja normal bila perbedaan suhu air tawar masuk dan keluar *cooler*  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ . Dan apabila suhu mesin terlalu panas yang disebabkan oleh *cooler* kotor maka diadakan pemeriksaan pada *plate element* dengan membuka *cooler* nya dibersihkan dengan cara menyikat dan menyemprot air sambil memperhatikan *seal* nya agar tidak rusak/robek.

#### **b. Terjadi Kebocoran Pada Pipa Air Laut**

Perpipaan pada sistem pendingin air laut di atas kapal sangat rentan terhadap kebocoran yang diakibatkan kurangnya perawatan. Pipa air laut

mengalami *perforasi* (perlubangan kecil) sehingga menipis dan menyebabkan kebocoran, *fluid* yang mengalir pada sistem pendingin air laut diusahakan semaksimal mungkin agar stabil pada tekanan 2.0 bar sesuai dengan kebutuhan sirkulasi pada sistem pendingin. Pemeriksaan terhadap pipa-pipa sangat diperlukan agar aliran dari air laut dan air tawar dalam sirkulasi tidak berkurang alirannya dan lancar. Sesuai dengan fungsinya sistem pipa pendingin adalah sebagai sarana untuk mensirkulasikan air tawar dan air laut dalam sistem. Jadi jika ada kebocoran pada pipa secepatnya diatasi baik untuk sementara ataupun dengan mengadakan penggantian pipa yang baru, karena kalau hal ini sampai berlangsung lama, maka akan mengurangi tekanan pada sistem pendingin.

Pada pipa-pipa air laut selain memiliki kelemahan-kelemahan oleh karena bawaan material pipa itu sendiri yang cacat produksi faktor lain yang menyebabkan pipa bocor adalah terjadinya proses korosi pada pipa. Untuk memahami lebih jauh tentang jenis-jenis korosi, mekanisme terjadinya proses korosi suatu logam dapat di pelajari di ilmu-ilmu kimia.

Pada analisa ini secara garis besarnya atau umum yang dikenal mengenai korosi yaitu dimana terjadi peristiwa perusakan atau degradasi material logam akibat bereaksi secara kimia dengan lingkungan. Sesuai pengamatan di lapangan dimana korosi terjadi pada bagian dalam pipa pendingin air laut, maka dari beberapa jenis korosi yang diklasifikasi menurut bentuknya yang perlu dipahami dan yang terjadi di pipa-pipa pendingin air laut antara lain;

- 1) Korosi merata (*uniform corrosion*) yaitu korosi yang terjadi pada suatu permukaan logam akibat reaksi kimia karena PH air yang lembab, sehingga makin lama logam makin menipis. Biasanya terjadi pada pelat baja.
- 2) *Erosion corrosion* yaitu korosi yang ditimbulkan gerakan cairan atau paduan antara bahan kimia yang terkandung pada air laut dan gesekan mekanis fluida. Korosi ini terjadi pada pipa dan *impeller*.
- 3) *Galvanic corrosion* terjadi bila dua logam yang berbeda berada dalam satu larutan elektrolit.
- 4) *Crevice corrosion* adalah korosi yang terjadi pada celah-celah yang sempit.

- 5) *Pitting corrosion* adalah permukaan pelat terjadi lubang yang semakin lama akan bertambah dalam dan akhirnya dapat menembus plat.

Kebocoran akibat *erosion corrosion* sering ditemukan pada pipa-pipa setelah pompa air laut sedangkan kebocoran pada pipa isapan pompa air laut adalah karat bakteri atau karat yang disebabkan adanya bakteri di dalam rongga-rongga pipa. Karat bakteri atau karat akibat mikroorganisme laut yang terdapat pada pipa yaitu keberadaan bakteri tertentu yang hidup dalam kondisi tanpa zat asam akan mengubah garam sulfat menjadi asam yang reaktif dan menyebabkan karat, namun secara umum jika terdapat zat asam maka laju pengkaratan pada besi relatif lambat namun pada kondisi seperti di atas pengkaratan masih terjadi dan dalam kasus ini sering terjadi pada pipa-pipa air laut khususnya pipa isap pompa.

Kejadian di atas sesuai dengan penulis alami yaitu apabila rongga-rongga pipa dibersihkan dari karat dan kotoran yang ada di dalam maka timbul bau busuk dari pipa sehingga disimpulkan bahwa karat dan kotoran yang menyatu pada bagian dalam pipa mengandung bakteri yang merusak pipa, sebab setelah pipa bersih maka kondisi pipa semakin menipis dan kadang-kadang kalau membersihkannya dengan benda tajam seperti *wire brush* maka pipa dapat bocor dengan mudah tanpa ada tekanan pada permukaan yang dibersihkan.

## **2. *Sea Water Cooling Pump* Tidak Mencapai Tekanan Normal**

Pada pompa pendingin air laut terdapat *mechanical seal* yang terdiri dari dua permukaan kontak, yang satu diam dan melekat pada rumah pompa terbuat dari bahan keramik, dan lainnya terbuat dari bahan karbon yang berputar melekat pada poros, kedua kontak permukaan berfungsi untuk mencegah kebocoran antara rumah pompa dan poros yang berputar. Kebocoran pada *mechanical seal* akan mengakibatkan air laut keluar dari pompa pada saat mesin induk berputar dan dengan otomatis tekanan pada pompa akan berkurang sehingga sistem pendingin kurang bekerja secara normal. Kebocoran pada *mechanical seal* dapat juga disebabkan oleh pemakaian *spare part* yang tidak asli dan pemasangan yang kurang baik yang menyebabkan kedua permukaan kontak yang selalu bergesekkan menjadi panas, dan

mengakibatkan kedua permukaan *seal* menjadi aus dan terjadi pengurangan tekanan sistem pendingin yang diakibatkan dari kebocoran.

Pada rumah *bearing* juga terdapat *seal* karet (*oil seal*) yang fungsinya sama seperti *mechanic seal* untuk mencegah kebocoran, namun pada *seal* karet harus mendapatkan pelumasan. Kurang atau tidak adanya pelumasan pada *seal* karet akan menyebabkan panas karena gesekan, dan ini akan menyebabkan karet memuai atau menjadi lunak dan terjadi kebocoran. Selain itu usia daripada pemakaian barang yang melebihi batas waktu menyebabkan *seal* karet tidak elastis lagi dan dapat mengakibatkan kebocoran.

