

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



**MAKALAH**

**UPAYA PERAWATAN SISTEM PENDINGIN MESIN  
INDUK UNTUK OPERASI DI MT. XIANG SHUN**

**Oleh :**

**MUHAJIRIN PASAK SOMBOLINGGI**

**NIS. 01843/T-I**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT I**

**JAKARTA**

**2022**

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



**MAKALAH**

**UPAYA PERAWATAN SISTEM PENDINGIN MESIN  
INDUK UNTUK OPERASI DI MT. XIANG SHUN**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan  
Untuk Penyelesaian Program Diklat Pelaut ATT-I**

**Oleh :**

**MUHAJIRIN PASAK SOMBOLINGGI**

**NIS. 01843/T-I**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT I  
JAKARTA**

**2022**

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



**TANDA PERSETUJUAN MAKALAH**

Nama : MUHAJIRIN PASAK SOMBOLINGGI  
NIS : 01843/T-I  
Program Pendidikan : Diklat Pelaut - I  
Jurusan : TEKNIKA  
Judul : UPAYA PERAWATAN SISTEM PENDINGIN MESIN  
INDUK UNTUK OPERASI DI MT. XIANG SHUN

Pembimbing I

Jakarta, Agustus 2022

Pembimbing II

**Markus Y. Manurung, S.SiT, MM**

Penata (III/c)

NIP. 19800605 200812 1 001

**Jarot Delta Susanto, S.SiT., M.M.**

Penata Tk.I (III/d)

NIP.19820717 200502 1 001

Mengetahui :  
Ketua Jurusan Teknika

**Diah Zakiah, ST, MT**

Penata TK. I (III/d)

NIP. 19790517 200604 2 015

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



**TANDA PENGESAHAN MAKALAH**

Nama : MUHAJIRIN PASAK SOMBOLINGGI  
NIS : 01843/T-I  
Program Pendidikan : Diklat Pelaut - I  
Jurusan : TEKNIKA  
Judul : UPAYA PERAWATAN SISTEM PENDINGIN MESIN  
INDUK UNTUK OPERASI DI MT. XIANG SHUN

Penguji I

**AN. Pramono, SH, MM, M.Mar.E**  
Dosen STIP

Penguji II

**Markus Y. Manurung, S.SiT, MM**  
Penata (III/c)  
NIP. 19800605 200812 1 001

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknika

**Diah Zakiah, ST, MT**  
Penata TK. I (III/d)  
NIP. 19790517 200604 2 015

## **KATA PENGANTAR**

Dengan penuh kerendahan hati, penulis memanjatkan puji serta syukur kehadirat Tuhan yang maha esa, atas berkat dan rahmatnya serta senantiasa melimpahkan anugerahnya, sehingga penulis mendapat kesempatan untuk mengikuti tugas belajar program upgrading Ahli Teknik Tingkat I yang diselenggarakan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta. Guna memenuhi persyaratan Kurikulum Program Upgrading ATT-I, maka semua pasis diwajibkan untuk membuat atau menulis sebuah makalah berdasarkan pengalaman selama bekerja di atas kapal dan ditunjang dengan teori-teori serta bimbingan dari pada dosen pembimbing STIP Jakarta. Sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah ini sesuai dengan waktu yang ditentukan dengan judul :

### **“UPAYA PERAWATAN SISTEM PENDINGIN MESIN INDUK UNTUK OPERASI DI MT. XIANG SHUN”**

Penulis menyadari akan keterbatasan kemampuan dalam penyusunan serta penulisan makalah ini, sehingga masih banyak kekurangan-kekurangan dan hasilnya masih belum sempurna. Oleh sebab itu penulis membukakan diri untuk menerima kritik serta saran-saran yang positif guna menuju keperbaikan makalah ini. Selanjutnya segala rendah hati, bersama ini penulis menyampaikan rasa terima kasih sebesar besarnya kepada yang terhormat Yang Terhormat :

1. Capt. Sudiono, M.Mar, selaku Kepala Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
2. Bapak Dr. Ali Muktar Sitompul, MT, selaku Kepala Divisi Pengembangan Usaha Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
3. Ibu Diah Zakiah, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
4. Bapak Markus Y. Manurung, S.SiT, MM., selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan pikirannya mengarahkan penulis pada sistematika materi yang baik dan benar
5. Bapak Jarot Delta Susanto, S.SiT., M.M., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan waktunya untuk membimbing proses penulisan makalah ini
6. Seluruh Dosen dan staf pengajar Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta

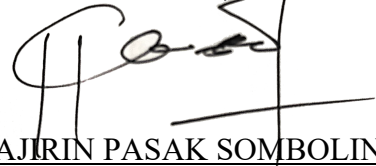
yang telah memberikan bantuan dan dorongan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas makalah ini.

7. Istri tercinta yang membantu atas doa dan dukungan selama pembuatan makalah.
8. Anak tersayang yang telah memberikan semangat selama pengerjaan makalah.
9. Orang tua tercinta yang membantu atas doa dan dukungan selama pembuatan makalah.
10. Semua rekan-rekan Pasis Ahli Teknik Tingkat I Angkatan LXIII tahun ajaran 2022 yang telah memberikan bimbingan, sumbangsih dan saran baik secara materil maupun moril sehingga makalah ini akhirnya dapat terselesaikan.

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

Jakarta, Oktober 2022

Penulis,



MUHAJIRIN PASAK SOMBOLINGGI

NIS. 01843/T-I

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>TANDA PERSETUJUAN MAKALAH</b> .....	ii
<b>TANDA PENGESAHAN MAKALAH</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	viii
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. LATAR BELAKANG.....	1
B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH .....	3
C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	4
D. METODE PENELITIAN .....	4
E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN .....	5
F. SISTEMATIKA PENULISAN .....	5
 <b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
B. KERANGKA PEMIKIRAN .....	21
 <b>BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	
A. DESKRIPSI DATA.....	22
B. ANALISIS DATA.....	24
C. PEMECAHAN MASALAH .....	28
 <b>BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. KESIMPULAN .....	45
B. SARAN .....	45
 <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	47
 <b>LAMPIRAN</b>	
 <b>DAFTAR ISTILAH</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram sistem pendingin tertutup.....	11
Gambar 2.2	Cara Kerja Mesin Induk 4 Tak .....	18
Gambar 2.3	Kerangka Pemikiran .....	21
Gambar 3.1	Sea water pump rusak.....	22
Gambar 3.2	<i>Fresh water cooler</i> .....	23
Gambar 3.3	<i>Impeller</i> pompa air laut rusak.....	25
Gambar 3.4	<i>Inlet</i> ke <i>heat exchanger</i> banyak tersumbat oleh kerang .....	28
Gambar 3.5	Pipa air laut banyak tersumbat teritip .....	29
Gambar 3.6	Kebocoran pipa pendingin air laut.....	30
Gambar 3.7	Pembersihan <i>fresh water cooler</i> .....	39



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Ship Particular
- Lampiran 2. Crew List
- Lampiran 3. Perbaikan Pompa Pendingin
- Lampiran 4. Impeller pompa yang sudah tipis (aus)
- Lampiran 5. Critical Spare Part List Sea Water Pump
- Lampiran 6. Piping diagram Sistem Pendingin Tertutup
- Lampiran 7. Piping Diagram Sistem Pendingin Terbuka
- Lampiran 8. Diagram Air Pendingin Dalam Plate Cooler
- Lampiran 9. *Planned Maintenance System (PMS)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. LATAR BELAKANG

Pada masa sekarang kebanyakan kapal memakai motor diesel, baik untuk mesin penggerak utama maupun untuk mesin bantunya. Pada umumnya motor diesel menggunakan sistem pendingin air. Adapun sistem pendingin pada motor diesel, dilakukan dengan dua sistem, yaitu sistem pendinginan tertutup dan sistem pendinginan terbuka namun dikapal penulis menggunakan sistem pendingin tertutup. Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada bahan karena pemanasan berlebihan yang dapat mengakibatkan turunnya daya pada mesin itu. Tidak adanya perawatan terhadap sistem pendingin mesin induk dan pesawat bantu lainnya dapat berakibat fatal.

Dalam menunjang kelancaran pengoperasian, maka kondisi kapal harus selalu siap pakai. Dalam ruang pembakaran sebuah motor diesel terjadi suhu yang sangat tinggi yaitu 1600°C. Karena proses ini terjadi secara terus menerus di dalam *cylinder*. Dengan demikian pendinginan dibutuhkan untuk menyerap sebagian panas dalam pembakaran untuk mencegah terjadinya kelelahan bahan yang dapat mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk pada mesin itu. Proses pendinginan yang tidak sempurna pada motor diesel dapat mengakibatkan fatal dan serius.

Saat bekerja di MT. XIANG SHUN penulis pernah mengalami suatu masalah yang disebabkan oleh sistem pendingin yang tidak normal. Pada tanggal 01 Februari 2022 saat kapal berlayar tiba-tiba alarm mesin induk berbunyi. Masinis Jaga memeriksa secara visual pada Monitor informasi yang ada pada mesin induk tertulis; "*Cylinder temperature too high*" dan ada kedipan peringatan tertulis "*Reduce RPM*" artinya temperatur pada silinder terlalu panas dan harus dikurangi putaran saat ini (tindakan sementara). Tentu masinis jaga tidak puas dengan informasi yang di dapat hanya dari monitor mesin induk tersebut, maka dilakukan pemeriksaan secara manual melalui pengambilan temperatur dengan memakai *temperature scanner portable* dan diketahuilah bahwa temperatur sudah mencapai 90°C. Bila dilihat buku harian kapal temperatur normal mesin pada saat putaran

penyuh hanya 75°C sampai 80°C. Apabila keadaan ini tidak dilakukan tindakan maka temperatur akan bertambah tinggi secara bertahap dan dapat mengakibatkan mesin induk *blackout*. Bila kejadian seperti ini terjadi maka akan mempengaruhi efisiensi kegiatan pelayaran.

Untuk mengatasi masalah tersebut dilakukan dapat dilakukan dengan melakukan *overhaul* pompa pendingin air laut dan mengganti komponen-komponen pompa sesuai dengan batas jam kerjanya (*running hours*) serta melakukan pembersihan *fresh water cooler* secara berkala sesuai dengan *planned maintenance system* (PMS).

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka penulis tertarik untuk mengangkat judul :  
**“UPAYA PERAWATAN SISTEM PENDINGIN MESIN INDUK UNTUK OPERASI DI MT. XIANG SHUN”**

## **B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH**

### **1. Identifikasi Masalah**

Sehubungan dengan fakta yang terjadi di lapangan sebagaimana dijelaskan pada latar belakang di atas, maka penulis mengidentifikasi masalah sebagai berikut:

- a. Tekanan pompa pendingin air laut rendah
- b. *Fresh water cooler* tidak bekerja optimal
- c. Pipa air laut banyak tersumbat teritip
- d. Inlet ke heat exchanger banyak tersumbat oleh kerang
- e. Kebocoran pipa pendingin air laut

### **2. Batasan Masalah**

Oleh karena luasnya 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 berkisar tentang :

- a. Tekanan pompa pendingin air laut rendah
- b. *Fresh water cooler* tidak bekerja optimal

### **3. Rumusan Masalah**

Agar lebih mudah dicarikan solusi pemecahannya maka penulis perlu merumuskan masalah yang terjadi. Berdasarkan uraian identifikasi dan batasan masalah yang tersebut di atas, penulis merumuskan masalah sebagai berikut :

- a. Apa yang menyebabkan tekanan pompa pendingin air laut rendah?
- b. Mengapa *fresh water cooler* tidak bekerja optimal ?

## **C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

### **1. Tujuan Penelitian**

- a. Untuk menganalisis penyebab dari permasalahan tekanan pompa pendingin air laut rendah dengan baik dan mencari alternatif pemecahan masalahnya.
- b. Untuk menganalisis penyebab *fresh water cooler* tidak bekerja optimal dan mencari solusi pemecahan yang tepat agar tidak terjadi masalah yang sama di kemudian hari.

### **2. Manfaat Penelitian**

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

Sebagai sumbangan pemikiran bagi studi manajemen perawatan sistem 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.

## **D. METODE PENELITIAN**

Dalam pengumpulan data serta keterangan-keterangan yang diperlukan dapat menggunakan teknik pengumpulan data. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui teknik yang tepat yang digunakan dalam upaya memperoleh data secara benar dan akurat. Dalam menulis makalah ini penulis menggunakan metode penelitian sebagai berikut :

### **1. Metode Pendekatan**

Dalam penulisan makalah ini menggunakan metode pendekatan studi kasus yang dilakukan secara deskriptif kualitatif, yakni berdasarkan pengalaman yang penulis temui selama bekerja di atas MT. XIANG SHUN sebagai *Chief Engineer*.

