

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



MAKALAH

**OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM PENDINGIN AIR LAUT
UNTUK MENUNJANG KINERJA MOTOR DIESEL BANTU
DI SK CANOPUS**

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

Oleh :

**DARTONO MUSTAMING
NIS. 01470 / T-I**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT I
JAKARTA
2018**

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



TANDA PERSETUJUAN MAKALAH

Nama : DARTONO MUSTAMING
NIS : 01470/T-1
Program Pendidikan : Diklat Pelaut - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM PENDINGIN
AIR LAUT UNTUK MENUNJANG KINERJA MOTOR
DIESEL BANTU DI SK CANOPUS

Jakarta, Oktober 2018

Pembimbing Materi

Pembimbing Penulisan

Budi Purnomo, M.MTr

Penata (III/d)

NIP. 19720510 200502 1 002

Markus Yando, S.SiT

Penata (III/b)

NIP. 19800605 200812 1 001

Mengetahui :

Ketua Program Studi Tehnika

Nafi Almuzani, M.MTr

Penata Tk.I (III/d)

NIP. 19720901 200502 1 001

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



TANDA PENGESAHAN MAKALAH

Nama : DARTONO MUSTAMING
NIS : 01470/T-1
Program Pendidikan : Diklat Pelaut - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM PENDINGIN
AIR LAUT UNTUK MENUNJANG KINERJA MOTOR
DIESEL BANTU DI SK CANOPUS

Penguji I

Penguji II

Penguji III

.....

.....

.....

Mengetahui :

Ketua Program Studi Tehnika

Nafi Almuzani, M.MTr

Penata Tk.I (III/d)

NIP. 19720901 200502 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia yang telah dilimpahkan sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah ini dengan berjudul : **“PERAWATAN SISTEM PENDINGIN AIR LAUT UNTUK MENUNJANG KINERJA MOTOR DIESEL BANTU DI SK CANOPUS”**. Sebagai persyaratan untuk memenuhi Kurikulum Program Upgrading ANT-I yang diselenggarakan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.

Penulis menyadari akan keterbatasan waktu dan kemampuan di dalam penyusunan kertas makalah ini, sehingga masih banyak kekurangan dan hasilnya belum sempurna. Oleh karena itu penulis membukakan diri untuk menerima kritik dan saran-saran yang bersifat positif guna perbaikan makalah ini.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, sehingga makalah ini dapat terwujud terutama kepada yang terhormat :

1. Capt. Marihot Simanjuntak, M.M, selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
2. Bapak Nafi Almuzani, M.MTr, selaku Ketua Jurusan Teknik Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.
3. Ibu Vidya Selasdini, M.M.Tr, selaku Kepala Devisi Pengembangan Usaha.
4. Bapak Budi Purnomo, M.MTr, selaku Dosen Pembimbing Materi.
5. Bapak Markus Yando, S.SiT, selaku Pembimbing Penulisan
6. Seluruh rekan-rekan Perwira Siswa ATT-I angkatan XLIX dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu.

Akhir kata, semoga makalah ini dapat membawa manfaat bagi penulis dan para pembaca yang berkenan membacanya.

Jakarta, September 2018

Penulis

DARTONO MUSTAMING

NIS. 01470 / T-I

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	v
BAB I PENDAHULUAN	
A. LATAR BELAKANG.....	1
B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH	3
C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	5
D. METODE PENELITIAN	5
E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN	6
F. SISTEMATIKA PENULISAN	6
BAB II LANDASAN TEORI	
A. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
B. KERANGKA PEMIKIRAN	21
BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
A. DESKRIPSI DATA.....	22
B. ANALISIS DATA.....	24
C. PEMECAHAN MASALAH	27
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	
A. KESIMPULAN	39
B. SARAN	39
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

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. Hal ini sangat penting untuk mempertahankan kinerja mesin agar tetap optimal. Agar motor diesel terpelihara dari tegangan panas dan tegangan mekanis dalam batas-batas yang dapat diterima maka panas yang timbul dari hasil pembakaran harus dapat dikendalikan. Keadaan ini hanya bisa diatasi dengan cara mengedarkan media pendingin dalam jumlah yang tepat ke seluruh komponen motor.

Sistem pendingin pada motor diesel, dilakukan dengan dua sistem, yaitu sistem pendinginan tertutup dan sistem pendinginan terbuka namun di kapal 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 bantu dapat berakibat fatal. Guna menjaga lancarnya air yang keluar dari sistem pendingin, maka perlu dilakukan perhatian yang serius misalnya bagian mesin yang didinginkan, pipa pendingin, pompa air laut, *sea chest* dan sebagainya.

Dalam menunjang kelancaran pengoperasian, maka kapal kondisinya harus selalu siap pakai. Dalam ruang pembakaran sebuah motor diesel akan terjadi suhu yang sangat tinggi. Karena proses ini terjadi secara terus menerus di dalam *cylinder*. Dengan demikian pendinginan dibutuhkan untuk menyerap sebagian panas dalam pembakaran untuk mencegah terjadinya kerusakan pada bahan yang dapat mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk pada mesin itu sendiri.

Saat penulis bekerja di SK Canopus sebagai *Second Engineer*, penulis mengalami suatu masalah yang disebabkan oleh sistem pendingin yang tidak normal yaitu saat kapal melayani *Crane Barge Bayu 2* tiba-tiba alarm *fresh water high temperature* berbunyi pada Motor Bantu Kanan (*Starbord Side*). Temperatur mesin bantu sebelah kanan (*Starbord*

Side) tersebut naik hingga mencapai 85⁰C semestinya 75⁰C pada load 85%. Kemudian kami memeriksa secara visual pada Monitor informasi yang ada pada mesin bantu tertulis; “Cooling water temperature too high” dan ada peringatan di monitor untuk “Reduce Temperature” artinya temperatur air pendingin pada system terlalu panas dan harus dikurangi beban yang terpakai (tindakan sementara). Kemudian tindakan sementara yaitu mengurangi beberapa beban pemakaian (Switch OFF) seperti blower dan peralatan lainnya agar mendapatkan Load 70% s/d 60% sehingga secara langsung Temperature Cooling system Motor Bantu secara perlahan ikut turun.

Kemudian dilakukan kami juga melakukan pemeriksaan secara manual melalui pengambilan temperatur dengan memakai *temperature scanner portable* dan diketahuilah bahwa temperatur sudah mencapai 85⁰C. Bila kita lihat buku harian kapal temperatur normal mesin pada saat putaran penuh hanya 75⁰C, apabila keadaan ini tidak dilakukan tindakan maka temperatur akan bertambah tinggi secara bertahap dan akan mengakibatkan berhenti secara *automatic*. Kejadian seperti ini terjadi maka akan mempengaruhi efesiensi kegiatan pekerjaan kapal, dimana terjadi keterlambatan operasional sampai 5 jam. Hal ini mengakibatkan pihak kantor / perusahaan mendapatkan teguran dari pihak pencharter.

