

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



**MAKALAH**

**OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM MESIN PENDINGIN  
(REFRIGERANT UNIT) UNTUK MENCEGAH  
TERJADINYA KERUSAKAN BAHAN MAKANAN  
DI KAPAL AHTS ASL LEO**

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

**Oleh :**

**ZELFRIANTO TANDI SAPA'  
NIS. 01750/ T-1**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - 1  
JAKARTA  
2022**

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



**MAKALAH**

**OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM MESIN PENDINGIN  
(REFRIGERANT UNIT) UNTUK MENCEGAH  
TERJADINYA KERUSAKAN BAHAN MAKANAN  
DI KAPAL AHTS ASL LEO**

Oleh :

**ZELFRIANTO TANDI SAPA'**  
NIS. 01750/ T-1

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - 1  
JAKARTA  
2022**

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN  
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN  
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



**TANDA PERSETUJUAN MAKALAH**

Nama : ZELFRIANTO TANDI SAPA'  
No. Induk Siwa : 01750/ T-1  
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I  
Jurusan : TEKNIKA  
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM MESIN  
PENDINGIN (REFRIGERANT UNIT) UNTUK  
MENCEGAH TERJADINYA KERUSAKAN BAHAN  
MAKANAN DI KAPAL AHTS ASL LEO

Jakarta, Mei 2022

Pembimbing I,

Pembimbing II,

**Pande Irianto Subandrio Siregar, M.M**

Pembina Tk.I (IV/c)

NIP. 19620522 199703 1 001

**Rosna Yuherlina Siahaan, S.Kom., M.M.Tr.**

Pembina (IV/a)

NIP. 19720503 199803 2 003

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknika

**Diah Zakiah, ST, MT**

Penata TK. I (III/d)

NIP. 19790517 200604 2 015



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



**TANDA PENGESAHAN MAKALAH**

Nama : ZELFRIANTO TANDI SAPA'  
No. Induk Siwa : 01750/ T-1  
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I  
Jurusan : TEKNIKA  
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM MESIN  
PENDINGIN (REFRIGERANT UNIT) UNTUK  
MENCEGAH TERJADINYA KERUSAKAN BAHAN  
MAKANAN DI KAPAL AHTS ASL LEO

Penguji I

**Bagaskoro, S. Kom, MM**  
Pembina Tk. I (IV/a)  
NIP. 19590927 198003 1 002

Penguji II

**Ruben louhenapessy, M.Mar.E**  
DOSEN STIP

Penguji III

**Pande Irianto Subandrio Siregar, M.M**  
Pembina Tk. I ( IV/c)  
NIP. 19620522 199703 1 001

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknika

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

## KATA PENGANTAR

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

### **“OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM MESIN PENDINGIN (REFRIGERANT UNIT) UNTUK MENCEGAH TERJADINYA KERUSAKAN BAHAN MAKANAN DI KAPAL AHTS ASL LEO”**

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

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

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

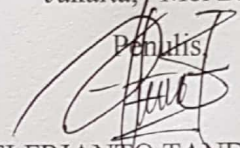
1. Bapak Capt. Sudiono, M. Mar. selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
2. Bapak DR. Ali Mukhtar Sitompul, MT, selaku Kepala Divisi Pengembangan Usaha Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
3. Ibu Diah Zakiah, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
4. Bapak Pande Irianto Subandrio Siregar, M. M., selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan pikirannya mengarahkan penulis pada sistematika materi yang baik dan benar
5. Ibu Rosna Yuherlina Siahaan, S. Kom., M. M. Tr., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan waktunya untuk membimbing proses penulisan makalah ini
6. Seluruh Dosen dan staf pengajar Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta yang telah memberikan bantuan dan dorongan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas makalah ini.

7. Lili Suryani Bura sebagai Istri, Cristian Tandi Sapa, Vinchen Tandi Sapa, Farel Anugrah Patu dan Aisel leony Patu sebagai anak yang ikut memberikan dorongan dan doa untuk menyelesaikan penyusunan makalah ini
8. Seluruh rekan-rekan yang ikut memberikan sumbangsih pikiran dan saran serta keluarga besar yang telah memberikan motivasi selama penyusunan makalah ini.

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

Jakarta, Mei 2022

Penulis

  
ZELFRIANTO TANDI SAPA'

NIS. 01750/ T-1



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



**TANDA PENGESAHAN MAKALAH**

Nama : ZELFRIANTO TANDI SAPA'  
No. Induk Siwa : 01750/ T-1  
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I  
Jurusan : TEKNIKA  
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM MESIN  
PENDINGIN (REFRIGERANT UNIT) UNTUK  
MENCEGAH TERJADINYA KERUSAKAN BAHAN  
MAKANAN DI KAPAL AHTS ASL LEO

Penguji I

Penguji II

Penguji III

**Bagaskoro, S. Kom, MM**  
Pembina Tk. I (IV/a)  
NIP. 19590927 198003 1 002

**Ruben louhenapessy, M.Mar.E**  
DOSEN STIP

**Pande Irianto Subandrio Siregar, M.M**  
Pembina Tk. I ( IV/c)  
NIP. 19620522 199703 1 001

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknika

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



KEMENTERIAN PERHUBUNGAN  
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN  
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN  
PROGRAM DIKLAT PELAUT  
JAKARTA



**PENGAJUAN SINOPSIS MAKALAH**

NAMA : ZELFRIANTO TANDI SAPA'  
NIS : 01750/T-I  
BIDANG KEAHLIAN : TEKNIKA  
PROGRAM DIKLAT : DIKLAT PELAUT-I

**Mengajukan Sinopsis Makalah sebagai berikut**

**A. Judul**

OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM MESIN PENDINGIN (*REFRIGERANT UNIT*) UNTUK  
MENCEGAH KERUSAKAN BAHAN MAKANAN DI KAPAL AHTS ASL LEO

**B. Masalah Pokok**

1. Sistem perawatan terhadap mesin pendingin kurang terlaksana dengan baik
2. Kondensor yang kotor dapat menyebabkan proses pendinginan tidak optimal

**C. Pendekatan Pemecahan Masalah**

1. Pemahaman tentang sistem pendingin
2. Melakukan pengecekan dan perawatan terhadap kondensor
3. Melakukan perawatan pompa pendingin air laut

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Jakarta, Mei 2022

Penulis

**Pande Irianto Subandrio Siregar, M.M**

Pembina Tk.I (IV/c)

NIP. 19620522 199703 1 001

**Rosna Yuherlina Siahaan, S.Kom., M.M.Tr.**

Pembina (IV/a)

NIP. 19720503 199803 2 003

**Zelfrianto Tandi Sapa**

NIS : 01750/T-I

Ka. Div. Pengembangan Usaha

**Dr. Ali Muktar Sitompul, MT**

Penata Tk.I (III/d)

NIP. 19730331 200604 1001



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. LATAR BELAKANG**

Waktu pelayaran yang lama dibutuhkan adanya persediaan makanan yang cukup. Oleh karena itu pesawat pendingin bahan makanan sangat penting peranannya sebagai penunjang kelancaran operasional kapal. Bila pesawat pendingin mengalami masalah atau terjadi kerusakan, akan mengakibatkan pesawat pendingin bahan makanan tidak dapat bekerja secara optimal dalam mendinginkan ruangan penyimpanan 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 berpatroli atau masih berada ditengah laut dalam beberapa hari. 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.

Pesawat pendingin bahan makanan adalah pesawat bantu yang ada di atas kapal yang berfungsi mendinginkan ruang penyimpanan bahan makanan, agar bahan makanan tersebut tidak mengalami kerusakan yang dapat menyebabkan terjadinya pembusukan. Karena pada suhu yang rendah bakteri tidak dapat hidup dan berkembang biak sehingga proses pembusukan bahan makanan dapat dicegah. Dengan demikian persediaan bahan makanan di atas kapal tidak terpenuhi. Sistem pendingin air laut kurang bekerja dengan maksimal dapat menyebabkan kerusakan bahan makanan sehingga kebutuhan makanan yang tidak terpenuhi, maka terjadi penurunan kinerja dari crew kapal.

Permasalahan lain pada pesawat pendingin bahan makanan, pernah penulis alami saat bekerja di kapal AHTS ASL LEO sebagai *Second Engineer* yaitu kondensor tidak mendinginkan secara normal (kotor). Akibatnya, terjadi penurunan kinerja sistem pendingin yang ditandai dengan tidak tercapainya suhu ruangan pendingin bahan makanan dari suhu normalnya yang dikehendaki yaitu antara  $-10^{\circ}\text{C}$  sampai

dengan  $-12^{\circ}\text{C}$ . Padahal mesin pendingin masih bekerja dan suhu ruang pendingin sudah diatur sesuai kebutuhan, akan tetapi suhu yang dicapai hanya  $-2^{\circ}\text{C}$ , sehingga tidak memenuhi kriteria sesuai ketentuan diatas.