### **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. Teknik Observasi**

Dalam hal ini penulis melakukan pengamatan atau observasi secara langsung dan telah mengumpulkan data-data dan informasi atas fakta yang dijumpai di tempat objek penelitian pada saat bekerja di atas kapal MT. XIANG SHUN.

#### **b. Studi 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 perawatan sistem pendingin mesin induk.

#### **c. Studi Pustaka**

Untuk kelengkapan penulisan makalah ini, penulis menggunakan metode studi pustaka dalam mendukung karya tulis makalah. Metode dengan menggunakan studi perpustakaan adalah pengamatan melalui

pengumpulan data dengan memanfaatkan tulisan-tulisan yang ada hubungannya dengan penulisan makalah ini, baik itu buku-buku perpustakaan dan buku-buku pelajaran serta buku instruksi dari kapal untuk melengkapi penulisan makalah ini.

### **3. Subyek Penelitian**

Yang menjadi subyek penelitian dalam makalah ini adalah sistem pendingin mesin induk di atas kapal MT. XIANG SHUN.

### **4. Teknik Analisis Data**

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis akar permasalahan.

## **E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN**

### **1. Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan selama Penulis bekerja di atas kapal MT. XIANG SHUN sebagai *Chief Engineer* dari tanggal 11 Januari 2022 sampai 19 Maret 2022.

### **2. Tempat Penelitian**

Penelitian dilakukan di atas kapal MT. XIANG SHUN, kapal milik perusahaan You Yung Ship Management yang beroperasi di alur pelayaran Taiwan.

## **F. SISTEMATIKA PENULISAN**

Penulisan makalah ini disajikan sesuai dengan sistematika penulisan makalah yang telah ditetapkan dalam buku pedoman penulisan makalah yang dianjurkan oleh STIP Jakarta. Dengan sistematika yang ada maka diharapkan untuk mempermudah penulisan makalah ini secara benar dan terperinci. Makalah ini terbagi dalam 4 (empat) bab sesuai dengan urutan penelitian ini. Adapun sistematika penulisan makalah ini adalah sebagai berikut :

## BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan tentang pendahuluan yang mengutarakan latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, metode penelitian dan teknik pengumpulan data, waktu dan tempat penelitian serta sistematika penulisan.

## BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini dijelaskan tentang teori-teori yang digunakan untuk menganalisa data-data yang didapat melalui buku-buku sebagai referensi untuk mendapatkan informasi dan juga sebagai tinjauan pustaka. 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

Pada bab ini dijelaskan tentang deskripsi data yang diambil dari lapangan berupa fakta-fakta yang terjadi selama penulis bekerja di atas kapal MT. XIANG SHUN. Dengan 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

Pada 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 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. Perawatan**

###### **a. Definisi Perawatan**

Menurut Jusak Johan Handoyo (2019:1) dalam buku yang berjudul *Sistim Perawatan Permesinan Kapal*, Jakarta : Djangkar bahwa perawatan adalah sebuah pekerjaan yang dilakukan secara berurutan untuk menjaga atau memperbaiki fasilitas yang ada sehingga sesuai dengan standar fungsional dan kualitas.

Menurut M.S Sehwarat dan J. S Narang, (2018:11) dalam buku yang berjudul *Productions Management*. Nai Sarak : Dhanpapat RAI Co bahwa perawatan adalah sebuah pekerjaan yang dilakukan secara berurutan untuk menjaga atau memperbaiki fasilitas yang ada sehingga sesuai dengan standar (sesuai dengan standar fungsional dan kualitas).

Dari definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa kegiatan Perawatan dilakukan untuk merawat ataupun memperbaiki peralatan agar dapat melakukan kegiatan operasional dengan efektif dan efisien sesuai dengan yang diharapkan.

###### **b. Jenis-Jenis Perawatan**

Menurut A Daryus (2018:35) dalam buku yang berjudul *Manajemen Pemeliharaan Mesin*. Jakarta : Universitas Darma menyatakan bahwa jenis-jenis perawatan sebagai berikut:



1) Pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*)

Pemeliharaan pencegahan adalah pemeliharaan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan, atau cara pemeliharaan yang direncanakan untuk pencegahan.

2) Pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*)

Pemeliharaan korektif adalah pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi fasilitas / peralatan sehingga mencapai standar yang dapat di terima. Dalam perbaikan dapat dilakukan peningkatan-peningkatan sedemikian rupa, seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan agar peralatan menjadi lebih baik.

3) Pemeliharaan berjalan (*running maintenance*)

Pemeliharaan berjalan dilakukan ketika fasilitas atau peralatan dalam keadaan bekerja. Pemeliharaan berjalan diterapkan pada peralatan-peralatan yang harus beroperasi terus dalam melayani proses produksi.

4) Pemeliharaan prediktif (*predictive maintenance*)

Pemeliharaan prediktif ini dilakukan untuk mengetahui terjadinya perubahan atau kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi dari system peralatan. Biasanya pemeliharaan prediktif dilakukan dengan bantuan panca indra atau alat-alat monitor yang canggih.

5) Pemeliharaan setelah terjadi kerusakan (*breakdown maintenance*)

Pekerjaan pemeliharaan ini dilakukan ketika terjadinya kerusakan pada peralatan dan untuk memperbaikinya harus disiapkan suku cadang, alat - alat dan tenaga kerjanya.

6) Perbaikan Darurat (*emergency maintenance*)

Perbaikan darurat adalah pekerjaan pemeliharaan yang harus segera dilakukan karena terjadi kerusakan yang tidak terduga.

7) Pemeliharaan berhenti (*shutdown maintenance*)

Pemeliharaan berhenti adalah pemeliharaan yang hanya dilakukan selama mesin tersebut berhenti beroperasi.

8) Pemeliharaan rutin (*routine maintenance*)

Pemeliharaan rutin adalah pemeliharaan yang dilaksanakan secara rutin atau terus-menerus.

**c. Perawatan Terencana / *Planned Maintenance System (PMS)***

Menurut Jusak Johan Handoyo (2019:1) dalam buku yang berjudul *Sistim Perawatan Permesinan Kapal*, Jakarta : Djangkar bahwa perawatan terencana (PMS) adalah sistem perawatan yang dilakukan secara terencana untuk perawatan pesawat-pesawat permesinan dan peralatan lainnya di kapal secara terencana dan berkesinambungan, menurut petunjuk maker masing-masing agar dapat menghindari terjadinya kerusakan (*breakdown*) yang dapat menghambat kelancaran operasional kapal.

1) Yang dimaksud dengan perawatan terencana / *Planned Maintenance System (PMS)* seperti :

- a) Perawatan setiap hari (*daily maintenance*)
- b) Perawatan setiap minggu (*weekly maintenance*)
- c) Perawatan setiap bulan (*monthly maintenance*)
- d) Perawatan setiap 6 bulan (*semi annual maintenance*)
- e) Perawatan tahunan/*dock* (*annually maintenance*)

2) Keuntungan perawatan terencana yang dilaksanakan dengan baik dan benar, antara lain :

- a) Memperpanjang waktu kerja (*lifetime*) unit pesawat penggerak utama atau mesin induk dan pesawat bantu seperti pompa pendingin air laut.
- b) Kondisi material pada pesawat penggerak utama atau mesin induk dapat dipantau setiap saat oleh setiap pengawas atau personil di darat, hanya dengan melihat laporan administrasi perawatan.

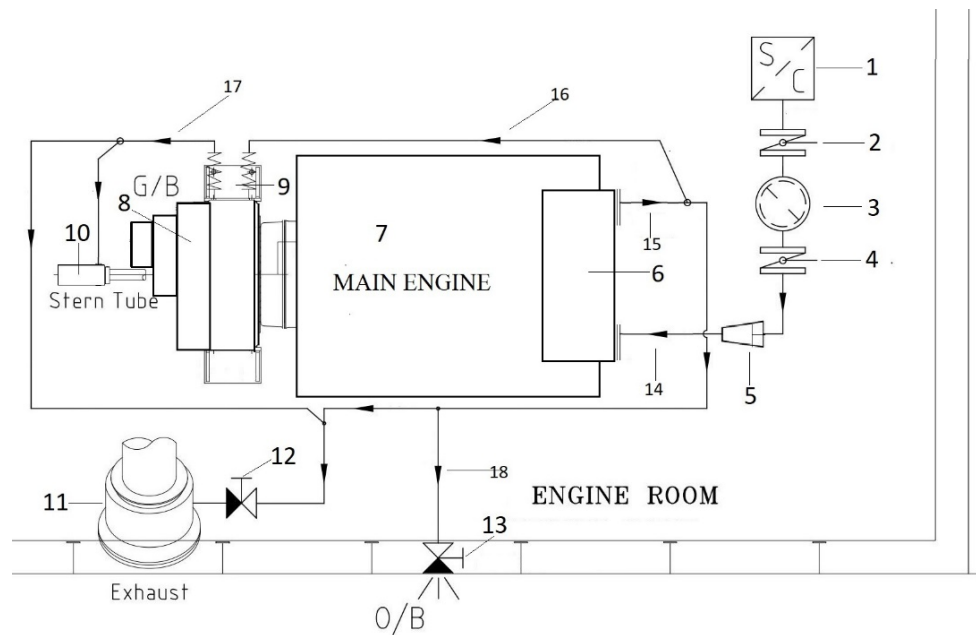
- c) Dengan tersedianya suku cadang yang cukup, maka pada saat ada perawatan dan perbaikan tidak kehilangan waktu operasional (*downtime*).
  - d) Operasi kapal lancar dengan memberikan rasa aman dan tenang pikiran, kepada semua personil kapal dan manajemen darat bahwa mesin induk dan permesinan lainnya bekerja secara optimal, normal dan terkontrol dengan benar.
  - e) Walaupun biaya perawatan sangat besar, namun semuanya itu dapat diperhitungkan (*accountable*) sesuai dengan anggaran biayaa perawatan, paling sedikit ada penghematan biaya.
- 3) Untuk memudahkan pelaksanaan perawatan, maka kegiatan perawatan yang dilakukan sebaiknya berdasarkan:
- a) Sistem perintah kerja atau *work order system* merupakan kegiatan Perawatan yang dilaksanakan berdasarkan pesanan dari kepala kerja pada bagian mesin. *Work order* atau perintah kerja memuat tentang:
    - (1) Apa yang harus dikerjakan.
    - (2) Siapa yang mengerjakan dan bertanggung jawab.
    - (3) Alat-alat yang dibutuhkan serta macamnya.
    - (4) Suku cadang yang dibutuhkan.
    - (5) Waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan pekerjaan perawatan tersebut dan kapan waktu penyelesaiannya.
  - b) *Checklist system* merupakan daftar atau *schedule* yang telah dibuat untuk melakukan kegiatan perawatan dengan cara pemeriksaan terhadap setiap mesin secara berkala.
  - c) Rencana kerja bulanan (*monthly maintenance*) atau 3 bulanan (*quarterly maintenance*), yaitu kegiatan maintenance yang dilaksanakan berdasarkan pengalaman atau berdasarkan catatan

sejarah mesin, misalnya kapan suatu mesin harus dirawat atau diperbaiki.

## 2. Sistem Pendingin

### a. Sistem Pendingin Di Atas Kapal

Sistem pendingin mesin induk di atas kapal MT. XIANG SHUN dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini:



Gambar 2.1 Diagram sistem pendingin tertutup

Keterangan Gambar 2.1:

#### 1) Sea chest

Suatu perangkat yang berhubungan dengan air laut yang menempel pada sisi dalam dari pelat kulit kapal.

#### 2) Butterfly valve inlet strainer

Kran air masuk ke saringan *sea chest*.

#### 3) Sea chest strainer

Saringan yang berfungsi untuk menyaring kotoran yang masuk pada saat proses menghisap air laut, agar tidak masuk ke dalam jalur pompa.

4) Butterfly valve outlet strainer

Kran air keluar dari saringan *sea chest*.

5) Sea water pump

Pompa yang berfungsi untuk memompa air laut menuju ke *heat exchanger*.

6) Heat Exchanger

Suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin.

7) Main Engine

Mesin induk adalah tenaga penggerak utama yang berfungsi untuk merubah tenaga mekanik menjadi tenaga pendorong bagi propeller kapal.