Pada pompa *centrifugal* (sentrifugal) salah satu komponen yang penting adalah *bearing* sebagai penumpu poros untuk menggerakkan *impeller* pada pompa *centrifugal* (sentrifugal), agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Akibat adanya gaya-gaya yang timbul sebagai akibat dari putaran pompa timbul gaya aksial dan menghasilkan getaran yang menyebabkan *bearing* tidak dapat mengatasi gaya-gaya yang timbul tersebut, yang mengakibatkan *bearing* mudah mengalami kerusakan, kerusakan *bearing* akan menahan putaran pompa menjadi tersendat.

Adapun faktor-faktor menyebabkan kerusakan *bearing* pada pompa pendingin air laut, yaitu :

- a. Adanya poros yang tidak lurus.

Dimana dudukkan poros pompa tidak lurus dan mengakibatkan getaran yang sangat tinggi (*Vibration*), pemasangan yang tidak lurus tersebut akan menimbulkan getaran pada saat berputar yang dapat merusak *bearing*. Kemiringan dalam pemasangan *bearing* tidak menumpu poros dengan baik, mengakibatkan timbulnya getaran yang akan merusak *bearing* tersebut.

- b. Tidak seimbangya *impeller*.

Pada bagian pompa yang berputar seperti *impeller* dan kopling yang tidak seimbang (*Balance*) atau salah satu titik pada bagian yang berputar memiliki berat yang tidak seimbang, sehingga pada waktu berputar

mengakibatkan putaran mengalami perubahan gaya disalah satu titik putaran, yang lama kelamaan akan merusak *bearing* tersebut.

c. Kurangnya pelumasan pada *bearing*

*Bearing* yang berputar harus mendapatkan pelumasan untuk memperkecil gesekan, karena kebocoran pelumasan dari *seal bearing* menyebabkan pelumas atau *stemplet (Grease)* terbuang yang mengakibatkan *bearing* kurang atau tidak adanya pelumasan. Dan kebocoran pada *seal* tersebut juga menyebabkan terkontaminasinya minyak lumas oleh air laut bilamana *mechanic seal* bocor, hal tersebut dapat merusak *bearing* dengan cepat.

d. Adanya kerusakan pada *Impeller* pompa

*Impeller* adalah salah satu bagian pompa yang berputar dan berfungsi mengalirkan air laut dalam sistem, dimana sistem pendingin dialirkan ke mesin induk dengan tekanan yang dihasilkan dari pompa melalui *impeller*. Kerusakan pada *impeller* dapat mengganggu kurangnya tekanan pada sistem pendingin, kerusakan pada *impeller* sering terjadi adanya pengikisan atau keretakan pada dudukkan *impeller* hingga patah. Kebanyakan kerusakan tersebut diakibatkan dari getaran (*Vibration*) dan tidak seimbangny putaran *impeller* pada pompa atau jam kerja pompa sudah melampaui batas yang ditentukan.

Penulis pernah mengalami pada saat pompa dijalankan terdapat bunyi, getaran dan putaran yang tidak normal, setelah dicek ternyata sumber dari suara dan getaran tersebut adalah diakibatkan oleh *bearing* yang rusak. Akibatnya kinerja dari *impeller* pada pompa tidak stabil yang dapat mengakibatkan getaran pada pompa dikarenakan terjadinya gesekan sehingga mengakibatkan bagian dari pompa menjadi ikut terpengaruh oleh getaran gesekan tersebut, sehingga pompa tidak dapat bekerja secara optimal dan menyebabkan produksi dari pompa menurun.

Air laut yang telah masuk ke dalam ruang *impeller* akan ditekan keluar oleh pompa. Setelah itu air laut akan ditekan keluar oleh *impeller* akibat gaya sentrifugal melalui saluran keluar yang berbentuk *konis*. Permulaan dari rumah keong adalah bagian yang sempit, kemudian melebar semakin jauh semakin lebar dan akhirnya keluar dari yang paling lebar dan cairan itu akan bergerak menuju ke arah keluar dari pompa menuju *cooler*.

Pompa air laut berfungsi untuk menghisap air laut dan menekan air ke dalam sistem, selanjutnya disirkulasikan agar dapat melakukan pendinginan. Pada umumnya pompa pendingin di kapal menggunakan pompa pendingin air laut jenis sentrifugal. Cara kerja pompa sentrifugal ialah cairan masuk ke *impeller (impeller eye)* dan bergerak ke arah radial diantara sudu-sudu impeler (*impeller vanes*) hingga cairan tersebut keluar dari diameter luar impeler. Ketika cairan tersebut meninggalkan impeler, cairan tersebut dikumpulkan didalam rumah pompa (*casing*). Salah satu desain *casing* dibentuk seperti spiral yang mengumpulkan cairan dari impeler dan menggerakannya ke *discharge nozzle*. *Discharge*

*nozzle* dibentuk seperti suatu kerucut sehingga kecepatan aliran yang tinggi dari impeler secara bertahap turun. Kerucut ini disebut *diffuser*. Pada waktu penurunan kecepatan di dalam *diffuser*, energi kecepatan pada aliran cairan diubah menjadi energi tekanan.

Banyak faktor yang menyebabkan kinerja pompa air laut tidak optimal, seperti terjadinya kerusakan pada *impeller* sebagaimana yang telah dijelaskan di atas. Selain itu, faktor dari usia pompa itu sendiri yang sudah tua / sudah seharusnya diganti juga termasuk penyebab kinerja pompa air laut tidak maksimal. Perlu diketahui bahwa umur pompa air laut di atas kapal hampir mencapai 8 tahun, sementara kadar garam air laut di daerah Asia Tenggara sangatlah tinggi. Semakin tua usia pompa kinerjanya pun akan semakin menurun, terlebih jika perawatan terencana

terhadap pompa tersebut kurang diperhatikan / tidak dilaksanakan karena jadwal operasional kapal yang sangat padat.

Selain itu, faktor ketersediaan suku cadang di atas kapal juga memiliki peran penting dalam menunjang perawatan pompa air laut. Di kapal tempat penulis bekerja, suku cadang untuk sistem pendingin mesin induk kurang tersedia, dikarenakan pengiriman suku cadang yang terlambat, sehingga dalam perawatan sistem pendingin mesin induk menjadi terkendala, dan dapat mengakibatkan terganggunya operasi kapal serta menimbulkan kerusakan-kerusakan di dalam mesin induk.

