

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan pustaka

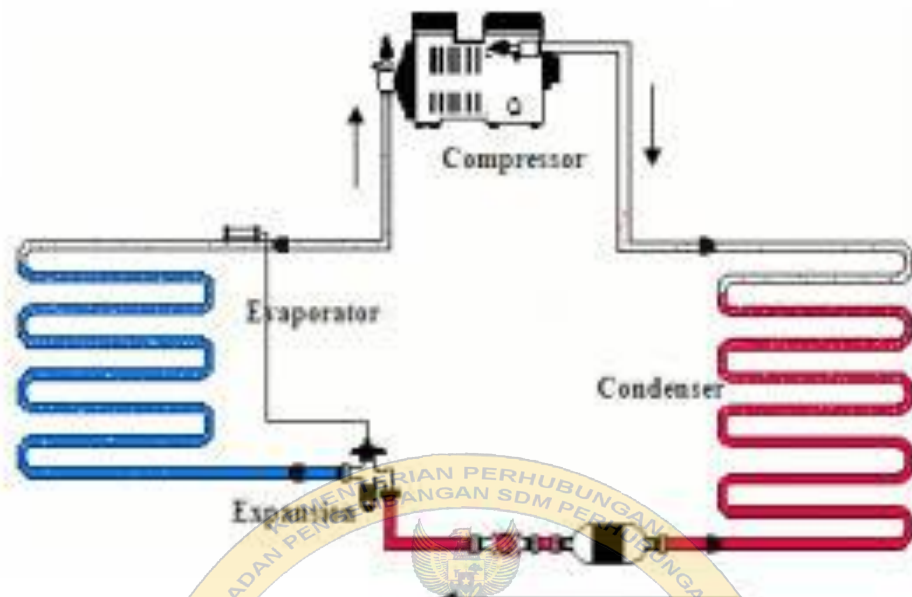
Asal mula adanya sistem pendinginan adalah dari teori ilmiah yang sangat sederhana. Berdasarkan teori tersebut dikembangkanlah suatu sistem yang dapat digunakan untuk mendinginkan ruangan atau menjaga kondisi udara.

1. Teori Dasar Pendinginan

Ketika disiang hari, setelah berenang badan ini akan terasa dingin, karena perubahan / perpindahan suhu lingkungan ke tubuh meskipun dipanas yang sangat terik. Hal ini terjadi, karena terjadi penguapan yang menyerap panas dari kulit.

2. Sirkulasi Pendinginan

Berdasarkan teori diatas, dan kemudian dikembangkanlah suatu alat pendingin yang sangat penting sekali keberadaannya, guna untuk membantu proses pendinginan khususnya dalam pendinginan bahan makanan di kapal. Dalam sistem pendinginan ini, media pendingin yang digunakan wujudnya selalu berubah-ubah tergantung fungsi dari permesinan itu sendiri. Dari gas menjadi cair atau sebaliknya. Dalam sistem pendingin perubahan wujud zat terjadi, karena adanya perbedaan tekanan dari tekanan tinggi ke tekanan rendah dan sebaliknya dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Sehingga proses pendinginan dapat terjadi dan media pendingin dapat bersirkulasi.



Gambar diagram pembagian tekanan pada mesin pendingin

Pembagian tekanan kerja dalam sirkulasi pendinginan:

- a. Tekanan Tinggi : pada daerah ini media pendingin berwujud cair dan gas, daerah ini mulai dari setelah katup tekan kompresor, kondensor sampai katup ekspansi.
- b. Tekanan rendah : pada daerah ini media pendingin juga berwujud cair dan gas, daerah ini mulai katup ekspansi, evaporator sampai katup isap kompresor.

Dalam sistem mesin pendingin yang ada sekarang ini, banyak peralatan yang dipasang untuk menunjang kelancaran kerja dan efisiensi dalam pemakaian. Dengan adanya peralatan-peralatan tersebut, kerja mesin semakin maksimal. Alat-alat yang ada dalam sistem pendinginan adalah: kompresor, kondensor, *oil separator*, *dryer*, *ekspansi valve*, *evaporator* dan alat-alat kontrol otomatis.

