

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



MAKALAH

**PERAWATAN KONDENSOR MESIN PENDINGIN
UNTUK MEMPERTAHANKAN SUHU PADA RUANGAN
BAHAN MAKANAN DI KAPAL SEA EAGLES TIGER**

Oleh :

IPAN IRIYANTO

NIS. 01672 / T-I

PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT I

JAKARTA

2021

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



MAKALAH

**PERAWATAN KONDENSOR MESIN PENDINGIN
UNTUK MEMPERTAHANKAN SUHU PADA RUANGAN
BAHAN MAKANAN DI KAPAL SEA EAGLES TIGER**

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

Oleh :

**IPAN IRIYANTO
NIS. 01672 / T-I**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT I
JAKARTA
2021**

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



TANDA PERSETUJUAN MAKALAH

Nama : IPAN IRIYANTO
NIS : 01672/T-1
Program Pendidikan : Diklat Pelaut - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : PERAWATAN KONDENSOR MESIN PENDINGIN
UNTUK MEMPERTAHANKAN SUHU PADA RUANGAN
BAHAN MAKANAN DI KAPAL SEA EAGLES TIGER

Jakarta, Maret 2021

Pembimbing Materi

Pembimbing Penulisan

Effendi, ST. MM
Penata Tk.I (III/d)
NIP. 19581010 198203 1 004

A. Chalid Pasyah, Dip. Tesl., M. Pd.
Pembina (IV/a)
NIP. 19600814 198202 1 001

Mengetahui : Ketua
Jurusan Teknika

Diah Zakiah, ST. MT
Penata TK. I (III/d)
NIP. 19790517 200604 2015

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



TANDA PENGESAHAN MAKALAH

Nama : IPAN IRIYANTO
NIS : 01672/T-1
Program Pendidikan : Diklat Pelaut - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : PERAWATAN KONDENSOR MESIN PENDINGIN
UNTUK MEMPERTAHANKAN SUHU PADA RUANGAN
BAHAN MAKANAN DI KAPAL SEA EAGLES TIGER

Penguji I

Pande Irianto Subandrio Siregar, MM

Pembina Utama Muda (IV/c)
NIP. 196205221997031001

Penguji II

Imam Fahruddin, S.Si., M.Sc.

Penata Muda Tk.I (III/b)
NIP. 19881120 2015031001

Penguji III

Effendi, ST., MM

Penata Tk.I (III/d)
NIP. 19581010 1982031004

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknika

Diah Zakiah, ST, MT

Penata TK. I (III/d)
NIP. 19790517 200604 2 015

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TANDA PERSETUJUAN MAKALAH	ii
TANDA PENGESAHAN MAKALAH	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
 BAB I PENDAHULUAN	
A. LATAR BELAKANG.....	1
B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH	3
C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	3
D. METODE PENELITIAN	4
E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN	7
F. SISTEMATIKA PENULISAN	7
 BAB II LANDASAN TEORI	
A. TINJAUAN PUSTAKA.....	9
B. KERANGKA PEMIKIRAN	25
 BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
A. DESKRIPSI DATA.....	26
B. ANALISIS DATA.....	28
C. PEMECAHAN MASALAH	32
 BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	
A. KESIMPULAN	46
B. SARAN	46
 DAFTAR PUSTAKA	48
DAFTAR ISTILAH	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sketsa Sistem Pendingin	11
Gambar 2.2 Proses kerja refrigerant	12

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Ship Particular
- Lampiran 2. Constant Pressure Tabel
- Lampiran 3. Gambar Kondensor
- Lampiran 4. Gambar Saringan Pengering (*Filter Dryer*)

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 Upgreding 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 :

“PERAWATAN KONDENSOR MESIN PENDINGIN UNTUK MEMPERTAHANKAN SUHU PADA RUANGAN BAHAN MAKANAN DI KAPAL SEA EAGLES TIGER”

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 :

1. Yth. Bapak Amiruddin, M.M, selaku Kepala Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
2. Yth. Bapak DR. Ali Muktar Sitompul, MT, selaku Divisi Pengembangan Usaha Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
3. Yth. Ibu Diah Zakiah, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
4. Yth. Bapak Effendi, ST.,MM, selaku dosen pembimbing materi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan pikirannya mengarahkan penulis pada sistimatika materi yang baik dan benar

5. Yth. Bapak A. Chalid Pasyah, Dip.Tesl.,M.Pd, selaku dosen pembimbing penulisan yang telah meberikan 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. Seluruh rekan-rekan yang ikut memberikan sumbangsih pikiran dan saran serta keluarga besar, istri dan anak-anak saya yang telah memberikan motivasi selama penyusunan makalah ini.

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

Jakarta, Maret 2021

Penulis,



IPAN IRIYANTO
NIS. 01672 / T-I

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TANDA PERSETUJUAN MAKALAH	ii
TANDA PENGESAHAN MAKALAH	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
 BAB I PENDAHULUAN	
A. LATAR BELAKANG.....	1
B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH	3
C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	3
D. METODE PENELITIAN	4
E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN	7
F. SISTEMATIKA PENULISAN	7
 BAB II LANDASAN TEORI	
A. TINJAUAN PUSTAKA.....	9
B. KERANGKA PEMIKIRAN	26
 BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
A. DESKRIPSI DATA.....	27
B. ANALISIS DATA.....	29
C. PEMECAHAN MASALAH	33
 BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	
A. KESIMPULAN	47
B. SARAN	47
 DAFTAR PUSTAKA	49
DAFTAR ISTILAH	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sketsa Sistem Pendingin	11
Gambar 2.2 Proses kerja refrigerant	12

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Ship Particular
- Lampiran 2. Constant Pressure Tabel
- Lampiran 3. Gambar Kondensor
- Lampiran 4. Gambar Saringan Pengering (*Filter Dryer*)

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Sebuah kapal dapat melakukan pelayaran jarak jauh dalam waktu yang lama. Mengingat bahan makanan sangat memegang peranan penting dalam pelayaran yang jauh, yang terdiri dari bahan makanan kering dan bahan makanan basah.

Terutama bahan makanan basah yang terdiri dari: sayur, daging, ikan, ayam, dan sejenisnya yang harus disimpan dalam ruangan/kamar pendingin yang bersuhu rendah. Bahan makanan inilah kebanyakan rusak akibat suhu ruangan tempat penyimpanannya yang tidak sesuai dengan kebutuhannya. Maka dalam hal ini mesin pendingin memegang peranan sangat penting dalam mempertahankan kesegaran bahan makanan tersebut.

Sebagaimana pengalaman penulis saat bekerja di kapal Sea Eagles Tiger sebagai *Chief Engineer*, tepatnya pada tanggal 10 November 2020 saat kapal beroperasi di Saudi Arabia Aramco Oilfield terjadi masalah pada mesin pendingin bahan makanan. Salah satu permasalahan gangguan pada mesin pendingin bahan makanan adalah terjadinya proses penyerapan panas pada bahan makanan dan ruang pendingin kurang maksimal dikarenakan proses kondensasi tidak normal. Peristiwa ini ditandai dengan tidak tercapainya suhu ruangan pendingin pada ruang pendingin bahan makanan (sayur) dari suhu normalnya yang dikehendaki yaitu antara $+4^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $+6^{\circ}\text{C}$ akan tetapi suhu yang dicapai hanya $+12^{\circ}\text{C}$ sedangkan penyimpanan daging dan ikan yaitu -14°C sampai dengan -18°C di suhu normal akan tetapi suhu yang dicapai menjadi -10°C . Padahal mesin pendingin masih bekerja dan suhu ruang pendingin sudah diatur sesuai kebutuhan, sehingga tidak memenuhi kriteria sesuai ketentuan diatas.

Agar mesin pendingin dapat bekerja dengan normal maka diperlukan penanganan dan perawatan yang tepat, bila hal ini dilakukan dengan baik maka mesin pendingin beroperasi dengan normal.

Permasalahan yang biasanya terjadi pada mesin pendingin adalah kompresor mesin pendingin, banyaknya bunga es pada evaporator, adanya udara yang masuk kedalam system dan kotoran yang menyumbat pipa kondensor.

Kapal yang berlayar yang melayani pengeboran lepas pantai sering berada di laut dalam jangka waktu yang cukup lama, sehingga dibutuhkan adanya persediaan makanan yang cukup. Oleh karena itu mesin pendingin bahan makanan sangat penting peranannya sebagai penunjang kelancaran operasional kapal. Bila mesin pendingin mengalami masalah atau terjadi kerusakan, akan mengakibatkan mesin pendingin bahan makanan tidak dapat bekerja secara optimal dalam mendinginkan ruangan penyimpan makanan. Akibatnya bahan makanan bisa menjadi rusak yang dapat menyebabkan makanan menjadi busuk. Bahan makanan itu tidak dapat diolah lagi dan akhirnya dibuang. Dampaknya kapal akan kekurangan persediaan bahan makanan, sementara kapal masih berlayar atau masih berada ditengah laut dalam waktu yang lama. Dampak lainnya terjadi pemborosan biaya operasional kapal, karena bahan makanan yang telah dibeli dan disimpan di ruangan pendingin sudah rusak yang pada akhirnya dibuang percuma.

Baik dan buruknya kondisi sistem pendingin tergantung pada kelancaran proses pemindahan panas dari dalam ruangan pendingin keluar ruangan melalui perantaraan media pendingin. Proses pengambilan panas yang dilakukan oleh *evaporator* yang dibuang melalui kondensor bisa terjadi bila kompresor bekerja dengan baik.

Dari pemaparan masalah di atas penulis tertarik untuk menulis makalah dengan judul : **"PERAWATAN KONDENSOR MESIN PENDINGIN UNTUK MEMPERTAHANKAN SUHU PADA RUANGAN BAHAN MAKANAN DI KAPAL SEA EAGLES TIGER"**.

B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH

1. Identifikasi Masalah

Adapun permasalahan terkait dengan tidak optimalnya kerja mesin pendingin makanan dalam mendinginkan ruangan antara lain :

- a. Kondensor tidak bekerja dengan baik
- b. Jadwal perawatan berkala belum dilaksanakan secara maksimal
- c. Terjadi kebocoran pada sistem pendingin
- d. Kurangnya pemahaman crew mesin tentang sistem mesin pendingin
- e. Pedoman perawatan yang tidak terlaksana

2. Batasan Masalah

Pembahasan makalah ini penulis menfokuskan pada upaya-upaya untuk menstabilkan kerja mesin pendingin agar system pendinginan bahan makanan di atas kapal Sea Eagles Tiger dapat bekerja secara optimal. Berdasarkan beberapa identifikasi masalah di atas, penulis membatasi pembahasan makalah ini pada:

- a. Kondensor tidak bekerja dengan baik
- b. Jadwal perawatan berkala belum dilaksanakan secara maksimal

3. Rumusan Masalah

Agar lebih mudah dalam mencari pemecahan masalah yang terjadi, maka penulis perlu merumuskan pembahasan pada makalah ini sebagai berikut:

- a. Mengapa kondensor tidak bekerja dengan baik ?
- b. Mengapa jadwal perawatan berkala belum dilaksanakan secara maksimal ?

C. TUJUAN DAN MAAFAAT PENELITIAN

1. Tujuan Penelitian

- a. Untuk mengetahui penyebab kondensor tidak bekerja dengan baik dan mencari alternatif pemecahan masalahnya.

- b. Untuk mengetahui penyebab jadwal perawatan berkala belum dilaksanakan secara maksimal dan mencari alternatif pemecahan masalahnya.

2. Manfaat Penelitian

a. Aspek Teoritis

- 1) Diharapkan dapat memperkaya pengetahuan bagi penulis sendiri maupun bagi kawan-kawan satu profesi untuk mengetahui bagaimana upaya untuk meningkatkan kondisi mesin pendingin makanan.
- 2) Diharapkan dapat memberikan sumbang saran kepada lembaga STIP Jakarta sebagai bahan kelengkapan perpustakaan sehingga berguna bagi rekan-rekan pasis.

b. Aspek Praktisi

- 1) Untuk memberi masukan dan bahan kajian bagi perusahaan dan pihak terkait dalam pengambilan kebijakan tentang perawatan kondensor.
- 2) Untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan program Upgrading ATT I di STIP Jakarta.

D. METODE PENELITIAN

Dalam penyusunan makalah ini penulis memerlukan data yang relevan agar dapat memperoleh hasil penulisan yang baik. Untuk mengumpulkan data tersebut penulis menggunakan metode-metode sebagai berikut :

1. Teknik Pendekatan

Metode pendekatan yang digunakan dalam makalah ini adalah deskriptif kualitatif. Deskriptif kualitatif adalah upaya pengolahan data menjadi sesuatu yang dapat diutarakan secara jelas dan tepat dengan tujuan agar dapat dimengerti oleh orang yang tidak langsung mengalaminya sendiri, yang disajikan dalam uraian kata-kata.

Menurut Nazir (2018:12) penelitian deskriptif kualitatif merupakan salah satu dari jenis penelitian yang termasuk dalam jenis penelitian kualitatif. Metode deskriptif merupakan suatu metode dalam meneliti status sekelompok manusia, suatu objek, suatu set kondisi, suatu sistem pemikiran ataupun suatu kelas peristiwa pada masa sekarang. Tujuan dari penelitian deskriptif ini adalah untuk membuat deskripsi, gambaran, atau lukisan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antarfenomena yang diselidiki.

Menurut Sugiyono (2005:12) menyatakan bahwa metode deskriptif adalah suatu metode yang digunakan untuk menggambarkan atau menganalisis suatu hasil penelitian tetapi tidak digunakan untuk membuat kesimpulan yang lebih luas. Menurut Whitney (2010), metode deskriptif adalah pencarian fakta dengan interpretasi yang tepat.