## C. PEMECAHAN MASALAH

Berdasarkan analisis data yang telah membahas penyebab permasalahan, maka penulis mencari pemecahan perawatan sistem pendingin air Laut untuk peningkatan kinerja Mesin Induk di atas MT.SEABORNE PERTO, diantaranya yaitu:

### 1. Alternatif Pemecahan Masalah

#### a. *Heat Exchanger* Tidak Mampu Menurunkan Suhu Pada Mwsin Induk

Untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan cara:

##### 1). Melakukan Pembersihan *Heat Exchanger* Pada Sisi Air Laut

*Cooler* berfungsi untuk mendinginkan air tawar yang keluar dari motor induk. Air tawar ini masuk ke dalam *cooler* didinginkan oleh air laut yang ditekan masuk ke dalam *cooler* oleh pompa sirkulasi dan kemudian setelah mendinginkan air tawar tersebut melalui saluran pipa saluran *plate element* yang dibatasi oleh *seal* agar cairan tidak tercampur, terus air laut dibuang ke laut.

Air tawar yang keluar dari *cooler* air tawar suhunya berkisar 55°C – 60°C, agar temperatur yang dikehendaki tercapai maka *cooler* harus dirawat dengan rutin supaya bersih dan agar tekanan serta volume air laut yang mengalir selalu normal.

Apabila dalam *plate cooler* terdapat kotoran seperti lumpur yang menyumbat akan mengakibatkan penyerapan panas terhadap air tawar akan berkurang karena terhalang sehingga temperatur air tawar yang keluar dari *cooler* tersebut tetap tinggi. Maka hal ini namanya proses pendinginan tidak sempurna. Untuk mengatasi *fresh water cooler* yang sering buntu / kotor maka perawatan *sea chest* dilakukan perawatan sekali tiap 6 bulan sesuai PMS atau disesuaikan dengan kondisi suhu air tawar pada mesin induk.

Pembersihan *cooler* dilaksanakan setiap enam bulan secara rutin, Pembersihan ini perlu diperhatikan agar tidak merusak bagian – bagian dari *cooler* tersebut. Perawatan *cooler* yaitu dengan membuka tiap lembaran *plate-plate cooler* dibersihkan dengan memakai sabun detergen dan menggunakan sikat yang bahannya tidak terlalu kasar sehingga tidak merusak seal atau karetinya. Sesudah dilakukan penyikatan terhadap lembaran *plate* tersebut lalu dilakukan penyemprotan dengan menggunakan air tawar supaya kotoran-kotoran dan endapan lumpur yang melekat pada *plate cooler* terlepas, kemudian perlu diperhatikan tentang cara pengikatan baut dilakukan sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan agar tidak terjadi kerusakan pada *seal* juga untuk menghindari terjadinya kebocoran air pendingin melalui celah-celah *seal*.

Untuk pengecekan dan pembersihan secara keseluruhan maka setiap dua tahunnya MT.SEABORNE PERTO melaksanakan *docking* untuk mengganti pipa-pipa air laut dan air tawar serta instalasi *cooler* yang sudah keropos dan melakukan penggantian *packing-packing*. Maupun terhadap rumah saringan induk air laut yang mengalami keropos.



Gambar 3.1 Pembersihan Heat Exchanger Di Sisi Air Laut  
([rotamec.com](http://rotamec.com))

Ini menjadi tugas para masinis kapal agar selalu melakukan pemeriksaan baik dari tekanan pompa yang masuk ke dalam sistem maupun perawatan terhadap pompa itu sendiri, akibat seringnya kapal masuk pada pelayaran dangkal seperti penulis temui di atas kapal karena berdasarkan pasang surut air laut.

## 2). Melakukan Perawatan Pada Pipa Masuk Air Laut

Pada pipa sistem pendingin berguna untuk sarana jalannya air laut dalam sirkulasi sehingga aliran air dalam sirkulasi diharapkan tidak banyak hambatan gesekan. Pipa-pipa ini penting untuk mendapat perawatan agar supaya banyaknya air masuk dan juga tekanannya yang disirkulasikan tetap stabil. Terutama hambatan air dalam sirkulasi adalah terdapatnya kerak-kerak yang menumpuk pada pipa-pipa instalasi yang mengakibatkan terganggu dan terhambatnya kelancaran sirkulasi air untuk penyerapan panas.

Dalam sistem ini juga sering ditemukan korosi ataupun kebocoran pada pipa. Untuk mencegah dan mengurangi kerak-kerak dan korosi pada pipa ialah dengan memasang *zinc anode* di dalam *strainer* sebagai jalan masuk

pertama sebelum pipa, atau jika ada pergantian pipa dengan yang baru, maka pipa tersebut harus diberi cat dasar dulu dan setelahnya dicat untuk mengurangi dan memperlambat terjadinya korosi.

Perawatan pada system pipa pendingin ataupun penggantian pipa yang mengalami kebocoran diusahakan dengan memakai pipa yang kualitasnya lebih baik. Dengan harapan bisa dipergunakan dalam jangka waktu yang lama.

Seperti diketahui bahwa pipa air laut bocor dapat diakibatkan oleh korosi. Untuk mengurangi laju korosi pada pipa pendingin air laut adalah dengan menggunakan metode-metode pengendalian korosi antara lain:

a) Perlindungan mekanis

Perlindungan mekanis atau pengendalian korosi dengan lapisan penghalang dengan cara di cat menggunakan cat *anti fouling (anti foulant paint)* pada pipa yang baru di ganti, untuk mencegah agar permukaan logam tidak bersentuhan dengan udara dan air laut sehingga reaksi kimia reduksi untuk terjadinya pembentukan korosi dapat dihindari.

b) *Tin Plating* (Pelapisan dengan Timah)

Pelapisan dilakukan dengan cara *electrolysis*, yang disebut *electroplating*. Besi yang dilapisi timah tidak mengalami korosi karena tidak ada kontak dengan *oksigen* (udara) akan tetapi lapisan timah hanya melindungi besi selama lapisan utuh. Apabila lapisan timah tergores, maka justru mendorong atau mempercepat korosi besi hal itu terjadi karena potensial reduksi besi lebih negative daripada timah. Oleh karena itu, besi yang dilapisi timah akan membentuk suatu sel elektrokimia dengan besi sebagai anode.