B. Kerangka pikir penelitian

Untuk menjaga bahan makanan di dalam ruang penyimpanan bahan makanan agar tidak cepat busuk atau rusak maka diperlukan peralatan untuk menjaga suhu di ruang penyimpanan tersebut. Suhu di ruang penyimpanan haruslah di bawah suhu udara luar dan sedapat mungkin mempunyai suhu yang relatif tetap atau dengan kata lain naik turunnya suhu jangan terlalu berbeda jauh karena bila terjadi perbedaan yang besar makan akan semakin banyak kandungan air yang diserap dari bahan makanan tersebut. Hal itu akan membuat bahan makanan kering dan cepat rusak. Untuk itu perlu adanya peralatan yang dapat menjaga suhu ruang penyimpanan stabil di bawah suhu udara luar. Peralatan itu disebut dengan *refrigerator* atau mesin pendingin. Dengan adanya instalasi mesin pendingin di tambah dengan adanya zat pendingin yang bersirkulasi didalam sistem maka diharapkan kualitas dan kuantitas dari bahan makanan akan selalu dapat terjaga dengan baik. Menurut tim BPLP (tth:1) di atas kapal umumnya terdapat 3-4 ruangan pendingin yaitu ruangan daging bersuhu -12°C , ruang ikan -15°C , ruang sayur dan buah-buahan 10°C dan ruang lobby 3°C .

Peranan dari mesin pendingin itu sendiri sangatlah penting dan amat vital, dalam sistem pendingin yang memiliki fungsi untuk mendinginkan ruangan bahan makanan juga tidak luput dari adanya gangguan. Dan banyak gangguan-gangguan yang sering terjadi diatas MV. Clipper Brilliance tempat dimana penulis melakukan praktek laut yang berhubungan dengan mesin pendingin antara lain adalah :

1. Terganggunya sistem aliran zat pendingin bahan makanan pada kondensor.

Didalam hal tersebut diatas, terjadinya gangguan dikarenakan sepanjang pipa-pipa pada kondensor yang merupakan bidang pendingin dari zat pendingin telah terhalang oleh karang-karang yang melekat pada pipa-pipa kondensor. Akibatnya aliran dari zat pendingin atau freon tersebut dapat terganggu serta proses kondensasi yang berada didalam kondensor menjadi tidak maksimal. Dimana setelah zat pendingin melewati kondensor akan berubah wujud dari wujud gas ke wujud cair. Apabila proses kondensasi yang terjadi di dalam kondensor tidak maksimal, maka jumlah zat pendingin hasil dari proses kondensasi yang keluar dari kondensor akan berkurang.

2. Berkurangnya kuantitas zat pendingin yang bersirkulasi didalam sistem pendingin.

Dalam hal tersebut, dikarenakan adanya kebocoran zat pendingin dari sistem pendingin. Salah satunya yaitu terjadinya kebocoran pada kondensor. Akibatnya adalah berkurangnya jumlah zat pendingin yang bersirkulasi di dalam sistem pendinginan dan terbuang ke atmosfer. Sehingga kuantitas zat pendingin tidak mencukupi untuk proses pendinginan dan ruang pendingin menjadi panas. Disamping zat pendingin cepat habis juga akan mempengaruhi kerja kompresor yang sering hidup dan mati secara otomatis, karena sistem otomatis pengaman untuk tekanan bekerja.

C. Definisi operasional

Komponen-komponen Mesin Pendingin

1. Komponen utama

a. Kompresor

Menurut Sumanto (2004 ; 5) dituliskan bahwa: kompresor unit terdiri dari motor penggerak dan kompresor. Kompresor bertugas untuk menghisap dan menekan zat pendingin sehingga zat pendingin beredar dalam unit mesin pendingin. Sedangkan motor penggerak bertugas memutar kompresor tersebut.



b. Kondensor

Menurut Sumanto (2004 ; 9) kondensor adalah sebuah alat dimana zat pendingin (freon) dalam tekanan dan temperatur tinggi yang keluar dari kompresor didinginkan dan dirubah menjadi cair. Disini panas dari ruangan yang diserap oleh freon dipindahkan

oleh air pendingin. Dalam kondensor tidak terjadi perubahan tekanan.



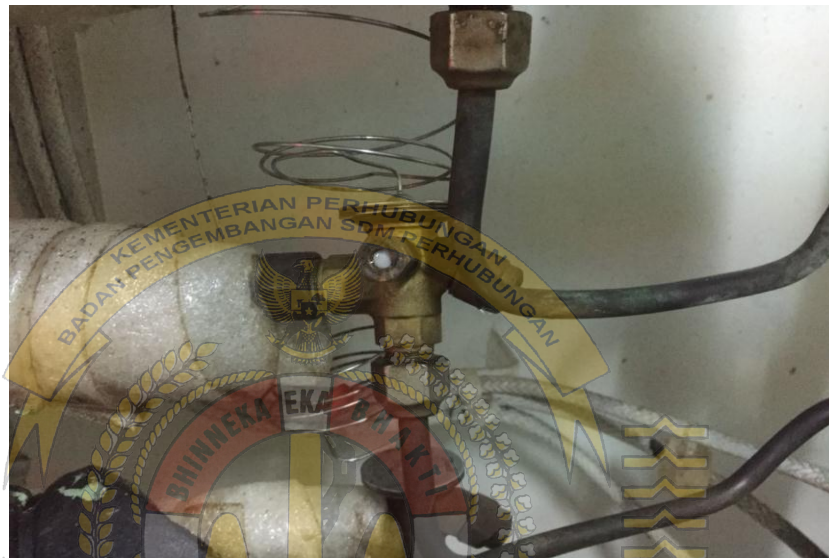
Fungsi dari kondensor ada dua, yaitu :