Secara teknis pengaruh temperatur yang tidak normal, apabila dibiarkan begitu saja maka dapat mengakibatkan terjadinya kelelahan bahan. Bila material mengalami kelelahan maka akan terjadi perubahan - perubahan bentuk. Selain itu bisa juga mempengaruhi *part* atau bagian lainnya seperti material karet, *O-ring* dan *gasket* yang bisa mengakibatkan kebocoran.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka penulis tertarik untuk mengangkat judul : **“PERAWATAN SISTEM PENDINGIN AIR LAUT UNTUK MENUNJANG KINERJA MOTOR DIESEL BANTU DI SK CANOPUS”**

B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH

1. Identifikasi Masalah

Untuk menjaga sistem pendingin agar bekerja baik perlu dilakukan perawatan secara rutin. Sistem pendingin yang optimal akan berpengaruh pada suhu mesin bantu sehingga mesin bantu dapat dioperasikan dengan lancar. Sehubungan dengan hal tersebut, maka penulis mengidentifikasi masalah sebagai berikut:

- a. *Fresh water cooler* tidak bekerja secara optimal.
- b. Pompa air laut tidak bekerja dengan baik.
- c. Rusaknya katup *bypass* air laut sistem pendinginan air laut.
- d. Banyaknya kotoran pada filter air laut baik di *sea chest* maupun di *strainer filter*.

2. Batasan Masalah

Oleh karena luasnya pembahasan mengenai permasalahan yang terjadi pada sistem pendingin, maka agar pembahasannya lebih fokus penulis akan membatasi pembahasan makalah ini hanya pada masalah yang menjadi prioritas, yaitu berkisar tentang :

- a. *Fresh water cooler* tidak bekerja secara optimal.
- b. Pompa air laut tidak bekerja dengan baik.

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. Mengapa *Fresh water cooler* tidak bekerja secara optimal ?
- b. Mengapa pompa air laut tidak bekerja dengan baik ?

C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

1. Tujuan Penelitian

- a. Untuk mengidentifikasi bagaimana penanganan sistem pendingin untuk mempertahankan temperatur mesin bantu sehingga dapat bekerja dengan efektif.
- b. Untuk menganalisis penyebab dari permasalahan yang terjadi pada sistem pendingin mesin bantu.
- c. Untuk 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 Praktisi

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

Metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan makalah ini diantaranya yaitu :

1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang penulis gunakan dalam penyusunan penulisan makalah ini adalah menggunakan metode deskripsi kualitatif dimana dalam menemukan kebenaran yang obyektif dari suatu permasalahan yang melalui penguraian dan penjelasan pemecahan permasalahan melalui tugas-tugas pada setiap bagian dan pelaksanaannya.

2. Teknik pengumpulan data

Dalam penulisan ini makalah ini penulis menggunakan teknik pengumpulan data melalui teknik observasi (pengamatan) langsung di atas kapal tempat penulis bekerja sebelumnya, dan sebagai pelengkap data maka penulis juga menggunakan beberapa buku referensi yang berkaitan dengan pembahasan suku cadang dalam penulisan makalah ini.

3. Subjek Penelitian

Subjek penelitian penyusunan penulisan makalah ini berdasarkan penelitian terlebih dahulu yang di lakukan saat kapal SK CANOPUS dimana kapal di lengkapi 2 unit motor bantu.

4. Teknik Analisis Data

Dalam pengambilan Teknik Analisis Data yang di gunakan penulis dalam penyusunan penulisan makalah ini adalah analisis data akan akar permasalahan yang di uraikan/di bahas berdasarkan data dari pengalaman maupun dari buku-buku referensi yang berkaitan dengan permasalahan yang sedang di bahas.

E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

Waktu penelitian dalam penyusunan makalah ini dilakukan saat penulis bekerja di atas kapal SK CANOPUS sebagai *Second Engineer* sejak 16 Nvember 2016 sampai dengan 17 Juli 2018. Penelitian dilakukan di atas kapal SK CANOPUS saat beroperasi di laut jawa.

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

Berisikan pendahuluan yang mengutarakan latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, metode penelitian dan teknik pengumpulan data, waktu dantempat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisikan 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 tedapat 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

Data yang diambil dari lapangan berupa fakta-fakta yang terjadi selama penulis bekerja di atas kapal SK Canopus sebagai *Second Engineer*. 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

Berisikan 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 J Handoyo (2015:35), pemeliharaan (*maintenance*) adalah sebuah pekerjaan yang dilakukan secara berurutan untuk menjaga atau memperbaiki fasilitas yang ada sehingga 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.

Menurut M.S Sehwarat dan J.S Narang, (2001) dalam bukunya "*Production Management*" pemeliharaan (*maintenance*) 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 beberapa pendapat di atas bahwa dapat disimpulkan bahwa kegiatan pemeliharaan dilakukan untuk merawat ataupun memperbaiki peralatan perusahaan agar dapat melaksanakan produksi dengan efektif dan efisien sesuai dengan pesanan yang telah direncanakan dengan hasil produk yang berkualitas.

b. Tujuan Perawatan (*Maintenance*)

1) Menurut Daryus A, (2008) dalam bukunya "Manajemen Pemeliharaan Mesin" Tujuan pemeliharaan atau perawatan yang utama dapat didefinisikan sebagai berikut:

a) Untuk memperpanjang kegunaan asset

- b) Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba investasi maksimum yang mungkin,
- c) Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu,
- d) Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

2) Menurut Jusak JH (2015:3) , tujuan perawatan yaitu :

- a) Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi,
- b) Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu,
- c) Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang di luar batas dan menjaga modal yang di investasikan tersebut,
- d) Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan pemeliharaan secara efektif dan efisien,
- e) Menghindari kegiatan pemeliharaan yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja
- f) Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi - fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan yaitu tingkat keuntungan (*return on investment*) yang sebaik mungkin dan total biaya yang terendah.

c. Fungsi Perawatan (*Maintenance*)

Menurut pendapat Agus Ahyari, (2002) fungsi pemeliharaan adalah agar dapat memperpanjang umur ekonomis dari mesin dan peralatan produksi yang ada serta mengusahakan agar mesin dan peralatan produksi tersebut selalu dalam keadaan optimal dan siap pakai untuk pelaksanaan proses produksi. Keuntungan- keuntungan yang akan diperoleh dengan adanya perawatan yang baik terhadap mesin, adalah sebagai berikut :

- 1) Mesin dan peralatan produksi yang ada dalam perusahaan yang bersangkutan akan dapat dipergunakan dalam jangka waktu panjang.
- 2) Pelaksanaan proses produksi dalam perusahaan yang bersangkutan berjalan dengan lancar.
- 3) Dapat menghindarkan diri atau dapat menekan sekecil mungkin terdapatnya kemungkinan kerusakan-kerusakan berat dari mesin dan peralatan produksi selama proses produksi berjalan.
- 4) Peralatan produksi yang digunakan dapat berjalan stabil dan baik, maka proses dan pengendalian kualitas proses harus dilaksanakan dengan baik pula.
- 5) Dapat dihindarkannya kerusakan-kerusakan total dari mesin dan peralatan produksi yang digunakan.
- 6) Apabila mesin dan peralatan produksi berjalan dengan baik, maka penyerapan bahan baku dapat berjalan normal.

d. Jenis-Jenis Perawatan (*Maintenance*)

1) *Preventive Maintenance*

Preventive Maintenance disebut juga tindakan pencegahan atau *overhaul*, yaitu kegiatan pemeliharaan dan perawatan untuk mencegah kerusakan yang tak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang menyebabkan fasilitas operasi lebih tepat. Perawatan preventif apabila direncanakan dengan baik dapat mencegah terjadinya kegagalan atau kerusakan, sebab apabila terjadi kerusakan peralatan operasi dapat berakibat kemacetan produksi secara total.