c) *Galvanisasi* (pelapisan dengan *zinc*)

Berbeda dengan timah zinc dapat melindungi besi dari korosi sekalipun lapisannya tidak utuh. Hal ini terjadi suatu mekanisme yang disebut perlindungan katode. Oleh karena potensial reduksi besi lebih

positif dibandingkan zinc, maka besi yang kontak dengan zinc akan membentuk elektrokimia dengan besi sebagai katode. Dengan demikian, besi terlindungi dari zinc yang mengalami oksidasi.

d) *Cromium Plating* (Pelapisan dengan kromium)

Besi atau baja juga dapat dilapisi dengan kromium untuk memberikan lapisan perlindungan. Kromium plating juga dilakukan dengan elektrolisis sama seperti *zinc*. Kromium dapat memberikan perlindungan sekalipun lapisan kromium itu ada yang cacat atau rusak.

e) Menggunakan *sacrificial zink anode* yang ada sertifikatnya.

Telah disebutkan juga sebelumnya fungsi penggunaan *anode* korban. Penggunaan logam aluminium yang lebih aktif akan bertindak sebagai *anode* yang teroksidasi dan besi pipa akan menjadi katode (*cathode*) dimana reduksi oksigen berlangsung, bahan ini sengaja dikorbankan (habis termakan korosi) untuk melindungi besi pipa yang dilalui air laut yang korosif.

**b. *Sea Water Cooling Pump* Tidak Mencapai Tekanan Normal**

Masalah tersebut dapat diatasi dengan cara:

**1). Melakukan Perawatan Dan Penggantian *Mechanical Seal* Dan *Ball Bearing***

*Mechanical seal* yang aus atau rusak harus diganti dengan suku cadang yang baru dan berkualitas agar kedap udara kembali. Jadi pada waktu pompa air laut bekerja tidak menghisap udara luar. Apabila udara masuk lewat *Mechanical Seal* ini, maka pompa kerja tidak normal. Dalam penggantian *bearing* dan *mechanic seal* pompa harus dalam keadaan “STOP”, buka kopling pompa lepas *neeples* pendingin dan buka baut penahan rumah *mechanic seal* serta *bolt body* pompa kemudian lepas rumah pompa dan keluarkan *shaft*

pompa, kemudian lepas ikatan *impeller* dan keluarkan *mechanic seal* beserta *bearing*-nya ganti dengan *sparepart* yang ada dikawal lalu pasang kembali.

Sedangkan *Ball Bearing* mempunyai peranan, karena jika *bearing* ini rusak sebaiknya cepat dilakukan penggantian dengan yang baru dan berkualitas karena dapat merusak bagian lain dari pompa seperti *impeller* atau kipas akan menjadikan gerakannya tidak stabil yang mengakibatkan *impeller* atau kipas bergesekan dengan rumah pompanya. Oleh karena itu harus dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

a) Pengecekan terhadap material *Bearing* pompa air laut

Untuk pengecekan terhadap bahan material *bearing* bisa dilihat dari bentuk *bearing* dan bisa dicek visual dengan cara memutar *bearing* pada *shaft*, apabila masih dalam keadaan bagus, maka *bearing* tersebut akan berputar dengan halus, dan untuk *mechanic seal* bisa dicek dari bentuk pegas (*spring*) masih bekerja atau tidak, untuk permukaan karbon yang selalu bergesekan juga dicek ada atau tidaknya karbon yang tidak rata begitu pula dengan karet *sealnya* masih elastis atau tidak.

b) Penggantian *bearing* pompa air laut.

Untuk penggantian *bearing* bisa dilakukan jika *Shaft* pompa dicek sudah dalam keadaan goyang dan bila pompa dijalankan akan terjadi getaran dan suara yang kencang itu merupakan salah satu tanda *bearing* rusak. Penggantian dilakukan dengan cara membuka rumah *bearing* dari rumah *impeller* pompa selanjutnya baut *impeller*, *mechanical seal*, kopling pompa dan *cover bearing* kemudian *shaft* pompa dikeluarkan. Setelah dilepas buka *bearing* yang rusak dan ganti dengan baru lalu pasang kembali sesuai urutannya.

c) Pengecekan dan pergantian apabila poros pompa tidak lurus (*Misalignment*)

Bila melakukan pengecekan atau pergantian poros pompa (*Shaft pump*) yang tidak lurus biasanya dibawa ke darat atau bengkel untuk

diperbaiki dengan menggunakan mesin bubut untuk dilakukan penyenteran poros pompa dengan alat (*Alignment dial indicator*), bila poros pompa tidak lurus (sudah tidak dapat dipakai) ganti poros pompa dengan suku cadang yang baru.

- d) Pengecekan dan penggantian apabila *impeller* tidak seimbang (*Unbalance*)

Pengecekan *impeller* secara visual biasanya dilihat dari bentuk *impeller* apabila *body impeller* terkikis, maka putaran *impeller* tidak seimbang, putaran yang tidak seimbang akan berpengaruh terhadap putaran *bearing* dan poros, *impeller* yang seperti ini sudah tidak dapat dipakai lagi dan harus diganti dengan yang baru. Karena jika dipakai akan mengurangi daya isap maupun tekan disamping itu yang paling merusak pada komponen lain seperti bearing maupun badan pompa akibat gesekan.

## **2. Melakukan Perawatan *Sea Water Cooling Pump* Secara Berkala**

Setiap permesinan di atas kapal ada batas penggunaannya, artinya setiap berapa jam sekali harus dilakukan perawatan dan perbaikan. Hal ini tercatat dalam jadwal perawatan terencana / *Planned Maintenance System (PMS)*. Seperti halnya pompa air pendingin air laut, jika sudah di luar batas toleransi maka kinerja pompa akan menurun, oleh karena itu perlu dilakukan penggantian dengan pompa pendingin air laut yang baru.

Di atas kapal terdapat pompa sirkulasi yaitu pompa sirkulasi air tawar dan air laut. Bentuk dari kedua pompa itu sama, hanya lebih besar untuk pompa air lautnya. Pompa ini dipasang secara *vertikal*, dalam dua belahan garis sumbu poros. Mulut isap dan mulut kempa membentuk satu bagian belahan rumah siput. Pompa air laut ini terpasang integral pada mesin induk. Jika poros dan kipas akan diganti dengan sebuah poros dan kipas cadangan dapat dilakukan dengan melepas bagian komponen yang sedikit. Pompa ini pada waktu mensirkulasikan airnya harus pada tekanan normal.