1. Untuk merubah bentuk zat pendingin dari bentuk gas dengan tekanan dan temperatur yang tinggi menjadi cairan dengan temperatur yang rendah (tekanannya masih tinggi).
2. Untuk menampung cairan zat pendingin hasil proses kondensasi.

c. Katup ekspansi

Katup ekspansi adalah alat untuk mengatur jumlah zat pendingin yang masuk ke ke pipa *coil evaporatore*. Selain itu fungsi dari katup ekspansi adalah untuk mencekik media pendingin yang keluar dari katup ekspansi agar tekanannya turun. Di kapal tempat penulis melakukan penelitian jenis katup ekspansi yang dipakai adalah tipe *TEV (Thermostatic Expantion Valve)*. Pada

Thermostatic Expantion Valve dilengkapi juga dengan pipa kapiler dan *bulb*. *Bulb* ditempatkan di pipa evaporator sedangkan antara *Thermostatic Expantion Valve* dan *bulb* dihubungkan dengan pipa kapiler yang berisi zat pendingin.



d. *Pipa coil evaporator*

Pengertian *pipa coil evaporator* menurut pedoman pesawat bantu II adalah suatu pipa yang dilewati zat pendingin dalam keadaan temperatur dan tekanan rendah sekali mengambil panas udara sehingga zat pendingin akan menguap menjadi bentuk gas.



Jadi fungsi dari pipa *coil evaporator* adalah:

1. Untuk mengembangkan dan menurunkan tekanan zat pendingin yang telah masuk ke pipa *coil evaporator*.
2. Untuk menguapkan cairan zat pendingin yang telah masuk ke pipa *coil evaporator*.
3. Untuk mengambil kandungan panas atau kalor yang terdapat di dalam udara ruang pendingin tersebut sehingga lambat laun suhu diruangan tersebut akan menurun sesuai kebutuhan yang digunakan.

2. Komponen pembantu

a. Pemisah minyak lumas (*Oil separator*)

Oil separator adalah sebuah alat permesinan bantu yang digunakan dan berfungsi untuk menyaring ataupun memisahkan minyak lumas dengan zat pendingin sehingga minyak lumas tersebut akan kembali dalam *oil carter compresor* (penampungan minyak) dan zat pendingin terus dialirkan ke kondensor.

b. *Dryer*

Dryer adalah alat bantu dari sistem pendingin yang berisi *silical gel* dan berfungsi untuk :

1. Menyaring zat pendingin yang bersirkulasi didalam sistem pendingin dari kotoran.

2. Meringankan atau mengikat kandungan air yang ikut bersirkulasi didalam sistem.
 3. Memisahkan zat pendingin dari berbagai pertikel kecil.
3. Komponen pengaman instalansi
 - a. Katup pengaman

Untuk mencegah terjadinya tekanan lebih di kompresor.

Karena hal tersebut dapat menimbulkan ledakan yang sangat berbahaya. Hal ini bisa terjadi akibat jika saklar tekanan tinggi tidak bekerja dengan baik.

b. *Solenoid valve*

Solenoid valve adalah sebuah katup yang dikendalikan oleh arus listrik dan berfungsi untuk membuka dan menutup aliran zat pendingin, apabila didalam suhu ruang pendingin sudah mencapai suhu terrendah, maka *solenoid valve* akan membuka lagi aliran zat pendingin, apabila suhu ruangan pendingin itu telah mencapai batas suhu tertinggi. *solenoid valve* akan bekerja secara terus menerus

c. *Thermostat*

Thermostat Adalah alat bantu yang berfungsi untuk mengatur suhu ruangan yang dikehendaki sesuai dengan kebutuhan temperatur ruangan dengan cara menghubungkan atau memutuskan arus berdasarkan suhu.

d. *Pressurestat*

Pressurestat adalah permesinan yang digunakan sebagai alat kontrol otomatis dengan cara memutuskan dan menghubungkan arus listrik berdasarkan tekanan.