Adapun masalah yang dapat diteliti dan diselidiki oleh penelitian deskriptif kualitatif ini mengacu pada studi kuantitatif, studi komparatif (perbandingan), serta dapat juga menjadi sebuah studi korelasional (hubungan) antara satu unsur dengan unsur lainnya. Kegiatan penelitian ini meliputi pengumpulan data, analisis data, interpretasi data, dan pada akhirnya dirumuskan suatu kesimpulan yang mengacu pada analisis data tersebut.

2. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penyusunan makalah ini, penulis menggunakan beberapa cara untuk membantu dalam menganalisa dan membahas permasalahan yang ada. Adapun teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu :

a. Teknik Observasi

Teknik ini merupakan suatu metode yang sistematis dan yang dipertimbangkan dengan baik melalui pengamatan, penyelidikan dan penelitian serta pengumpulan data dari kapal secara langsung dalam penanganan pada masalah tidak tercapainya suhu di ruang pendingin makanan yang diinginkan di kapal Sea Eagles Tiger pada saat penulis bekerja di kapal tersebut.

b. Studi Pustaka

Metode ini digunakan untuk mencari dan mendapatkan informasi dalam perawatan dan penanganan permasalahan dalam operasional ruang pendingin dan alat alat yang mendukung bekerjanya ruang pendingin dengan cara membaca buku manual, buku-buku, literatur serta sumber-sumber lainnya yang ada hubungannya dengan permasalahan untuk menyusun kerangka teori yang relevan dengan pokok bahasan.

c. Dokumentasi

Membaca laporan-laporan terdahulu mengenai segala kerusakan dan perbaikan yang pernah dilakukan sebelumnya serta membaca jurnal jaga engine departemen mengenai temperatur ruang pendingin makanan yang ditulis dalam *log book*.

3. Teknik Analisis Data

Untuk menganalisa data yang di peroleh maka penulis melakukan analisa secara analisis akar permasalahan, dimana penulis mengadakan pengkajian dari data data yang diperoleh sehingga dapat ditemukan solusi dari permasalahan yang terjadi.

Menurut Nazir (2018:12) bahwa *Root Cause Analysis* (RCA) adalah suatu metode pemecahan masalah yang bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah atau peristiwa. Praktek *Root Cause Analysis* (RCA) didasarkan pada keyakinan bahwa masalah-masalah yang terbaik dipecahkan dengan memperbaiki atau menghilangkan akar penyebab, bukan hanya untuk segera mengatasi gejala yang jelas. Dengan mengarahkan langkah-langkah perbaikan pada akar permasalahan, diharapkan bahwa kemungkinan terulangnya masalah akan diperkecil.

Root cause analysis merupakan suatu proses mengidentifikasi penyebab-penyebab utama suatu permasalahan dengan menggunakan pendekatan yang terstruktur dengan teknik yang telah didesain untuk berfokus pada identifikasi dan penyelesaian masalah.

E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

Waktu penelitian dilaksanakan pada saat penulis bekerja di atas kapal Sea Eagles Tiger sebagai *Chief Engineer* sejak bulan Maret 2020 sampai dengan bulan Desember 2020. Adapun tempat penelitian dalam makalah ini yaitu mesin pendingin di atas kapal Sea Eagles Tiger, dengan alur pelayaran *Near Coastal Voyage (NCV)* yaitu Saudi Arabia Aramco Oil field.

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 penulisan, 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 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

Data yang diambil dari lapangan berupa fakta-fakta berdasarkan pengalaman penulis selama bekerja di Kapal Sea Eagles Tiger sebagai *Chief 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. *Refrigerasi* / Pendinginan

a. Definisi Refrigerasi

Menurut Hartanto (2005:21) refrigerasi adalah suatu sistem yang memungkinkan untuk mengatur tingkatan suhu suatu bahan atau ruangan sampai mencapai tingkatan suhu yang lebih rendah dari suhu lingkungan atau suhu atmosfer dengan cara penyerapan panas dari bahan atau ruangan tersebut. Proses penyerapan panas ini berlangsung selama terjadinya proses penguapan *refrigerant* didalam *evaporator*. Panas yang diserap dari ruangan pendingin disebabkan pada proses penguapan *refrigerant* dari bentuk cair menjadi gas memerlukan energi panas. Energi panas yang diperlukan untuk perubahan bentuk *refrigerant* dari bentuk cair ke bentuk gas disebut panas laten yang besarnya sama dengan panas yang diserap dari ruangan sekitarnya.

Sebagaimana kita ketahui Panas (*Heat*) yang merupakan salah satu bentuk energi, dapat bergerak dari zat atau benda yang bertemperatur tinggi (*Hot*) ke zat atau benda yang bertemperatur lebih rendah (*Cold*). Zat yang ditinggalkan panas akan turun temperaturnya atau kemungkinan kedua akan berubah bentuknya, sebaliknya zat yang didatangi panas atau menganbil panas temperaturnya menjadi naik atau kemungkinan kedua akan berubah bentuk..

Sebagai contoh nyata dari hal tersebut di atas yaitu contoh pertama jika pada saat kulit kita terkena tetesan alcohol atau spiritus maka kulit akan terasa dingin. Ini disebabkan karena kulit kita ditinggalkan panas yang digunakan untuk proses penguapan alcohol atau spiritus. Contoh kedua yaitu jika kita merasakan dingin saat berada di ruangan pendingin, mengapa hal itu terjadi ? jawabnya adalah rasa dingin yang kita alami saat berada di ruangan pendingin disebabkan hilangnya panas tubuh kita ke suatu ruangan yang lebih dingin (yaitu ruangan yang panasnya pun diperlukan untuk proses penguapan sistem pendingin).

Menurut Ilyas (2003:48) dalam buku Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan, bahwa refrigerasi dapat dikatakan juga sebagai proses pemindahan panas dari suatu bahan atau ruangan ke bahan atau ruangan lainnya. Refrigerasi memanfaatkan sifat panas dari bahan refrigrant selagi bahan itu berubah keadaan dari bentuk cairan menjadi bentuk gas atau uap dan sebaliknya dari gas kembali menjadi cairan. Sedangkan menurut Hartono (2005:36) dalam bukunya Teknik Mesin Pendingin, menyebutkan pendinginan atau refrigrasi adalah suatu proses penyerapan panas pada suatu benda dimana proses ini terjadi karena proses penguapan bahan pendingin (*refrigerant*).

Baik dan buruknya kondisi sistem mesin pendingin tergantung pada kelancaran proses pemindahan panas dari dalam ruangan pendingin keluar ruangan melalui perantaraan media pendingin. Proses pengambilan panas yang dilakukan oleh *evaporator* dan dibuang melalui kondensor bisa terjadi bila kompresor bekerja dengan baik. Prinsip kerja dari system pendingin adalah memindahkan panas atau menyerap panas dari suatu ruangan melalui media yang disebut dengan *refrigerant*, sehingga ruangan tersebut menjadi dingin atau temperaturnya turun sesuai yang diinginkan.

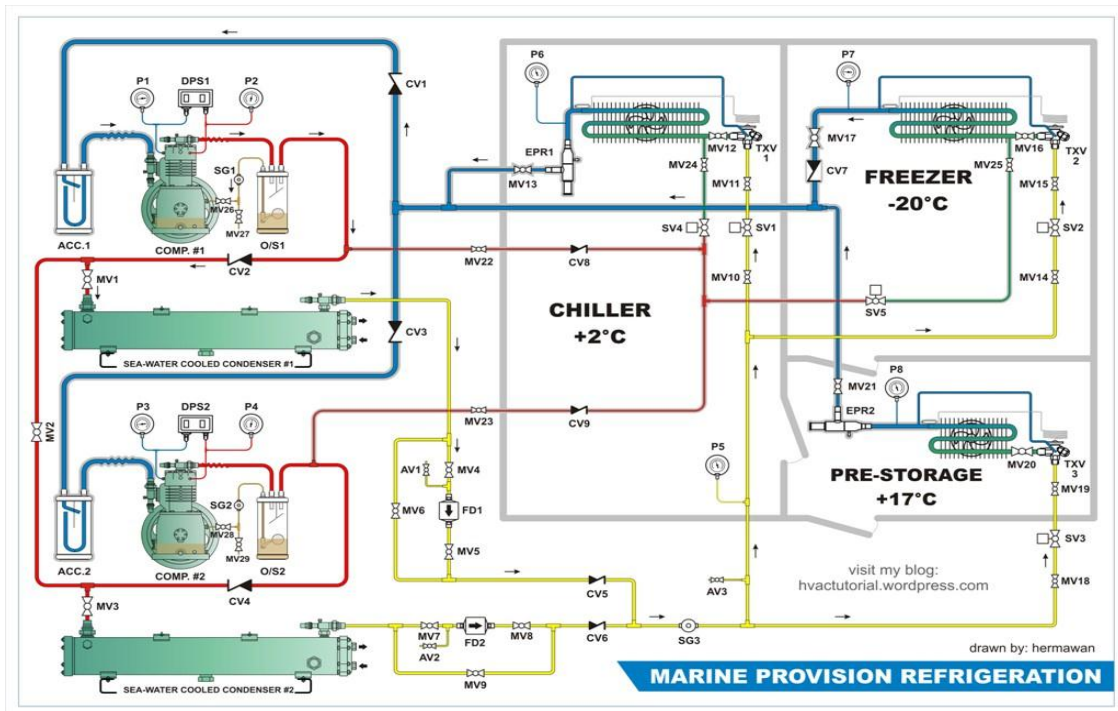
Bila di dalam kompresor terjadi masalah gangguan seperti tekanan kompresinya turun, maka suhu kompresinya juga turun sehingga *enthalpy*-nya juga turun. Panas yang akan diserahkan ke kondensor juga berkurang sehingga proses pemindahan panas dari ruangan pendingin ke *evaporator* akan berkurang. Sehingga suhu di ruangan pendingin tidak tercapai seperti yang kita harapkan.

b. Prinsip Dasar Refrigerasi

Prinsip kerja Mesin Pendingin adalah memindahkan panas dari suatu tempat/bahan yang temperaturnya lebih rendah ketempat atau bahan yang temperaturnya lebih tinggi. Pendinginan adalah usaha untuk mencapai temperatur lebih rendah dari temperatur sekitarnya (E.Karyanto, 2009)

1) Gambaran Umum Refrigerasi

Prinsip dasar dari refrigerasi mekanik adalah proses penyerapan panas dari dalam suatu ruangan berinsulasi tertutup kedap, lalu memindahkan serta menyerap panas keluar dari ruangan tersebut. Proses merefrigerasi ruangan tersebut perlu tenaga atau energi. Energi yang paling cocok untuk refrigerasi adalah tenaga listrik yang berfungsi untuk menggerakkan kompresor pada sistem refrigerasi (Ilyas, 2003).

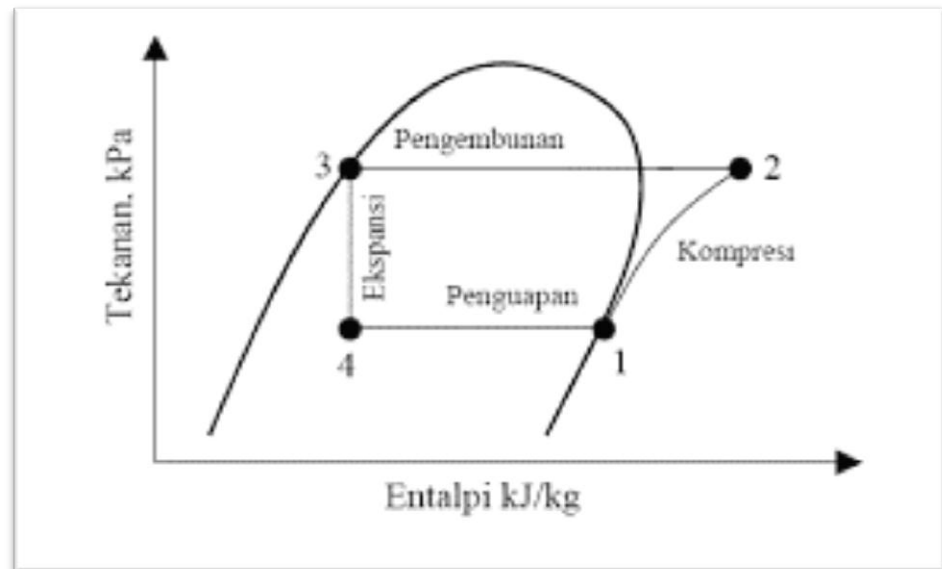


Gsmbar 2.1 Sketsa Sistem Pendingin

2) Proses yang Berlangsung Dalam Sistem Refrigerasi

Dalam suatu sistem refrigerasi, berlangsung beberapa proses fisik yang sederhana. Jika ditinjau dari segi termodinamika, seluruh proses perubahan itu melibatkan tenaga panas, yang dikelompokkan atas panas

laten penguapan, panas laten pengembunan dan lain sebagainya. Menurut Ilyas (2003), suatu siklus refrigerasi secara berurutan berawal dari proses pemampatan (kompresi), proses pengembunan (kondensasi), proses pemuain dan berakhir pada proses penguapan (*evaporator*).



Gambar 2.2 Proses kerja refrigerant

c. Siklus *Refrigerasi*

Satu siklus *refrigerasi* kompresi uap adalah sebagai berikut:

1) Proses Pemampatan

Proses *1-2 Refrigerant* yang mempunyai suhu dan tekanan rendah yang berasal dari proses penguapan dimampatkan/ dikompresikan oleh kompresor menjadi uap bersuhu dan bertekanan tinggi agar kemudian mudah diembunkan, uap kembali menjadi cairan di dalam kondensor.