Tekanan yang diijinkan oleh air pendingin untuk air tawar berkisar 2,0 bar-3,0 bar. Jadi, jika tekanan airnya pada sisi tekan di bawah tekanan 2,0 bar maka mesin akan panas yang berlebihan sehingga mesin harus diturunkan

putarannya. Perhatikan tekanan pada manometer apabila rendah maka cepat-cepat harus diatasi karena dapat mengakibatkan fatal pada mesin.

a) Pemeriksaan harian

Hal-hal yang perlu diperiksa setiap hari adalah sebagai berikut:

- (1) *Temperature* permukaan rumah bentuk dan rumah pompa dapat dirasakan dengan tangan.
- (2) Tekanan hisap dan tekanan keluar petunjuk *manometer* dan *vakummeter* harus dibaca.
- (3) Kebocoran dari kotak *packing* diamati secara cermat.
- (4) Arus listrik dibaca pada amperemeter.
- (5) Jumlah pelumas didalam rumah bentukan dirasakan dengan tangan, dilihat dan didengarkan.

b) Pemeriksaan bulanan

Setiap bulan tahanan disolasi pada motor pompa harus diperiksa biasanya tahanan tidak boleh kurang dari 1 mega ohm ( $M\Omega$ ).

c) Pemeriksaan bantalan.

- (1) Jika bantalan yang digunakan memakai cara pelumas cincin maka ini harus dapat berputar secara normal.
- (2) Jika rumah bantalan dipegang dengan tangan harus tidak terasa panas yang berlebihan. Jika diukur dengan *thermometer* biasanya bantalan diangkat normal lihat temperturnya tidak lebih dari 40°C di atas temperatur udara disekitarnya.

d) Pemeriksaan getaran dan bunyi

- (1) Bila tangan diletakan diatas permukaan rumah pompa, harus tidak ada geteran-getaran yang berlebihan. Untuk pengukuran yang teliti, getaran dapat diukur dengan *vibrometer* pada rumah bantalan dan

pada motor. Nilai getaran yang diukur harus kurang dari 30 mm, pada 3000 rpm dan kurang dari 50 mm pada 1500 rpm.

- (2) Tidak boleh ada bunyi yang luar biasa karena kavitasi atau sunging maupun bunyi dari bantalan.
- (3) Pengamanan untuk penghentian pompa.

## **2. Evaluasi Terhadap Alternatif Pemecahan Masalah**

### **a. Heat Exchanger Tidak Mampu Menurunkan Suhu Pada Mesin Induk**

Evaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah nya adalah;

#### **1. Melakukan Pembersihan *Heat Exchanger* Pada Sisi Air Laut**

##### a) Keuntungan:

- (1) *Heat Exchanger* mampu menurunkan suhu pada mesin induk
- (2) Sirkulasi air laut menjadi lancar
- (3) Bagian bagian pada jaket pendingin menjadi awet

##### b) Kekurangan:

- (1) Karet pada Heat Excanger rawan meleset

#### **2. Melakukan Perawatan Pada Pipa Masuk Air Laut**

##### a) Keuntungan:

- (1) Pipa menjadi awet (tahan lama)
- (2) Sirkulasi air laut menjadi lancar

##### b) Kekurangan:

- (1) Proses pekerjaan memakan waktu
- (2) Proses pengemalan atau pencetakan pipa harus sesuai

### **b. *Sea Water Cooling Pump* Tidak Mencapai Tekanan Normal**

#### **1. Melakukan Perawatan atau Pergantian Mechanical Seal dan ball bearing**

##### a) Keuntungan:

- (1) Tekanan pompa dapat mencapai 4.5 kg
- (2) Pengerjaan lebih ringan

##### b) Kekurangan:

- (1) Tergantung pada pengoperasian pompa dan olah gerak kapal

(2) Proses pekerjaan memakan waktu

**2. Melakukan Perawatan dan Pengecekan Pada *Sea Water Cooling Pump***

a) Keuntungan:

(1) Tidak memakan waktu lama

(2) Pengerjaan lebih ringan

b) Kekurangan:

(1) Banyak nya pompa yang di cek atau di pantau

**3. Pemecahan masalah yang dipilih**

**a. Heat Exchanger Tidak Mampu Menurunkan Suhu Pada Mesin Induk**

Berdasarkan terhadap alternatif pemecahan masalah di atas, maka solusi yang di pilih yaitu, melakukan pembersihan heat exchanger pada sisi air laut.

Alasan :

Karena akan lebih mampu dalam menurunkan suhu pada main engine (mesin induk)

**b. Sea Water Cooling Pump Tidak Mencapai Tekanan Normal (4.5 kg)**

Berdasarkan terhadap alternatif pemecahan masalah di atas, maka solusi yang di pilih yaitu, Melakukan Perawatan dan Pengecekan Pada *Sea Water Cooling Pump*

Alasan :

Karna lebih menghemat waktu

# BAB IV

## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. KESIMPULAN

Berdasarkan penjelasan pada bab sebelumnya tentang terjadinya kenaikan suhu air pendingin Mesin Induk maupun generator utamanya adalah dari Sistem pendingin air laut yang tidak bekerja secara optimal untuk mendinginkan *Cooler* maka penulis dapat menyimpulkan terkait dengan kinerja system pendingin air laut, sebagai berikut:

1. *heat exchanger* Tidak Mampu Menurunkan Suhu Pada Mesin Induk
2. Sea Water Pump Tidak Mencapai Tekanan Normal

### B. SARAN

Berdasarkan uraian kesimpulan di atas, agar kinerja sistem pendingin Mesin Induk dapat maksimal maka penulis menyarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Perlunya melakukan pemeriksaan dan pembersihan pipa dan *heat exchanger* agar sistem pendingin mampu menurunkan suhu pada mesin induk.
2. Melakukan perawatan pada pompa dan melakukan pengecekan pada bagian bagian yang terkait pada pompa pendingin agar pompa tersebut mampu mencapai tekanan yang diinginkan.