Dalam prakteknya perawatan preventif yang dilakukan di kapal dapat dibedakan lagi yaitu pertama perawatan rutin, yaitu aktivitas pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara rutin atau setiap hari. Kedua Perawatan periodik, yaitu aktivitas pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara periodik menurut jangka waktu, misalnya setiap minggu, setiap bulan, setiap 3 bulan, setiap 6 bulan, 12 bulan, dan seterusnya atau menurut jam kerja misalnya setiap 100 jam, 250 jam, 500 jam dan seterusnya.

Alternatif dalam Preventive Maintenance adalah:

- a) Berdasarkan waktu, yaitu melakukan pemeliharaan pada periode secara teratur.
- b) Berdasarkan pekerjaan, yaitu pemeliharaan setelah sejumlah jam operasi atau volume produksi tertentu.
- c) Berdasarkan kesempatan, yaitu pemeliharaan yang dilakukan apabila ada kesempatan untuk itu.
- d) Berdasar kondisi terencana, yaitu tergantung pada hasil pemantauan kondisi fasilitas permesinan.

Prefentive Maintenance sangat tepat dilakukan, karena kegunaannya sangat efektif dalam menghadapi fasilitas-fasilitas produksi yang termasuk dalam *critical unit*, yaitu peralatan atau fasilitas yang membahayakan kesehatan dan keselamatan kerja, mempengaruhi produk yang dihasilkan, dapat menyebabkan kemacetan seluruh proses produksi, dan apabila modal yang ditanam untuk fasilitas ini relatif lebih mahal.

2) *Correctif Maintenance*

Disebut juga *break down maintenance*, yaitu kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan, kegagalan, atau kelainan fasilitas produksi sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik

2. Sistem Pendingin Air Laut

a. Definisi Sistem Pendingin Air Laut

Sistem pendinginan langsung (pendingin air laut) adalah sistem pendinginan yang menggunakan satu media pendingin saja yakni dengan media pendingin air laut. Proses pendinginannya dengan cara air laut diambil dari katup *kingstone* (sebuah katup kerucut) melalui filter 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.

Bila ditinjau dari segi konstruksi sistem pendinginan langsung mempunyai keuntungan yaitu lebih sederhana dan daya yang diperlukan untuk sirkulasi air lebih kecil dibandingkan dengan sistem pendinginan 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 pendinginan 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.

Pendinginan adalah proses mempertahankan dan menurunkan suhu rendah. Perpindahan panas dari sistem ke sistem yang lain dapat terjadi secara konduksi, artinya aliran energi panas melalui badan, atau dari suatu badan ke badan lain yang kontak satu dengan yang lainnya, sebagai akibat perbedaan temperatur. Aliran terjadi dari daerah yang temperaturnya lebih tinggi ke daerah temperaturnya lebih rendah.

b. Komponen / Penunjang Sistem Pendingin Air Laut

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

1) *Sea chest*, hubungan ke laut

Berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) 1996 Vol.III 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 beroperasi. Bilamana air pendingin disedot oleh corong yang dipasang dengan penyaringnya, maka pemasangan *strainer* dapat diabaikan.

4) Pompa

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, yang digerakkan dengan perantaraan puli (*belt*), sehingga poros pompa akan berputar dengan arah yang sama.

c. Media Pendingin

Mesin yang dipasang pada kapal dirancang untuk bekerja dengan *efisien*, maksimal dan berjalan selama berjam-jam lamanya. Hilangnya energi paling sering dan maksimum dari mesin adalah dalam bentuk energi panas yang berlebihan, panas yang berlebihan dari mesin ini harus dapat dikendalikan dengan menggunakan media air pendingin untuk menghindari gangguan fungsional mesin atau kerusakan pada mesin maka dipasang perangkat *cooler* sebagai alat untuk penukar panas dengan menggunakan sistem aliran air pendingin yang bersirkulasi secara terus menerus selama mesin dioperasikan.

1) Fungsi air pendingin pada Mesin diesel

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.

Sistem pendinginan tidak langsung menggunakan dua media pendingin yang digunakan adalah air tawar dan air laut. Air tawar digunakan untuk mendinginkan bagian-bagian motor sedangkan air laut untuk mendinginkan air tawar melewati perangkat *cooler*. Setelah itu air laut langsung dibuang keluar kapal dan air tawar tersirkulasi secara terus menerus mendinginkan mesin secara merata. Fungsi air adalah untuk mendinginkan mesin agar kondisi kerja mesin selalu optimal. Dengan temperatur yang optimal maka kerja mesin akan normal. Namun dalam operasional mesin diesel pada kenyataannya temperatur air pendingin

melebihi batas maksimal yang diijinkan. Temperatur yang diijinkan antara 60°C–70°C, pada kondisi tidak normal dapat melebihi dari 85°C–90°C yang menyebabkan *alarm* tanda peringatan *hight temperature* akan berbunyi. Jika hal ini terjadi akan mengakibatkan mesin menjadi kelebihan panas atau *overheating*. Kejadian tersebut tentu akan mengganggu operasional kapal.

2) Cara Perawatan Air Pendingin

Pemeliharaan sistem pendingin dapat dilakukan dengan mengikuti prosedur sesuai dengan buku petunjuk dari pabrik pembuatan mesin itu sendiri. Pemeliharaan sistem pendinginan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a) Supaya proses pendinginan dapat berlangsung dengan baik, pemeliharaan dan perawatan pada sistem air pendingin dapat dilakukan dengan cara membersihkan bagian–bagian dari peralatan perlengkapan dari sistem pendingin dari kerak atau kotoran pada interval waktu yang di tentukan atau setiap tahun dan setiap kapal melaksanakan *dock* tahunan harus diadakan pembersihan pada tanki ekspansi dan mengganti air pendingin dengan air yang bersih.
- b) Pemeriksaan kualitas air pendingin di dalam sistem

Agar motor induk terpelihara dari tegangan panas dan tegangan mekanisnya dalam batas-batas normal (sesuai buku petunjuk perawatan) maka panas yang timbul harus dapat dikendalikan, keadaan tersebut hanya bisa dengan cara mengedarkan media pendingin dalam jumlah yang tepat, tekanan yang cukup (normal) ke seluruh komponen motor induk.

Ini menjadi tugas para masinis agar kualitas air pendingin di dalam sistem sesuai dengan buku petunjuk pada suhu 20°C (pH=6,5–8,5). Dilaksanakan pengecekan pH air menggunakan pH *paper kit* dan pengetesan air pendingin di exspansi tank setiap 500 jam sekali dan diberikan *chemical (unitor)* dengan perbandingan 1 ton : 4 liter serta di *blow down*.

Ada beberapa unsur yang dapat menimbulkan kekerasan, kadar garam tinggi, ini juga harus dihindari karena akan menimbulkan kerak yang dapat menghalangi penyerapan panas. Kadar oksida kalsium, dan kloridanya harus serendah mungkin. Kadar pH sebaiknya normal karena pH yang tinggi akan bersifat asam yang korosi terhadap logam baik pada pompa-pompa, juga pada dinding pendingin motor induk

tetapi juga jangan asam basa yang tinggi karena akan tidak baik sebagai air pendingin.