Pada gambar 2.2 diatas, proses dimulai ketika *refrigerant*, meninggalkan *evaporator* (proses 1-2). *Refrigerant* masuk ke dalam kompresor melalui pipa masuk kompresor (*inlet*). *Refrigerant* tersebut berwujud gas, suhu dan tekanannya rendah. *Refrigerant* masuk melalui katup isap pada saat torak kompresor bergerak ke bawah, dan pada saat torak bergerak keatas katup isap tertutup, *refrigerant* yang ada di dalam silinder mangalami kompresi, tekanan dan suhu meningkat. Kemudian katup tekan terbuka

dan *refrigerant* dialirkan ke kondensor.

2) Pengembunan

Proses pengembunan adalah proses pemindahan panas dari uap *refrigerant* yang bersuhu dan bertekanan tinggi hasil dari pemampatan kompresor, yang berlangsung didalam kondensor.

Pada gambar 2.2 diatas proses kondensasi dimulai saat *refrigerant* masuk ke dalam kondensor (proses 2-3). *Refrigerant* yang berwujud gas, suhu dan tekanannya tinggi sebelum masuk ke kondensor masuk dulu ke dalam alat pemisah minyak, untuk memisahkan *refrigerant* dari minyak lumpas. Di dalam kondensor, *refrigerant* didinginkan oleh air laut dan mengalami kondensasi dengan berubah wujud dari gas menjadi cair. Saat *refrigerant* berwujud menjadi cair suhunya sudah lebih rendah tetapi tekanannya masih tinggi. Selanjutnya *refrigerant* cair dialirkan ke katup ekspansi.

3) Proses penurunan Tekanan (Pemuaian)

Pemuaian adalah proses pengaturan kesempatan bagi *refrigerant* yang berwujud cair untuk memuai agar selanjutnya dapat menguap di *evaporator*. Pada gambar diatas proses penurunan tekanan *refrigerant* dimulai saat *refrigerant* melewati katup ekspansi (proses 3-4). Sebelum ke katup ekspansi, *refrigerant* masuk ke alat pengering. Di dalam alat pengering ini air yang bercampur dengan *refrigerant* diserap sekaligus juga menyaring kotoran yang ada. Di dalam katup ekspansi ini jumlah *refrigerant* yang akan masuk ke *evaporator* diatur oleh katup yang bekerja secara otomatis. Katup ekspansi ini berada diantara sisi tekanan rendah dan tekanan tinggi. Selanjutnya *refrigerant* dialirkan ke *evaporator*.

Dari uraian diatas dan pemahaman terhadap fungsi dan cara kerja komponen dan proses pokok Sistem pendingin maka kita dapat mengenali daerah-daerah berciri khusus yang harus dipahami sebagai pemahaman mutlak

Proses 4-1 merupakan penambahan Kalor reversibel pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh.

Menurut temperatur sesuai dengan proses yang terjadi di tiap komponen pokok, maka untuk mengontrol bahwa sistim berjalan normal kita dapat kenali :

- a) Daerah panas (*Hot*), dimulai dari silinder blok dan silinder *head* kompresor sampai pipa masuk kondensor
- b) Daerah dingin (*Cold*) dimulai dari katup ekspansi sampai dengan *evaporator*
- c) Daerah gas, keluar dari *evaporator*, kompresor, sampai masuk kondensor.
- d) Daerah cair, keluar kondensor sampai keluar katup ekspansi
- e) Daerah tekanan tinggi, mulai dari kompresor bagian tekan sampai masuk katup ekspansi besarnya tekanan adalah tekanan kompresi.
- f) Daerah tekanan rendah, mulai keluar dari katup ekspansi sampai kompresor bagian masuk.

Suhu keluar kompresor adalah suhu *refrigerant* keluar dari kompresor tidak sama dengan suhu kondensasi, sedangkan yang dimaksud dengan suhu kondensasi adalah suhu dimana uap diembunkan didalam kondensor dan tingginya suhu sesuai dengan tekanan kondensor. Secara alami proses kompresi dalam kompresor, suhu keluar kompresor selalu lebih tinggi dari suhu uap jenuh sesuai dengan tekanan uap dikarenakan uap yang keluar dari kompresor adalah uap kering (*superheated steam*)

Suhu kondensasi, untuk menjaga suatu kesinambungan efek pendinginan, uap *refrigerant* yang harus diembunkan di dalam kondensor harus pada jumlah yang sama dengan cairan yang diuapkan di dalam *evaporator*. Yang berarti bahwa panas yang harus meninggalkan sistem di kondensor sama besarnya dengan panas yang diserap ke dalam sistem melalui *evaporator* dan saluran isap dan dalam kompresor sebagai hasil kerja kompresi. Besarnya panas yang mengalir melalui dinding-dinding kondensor dari uap *refrigerant* ke media pengembun (air laut) adalah fungsi dari 3 faktor :

- a) Luasnya Permukaan kondensasi,
- b) Koefisien konduktansi dinding kondensor,
- c) Perbedaan suhu antara uap *refrigerant* dan media pengembun

Oleh karena itu Setiap kondensor luas permukaan kondensasi dan koefisien penghantar panas tetap, maka banyaknya pemindahan panas melalui dinding kondensor tergantung hanya kepada perbedaan suhu uap *refrigerant* dengan media pengembun yaitu air laut.

Tekanan Kondensasi adalah selalu tekanan jenuh sesuai dengan suhu campuran uap-cairan dalam kondensor. Jika kompresor tidak bekerja, suhu campuran *refrigerant* akan sama dengan media sekelilingnya dan tekanan jenuh relatif rendah. Sebagai konsekuensinya ketika kompresor dijalankan uap yang ditekan melebihi ke kondensor akan tidak mulai mengembun seketika sebab tidak ada perbedaan suhu antara *refrigerant* dan media pengembun dan karenanya tidak ada pemindahan panas antara keduanya.

Oleh adanya aksi pencekikan (*throttling*) dari katup ekspansi, kondensor seakan berubah sebagai lemari tertutup dan uap ditekan terus oleh kompresor kedalam kondensor tanpa terjadi pengembunan akan berakibat terjadinya kenaikan tekanan didalam kondensor sampai batas nilai dimana suhu jenuh uap cukup ketinggiannya untuk melakukan pemindahan panas antara *refrigerant* dengan media pengembun. *Effect Pendinginan*, Jumlah panas dalam satuan masa *refrigerant* yang diserap dari ruang yang didinginkan disebut *effect pendinginan*.

Kondensasi terjadi pada suhu konstan, setelah mengalami pengembunan, cairan mengalir melalui bagian bawah kondensor masih memberikan panasnya ke media pengembun di dalam pipa-pipa kondensor sehingga sebelum meninggalkan kondensor suhu cairan *refrigerant* akan berkurang dibawah suhu pengembunannya. Kejadian itu (penyerahan panas masih berlangsung setelah terjadinya pengembunan) disebut *subcooling* dan cairan disebut *subcooled refrigerant*.

Turunnya suhu *refrigerant* saat meninggalkan kondensor tergantung dari suhu media pengembun dan lamanya aliran bersentuhan dengan media pengembun maupun penyerahan panas selama perjalanan menuju katup ekspansi setelah selesainya pengembunan.

d. Komponen Utama Pada Instalasi Mesin Pendingin

Menurut Hartanto (2005:34) bahwa komponen-komponen utama pada instalasi mesin pendingin atau refrigerator dikelompokkan menjadi empat bagian, yaitu Kompresor, Kondensor, tangki penerima / Receiver, Katup Ekspansi dan Evaporator dimana masing-masing bagian dapat penulis uraikan dan jelaskan sebagai berikut :

1. Kompresor

Kompresor merupakan jantung dari suatu sistem *refrigerasi* mekanik, yang berfungsi untuk menggerakkan sistem *refrigerasi* agar dapat mempertahankan suatu perbedaan tekanan antara sisi tekanan rendah dan sisi tekanan tinggi dari sistem mesin pendingin (Ilyas, 2003). Kompresor yang paling umum digunakan adalah kompresor torak (*reciprocating compressor*), sekrup (*screw*), sentrifugal, dan sudu (*vane*).

2. Pemisah Minyak (*Oil Separator*)

Oil separator adalah suatu alat yang berfungsi sebagai pemisah minyak yang tercampur ke dalam gas *freon* pada kompresor saat proses kompresi, sehingga minyak yang terbawa bersama-sama gas *Freon* akan dipisahkan dan dikembalikan ke dalam *carter* kompresor. Selanjutnya gas *Freon* yang sudah tidak tercampur minyak yang masih tinggi suhu dan tekanannya dialirkan ke dalam kondensor.

3. Kondensor

Kondensor adalah bagian dari *refrigerasi* yang menerima uap *refrigerant* dengan tekanan dan suhu yang tinggi dari kompresor dan memindahkan panas itu dengan cara mendinginkan uap *refrigerant* ke

titik embunnya. Pemindahan panas tersebut menyebabkan uap itu mengembun dan menjadi cairan. (Ilyas, 1993)

Kondensor berfungsi sebagai alat penukar panas atau kalor, menurunkan suhu *refrigerant*, dan mengubah wujud *refrigerant* dari gas menjadi cair. Pendinginan pada kondensor menggunakan udara sebagai media pendingin *refrigerant* yang melalui kisi-kisi yang dialiri udara. Sejumlah panas yang terdapat pada *refrigerant* dilepaskan di dalam kondensor dan diserap oleh udara.

Menurut Daryanto (2015:12) menyatakan bahwa kondensor adalah sebuah alat dimana refrigerant dalam tekanan dan temperatur tinggi yang keluar dari kompresor didinginkan dan dirubah menjadi cairan. Disini panas dari ruangan yang diserap oleh freon dipindahkan oleh air pendingin. Dalam kondensor tidak terjadi perubahan tekanan.

Menurut Daryanto (2015:15) menyatakan bahwa prinsip kerja kondensor yaitu uap refrigerant yang keluar dari kompresor akan memasuki kondensor. Uap yang bersuhu tinggi ini sebelum masuk ke evaporator terlebih dahulu didinginkan di kondensor. Panas uap dari *refrigerant* secara konveksi akan mengalir ke pipa kondensor. Panas akan mengalir ke sirip-sirip kondensor sehingga panas tersebut dibuang ke udara bebas melalui sirip dengan cara konveksi alamiah. Sehingga untuk memperluas daya konveksi maka luas sirip dirancang semaksimal mungkin.

Suhu uap *refrigerant* didalam kondensor akan turun tetapi tekanannya tetap tidak berubah. Bila penurunan suhu gas mencapai titik pengembunannya maka akan terjadi proses pengembunan (kondensasi), dalam hal ini terjadi perubahan wujud gas menjadi liquid yang tekanan dan suhunya masih cukup tinggi (tekanan kondensing). Proses pendinginan dikondensasikan tersebut menghasilkan *refrigerant* berbentuk cairan (liquid). Proses kondensasi yang terjadi selama proses percobaan tidak stabil karena menggunakan pendingin udara yang kecepatan udaranya tidak konstan. Jika semakin tinggi kecepatan udara maka pembuangan

panas ke udara semakin efektif

Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas kondensor adalah :

- 1) Luas muka perpindahan panasnya meliputi diameter pipa kondensor, panjang pipa kondensor dan karakteristik pipa kondensor
- 2) Aliran udara pendinginnya secara konveksi natural atau aliran paksa oleh fan
- 3) Perbedaan suhu antara *refrigerant* dengan udara luar
- 4) Sifat dan karakteristik *refrigerant* di dalam sistem

4. Saringan Pengereng (*Filter Dryer*)

Saringan pengereng adalah alat yang berfungsi untuk menahan atau menyaring kotoran-kotoran yang dibawa *freon* cair, sebelum *freon* cair itu masuk melalui *solenoid valve* dan *ekspansi valve* ke *evaporator*

5. *Solenoid Valve*

Solenoid valve adalah alat yang dipasang antara *filter dryer* dan ekspansi valve, sedangkan tugas utamanya alat ini adalah mengontrol suhu di dalam ruang dingin. Adapun cara kerja alat ini adalah diatur oleh *thermostat switch* yang mempunyai control *bulb* atau tabung pengontrol yang letaknya di dalam ruang dingin. Bila aliran listrik mengalir ke dalam kumparan atau *coil*, maka magnet yang akan menarik *plunger* besi lunak ke atas untuk kemudian mengangkat katup jarum, lalu *freon* mengalir ke *evaporator* melalui katup itu. bila aliran listrik terputus maka katup jarum jatuh kembali. Karena berat katup serta *plunger*, maka aliran *freon* cair ke *evaporator* akan berhenti.

6. Katup Ekspansi Suhu (*Expansion Valve*)

Katup ekspansi dipergunakan untuk mengekspansikan secara adiabatik cairan *refrigerant* yang bertekanan dan bertemperatur tinggi sampai mencapai tingkat keadaan tekanan dan temperatur rendah. Pada waktu katup ekspansi membuka *refrigerant* mengalir sesuai

dengan yang diperlukan oleh *evaporator*, sehingga *refrigerant* menguap sempurna pada waktu keluar dari *evaporator* (Arismunandar dan Saito, 2005).

Katup ekspansi berfungsi untuk menurunkan tekanan dari cairan *refrigerant* serta mengatur jumlah dan aliran *refrigerant* ke dalam *evaporator*. Besarnya jumlah *refrigerant* yang masuk ke *evaporator* diatur secara otomatis oleh katup ekspansi.