4. Zat pendingin (*refrigerant*)

Didalam suatu proses pendinginan sangat diperlukan suatu bahan yang mudah dirubah bentuknya dari gas menjadi cair atau sebaliknya. Bahan tersebut dikenal dengan *refrigerant* (zat pendingin) guna mengambil panas dalam ruangan pendingin dan membuangnya di kondensor.

Untuk keperluan zat pendingin didalam suatu sistem pendinginan misal untuk pendinginan udara atau pengawetan bahan makanan diatas kapal diperlukan zat pendingin dengan karakteristik termodinamika yang tepat. Adapun syarat-syarat umum suatu zat pendingin adalah:

- a. Tidak beracun dan tidak berbau merangsang.
- b. Tidak dapat terbakar ataupun meledak bila tercampur dengan udara.
- c. Tidak menyebabkan korosi terhadap logam yang dipakai pada sistem mesin pendingin.
- d. Bila terjadi kebocoran mudah dicari.
- e. Mempunyai titik didih dan tekanan kondensasi yang rendah.
- f. Mempunyai susunan yang stabil.
- g. Tidak merusak tubuh manusia.

- h. Harga tidak mahal dan mudah didapat.
 - i. Zat pendingin yang mudah diubah wujudnya dari gas menjadi cair atau sebaliknya.
5. Minyak lumas pada mesin pendingin

Beberapa kompresor dengan piston yang bergerak bolak-balik menggunakan sistem pelumasan percik akan tetapi pada umumnya menggunakan pelumasan tekan. Pelumasan tekan ini dihasilkan oleh pompa yang digerakkan langsung oleh poros engkol. Kemudian ring piston akan mengikis minyak lumas yang naik ke lubang silinder. Akan tetapi melalui sebuah pipa, minyak lumas ini harus kembali ke pengumpul di ruang karter untuk mencegah terjadinya gangguan pelumasan dalam hal kekurangan minyak lumas (proses sirkulasi). Kuantitas minyak lumas dapat di lihat *sight glass* (gelas duga) di karter kompresor. Pada kompresor , minyak lumas tidak boleh terbakar, tidak seperti di mesin pembakaran dalam dimana minyak lumas yang melewati ring piston akan terbakar di *combustion chamber* (ruang bakar).

Biasanya pada kompresor dipasang *oil separator*. *Oil separator* berfungsi untuk memisahkan air dari minyak. Di bagian tersebut, pemisahan minyak terjadi secara mekanik (gaya gerak), aluran yang pelan dan perubahan arah dari aliran gas akan membuang minyak lumas. Efisiensi kerja yang tinggi dari *oil separator* ini sangat layak untuk meminimalkan minyak lumas yang lewat sampai pipa- pipa

coil diruang pendingin, dimana bila minyak lumas ada di ruang pendingin akan mengurangi penyerapan panas oleh zat pendingin dan dapat menimbulkan gangguan pada sistem. Pada kenyataannya tidak ada *oil separator* yang mempunyai efisiensi kerja 100% dan ada beberapa minyak lumas yang masih ikut dalam sistem. Minyak lumas melewati kondensor dan zat pendingin cair akan membawa minyak lumas cair hingga ke katup ekspansi, zat pendingin akan berubah bentuk menjadi gas di pipa-pipa *coil evaporator* dan minyak lumas tetap cair.

Menurut PT. World Marine (tth ; 18), jenis minyak lumas yang digunakan dalam mesin pendingin mempunyai berbagai jenis, antara lain adalah:

Tabel 2.1. Jenis-jenis minyak

| Nama Pabrik | Merek |
|---------------|-----------------------------|
| Valvoline Oil | Valvoline oil 3231 |
| BP. | Energol LPT-100 |
| Caltex | Capella D |
| Esso | Zerrice 50 |
| Gulf oil | Veritas Ice Machine oil 4/5 |
| Shell | Clavus oil 33 |
| Mobil oil | Gargoyl Aretic oil no.300 |
| Wakefield | Ice Matis Heavy |

Dalam pemakaian minyak lumas, apabila dikendaki minyak lumas yang akan digunakan sebaiknya memiliki spesifikasi yang bagus, penulis dapat menentukan dari pada daftar tersebut diatas sebaiknya penulis maupun masinis dapat memilih minyak lumas, minyak lumas dapat ditentukan baik tidaknya menurut spesifikasinya, adapun ketentuan minyak lumas yang bagus seperti ketentuan di dalam tabel berikut ini.