## DAFTAR PUSTAKA

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) 1996 vol. III sec 11.1

Johan Handoyo, Jusak. (2015). *Mesin Diesel Penggerak Utama Kapal, edisi 3*. Jakarta :  
Djangkar

Johan Handoyo, Jusak. (2015). *Manajemen Perawatan Kapal, edisi 3*. Jakarta :  
Djangkar

Maanen, P. Van. (2000). *Motor Diesel Kapal*. Jilid 1. Nautech.

Romzana, HR. (2002). *Motor Diesel*. Jakarta : BP3IP Sumber dari internet  
<http://hariantogasali89.blogspot.co.id/menurunnya-tekanan-pompa-air-laut.html> diakses  
pada tanggal 8 Maret 2019

[www.academia.edu/9027468/jenis-jenis\\_korosi](http://www.academia.edu/9027468/jenis-jenis_korosi) diakses pada tanggal 09 Maret 2019



## M.T. SEABORNE PETRO

### Vessel Particulars

REGISTERED OWNER	PT. WARUNA NUSA SENTANA, JL.S. HASANUDDIN NO. 14/24 MEDAN 20153, INDONESIA				
OPERATOR	PT. WARUNA NUSA SENTANA, JL. BOULEVARD BARAT RAYA, PLAZA PASIFIC, KELAPA GADING JAKARTA UTARA, INDONESIA			CALL SIGN	YCAJ2
MANNING AGENTS				TEL (SATB)	
FLAG/PORT OF REGISTRY	INDONESIAN / BELAWAN	Email: seaborne.petro@waruna.onsatmail.com		FAX (SAT B)	
MAIN ENGINE	MAN B&W 6S60MC	BHP : 16442	RPM : 105	TLX (SAT C)	525119057
LAST DRYDOCK	20th JUNE 2023	CLASS	BIRO KLASIFIKASI INDONESIA	OFF. NO.	2017 Ppa No.5180/L
BUILT : TSUNESHI SHIPBUILDING CO. LTD., JAPAN 21st FEB 2003				IMO No	9247833
				MMSI	525119057

### DIMENSIONS

LOA	240.50 mtrs	HT. OF HIGHEST POINT ABOVE KEEL	52.83 mtrs	SUEZ GRT	59036.02 Tons
LBP	230.0 mtrs	DIST OF BOW TO BRIDGE	204.40 mtrs	SUEZ NRT	53344.83 Tons
BREADTH	42.00 mtrs	DIST OF STERN TO BRIDGE	36.05 mtrs		
DEPTH	21.20 mtrs	PARALLEL BODY BALLAST	105.377 mtrs		
GRT	57315	PARALLEL BODY LOADED	131.70 mtrs		
NRT	31825	TYPE OF BOW	BULBOUS		
		TYPE OF TANKER	DOUBLE HULL		

### LOADLINE DATA

	FREEBOARD	DRAFT	DWT	DISPL.	TPC	LT. SHIP
SUMMER	7.077 mtrs	14.169 mtrs	99983 MT	116169 MT	91.2 MT	16186 MT
TROPICAL	6.782 mtrs	14.464 mtrs	102679 MT	118865 MT		
WINTER	7.372 mtrs	13.874 mtrs	99291 MT	113477 MT	FWA	CONSTANT
					318mm	275 MT

### CARGO DETAILS

CARGO TANKS	12 COT & 2 SLOP TANKS	SLOP TANK CAPACITY	4650.7 M3 / 29251 Bbls
CARGO TANK CAPACITY	98% FULL INCLUDING SLOP TANKS 119064 m3 / 748,890 Bbls		
MAX. CARGO GRADES	3 CONCURRENTLY WITH DOUBLE VALVE SEGREGATION		

### CARGO PUMPS

PUMP	NO	TYPE	CAP m3/Hr	MODEL	HEAD	MAX RPM
MAIN	3	STEAM TURBINE	2500 EACH	KV 400	135	1580
STRIPPER	1	STEAM	200	KPH 200	135	
EDUCTOR	1	CARGO DRIVE	450			

### BALLAST PUMPS

PUMP	NO	TYPE	CAP M3/HR	MODEL	HEAD	MAX RPM
MAIN	1	Electric Motor	3000 M3	CV 450	30 mtrs	1200
EDUCTOR	1	Electric Motor	300 M3	-		

SEGR.BALL CAP	39,420.3 M3	BALLAST TANKS	1 TO 4 P/S, FPK & APK TOTAL 10 TANKS
---------------	-------------	---------------	--------------------------------------

PROPELLER : Fixed Right Handed Type (4 Solid Blade, Diameter 7.0mtr)

Mean Draft = or > 6.66 mtrs, Max Permissible Trim = or < 3.47 mtrs, Propeller Fully Immersed at Aft Draft 7.33 mtrs

MANIFOLD ARRANGEMENT		LINES	SIZE (O.D.)
NO OF CONNECTIONS PER SIDE	3 X 18"	Deck (Cargo)	457.2 mm
MAX. LOADING RATE	9,400 M3/HR	Bottom(Cargo)	508.0 mm
VENTING CAPACITY	13,830 M3/HR	COW	267.4 mm
HEIGHT OF M'FOLD ABOVE KEEL	23.3 mtrs	Stripping	139.8 mm
HEIGHT OF M'FOLD ABOVE SBT DRAFT	15.85 mtrs	Ballast	267.4mm / 609.6 mm
DIST FM BOW TO CENTER OF M'FOLD	123.0 mtrs	FW Tank	179.2
DIST FM STERN TO CENTER OF M'FOLD	117.5 mtrs	DW Tank	125.4
DIST FM ACC. FRONT TO CENTER OF M'FOLD	81.45 mtrs	DIST.W Tank	179.2
DIST SHIP SIDE TO CENTER OF M'FOLD	4.600 mtrs	F.Oil BUNKERS (96%)	D.Oil
DIST MANIFOLD ABOVE DECK AT RAILS	2.1 mtrs	TANK/CAP	TANK/CAP.
DIST BETWEEN M'FOLDS	2.500 mtrs	'1S 1664.9 m3	'D.O.P 267.6 m <sup>3</sup>
HIEGHT OF DECK ABOVE DEEPEST LWL	6.35 mtrs (W.r.t 14.896m Draft)		1P 1514 m3
HEIGHT OF MANIFOLD ABOVE DEEPEST LWL	8.45 mtrs (W.r.t 14.896m Draft)	Total 1664.9 m3	Total 1781.6 m3

(Gambar 4.1)