Apabila beban pendingin turun atau apabila katub ekspansi membuka lebih lebar maka *refrigerant* di dalam *evaporator* tidak menguap sempurna, sehingga *refrigerant* yang terhisap masuk ke dalam kompresor mengandung cairan. Sehingga apabila kompresor menghisap cairan akan terjadi pukulan cairan (*liquid hammer*) yang dapat merusak kompresor.

7. Bulb

Bulb adalah suatu alat yang dipasang pada pipa isap gas *freon* keluar dari *evaporator* menuju kompresor, serta dihubungkan dengan katup ekspansi. Adapun fungsi alat ini yaitu sebagai pengontrol suhu di *evaporator*. Apabila *evaporator* seuhunya naik maka *bulb* akan memerintahkan ekspansi *valve* membuka lebih besar, begitu pula sebaliknya apabila suhu *evaporator*nya sudah dingin atau cukup, maka *bulb* memerintahkan *ekspansi valve* untuk menutup lebih kecil.

8. Kipas (*Blower Evaporator*)

Blower evaporator adalah suatu alat yang berfungsi untuk menghisap udara panas yang berada di dalam ruangan dingin dan menghembuskan lewat kisi-kisi *evaporator*, maka setelah keluar udara panas tersebut akan diserap *evaporator* untuk membantu penguapan atau pengembuangan gas di dalam pipa-pipa *evaporator*. Setelah kelaurnya dari kisi-kisi udara yang dihembuskan menjadi dingin dan selanjutnya proses ini berjalan terus menerus sampai suhu ruangan mencapai suhu yang diinginkan.

9. Evaporator

Evaporator adalah alat penukar panas yang memindahkan panas dari suatu zat, yaitu udara yang ada di dalam ruangan pendingin ke *refrigerant* yang melalui pipa-pipa yang bersirip di dalam *evaporator*. Sehingga suhu udara ruangan yang keluar sirip-sirip menjadi dingin. *Refrigerant* berubah wujud menjadi gas akibat penyerapan panas tersebut. Penyerapan tersebut diatas dijalankan terus-menerus sampai mencapai suhu yang diinginkan dan udara dalam ruangan disirkulasi dan dijalankan dengan kipas.

Evaporator berguna untuk menguapkan cairan *refrigerant*, penguapan *refrigerant* akan menyerap panas dari bahan / ruangan, sehingga ruangan disekitar menjadi dingin.

10. Refrigerant

Refrigerant adalah suatu bahan pendingin yang dapat dirubah bentuknya dari gas menjadi cair atau sebaliknya, dimana pesawat pendingin ini menggunakan *refrigerant* (*Freon* R404a)

11. Defrosting

Adalah suatu kegiatan untuk menghilangkan bunga-bunga es yang terdapat pada *evaporator*.

12. Holida torch (electric)

Adalah suatu alat untuk mencari kebocoran dengan menggunakan sensor yang di gerakan dengan *batrai*. Dan bekerja bila terdeteksi kebocoran *Freon* dengan menimbulkan suara dan lampu yang berkedip

13. Low pressure control switch

Adalah suatu alat yang berguna untuk melindungi kompresor pendingin bahan makanan dari tekanan uap yang terlalu rendah, agar tidak turun dari batas tekanan yang ditentukan, sehingga dapat

mencegah masuknya udara luar atau air ke dalam sistem bila ada kebocoran kecil pada daerah tekanan rendah.

Cara kerja *low pressure control switch* adalah bila tekanan terlalu rendah dan mencapai *set point low pressure*, maka *pressure Switch "low"* akan bekerja (menjadi *closed* saat tekanan turun). Dengan berkurangnya tekanan menyebabkan *spring* (pegas) tidak ada yang menahan sehingga *switch* bergerak ke bawah dan arus listrik tersambung mengaktifkan alarm dan *shutdown* terjadi.

14. High pressure control switch

Suatu alat yang berguna untuk melindungi kompresor pendingin bahan makanan dari tekanan yang terlalu tinggi atau tidak sesuai dengan ketentuan. Tekanan yang terlalu tinggi pada kompresor disebabkan banyaknya gas yang tidak mencair di kondensor, dikarenakan kurangnya pendinginan udara, sehingga gas *Freon* tidak semuanya bisa mencair sehingga akan kembali pada kompresor dengan suhu yang tinggi dan tekanan juga akan meningkat atau tidak sesuai dengan yang ditentukan. Bisa juga tekanan naik disebabkan ada kebuntuan dalam sistem.

Cara kerja dari *high pressure control switch* adalah bila tekanan mencapai *set point* yang sudah ditentukan, maka tekanan tersebut akan mendorong ke atas "*switch*" dari *pressure* tersebut sehingga arus listrik tersambung (menjadi *closed*) dan akan mengaktifkan alarm di *control room panel* kemudian *control room panel* akan mengaktifkan *shutdown system*.

15. Timer

Suatu alat yang berfungsi mengatur kapan kompresor akan bekerja dan kapan kompresor berhenti (*standby*). Fungsi lainnya yaitu untuk mengatur secara otomatis kapan kompresor fuis panas (*defrost*) dan fuis dingin bekerja dan kapan semua alat atau komponen tersebut akan berhenti (*standby*) secara bergantian.

Cara kerja *timer* yaitu *timer* akan mengatur aliran listrik ke dalam pesawat kompresor supaya bekerja untuk mendinginkan ruangan di dalam pendingin. Setelah ruangan di dalam pendingin sudah mencapai suhu maksimal maka *timer* akan memutuskan arus listrik yang masuk ke dalam kompresor, kemudian *timer* akan bergantian menyambung aliran listrik pada *fius defrusi* untuk mencairkan bunga es di *evaporator*, begitu seterusnya. *Refrigerant* atau bahan pendingin di dalam *refrigerator* mutlak dibutuhkan dan merupakan suatu jenis zat yang mudah diubah wujudnya dari gas menjadi cair atau sebaliknya dari suatu bahan atau senyawa *Chlorofluoromethane* yang biasa disebut dengan *Freon*. *Refrigerant* bersirkulasi secara terus-menerus melewati komponen utama refrigerator (kompresor, kondensor, katup ekspansi dan *evaporator*).

16. *Oil pressure switch* (saklar tekanan minyak lumas)

Gunanya untuk memutus aliran listrik untuk motor kompresor bila tekanan minyak lumas turun hingga batas minimum yang diatur oleh pengontrol.

17. *Safety valve* (klep keamanan)

Alat ini dipasang di *condensor* yang gunanya bila tekanan melebihi tekanan kerja yang diatur pada *safety valve* maka kelebihan tekanan akan dilepas keudara luar melalui klep ini.

2. Perawatan

A. Definisi Perawatan

Menurut M.S Sehwarat dan J.S Narang (2001:77) perawatan adalah sebuah pekerjaan yang dilakukan secara berurutan untuk menjaga atau memperbaiki fasilitas yang ada sehingga sesuai dengan standar fungsional dan kualitas.

Menurut Lindley R. Higgs and Keith mobley (2002) bahwa perawatan adalah suatu kegiatan yang dilakukan secara berulang-ulang dengan tujuan agar peralatan selalu memiliki kondisi yang sama dengan keadaan awalnya. *Maintenance* atau Perawatan juga dilakukan untuk menjaga agar

peralatan tetap berada dalam kondisi yang dapat diterima oleh penggunaannya.

B. Tujuan Perawatan

Menurut Jusak Johan Handoyo (2017:35) bahwa secara umum, tujuan dari dilakukannya perawatan di atas kapal antara lain sebagai berikut:

- 1) Untuk memungkinkan kapal dapat beroperasi secara regular dan meningkatkan keselamatan, baik awak kapal maupun peralatannya.
- 2) Untuk membantu para perwira kapal menyusun rencana dan mengatur dengan lebih baik, sehingga meningkatkan kinerja kapal dan mencapai tujuan yang sudah ditetapkan oleh perusahaan.
- 3) Untuk memperhatikan pekerjaan-pekerjaan yang paling mahal berkaitan dengan waktu dan material.
- 4) Agar dapat melaksanakan pekerjaan secara sistematis tanpa mengabaikan hal-hal yang terkait dan melakukan pekerjaan dengan harmonis
- 5) Untuk memberikan secara berkesinambungan perawatan, sehingga perwira yang baru naik dapat mengetahui apa yang telah dikerjakan dan apa lagi yang akan dikerjakan.
- 6) Sebagai bahan informasi yang akan diperlukan bagi pelatihan, dan agar seseorang dapat melaksanakan tugas secara bertanggung jawab.

Maka dalam hal ini penulis menganalisis penelitian agar dalam hal perawatan sistem pendingin bahan makanan dapat ditingkatkan.

C. Jenis-Jenis Perawatan

Menurut Jusak Johan Handoyo (2017:37) dalam menentukan kebijaksanaan Perawatan, umumnya terdapat 2 (dua) jenis Perawatan yaitu sebagai berikut :

- 1) Perawatan terencana (*planned maintenance*)

Perawatan Terencana (PMS) adalah sistem perawatan yang dilakukan terhadap pesawat-pesawat permesinan dan peralatan lainnya di kapal secara terencana dan bersinambungan, menurut petunjuk

Makernya masing-masing agar dapat menghindari dari terjadinya kerusakan (*breakdown*) yang dapat menghambat dan terlambatnya kelancaran beroperasinya kapal.

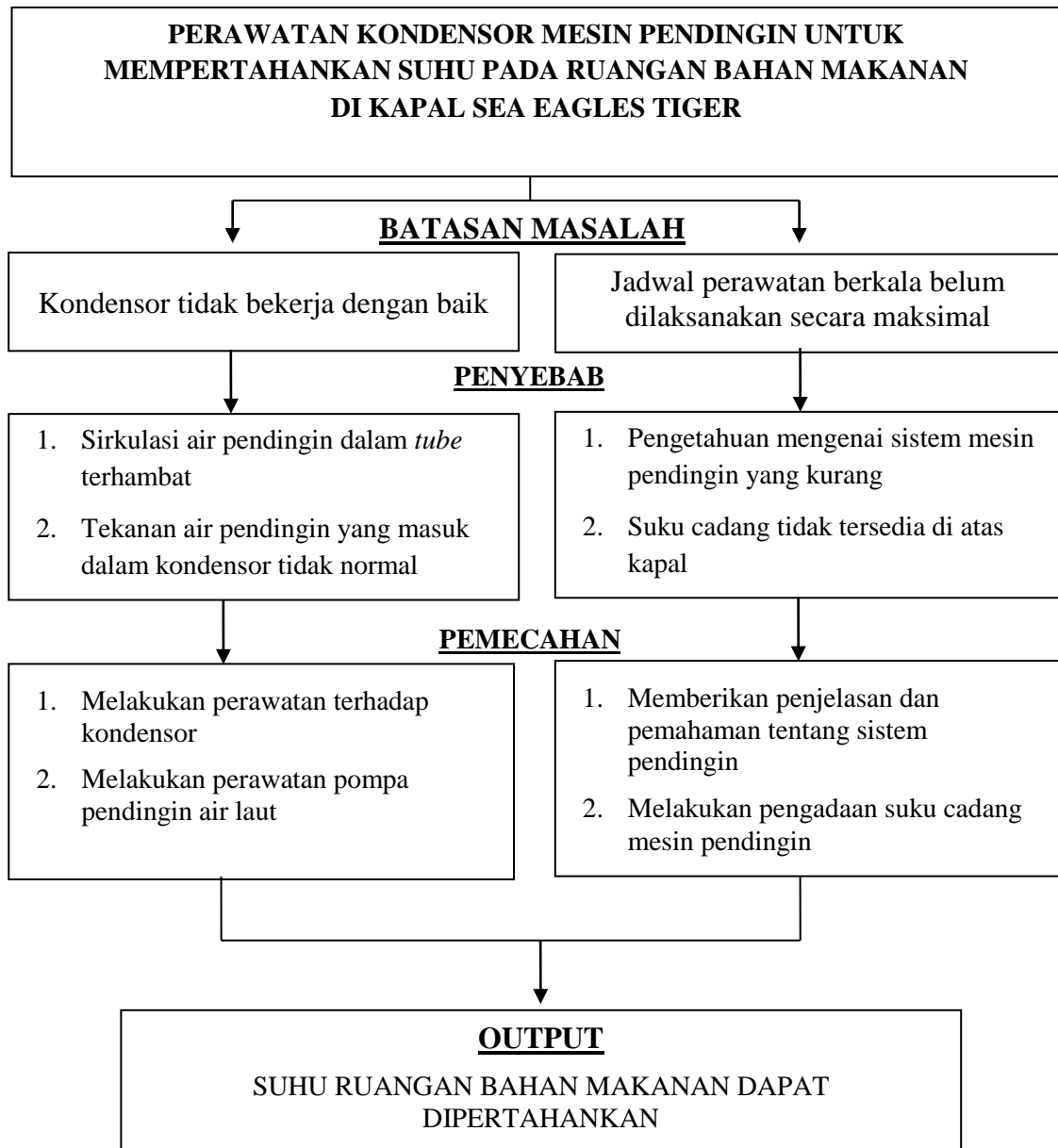
Kegiatan Perawatan terencana bertujuan untuk mengurangi kemungkinan cepat rusak supaya kondisi mesin selalu siap pakai, terdapat dua cara perawatan terencana, pertama melakukan *patrol/regular planned maintenance inspection* yaitu kegiatan *maintenance* yang dilaksanakan dengan cara memeriksa setiap bagian mesin secara teliti dan berurutan sesuai dengan *schedule*. Kedua *Mayor overhaul* yaitu kegiatan *maintenance* yang dilaksanakan dengan mengadakan pembongkaran menyeluruh dan penelitian terhadap mesin, serta melakukan penggantian suku cadang yang sesuai dengan spesifikasinya.