3) Spesifikasi Air Pendingin

Menurut P. Van Maanen (2001:82) bahwa air tawar pendingin dalam fungsinya sangat penting dalam menjaga kelancaran pengoperasian Motor Induk. Untuk mempertahankan tujuan pendinginan perlu dipertahankan temperatur yang telah ditetapkan dalam buku petunjuk.

Demikian juga suhu air pendingin harus dijaga sesuai dengan harga marginalnya. Hal tersebut untuk mencegah terlampaunya titik embun dari gas pembakaran yang mendukung CO₂, sehingga akan berubah dengan terbentuknya asam belerang pada ruang pembakaran, katup-katup, dan *nozzle*. Dikarenakan sifatnya yang mudah mengikat senyawa dengan unsur lain ke dalamnya, air pendingin tersebut sebagai kendala yang dapat menimbulkan kerak-kerak. Dengan demikian dalam fungsinya menunjang proses pendinginan, perlu diadakan pencegahan-pencegahan yang dapat mengganggu atau merusak sistem. Keadaan tersebut sangat kompleks dan besar pengaruhnya dalam pengoperasian Motor Induk. Kerak-kerak air yang melekat di sekitar ruang pendingin dari sistem akan berfungsi sebagai isolator panas, maka penyerapan panas terhadap temperatur yang lebih tinggi akan terhambat.

Hal lain terjadi adalah penyempitan hingga proses sirkulasi air terganggu, pengikisan bahan diakibatkan oleh kadar pH dan ppm terlalu tinggi, karena kekuatan bahan akan cepat turun dan terjadi pemborosan bahan dalam menggantinya. Seperti diketahui kekuatan suatu bahan selain dipengaruhi oleh usianya juga dikarenakan pengaruh media pendingin seperti pH, *temperature* dan tegangan *thermis*.

Air tawar pendingin motor induk yang baik adalah air dari kondensat (*distilate*), Analisanya adalah sebagai berikut :

a) Keasaman air (pH) Alkalis

Keasaman air pendingin penting dalam system pendingin, keasaman air pendingin (pH) kurang lebih 7, bila pH pendingin kurang dari 6,5 maka akan bersifat asam. Hal ini akan sangat berpengaruh terhadap mesin dan akan membuat bagian mesin mudah terjadi korosi yang akan berpengaruh pada air pendingin dan menyebabkan kurang baiknya penyerapan panas oleh air pendingin.

b) Kekerasan antara 3 – 12 derajat german (d. GH)

Apabila menggunakan bahan kimia sebagai pengangkat korosi, biasanya dimasukan pertama kali sebelum motor dijalankan dengan konsentrasi sekitar 3. 2 kg / 100 liter air tawar pendingin. Apabila kadar air pendingin kekerasan dari 12 d. GH, untuk melemahkannya bias dicampur dengan air yang telah didetonisasi, yang pada umumnya mempunyai kekerasan permanen, bahan yang biasa dipakai berupa magnesium sulfat.

c) Kandungan chloor (< 100 mg / ltr)

Air pendingin yang mengandung mineral mudah membentuk kotoran-kotoran atau partikel di dalam air yang selanjutnya akan menempel pada dinding saluran air (instalasi) dan mesin akan menghambat pemindahan panas dari bagian mesin ke air pendingin, maka air pendingin yang baik tidak mengandung mineral. Untuk mensterilkan mineral tersebut digunakan chloor, namun chloor bersifat korosif terhadap mesin. Maka konsentrasi chloor tidak boleh lebih dari 100mg/liter.

d) Nitrite Min 1200

Pengendalian korosi dilakukan dengan cara menambah *chemical* yang berfungsi sebagai penghambat, biasanya menggunakan Nitrit. Dosis nitrit pada air pendingin minimum sebesar 1200 karena suatu penghambat hanya dapat bekerja efektif setelah kadarnya mencapai harga tertentu. Kadar minimum yang dibutuhkan oleh nitrit agar bekerja secara efektif disebut batas kritis. Pemakaian nitrit yang melebihi batas kritis akan menambah biaya operasional. Jika kadar nitrit turun dibawah batas kritis bukan hanya tidak efektif tetapi dapat pula menyebabkan *pitting corrosion*.

3. Motor Diesel Bantu

a. Definisi Motor Diesel bantu

Pesawat Bantu adalah Seluruh pesawat yang ada diatas kapal baik yang berada diatas kapal deck maupun di dalam kamar mesin – mesin kecuali mesin induk yang fungsinya memperlancar pengoperasioan mesin induk dan operasi kapal secara perkesinambungan dengan aman dan selamat. Mesin diesel adalah sebuah mesin dengan sistem penyalan kompresi (*Compression – Ignition Engine*) dimana pembakaran dilakukan di dalam ruang bakar dengan

menggunakan panas untuk sistem penyalan dan pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar yang telah diinjeksikan sebelumnya.

b. Langkah Kerja

Menurut P. Van Maanen (1995;19) proses kerja mesin diesel memerlukan dua putaran poros engkol, empat langkah torak. Proses akan dibahas sejak torak berada di kedudukan teratas atau titik mati atas (TMA). Kedudukan torak disebut demikian 0 (Nol) demikian langkah berikut berturut turut adalah :

1) Langkah masuk

Pada saat torak digerakkan kebawah oleh engkol, maka akan terjadi penurunan tekan akibat penambahan volume diatas torak. Melalui katub masuk, digerakkan secara mekanis, udara dihisap dari atmosfer sekelilingnya. Tekanan dalam silinder akan lebih dari tekanan atmosfer.

2) Langkah kompresi

Pada saat torak sampai dititik mati bawah (TMB) arah gerakan akan membalik. Tidak lama kemudian katup masuk tertutup dan udara dalam silinder akan dikompimir pada langkah lebih lanjut dari torak. Tekanan udara dalam silinder akan meningkat hingga 35 bar - 40 bar, sedangkan suhunya akan meningkat hingga 550°C - 600°C. pada akhir langkah kompresi bahan bakar dalam bentuk halus disemprotkan kedalam udara panas, campuran bahan bakar/ udara akan menyala dengan segera. Penyemprotan bahan bakar masih berlanjut beberapa saat. Poros engkol menjalani sudut 20° - 30° selama waktu penyemprotan bahan bakar. waktu pembakaran dapat berlangsung lebih lama dari waktu penyemprotan.

3) Langkah kerja

Setelah torak mencapai TMA lagi dan muali dengan langkah ke bawah, tekanan gas dalam silinder masih meningkat hingga 45 bar- 50 bar sedangkan suhu meningkat hingga 1500 °C – 1600°C setelah pembakaran berakhir gas pembakaran akan berekspansi dalam silinder sebagai akibat volume meningkat diatas torak. Tekanan dan suhu akan menurun dengan cepat. Menjelang akhir langkah, katup buang terbuka dan gas pembakaran akan mengalir keluar silinder dengan kecepatan tinggi kesaluran gas buang. Pada akhir langkah ekspansi, pada saat katup buang terbuka suhu gas masih berkisar 600°- 700°C dan tekanan gas 3-4 bar.