Permasalahan pada mesin pendingin makanan juga dikarenakan terjadi kebocoran pada pipa kapiler, sehingga pendingin yang masuk ke dalam sistem tidak mencukupi. Pipa kapiler berfungsi sebagai alat untuk menurunkan tekanan, merubah bentuk dari gas menjadi bentuk cairan dan mengatur cairan refrigerant yang berasal dari pipa-pipa kondensor.

Pada sistem pendingin juga terdapat sistem kontrol saklar otomatis yang berfungsi untuk mematikan sistem jika suhu sudah tercapai, dan menghidupkannya kembali saat dibutuhkan. Sistem kontrol saklar otomatis yang kurang berfungsi menyebabkan kerja sistem pendingin tidak maksimal

Sistem pendingin juga memerlukan perawatan secara rutin, perawatan terhadap pesawat pendingin makanan tidak dilakukan sesuai PMS menyebabkan kerja sistem pendingin tidak optimal. Untuk itu diperlukan pemahaman dan kedisiplinan ABK Mesin dalam melakukan perawatan terhadap sistem pendingin makanan.

Dari pemaparan masalah di atas penulis tertarik untuk menulis makalah dengan judul : **“OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM MESIN PENDINGIN (REFRIGERANT UNIT) UNTUK MENCEGAH TERJADINYA KERUSAKAN BAHAN MAKANAN DI KAPAL AHTS ASL LEO”**.

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

### **1. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas penulis dapat mengidentifikasi beberapa permasalahan yang terjadi terkait dengan pesawat pendingin makanan di atas AHTS ASL LEO, yaitu :

- a. Sistem pendingin air laut tidak bekerja dengan maksimal.
- b. Kondensor yang kotor.
- c. Terjadi kebocoran pada pipa kapiler.
- d. Sistem kontrol saklar otomatis yang kurang berfungsi.

- e. Perawatan terhadap pesawat pendingin makanan tidak dilakukan sesuai PMS.
- f. Bahan makanan yang tersimpan di ruang pendingin tempat penyimpanan sering rusak.

## **2. Batasan Masalah**

Oleh karena luasnya pembahasan mengenai permasalahan yang terjadi pada pesawat pendingin makanan di atas AHTS ASL LEO, maka agar pembahasannya lebih fokus, maka penulis membatasi pembahasan makalah ini hanya pada masalah yang menjadi prioritas yaitu:

- a. Sistem pendingin air laut tidak bekerja dengan maksimal.
- b. Kondensor yang kotor.

## **3. Rumusan Masalah**

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

- g. Mengapa sistem pendingin air laut tidak bekerja dengan maksimal?
- h. Mengapa kondensor kotor?

## **C. TUJUAN DAN MAAFAAT PENELITIAN**

### **a. Tujuan Penelitian**

- a. Untuk mengetahui penyebab mengapa sistem pendingin air laut kurang maksimal yang mengakibatkan suhu temperatur di dalam ruangan gangdrum menjadi panas dan mencari alternatif pemecahan masalahnya.
- b. Untuk menganalisis penyebab kondensor yang kotor dapat menyebabkan proses pendinginan tidak optimal dan mencari alternatif pemecahan masalahnya.



## **b. 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 kinerja pesawat pendingin makanan.
- 2) Diharapkan dapat memberikan sumbang saran kepada lembaga STIP Jakarta sebagai bahan kelengkapan perpustakaan sehingga berguna bagi rekan-rekan Perwira Siswa.

### **b. Aspek Praktisi**

Sebagai bahan masukan dan bahan acuan bagi para masinis dalam hal pelaksanaan perawatan pesawat pendingin makanan guna menjaga kualitas bahan makanandi atas kapal.

## **D. METODE PENELITIAN**

### **1. Metode Pendekatan**

Dalam menyusun kertas kerja ini metode yang digunakan penulis adalah metode pendekatan dimana semua data yang penulis untuk mencoba uraian dalam makalah ini berasal dari :

#### **a. Studi Lapangan yaitu :**

Pengamatan langsung atau pengalaman penulis selama bekerja di atas kapal yang disesuaikan dengan disiplin ilmu yang pernah didapat sewaktu di bangku pendidikan.

#### **b. Studi Kepustakaan yaitu :**

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

## **2. Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan data merupakan langkah yang amat penting dalam penelitian, peneliti akan menjelaskan bagaimana peneliti melakukan pengumpulan data dan mengemukakan dengan cara mendapatkan data tersebut, yang berkaitan dengan pesawat pendingin makanan sebagai berikut :

### **a. Observasi**

Teknik pengumpulan data secara langsung mengenai objek hingga dapat diperoleh data terhadap permasalahan di lapangan di dalam melaksanakan pekerjaan di atas kapal dan menganalisa berdasarkan teori-teori yang relevan berdasarkan penelitian secara langsung perlu diperhatikan masalah yang akan diteliti oleh penulis selama melaksanakan pekerjaan di atas kapal.

### **b. Dokumentasi**

Suatu teknik pengumpulan data yang digunakan dengan melihat atau membaca arsip-arsip diatas kapal dan hasil pengamatan yang terjadi di lapangan ini merupakan salah satu arsip yang disimpan agar menjadi laporan untuk perusahaan. Apabila ditemukan kerusakan pada bagian-bagian tertentu sudah pasti dengan cepat diketahui kerusakan-kerusakan pada mesin tersebut dan juga sebagai perbandingan kerja pesawat pendingin makanan dan alat pendukungnya bekerja normal maupun tidak normal.

### **c. Studi Pustaka**

Adalah teknik yang dilakukan pengambilan data dengan mengambil referensi dari buku-buku yang relevan dengan apa yang penulis bahas dalam makalah, di dalam buku tentang pesawat bantu yang berkaitan dengan pesawat pendingin makananyang akan dibahas dalam makalah ini.

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

### **1. Waktu Penelitian**

Waktu Penelitian ini dilaksanakan berdasarkan pengalaman selama bekerja di atas kapal AHTS ASL LEO sejak 09 September 2020 sampai dengan 09 September 2021 yaitu kegiatan yang dilakukan dalam meneliti permasalahan yang terjadi pada mesin pendingin makanan, juga digunakan untuk melaksanakan tugas dan tanggung jawab sebagai *Second Engineer* sesuai dengan jabatan.

## **2. Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di atas kapal AHTS ASL LEO dengan alur pelayaran *Foreign Going*.

## **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**

Menjelaskan pendahuluan yang mengutarakan latar belakang, identifikasi, batasan dan rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, metode penelitian, waktu dan tempat penelitian, serta sistematika penulisan.

### **BAB II LANDASAN TEORI**

Menjelaskan 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 AHTS ASL LEO, 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

Menjelaskan 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. Sistem Pendingin Air Laut**

Menurut Jusak Johan Handoyo (2017:79) halaman buku no.14 bahwa pada sistem pendingin air laut air laut langsung digunakan dalam sistem mesin sebagai media pendingin untuk penukar panas. Pada prinsipnya air laut disirkulasikan oleh pompa melalui tangki dan sistem pendingin, air laut didinginkan oleh pendinginan mesin sebelum memasuki tangki di bagian bawah dan didistribusikan secara merata melalui plat berlubang.

Sistem pendingin air laut merupakan sistem pendingin terpisah dalam pengertian masing-masing bagian yang didinginkan disediakan cooler tersendiri, fluida pendinginnya menggunakan air laut. Kerugian pada sistem ini memerlukan material komponen yang tahan korosi, biaya maintenance lebih besar, bila terjadi salah satu komponen mengalami kerusakan akan menyebabkan komponen yang lainnya terganggu fungsinya.

Kelebihan sistem jenis ini maintenance lebih mudah dan biaya awal lebih murah. Sea water cooling system digunakan untuk mendinginkan main engine *lubricating cooler*, *jaket water cooler* dan *scavenge air cooler*. Pada umumnya kapasitas dari sea water pump didasarkan pada temperatur keluaran dari air laut yaitu 50<sup>0</sup>C setelah melewati pendingin dengan temperatur masukan 32<sup>0</sup>C (pada kondisi tropis temperatur lingkungan 45<sup>0</sup> C), dari temperatur tersebut temperatur dapat naik sebesar 18<sup>0</sup>C. Berikut gambaran alur dari sistem

pendingin air laut. Air laut diambil melalui sea chest dan disirkulasikan oleh sea water pump.

Air laut yang keluar dari sea water pump disirkulasikan menuju lubricating oil cooler dan sebagian dari air laut yang disirkulasikan diarahkan pada scavenge air cooler pada engine. Fluida yang melalui lubricating oil cooler menyerap panas dari lubricating oil kemudian diteruskan untuk mendinginkan jacket water cooler. Setelah keluar dari jacket water cooler, sea water dapat dibuang melalui over board atau disirkulasikan kembali dalam sistem. Katup-katup yang diletakkan dalam sistem dapat mengatur aliran air pendingin dan harus disediakan dalam skala gradual.