8) Gear Box

Sebuah komponen yang berperan penting untuk sistem transmisi.

9) Gear Box L.O Cooler

Alat ini yang berfungsi mendinginkan minyak pelumas yang telah menyerap panas dari dalam *gear box* dengan menggunakan air laut.

10) Stern Tube

Tabung poros baling - baling ialah pipa yang dilalui oleh poros baling - baling.

11) Exhaust Mixer

Saluran gas buang yang dirancang untuk mencampur air pendingin dengan benar ke dalam gas buang mesin setelah manifold untuk melindungi saluran pipa gas buang dari suhu ekstra tinggi.

12) Overboard valve

Kran air pembuangan dari mesin induk dan gearbox ke exhaust mixer.

13) Overboard valve

Kran air pembuangan dari mesin induk keluar badan kapal.

14) Pipe line

Saluran air laut pendingin dari *sea water pump* ke *heat exchanger*.

15) Pipe line

Saluran air laut pendingin dari *heat exchanger*.

16) Pipe line

Saluran air laut pendingin ke pendingin minyak pelumas *gear box*.

17) Pipe line

Saluran air laut pendingin dari pendingin *gear box* ke *stern tube* dan *overboard valve*.

18) Pipe line

Saluran air laut pendingin dari *heat exchanger* ke *overboard valve*.

**b. Peralatan Penunjang Sistem Pendingin**

Menurut Jusak Johan Handoyo (2019:38) dalam buku yang berjudul *Mesin Diesel Pengerak Utama Kapal*, Jakarta : Djangkar bahwa beberapa komponen yang sering dipakai dalam sistem pendinginan tidak langsung (pendinginan tertutup) diantaranya sebagai berikut:

1) *Sea chest*, hubungan ke laut

Berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Vol.III tahun 2002 sec.11.1 dinyatakan bahwa sekurang-kurangnya 2 *sea chest* harus ada. Bilamana mungkin *sea chest* diletakkan serendah mungkin pada masing-masing sisi kapal. Untuk daerah pelayaran yang dangkal, disarankan bahwa harus terdapat sisi pengisapan air laut yang lebih tinggi, untuk mencegah terhisapnya lumpur atau pasir yang ada di perairan dangkal tersebut.

2) Katup

Katup *sea chest* dipasang sedemikian hingga sehingga dapat dioperasikan dari atas pelat lantai (*floor plates*). Pipa tekan untuk sistem pendingin air laut dipasang suatu katup *shut off* pada *shell plating*.

3) *Strainer*

Sisi hisap pompa air laut dipasang *strainer*. *Strainer* tersebut dapat dibersihkan selama pompa tidak beroperasi. Bilamana air pendingin disedot oleh pompa yang dipasang dengan penyaringnya, maka pemasangan *strainer* dapat diabaikan.

4) Pompa pendingin air laut

Pompa air laut berfungsi untuk menghisap air laut dan menekan air ke dalam sistem, selanjutnya disirkulasikan agar dapat melakukan pendinginan. Adapun pompa pendingin dikapal MT. XIANG SHUN menggunakan pompa pendingin air laut jenis sentrifugal, yang digerakkan motor listrik (*Electro Motor*), sehingga poros pompa akan berputar dengan arah yang sama.

5) Pipa air pendingin

Saluran air pendingin biasanya menggunakan pipa yang terbuat dari baja, dan bagian di dalamnya digalvanisasi. pipa ini dilalui air pendingin, dimana aliran dan kecepatan sesuai dengan luas penampang pipa untuk kebutuhan pendinginan.

6) Pendingin Minyak Lumas

Minyak pelumas adalah suatu media yang berfungsi untuk mendinginkan bagian-bagian mesin yang bergesekan dan bersirkulasi di dalam sistem pelumasan di dalam motor. Tempat pertukaran panas menggunakan jenis *honeycomb cooling pad* dan tabung (*shell and tube*) untuk pertukaran panas dengan air sebagai media pendingin dimana di dalamnya terdapat pipa-pipa tembaga yang dialiri air laut sebagai media pendinginnya, sedangkan di sekeliling pipa-pipa mengalir minyak pelumas yang didinginkan.

7) Pendingin air tawar

Alat ini berfungsi mendinginkan air tawar pendingin yang telah menyerap panas dari dalam mesin dengan menggunakan media air laut. Di kapal tempat penulis bekerja jenis penukar kalornya menggunakan jenis *heat exchanger type honeycomb cooling plate*.

Pada jenis ini air laut mengalir di dalam sela-sela plat yang akan menyerap panas pada air tawar pendingin, dimana prosesnya mengalir secara bersebrangan di dalam sekat plat tersebut.

8) Tangki ekspansi

Tangki ekspansi berfungsi sebagai tangki penampungan air tawar dan untuk menambah bila ada kekurangan di dalam sistem. Tangki ini ditempatkan pada tempat yang lebih tinggi dari saluran pipa. Sehingga bisa memelihara tekanan konstan dalam sistem dan mencegah adanya udara atau uap didalamnya dan ukurannya tergantung pada kapasitas air. Juga sistem keseluruhan, termasuk ruang air dalam ruang pendingin motor induk.

9) Pompa sirkulasi air tawar

Pompa ini berfungsi untuk mensirkulasikan air pendingin di dalam sistem, atau suatu pesawat yang bisa memindahkan cairan dari suatu tempat ketempat lain berdasarkan perbedaan tekanan. Sebagian besar mesin diesel menggunakan pompa sentrifugal untuk sirkulasi air tawar pendingin pada motor induk diatas kapal, dimana pompa tersebut digerakkan dengan motor listrik.

10) Pengukur suhu

Alat ini berfungsi untuk mengukur suhu air pendingin yang masuk dan keluar dari motor induk. Umumnya suhu air pendingin diukur dengan *thermocouple* untuk (*electric system*) dan thermometer jenis - jenis air raksa gelas biasa yang dibungkus dengan plat logam untuk melindungi kaca agar tidak mudah pecah.

**c. Fungsi Sistem Pendingin Pada Mesin Induk**

Menurut Jusak Johan Handoyo (2019:67) dalam buku *Mesin Diesel Pengerak Utama Kapal*, Jakarta : Djankar bahwa fungsi air pendingin adalah untuk mendinginkan mesin agar kondisi mesin selalu optimal, dan dapat bekerja pada temperatur yang normal setelah motor dijalankan. Sistem pendinginan motor menggunakan prinsip pemindahan panas secara konduksi dari metal disekeliling *cylinder*, dari katup dan kepala silinder



menuju cairan pendingin. Permukaan logam dengan cairan pendingin terjadi perpindahan panas secara konveksi dan didalam cairan pendingin terjadi sentuhan dan perpindahan panas, sehingga air menjadi panas dalam kantong-kantong air pendingin. Untuk mencapai temperatur yang aman dari komponen tersebut perlu sistem pendinginan yang dapat mengambil panas dari sekeliling ataupun dari dalam komponen itu. Fungsi air pendingin yaitu untuk menyerap panas yang terjadi pada motor akibat dari pembakaran bahan bakar didalam ruang pembakaran untuk menghasilkan tenaga pada mesin diesel.

### **3. *Heat Exchanger***

#### **a. Definisi *Heat Exchanger***

Menurut Sumantry (2020:12) dalam artikel yang berjudul *Plate Heat Exchanger* menyatakan bahwa *heat exchanger* merupakan suatu sistem pemindah panas yang sering dipakai pada bidang industri. Sistem ini menggunakan *plate* yang permukaan-nya relatif luas untuk memindahkan panas, hal ini menjadikan *Plate heat exchanger* merupakan sistem heat transfer yang paling efisien dan efektif.

Dalam suatu sistem *heat exchanger*, terdapat 3 komponen utama yaitu:

- 1) Frame berfungsi sebagai penyangga unit *plate heat exchanger*. Frame terletak di tepi unit *plate heat exchanger* yang mana akan mengapit susunan *plate* di dalamnya. Material frame biasanya adalah carbon steel yang dilapisi lapisan antikorosi. Untuk aplikasi yang ketat, misalnya pada proses pengolahan obat-obatan, dan pada industri susu atau minuman ringan, maka material stainless steel digunakan. Stainless steel dengan lapisan clad (tahan karat) sangat cocok digunakan pada lingkungan yang cenderung korosif.
- 2) *Plate* berfungsi sebagai tempat mengalirnya fluida panas dan fluida dingin. Bentuk dan pola dari *plate* sangat menentukan proses perpindahan panas yang terjadi. Setiap *plate* dibentuk dengan menatah/membuat cekungan sehingga terbentuk pola yang bergelombang pada permukaannya. Pola yang bergelombang

(*corrugated pattern*) ini menyebabkan jalur aliran yang berdekatan, berliku-liku, yang dapat meningkatkan perpindahan panas dan mengurangi endapan/fouling yang terjadi dengan meningkatnya tegangan geser dan turbulensi aliran. Pola yang bergelombang ini juga menghasilkan luas permukaan efektif meningkat karena banyaknya kontak yang terjadi antara fluida dan permukaan *plate* yang dapat mempertahankan beda tekanan yang terjadi antar*plate* yang berdekatan.

- 3) *Seal* atau gasket pada *plate heat exchanger* berfungsi untuk mencegah aliran fluida agar tidak bocor/merembes keluar dari sistem dan tercampurnya fluida dalam sistem saat terjadi aliran (beroperasi). Dari semua komponen yang ada pada unit *plate heat exchanger*, *seal* atau gasket merupakan komponen yang paling sering diganti, karena setiap pembongkaran *plate heat exchanger* sebagian besar *seal* sudah tidak dapat digunakan lagi karena mengalami deformasi bentuk (gepeng). Material gasket harus memiliki ketahanan terhadap fluida yang kontak dan temperatur kerja *seal*, supaya dapat digunakan dalam periode waktu yang relatif lama.

#### **b. Cara Kerja *Heat Exchanger***

Menurut Sumantry (2020:14) dalam artikel yang berjudul *Plate Heat Exchanger* menyatakan bahwa alat penukar panas tipe *plate* ini tersusun atas susunan *plate* yang ditekan dimana *plate* mempunyai profil bergerigi dibagian tengahnya dan mempunyai lubang disetiap sudutnya. *Plate* mempunyai fungsi sebagai jalan mengalirnya fluida tetapi juga sebagai media perpindahan panas. Adapaun cara kerja *heat exchanger* yaitu :

- 1) Fluida akan masuk melalui lubang dari arah yang berlawanan.
- 2) Fluida yang mengalir pada alat ini adalah air laut dan *water coolant*.
- 3) Air laut akan mengalir dari arah bawah menuju ke atas kemudian *water coolant* akan mengalir dari arah atas menuju ke bawah.

- 4) *Plate* disusun dengan pola yang berbeda disetiap barisnya. Dimana apabila *plate* nomer 1 disusun dengan pola naik kemudian *plate* 2 akan disusun dengan pola turun dan begitu seterusnya.
- 5) Fluida yang mengalir melalui *plate* hanya tinggal mengikuti pola yang terdapat pada *plate*. Pompa bertekanan berfungsi mengalirkan fluida masuk ke dalam *plate*.

Untuk mengetahui tentang prinsip kerja dari *plate heat exchanger* dapat melihat pada lampiran 8 bahwa :

- a) Terdapat plat stainless steel yang ditumpuk secara berlapis - lapis.
- b) Pada plat tersebut terdapat dua jalur fluida yaitu untuk fluida panas dan fluida dingin.
- c) Fluida adalah suatu zat yang dapat mengalir entah itu berbentuk gas atau cairan.
- d) Fluida yang digunakan bisa sejenis atau tidak sejenis yaitu air - air atau minyak - air.
- e) Terlihat pada gambar bahwa plat stainless steel tersebut digunakan sebagai tempat perpindahan kalor antar dua fluida yang berbeda suhunya.
- f) Hal tersebut membuat dua fluida tersebut akan saling menyesuaikan suhunya dimana fluida dingin akan menjadi hangat dan fluida panas akan menjadi lebih dingin.