2) Perawatan tak terencana (*unplanned maintenance*)

Perawatan tak terencana adalah Perawatan darurat yang didefinisikan sebagai Perawatan yang perlu segera dilaksanakan untuk mencegah akibat yang lebih serius. Misalnya kerusakan besar pada peralatan, atau untuk keselamatan kerja. Pada umumnya system Perawatan merupakan metode tak terencana, dimana peralatan yang digunakan, dibiarkan atau tanpa disengaja rusak hingga akhirnya peralatan tersebut akan digunakan kembali, maka diperlukan perbaikan atau Perawatan.

Aktivitas Perawatan jenis ini adalah mudah untuk dipahami semua orang. Jenis Perawatan ini mengijinkan peralatan-peralatan untuk beroperasi hingga rusak total. Kegiatan ini tidak bisa ditentukan atau direncanakan sebelumnya, maka aktivitas ini juga dikenal dengan sebutan *Unscheduled Maintenance*. Ciri-ciri jenis Perawatan ini adalah alat-alat mesin dioperasikan sampai rusak dan ketika rusak barulah tenaga kerja dikerahkan untuk memperbaiki dengan cara penggantian suku cadang yang rusak.

B. KERANGKA PEMIKIRAN



BAB III

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

Berdasarkan pengalaman penulis selama bekerja di atas kapal Sea Eagles Tiger, terjadi masalah pada kondensor mesin pendingin sebagai berikut :

1. Kondensor tidak bekerja dengan baik

Pada tanggal 10 November 2020 terjadi penurunan kinerja mesin pendingin yang ditandai dengan tidak optimalnya pendinginan ruangan bahan makanan. Selama dalam pelayaran kinerja mesin pendingin terus menurun. Masalah terletak pada mesin pendingin ditandai dengan kenaikan suhu ruangan pendingin, padahal sistem mesin tetap bekerja dan sebagian makanan mengalami kerusakan. Penulis melakukan pemeriksaan terhadap permasalahan pada mesin dalam kurun waktu sejak timbulnya masalah gangguan pada instalasi mulai tanggal 10 November 2020. Dan timbul lagi masalah gangguan yang sama pada tanggal 15 November 2020. Pengecekan dilakukan lebih seksama pada sistem dan ditemukan permasalahan diatas kemungkinan disebabkan oleh kondensor yang bekerja tidak normal.

Pada sistem pendingin yang bekerja normal maka kompresor akan berhenti bekerja bila temperatur ruangan yang dikehendaki telah tercapai. Pada saat pengecekan selanjutnya ditemukan adanya indikasi bahwa kondensor bekerja tidak normal yaitu :

1. Tekanan kondensor tinggi
2. Body kondensor panas dari biasanya
3. *Refrigerant* cair tidak terlihat pada gelas duga atau berkurang
4. Tekanan air laut untuk pendinginan kondensor menurun

5. Pada pipa pipa terselubung bunga es dalam jumlah berlebihan pada *evaporator* di dalam ruang pendingin, begitu juga pada sebagian saluran pipa isap kompresor

Kondisi ini merupakan salah satu indikasi bahwa sistem tidak bekerja sebagaimana mestinya. Hal ini tentu harus dihindari dan tidak boleh dibiarkan terlalu lama karena dapat menyebabkan menurunnya kualitas bahan makanan yang berada dalam ruangan pendinginan tersebut dan bahkan bisa menyebabkan kerusakan yang lebih buruk terhadap bahan makanan untuk perbekalan di kapal tersebut, hal ini akan mengakibatkan terganggunya operasional kapal secara keseluruhan.

Berdasarkan pada masalah utama yang telah dibahas sebelumnya bahwa kinerja mesin pendingin menurun dapat disebabkan oleh kurangnya pendinginan pada kondensor. Gangguan ini dapat diatasi yaitu dengan melakukan pembersihan pada pipa kapilernya serta membuka pipa-pipa pendingin air laut kemudian dibersihkan dengan cara membersihkan lubang pipa yang mengalami penyempitan dan penyumbatan.

2. Jadwal perawatan terhadap mesin pendingin kurang terlaksana dengan baik

Jadwal perawatan mesin pendingin kurang terlaksana dengan baik dikarenakan beberapa faktor yaitu kurangnya pemahaman masinis tentang sistem pendingin di atas kapal ketika melakukan wawancara dan juga kurangnya suku cadang diatas kapal karena lambatnya pengiriman dan komunikasi manajemen dengan pihak kapal. Ketika terjadi cuaca buruk di lokasi maka perawatan mesin pendingin harus di tunda sampai cuaca membaik atau saat kapal sudah di posisi aman sebelum melakukan perawatan masinis harus berkoordinasi dengan *deck officer*

Pada 10 November 2020 terjadi masalah pada instalasi mesin pendingin bahan makanan di kapal, yaitu terjadinya penurunan kinerja dari sistem yang ditandai dengan tidak tercapainya suhu ruangan pendingin yang dikehendaki pada ruang pendingin bahan makanan. Hal ini terjadi pada semua ruangan pendingin. Ruangan pendingin bahan makanan di atas Kapal Sea Eagles Tiger dibagi dalam beberapa ruangan dengan peruntukan yang berbeda sesuai

dengan jenis bahan makanan serta tingkat temperatur yang berbeda seperti berikut :

- a. Ruang pendingin untuk bahan makanan berupa daging, ikan dan sejenisnya (ruang pembekuan) yang suhu normalnya antara -16°C sampai -20°C . tapi pada kenyataanya suhu hanya -4°C .
- b. Ruang pendingin untuk bahan makanan seperti sayuran dan buah-buahan (*vegetable room*) suhu normalnya antara 2°C sampai 6°C . tapi saat ini suhunya hanya 14°C .
- c. Ruang pendingin untuk bahan makanan kering seperti telur, rempah-rempah, serta bahan makanan penyimpanannya tidak memerlukan suhu yang rendah yaitu antara 8°C sampai 12°C . tapi saat ini suhunya hanya 28°C .

B. ANALISIS DATA

Dari landasan teori dan dari data gejala gangguan yang didapatkan pada mesin pendingin di Kapal Sea Eagles Tiger, maka penulis berpendapat bahwa permasalahan tersebut disebabkan karena :

1. Kondensor Tidak Bekerja Dengan Baik

Bila proses penyerahan panas di dalam kondensor terhambat karena disebabkan kurangnya pendinginan, maka gas dari bahan pendingin tidak dapat dikondensasi/diembunkan menjadi cair dengan sempurna. Hal ini disebabkan karena :

a. Sirkulasi Air Pendingin Dalam Tube Terhambat

Salah satu syarat agar freon dapat di ekspansikan dan diuapkan dengan baik pada evaporator adalah freon harus dalam bentuk cair. Untuk mendapatkan freon dalam bentuk cair, maka Freon yang dalam bentuk gas hasil dari kerja kompresor harus dirubah wujudnya menjadi cair yang memiliki tekanan tinggi. Proses perubahan wujud dari gas menjadi cair disebut proses kondensasi. Dalam sistem mesin pendingin proses kondensasi terjadi pada kondensor. Agar proses kondensasi dapat maksimal, hal yang harus terpenuhi adalah kapasitas dari air

pendinginnya. Apabila proses kondensasinya terganggu juga akan sangat berpengaruh sekali pada suhu ruang pendingin

1) Penyebab Terganggunya Kondensasi :

a) Pipa-pipa kondensor buntu

Pipa-pipa kondensor yang buntu dikarenakan banyaknya kotoran atau lumpur yang menyebabkan proses pemindahan panas dari Freon ke air pendingin terganggu, karena luas permukaan pipa tertutup kotoran. Buntunya pipa kondensor di akibatkan kurang terawatnya kondensor atau karena masuk perairan dangkal.

Pada umumnya yang menyebabkan berkurangnya sirkulasi air pendingin didalam *Tube* kondensor adalah, tersumbatnya sisi masuk air laut pendingin ke kondensor yang disebabkan mengecilnya lobang pipa air laut pendingin karena adanya kerang-kerang ataupun rumput laut yang menutupi sisi masuk air laut pendingin ke pipa –pipa yang terdapat pada kondensor.

b) Temperatur air laut yang tidak menentu

Pendinginan pada kondensor untuk mendinginkan freon menggunakan sistem pendinginan langsung media yang digunakan untuk mendinginkan freon adalah air laut. Tinggi rendahnya suhu dari air laut dan kotoran yang terdapat pada pipa-pipa kondensor akan berpengaruh untuk mendinginkan gas freon bersuhu dan bertekanan tinggi. Air laut yang bersuhu tinggi ketika musim panas akan menghambat proses pendinginan ataupun proses kondensasi di dalam kondensor dikarenakan panas yang terdapat pada freon tidak bisa diserap secara optimal.

b. Tekanan Air Pendingin Yang Masuk Dalam Kondensor Tidak Normal

Volume dan atau tekanan air laut yang masuk ke kondensor berkurang yaitu 2.0 bar dari tekanan normalnya yaitu 3.1 bar. Hal ini dikarenakan adanya penyempitan atau penyumbatan di dalam pipa air laut. Ini terjadi karena adanya endapan atau sedimentasi karak dan lumpur yang mengeras

di dalam pipa air laut. Sehingga kecepatan aliran air laut yang masuk kondensor terhambat sehingga volume air laut yang masuk ke kondensor juga akan berkurang. Sehingga penyerapan panas dari *refrigerant* ke air pendingin akan berkurang, sehingga jumlah volume *refrigerant* yang terkondensasi juga berkurang. Dengan berkurangnya volume *refrigerant* yang terkondensasi akan menyebabkan proses penguapan pada *evaporator* berkurang sehingga penyerapan panas dari ruang pendingin oleh *evaporator* tidak sempurna. Dengan demikian kinerja dari sistem pendinginan akan menurun.

Kurangnya air pendingin yang mendinginkan kondensor pada pesawat pendingin makanan disebabkan :

- 1) Panasnya udara dan temperatur di sekitar yang membuat temperatur di dalam kapal dan ruangan pendingin makanan dan sekitarnya menjadi panas. Ditambah kurangnya *supply* udara pendingin dari ventilasi *blower central air conditioner* dimana *supply* pendinginannya telah terbagi. Hal ini membuat kompresor dan kondensor bekerja lebih lama untuk mendinginkan ruangan pendingin bahan makanan.
- 2) Mengecilnya lubang pipa pengisapan air laut dikarenakan banyaknya kerang dan kotoran yang menempel pada pipa yang menyebabkan tersumbatnya saluran isap dan kotornya *sea chest strainer* terdapat rumput laut yang menghambat mengalirnya air laut ke saluran isap pada pompa pendingin kondensor yang membuat kerja kondensor menjadi lama. Untuk itu perlu dilakukannya perawatan dan pengecekan kondensor.

2. Jadwal Perawatan Terhadap Mesin Pendingin Kurang Terlaksana Dengan Baik

Hal ini dapat disebabkan karena :

a. Pengetahuan Mengenai Sistem Mesin Pendingin Yang Kurang

Kepandaian atau keterampilan dalam melaksanakan tugas berarti menambah kelancaran bagi penyelesaian suatu pekerjaan. Pada kenyataannya sering dijumpai Masinis yang bekerja di kapal kurang

pengalaman mengenai tugas-tugasnya, dikarenakan belum memiliki pengalaman yang cukup dalam perawatan mesin pendingin (*Refrigerant Unit*). Ada kalanya Masinis tidak familiar dengan tipe mesin pendingin (*Refrigerant Unit*) yang ada di atas kapal, dikarenakan tipe mesin berbeda dengan pengalaman kerja sebelumnya.

Dari hasil wawancara kepada masinis secara tidak langsung masinis hanya memahami perawatan sistem pendingin sekedar rutinitas kerja apa yang masinis dapat ketika terjadi masalah pada sistem pendingin masinis belum bisa menganalisa penyebab masalah pada mesin pendingin dikarenakan belum tahu tentang sistem mesin pendingin.

Pemahaman dan keterampilan dalam bekerja memang mutlak harus dipenuhi sebagai seorang pelaut profesional. Keterampilan kerja yang tinggi sangat diperlukan untuk menunjang semua tugas pekerjaan yang dibebankan pada dirinya dan dikembangkan dengan kemampuan seorang pelaut yang baik dan handal di bidangnya.

Menurut modul diklat kepelautan dalam *International Safety Management* (ISM) Code, pengetahuan, keterampilan dan mampu menjalankan tugas dan tanggung jawab (*attitude* yang baik) sesuai dengan level dan fungsinya. Hal yang terjadi di atas kapal justru Masinis kurang menunjukkan keterampilan kerja sebagai seorang pelaut profesional, karena kurangnya pengalaman dalam perawatan mesin pendingin, hal ini membuat penurunan kinerjanya.

Peranan kepala kantor untuk mendapatkan dan menempatkan pelaut yang berkemampuan sangat diperlukan, keadaan di lapangan masih banyak dijumpai Masinis yang belum memahami sistem perawatan yang ada. Masinis yang baru naik membutuhkan bimbingan dan familiarisasi yang cukup. Untuk itu Masinis yang baru naik biasanya disuruh jaga terlebih dahulu dan dibimbing oleh Masinis lama. Hal ini kadang mengganggu waktu kerja dan juga waktu istirahatnya, sehingga dapat menurunkan semangat kerjanya.

b. Suku Cadang Tidak Tersedia Di Atas Kapal

Pada saat melakukan perawatan dan perbaikan tidak terlepas dari suku cadang yang akan digunakan untuk mengganti bagian yang telah rusak, namun sering terjadi suku cadang yang dikirim perusahaan tidak sesuai dengan standar kualitas suku cadang asli sehingga keandalan suku cadang tersebut tidak sama dalam menahan laju keausan/kerusakan. Hal ini dikarenakan perusahaan kesulitan dalam mencari suku cadang yang berkualitas bagus sesuai standar *maker*. Biasanya suku cadang berkualitas bagus dipesan langsung ke pabriknya sehingga dibutuhkan waktu yang lama untuk sampai ke kapal.