SEABORNE PETRO

Form 22  
IMMIGRATION ACT  
(CHAPTER 133)

IMMIGRATION REGULATIONS  
CREW LIST

Name of Vessel / Nama Kapal : MT. SEABORNE PETRO  
Gross Tonnage / GT Kapal : 57.315 T  
Agent in Port / Keagenan : PT. PERTAMINA  
Owner's / Pemilik : PT. WARUNA NUSA SENTANA  
Date of Arrival / Tanggal Tiba :  
Date of Departure / Tanggal Berangkat :

Last Port / Pelabuhan Sebelumnya :  
Next Port / Pelabuhan Selanjutnya :

No.	Name / Nama Awak	Sex / Jenis Kelamin	Date of Birth / Tanggal Lahir	Nationality / Kebangsaan	Travel Document No. / No. Buku Pelaut	Doc. Of Travel Expired / Tanggal Berakhir Buku Pelaut	Duties on Board / Jabatan	Seafarer Code / Kode Pelaut	No. PKL	Date of Sign On /	Certificate /	Certificate No. /
										Tanggal Sign On	Sertifikat Ijazah Pelaut	No. Sertifikat Ijazah Pelaut
1	Alfons Simon Gustaf	M	14-Mar-1956	Indonesia	F 133649	26-Apr-25	Master	6200061481	AL.524/1014/02/SYB.TPK/24	11-Feb-2024	ANT I	6200061481N10215
2	Reinaldus Patabang	M	6-Jan-1988	Indonesia	G 079209	16-Agu-24	Chief Officer	6200262316	AL.524/1471/01/SYB.TPK/23	20-Jan-2023	ANT I	6200262316N10217
3	Ahmad Hawari	M	19-Agu-1993	Indonesia	G105349	15-Sep-24	Second Officer	6201305528	AL.524/1752/6/SYB.TPK/23	7-Jul-2023	ANT II	6201305528N20221
4	Tri Sugeng Rimbawan	M	8-Jan-1996	Indonesia	F 231493	03-Sep-24	Third Officer	6211407692	AL.524/1753/6/SYB.TPK/23	7-Jul-2023	ANT III	6211407692N30518
5	Adhitya Warman	M	30-Apr-2001	Indonesia	F337172	29-Jun-25	Fourth Officer	6211942364	AL.524/1171/7/SYB.TPK/23	25-Jul-2023	ANT III	6211942364N30423
6	Ricardo Simamora	M	7-Des-1970	Indonesia	H 032329	07-Jun-25	Chief Engineer	6200094456	AL.524/1496/5/SYB.TPK/23	25-Mei-2023	ATT I	6200094456T10114
7	Dody Kriswantoro	M	19-Jun-1988	Indonesia	F126409	05-Apr-25	Second Engineer	6201640703	AL.524/1770/7/SYB.TPK/23	25-Jul-2023	ATT II	6201640703T20320
8	Dedy Garaga Julu Purba	M	7-Mar-1991	Indonesia	G 038158	26-Feb-26	Third Engineer	6202004005	AL.524/902/5/SYB.TPK.22	2-Jun-2022	ATT II	6202004005T20121
9	Marco J Purba	M	10-Jul-1995	Indonesia	H 065038	08-Agu-25	Fourth Engineer	6211534310	AL.524/1771/10/SYB.TPK.23	4-Oct-2023	ATT III	6211534310T30118
10	Rayhan Fachrulrozy	M	6-Mei-2000	Indonesia	F 306594	20-Des-24	Fifth Engineer	6211751419	AL.524/1668/08/SYB.TPK.23	22-Agu-2023	ATT III	6211751419T32422
11	Darmayanto	M	25-Jan-1980	Indonesia	G 103437	16-Nov-24	Electrician	6211503500	AL.524/488/8/SYB.TPK/23	11-Agu-2023	Electro Technical Ratings	6211503500430720
12	Abung Kusman	M	18-Agu-1983	Indonesia	F 183143	03-Jul-24	Boatswain	6201354238	AL.524/553/7/SYB.TPK/23	7-Jul-2023	Ratings Deck	6201354238340718
13	Ilham Ronni	M	28-Agu-1997	Indonesia	I 012708	30-Des-25	Pumpman	6211539797	AL.524/1362/01/SYB.TPK/24	24-Jan-2024	Ratings Deck	6211539797340618
14	Glen Jackson De Lima	M	27-Nov-1992	Indonesia	F 162220	02-Agu-25	A/B	6211420153	AL.524/1178/01/SYB.TPK/24	24-Jan-2024	Ratings Deck	6211420153345322
15	Mashadi Bin Calim	M	8-Agu-1974	Indonesia	G 077957	30-Jun-26	A/B	6200404026	AL.524/1878/10/SYB.BLN.23	26-Oct-2023	Ratings Deck	6200404026340710
16	Hari Susanto	M	23-Agu-1983	Indonesia	I 015671	01-Feb-26	A/B	6200481426	AL.524/1934/8/SYB.TPK/22	22-Agu-2023	Ratings Deck	6200481426340716
17	Akhmad Jamroni	M	3-Okt-1980	Indonesia	G 027123	03-Des-25	Engine Foreman	6201034397	AL.524/1187/12/SYB.TPK/22	22-Des-2022	Ratings Engine	6201034397420222
18	Zulkifli	M	5-Sep-1970	Indonesia	G 018051	20-Okt-25	Oiler	6201027319	AL.524/637/10/SYB.TPK/22	11-Okt-2022	Ratings Engine	6201027319420217
19	Fendy Alfian	M	14-Nov-1990	Indonesia	I 080120	19-Sep-26	Oiler	6201288648	AL.524/1505/10/SYB.TPK/23	19-Okt-2023	Ratings Engine	6201288648420710
20	Aan Hardiansyah	M	30-Mar-1998	Indonesia	I 049621	16-Mei-26	Oiler	6211750503	AL.524/1432/09/SYB.TPK/23	20-Sep-2023	ATT IV	6211750503T32422
21	Dwi Haryono	M	28-Jun-1991	Indonesia	F330036	29-Jun-25	OS	6211823127	AL.524/1771/10/SYB.TPK/23	4-Oct-2023	Ratings Deck	6211823127330121
22	Kosasih	M	20-Agu-1973	Indonesia	G 042092	21-Jan-26	Chief Cook	6200319497	AL.524/1379/11/SYB.TPK/22	23-Nov-2022	Ratings Engine	6200319497420717
23	Muhammad Rifki	M	1-Feb-1996	Indonesia	H 086467	09-Nov-25	Messboy	6212214880	AL.524/176/60/SYB.TPK/23	4-Oct-2023	Ratings Engine	6212214880350220
24	Shavin Talis Perdana Putra	M	18-Jul-2003	Indonesia	H 094442	30-Jan-26	Deck Cadet	6212251120	-	11-Agu-2023	BST	6212251120010520
25	Wahyu Rahmat Dina	M	23-Jul-2002	Indonesia	H 044829	10-Agu-25	Engine Cadet	6212141880	-	25-Jul-2023	BST	6212141880010421
26	Dimas Taufiq Ismail	M	2-Mei-2003	Indonesia	H 094093	13-Jan-26	Cadet ETO	6212230227	-	12-Des-2023	BST	6,21223E+15
Total Crews / Total Awak :		26	Person included master.									