Hubungan posisi satu sama lain dalam pendingin dalam sistem tersebut untuk dapat mencapai :

- a. Temperatur pendingin yang rendah yang masih memungkinkan untuk mendapatkan pendingin yang lebih murah. Di lain pihak, dalam rangka untuk mencegah oli pendingin membeku pada kondisi dingin, inlet dari pendingin tidak boleh kurang dari 10°C
- b. *Cooling inlet* temperatur pada *scavenge air cooler* dibuat serendah mungkin, dalam rangka untuk menjaga konsumsi bahan bakar sesedikit mungkin.

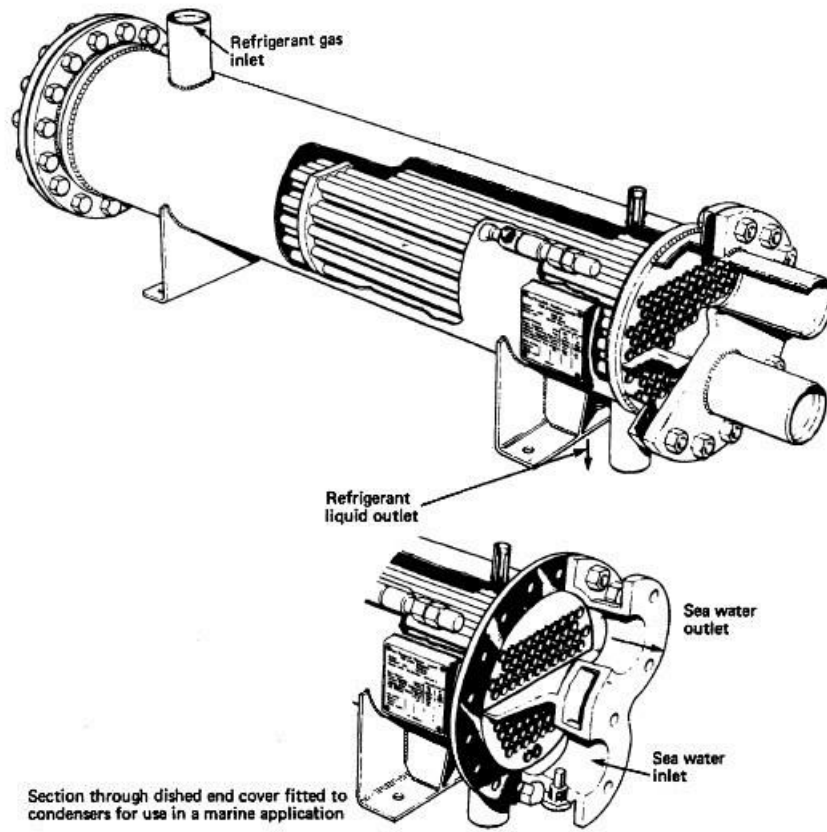
## **2. Kondensor Mesin Pendingin**

### **a. Definisi Kondensor**

Kondensor merupakan salah satu komponen utama pada sistem mesin pendingin. Pada kondensor terjadi perubahan wujud refrigeran dari bentuk gas (uap) panas lanjut (*super heated*) bertekanan tinggi dan temperatur tinggi menjadi cairan dingin lanjut (*sub cooled*). Perubahan wujud dari gas menjadi cair ini disebut proses kondensasi (pengembunan). Agar terjadi perubahan wujud tersebut maka kalor yang dikandung oleh refrigeran harus dilepas.

Jadi pada kondensor inilah terjadi perubahan wujud refrigeran dari gas menjadi cair dengan proses kondensasi melalui media pendingin yang menyerap panas yang dikandung oleh refrigeran.





Gambar 2.1 Kondensor

Ada beberapa jenis kondensor yang banyak digunakan saat ini kondensor tabung dan koil, kondensor pendingin udara dan kondensor tabung dengan pipa horizontal.

Kondensor ini berupa tabung yang didalamnya terdapat pipa-pipa tembaga yang dipasang secara horizontal, dimana air pendingin mengalir didalam pipa-pipa kecil tersebut. Ujung dan pangkal pipa-pipa kecil jalur air pendingin terikat pada pelat pipa yang tebal dan takan korosi. Pipa-pipa kecil yang tersusun itu dibagi menjadi dua bagian, yang satu bagian sebagai jalur air masuk dan sebagian lagi sebagai jalur air pendingin keluar.

Menurut Widagdo (2010:23) halaman 30 bahwa kondensor dibedakan menjadi 3 jenis, seperti *Air-cooled Condensor*, *Water-cooled Condensor* dan *Evaporative-cooled Condensor*.

1) *Air-Cooled Condensor* (Kondensor berpendingin udara)

*Air cooled condenser* adalah kondensor yang menggunakan udara sebagai *cooling* mediumnya, biasanya digunakan pada sistem berskala rendah dan sedang dengan kapasitas hingga 20 ton refrigerasi. *Air Cooled Condenser* merupakan peralatan *standard* untuk keperluan rumah tinggal (*residential*) atau digunakan di suatu lokasi di mana pengadaan air bersih susah diperoleh atau mahal. Untuk melayani kebutuhan kapasitas yang lebih besar biasanya digunakan *multiple air cooled condenser*.



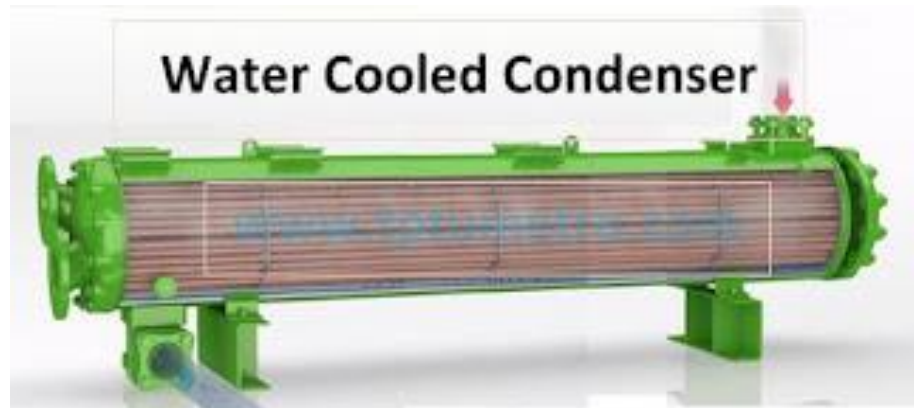
Gambar 2.2 Kondensor berpendingin udara

Dalam *Air-cooled condensor*, kalor dipindahkan dari refrigeran ke udara dengan menggunakan sirkulasi alamiah atau paksa. Kondensor dibuat dari pipabaja, tembaga dengan diberi sirip untuk memperbaiki transfer kalor pada sisi udara. Refrigeran mengalir di dalam pipa dan udara mengalir di luarnya. *Aircooled condensor* hanya digunakan untuk kapasitas kecil seperti *refrigerator* dan *small water cooler*.

2) *Water cooled Condensor* (Kondensor berpendingin air)

Kondensor jenis ini digunakan pada sistem yang berskala besar untuk keperluan komersil di lokasi yang mudah memperoleh air bersih. Kondensor jenis ini menjadi pilihan yang ekonomis bila terdapat suplai air bersih mudah dan murah. *Water cooled condensor* dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu *shell and tube*, *shell and coil*, dan

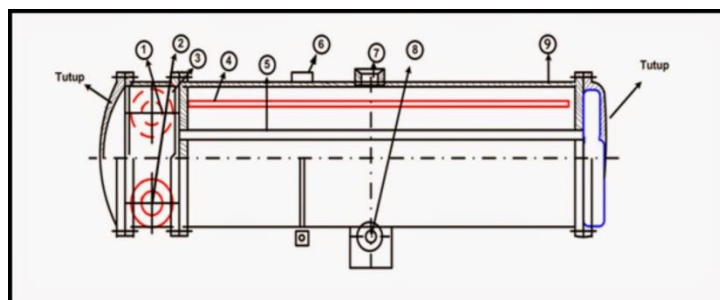
*double tube* (Stroeker 2012). adalah peneliti tentang water cooler condensor.



Gambar 2.3 Kondensor berpendingin air

a) *Shell and Tube*

Pada umumnya kondensor seperti ini berbentuk tabung yang di dalamnya berisi pipa (*tubes*) tempat mengalirnya air pendingin. Uap refrigeran berada diluar pipa tetapi di dalam tabung (*shell*). Salah satu jenis alat penukar kaloryang menurut konstruksinya oleh adanya sekumpulan pipa (tabung) yang dipasangkan didalam *shell* (pipa galvanis) yang berbentuk silinder dimana 2 jenis fluida saling bertukar kalor yang mengalir secara terpisah (air dan freon). Pada evaporator jenis *Shell and Tube*, refrigeran mendidih di bagian dalam bundel pipa-pipa. Cairan yang akan didinginkan kemudian dialirkan didalam tabung dengan melintasi pipa-pipa tersebut.



