

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. Mesin Pendinginan

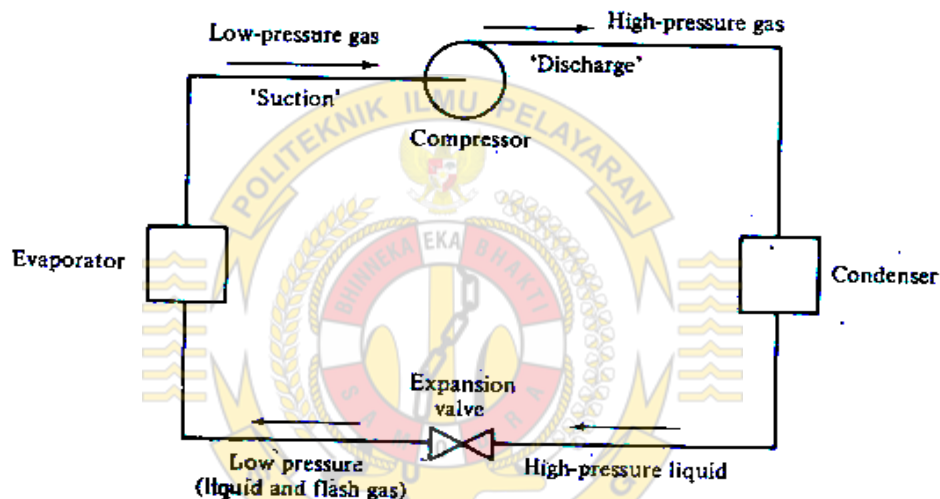
a. Pengertian mesin Pendingin

Menurut Sumanto (2004 :1) Kegunaan mesin pendingin adalah penyejuk ruangan, mendinginkan bahan makanan yang ada di dalam ruangan itu. Biasanya digunakan untuk menyimpan sayuran, buah-buahan, dan daging. Pada suhu biasa (suhu kamar) makanan cepat menjadi busuk (karena pada temperatur biasa bakteri akan berkembang cepat). Sedangkan pada suhu 4,4⁰C atau 40⁰F (suhu yang biasa untuk pendinginan makanan), bakteri berkembang sangat lambat sehingga makanan akan bertahan semakin lama. Jadi disini kita mengawetkan makanan– makanan tersebut dengan cara mendinginkannya.

Dingin adalah akibat dari adanya pemindahan panas. Mesin– mesin pendingin menghasilkan dingin dengan cara menyerap panas dari udara yang ada dalam ruangan pendingin itu sendiri sehingga suhu dalam ruangan pendingin turun / dingin.

b. Sirkulasi Pendinginan

Berdasarkan teori diatas, kemudian dikembangkanlah suatu alat pendingin yang sangat penting sekali keberadaannya. Dalam sistem pendinginan, media pendingin yang digunakan wujudnya selalu berubah-ubah. Dari gas menjadi cair atau sebaliknya. Dalam sistem pendingin perubahan wujud zat terjadi, karena adanya perbedaan tekanan. Sehingga media pendingin dapat bersirkulasi



Gambar 2.1 Teori Dasar Pendinginan

(Sumber :Sumanto 2004)

c. 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 gas tekanan rendah dan suhu terendah dari evaporator kemudian menekan atau memampatkan zat pendingin

tersebut sehingga menjadi gas dengan tekanan dan suhu tinggi lalu dialirkan ke kondensor yang sebelumnya melewati oil separator terlebih dahulu untuk memisahkan antara zat pendingin dan oli. Sedangkan motor penggerak bertugas memutar kompresor tersebut. Gambar pada halaman lampiran (gambar 2.2).

b). Kondensor

Menurut Sumanto (2004 ; 9) kondensor adalah sebuah alat dimana zat pendingin (freon) dalam tekanan dan temperature 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:

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

c). Katup Expansi

Katup ekspansi adalah alat untuk mengatur jumlah zat pendingin yang masuk 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. Gambar pada halaman lampiran (gambar 2.3).