Lambatnya pengiriman suku cadang mesin induk disebabkan komunikasi pihak darat dengan pihak kapal dalam pengadaan suku cadang mesin induk yang kurang baik. Permintaan suku cadang mesin pendingin di perusahaan biasanya dilaksanakan dalam 3 (tiga) bulan sekali. Pihak-pihak yang berhubungan dengan pengadaan suku cadang mesin pendingin ini yaitu pihak kapal dengan perusahaan. ABK yang bertanggung jawab dalam pengadaan suku cadang belum menjalin komunikasi yang baik (melaporkan) dengan *Chief Engineer* atau *Second Engineer* sebagai pimpinan di kamar mesin. Hal ini seringkali mengakibatkan keterlambatan dalam pengiriman suku cadang ke kapal.

C. PEMECAHAN MASALAH

Dalam batasan masalah pada bab terdahulu disebutkan bahwa penyebab tidak tercapainya temperatur ruang pendingin dan menurunnya kinerja dari instalasi mesin pendingin sebagai berikut:

1. Alternatif Pemecahan Masalah

a. Kondensor Tidak Bekerja Dengan Baik

Masalah tersebut dapat diatasi dengan cara :

1) Melakukan Perawatan Terhadap Kondensor

Sebagaimana yang telah dijelaskan pada landasan teori di atas bahwa suatu siklus *refrigerasi* secara berurutan berawal dari proses

pemampatan (kompresi), proses pengembunan (kondensasi), proses pemuatan dan berakhir pada proses penguapan (*evaporator*). Berdasarkan teori tersebut, bahwa terjadinya proses kondensasi yang pada kondensor adalah proses pelepasan panas dari *refrigerant* ke media pendingin air laut untuk merubah wujud gas *Freon* menjadi cairan *Freon*.

Pendingin pada kondensor sangat mempengaruhi proses kondensasi tersebut dan mempengaruhi kinerja sistem pendingin secara keseluruhan maka volume aliran air laut pendingin dan tekanannya harus memenuhi kebutuhan untuk kelancaran proses-proses yang berlangsung pada setiap tahapan.

Yang harus diperiksa yaitu pembentukan endapan yang terjadi dalam pipa-pipa kondensor. Adapun cara yang biasa dilakukan untuk membersihkan lubang-lubang pendingin pada kondensor (*condenser tubes*) adalah:

- a) Cara membersihkan kondensor dengan cara manual menggunakan rotan :
 - (1) Buka kedua sisi penutup kondensor bagian pendingin air laut (*seawater side cover*) masuk dan air laut keluar.
 - (2) Bersihkan lubang-lubang pipa (*tube hole*) dengan cara menyogok pipa tersebut memakai rotan.
 - (3) Gunakanlah rotan tersebut untuk membersihkan setiap lubang laluan air laut.
 - (4) Setelah selesai di bersihkan dengan rotan, bilaslah dengan air tawar dengan cara menyemprotkan ke setiap lubang pada kondensor, supaya kotoran yang masih menempel di dinding lubang kondensor keluar terbawa air.
 - (5) Ganti *Zinc anoda* dan juga periksa paking bila perlu diganti dengan paking yang baru pada kedua penutup kondensor.
 - (6) Bersihkan penutup bagian masuk dan keluar air pendingin dan cat dengan cat meni.

- (7) Sebelum menjalankan pompa pendingin, periksa dan bersihkan saringan air laut.
- b) Cara lain yang dapat dilakukan untuk membersihkan kondensor dengan menggunakan cairan pembersih (*liquid solvent*) yang disirkulasikan dengan bantuan pompa. Berhati-hatilah pada saat bekerja dengan cairan kimia pembersih kondensor. Cairan kimia tersebut dapat merusak pakaian dan tangan kita. Oleh karena itu, upayakan agar tidak terkena percikan cairan itu apalagi terkena tumpahannya. Selama proses pencucian dengan cairan kimia tersebut, maka akan dihasilkan gas buang yang akan keluar lewat pipa buang (*vent pipe*). Biasanya di kapal menggunakan *sulfamic acid*, tempat yang digunakan untuk mencampur larutan tersebut sebaiknya terbuat dari plastik. Cara menggunakan zat kimia pembersih :
- (1) Pertama siapkan satu drum/tempat yang berbahan plastik kemudian campur *sulfamic acid* dan air tawar $\frac{3}{4}$ dari drum plastik dan aduk sampai terlarut sempurna
 - (2) Setelah semua hose/selang terhubung dengan baik lalu jalankan pompa untuk mensirkulasikan dengan selalu memperhatikan jumlah air dalam drum jika kurang di tambah sampai air kembali lagi ke drum yang menandakan sudah sirkulasi sudah berjalan dengan baik. Dengan menggunakan *forced circulation*, maka katub pada *vent pipe* harus dibuka penuh, selama cairan pembersih dimasukan ke dalam pipanya, tetapi harus segera ditutup bila pipa air kondensor sudah terisi penuh dengan cairan pembersih.
 - (3) Selanjutnya pompa akan mensirkulasikan cairan tersebut. Cairan pembersih harus dibiarkan bereaksi di dalam pipa air kondensor atau terus disirkulasikan dengan oleh pompa selama kurang lebih empat jam sampai warna air berubah kecoklatan dari warna jernih yang menandakan kotoran-kotoran yang menempel dalam pipa kondensor sudah rontok.

c) Membersihkan Pipa-pipa dari Sumbatan

Shell and Tubes Condenser terdiri dari sebuah silinder (*Shell*) yang terbuat dari besi di mana di dalam *shell* tersebut diletakkan rangkaian pipa-pipa lurus sepanjang silindernya. Air pendingin disirkulasikan di dalam pipa-pipa sehingga gas refrigerant yang berada di dalam *shell* akan dapat memindahkan panasnya ke air pendingin melalui permukaan pipa-pipa air tersebut. Suhu gas refrigerant akan turun tetapi tekanannya tetap tidak berubah. Bila penurunan suhu gas mencapai titik pengembunannya maka akan terjadi proses pengembunan (kondensasi), dalam hal ini terjadi perubahan wujud gas menjadi *liquid* yang tekanan dan suhunya masih cukup tinggi (tekanan kondensasi).

Langkah-langkah untuk memecahkan masalah kondensor kotor dan tersumbat adalah :

- (1) Melakukan *tool box meeting* yaitu persiapan sebelum melakukan pekerjaan perawatan ataupun perbaikan guna mempermudah dalam pekerjaan seperti menyiapkan alat-alat dan kunci, *spare part* yang perlu dipersiapkan atau pun di ganti, yang lebih penting lagi untuk menyimpulkan pekerjaan tersebut akan menimbulkan bahaya (*hazard assessment*) bagi awak kapal yang melakukan pekerjaan atau pun lingkungan sekitar.
- (2) Mematikan unit mesin pendingin udara akan tetapi *blower AHU* dibiarkan hidup untuk sirkulasi udara.
- (3) Menutup kran air menuju pompa kondensor
- (4) Membersihkan *strainer* untuk pompa pendingin kondensor dan perlu membuka sudu-sudunya guna membersihkan kerang yang menempel.
- (5) Membuka penutup kondensor dari sisi air masuk dan keluar.
- (6) Membersihkan lubang-lubang kondensor dengan sikat pembersih pipa dan di masukkan pada *shell tube* kondensor

satu persatu.

- (7) Menyemprotkan air pada tiap lubang pipa dan pastikan lubang tidak tersumbat kotoran .
- (8) Bila perlu kondensor di sirkulasi dengan *carbon remover* selama 4 jam untuk membersihkan kerak dan kotoran yang menempel sepanjang pipa.
- (9) Pastikan *oring seal* dan karet gasket penutup kondensor masih layak pake dan terpasang dengan baik supaya menghindari kebocoran, baut dan mur kondensor diberi *grease* (pelumasan) supaya mencegah karat dan mempermudah dalam membukaan dan menutup kondensor.
- (10) Pasang kembali penutup kondensor seperti semula. Melakukan pengetesan dengan membuka kran air laut, check kebocoran bila ada kemudian menyalakan pompa, check sekali lagi untuk mengetahui kebocoran kemudian check tekanan masuk dan keluar air pendingin pada kondensor bila normal tekanan masuk dan tekanan keluar tidak terlalu banyak perbedaan.
- (11) Membuat paper list tentang pekerjaan yang telah dilakukan dimasukan pada file dalam perawatan unit mesin pendingin udara.

2) Melakukan Perawatan Pompa Pendingin Air Laut

Tidak optimalnya kinerja pompa air laut ditandai dengan turunnya tekanan air laut yang keluar pompa dari tekanan normal yaitu 3.1 bar. Untuk mengoptimalkan kinerja pompa pendingin maka harus dilakukan langkah-langkah perawatan sebagai berikut:

- a) Periode *overhaul* pompa service air laut untuk pendinginan kondensor harus tepat waktu agar tidak terjadi penurunan kondisi dari pompa, sehingga mengakibatkan pendinginan terhadap kondensor berkurang. Permasalahan yang sering terjadi adalah, tekanan pompa berkurang yang disebabkan banyak nya kotoran

pada saringan isap, dan juga dapat disebabkan oleh kondisi dari *impeller* yang sudah aus/tidak normal dan kavitasi pada pompa atau terjadi kebocoran dari *shaft seal* pompa dan *gland packingnya*.

- b) Tindakan perawatan dengan pembersihan saringan isap dan penggantian *gland packing* pada pompa air laut

Kondisi pompa pendingin air laut sangat tergantung dari perawatan harian yang kita lakukan. Kondisi pompa yang tidak optimal dapat disebabkan oleh banyaknya kotoran yang ada pada saringan isap sehingga membuat pompa menghisap air laut dengan jumlah atau volume yang kurang. Pompa berputar terus sementara jumlah volume air laut yang diisap sangat sedikit, ini menyebabkan terjadinya panas pada shaft pompa, yang dapat mengakibatkan terjadinya kebocoran air laut melalui gland packing pompa tersebut atau terjadinya kavitasi pada pompa, yaitu terbentuknya gelembung gelembung udara dalam aliran air sehingga menurunkan tekanan pompa.

Untuk mengatasi permasalahan ini hal-hal yang dapat kita lakukan antara lain:

- (1) Pemeriksaan dan pembersihan saringan isap pompa pendingin apabila tekanan dari pompa tersebut sudah mulai turun.
- (2) Apabila telah terjadi kebocoran melalui *shaft* pompa, maka segera kita mengganti gland packing dengan yang baru.
- (3) *Overhaul* pompa air laut bila *impeller* pompa sudah aus dan pengantian komponen spare part yang tepat dan sesuai.
- (4) Pengecekan terhadap kondisi katup/keran air laut isap dan tekan untuk memastikan aliran air masuk dan keluar pompa sesuai dengan yang diharapkan.

Penurunan kondisi pompa pendingin dapat ditandai dengan menurunnya tekanan air laut yang dihasilkan oleh pompa. Hal ini

dapat kita lihat dari penunjukan manometer tekan pompa. Apabila langkah langkah yang disebutkan diatas tadi telah dilakukan, tetapi tekanan air laut laut masih rendah, berarti kondisi pompa sudah mulai menurun. Sebelum kita melakukan perbaikan secara besar / *overhaul* pompa, kita periksa terlebih dahulu kondisi dari keran keran air laut untuk isap dan tekan pompa tersebut. Karena sering terjadi kondisi keran air laut sudah sangat buruk, sehingga aliran air tidak mencukupi atau pembukaan katup/ kran tidak sempurna hanya terbuka sedikit saja.

Pembersihan dan perawatan pada katup/keran dapat dilakukan dan apabila kondisi sudah tidak baik maka langkah yang paling tepat adalah penggantian katup/keran yang baru. Apabila tekanan air laut masih tetap rendah, maka kita harus dan perlu melaksanakan perbaikan besar/ *overhaul* terhadap pompa pendingin. Pada saat *overhaul* kita pastikan semua suku cadang kita ganti dengan yang baru, seperti : *impeller*, *ball bearing*, *gland packing*, *mouth ring*, dan *o-ring*. Selesai pelaksanaan *overhaul* dilakukan pengetesan pompa pendingin, sambil kita amati tekanan tekan dan tekanan isap air laut pompa tersebut. Apabila tekanan pompa sudah memenuhi ketentuan antara 3-4 bar berarti kondisi pompa sudah dalam keadaan normal.

b. Jadwal Perawatan Berkala Belum Dilaksanakan Secara Maksimal

Adapun cara untuk mengatasi masalah tersebut diantaranya dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1) Memberikan Penjelasan Dan Pemahaman Tentang Sistem Pendingin

Salah satu cara memberikan pemahaman adalah dengan familiarisasi atau pengenalan-pengenalan tentang perawatan mesin pendingin melalui buku panduan maupun dokumen yang bisa menjadi acuan untuk meningkatkan pengetahuan Masinis. Pengarahan kepada

Masinis dapat dilakukan secara rutin satu kali dalam sebulan dan pimpinan harus dapat memberi contoh yang terbaik bagi bawahannya.