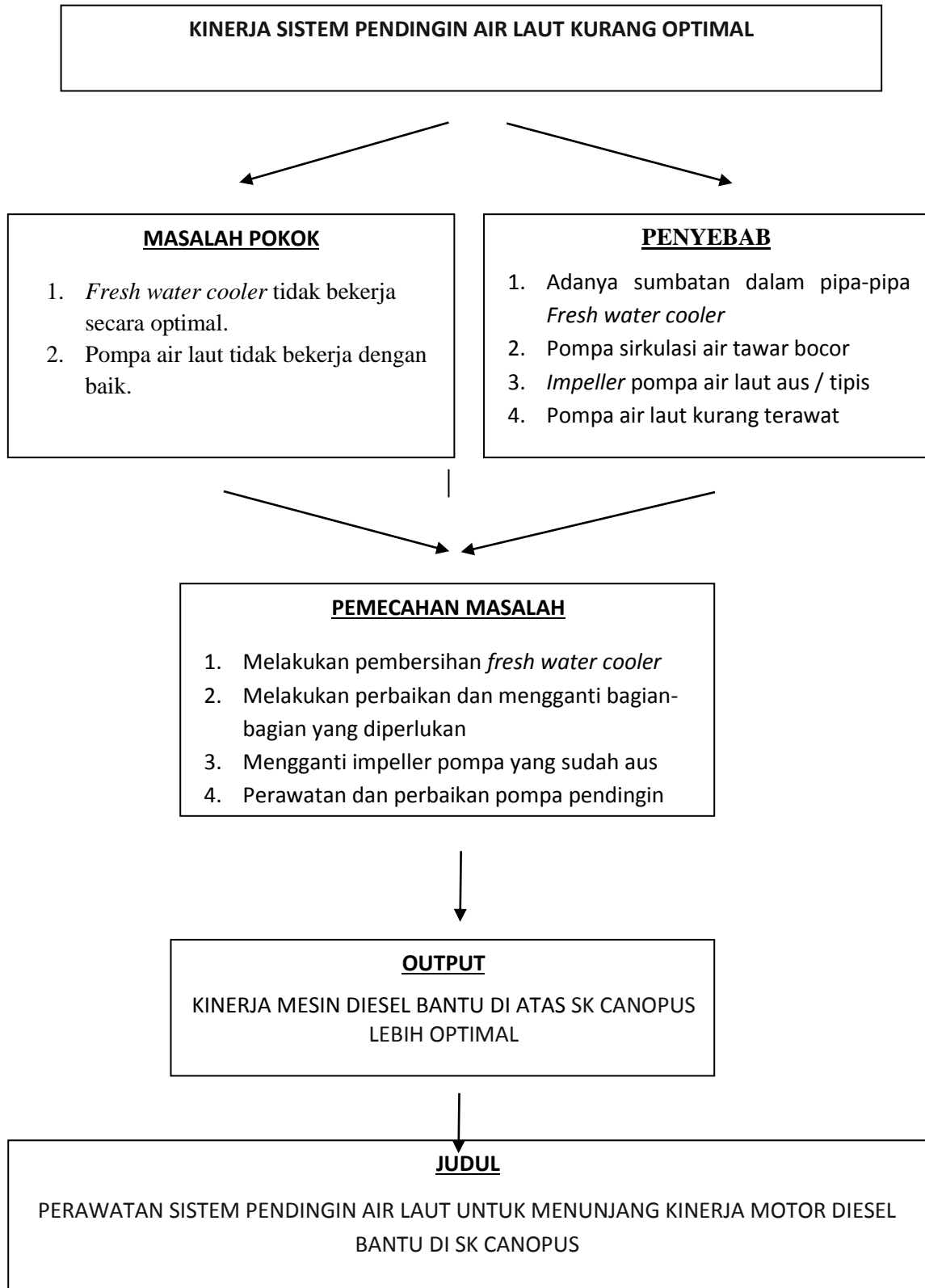
4) Langkah buang

Selama langkah keatas berikut, gas pembakaran yang masih tertinggal dalam silinder didesak keluar silinder melalui katup buang yang masih terbuka. Tekanan gas sedikit lebih besar dari tekanan atmosfer. Sebelum langkah buang berakhir katup masuk telah terbuka dan setelah mencapai TMA, proses akan dimulai lagi.

c. Pesawat Bantu dan Fungsinya

- 1) Pompa – pompa gunanya untuk memindahkan cairan / udara dan suatu tempat ke tempat lain.
- 2) Pesawat pengubah panas gunanya untuk menurunkan / menaikkan suhu suatu cairan / gas menjadi lebih tinggi/rendah.
- 3) Tangki gunanya untuk menyimpan persediaan bahan bakar, minyak lumas, air tawar, air laut / ballast dan lain-lain.
- 4) Filter-filter gunanya untuk membersihkan cairan gas dengan prinsip saringan (santrifuse) dan kotoran-kotoran cair atau padat dengan jalan memberikan gaya sentrifugal.
- 5) Separator got gunanya untuk membersihkan air got yang dibuang ke laut dan minyak /kotoran untuk membuat air tawar kapal niaga dan kemb
- 6) Separator got gunanya untuk membersihkan air got yang dibuang ke laut dan minyak / kotoran mencegah pencemar laut/ling kungan.
- 7) Evarator gunanya untuk membuat air tawar dan air laut dengan proses penyulingan
- 8) Pesawat pesawat digeladak kapal gunanya untuk kelancaran jalannya kapal dan pemuatan.
- 9) Ejektor gunanya untuk memindahkan udara /cairan dengan jalan pancaran
- 10) Kompresor udara, gunanya untuk menghasilkan udara kerja dengan tekanan tinggi

B. KERANGKA MAKALAH



BAB III

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

Dalam sirkulasi sistem pendingin air tawar, air yang telah mendinginkan mesin akan dihisap oleh pompa sirkulasi, kemudian ditekan ke *cooler* untuk didinginkan oleh air laut yang melewati *cooler*. Air laut yang telah mendinginkan air tawar tadi akan keluar lagi ke laut. Sedangkan untuk air tawar yang suhunya sudah turun akan bersirkulasi masuk mesin lagi. Dari uraian tersebut di atas, penulis sangat tertarik untuk menulis tentang sistem pendingin pada motor diesel bantu. Seperti suhu mesin bantu yang sangat tinggi sampai 85°C sehingga *alarm Fresh Water High Temperature berbunyi*.

Fakta-fakta yang terjadi selama penulis bekerja di atas kapal SK Canopus adalah sebagai berikut :

1. *Fresh Water Cooler* Tdak Bekerja Secara Optimal

Pada tanggal 23 Maret 2017 saat kapal melakukan pekerjaan *anchor handling* dengan putaran mesin penuh tiba-tiba alarm mesin bantu berbunyi. Hal ini berawal saat kapal akan membantu *Crane Barge*, temperatur mesin bantu sebelah kanan (*Starbord Side*) naik hingga mencapai 85°C. Masinis Jaga memeriksa secara visual pada Monitor informasi yang ada pada mesin bantu tertulis; "*Cooling water temperature too high*" dan ada peringatan di monitor untuk "*Reduce Temperature*" artinya temperatur air pendingin pada silinder terlalu panas dan harus mengurangi beberapa peralatan yang bekerja seperti blower dan lain-lainnya guna mengurangi beban pemakaian sehingga secara langsung temperature akan ikut berkurang (sebagai tindakan sementara)

Kemudian dilakukan pemeriksaan secara manual melalui pengambilan temperatur dengan memakai *temperature scanner portable* dan diketahuilah bahwa temperatur sudah mencapai 85°C. Bila kita lihat buku harian kapal temperatur normal mesin pada saat putaran penuh hanya 75°C sampai 80°C, apabila keadaan ini tidak dilakukan tindakan maka temperatur akan bertambah tinggi secara bertahap dan akan mengakibatkan berhenti secara *automatic*. Bila kejadian seperti ini terjadi maka akan mempengaruhi kegiatan pekerjaan, dimana terjadi keterlambatan operasional sa . Hal ini mengakibatkan pihak kantor / perusahaan mendapatkan teguran dari pihak pencharter.