Gambar 2.4 Kondensor *shell and tube*

Keterangan :

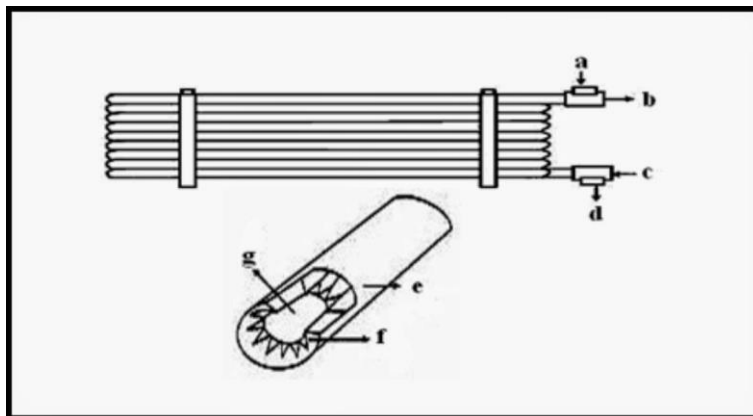
1. Saluran air pendingin keluar
2. Saluran air pendingin masuk
3. Pelat pipa
4. Pelat distribusi
5. Pipa bersirip
6. Pengukur muka cairan
7. Saluran masuk refrigeran
8. Tabung keluar refrigeran
9. Tabung

b) *Shell and Coil*

Terdiri dari sebuah cangkang yang dilas elektrik dan berisi koil air, kadangkadangkajuga dengan pipa bersirip, dan siripnya berbentuk batangan. Sirip II-5 batangn bukan merupakan bentuk umum, jenis yang dominan adalah sirip yang berbentuk lempengan persegi yang dipasangkan pada tabung silinder.

c) *Double Tube*

Refrigeran mengembun di luar pipa dan air mengalir dibagian dalam pipapada arah yang berlawanan. Double tube digunakan dalam hubungan dengan *cooling tower* dan *spray pond*.



Gambar 2.5 Kondensor *tube and tube*

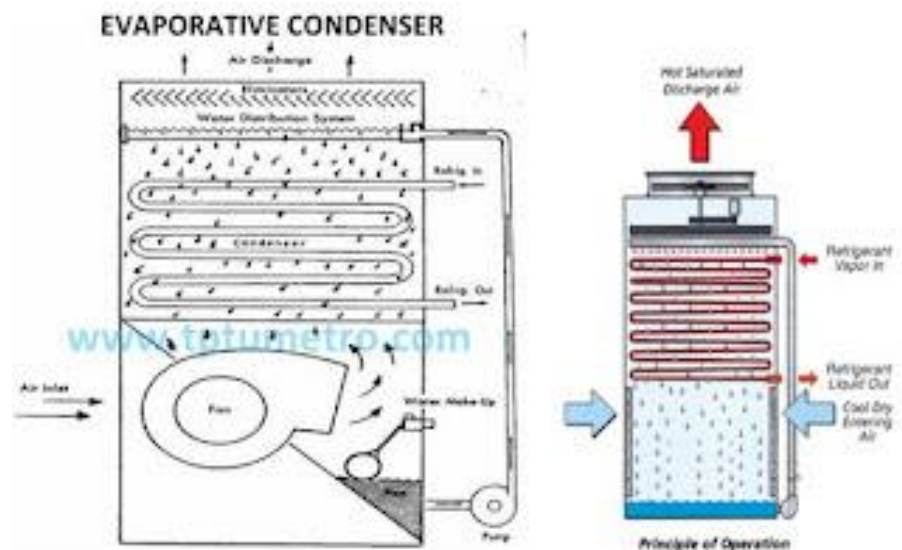
Keterangan :

- a. Uap refrigeran masuk
- b. Air pendingin keluar

- c. Air pendingin masuk
- d. Cairan refrigeran keluar
- e. Tabung luar
- f. Sirip bentuk bunga
- g. Tabung dalam

### 3) *Evaporative Condensor*

Refrigeran pertama kali melepaskan kalornya ke air kemudian air melepaskan kalornya ke udara dalam bentuk uap air. Udara meninggalkan uap air dengan kelembaban yang tinggi seperti dalam *cooling tower*. Oleh karena itu kondensor *evaporative* menggabungkan fungsi dari sebuah kondensor dan *cooling tower*.



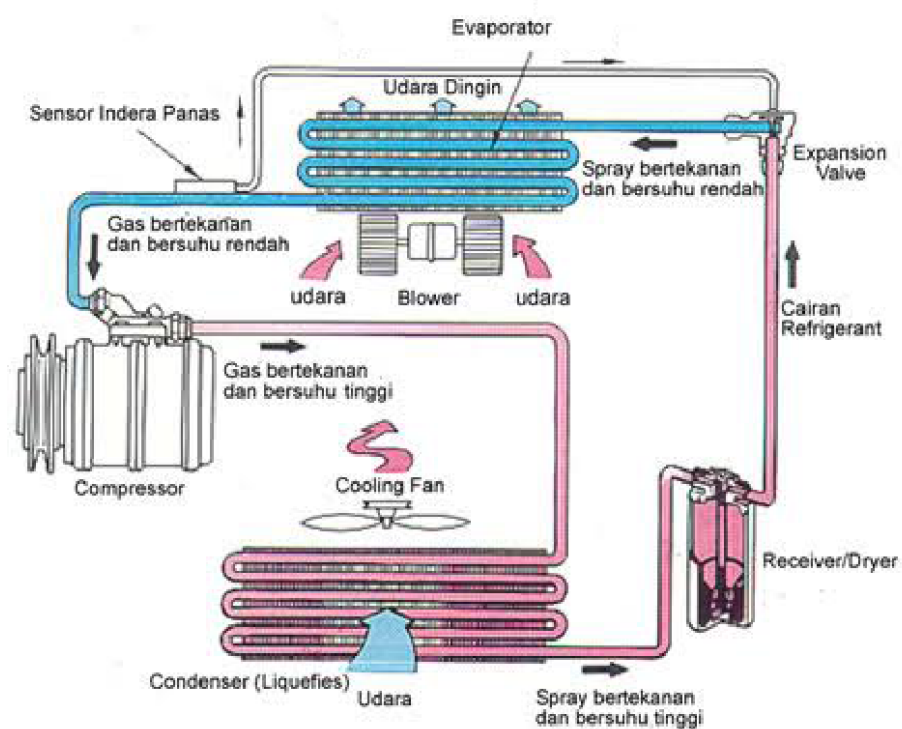
Gambar 2.6 Kondensor berpendingin udara

### b. **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 (2018:59), suatu siklus *refrigerasi* secara berurutan berawal dari

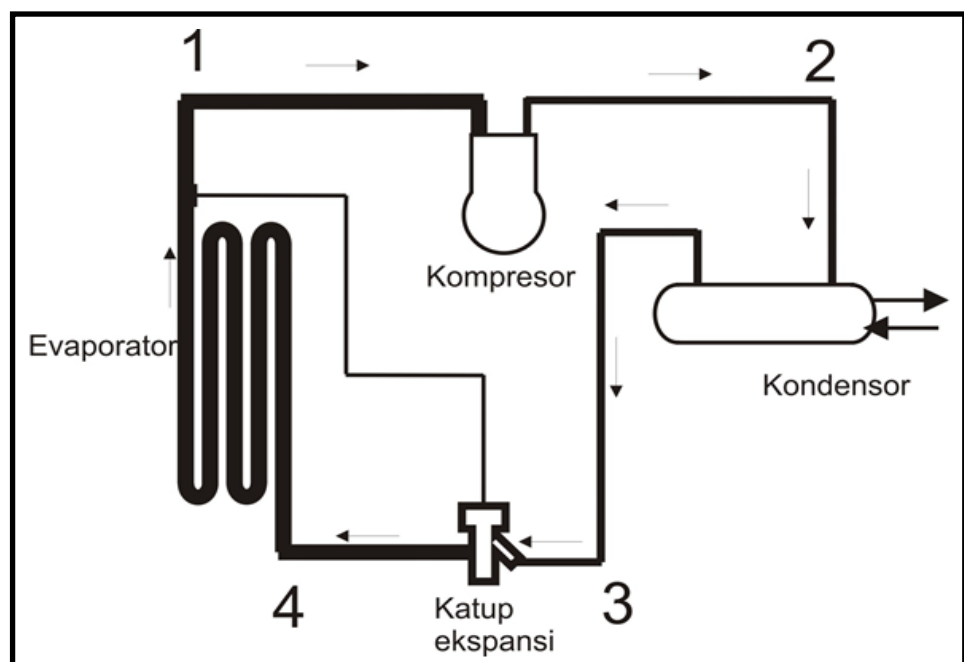


proses pemampatan (kompresi), proses pengembunan (kondensasi), proses pemuain dan berakhir pada proses penguapan (*evaporator*).