Bagi Masinis yang baru naik untuk bekerja di atas kapal, harus diberi pengenalan-pengenalan dan penjelasan tentang penggunaan peralatan perawatan mesin induk dan aturan-aturan yang berlaku terhadap dalam perawatan permesinan di atas kapal khususnya mesin pendingin (*refrigerant unit*).

Hal yang tidak kalah penting adalah masalah bahasa, Masinis harus mengerti bahasa internasional karena setiap poster atau slogan-slogan yang terpasang di kamar mesin pada umumnya menggunakan bahasa internasional, dalam hal ini yang sering digunakan adalah bahasa Inggris. Begitu juga dalam instruksi kerja. Kurangnya penguasaan dalam berbahasa Inggris akan menyebabkan lambatnya pemahaman terhadap prosedur perawatan di atas kapal.

Pada prinsipnya perawatan itu bertujuan untuk meningkatkan performa pesawat atau peralatan di kamar mesin serta meningkatkan perawatan. Pada pelaksanaan perawatan memerlukan tersedianya kualitas sumber daya manusia yang baik disesuaikan dengan banyak peraturan mengikat yang harus dipenuhi oleh setiap Masinis tentang keselamatan.

Untuk mencapai hal tersebut di atas harus dilakukan peningkatan pengetahuan terutama Masinis mesin tentang arti dari upaya perawatan dan perbaikan di kamar mesin guna menjamin perawatan. Upaya peningkatan dengan cara pelatihan di atas kapal sebaiknya diarahkan langsung pada obyek pelatihan yang dapat dipimpin langsung oleh kepala kerja.

Mengimplementasikan *PMS (Planned Maintenance System)* dengan baik dan benar akan sangat menunjang dalam upaya mencegah hal-hal yang tidak diharapkan yaitu terjadinya penurunan kondisi pada permesinan secara umum khususnya pada mesin pendingin untuk dapat mencegah dan menghindari terganggunya operasional kapal yang pada akhirnya dapat mengganggu kepentingan dinas. PMS

merupakan sistem perawatan berencana terhadap permesinan di kapal yang meliputi jadwal seperti perencanaan perawatan harian (*daily*), perencanaan perawatan mingguan (*weekly*) perencanaan perawatan bulanan (*monthly*), tiga bulanan (*quarterly*), enam bulanan (*semi annually*), dan perawatan tahunan (*annually*).

Dengan berjalannya sistem perawatan berencana, maka diharapkan akan mampu menekan biaya-biaya perawatan insidensial pada mesin pendingin, yang harus ditunjang dengan tersedianya suku cadang yang cukup di atas kapal. Agar operasional mesin pendingin di atas kapal berjalan dengan baik, maka sistem perencanaan harus dilaksanakan dengan benar dan tepat.

Perencanaan perawatan mesin pendingin di kapal Sea Eagles Tiger yaitu:

a) Harian (*Daily*)

- (1) Cek tekanan isap dan tekan pada sistem *freon*
- (2) Cek tekanan minyak pelumas kompresor.
- (3) Cek level minyak pelumas dalam karter kompresor.
- (4) Cek tekanan air pendingin untuk condensor.
- (5) Cek kebocoran pada sistem *freon* maupun pendingin air laut.
- (6) Cek tekanan isap (tekanan rendah) tekanan *refrigerant* masuk kompresor.
- (7) Cek tekanan tekan (tekanan tinggi) tekanan *refrigerant* keluar dari compressor

b) 3 Bulan (*Quarter*)

- (1) Sama seperti diatas (perawatan harian)
- (2) Bersihkan tube pendingin air laut condensor
- (3) Ganti *oli crank case compressor*
- (4) Ganti saringan pengering (*dryer*)
- (5) Ceck sistem listriknya (control otomatisnya)

c) 6 Bulan (*Semi Annually*)

- (1) Sama seperti diatas (perawatan harian)
- (2) *Overhoul Compressor (Cyl Head)*
- (3) Cek kondisi katup isap dan buang serta dudukan katup.

d) Tahunan (*Annually*)

- (1) Sama seperti diatas
- (2) *Top overhaul compressor* (termasuk *piston* dan *crank shaft*)

Agar ABK mesin dapat terbiasa dengan pekerjaan dan tanggung jawabnya dalam melaksanakan perawatan mesin pendingin udara, maka diperlukan juga adanya pengontrolan dan pengawasan yang dilakukan oleh senior engineer pada saat ABK mesin bekerja langsung di lapangan. Hal ini akan menjadi semacam training atau pelatihan langsung kepada ABK mesin, sehingga ketika ada kesalahan dalam pengerjaan dapat secara langsung diluruskan dan dibetulkan oleh senior engineer yang mengawasinya tersebut.

2) Melakukan Pengadaan Suku Cadang Mesin Pendingin

Agar tidak terjadi kesalahan dan keterlambatan suku cadang ke kapal maka perlu adanya komunikasi yang sinergi antara pihak kapal dengan pihak darat dalam pengadaan suku cadang. Segala sesuatu akan berjalan dengan baik apabila direncanakan dengan baik, termasuk pengaturan suku cadang.

Dalam hal suku cadang yang perlu direncanakan adalah bagaimana agar suku cadang selalu tersedia sewaktu dibutuhkan. Adapun pengertian manajemen suku cadang dan perannya adalah sebuah proses perencanaan, pengorganisasian, pengkoordinasian dan pengontrolan suku cadang untuk mencapai sasaran yang efektif dan efisien. Yang perlu diperhatikan dalam merencanakan kebutuhan suku cadang antara lain :

- a) Berapa banyak jumlah suku cadang dan dalam jangka waktu berapa lama biasanya dibutuhkan untuk pemakaian, kemudian dalam jangka waktu berapa lama sebelumnya telah dilakukan permintaan.
- b) Perencanaan dalam hal pembukuan, catatan pemakaian dan penerimaan suku cadang yang benar dan mudah untuk pengontrolan, seperti dibutuhkan adanya, pengelompokan jenis suku cadang dan lain sebagainya.
- c) Dalam hal penyimpanan agar direncanakan supaya mudah untuk mencari seperti penataan yang rapi, dikelompokkan menurut jenis suku cadang, diberikan label pada kotak penyimpanan.

Sistem administrasi yang baik akan memudahkan pengontrolan dan mengurangi kesalahan yang akan terjadi, sehingga akan dapat memudahkan dalam mencari dan dapat dengan mudah ditemukan apabila terjadi kesalahan. Beberapa peralatan dasar untuk mengontrol adalah catatan yang baik dari peralatan seperti mesin perkakas, dan fasilitas serta *historical record system* dari reparasi perawatan yang dapat memperkirakan jenis dan jumlah suku cadang yang akan digunakan.

Setiap kali memesan suku cadang, perlu dipertimbangkan dan pengaturan yang mendekati tepat-guna, yaitu agar suku cadang tidak kehabisan pada saat yang dipesan belum datang, akan tetapi suku cadang juga jangan sampai berlebihan di atas kapal yang menyebabkan modal- mati (*idle money*), karena modal tersebut dapat digunakan untuk orang lain.

2. Evaluasi Terhadap Alternatif Pemecahan Masalah

a. Kondensor Tidak Bekerja Dengan Baik

1) Melakukan Perawatan Terhadap Kondensor

Keuntungannya :

- a) Bisa dikerjakan oleh semua ABK mesin

- b) Hemat waktu dan biaya
- c) Kondensor dapat bekerja dengan baik

Kerugiannya :

Kurang teliti dan kurang hati-hati dalam melakukan pembersihan (penyogokan) pipa-pipa dalam kondensor sehingga dapat menyebabkan kebocoran pada pipa tersebut, dan pada pemasangan cover penutup kondensor, sering terjadi kerusakan pada paking dan baut pengikat nya.

2) Melakukan Perawatan Pompa Pendingin Air Laut

Keuntungannya :

- a) Tekanan pompa mencapai tekanan yang diinginkan
- b) Aliran pendingin untuk kondensor lebih maksimal

Kerugiannya :

Membutuhkan waktu dan ketelitian dalam melakukan perawatannya.

b. Jadwal Perawatan Berkala Belum Dilaksanakan Secara Maksimal

1) Memberikan Penjelasan Dan Pemahaman Tentang Sistem Pendingin

Keuntungannya :

- a) ABK mesin lebih memahami tentang perawatan mesin pendingin sehingga dapat mencegah sebelum terjadi kerusakan yang besar
- b) Permesinan terawat dan dapat menyediakan suku cadang yang dibutuhkan

Kerugiannya :

Harus menyesuaikan waktu yang telah ditentukan

2) Melakukan Pengadaan Suku Cadang Mesin Pendingin

Keuntungannya :

- a) Kebutuhan suku cadang di atas kapal terpenuhi
- b) Perawatan dapat dilakukan tepat waktu

Kerugiannya :

- a) Membutuhkan biaya untuk pengadaan
- b) Respon perusahaan terkadang lambat

3. Pemecahan Masalah yang dipilih

a. Kondensor Tidak Bekerja Dengan Baik

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah di atas, maka pemecahan masalah yang dipilih untuk mengatasi kondensor tidak bekerja dengan baik yaitu :

Melakukan perawatan terhadap kondensor sesuai *Planned Maintenance System (PMS)* dengan membersihkan kondensor menggunakan cairan pembersih (*liquid solvent*) yang disirkulasikan melalui bantuan pompa dan membersihkan pipa-pipa dari sumbatan secara berkala.

b. Jadwal Perawatan Berkala Belum Dilaksanakan Secara Maksimal

Dari hasil evaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah di atas, penulis memilih pemecahan yang dipilih untuk memaksimalkan jadwal perawatan yaitu :

Memberikan penjelasan dan pemahaman tentang sistem pendingin **melalui** pelatihan pengetahuan dan pemahaman *engine crew* tentang mesin pendingin. Perawatan berkala dilakukan dengan cara :

- 1) Melakukan perawatan mengikuti periode *overhaul* pompa service air laut untuk pendinginan
- 2) Melakukan pemeriksaan dan pembersihan saringan isap pompa

- 3) Melakukan *overhaul* pompa air laut bila *impeller* pompa sudah aus dan
- 4) Melakukan pengecekan terhadap kondisi katup/keran air laut isap dan tekan untuk memastikan aliran air masuk dan keluar pompa sesuai dengan yang diharapkan

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan permasalahan dan hasil analisa serta pembahasan yang penulis uraikan pada bab sebelumnya, maka penulis dapat menyimpulkan bahwa tidak optimalnya kinerja pendinginan ditandai dengan kenaikan suhu pada ruangan pendingin disebabkan oleh :

1. Kondensor tidak bekerja dengan baik disebabkan sirkulasi air pendingin dalam *tube* terhambat dan tekanan air pendingin yang masuk dalam kondensor tidak normal. Sehingga memerlukan perawatan terhadap kondensor secara berkala sesuai dengan PMS.
2. Jadwal perawatan berkala belum dilaksanakan secara maksimal disebabkan pengetahuan mengenai sistem mesin pendingin yang kurang dan suku cadang tidak tersedia di atas kapal. Untuk itu dapat diatasi dengan memberikan penjelasan serta pemahaman tentang perawatan sistem pendingin.

B. SARAN

Untuk Mempertahankan kinerja mesin pendingin di kapal maka berdasarkan kesimpulan diatas, penulis menyarankan kepada Perwira Mesin kapal sebagai berikut :

1. Kepala Kamar Mesin memberikan training tentang sistem mesin pendingin kepada ABK mesin sehingga mereka dapat melaksanakan perawatan mesin pendingin (*refrigerant unit*) sesuai *Instruction Manual Book* sehingga *refrigerant unit* terjaga operasionalnya sehingga Masinis 2 bisa melakukan perawatan terhadap kondensor sesuai dengan jadwal perawatan berencana

(planned maintenance system) serta melakukan perawatan pompa pendingin air laut secara berkala agar kondensor dapat mendinginkan secara maksimal.