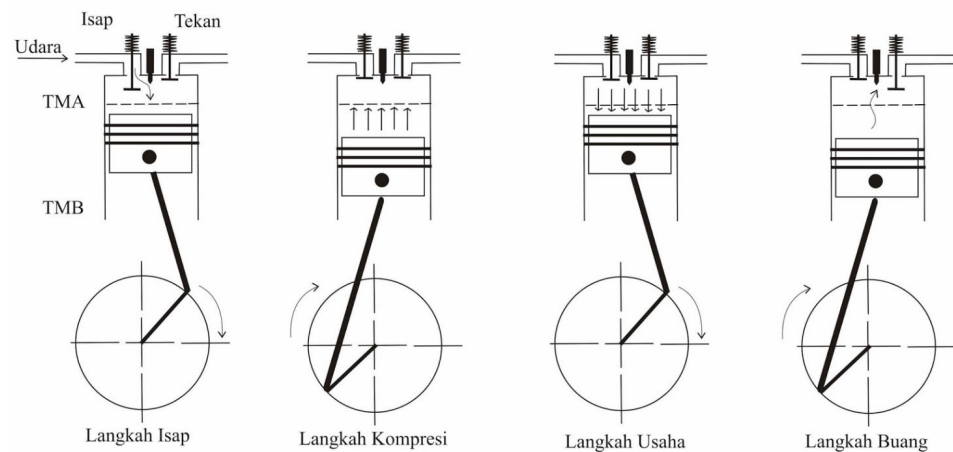
#### 4. Mesin Induk

##### a. Definisi Mesin Induk

Mesin induk di atas MT. XIANG SHUN yaitu menggunakan mesin diesel. Menurut Jusak Johan Handoyo, (2019:34), dalam buku *Mesin Diesel Pengerak Utama Kapal*, Jakarta : Djangkar menyatakan bahwa Mesin diesel adalah satu pesawat yang mengubah energi potensial panas langsung menjadi energi mekanik, atau juga disebut *combustion engine system*. Pembakaran (*combustion engine*) dibagi dua yaitu:

- 1) Mesin pembakaran dalam (*internal combustion*) adalah pesawat tenaga, yang pembakarannya dilaksanakan di dalam pesawat itu sendiri. Contoh: mesin diesel, mesin bensin, turbin gas, ketel uap dan lain lainnya.
- 2) Mesin pembakar luar (*external combustion*) adalah pesawat tenaga, dimana pembakarannya dilaksanakan di luar pesawat itu sendiri. Contoh: turbin uap, mesin uap.

#### b. Cara Kerja Mesin Induk 4 Tak



Gambar 2.2 Cara Kerja Mesin Induk 4 Tak

Menurut Jusak Johan Handoyo (2019:47) dalam bukunya yang berjudul *Mesin Diesel Pengerak Utama Kapal*, Jakarta : Djangkar, cara kerja mesin induk 4 tak dapat diuraikan sebagai berikut:

##### 1) Langkah hisap

Pada langkah hisap, udara dimasukkan ke dalam silinder. Torak (*piston*) membentuk kevakuman didalam silinder seperti pada motor bensin. Torak bergerak dari TMA ke TMB dan langkah ini hanya katup hisap yang terbuka dan memungkinkan udara masuk ke dalam silinder dan katup tertutup selama langkah hisap ini.

## 2) Langkah kompresi

Pada langkah kompresi, torak (*piston*) bergerak dari titik mati bawah menuju titik mati atas dan pada saat langkah kompresi ini kedua katup dalam keadaan tertutup. Udara yang dihisap selama langkah hisap ditekan sampai tekanannya naik dengan temperatur sekitar 600 °C sampai 800 °C.

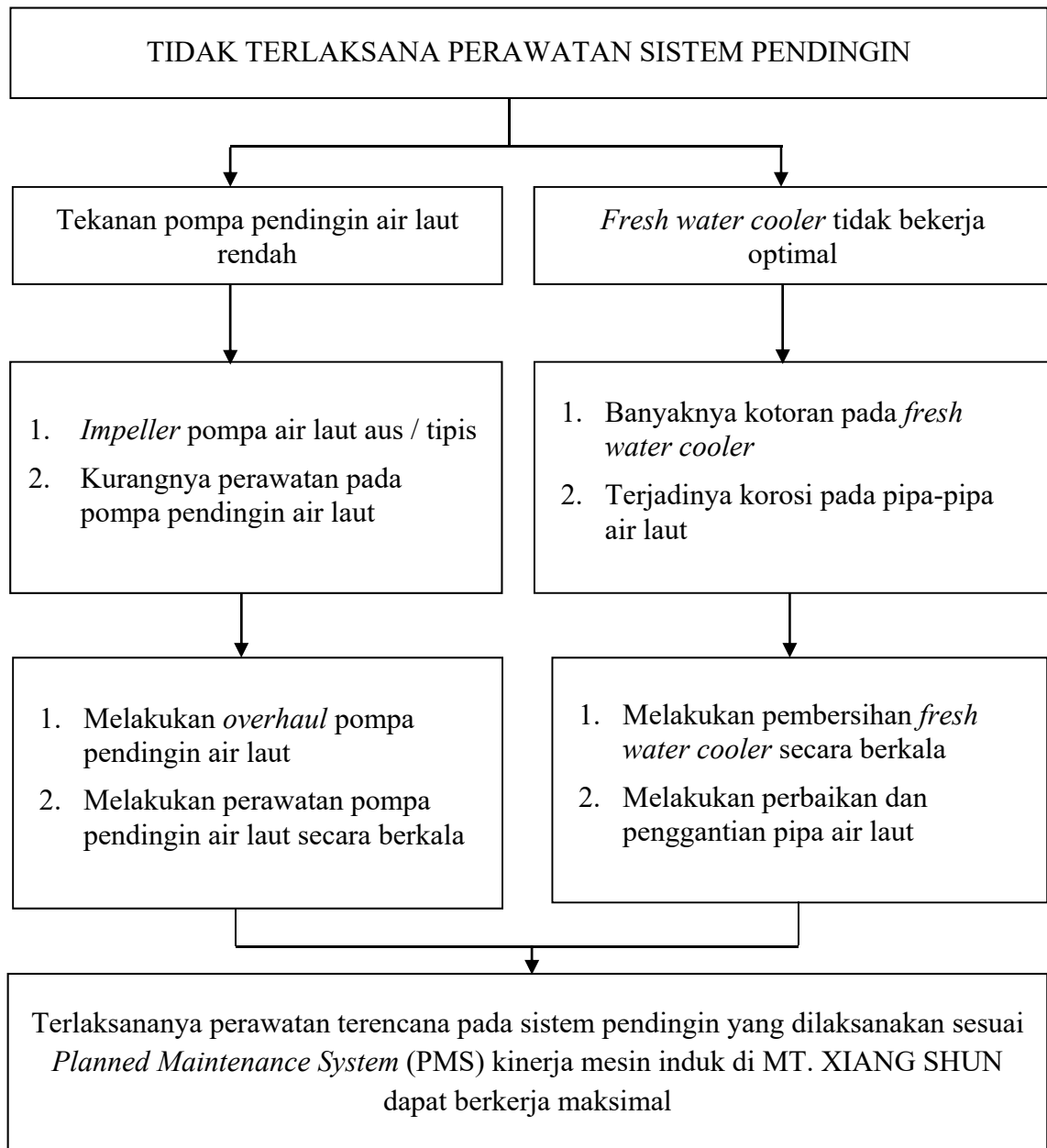
## 3) Langkah pembakaran

Pada langkah pembakaran, udara yang terdapat di dalam silinder didorong oleh torak (*piston*) ke dalam ruang bakar yang terdapat di bagian atas masing-masing silinder, pada saat akhir langkah pembakaran *nozzle* menyemprotkan bahan bakar dan kemudian campuran bahan bakar dan udara selanjutnya terbakar oleh panas yang dibangkitkan oleh tekanan energi pembakaran mengekspansikan gas dengan sangat cepat dan torak (*piston*) terdorong ke bawah. Gaya yang mendorong torak (*piston*) ke bawah diteruskan ke batang torak (*connecting road*) kemudian diteruskan ke poros engkol (*crankshaft*) dan mengubah dari gerak translasi lurus bolak-balik menjadi gerak putar (*rotasi*) untuk memberi tenaga pada mesin.

## 4) Langkah buang

Pada langkah buang, torak (*piston*) dari titik mati bawah menuju titik mati atas. Pada langkah buang ini hanya katup buang yang terbuka dan gas pembakaran dikeluarkan melalui katup buang. Gas akan terbuang habis pada saat torak (*piston*) mencapai titik mati atas, setelah proses langkah buang dimulai langkah hisap, begitu seterusnya. Proses ini terjadi berulang-ulang. Selama mesin menyelesaikan empat langkah (langkah hisap, kompresi, pembakaran, buang) poros engkol (*crank shaft*) berputar dua kali dan menghasilkan satu kali pembakaran (tenaga), atau juga disebut motor diesel empat langkah.

## B. KERANGKA PEMIKIRAN



Gambar 2.3 Kerangka Pemikiran

## BAB III

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### A. DESKRIPSI DATA

Fakta-fakta yang penulis temui selama bekerja di atas MT. XIANG SHUN sebagai *Chief Engineer* sejak 11 Januari 2022 sampai 19 Maret 2022, khususnya yang berhubungan dengan sistem pendingin diantaranya sebagai berikut:

##### 1. Tekanan Pompa Pendingin Air Laut Rendah

Pada 01 Februari 2022 terjadi gangguan pada pompa pendingin air laut (*sea water cooling pump*), dimana tiba-tiba tekanan pompa air laut pendingin yang masuk ke *cooler* turun di bawah tekanan  $0.8 \text{ kg/cm}^2$  dari batas normalnya  $1,0 \text{ kg/cm}^2$  sampai  $2,0 \text{ kg/cm}^2$ .



Gambar 3.1 Sea water pump rusak

Untuk mengatasi masalah tersebut maka masinis jaga melakukan pemeriksaan pada saringan air laut yaitu saringan hisap sebelum pompa air laut, ternyata ditemukan banyak kotoran didalam saringan air laut tersebut sehingga

dilakukan pembersihan saringan. Hal ini sering terjadi karena daerah operasi kapal yang dangkal sehingga saringan induk air laut atau *sea chest* cepat kotor sehingga banyak kotoran dan lumpur yang terisap oleh pompa. Kotoran dan lumpur tersebut menutupi sudu sudu *impeller* dan sebagian masuk ke pipa pipa pendingin dan *fresh water cooler* sehingga penyerapan panas berkurang.

Pompa air laut di atas kapal MT. XIANG SHUN ada 3 (tiga) buah yaitu *main engine sea water cooling pump* untuk tiap-tiap mesin induk, pompa air laut *general service pump (G.S Pump)*. Faktor ketidakseimbangan dari kedua sistem pendingin air laut dan air tawar pada saat penyerapan panas oleh mesin penggerak utama, akan mengakibatkan peningkatan temperatur pada sistem pendinginan.

## 2. *Fresh water cooler* kotor sehingga tidak bekerja maksimal

Pada tanggal 01 Februari 2022 tiba-tiba alarm *cooling water high temperature* berbunyi. Temperatur sistem pendingin naik hingga mencapai  $90^{\circ}\text{C}$ , normalnya  $80^{\circ}\text{C}$ . Masinis Jaga memeriksa secara visual pada *VMS Monitor* yang berada di *engine control room* bahwa telah terjadi *high temperature* atau *overheating*. Dan juga memeriksa pada *thermometer* yang ada pada mesin artinya temperatur air pendingin pada silinder terlalu panas dan harus dikurangi putaran saat ini (tindakan sementara). Kemudian putaran mesin induk diturunkan.



Gambar 3.2 *Fresh water cooler*



Kemudian dilakukan pemeriksaan secara manual melalui pengambilan temperatur dengan memakai *temperature scanner portable* untuk memastikan bahwa sensor untuk yang ada pada mesin induk berfungsi dengan baik dan diketahuilah bahwa temperatur sudah mencapai 90<sup>0</sup>C. Bila kita lihat buku harian kapal temperatur normal mesin pada saat putaran penuh hanya 80 <sup>0</sup>C. Apabila keadaan ini tidak dilakukan tindakan maka temperatur akan bertambah tinggi secara bertahap dan akan mengakibatkan berhentinya Mesin Iduk secara *automatic*. Apabila kejadian seperti ini terjadi maka akan mempengaruhi efesiensi operasional kapal, dimana terjadi keterlambatan operasional sampai beberapa jam. Hal ini mengakibatkan pihak kantor / perusahaan mendapatkan teguran dari pihak pencharter.