Gambar 2.7 Proses Refrigerasi

Prinsip kerjanya dapat dijelaskan dengan gambar diagram sederhana pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.8 Prinsip kerja sederhana *refrigerant*

Satu siklus *refrigrasi* kompresi uap adalah sebagai berikut:

1) Proses Pemampatan

*Refrigerant* yang mempunyai suhu dan tekanan rendah yang berasal dari proses penguapan dimampatkan atau dikompresikan oleh kompresor menjadi uap bersuhu dan bertekanan tinggi agar kemudian mudah diembunkan, uap kembali menjadi cairan didalam kondensor.

Proses dimulai ketika *refrigerant*, meninggalkan *evaporator*. *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 mengalami 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.

Proses kondensasi dimulai saat *refrigerant* masuk ke dalam kondensor. *Refrigerant* yang berwujud gas, suhu dan tekanannya tinggi sebelum masuk ke kondensor masuk dulu ke dalam alat pemisah minyak, untuk memisahkan *refrigerant* dari minyak lumpur. Di dalam kondensor, *refrigerant* didinginkan oleh udara 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.

## 2) Proses penurunan Tekanan (Pemuaian)

Pemuaian adalah proses pengaturan kesempatan bagi *refrigerant* yang berwujud cair untuk memuai agar selanjutnya dapat menguap di *evaporator*. 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

Sesuai dengan proses yang terjadi di tiap komponen pokok, maka untuk mengontrol bahwa sistem 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 didalam *evaporator*. Yang berarti bahwa panas yang harus meninggalkan sistim di kondensor sama besarnya dengan panas yang diserap kedalam sistim 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 (udara) adalah fungsi dari 3 (tiga) faktor pertama luasnya Permukaan kondensasi, kedua Koefisien konduktansi dinding kondensor, dan ketiga 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 melalaui dinding kondensor tergantung hanya kepada perbedaan suhu uap *refrigerant* dengan media pengembun yaitu udara.

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.

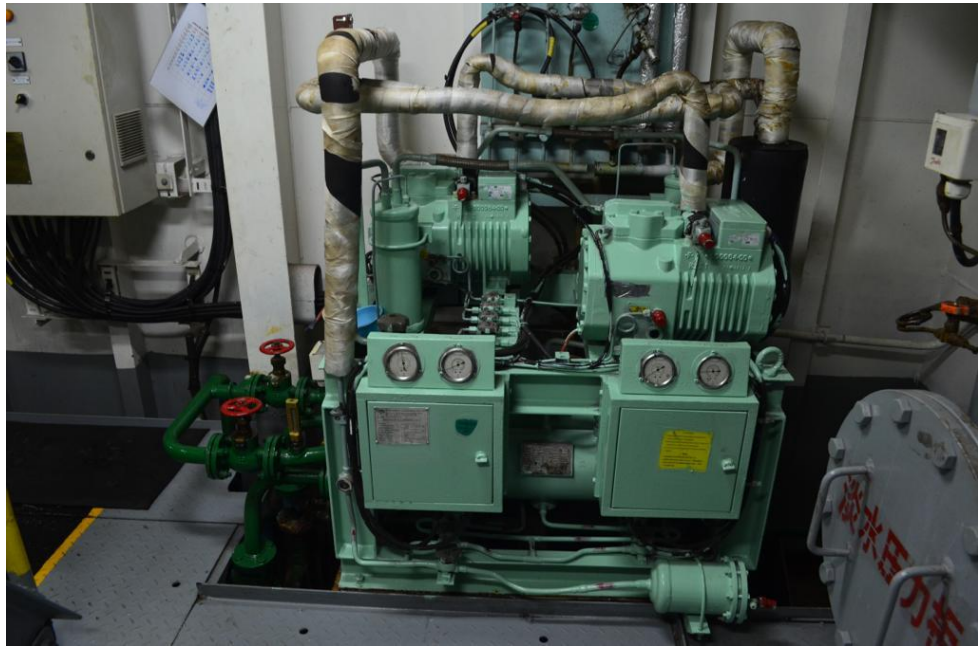
Oleh adanya aksi pengecilan (*throttling*) dari katup ekspansi, kondensor seakan berubah sebagai lemari tertutup dan uap ditekan terus oleh kompresor ke dalam kondensor tanpa terjadi pengembunan akan berakibat terjadinya kenaikan tekanan di dalam kondensor sampai batas nilai dimana suhu jenuh uap cukup ketinggiannya untuk melakukan pemindahan panas antara *refrigerant* dengan media pengembun. Efek pendinginan, jumlah panas dalam satuan masa *refrigerant* yang diserap dari ruang yang didinginkan disebut efek 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 di bawah suhu pengembunannya. Kejadian itu (penyerahan panas masih berlangsung setelah terjadinya pengembunan) disebut *subcooling* dan cairan disebut *subcooled refrigerant*.

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

### c. Mesin pendingin

Menurut Hartanto (2015:21) halaman no.51 bahwa mesin pendingin merupakan alat untuk mempertahankan kesegaran bahan makanan di atas kapal, sehingga menunjang kinerja pengoperasian kapal. Prinsip kerja dari mesin pendingin adalah merubah media pendingin dari zat cair menjadi gas. Dalam proses tersebut, dikarenakan adanya perubahan zat cair menjadi gas juga akan merubah temperatur sehingga ruangan tersebut menjadi dingin.



Gambar 2.9 Refrigerator Unit

Mesin pendingin tidak semata-mata bertujuan untuk mendinginkan bahan makanan, tetapi fungsi utama dari sebuah mesin pendingin adalah melemahkan atau melumpuhkan bakteri-bakteri pembusuk yang terdapat di dalam makanan.

Refrigasi adalah produksi atau pengusahaan dan pemeliharaan tingkat suhu dari suatu bahan atau ruangan pada tingkat yang lebih rendah daripada suhu lingkungan di sekitarnya dengan cara penarikan atau penyerapan panas dari suatu bahan atau ruangan tersebut. Refrigerasi dapat dikatakan juga sebagai proses pemindahan panas dari suatu bahan atau ruangan ke bahan atau ruangan lainnya (Ilyas, 2018:56), di halaman no.23 sedangkan menurut Hartanto (2015:24) di halaman 32 pendinginan atau refrigerasi adalah suatu proses penyerapan panas pada suatu benda dimana proses ini terjadi karena proses penguapan bahan pendingin (*refrigerant*).

Sebagai contoh nyata dari hal tersebut di atas yaitu contoh pertama jika pada saat kulit kita terkena tetesan alcohol atau spritus maka kulit akan terasa dingin. Ini disebabkan karena kulit kita ditinggalkan panas yang digunakan untuk proses penguapan alcohol atau spritus. Contoh kedua yaitu jika kita merasakan dingin saat berada di ruangan pendingin, mengapa