Tabel 2.2. Spesifikasi minyak lumas

| | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| Berat jenis | 0,90 |
| Titik nyala | 180° sampai 200° menurut P.M. |
| Titik beku | -30°C. |
| Kekentalan (<i>viscosity</i>) | 4,5° sampai 5,5° Engler. |
| Oksidasi tembaga | Negatif |

Penggunaan minyak lumas janganlah sekali-kali dicampur satu merek dengan merek lain. Bila telah memakai satu jenis merek pakailah seterusnya merek itu juga. Bila merek itu tidak terdapat lagi dan harus ganti merek lain, sebaiknya minyak lumas yang lama dikeluarkan dan sistem dibersihkan seluruhnya. Campuran minyak lumas dari beberapa jenis minyak lumas mengakibatkan kerusakan yang tidak dapat dihindarkan. Kekentalan minyak lumas akan berkurang atau akan terjadi hubungan kimia yang tidak diinginkan.

6. Cara kerja mesin pendingin



Uap zat pendingin yang jenuh atau kering yang terjadi pipa-pipa *coil evaporator* akan diisap oleh kompresor kemudian akan dimampatkan sehingga menjadi bertekanan dan temperatur atau suhunya tinggi. Hal tersebut mengakibatkan gas zat pendingin berubah bentuk dari keadaan jenuh menjadi keadaan panas lanjut. Dari kompresor kemudian akan masuk ke kondensor dan sebelumnya melewati *oil separator*. *Oil separator* akan memisahkan antara zat pendingin dengan minyak pelumas dimana minyak pelumas akan kembali ke bagian karter kompresor melalui *oil return pipe* sedang gas zat pendingin akan diteruskan ke kondensor. Di kondensor, gas zat pendingin akan didinginkan. Sedangkan tekanan gas zat pendingin tetapi masih bertekanan sama dengan waktu keluar dari kompresor. Seperti apa yang telah diterangkan sebelumnya bahwa semakin tinggi tekanan zat pendingin maka semakin tinggi pula titik didih atau titik cairnya. Misal pada zat pendingin freon R-22 pada tekanan 16,64 kg/cm² dapat mencair pada suhu 38⁰C. Jadi jika suhu air pendingin kondensor suhunya 30⁰-33⁰C maka freon R-22 pada tekanan 16,64 kg/cm² akan dapat mencair karena suhu air pendingin lebih rendah dari suhu zat pendingin freon R-22. Akan tetapi kalau tekanan turun

menjadi $8,6 \text{ kg/cm}^2$ yang mana freon R-22 akan mencair pada suhu 26°C didinginkan oleh air pendingin yang bersuhu 30°C maka freon R-22 tidak akan mungkin mencair. Itulah sebabnya tekanan zat pendingin sebelum masuk kondensor sangat perlu ditinggikan di dalam kondensor agar titik cair zat pendingin juga tinggi sehingga pada saat didinginkan di kondensor, zat pendingin dapat berubah menjadi cair. Gas freon R-22 akan berubah menjadi cairan seluruhnya saat ini dibagian bawah kondensor untuk selanjutnya ditampung di *receiver* pada kondensor. Dari kondensor, freon akan masuk ke *filter dryer*. Di bagian ini freon R-22 akan disaring dari kotoran-kotoran dan juga dari kandungan air.

Selanjutnya zat pendingin akan mengalami pencekian di *TEV* (*Thermostatic Expantion Valve*). Cairan freon R-22 akan mengalami penurunan tekanan karena mengalami pengembangan volume. Penurunan itu terjadi karena pipa setelah *Thermostatic Expantion Valve* dibuat lebih besar dibandingkan dengan pipa sebelum *Thermostatic Expantion Valve*.

Akibat dari penurunan tekanan tersebut akan turun pula titik didih dari zat pendingin, sehingga zat pendingin akan dapat menguap walaupun pada suhu 0°C atau dibawahnya. Dikarenakan penguapan itu memerlukan panas maka untuk dapat menguap, freon R-22 akan menyerap panas dari udara luar di sekitar pipa *coil evaporator* atau dari ruang pendingin yang sedang didinginkanya. Karena penguapan

freon R-22 terjadi pada suhu dibawah 0°C maka suhu ruangan pendingin akan menjadi dingin hingga suhu dibawah 0°C setelah panas yang terkandung di ruang pendingin tersebut diserap oleh zat pendingin yang digunakan untuk penguapan zat pendingin didalam pipa *coil evaporator*. Setelah penyerapan panas di ruang pendingin, freon yang keluar harus mutlak berupa gas dengan keadaan jenuh.