Di bawah ini penulis juga menambahkan data-data daripada *fresh water cooler* sesuai yang ada pada *name plate* sebagai berikut:

<i>Type</i>	: M10 - MFM
<i>Serial Number</i>	: 30105 - 46729
<i>Fluid Grup</i>	: 2
<i>Volume</i>	: 10,5 Ltrs
<i>Design Pressure</i>	: 0 - 8.0 bar
<i>Design Temperature</i>	: 0 - 95 <sup>0</sup> C
<i>Test Pressure</i>	: 12,0 bar
<i>Manufacturer</i>	: Alfa Laval Lund AB Sweden

## **B. ANALISIS DATA**

Melalui pengkajian, penyebab dan penentuan sasaran dapat dilakukan dengan cara sistematis yaitu dengan mengkaji hubungan sebab akibat antara masalah yang dihadapi dengan penyebab timbulnya masalah.

### **1. Tekanan Pompa Pendingin Air Laut Rendah**

Hal ini disebabkan oleh :

#### **a. *Impeller* Pompa Air Laut Aus / Tipis**

Banyak faktor yang menyebabkan kinerja pompa pendingin air laut tidak optimal, seperti terjadinya kerusakan pada *impeller* sebagaimana kejadian

di atas dan akan dijelaskan pada poin kedua. Kerusakan yang terjadi pada pompa pendingin air laut pada umumnya disebabkan kurangnya perawatan pada pompa tersebut. Perawatan terencana terhadap pompa pendingin air laut tersebut kurang diperhatikan / tidak dilaksanakan sesuai *Planned Maintenance System* (PMS) karena jadwal operasional kapal yang sangat padat. Dengan tidak dilakukannya perawatan secara berkala maka kinerja pompa pendingin air laut menurun.



Gambar 3.3 Impeller pompa air laut rusak

*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 keretakan pada kedudukan *impeller* hingga patah. Kebanyakan kerusakan tersebut diakibatkan dari getaran (*Vibration*) dan tidak seimbangya putaran *impeller* pada pompa atau jam kerja pompa sudah melampaui batas yang ditentukan.

Penulis pernah mengalami pada saat pompa dijalankan terdapat bunyi dan putaran yang tidak normal, setelah dicek ternyata sumber dari suara dan getaran tersebut adalah diakibatkan *impeller* terkikis karna gesekan dengan housing *impeller*. Akibat dari kerja *impeller* pada pompa yang dapat mengakibatkan getaran pada pompa sehingga mengakibatkan bagian dari pompa menjadi ikut terpengaruh oleh getaran tersebut, sehingga pompa

tidak dapat bekerja secara optimal dan menyebabkan tekanan dari pompa menurun.

Zat cair yang telah masuk kedalam ruang *impeller* akan ditekan keluar oleh pompa dengan tenaga penggerak motor listrik disini zat cair akan ditekan keluar oleh *impeller* akibat gaya sentrifugal dengan dihubungkan satu poros dengan motor listrik melalui saluran keluar yang berbentuk *konis*. Permulaan dari rumah keong adalah bagian yang sempit, kemudian melebar semakin jauh semakin lebar dan akhirnya keluar dari bagian ini adalah bagian yang paling lebar dan cairan itu akan bergerak dan menuju kearah keluar menuju *cooler*.

Pada *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.

#### **b. Kurangnya Perawatan Pada Pompa Pendingin Air Laut**

Banyak faktor yang menyebabkan kinerja pompa pendingin air laut tidak optimal, seperti terjadinya kerusakan pada *impeller* sebagaimana kejadian di atas dan akan dijelaskan pada poin kedua. Kerusakan yang terjadi pada pompa pendingin air laut pada umumnya disebabkan kurangnya perawatan pada pompa tersebut. Perawatan terencana terhadap pompa pendingin air laut tersebut kurang diperhatikan / tidak dilaksanakan sesuai *Planned Maintenance System (PMS)* karena jadwal operasional kapal yang sangat padat. Dengan tidak dilakukannya perawatan secara berkala maka kinerja pompa pendingin air laut menurun.

Selain padatnya jadwal operasional kapal, faktor penyebab perawatan terhadap pompa pendingin air laut tidak dilaksanakan sesuai *Planned Maintenance System (PMS)* yaitu tidak tersedianya suku cadang yang dibutuhkan di atas kapal, seperti suku cadang *impeller*, *bearing*, *mechanical seal* dan suku cadang pompa lainnya. Di kapal tempat penulis bekerja, suku cadang untuk pompa pendingin air laut tidak tersedia sesuai kebutuhan, dikarenakan pengiriman suku cadang yang terlambat. Hal ini

mengakibatkan perawatan pompa pendingin air laut menjadi terkendala, dan dapat mengakibatkan terganggunya operasi kapal serta menimbulkan kerusakan-kerusakan di dalam mesin induk.

Pompa air laut berfungsi untuk menghisap air laut dan menekan air kedalam sistem, selanjutnya disirkulasikan agar dapat melakukan pendinginan. Pada umumnya pompa pendingin dikapal 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.

## **2. *Fresh Water Cooler* Tidak Bekerja Optimal**

Hal ini disebabkan oleh :

### **a. Banyaknya Kotoran pada *Fresh Water Cooler***

*Fresh water cooler* merupakan suatu pesawat yang berfungsi menurunkan suhu tanpa merubah *fase* dari yang didinginkan, misalnya jika yang masuk *fase* air laut maka yang keluar *fase* air laut, yang mana gunanya untuk menyerap panas yang terkandung di dalam air pendingin yang keluar dari mesin induk dan masuk mesin induk. Apabila di dalam *cooler* terdapat kotoran seperti adanya kerak yang di akibatkan oleh air laut, atau kotoran yang menyumbat saluran, maka akan mengakibatkan penyerapan panas terhadap air tawar akan berkurang sehingga temperatur air tawar yang keluar dari *cooler* tersebut tetap tinggi. Maka hal ini menyebabkan proses pendinginan tidak optimal.

*Fresh water cooler* merupakan bagian yang penting dalam hal untuk pendinginan air tawar pendingin karena sesuai dengan fungsinya yaitu menurunkan suhu. Pendingin dari sistem pendingin mesin induk dan peralatannya dipasang untuk menjamin bahwa temperatur air pendingin yang telah ditentukan dapat diperoleh pendinginan yang optimal. Instalasi pipa pendingin dilengkapi dengan jalur *by-pass* yang berfungsi sebagai pengatur pendingin air bila mana terjadi gangguan pada bekerjanya *cooler* untuk menjaga sistem pendingin mesin induk.



Gambar 3.4 Inlet ke *heat exchanger* banyak tersumbat oleh kerang

Pada ujung saluran pipa air tawar sebelum masuk *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 kontrol suhu pada air pendingin. Apabila kotoran yang ada di dalam *cooler* tidak dibersihkan akan menyebabkan terhambatnya aliran pendingin yang masuk, sehingga mengakibatkan tidak maksimalnya sirkulasi pendingin.

#### **b. Terjadinya Korosi pada Pipa-Pipa Air Laut**

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 dan metalurgi.



Gambar 3.5 Pipa air laut banyak tersumbat teritip

Pada analisa ini secara garis besarnya atau umum yang dikenal mengenai korosi yaitu dimana terjadi peristiwa kerusakan 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 yang bersentuhan dengan elektrolit dengan intensitas sama.
- 2) *Erosion corrosion* yaitu korosi yang ditimbulkan gerakan cairan atau paduan antara bahan kimia yang terkandung pada air laut dan gesekan mekanis fluida.
- 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* merupakan korosi yang terlokalisir pada suatu atau beberapa titik dan mengakibatkan lubang kecil yang dalam.



Gambar 3.6 Kebocoran pipa pendingin air laut

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. Ini terjadi 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.

## C. PEMECAHAN MASALAH

Berdasarkan analisis data di atas, penulis dapat menemukan pemecahan dari masing-masing masalah yang terjadi sebagai berikut :

### 1. Alternatif Pemecahan Masalah

#### a. Tekanan Pompa Pendingin Air Laut Rendah

Alternatif pemecahan masalahnya sbb :

##### 1) Melakukan *Overhaul* Pompa Pendingin Air Laut

Di atas kapal terdapat pompa sirkulasi air tawar yaitu pompa sirkulasi air tawar yang dihubungkan dengan mesin induk (*attached pump*), *auxiliary lt cooling pump* dan *sea water cooling pump*. Dan untuk *Sea water cooling pump* ada 2 (dua) buah dengan kapasitas sama dimana pompa satunya dijadikan *stand by pump*, yang bertujuan jika pompa yang sedang beroperasi mengalami masalah maka pompa yang *stand by* siap digunakan sewaktu waktu.

Kebocoran pada pompa sirkulasi air tawar yang dihubungkan dengan mesin induk (*attached pump*). Pompa ini dihubungkan dengan mesin induk dengan perantaraan roda gigi, sedangkan untuk *Auxiliary LT cooling pump* dan *Sea water cooling pump* digerakkan oleh *elektro motor* dengan menggunakan kopling dari poros motor dan poros pompa. Mulut isap dan mulut pompa membentuk satu bagian belahan rumah siput. Pergantian poros dan *impeller* akan diganti dengan sebuah poros dan *impeller* cadangan sangat mudah dengan melepas alat-alatnya. Pada waktu mensirkulasikan airnya pompa harus pada tekanan normal. Tekanan pompa yang normal adalah berkisar 1,0–2,0 kg/cm<sup>2</sup> berdasarkan *manual book*. Oleh karena itu perlu dilakukan perawatan dan perbaikan sebagai berikut :



### 1) Penggantian *bearing*

*Bearing* ini mempunyai peranan, karena jika *bearing* ini rusak, cepat diganti dengan yang baru, karena dapat merusak pompa serta motornya juga *impeller* gerakannya tidak stabil sehingga mengakibatkan *impeller* bergesek dengan rumah pompanya. Pada *bearing* ada sistem tertutup yang artinya sudah ada *grease* di dalamnya, sehingga tidak perlu diberi *grease* setiap bulannya.

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.

### 2) Pengecekan terhadap bahan material dari *bearing*

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 *mechanical 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.

### 3) Pengecekan *impeller*

*Impeller* yang sudah aus / tipis karena sudah melebihi jam kerja dapat menyebabkan kinerja pompa air laut tidak maksimal, oleh karena itu perlu dilakukan penggantian dengan suku cadang yang baru. Jika tekanan airnya pada sisi tekan di bawah tekanan 0,8 bar maka mesin akan terjadi suhu yang berlebihan, sehingga mesin harus diturunkan putarannya ataupun dengan menghidupkan *stand by pump*, perhatikan tekanan pada *manometer*, apabila rendah maka cepat-cepat harus diatasi karena dapat berakibat fatal pada mesin.

Apabila hasil pada saluran tekan di bawah normal, dapat dilakukan dengan memeriksa *impeller*, yaitu dengan membuka rumah siputnya pada bagian depannya saja, dengan membuka baut-bautnya. Setelah itu diamati lubang-lubang *impeller*-nya, kemudian sogok dengan memakai kawat, agar batangan-batangan kotoran dapat keluar. Perhatikan juga pada *impellernya* itu sendiri, berputar harus *center* dan apabila berputarnya tidak normal, maka poros *pen* sebagai penyebabnya. Apabila mengalami kejadian diatas perlu untuk penggantian yang baru.

Pengecekan *impeller* secara visual biasanya dilihat dari bentuk *impeller* apabila *impeller body* 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.

#### 4) Penggantian *mechanical seal*

*Mechanical seal* yang aus atau rusak harus diganti dengan suku cadang yang baru dan berkualitas agar tidak bocor kembali. Karna yang sering dijumpai di atas kapal adalah kebocoran pada *mechanical seal*. Dalam penggantian *bearing* dan *mechanical seal*, lepaskan baut pada *flange* yang mengikat pompa dengan pipa-pipa kemudian lepaskan juga baut yang mengikat pada mesin, setelah itu pompa dapat diangkat keluar dari dudukannya pada mesin induk. Setelah itu letakkan pompa pada tempat dimana pompa itu akan di perbaiki. Lepaskan baut penahan rumah pompa setelah itu baut bagian *impeller* dan *shaft* pompa serta *mechanical seal*. Setelah itu kemudian lepas mur pengikat *impeller* dan keluarkan *mechanic seal* beserta *bearing*-nya ganti dengan *spare part* yang ada dikapal lalu pasang kembali.

#### 4) Pengecekan dan pergantian poros pompa

Pada saat melakukan pengecekan poros pompa (*shaft pump*) kadang kita mendapatkan adanya permukaan besi poros tidak baik

seperti telah aus karena gesekan pada bagian bearing ataupun adanya lubang-lubang kecil karna korosi air laut pada bagian *mechanical seal* hal ini jika dibiarkan dapat merusak pompa. Pada saat penulis bekerja di atas kapal untuk mencegah hal-hal yang tidak diinginkan kami langsung melakukan penggantian poros pompa dengan suku cadang yang ada dan jika suku cadang tidak tersedia biasanya kami memasang poros yang lama sambil menunggu suku cadang yang baru.