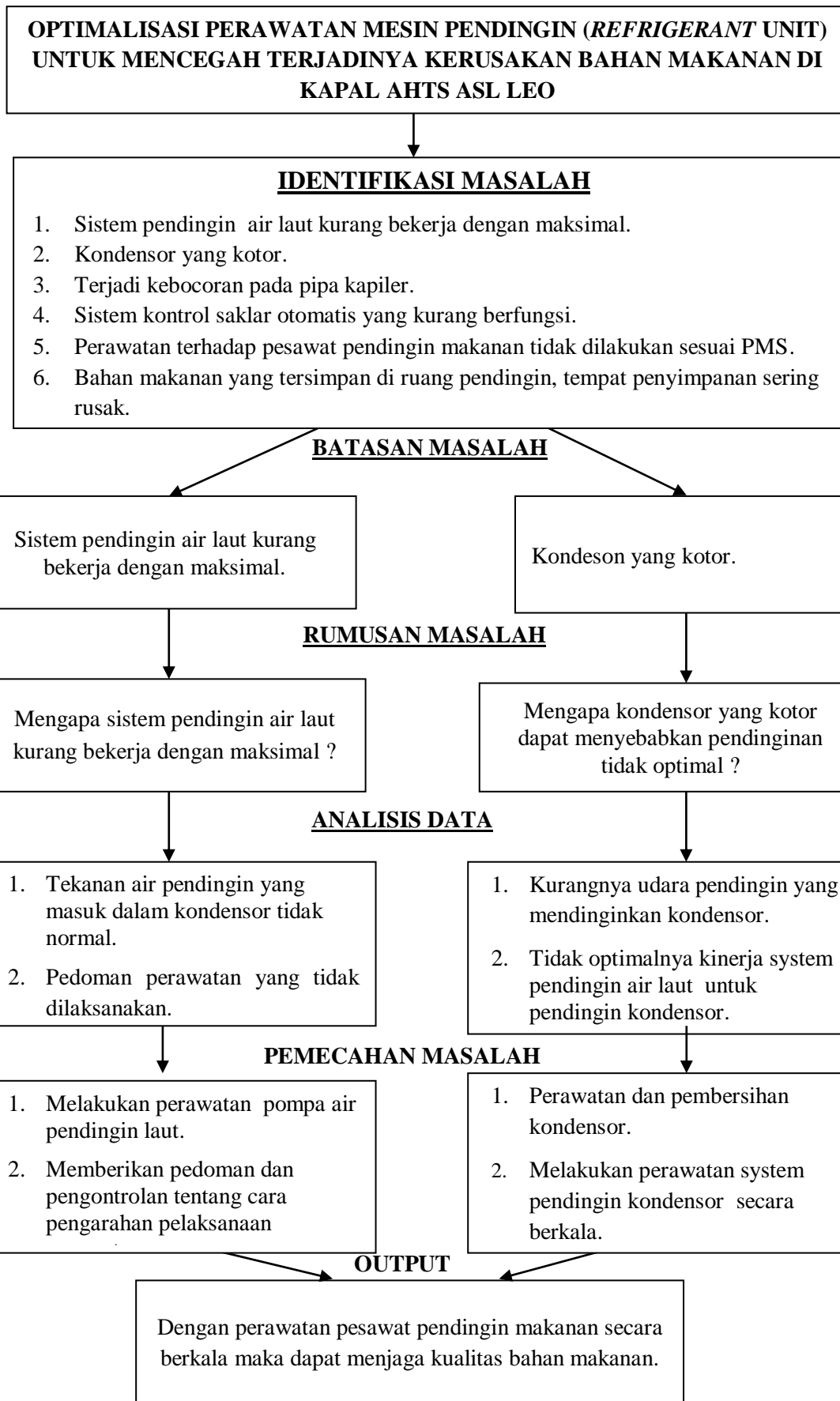


hal itu terjadi ? jawabnya adalah rasa dingin yang kita alami saat berada di ruangan pendingin disebabkan hilangnya panas tubuh kita ke suatu ruangan yang lebih dingin (yaitu ruangan yang panasnya pun diperlukan untuk proses penguapan sistem pendingin).

Menurut Ilyas (2015:48) 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 refrigerant selagi bahan itu berubah keadaan dari bentuk cairan menjadi bentuk gas atau uap dan sebaliknya dari gas kembali menjadi cairan. Sedangkan menurut Hartono (2015:36) dalam bukunya Teknik Mesin Pendingin, menyebutkan pendinginan atau refrigerasi adalah suatu proses penyerapan panas pada suatu benda dimana proses ini terjadi karena proses penguapan bahan pendingin (*refrigerant*).

## **B. KERANGKA PEMIKIRAN**

Berdasarkan teori-teori yang disebutkan di atas, secara garis besar permasalahan pada mesin pendingin dapat dihindari apabila pihak-pihak yang terkait dalam pengoperasian dan perawatan system mesin pendingin melaksanakan tugas dan tanggung jawab mereka dengan baik. Kemudian penulis mengambil kerangka pemikiran sebagai berikut :



## **BAB III**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **A. DESKRIPSI DATA**

Masalah Mesin pendingin makanan yang penulis temui di atas AHTS ASL LEO selama penulis bekerja sebagai *2<sup>nd</sup> Engineer* di atas kapal tersebut diantaranya yaitu:

##### **1. Sistem Pendingin Air Laut Kurang Bekerja Dengan Maksimal**

Pada 20 Maret 2021 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 AHTS ASL LEO dibagi dalam beberapa ruangan dengan peruntukan yang berbeda sesuai dengan jenis bahan makanan sebagai berikut :

- a. Ruang pendingin untuk bahan makanan berupa daging, ikan dan sejenisnya (ruang pembekuan) yang suhu normalnya antara  $-16^{\circ}\text{C}$  sampai  $-18^{\circ}\text{C}$ . tapi pada kenyataannya suhu hanya  $-10^{\circ}\text{C}$ .
- b. Ruang pendingin untuk bahan makanan seperti sayuran dan buah-buahan (*vegetable room*) suhu normalnya antara  $4^{\circ}\text{C}$  sampai  $6^{\circ}\text{C}$ . tapi saat ini suhunya hanya  $10^{\circ}\text{C}$ .
- c. Ruang pendingin untuk bahan makanan kering seperti telur, rempah-rempah, serta bahan makanan penyimpanannya tidak memerlukan suhu yang rendah yaitu antara  $20^{\circ}\text{C}$  sampai  $24^{\circ}\text{C}$ . tapi saat ini suhunya hanya  $27^{\circ}\text{C}$ .

##### **2. Kondensor yang kotor dapat menyebabkan proses pendinginan tidak optimal**

Pada tanggal 25 Maret 2021 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 sebahagian makanan mengalami kerusakan. Penulis melakukan pemeriksaan terhadap permasalahan pada mesin dalam kurun waktu sejak timbulnya masalah gangguan pada instalasi mulai tanggal 20 Maret 2021. Dan timbul lagi masalah gangguan yang sama pada tanggal 25 Maret 2021. Pengecekan dilakukan lebih seksama pada sistem dan ditemukan permasalahan diatas kemungkinan disebabkan oleh kondensor yang bekerja tidak normal.

Pada sistim pendingin yang bekerja normal maka kompresor akan berhenti bekerja bila temperatur ruangan yang dikehendaki telah tercapai. Jika pada sistem tidak bekerja dengan baik / ada kebocoran maka membuat sistem bekerja secara tidak optimal. 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 selama kapal melakukan kegiatan patroli. 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 tekanan kompresi pada kompresor karena diakibatkan oleh bocornya pipa kapiler dan kurangnya pendinginan pada kondensor. Gangguan hanya bisa diatasi dengan mengganti pipa kapiler yang bocor dengan yang baru pada bagian yang diperlukan serta membersihkan kisi-kisi kondensor dengan cara menyikat bagian kisi-kisi kondensor menggunakan sikat halus dan dengan cara menyemprotkan angin ke lubang (kisi-kisi kondensor) yang mengalami penyempitan dikarenakan oleh kotoran-kotoran yang terhisap oleh pompa pendingin air laut yang masuk kondensor.

Gangguan pada kondensor yang disebabkan oleh kebocoran saat proses kompresi memerlukan keahlian khusus untuk mengatasinya. Dikarenakan kapal beroperasi di area pengeboran minyak lepas pantai, maka saat mengatasi kebocoran tersebut dengan cara pengelasan yang mana pengerjaannya harus dilakukan di pelabuhan atas ijin *safety officer* pelabuhan

dan atas ijin dari kepala *security* dimana dia sebagai perantara dari pihak pencharter kapal, dan kapal pun pada saat itu standby di pelabuhan tidak ada kegiatan.

## **B. ANALISIS DATA**

Dari landasan teori dan dari data gejala gangguan yang didapatkan pada mesin pendingin di kapal AHTS ASL LEO, maka penulis berpendapat bahwa permasalahan tersebut disebabkan karena :

### **1. Sistem Pendingin Air Laut Kurang Bekerja Dengan Maksimal**

Hal ini dapat disebabkan karena :

#### **a. Tekanan Air Pendingin Yang Masuk Dalam Kondensor Tidak Normal**

Volume dan atau tekanan air laut yang masuk ke kondensor berkurang, dimana tekanan air laut mencapai 6 bar jika pompa pendingin bekerja dengan normal, maka 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 dan tekanan air laut yang masuk dengan bertekanan 3,5 bar. 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 *freezer* dan sekitarnya menjadi panas. Ditambah kurangnya *supply* udara pendingin dari ventilasi

*blowercentralairconditioner* dimana *supply* pendinginannya telah terbagi. Hal ini membuat kompresor dan kondensor bekerja lebih lama untuk mendinginkan ruangan pendingin bahan makanan.

- 2) Dikarenakan ruangan berdekatan dengan ruang bahan makanan kering dan tempatnya sangat sempit, membuat kerja kondensor menjadi lama dan membuat kisi-kisi kondensor cepat kotor dan berdebu. Dikarenakan oleh tiupan kondensor yang melewati kisi-kisi kondensor, dimana udara yang ditiupkan elektro motor fan tersebut dari udara sekitar ruangan *freezer*. Untuk itu perlu dilakukannya perawatan dan pengecekan kondensor dan sekitarnya.

#### **b. Pedoman Perawatan Yang Tidak Dilaksanakan**

Untuk menunjang kelancaran pekerjaan baik perawatan maupun perbaikan di kamar mesin maka diperlukan keterampilan dan kondisi fisik yang baik dari para ABK mesin. Disamping itu ABK yang bertanggung jawab juga harus disiplin dalam menerapkan prosedur yang ada. Tetapi seringkali ditemui para ABK dalam melakukan pekerjaan tidak sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan oleh perusahaan. Terutama dalam hal perawatan mesin pendingin, ABK cenderung melakukannya sesuai dengan inisiatif pribadi, atau berdasarkan apa yang mereka ketahui tanpa berpedoman dengan prosedur yang ada.