2. Pompa Air Laut Tidak Bekerja Dengan Baik

Pada 25 Maret 2017, tiba-tiba tekanan pompa air laut pendingin yang masuk ke *cooler* turun di bawah tekan $2,0 \text{ kg/cm}^2$ dari batas normalnya $3,5 \text{ kg/cm}^2$, sehingga suhu air tawar mesin bantu naik mencapai 85°C dimana suhu normalnya antara 75°C sampai 80°C . Sehingga *alarm Fresh Water High Temperature berbunyi*. Untuk mengatasi masalah tersebut maka masinis jaga melakukan pemeriksaan pada saringan air laut yaitu saringan hisap sebelum pompa air laut, ternyata ditemukan banyak kotoran di dalam saringan air laut tersebut sehingga dilakukan pembersihan saringan. Hal ini sering terjadi karena daerah daerah yang dilalui adalah daerah 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 *cooler* air tawar sehingga penyerapan panas berkurang.

Perlu diketahui pompa air laut di atas kapal SK Canopus ada 4 (empat) buah yaitu pompa air laut pada mesin bantu, pompa air laut pada *ballast*, pompa air laut *generel service pump (G.S Pump)*, dan pompa air laut untuk motor bantu. Semua pompa ini dihubungkan secara paralel. 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.

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. *Fresh Water Cooler* Tidak Bekerja Secara Optimal

Hal ini disebabkan oleh :

a. Adanya Sumbatan Dalam Pipa-Pipa *Fresh Water Cooler*

Fresh water cooler merupakan suatu pesawat yang berfungsi menurunkan panas tanpa merubah *fase* dari yang didinginkan, misalnya jika yang masuk *fase* air laut maka yang keluar *fase* air laut, yang mana gunanya untuk mendinginkan air tawar yang keluar dari mesin bantu 85°C dan masuk mesin bantu 75°C . Apabila di dalam *cooler* terdapat kotoran seperti plastik atau kotoran yang menyumbat pipa, maka akan mengakibatkan penyerapan panas terhadap air tawar akan berkurang sehingga temperatur air tawar yang keluar dari *cooler* tersebut tetap tinggi. Maka hal ini dinamakan proses pendinginan tidak sempurna.

Fresh water cooler merupakan bagian yang penting dalam hal untuk pendinginan air tawar pendingin karena sesuai dengan fungsinya yaitu menurunkan panas. Pendingin dari sistem pendingin mesin bantu 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 sebagian pengatur pendingin air bila mana terjadi gangguan pada bekerjanya *cooler* untuk menjaga sistem pendingin mesin bantu. 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. Pompa Sirkulasi Air Tawar Bocor

Terjadinya panas pada pendingin mesin bantu disebabkan oleh kurang optimalnya peralatan penunjang aliran air tawar pendingin motor diesel bantu seperti pompa sirkulasi air tawar . Pada pompa sirkulasi air tawar 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 pompa sirkulasi air tawar akan mengakibatkan air keluar dari pompa pada saat mesin bantu berputar dan dengan otomatis tekanan pada pompa akan berkurang sehingga sistem pendinginan kurang bekerja secara normal. Kebocoran tersebut dapat disebabkan oleh kurangnya pendinginan yang menyebabkan kedua permukaan kontak yang selalu bergesekan menjadi panas, dan mengakibatkan kedua permukaan *seal* aus dan terjadi pengurangan tekanan sistem pendingin akibat dari kebocoran.

2. Pompa Air Laut Tidak Bekerja Dengan Baik

Hal ini disebabkan oleh :

a. *Impeller* Pompa Air Laut Aus / Tipis

Impeller adalah salah satu bagian pompa yang berputar dan berfungsi mengalirkan air laut dalam sistem, dimana sistem pendingin dialirkan ke mesin bantu 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 dudukkan *impeller* hingga patah. Kebanyakan kerusakan tersebut diakibatkan dari getaran (*Vibration*) dan tidak seimbang 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 oleh kotoran. Akibat dari kinerja *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 produksi dari pompa menurun.

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. Pompa Air Laut Kurang Terawat

Pompa air laut berfungsi untuk menghisap air laut dan menekan air kedalam 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* (Churh, Austin.H, 1986:4). *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 SK Canopus hampir mencapai 5 tahun, sementara kadar garam air laut di daerah Laut Jawa 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 bantu kurang tersedia, dikarenakan pengiriman suku cadang yang terlambat, sehingga dalam perawatan sistem pendingin mesin bantu menjadi terkendala, dan dapat mengakibatkan terganggunya operasi kapal serta menimbulkan kerusakan-kerusakan di dalam mesin bantu.

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. *Fresh Water Cooler* Tidak Bekerja Secara Optimal

Alternatif pemecahan masalahnya adalah :

1) Melakukan Pembersihan *Fresh Water Cooler*

Untuk mengatasi *fresh water cooler* yang kotor atau buntu, maka perlu dilakukan pembersihan *striner* dan *sea chest* setiap satu bulan dan *cooler* dilakukan perawatan setiap 2 bulan, disesuaikan dengan kondisi kinerja *cooler* tersebut. Untuk pengecekan dan pembersihan secara keseluruhan maka setiap 2 tahun kapal dilakukan saat kapal *docking*, dengan prosedur pertama membuat *repair list docking*, untuk pipa dan katup instalasi air laut masuk *fresh water cooler*. Perawatan *fresh water cooler* yaitu dengan membuka tiap lembaran plat-plat *cooler* dan dibersihkan dengan memakai sabun detergen dan menggunakan sikat yang bahannya tidak terlalu kasar sehingga tidak merusak seal atau karetanya.

Air laut yang keluar dari *fresh water cooler* suhunya berkisar antara 40⁰C- 45⁰C 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 di dalam pipa kapiler yang terkandung di dalam *fresh water cooler* terdapat kotoran seperti lumpur 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 pelat-pelat di dalamnya. Pemeriksaan juga harus dilakukan pada *zinc anode* yang berfungsi sebagai pelindung permukaan logam pada bagian dalam *Cooler*. Pemeriksaan ini perlu dilakukan karena *zinc anode* bisa rapuh kondisinya karena reaksi kimia air laut yang salinitasnya tinggi. Apabila diketahui kondisi dari *zinc anode* sudah rapuh akibat reaksi kimia tersebut, maka perlu dilakukan penggantian dengan yang baru. Penggantian *zinc anode* dianjurkan apabila kondisinya sudah sekitar 75% rapuh agar dalam proses pengantiannya lebih mudah pada saat akan dilepaskan.