#### 5) Penggantian *Packing*

Penyambungan untuk bagian-bagian pipa yang lurus, lengkung dan lain-lain, dilakukan dengan menggunakan *flens* kemudian di ikat dengan menggunakan mur baut. Agar pada sambungan ini air laut tidak bocor, maka di antara *flange* dipasang packing. Untuk air laut biasanya digunakan packing karet. Apabila setelah diadakan penyetelan mur, baut penekan *packing* masih juga bocor, harus diadakan penggantian *packing* dengan mengeluarkan *packing* yang lama, kemudian diganti dengan yang baru.

### 2) Melakukan Perawatan Pompa Pendingin Air Laut 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 pendingin air laut, harus dilakukan perawatan secara berkala untuk menjaga performa pompa, sehingga sistem pendingin mesin induk dapat bekerja maksimal.

Penulis pernah mengalami kejadian dimana pompa pendingin air laut sudah tidak dapat berfungsi secara maksimal. Setelah dilakukan pemeriksaan lebih lanjut dengan melihat riwayat atau laporan perawatan permesinan, ditemukan bahwa jadwal perawatan terhadap pompa pendingin air laut tidak dilaksanakan dengan baik.

Pelaksanaan perawatan atau pemeliharaan secara fisik terhadap pompa air laut beserta instalasinya, pelaksanaannya dengan menggunakan strategi perawatan yang diantaranya :

- a) 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 pompa ada benda asing, kotoran atau sampah yang masuk ke dalam pipa hisap, maka pompa akan mengalami gangguan yang serius karena itu pompa harus diperiksa sebelum dicoba dan benda-benda yang dapat mengganggu dan merusak harus disingkirkan, perhatian khusus perlu diberikan kepada pompa yang menggunakan perapat mekanis. Dalam beberapa kasus tertentu *packing* tekan harus dipakai terlebih dahulu di dalam kotak *packing* pompa dalam pelaksanaan perawatan atau pemeliharaan serta mempermudah dalam mengatasi kerusakan atau perbaikan pesawat pompa dan instalasinya dimanapun kapal berada.

(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 pipa-pipa.
- (b) Perubahan bentuk struktur bangunan dan kedudukan ketidak lurusan 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.

(4) Pemeriksaan dengan memutar poros

Poros harus dapat berputar dengan halus jika diputar dengan tangan.

(5) Pemeriksaan pipa

Semua katup *dan* pipa pendingin harus terbuka penuh, dan tekanan air pendingin harus sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan.

(6) Pemeriksaan *Non Return Valve*

*Non Return Valve* biasanya dipasang ditengah pipa hisap pada hisapan dengan dorongan air pendingin harus dipastikan dalam keadaan terbuka penuh.

(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.

(8) Penanganan katup keluar pada waktu start

Pada waktu *start*, katup sorong pada pipa keluar harus dalam keadaan tertutup penuh. Setelah pompa distart, katupnya lalu dibuka pelan-pelan dan manometer diamati terus sampai menunjukan 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.

b) Perawatan Terencana

Perawatan terencana didasarkan atas *running hours*, hal tersebut dapat dilihat dalam *manual book* dari pompa pendingin, sebagai berikut :

- a) Cek secara visual kebocoran, kekencangan baut. Dengarkan untuk suara *noise* dari bearing dan getaran setiap bulan
- b) Lumasi *mechanical seal*, *Ball bearing* dan *bearing bush* setiap 1 bulan. Cek kekencangan dari *baut coupling* setiap 3 bulan.
- c) Cek *performance* dan *power consumption*. Buka pompa untuk inspeksi setiap 2 tahun.

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. Pembacaan manometer dan ampermeter yaitu 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.

d) Penanganan pompa cadangan (GS Pump)

- (1) Pompa cadangan (*standby pump*) harus dipersiapkan untuk dapat di *start* setiap saat. Minyak pelumas, packing air pendingin dan air perapat untuk kotak *packing* harus siap dialirkan bila diperlukan. Jenis pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal.
- (2) Pompa cadangan harus dioperasikan secara *periodic* jika tidak pernah dijalankan bagian dalam pompa dapat berkarat sehingga tidak dapat berputar. Dalam hal ini pompa perlu dijalankan sedikitnya sekali sebulan atau sekali seminggu selama kurang lebih 10 menit dalam keadaan normal.

- (3) Penanganan pompa yang tidak dipakai dalam jangka waktu yang lama.

Jika pompa tidak akan dioperasikan dalam jangka waktu lama, zat cair didalam pompa harus dibuang dan pompa dikeringkan. Permukaan-permukaan pada bantalan, poros penekan *packing* dan kopling, harus dilumasi minyak atau zat untuk menahan korosi.

e) Pengelolaan

Ketentuan selanjutnya yang dipakai sebagai dasar untuk melaksanakan pemeriksaan rutin adalah menentukan bagian yang diperiksa beserta jangka waktunya. Atas dasar petunjuk ini kondisi mesin pada saat pemeriksaan dibandingkan dengan harga standar 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) *Temperature* permukaan rumah pompa pendingin dapat dirasakan dengan tangan.
- (b) Tekanan hisap dan tekanan keluar petunjuk *manometer* dan *vacuum meter* harus dibaca.
- (c) Kebocoran dari kotak *packing* diamati secara cermat.

f) Pemeriksaan getaran dan bunyi

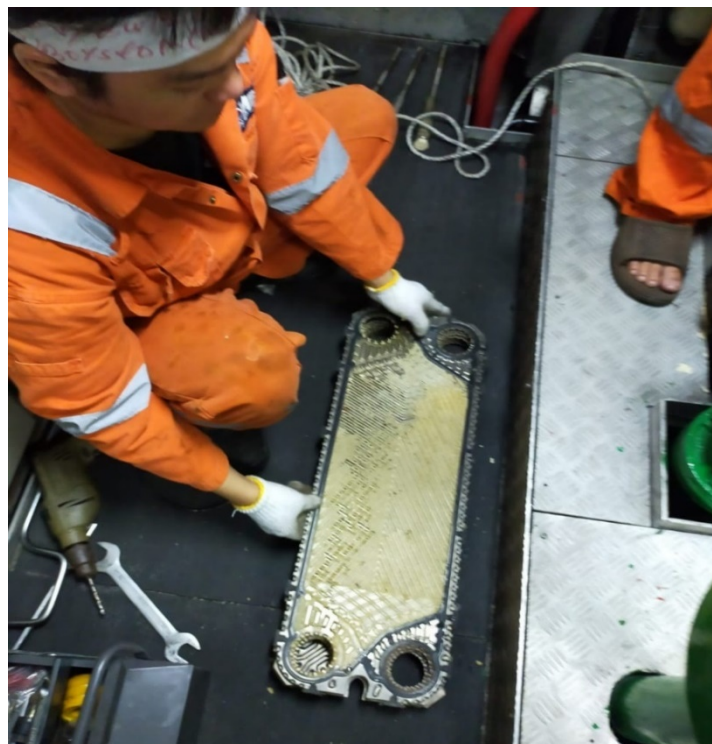
- (1) Bila tangan diletakan diatas permukaan rumah pompa pendingin, harus tidak ada getaran-getaran yang berlebihan. Untuk pengukuran yang teliti, getaran dapat diukur dengan *vibrometer* pada rumah bantalan dan pada motor. Nilai getaran yang diukur harus kurang dari 30 mm, pada 3000 rpm dan kurang dari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

**b. *Fresh Water Cooler* Tidak Bekerja Optimal**

Alternatif pemecahan masalahnya sbb :

**1) Melakukan Pembersihan *Fresh Water Cooler***

Untuk mengatasi *fresh water cooler* yang kotor atau buntu, maka perlu dilakukan pembersihan *strainer* setiap 1 bulan sedangkan untuk *sea chest* dan *cooler* dilakukan perawatan setiap 3 bulan, tetapi terkadang perawatan juga dilakukan sesuai dengan kondisi daripada peralatan tersebut. Untuk pengecekan dan pembersihan secara keseluruhan maka setiap 2 tahun kapal dilakukan saat kapal *docking*, dengan prosedur pertama membuat *docking repair list*, untuk pipa dan katup instalasi air laut masuk *fresh water cooler*. Perawatan *fresh water cooler* yaitu dengan membuka tiap lembaran plate-plate *cooler* dan dibersihkan dengan memakai *detergent* dan menggunakan sikat yang bahannya tidak terlalu kasar sehingga tidak merusak seal atau karetanya.



Gambar 3.7 Pembersihan fresh water cooler

Air laut yang keluar dari *fresh water cooler* suhunya berkisar antara  $40^{\circ}\text{C}$ -  $45^{\circ}\text{C}$  agar suhu yang dikehendaki tercapai maka *fresh water*



*cooler* harus dirawat dengan rutin supaya bersih dan tekanan serta jumlah air yang dibutuhkan selalu mencukupi. Apabila didalam sel-sel yang ada di dalam *fresh water cooler* terdapat kotoran seperti lumpur dan juga kerak yang diakibatkan oleh air laut akan mengakibatkan penyerapan panas pada air tawar berkurang sehingga suhu air tawar yang keluar dari *cooler* masih tinggi. Untuk itu perlu perawatan supaya air tawar yang keluar tetap dibatas normal dengan melakukan perawatan yang teratur pada *cooler* dengan membersihkan plate-plate di dalamnya.

Sebelum membongkar cooler untuk dibersihkan, sebaiknya diberikan tanda (*marking*) dengan menggunakan spidol marking pada sisi atas kanan plat dan baut plat baja (*compression bolt*), untuk memudahkan dalam pemasangan kembali setelah selesai dibersihkan.

Adapun tahap-tahap yang harus dilakukan dalam perawatan dan pembersihan *fresh water cooler* yaitu :

- a) Tutup semua katup katup air tawar dan air laut yang masuk ke *fresh water cooler*
- b) Melakukan pengukuran dahulu jarak antara penutup plat masing-masing dari yang terluar, ambil di enam titik saling berlawanan, kemudian buka bautnya
- c) Lepaskan semua baut yang ada dengan membuka semua baut yang mengikat dengan mengendorkan secara selang-seling agar tekanan pressure platnya berimbang
- d) Jika semua bautnya sudah lepas maka geser ke arah keluar *pressure plate* agar ada celah antara plate-platnya untuk memudahkan pembersihannya
- e) Buka tiap lembaran *plate-plate cooler* dan dibersihkan dengan menggunakan detergent dan menggunakan sikat yang bahannya tidak terlalu kasar sehingga tidak merusak gasket atau karetanya.
- f) Lakukan penyemprotan dengan air tawar, untuk mempercepat kerja penyemprotan selama diatas kapal penulis sering

menggunakan *portable high pressure pump* agar kerak yang ditimbulkan oleh air laut dan kotoran-kotoran serta endapan lumpur bisa cepat terangkat.

- g) Ganti anti karat (*zinc anode*) yang sudah habis pada *strainer*.
- h) Tutup (*cover strainer*) harus dicat anti karat.
- i) Urutkan *plate-plate* yang sudah dibersihkan dan pastikan gasket tidak ada yang rusak/robek
- j) Periksa *rubber seal* di sisi terluar plat.
- k) Kembalikan pressure platnya untuk menekan plate-plate agar mudah memasang bautnya kembali
- l) Pasang kembali semua plat, sesuai dengan ukuran yang telah dicatat sebelumnya.

Saat pemasangan kembali, yang harus diperhatikan yaitu 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*.

## **2) Melakukan Perbaikan Dan Penggantian Pipa Air Laut**

Pipa-pipa air laut yang sudah korosi dan banyak tersumbat kerak harus diganti dengan pipa yang baru, sehingga sirkulasi air laut ke dalam pompa lancar. Apabila terdapat pipa air laut yang bocor maka dapat dilakukan perbaikan pada pipa-pipa tersebut dengan cara dilakukan pengecekan, dilihat dari sisi yang bocor, apabila pipa yang bocor masih dalam batas aman dan kapal dalam keadaan operasi, maka hanya dilakukan pembalutan (*bleeding*) pada pipa yang bocor sampai dengan kapal tiba di pelabuhan untuk melakukan pengelasan atau penggantian pada pipa air laut yang bocor.

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

1) Perlindungan mekanis

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

2) Menggunakan *sacrificial zink anode* yang ada sertifikatnya

Telah disebutkan juga sebelumnya fungsi penggunaan *zinkanode*. 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.