Hal tersebut di atas tentu tidak benar, dikarenakan setiap permesinan di atas kapal sudah ditentukan prosedur perawatannya oleh *maker* melalui buku panduan (*manual book*). Perawatan mesin pendingin untuk bahan makanan yang dilakukan tidak sesuai petunjuk hasilnya pasti tidak maksimal, akibatnya terjadi kerusakan pada bahan makanan (tidak layak dikonsumsi).

Kepandaian atau keterampilan dalam melaksanakan tugas berarti menambah kelancaran bagi penyelesaian suatu pekerjaan. Pada kenyataannya sering dijumpai ABK yang bekerja di kapal kurang pengalaman mengenai tugas-tugasnya, dikarenakan belum memiliki pengalaman yang cukup dalam perawatan mesin pendingin (*Refrigerant*



*Unit*). Ada kalanya ABK tidak familiar dengan tipe mesin pendingin (*Refrigerant Unit*) yang ada di atas kapal, dikarenakan tipe mesin berbeda dengan pengalaman kerja sebelumnya.

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 ABK kurang menunjukkan keterampilan kerja sebagai seorang pelaut profesional, karena kurangnya pengalaman dalam perawatan mesin induk, hal ini membuat penurunan kinerja dari ABK itu sendiri.

Peranan perusahaan untuk mendapatkan dan menempatkan pelaut yang berkemampuan sangat diperlukan, keadaan dilapangan masih banyak dijumpai ABK yang naik dan bekerja di atas kapal tidak familiar dengan sistem perawatan yang ada. ABK yang baru naik membutuhkan bimbingan dan familiarisasi yang cukup. Untuk itu ABK yang baru naik biasanya disuruh jaga dulu oleh ABK yang sudah lama di kapal. Hal ini kadang mengganggu waktu kerja dan juga waktu istirahat ABK yang disuruh membimbing, karena tidak jarang dalam pelaksanaan kegiatan perawatan permesinan di kapal, ABK yang baru tersebut harus selalu didampingi oleh ABK yang sudah lama di kapal.

## **2. Kondensor yang kotor dapat menyebabkan proses pendinginan tidak optimal**

Apabila 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. Kurangnya air Pendingin Yang Mendinginkan Kondensor**

Kondensor seperti namanya adalah alat untuk membuat kondensasi refrigeran gas dari kompresor dengan suhu tinggi dan tekanan tinggi. Refrigeran di dalam kondensor dapat mengeluarkan kalor yang diserap dari *evaporator* dan panas yang ditambahkan oleh kompresor. Kondensor

ditempatkan antara kompresor dan katup ekspansi, jadi pada sisi tekanan tinggi dari sistem. Kondensor ditempatkan di luar ruangan yang sedang didinginkan, agar dapat membuang panasnya ke luar kepada media pendinginnya. Pemilihan jenis dan ukuran kondensor untuk suatu sistem, terutama didasarkan pada yang lebih ekonomis, seperti: harga dari kondensor, jumlah energi yang diperlukan juga harus diperhitungkan.

Kondensor berfungsi untuk membuang kalor keluar ruangan dari media yang sedang didinginkan, dan mengubah fasa refrigeran dari gas menjadi cair. Air laut yang mendinginkan kondensor dapat mengalir karena aliran air yang diberikan tekanan pada pompa pendingin. Dikarenakan ruangan *freezer* area sempit maka kondensor di atas kapal AHTS ASL LEO pendinginanya menggunakan air laut. Pompa air laut mengirim ke dalam kondensor dalam jumlah yang lebih besar sehingga kapasitas untuk pendinginan kondensor bertambah. Kondensor berpendingin air laut yang mendinginkan mesin pendingin dikenal sebagai kondensor berpendingin air laut konveksi paksa.

Ketika gas Freon pada pipa pengubah dan pipa pengubah panas menjadi bertekanan tinggi, namun pada saat masuk ke pipa penghisap akan mengalir ke motor listrik atau ke dinamo. Demikian putaran gas Freon yang terus menerus disaat mesin hidup dan sebelum otomatis memutus kontak.

Pipa kapiler berfungsi untuk menurunkan tekanan dan mengukur cairan *refrigerant* (udara *refrigerant*) yang mengalir dari pipa-pipa kondensor, namun sebelum gas *refrigerant* merayap ke pipa-pipa kapiler ia harus melewati alat yang disebut dengan *dryer staint*, yakni salah satu komponen dari sistem mesin pendingin.

Fungsi dari alat tersebut adalah menyaring dan mengeringkan sisa air yang akan masuk ke ruang pipa berikutnya (kapiler dan evaporator). Bentuk dari alat ini berupa tabung kecil dengan diameter antara 6 - 8 cm, sedangkan panjangnya tidak kurang dari 10-12 cm.

Pipa kapiler dibuat dari pipa tembaga dengan lubang dalam yang sangat kecil. Panjang dan lubang pipa kapiler dapat mengontrol jumlah

*refrigerant* yang mengalir ke evaporator. Kelemahan dari pipa kapiler ini yaitu tidak sensitif terhadap perubahan beban di *evaporator* dan jumlah bahan pendingin (*refrigerant*) yang diisi dalam sistem harus diperhitungkan.

#### **b. Tidak Optimalnya Kinerja Pompa Air Laut Untuk Pendingin Kondensor**

Pompa air laut adalah jenis motor listrik yang berfungsi sebagai untuk mengalirkan air laut dan menciptakan air laut dari luar menuju ke kondensor. Aliran air laut yang diciptakan oleh pompa pendingin ini, akan melewati beberapa komponen seperti pipa kapiler kondensor dan kisi-kisi kondensor. Fungsi dari pompa pendingin kondensor ini adalah ;

- 1) Menjaga suhu sistem pendingin sesuai suhu kerja mesin pendingin.
- 2) Mendinginkan kondensor sesuai dengan suhu yang diatur.
- 3) Meringankan beban mesin pendingin agar bekerja lebih efisien.

Kinerja pompa mesin pendingin yang tidak optimal menyebabkan pendingin pada kondensor tidak maksimal / tidak sesuai suhu yang diinginkan seperti yang telah dijelaskan di atas. Oleh karena itu, perlu dilakukan perawatan secara berkala terhadap pompa air laut tersebut.

### **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:

#### **Alternatif Pemecahan Masalah**

##### **A. Sistem Pendingin Air Laut Kurang Bekerja Dengan Maksimal**

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

- 1) Melakukan Perawatan Pompa Air Pendingin 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 impeler yang sudah aus/tidak normal dan kavitasi pada pompa atau terjadi kebocoran dari *shaft seal* pompa dan *gland packing*nya.
- 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 penggantian 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 masih rendah, berarti kondisi pompa sudah mulai menurun. Sebelum kita melakukan perbaikan secara besar / *overhaul* pompa, kita periksa terlebih dahulu kondisi dari 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 kita lakukan 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.

## **2. Memberikan Pedoman Dan Pengarahan Tentang Cara Pelaksanaan Perawatan**

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 merugikan perusahaan. PMS merupakan sistem perawatan berencana terhadap permesinan di kapal yang meliputi jadwalseperti 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 AHTS ASL LEO yaitu :

a) Harian(*Daily*)

- a) Cek tekanan isap dan tekan pada sistem freon
- b) Cek tekanan minyak pelumas kompresor.
- c) Cek level minyak pelumas dalam karter kompresor.
- d) Cek tekanan air pendingin untuk condensor.
- e) Cek kebocoran pada sistem freon maupun pendingin air laut.
- f) Cek tekanan isap(tekanan rendah) tekanan *refrigerant* masuk kompresor.
- g) Cek tekanan tekan (tekanan tinggi) tekanan *refrigerant* keluar dari compressor

b) 3 Bulan(*Quarter*)

- a) Sama seperti diatas (perawatan harian)
- b) Bersihkan tube pendingin air laut condensor
- c) Ganti *oli crank case compressor*
- d) Ganti saringan pengering (*dryer*)
- e) Ceck sistem listriknya (control otomatisnya)



- c) 6 Bulan(*Semi Annually*)
  - a) Sama seperti diatas (perawatan harian)
  - b) *Overhoul Compressor (Cyl Head)*
  - c) 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*)

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 ABK. Pengarahan kepada ABK mesin dapat dilakukan secara rutin satu kali dalam sebulan dan pimpinan harus dapat memberi contoh yang terbaik bagi bawahannya.

Bagi ABK 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, ABK harus mengerti bahasa internasional karena setiap poster atau slogan-slogan yang terpasang dikamar mesin pada umumnya menggunakan bahasa internasional, dalam hal ini yang sering digunakan adalah bahasa Inggris. Begitu juga dalam instruksi kerja. Kurangnya penguasaan dalam berbahasa internasional 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 ABK tentang keselamatan.