d). *Pipa Coil Evaporator*

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

- i). Untuk mengembangkan dan menurunkan tekanan zat pendingin yang telah masuk ke *pipa coil evaporator*.
- ii). Untuk menguapkan cairan zat pendingin yang telah masuk ke *pipa coil evaporator*.
- iii). Untuk mengambil kandungan panas yang terdapat pada udara didalam ruang pendingin sehingga lambat laun suhu diruangan tersebut turun sesuai kebutuhan

2). Komponen Pembantu

a). Pemisah minyak lumpur (*oil separator*)

Oil separator adalah sebuah alat yang berfungsi menyaring minyak lumpur dengan zat pendingin sehingga minyak lumpur tersebut akan kembali dalam *oil carter compresor* (penampungan minyak) dan zat pendingin terus dialirkan ke kondensor. Gambar pada halaman lampiran (gambar 2.4)

b). Dryer

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

- i). Menyaring zat pendingin yang bersirkulasi didalam sistem pendingin dari kotoran
- ii). Mengeringkan atau mengikat kandungan air yang ikut bersirkulasi didalam sistem. Gambar pada halaman lampiran (gambar 2.5).

3). Komponen Pengaman Instalasi

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 berfungsi untuk membuka dan menutup aliran zat pendingin bila

suhu ruang pendingin sudah mencapai suhu terendah dan membuka lagi aliran zat pendingin bila suhu ruangan pendingin telah mencapai batas suhu tertinggi.

c). *Thermostat*

Thermostat adalah alat yang berfungsi untuk mengatur suhu ruangan yang dikehendaki sesuai dengan kebutuhan temperature ruangan dengan cara menghubungkan atau memutuskan arus berdasarkan suhu.

d). *Pressurestat*

Pressurestat adalah sebagai alat control otomatis dengan cara memutuskan dan menghubungkan arus listrik berdasarkan tekanan.

d. Media Pendingin (*refrigerant*)

Di dalam suatu proses pendinginan sangat diperlukan suatu bahan yang mudah dirubah bentuknya dari gas menjadi cairan atau sebaliknya. Bahan tersebut dikenal dengan *refrigrant* (zat pendingin) guna mengabil 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:

- 1). Tidak beracun dan tidak berbau merangsang.

- 2). Tidak dapat terbakar ataupun meledak bila tercampur dengan udara.
 - 3). Tidak menyebabkan korosi terhadap logam yang dipakai pada sistem mesin pendingin.
 - 4). Bila terjadi kebocoran mudah dicari.
 - 5). Mempunyai titik didih dan tekanan kondensasi yang rendah.
 - 6). Mempunyai susunan yang stabil.
 - 7). Tidak merusak tubuh manusia
 - 8). Harga tidak mahal dan mudah didapat
 - 9). Zat pendingin yang mudah diubah wujudnya dari gas menjadi cairan atau sebaliknya
- e. Minyak lumas pada pendingin
- Beberapa kompresor dengan piston yang bergerak bolak-balik menggunakan system pelumasan percikan 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 kepengumpul di ruang karter untuk mencegah terjadi gangguan pelumasan dalam hal kekurangan minyak lumas. 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*. Di bagian tersebut, pemisahan minyak terjadi secara mekanik, aliran 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 di ruang 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 kekatup ekspansi, zat pendingin akan berubah bentuk menjadi gas di pipa-pipa *coil evaporatore* dan minyak lumas tetap cair.

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.

2. Kondensor

Mesin pendingin sangat penting perannya di didalam operasional kapal untuk mendinginkan ruang pendingin tetapi mesin pendingin tidak

luput dari adanya gangguan. Dan gangguan yang sering terjadi diatas MT. Gas Natuna berhubungan dengan kondensor. adapun berbagai jenis-jenis kondensor antara lain adalah :

a. Jenis-jenis kondensor:

1). Kondensor berdasarkan mediumnya:

a). *Air cooled condenser*

Air cooled condenser adalah kondensor yang menggunakan udara sebagai cooling mediumnya.

b). *Water cooled condenser*

Water cooled condenser adalah kondensor yang menggunakan air sebagai cooling mediumnya.

c). *Evaporatif Condenser*

Evaporative condenser adalah kondensor yang menggunakan kombinasi udara dan air sebagai cooling mediumnya.