Selain kedua metode tersebut masih banyak metode-metode lain seperti penggunaan *chemical anti foulant* yang dibuat oleh ahli-ahli kimia dan metalurgi tentang perlindungan terhadap bahan logam. Salah satunya telah disebutkan juga bahwa *Marine Growth Prevention System (MGPS)* juga dapat mengurangi laju korosi pada pipa-pipa air laut.

## 2. Evaluasi Terhadap Alternatif Pemecahan Masalah

### a. Tekanan Pompa Pendingin Air Laut Rendah

#### 1) Melakukan *Overhaul* Pompa Pendingin Air Laut

Keuntungannya :

Dengan overhaul maka kerja pompa lebih maksimal sehingga tekanan pompa mencapai tekanan yang diharapkan untuk menunjang proses pendinginan pada mesin induk.

Kerugiannya :

Memerlukan waktu, pemahaman ABK mesin dan suku cadang untuk mengganti komponen yang rusak.

## **2) Melakukan Perawatan Pompa Pendingin Air Laut Secara Berkala**

Keuntungannya :

Perawatan berkala dapat menjaga kondisi pompa pendingin air laut tetap optimal sehingga indikasi kerusakan dapat diketahui sejak dini, dengan demikian tidak terjadi kerusakan fatal yang menyebabkan performa mesin induk menurun.

Kerugiannya :

Terkadang perawatan tidak dapat dilaksanakan sesuai jadwal karena operasional kapal yang padat dan suku cadang yang dibutuhkan tidak tersedia di atas kapal.

## **b. *Fresh Water Cooler* Tidak Bekerja Optimal**

### **1) Melakukan Pembersihan *Fresh Water Cooler* Secara Berkala**

Keuntungannya :

*Fresh water cooler* bekerja maksimal sehingga dapat mencegah terjadinya *overheating* pada mesin induk.

Kerugiannya :

Membutuhkan waktu dan pemahaman ABK Mesin untuk pembersihan *fresh water cooler*

### **2) Melakukan Perbaikan Dan Penggantian Pipa Air Laut**

Keuntungannya :

Sirkulasi air yang dibutuhkan untuk pendinginan lancar

Kerugiannya :

Membutuhkan pipa air laut yang baru

### **3. Pemecahan Masalah yang Dipilih**

#### **a. Tekanan Pompa Pendingin Air Laut Rendah**

Berdasarkan evaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah di atas maka solusi yang dipilih untuk mengatasi *sea water pump* yang rusak yaitu dengan melakukan *overhaul* pompa pendingin air laut.

#### **b. *Fresh Water Cooler* Tidak Bekerja Optimal**

Berdasarkan evaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah di atas maka solusi yang dipilih untuk mengatasi *fresh water cooler* yang kotor yaitu dengan melakukan pembersihan *fresh water cooler* secara berkala.

## **BAB IV**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. KESIMPULAN**

Dari hasil pembahasan pada bab-bab sebelumnya tentang optimalisasi perawatan sistem pendingin untuk menunjang kinerja mesin induk di kapal MT. XIANG SHUN, maka penulis dapat menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Tekanan pompa pendingin air laut rendah disebabkan
  - a. *Impeller* pompa air laut aus / tipis sehingga kerja tekanan pompa pendingin air laut rendah yaitu  $0,8 \text{ kg/cm}^2$  dari batas normalnya  $1,0 \text{ kg/cm}^2$  sampai  $2,0 \text{ kg/cm}^2$ .
  - b. Kurangnya perawatan pada pompa pendingin air laut menyebabkan kinerja pompa tidak optimal sehingga dapat mengganggu operasi mesin induk.

Oleh karena itu perlu dilakukan *overhaul* pompa pendingin air laut.

2. *Fresh water cooler* tidak bekerja optimal disebabkan
  - a. Banyaknya kotoran pada *fresh water cooler* sehingga menyebabkan *fresh water cooler* tidak dapat bekerja secara normal.
  - b. Terjadinya korosi pada pipa-pipa air laut sehingga menyebabkan sirkulasi air laut tidak lancar dan juga pipa bocor, akibatnya *fresh water cooler* tidak bekerja secara normal.

Oleh karena itu perlu dilakukan pembersihan *fresh water cooler* secara berkala.

#### **B. SARAN**

Berdasarkan kesimpulan di atas, untuk mengoptimalkan sistem pendingin sehingga dapat menunjang kinerja mesin induk, penulis memberikan saran- saran sebagai berikut:

1. *Fresh water cooler* tidak bekerja optimal disarankan
  - a. *Second Engineer* bertanggung jawab mengganti baru *impeller* pompa air laut yang sudah aus / tipis dengan suku cadang yang baru agar dapat berfungsi dengan baik, sehingga tekanan *sea water cooling pump* normal ( $1,0 \text{ kg/cm}^2$  sampai  $2,0 \text{ kg/cm}^2$ ).
  - b. *Second Engineer* seharusnya melakukan perawatan mesin induk dan permesinan bantu sesuai dengan *Planned Maintenance System* (PMS), agar permesinan dapat bekerja normal.
2. Untuk mengatasi tekanan pompa pendingin air laut rendah disarankan
  - a. *Second Engineer* seharusnya melakukan pembersihan *fresh water cooler* setiap 3 bulan sekali dan *sea water strainer* mengikuti petunjuk *manual book*, agar dapat bekerja secara optimal.
  - b. *Second Engineer* seharusnya melakukan pemeriksaan secara rutin terhadap pipa-pipa pendingin air laut dan melakukan perbaikan serta penggantian pipa yang sudah korosi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Daryus, A. (2017). *Manajemen Pemeliharaan Mesin*. Jakarta : Universitas Darma
- Jusak Johan Handoyo. (2015). *Sistim Perawatan Permesinan Kapal*, Jakarta : Djangkar  
ISBN, 978-979-044-623-6.
- Jusak Johan Handoyo. (2015). *Mesin Diesel Pengerak Utama Kapal*, Jakarta : Djangkar  
ISBN, 978-979-044-621-2
- M.S Sehwarat dan J.S Narang. (2011). *Productions Management*. Nai Sarak :  
Dhanpahat RAI Co.
- Winardi. (2016). *Motivasi dan Pemotivasian Dalam Manajemen*. Jakarta : Raja  
Grafindo Persada
- \_\_\_\_\_Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) 1996 Vol.III sec.11.1
- \_\_\_\_\_Alfa Laval Plate Heat Exchangers Instruction Manual Book
- Sumantry. (2020). *Plate Heat Exchanger*. Sumber : artikel maritime yang diakses pada  
tanggal 3 Agustus 2022, Jam 20:00 WIB





## Lampiran 1

### MT. XIANG SHUN SHIP'S PARTICULARS

SHIP'S NAME	=	MT XIANG SHUN
EX'S NAME	=	MT LUCK GROW 168
CALL SIGN	=	JVEV7
NATIONALITY	=	MONGOLIA
PORT OF REGISTRY	=	ULAANBAATAR
OFFICIAL NUMBER	=	5500-00584
CLASSIFICATION	=	ASCS
TYPE OF VESSEL	=	OIL TANKER
YEAR BUILT/DILIVERY	=	14TH JUNE 1996/ 21ST NOV 1996.
BUILDER	=	HIKAKI SHIPBUILDING CO.,LTD./IMABARI, JAPAN.
OWNER & OPERATOR	=	YOU YOUNG SHIPPING MANAGEMENT CONS. 7F-2,NO 216 SIWEI 4TH RD,KAOHSIUNG 802,TAIWAN R.O.C
MMSI	=	334002000
IMO NUMBER	=	9153800
LIGHT SHIP WEIGHT / DRAFT	=	3,024.52 TONS / 2.23 M.
FULL LOAD DISPLACEMENT	=	12,297.99 TONS.
GROSS TONNAGE / NET TONNAGE	=	5,738.00 / 2,770.00 TONS.
SUMMER DEADWEIGHT / DRAFT	=	9,273.47 TONS./ 7.864 M.
TROPICAL DEADWEIGHT / DRAFT	=	9,567.31 TONS./ 8.028 M.
LOA / LBP / MB	=	114.04 / 105.76 / 18.60 M.
MOULDED DEPTH AMIDSHIP	=	10.52 M.
TPC @ SUMMER DRAFT	=	17.84 TONS.
FWA	=	172.34 mm.
AIR DRAFT ( LIGHT CONDITION )	=	33.77 M.
HEIGHT ( KEEL - HEIGHT )	=	36.00 M.
TOTAL CARGO TK. CAPACITY	=	9,894.102 CBM (100%) INCLUDE SLOP TANK ,( EPOXY COATING )
	=	9,696.219 CBM ( 98%) INCLUDE SLOP TANK
TOTAL FO TK. CAPACITY	=	619.35 MT
TOTAL MDO TK CAPACITY	=	106.66 MT
TOTAL BALLAST TK. CAPACITY	=	2,966.75 M <sup>3</sup>
TOTAL FW. TK. CAPACITY	=	591.44 M <sup>3</sup>
CARGO PUMP	=	TAIKO KIKAI.CO.LTD TWO ROTAR SCREW PUMP CLS 500 MH X 4 SET ( 500/300 M <sup>3</sup> /HRS )
MAIN ENGINE	=	KAWASAKI-MAN B&W 6L35MC 5,280 PS/3883 KW
AUX. ENGINE	=	NO.1 YANMADIESEL S 165L-DT/420 PS NO.2 YANMADIESEL S 165L-ST/541 PS
BOILER	=	MIURA VWN-8000E( 7.0KG/CM <sup>2</sup> , 8000 KCAL/H )
PROPELLER	=	FIXED PITCH , 4 BLADES
BOW THRUSTER	=	N/A
SERVICE SPEED	=	13.1 KTS.
COMPLEMENT	=	19
NAME OF MASTER	=	PHAM VAN NGU



## Lampiran 2

### 船員名單 CREW LIST

船員名單 CREW LIST

1.船舶名稱 Name of ship XIANG SHUN			2.Port Of Arrival/Departure From		3.Date Of Arrival/Departure
4.船舶國籍 Nationality of Ship MONGOLIA			5.Port Arrived From		
7. No.	8.姓名 Family Name, Given Names	9.職務 Rank	10.國籍與護照號碼 Nationality P.P.N.	11.出生年月日 Date of Birth	
1	BERNADUS KAWASIK	MASTER	INDONESIA C.3522459 – 2024.12.19	1972.01.10	F.193725 2021.11.23 HCM 06762
2	PHAM VAN NGU	C/O	VIETNAM C.1854954 – 2026.06.13	1979.06.15	E.030522 2021.01.08
3	MUHAMMAD SIDIK	2 <sup>ND</sup> /O	INDONESIA C.1428631 – 2024.03.19	1976.09.25	E.128938 2021.10.18
4	WAHYU EDHI SUPRIADI	BOTSWAIN	INDONESIA B.4859358 – 2021.09.07	1983.05.08	D082827 2018.06.16
5	ALI MUSTOFA	AB	INDONESIA C.0538814 – 2023.07.19	1976.09.19	E.089920 2021.12.08
6	GUNAWAN JURI	AB	INDONESIA B.4025864 – 2021.05.10	1995.19.05	E.098736 2021.06.28
7	TJAHYONO	AB	INDONESIA B.4277207 – 2021.06.09	1975.11.09	F.248679 2022.07.01
8	KASNO	AB	INDONESIA C.4274299 – 2024.07.15	1987.06.02	F.152779 2022.04.26
9	RUDI LISTIONO	AB	INDONESIA B.8498760 – 2022.10.31	1990.08.27	E.020272 2020.11.08
10	MUHAJIRIN PASAK SAMBOLINGGI	C/E	INDONESIA B.9077638 – 2023.10.03	1977.07.20	F.030669 2022.06.13
11	EDISON NAPITUPULU	1st/E	INDONESIA B.7163212 – 2022.05.29	1973.02.03	D.076674 2022.05.05
12	SURIYADI SIMANGUNSONG	3 <sup>TH</sup> /E	INDONESIA C.4972550 – 2024.10.08	1993.12.18	E.059324 2021.02.14
13	NANANG KURNIAWAN	FITTER	INDONESIA B.5936920 – 2020.07.27	1984.09.05	F.263725 2022.08.08
14	AHMAD JAYADI	OILER	INDONESIA C.4678523 – 2024.08.21	1982.03.02	E.133738 2019.12.29
15	SLAMET RIYADI	OILER	INDONESIA B.2732410 – 2021.01.11	1996.01.12	E.093964 2021.06.23
16	HAWARI MATRUJI	COOK	INDONESIA C.1974970 – 2023.11.21	1969.04.08	