2. Kepada pihak Perusahaan hendaknya menyediakan suku cadang untuk kebutuhan perawatan di atas kapal sehingga jadwal perawatan dapat dilaksanakan secara maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrew.D. *Modern Refrigeration and Air Conditioning*.
- Arismunandar, W. dan Heizo Saito. (2002). *Penyegaran Udara*, Jakarta : PT. Pradnya Paramita
- Daryanto (2015). *Mesin Pendingin untuk tingkat operasional Bagian Mesin Kapal Niaga*. Jakarta : Djangkar
- E. Karyanto Dipl, Dkk. (2009). *Penuntun Praktikum Perawatan Air Conditiner (Tata Udara)*, Jakarta : Restu agung..
- Handoyo, Jusak Johan. (2017). *Manajemen Perawatan Kapal*. Jakarta : Djangkar
- Hartanto. (2005). *Dasar-Dasar Mesin Pendingin*. Yogyakarta : PT. Andi Yogyakarta
- Higgs, Lindley R And Keith Mobley (2002). *Maintenance Engineering Handbook 7th Edition*. New York: McGraw-Hill
- Ilyas, S. (2003). *Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan*, jilid I, Jakarta : CV. Paripurna.
- Sehwarat, M.S dan J.S Narang. (2001). *Production Management*. Dhanpahat RAI Co: Nai sarak

DAFTAR ISTILAH

<i>Accumulator</i>	: Suatu peralatan bantu dalam sistem pendingin (refrigerasi) yang berfungsi untuk menampung dan memisahkan antara cairan refrigerant dan gas refrigerant agar refrigerant yang masuk kedalam kompressor semuanya berbentuk gas
<i>Compressor</i>	: Alat untuk menghisap dan memampatkan media pendingin
<i>Condensor</i>	: Tempat terjadinya penukaran panas antara media pendingin dengan air atau udara pendingin
<i>Expansion valve</i>	: Katup untuk mengatur jumlah <i>freon</i>
<i>Evaporator</i>	: Tempat terjadinya penguapan media pendingin .
<i>Filter and Dryer</i>	: Alat untuk menyaring dan mengeringkan media pendingin
<i>High Pressure Control Switch</i>	: Saklar pengatur tekanan tinggi
<i>Low pressure Control Switch</i>	: Saklar pengatur tekanan rendah
<i>Oil Pressure Switch</i>	: Saklar tekanan minyak
<i>Oil Separator</i>	: Alat untuk memisahkan minyak pelumas dengan media pendingin
<i>PMS</i>	: Singkatan dari <i>Planned Maintenance System</i> yaitu Suatu sistem perencanaan pemeliharaan kapal yang berisi hal-hal yang harus dilakukan dalam perawatan dan pemeliharaan kapal.
<i>Receiver</i>	: Tempat menampung media pendingin
<i>Refrigeration</i>	: Proses pemindahan panas dengan jalan menurunkan dan mempertahankan suhu benda
<i>Refrigerant (freon)</i>	: Media pendingin diantaranya R-134, R-404a

<i>Solenoid Valve</i>	: Katup untuk membuka dan menutup aliran media pendingin
<i>Sight glass</i>	: Alat ini mempunyai fungsi untuk melihat keadaan freon alam sistem
<i>Thermometer</i>	: Alat yang berfungsi untuk mengukur temperatur
<i>Thermostat</i>	: Alat yang berfungsi untuk mengontrol temperature
<i>Refrigeration Plant</i>	: Instalasi Mesin Pendingin

SHIP DETAILS

CLASS NOTATIONS <

Hull : @ 100A1, SSC, WORKBOAT, MOND, HSC, G3
 Machinery : |@| LMC

Ship's Name	: "SEA EAGELS TIGER"
Ex Name	: DEBRAN
Builder	: GRANDWELD Shipyards LLD.
Place of Build	: Dubai Maritime City, Dubai, U.A.E.
Hull Number	: H125/13
LR/IMO Number	: 9241020
Ship Type	: Crew boat
Flag	: BAHRAIN
Port of Registry	: BAHRAIN
Official Number	: BN 7045
Call Sign	: A9D3299
M.M.S.I. Number	: 408638000
Tonnages <	
Gross / Net	: 245 / 78
Lightweight	: 132,81 MT
Registered Dimensions <	
Length (registered)	: 38,51 M
Breadth	: 7,30 M
Moulded Depth	: 3,50 M
Moulded Draught	: 1,711 M
Max. Summer Draught (B)	: 1,731 M
Overall Length	: 41,770 M
Length B.P.	: 37,300 M
Freeboard Length	: 38,512 M
Dates <	
Contract	: 30 April 2013
Steel Cutting	: -
Keel	: 18 November 2013
Launch	: 26 October 2014
Delivery 'Schedule'	: 30 November 2014
Owner (Registered)	: SEA EAGELS GROUP
Managers	: unknown

Lloyd's Register, its affiliates and subsidiaries and their respective officers, employees or agents are, individually and collectively, "Lloyd's Register Group". The Lloyd's Register Group assumes no responsibility and shall not be liable to any person for any reliance on the information or advice in this document or howsoever provided, unless that person has agreed a disclaimer with the provider of the information or advice and in that case any responsibility or liability is exclusively on the terms and conditions of that disclaimer.

Table 2 (continued)
Suva® 404A (HP62) Superheated Vapor—Constant Pressure Tables

V = Volume in m³/kg H = Enthalpy in kJ/kg S = Entropy in kJ/(kg) (K) (Saturation Properties in parentheses)

ABSOLUTE PRESSURE, kPa													
TEMP. °C	320.0			330.0			340.0			350.0			TEMP. °C
	(-18.43°C)			(-17.59°C)			(-16.77°C)			(-15.97°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0620)	(357.5)	(1.6237)	(0.0602)	(358.0)	(1.6233)	(0.0585)	(358.5)	(1.6230)	(0.0569)	(359.0)	(1.6226)	
-15	0.0631	360.3	1.6347	0.0610	360.2	1.6317	0.0590	360.0	1.6287	0.0571	359.8	1.6258	-15
-10	0.0646	364.5	1.6507	0.0625	364.3	1.6477	0.0605	364.2	1.6447	0.0586	364.0	1.6418	-10
-5	0.0662	368.7	1.6665	0.0640	368.5	1.6635	0.0619	368.4	1.6605	0.0600	368.2	1.6577	-5
0	0.0677	372.9	1.6822	0.0655	372.8	1.6792	0.0634	372.6	1.6762	0.0614	372.5	1.6734	0
5	0.0692	377.2	1.6977	0.0669	377.1	1.6947	0.0648	376.9	1.6918	0.0628	376.8	1.6890	5
10	0.0707	381.5	1.7131	0.0684	381.4	1.7101	0.0663	381.2	1.7072	0.0642	381.1	1.7044	10
15	0.0722	385.9	1.7284	0.0699	385.8	1.7254	0.0677	385.6	1.7225	0.0656	385.5	1.7196	15
20	0.0737	390.3	1.7435	0.0713	390.2	1.7406	0.0691	390.0	1.7377	0.0670	389.9	1.7349	20
25	0.0752	394.7	1.7585	0.0728	394.6	1.7556	0.0705	394.5	1.7528	0.0684	394.3	1.7500	25
30	0.0766	399.2	1.7735	0.0742	399.1	1.7706	0.0719	399.0	1.7677	0.0697	398.8	1.7650	30
35	0.0781	403.8	1.7883	0.0756	403.6	1.7854	0.0733	403.5	1.7825	0.0711	403.4	1.7798	35
40	0.0796	408.3	1.8030	0.0771	408.2	1.8001	0.0747	408.1	1.7973	0.0724	408.0	1.7946	40
45	0.0810	412.9	1.8176	0.0785	412.8	1.8147	0.0760	412.7	1.8119	0.0738	412.6	1.8092	45
50	0.0825	417.6	1.8321	0.0799	417.5	1.8292	0.0774	417.4	1.8265	0.0751	417.2	1.8237	50
55	0.0839	422.3	1.8465	0.0813	422.2	1.8437	0.0788	422.1	1.8409	0.0764	421.9	1.8382	55
60	0.0854	427.0	1.8608	0.0827	426.9	1.8580	0.0802	426.8	1.8552	0.0778	426.7	1.8525	60
65	0.0868	431.8	1.8750	0.0841	431.7	1.8722	0.0815	431.6	1.8695	0.0791	431.5	1.8668	65
70	0.0883	436.6	1.8892	0.0855	436.5	1.8863	0.0829	436.4	1.8836	0.0804	436.3	1.8809	70
75	0.0897	441.4	1.9032	0.0869	441.3	1.9004	0.0842	441.2	1.8977	0.0817	441.1	1.8950	75
80	0.0911	446.3	1.9172	0.0883	446.2	1.9144	0.0856	446.1	1.9116	0.0830	446.0	1.9090	80
85	0.0925	451.3	1.9310	0.0896	451.2	1.9282	0.0869	451.1	1.9255	0.0844	451.0	1.9229	85
90	0.0939	456.2	1.9448	0.0910	456.2	1.9420	0.0883	456.1	1.9393	0.0857	456.0	1.9367	90
95	0.0954	461.3	1.9585	0.0924	461.2	1.9557	0.0896	461.1	1.9530	0.0870	461.0	1.9504	95
100	0.0968	466.3	1.9722	0.0938	466.2	1.9694	0.0909	466.1	1.9667	0.0883	466.0	1.9640	100
105	0.0982	471.4	1.9857	0.0951	471.3	1.9829	0.0923	471.2	1.9802	0.0896	471.1	1.9776	105
110	0.0996	476.5	1.9992	0.0965	476.4	1.9964	0.0936	476.3	1.9937	0.0909	476.2	1.9911	110
115	0.1010	481.7	2.0126	0.0979	481.6	2.0098	0.0949	481.5	2.0071	0.0921	481.4	2.0045	115
120	0.1024	486.9	2.0259	0.0992	486.8	2.0231	0.0962	486.7	2.0205	0.0934	486.6	2.0178	120
125	0.1038	492.1	2.0391	0.1006	492.1	2.0364	0.0976	492.0	2.0337	0.0947	491.9	2.0311	125
130	0.1052	497.4	2.0523	0.1020	497.3	2.0496	0.0989	497.3	2.0469	0.0960	497.2	2.0443	130
135	0.1066	502.7	2.0654	0.1033	502.7	2.0627	0.1002	502.6	2.0600	0.0973	502.5	2.0574	135

TEMP. °C	360.0			370.0			380.0			390.0			TEMP. °C
	(-15.19°C)			(-14.43°C)			(-13.68°C)			(-12.94°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0553)	(359.5)	(1.6223)	(0.0539)	(359.9)	(1.6219)	(0.0525)	(360.4)	(1.6216)	(0.0512)	(360.8)	(1.6213)	
-15	0.0554	359.6	1.6229	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-15
-10	0.0568	363.8	1.6390	0.0551	363.7	1.6362	0.0535	363.5	1.6335	0.0520	363.3	1.6308	-10
-5	0.0582	368.0	1.6549	0.0565	367.9	1.6521	0.0548	367.7	1.6494	0.0533	367.6	1.6468	-5
0	0.0596	372.3	1.6706	0.0578	372.2	1.6679	0.0561	372.0	1.6652	0.0546	371.8	1.6626	0
5	0.0609	376.6	1.6862	0.0592	376.5	1.6835	0.0575	376.3	1.6809	0.0559	376.2	1.6783	5
10	0.0623	381.0	1.7017	0.0605	380.8	1.6990	0.0588	380.7	1.6964	0.0571	380.5	1.6938	10
15	0.0637	385.3	1.7170	0.0618	385.2	1.7144	0.0601	385.0	1.7118	0.0584	384.9	1.7092	15
20	0.0650	389.8	1.7322	0.0631	389.6	1.7296	0.0613	389.5	1.7270	0.0596	389.3	1.7245	20
25	0.0663	394.2	1.7473	0.0644	394.1	1.7447	0.0626	394.0	1.7421	0.0609	393.8	1.7396	25
30	0.0677	398.7	1.7623	0.0657	398.6	1.7597	0.0639	398.5	1.7571	0.0621	398.3	1.7546	30
35	0.0690	403.3	1.7772	0.0670	403.1	1.7746	0.0651	403.0	1.7720	0.0634	402.9	1.7695	35
40	0.0703	407.8	1.7919	0.0683	407.7	1.7893	0.0664	407.6	1.7868	0.0646	407.5	1.7843	40
45	0.0716	412.5	1.8066	0.0696	412.3	1.8040	0.0676	412.2	1.8015	0.0658	412.1	1.7990	45
50	0.0729	417.1	1.8211	0.0709	417.0	1.8185	0.0689	416.9	1.8160	0.0670	416.8	1.8136	50
55	0.0742	421.8	1.8356	0.0721	421.7	1.8330	0.0701	421.6	1.8305	0.0682	421.5	1.8280	55
60	0.0755	426.6	1.8499	0.0734	426.5	1.8474	0.0714	426.4	1.8449	0.0694	426.3	1.8424	60
65	0.0768	431.4	1.8642	0.0746	431.3	1.8616	0.0726	431.2	1.8591	0.0706	431.1	1.8567	65
70	0.0781	436.2	1.8783	0.0759	436.1	1.8758	0.0738	436.0	1.8733	0.0718	435.9	1.8709	70
75	0.0794	441.1	1.8924	0.0771	441.0	1.8899	0.0750	440.9	1.8874	0.0730	440.8	1.8850	75
80	0.0807	446.0	1.9064	0.0784	445.9	1.9039	0.0763	445.8	1.9014	0.0742	445.7	1.8990	80
85	0.0819	450.9	1.9203	0.0796	450.8	1.9178	0.0775	450.7	1.9153	0.0754	450.6	1.9129	85
90	0.0832	455.9	1.9341	0.0809	455.8	1.9316	0.0787	455.7	1.9291	0.0766	455.6	1.9268	90
95	0.0845	460.9	1.9478	0.0821	460.8	1.9453	0.0799	460.7	1.9429	0.0778	460.6	1.9405	95
100	0.0857	466.0	1.9615	0.0834	465.9	1.9590	0.0811	465.8	1.9566	0.0789	465.7	1.9542	100
105	0.0870	471.1	1.9751	0.0846	471.0	1.9726	0.0823	470.9	1.9701	0.0801	470.8	1.9678	105
110	0.0883	476.2	1.9885	0.0858	476.1	1.9861	0.0835	476.0	1.9836	0.0813	476.0	1.9813	110
115	0.0895	481.4	2.0020	0.0870	481.3	1.9995	0.0847	481.2	1.9971	0.0825	481.1	1.9947	115
120	0.0908	486.6	2.0153	0.0883	486.5	2.0128	0.0859	486.4	2.0104	0.0836	486.3	2.0081	120
125	0.0920	491.8	2.0286	0.0895	491.8	2.0261	0.0871	491.7	2.0237	0.0848	491.6	2.0213	125
130	0.0933	497.1	2.0418	0.0907	497.0	2.0393	0.0883	497.0	2.0369	0.0869	496.9	2.0345	130
135	0.0945	502.4	2.0549	0.0919	502.4	2.0524	0.0894	502.3	2.0500	0.0871	502.2	2.0477	135
140	—	—	—	0.0931	507.7	2.0655	0.0906	507.7	2.0631	0.0883	507.6	2.0607	140

Gambar Kondensor



Gambar Saringan Pengering (*Filter Dryer*)