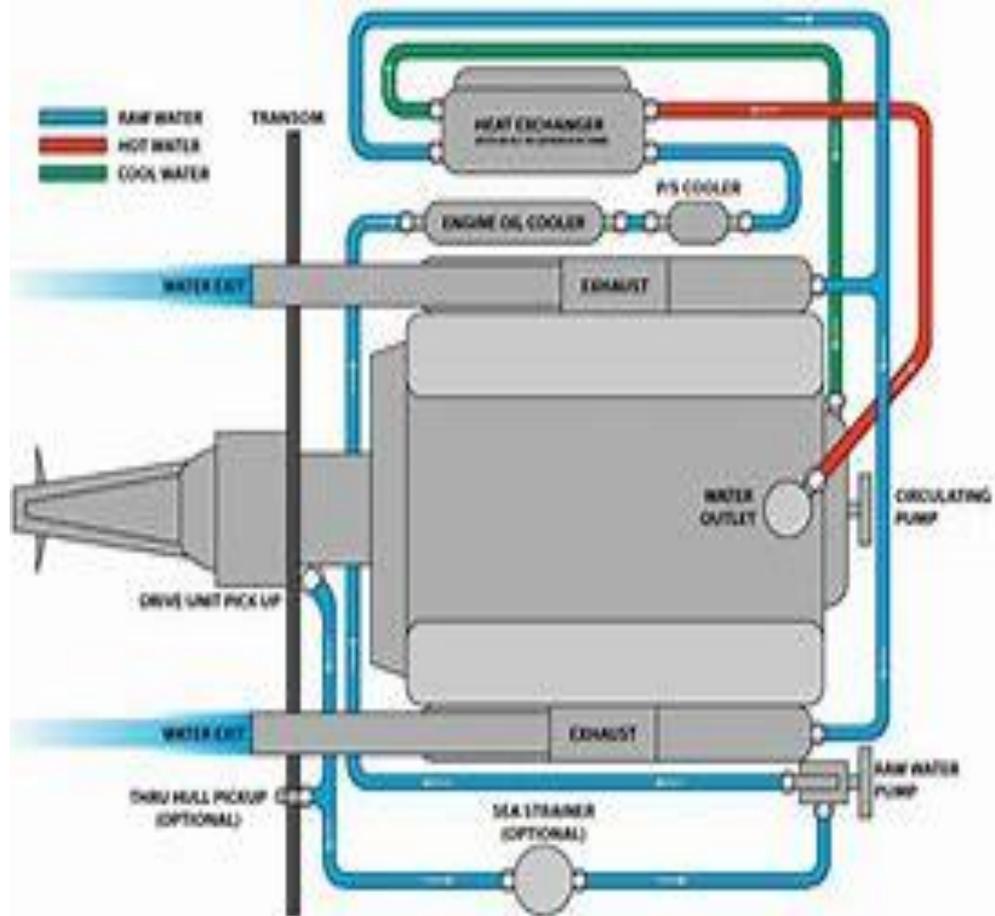
Acknowledge :  
Harbour Master

Acknowledge

Capt. Alfons Simon Gustaf

Master

Gambar 4.2



Gambar 4.3 Diagram Sistem Pendingin

([anakteknik.com](http://anakteknik.com))



Gambar 4.5 Fresh water cooler (Plate heat exchanger)

## DAFTAR ISTILAH

<i>Cooler /Plate</i>	:	Alat pemindah panas untuk menurunkan temperatur air tawar.
<i>Heat Exchanger</i>	:	
<i>Fresh Water Pump</i>	:	Pompa pendingin air tawar dipakai untuk menekan dan menyalurkan air ke system.
<i>Filter</i>	:	Suatu alat untuk menyaring kotoran pada aliran zat cair, udara atau gas.
<i>Gland Packing</i>	:	Suatu bahan Untuk menahan kebocoran air laut melalui <i>shaft</i> pompa
<i>High Fresh Water Temperature</i>	:	Suatu keadaan dimana suhu system pendingin air tawar sangat tinggi (melebihi batas normal).
<i>High Level Alarm</i>	:	Suatu alat untuk mendeteksi jika terjadi kebocoran air / minyak di kamar mesin.
<i>Impeller</i>	:	Semacam piringan berongga dengan terdapat sudu-sudu melengkung di dalamnya dan dipasang pada ujung poros pompa yang digerakkan oleh motor listrik.
<i>Mechanical Seal</i>	:	Suatu alat mekanis yang berfungsi untuk mencegah kebocoran cairan dari ruang pompa yang melewati poros berputar.
<i>Over heating</i>	:	Suhu mesin yang melebihi batas normal sehingga mengakibatkan panas yang berlebihan.
<i>Overload</i>	:	Kelebihan beban
<i>PMS (Planned Maintenance System)</i>	:	Suatu system perencanaan pemeliharaan kapal yang berisi hal-hal yang harus dilakukan dalam perawatan dan pemeliharaan kapal.
<i>Sea Chest</i>	:	Tempat isapan air laut sebelum diisap oleh pompa

- Sea Water Pump* : Pompa pendingin air laut yang digunakan untuk menekan dan menyalurkan air ke sistem pendingin
- Strainer* : Saringan pencegah kotoran
- Vibration* : Getaran
- Vibra Meter* : Alat pengukur getaran.
- Zinc Anode* : Bahan dari timah atau almunium yang digunakan untuk melindungi besi dari korosi.