18. 日期、船長或代理人簽名  
Date and signature by master, authorized agent or officer  
2/10/2020

**BERNADUS KAWASIK**  
MASTER OF M.T. XIANG SHUN





### Lampiran 3

#### Perbaikan Pompa Pendingin





#### Lampiran 4

##### Impeller pompa yang sudah tipis (aus)



**Lampiran 5**  
**Critical Spare Part List Sea Water Pump**

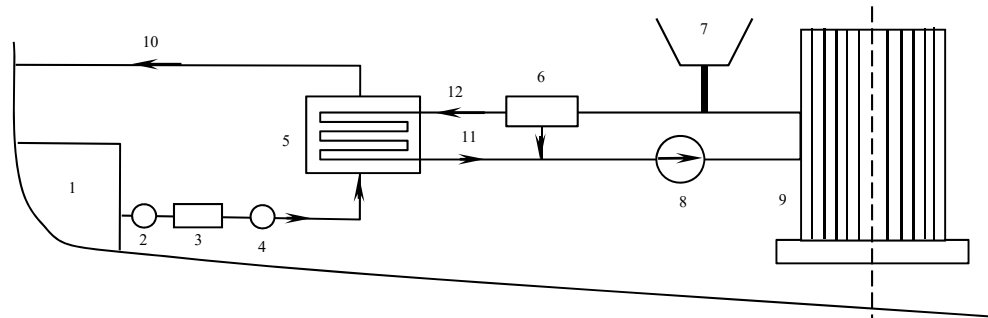
CRITICAL SPARE PART LIST						
Name of Vessel : MT. XIANG SHUN						
No.	Range of Spares	Actual	Class Rule	Unit	Operation Mater	Remark
1	Bearing shaft sea water pump No. 3908220	Nil	2	Set	-	-





## Lampiran 6

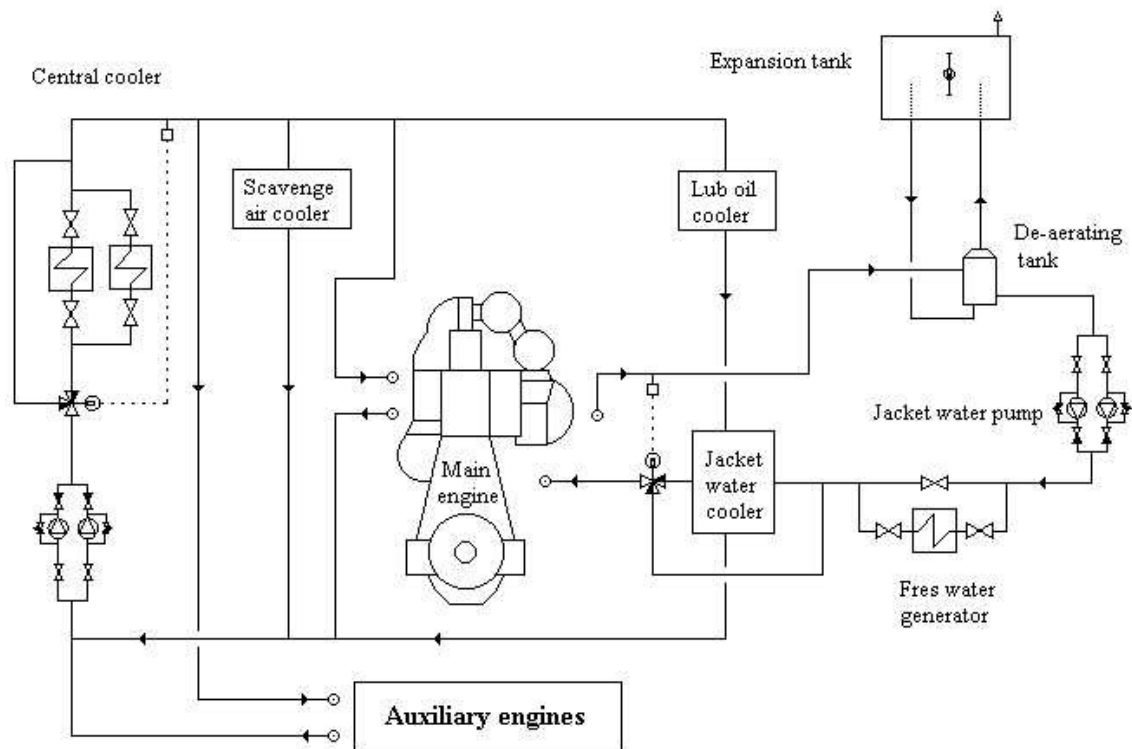
### Piping diagram Sistem Pendingin Tertutup



#### Keterangan

- |                                    |                                 |
|------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Kotak laut ( <i>Sea chest</i> ) | 7. Tangki ekspansi              |
| 2. <i>Kingston valve</i>           | 8. Pompa                        |
| 3. Saringan / <i>Filter</i>        | 9. Mesin utama                  |
| 4. Pompa                           | 10. Air laut keluar             |
| 5. <i>Fresh water Cooler</i>       | 11. Air tawar masuk kemesin     |
| 6. <i>Thermostat</i>               | 12. Air tawar keluar dari mesin |

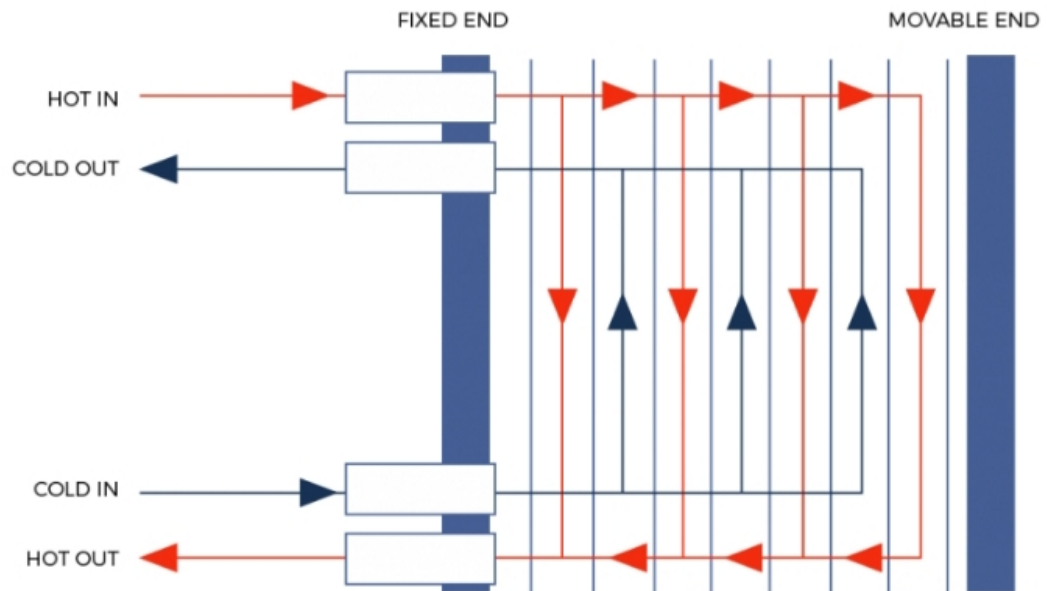
**Lampiran 7**  
**Piping Diagram Sistem Pendingin Terbuka**



Piping Diagram Sistem Pendingin Terbuka

## Lampiran 8

### Diagram Air Pendingin Dalam Plate Cooler





**Lampiran 9**  
***Planned Maintenance System (PMS)***

	Item	Limit Run. Hour	Date Maintenance Done	Tot. Run Hr Since Overhoul	Tot. Run Hr This Month	Run. Hr To Go	Remark
Indicator v/v	No 1	3000	03-12-2021	2441	380	179	
	2	3000	03-12-2021	2441	380	179	
	3	3000	03-12-2021	2441	380	179	
	4	3000	03-12-2021	2441	380	179	
	5	3000	03-12-2021	2441	380	179	
	6	3000	03-12-2021	2441	380	179	
Fuel Pump	No 1	8000	08-12-2021	2821	380	4799	
	2	8000	08-12-2021	2821	380	4799	
	3	8000	19-06-2021	163	380	7457	
	4	8000	19-06-2021	163	380	7457	
	5	8000	08-12-2021	2821	380	4799	
	6	8000	08-12-2021	2821	380	4799	
C'Shaft Deflection		2000	21-05-2021	544	380	1076	
Bearingh Measure		4000	26-11-2021	2821	380	799	
C'Case Inspection		1000	25-04-2021	322	380	298	
Piston Rings Insp		1000	25-04-2021	322	380	298	
Scav. Space Cl'ng		1000	19-06-2021	163	380	457	
T/C Air Filter Cl'ng		500	28-05-2021	240	380	129	
Gov L.O Change		1000	19-06-2021	163	380	457	
L.O Filter Change		500	19-06-2021	163	380	457	
Fuel Filter Cl'ng		500	28-05-2021	249	380	129	
Intermediate Shaft		4000	13-11-2021	2821	380	799	
L.O Renewal							
Air Cooler No. 1							
Air Side Cleaning		2000	21-05-2021	544	380	1076	
SW Side Cleaning		2000	21-05-2021	544	380	1076	
Air Cooler No.2							
Air Side Cleaning		2000	21-05-2021	544	380	1076	
SW Side Cleaning		2000	21-05-2021	544	380	1076	
L.O Renewal		8000	07-12-2021	2821	380	4799	
Campshaft insp		4000	26-11-2021	2821	380	799	
T/C Overhoul No.1		16000	10-11-2021	2821	380	12799	
T/C Overhoul No. 2		16000	10-11-2021	2821	380	12799	

## DAFTAR ISTILAH

<i>Bypass</i>	Saluran pipa dengan cara jalan pintas
<i>Chemical</i>	: Zat kimia yang digunakan untuk mencegah kerak-kerak pada pipa.
<i>Heat Exchanger Fresh water Cooler</i>	: Alat pemindah panas untuk menurunkan temperatur air tawar.
<i>Expansion Tank</i>	: Tangki yang gunanya untuk menampung air pendingin kemudian didistribusikan ke mesin
<i>Filter</i>	: suatu alat untuk mentapis kotoran pada aliran zat cair-gas.
<i>Fresh Water Cooling Pump</i>	: Pompa pendingin air tawar atau yang biasa disebut dengan sistem pendingin tertutup, berfungsi untuk mensirkulasikan air pendingin ke dalam sistem.
<i>Gland Packing</i>	: Untuk menahan kebocoran air laut melalui shaf pompa
<i>High Fresh Water Temperature</i>	: Suatu keadaan dimana suhu sistem pendingin air tawar sangat tinggi (melebihi batas normal).
<i>Impeller</i>	: Semacam piringan berongga dengan sudu-sudu melengkung di dalamnya dan dipasang pada poros yang digerakkan oleh motor listrik.
<i>Kapal Harbour Tug</i>	: Kapal yang digunakan untuk menyadarkan dan mengeluarkan kapal lain dari pelabuhan.
<i>Mechanical Seal</i>	: Suatu alat mekanis yang berfungsi untuk mencegah kebocoran fluida dari ruang/wadah yang memiliki poros berputar.
<i>PMS (Planned Maintenance System)</i>	: Suatu sistem perencanaan pemeliharaan kapal yang berisi hal-hal yang harus dilakukan dalam perawatan dan pemeliharaan kapal.

<i>Rumah Pompa</i>	: Bagian pompa yang berfungsi sebagai penampung cairan yang terlempar dari sudu-sudu <i>impeller</i> untuk merubah atau mengkonversikan energi cairan menjadi energi tekanan statis.
<i>Sea Chest</i>	: Tempat isapan air laut sebelum diisap oleh pompa.
<i>Strainer</i>	: Saringan pencegah kotoran agar tidak masuk ke dalam sistem.
<i>Overheating</i>	: Suhu mesin yang melebihi batas normal sehingga mengakibatkan panas berlebihan.
<i>Overload</i>	: Kelebihan beban
<i>Turbocharger</i>	Suatu bagian dari komponen mesin untuk meningkatkan tenaga mesin dengan memanfaatkan dari gas buang.
<i>Thermostat</i>	: Katup yang bisa membuka dan menutup secara Otomatis sesuai dengan perubahan temperatur Pada mesin.
<i>Zink Anode</i>	: Batang zink yang gunanya menyerap mengurangi ion atau unsur garam.