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

a) Perawatan dan pembersihan *fresh water cooler* adalah:

- (1) Buka tiap lembaran *plat-plat cooler* dan dibersihkan dengan memakai sabun detergen dan menggunakan sikat yang bahannya tidak terlalu kasar sehingga tidak merusak seal atau karetnya.
- (2) Lakukan penyemprotan dengan menggunakan air tawar supaya kotoran–kotoran dan endapan lumpur yang melekat pada *cooler* terlepas.
- (3) Perhatikan 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*.

b) Perawatan *cooler*

Sesuai dengan fungsinya, *cooler* adalah sebagai alat pendingin air yang keluar dari motor diesel bantu akan didinginkan di *cooler* oleh air laut yang bersirkulasi terbuka. *Cooler* dikatakan bekerja normal bila perbedaan suhu air tawar masuk dan keluar $\pm 10^{\circ}\text{C}$, dimana suhu air

tawar keluar *cooler* berkisar antara 60°C– 70°C, untuk mendapatkan temperatur yang dikehendaki maka *cooler* perlu dirawat secara rutin.

Bila suhu mesin naik yang disebabkan oleh *cooler*, maka dilakukan perawatan atau pemeriksaan. Langkah-langkah perawatan pada *cooler* yaitu :

- (1) Buka *cover cooler*.
- (2) Periksa *tube* atau lubang pipa kapiler pada *cooler* .
- (3) Sogok *tube* atau lubang pipa kapiler dengan menggunakan alat sogok yang lunak seperti rotan atau alat khusus pembersih *cooler*
- (4) Semprot dengan air tawar agar kotoran-kotoran keluar.
- (5) *Cover cooler* dibersihkan dengan sikat kawat agar kerak-kerak yang menempel terlepas.
- (6) Tambahkan / pasang zink anode pada kedua sisi cover atau tutup *cooler* sebagai anti karat

Pemipaan pada sistem pendingin berguna untuk sarana jalannya air tawar dalam sirkulasi sehingga aliran air dalam sirkulasi diharapkan tidak banyak hambatan atau gesekan. Pipa-pipa ini penting untuk mendapat perawatan supaya banyaknya air dan tekanannya disirkulasikan tetap stabil. Terutama hambatan air dalam sirkulasi adalah terdapatnya kerak-kerak yang menumpuk pada pipa-pipa instalasi yang mengakibatkan terganggu dan terhambatnya sirkulasi air untuk penyerapan panas. Dalam sistem ini juga diketemukan korosi atau kebocoran pada pipa. Untuk mencegah kerak-kerak dan korosi pada pipa-pipa sirkulasi ini kita dapat menambahkan zat additive (*water coolant treatment*) di air tawar pada tanki ekspansi. Sedangkan yang keropos dari luar, maka pipa setelah pergantian yang baru, pipa tersebut harus diberi cat dasar dulu dan setelahnya dicat.

Tanki ekspansi yang letaknya ditempatkan di kamar mesin di sebelah atas dari sistem pendingin, merupakan tanki penampungan air pendingin yang berguna untuk sistem apabila terjadi kebocoran dalam sistem pendingin. Air dalam tanki ekspansi harus dijaga dalam batas tertentu dengan melihat gelas duga yang terpasang di samping tanki ekspansi.

Apabila tanki ekspansi berkurang isinya, maka dapat ditambah dengan membuka keran pengisian tersebut. Air dalam tanki ekspansi ini langsung berhubungan dengan pipa instalasi dalam sistem yang maksudnya agar apabila terjadi kebocoran yang timbul dengan tiba-tiba, maka air ekspansi itu mengisi kekosongan, pada instalasi agar tekanan pompa tetap stabil dan menghindari pompa menghisap angin. Tanki ekspansi ini perlu mendapat perawatan. Cara perawatan disini

adalah melaksanakan pembersihan tanki dengan membuang atau menguras air dalam tanki, membersihkan kotoran-kotoran baik kerak maupun lumpur yang mengendap dalam tanki. Perawatan itu dilakukan agar kotoran baik kerak maupun lumpur tersebut yang mengendap dalam tanki tidak ikut bersirkulasi dalam sistem air pendingin motor diesel bantu sehingga semua saluran dalam sistem tidak tersumbat dan untuk mencegah terjadinya korosi.

c) Perawatan air tawar menggunakan *chemical*

Perawatan terhadap air tawar pendingin akan mengurangi bahaya korosi pada komponen motor, itulah pentingnya pemberian bahan pelindung korosi yang bahannya bisa berupa bahan kimia atau minyak emulsi. Analisanya adalah kekerasan antara 3 sampai 12 derajat german (dGH), nilai Ph pada 20°C adalah 7 sampai 8 (alkalis lemah), kandungan ion choor < 100 mg/lit, bebas gas CO².

- (1) Bila nilai pH air tawar kurang dari 7 misalkan nilai pH 6 maka dilakukan penambahan *chemical fresh water treatment* sebanyak 1 liter *chemical* untuk 1000 liter air tawar jika kapasitas air tawar dalam sistem 6000 liter maka penambahan chemical sebanyak 6 liter,
- (2) Bila nilai pH air tawar lebih dari 8 maka dilakukan penggantian air tawar caranya *blow down* air tawar pada tanki ekspansi sampai batas low kemudian isi air ekspansi sampai batas maksimal pengisian dan pompa sirkulasi air tawar pendingin motor diesel bantu dijalankan selama 1 jam lalu dilakukan pengetesan pH air tawar sampai nilai pH normal antara 7-8.
- (3) Untuk mendapatkan hasil air tawar yang baik perlu menambahkan *additive* bahan kimia (*chemical*). Untuk mempertahankan kadar *nitrit*, *chloride* dan pH air pendingin biasanya digunakan sejenis *chemical* yaitu *racor NB Liquid* dengan uji air pendingin yang digunakan *spectrapak 309*, salah satu produk dari *UNITOR*

2) Melakukan Perbaikan dan Mengganti Bagian-Bagian yang Diperlukan

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 ini dihubungkan dengan *elektro motor* menggunakan kopling dari poros motor dan poros pompa. 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 yang diijinkan oleh air pendingin untuk air tawar berkisar 2,0–3,0 kg/cm² berdasarkan *manual book*. Oleh karena itu perlu dilakukan perawatan dan perbaikan sebagai berikut :

a) 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, 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) Pengecekan terhadap bahan material dari *bearing*

Untuk pengecekan terhadap bahan material *bearing* bisa dilihat dari bentuk *bearing* dan bisa di *check 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 di *chek* ada atau tidaknya karbon yang tidak rata begitu pula dengan karet *sealnya* masih elastis atau tidak.

c) Penggantian *mechanical seal*

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 *neeple* pendingin

dan buka baut penahan rumah *mechanic seal* serta *bat 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 dikapal lalu pasang kembali.

- d) 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.

- 5) Pemeriksaan pendingin

Untuk pompa sirkulasi air laut pada umumnya *gland packing* didinginkan oleh pipa kecil yang terpasang dari saluran tekan ke *gland packing*-nya. Pipa pendingin ini penting sekali karena sebagai penghantar air untuk pendingin pada *gland packing*-nya akan selalu kedap udara.

- 6) *Penggantian Packing*

Penyambungan untuk bagian-bagian pipa yang lurus, lengkung dan lain-lain, dilakukan dengan menggunakan *flens* kemudian diikat dengan menggunakan mur baut. Agar pada sambungan ini air laut tidak bocor, maka di antara *flens* 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.