Untuk mencapai hal tersebut di atas harus dilakukan peningkatan pengetahuan terutama ABK mesin tentang arti dari upaya perawatan dan perbaikan dikamar 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. Bila perlu sekali-kali diadakan pertemuan dengan wakil dari perusahaan untuk melakukan pelatihan bersama.

## **B. Kondensor Yang kotor dapat menyebabkan proses pendinginan tidak normal**

Masalah tersebut dapat diatasi dengan cara :

### **1) Perawatan Dan Pembersihan 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 pemuain dan berakhir pada proses penguapan (*evaporator*). Berdasarkan teori tersebut, bahwa terjadinya proses kondensasi 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. Oleh karena itu perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- a) Perawatan dengan pembersihan pipa pendingin air laut dan kondensor dilakukan secara berkala

Sistem perawatan Permesinan yang dilaksanakan di atas kapal AHTS ASL LEO adalah Sistem perawatan terencana berkala(*Plan Maintenance system*) yang dilaksanakan secara sistematis seperti terlampir pada lampiran. Sebelum pelaksanaan perawatan, harus memperhatikan hasil pemeriksaan dan pengecekan harian pada waktu mesin pendingin sedang bekerja yang bertujuan untuk pemantauan dan pencatatan data dan parameter yang akurat, guna menetapkan langkah-langkah yang tepat untuk melakukan tindakan perawatan yang optimal. Dalam ini yang diharapkan adanya tanggungjawab dan kesadaran dari pihak awak kapal yang mengoperasikan mesin pendingin, khususnya awak kamar mesin yang dituntut melaksanakan system perencanaan perawatan dengan baik dan benar.

b) Perawatan dengan pembersihan pada pipa air laut/kondensor

Apabila volume dan tekanan air laut yang masuk ke kondensor berkurang dari tekanan normal yaitu 3.1 bar maka akan menyebabkan penyerapan panas didalam kondensor tidak maksimal yang akan mempengaruhi kinerja sistem pendingin secara keseluruhan. Ini terjadi akibat adanya penyempitan atau penyumbatan di dalam pipa air laut, yang disebabkan karena adanya endapan atau sedimentasi karat dan lumpur yang mengeras didalam pipa air laut maupun didalam kondensor. Maka tindakan pembersihan pada pipa dan kondensor tersebut harus dilakukan agar kotoran yang ada didalam nya dapat disingkirkan atau terbuang dengan menggunakan sikat khusus untuk pembersih kondensor. Perawatan pembersihan ini mudah dilaksanakan baik terhadap pipa-pipa air laut maupun pipa-pipa pendingin pada kondensor. Untuk pembersihan pipa air laut, lakukan pelepasan-pelepasan pada beberapa bagian untuk memudahkan pengerjaan pembersihan dari kotoran atau endapan lumpur yang ada dalam pipa, hingga benar-benar bersih dan tidak ada sumbatan.

Apabila pipa-pipa yang telah kita lepas, ternyata kondisinya sudah sangat buruk, seperti pipa nya sudah tipis, kotorannya yang sudah tebal dan mengeras sehingga mengurangi aliran air laut ke dalam kondensor, maka sebaiknya kita melakukan penggantian pipa dengan yang baru. Dengan pergantian pipa yang baru diharapkan air pendingin yang masuk ke kondensor cukup untuk melakukan proses penyerapan panas yang terjadi didalam kondensor. Dengan melakukan penggantian pipa dengan baru, kita sudah bisa pastikan bahwa pipa air laut untuk pendinginan kondensor dalam keadaan baik, dan pada pengerjaan ini lakukan juga pengecekan dan pemeriksaan pada katup/ keran air laut yang masuk dan keluar kondensor untuk memastikan keran dalam keadaan baik.

c) Pengisian freon

(1) Vakum sistem karena pada saat pengelasan pasti ada udara di dalam sistem, caranya :

- (a) Hubungkan selang *pressure gauge* yang warna biru, charging manifold ke saluran pendingin pada kompresor, selang warna kuning dihubungkan dengan referigearnt yang digunakan untuk pengisian nanti untuk selang warna merah dihubungkan ke pompa vacum.
- (b) Buka katup tekanan rendah (warna biru) dan katup tekanan tinggi (warna merah) charging manifold dan tutup katup pengisian referigearnt, kemudian nyalakan pompa vacum.
- (c) Biarkan beberapa saat sampai skala penunjuk tekanan rendah menunjukan vacum 0 sampai 30 psi.
- (d) Tunggu pompa vacum tetap beroperasi kurang lebih selama 30 menit.
- (e) Perhatikan skala charging manifold pada sistem kurang lebih 15 menit.

- (f) Apabila ada kenaikan tekanan pada charging manifold maka kemungkinan besar terjadi kebocoran pada sistem pendingin, jika tidak ada kenaikan tekanan maka dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya yaitu pengisian freon.
- (2) Tutup katup tekanan tinggi (warna merah yang tadi selangnya tersambung ke pompa vakum.
- (3) Isi freon secara perlahan ke tabung kompresor sambil dijalankan kompresor. Buka katup pengisian beberapa saat lalu tutup kembali, lakukan berulang-ulang dan lihat berapa freon yang sudah masuk pada jarum penunjuk yang ada di manifold sampai pipa kapiler berembun atau basah atau *evaporator* dalam ruangan pendingin terasa dingin, tutup kembali katup pada tabung refrigerant.
- (4) Lepas selang / katup pada tabung manifold dan kompresor
- (5) Tunggu beberapa saat, cek kembali tekanan freon dan temperatur ruangan pendingin bahan makanan.
- (6) Apabila tekanan melebihi 40 Psi kurangi sedikit demi sedikit sampai 40 Psi, karena standar maksimum tekanan freon untuk *freezer* dengan menggunakan refrigerant R404a adalah 39.7 Psi sampai 40 Psi

## **BAB IV**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. KESIMPULAN**

Berdasarkan permasalahan dan hasil analisa serta pembahasan yang penulis uraikan pada bab sebelumnya, maka penulis dapat menyimpulkan :

1. Sistem pendingin air laut dapat bekerja dengan optimal didukung dengan adanya Tekanan air pendingin yang masuk ke dalam kondensor suhunya normal sehingga sistem pendingin air laut dapat bekerja dengan optimal.
2. Melaksanakan sistem pedoman perawatan sehingga menyebabkan mesin pendingin bahan makanan dapat bekerja optimal.
3. Pompa air laut akan bekerja dengan optimal jika tekanan air laut sudah maksimal.

#### **B. SARAN**

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

1. Memberikan pedoman dan pengarahan serta pelatihan (praktek kerja) tentang cara pelaksanaan perawatan mesin pendingin (*refrigerant unit*) dalam menjaga bahan makanan tetap baik (layak konsumsi).
2. Melakukan pengecekan dan perawatan terhadap kondensor secara berkala sesuai dengan jadwal perawatan berencana (*planned maintenance system*).
3. Melakukan perawatan *pompa air laut* secara berkala agar dapat berfungsi dengan baik sehingga tekanan air laut yang diinginkan pada kondensor dapat tercapai.

4. Untuk pihak perusahaan atau owner.
  - a. Melaksanakan proses seleksi crew yang betul- betul memahami tentang mesin pendingin ( system mesin pendingin bahan makanan di atas kapal).
  - b. Segera mengirimkan spare part yang di butuhkan di atas kapal sesuai permintaan pihak kapal.
  - c. Apa bila melakukan pergantian crew maka pihak perusahaan harus memberikan arahan tentang cara perawatan mesin pendingin diatas kapal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andrew. D.Althous, B.S, ME, Carl.H.Turnquist, B.S.ME, Alfred, F.Branciano, B.S.M.Ed.Sp. Modern Refrigeration and Air Conditioning.
- Arismunandar, W. dan Heizo Saito. (2002).*Penyegaran Udara*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita
- Bitszer Kuhlmas Co.Ltd, Instruction Book for Refrigerating Provision System.
- E. Karyanto Dipl, Dkk. (2019).*Penuntun Praktikum Perawatan Air Conditiner (Tata Udara)*. Jakarta : Restu Agung.
- Ilyas, S. (2015).*Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan*, jilid I, CV. Paripurna Jakarta.
- Suparwo, Sp. (2013).*Mesin Pendingin Untuk Tingkat Operasional Bagian Mesin Kapal Niaga*. Jakarta : Rineka Cipta
- Website:[www.prinsip-kerja-pesawat-pendingin,\(PDF\)](http://www.prinsip-kerja-pesawat-pendingin.pdf) Mengenal cara kerja mesin pendingin.
- Jusak johan (2017). Menjelaskan tentang (Manajemen Perawatan mesin pendingin).
- Widagdo (2010). Pengajuan frigerant Alternatif ramah lingkungan pada mesin pendingin.
- Stroeker (2012). Solusi rantai pendingin untuk frozen and chiller goods.
- Hartanto (2015). Mesin pendingin truk-freezer dan chiller application.