2). Kondensor berdasarkan klasifikasi umum:

a). *Horizontal condenser*

Air pendingin masuk kondensor melalui bagian bawah, kemudian masuk ke dalam pipa-pipa pendingin dan keluar pada bagian atas sedangkan arus panas masuk lewat bagian tengah kondensor dan keluar sebagai kondensat pada bagian bawah kondensor

b). *Vertical condenser*

Air pendingin masuk kondensor melalui bagian bawah, kemudian masuk ke dalam pipa-pipa pendingin dan keluar pada bagian atas. Sedangkan arus panas masuk lewat bagian atas kondensor dan keluar sebagai kondensat pada bagian bawah kondensor.

3). Kondensor berdasarkan konstruksinya:

a). *Shell and Tube Condenser*

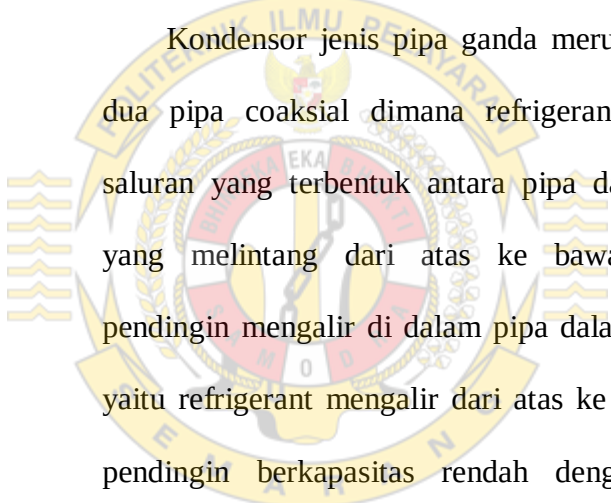
Shell and Tube Condenser atau Kondensor tipe Tabung dan Pipa digunakan pada kondensor berukuran kecil sampai besar. biasa digunakan untuk air pendingin berupa ammonia dan Freon. Tabung dan Pipa terdapat banyak pipa pendingin, dimana air pendingin mengalir di dalam pipa-pipa tersebut, ujung dan pangkal pipa pendingin terikat pada pelat pipa, sedangkan diantara pelat pipa dan tutup tabung dipasang sekat-sekat untuk membagi aliran air yang melewati pipapipa dan mengatur agar kecepatannya cukup tinggi, yaitu 1,5 – 2 m/detik.

b). *Shell and Coil Condenser*

Kondensor tabung dan koil banyak digunakan pada unit pendingin dengan Freon refrigerant berkapasitas lebih kecil, misalnya untuk penyegar udara, pendingin air, dan sebagainya. Kondensor tabung dan koil dengan tabung pipa pendingin di dalam tabung yang dipasang pada posisi

vertical. Koil pipa pendingin tersebut biasanya dibuat dari tembaga, berbentuk tanpa sirip maupun dengan sirip. Pipa tersebut mudah dibuat dan murah harganya. Pada Kondensor tabung dan koil, aliran air mengalir di dalam koil pipa pendingin. Disini, endapan dan kerak yang terbentuk di dalam pipa harus dibersihkan menggunakan zat kimia (*detergent*).