Selain perawatan pompa diatas, tangki ekspansi yang letaknya ditempatkan di kamar mesin di sebelah atas sistem pendingin merupakan tangki penampungan air pendingin yang berguna apabila terjadi kebocoran dalam sistem pendingin. Air dalam tangki harus dijaga dalam batas tertentu dengan melihat gelas duga yang terpasang di samping tangki.

Apabila tangki ekspansi berkurang isinya, maka dapat ditambah dengan membuka keran pengisian tersebut. Air dalam tangki ekspansi ini langsung berhubungan dengan pipa instalasi dalam sistem yang maksudnya agar apabila terjadi kebocoran yang timbul dengan tiba-tiba, maka air ekspansi itu mengisi kekosongan pada instalasi agar tekanan pompa tetap stabil dan menghindari pompa menghisap angin. Tangki ekspansi ini perlu mendapat perawatan. Cara perawatannya adalah melaksanakan pembersihan tangki dengan membuang atau menguras air dalam tangki dan membersihkan kotoran-kotoran baik kerak maupun lumpur yang

mengendap dalam tangki.

Perawatan itu dilakukan agar kotoran baik kerak maupun lumpur mengendap dalam tangki tidak ikut bersirkulasi dalam sistem air pendingin mesin bantu sehingga semua saluran dalam sistem tidak tersumbat dan untuk mencegah terjadinya korosi.

Tujuan perawatan adalah untuk menghasilkan suatu alat pengelola yang lebih baik dalam meningkatkan keselamatan para ABK dan peralatannya. Perawatan adalah faktor paling penting dalam mempertahankan keandalan suatu peralatan. Perawatan memerlukan biaya yang besar dan adalah sangat menggiurkan untuk selalu mencoba menunda pekerjaan perawatan agar dapat menghemat biaya, namun jika dituruti hal tersebut, akan segera disadari bahwa sebenarnya penundaan itu akan mengakibatkan kerusakan yang lebih fatal dan justru membutuhkan biaya perbaikan yang lebih besar dari biaya perawatan yang seharusnya dikeluarkan.

b. Pompa Air Laut Tidak Bekerja Optimal

Alternatif pemecahan masalahnya adalah :

1) Mengganti impeller pompa yang sudah aus

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 2,0 bar maka mesin akan terjadi suhu yang berlebihan, sehingga mesin harus diturunkan putarannya, 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 *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.

2) Perawatan dan perbaikan pompa pendingin

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.

Penulis pernah mengalami kejadian dimana pompa pendingin air laut sudah tidak dapat berfungsi secara maksimal, padahal umur pompa belum seharusnya diganti. 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. Perawatan merupakan faktor paling penting dalam mempertahankan kehandalan suatu peralatan. Semua tahu bahwa perawatan memerlukan biaya yang besar sehingga seringkali pekerjaan perawatan ditunda-tunda agar dapat menghemat biaya. Namun jika dituruti godaan itu, akan segera disadari bahwa sebenarnya penundaan itu akan mengakibatkan kerusakan dan justru membutuhkan biaya perbaikan yang lebih besar dari biaya perawatan yang seharusnya dikeluarkan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa untuk mencegah terjadinya kerusakan dini pada pompa pendingin air laut maka harus dilakukan perawatan secara rutin sesuai dengan *Planned Maintenance System (PMS)*.

2. Evaluasi Terhadap Alternatif Pemecahan Masalah

a. *Fresh water cooler* tidak bekerja secara optimal

Evaluasi pemecahan masalahnya adalah :

1) Melakukan pembersihan *fresh water cooler*

Keuntungan :

Dengan membersihkan *fresh water cooler* secara rutin maka kinerja *fresh water cooler* lebih optimal.

Kerugian :

Membutuhkan perencanaan dan waktu untuk perawatan.

2) Melakukan perbaikan dan mengganti bagian-bagian yang diperlukan

Keuntungan :

Dengan melakukan perbaikan dan mengganti komponen yang sudah melebihi running hours maka pompa sirkulasi air tawar bekerja maksimal.

Kerugian :

Membutuhkan waktu dan suku cadang untuk penggantian.

b. Pompa air laut tidak bekerja optimal

Evaluasi pemecahan masalahnya adalah :

- 1) Mengganti *impeller* pompa yang sudah aus

Keuntungan :

Dengan mengganti *impeller* pompa yang sudah aus maka kinerja pompa pendingin air laut lebih optimal.

Kerugian :

Membutuhkan waktu dan suku cadang di atas kapal.

- 2) Perawatan dan perbaikan pompa pendingin

Keuntungan :

Dengan perawatan dan perbaikan pompa pendingin secara berkala maka dapat mencegah terjadinya kerusakan saat pengoperasian.

Kerugian :

Membutuhkan waktu untuk perawatan.

3. Pemecahan Masalah Yang Dipilih

Dari alternatif dan evaluasi pemecahan masalah di atas, maka dapat diketahui bahwa untuk mengatasi masalah yang terjadi pada sistem pendingin air laut maka dapat dilakukan dengan cara :

1. Melakukan pembersihan *fresh water cooler*
2. Perawatan dan perbaikan pompa pendingin

a. Melakukan perbaikan dan mengganti bagian-bagian yang diperlukan

- b. Mengganti impeller pompa yang sudah aus

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan pada bab-bab sebelumnya, bahwa sistem pendingin air laut untuk motor diesel bantu tidak bekerja baik penyebabnya adalah :

1. Perwira mesin yang bertanggung jawab atas bekerjanya *Fresh water cooler* kurang melaksanakan perawatan sesuai *planned maintenance system (PMS)*.
2. Perwira mesin kurang melakukan pemeriksaan secara berkala atas pompa air laut sehingga pompa sentrifugal kurang optimal dan bertanggung jawab atas kerja pompa air laut kurang melakukan perawatan sesuai *planned maintenance system (PMS)*, sehingga kerja pompa kurang maksimal

B. SARAN

Berdasarkan kesimpulan di atas, penulis memberikan saran kepada *crew* mesin

sebagai berikut :

1. Perwira mesin yang bertanggung jawab melakukan pembersihan *fresh water cooler* setiap 2 bulan sekali, agar dapat bekerja secara optimal.
2. Perwira mesin yang bertanggung jawab mengganti baru *Impeller* pompa air laut, yang sudah aus / tipis agar dapat berfungsi dengan baik dan melakukan perawatan pompa air laut sesuai dengan *planned maintenance system (PMS)* agar pompa dapat bekerja maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

Maneen, P. Van. (1983), *Motor Diesel Kapal*, Jilid I, Nautech

Danoeasmoro, Goenawan (2003), *Manajemen Perawatan*, Jakarta : Yayasan Bina Citra Samudra

Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, (1993), *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Jakarta: Balai Pustaka

Johan Handoyo, Jusak (2015), *Sistim Perawatan Permesinan Kapal*, Jakarta : Djangkar

Jusak johan Handoyo, (2015), *Mesin Diesel Pengerak Utama Kapal*, Jakarta : Djangkar

Church, Austin.H (1986), *Pompa dan Blower Sentrifugal*, Jakarta: Penerbit Erlangga

<http://hadiyantogosal89.blogspot.co.id/2013/05>, [diakses pada tanggal 03 April 2018](#)

<https://www.artikata.com/>

<http://www.definisimenurutparaahli.com>