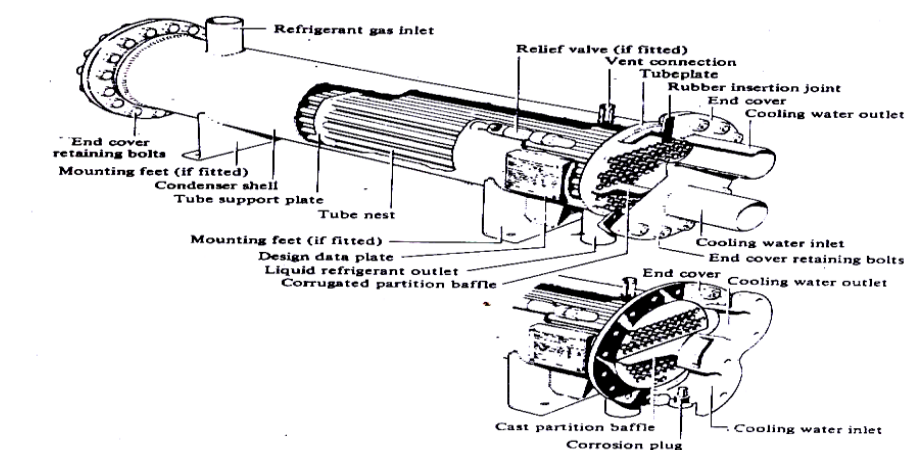
c). *Tube and Tubes Condenser*



Kondensor jenis pipa ganda merupakan susunan dari dua pipa koaksial dimana refrigerant mengalir melalui saluran yang terbentuk antara pipa dalam dan pipa luar yang melintang dari atas ke bawah. Sedangkan air pendingin mengalir di dalam pipa dalam arah berlawanan, yaitu refrigerant mengalir dari atas ke bawah. Pada mesin pendingin berkapasitas rendah dengan Freon sebagai refrigerant, pipa dalam dan pipa luarnya terbuat dari tembaga. Kondensor jenis pipa ganda, dalam bentuk koil. Pipa dalam dapat dibuat bersirip atau tanpa sirip. Kecepatan aliran di dalam pipa pendingin kira-kira antara 1-2 m/detik. Sedangkan perbedaan temperature air keluar dan masuk pipa pendingin (kenaikan temperature air pendingin di dalam kondensor) kira-kira mencapai suhu 10°C. Laju perpindahan kalornya relative besar.

b. Kondensor yang dipakai di MT. Gas Natuna

Pada *refrigerator* di kapal MT. Gas Natuna menggunakan kondensor *horizontal* jenis *water cooled condenser*. Yaitu air dialirkan melalui pipa-pipa tembaga, sedangkan refrigerant yang berbentuk gas dialirkan di luar pipa-pipa ini. Panas yang dikandung *refrigerant* diambil oleh air pendingin, sehingga *refrigerant* akan menjadi cair atau disebut juga proses kondensasi perubahan dari gas menjadi zat cair. Kondensor tipe tabung dan pipa digunakan pada kondensor berukuran kecil sampai besar. kondensor ini terdapat banyak pipa pendingin, dimana air pendingin mengalir di dalam pipa-pipa tersebut, ujung dan pangkal pipa pendingin terikat pada pelat pipa, sedangkan diantara pelat pipa dan tutup tabung dipasang sekat-sekat untuk membagi aliran air yang melewati pipa-pipa dan mengatur agar kecepatannya cukup tinggi. Jumlah saluran maksimum yang dapat digunakan sebanyak 12, semakin banyak jumlah saluran yang digunakan maka semakin besar tahanan aliran air pendingin. Pipa pendingin untuk freon biasa terbuat dari pipa tembaga. Jika menginginkan pipa yang tahan terhadap korosi bias menggunakan pipa kuningan datau pipa cupro nikel.



Gambar 2.6 Kondensor

(Sumber :Sumanto 2004)

Fungsi bagian-bagian dari kondensor:

- 1). *End cover retaining bolts* : Baut untuk mengunci atau menahan tutup kondensor.
- 2). *Refrigerant gas inlet* : Sebagai tempat jalannya masuk Freon yang akan didinginkan.
- 3). *Mounting feet* : Kaki penyangga atau tempat duduk nya kondensor.
- 4). *Condenser shell* : Cover bagian terluar kondensor.
- 5). *Tube support plate* : Plat pendukung untuk membantu menyangga pipa-pipa kapiler pendingin.
- 6). *Tube nest* : Pipa-pipa kapiler pendingin dari tembaga yang ada di dalam tabung kondensor.
- 7). *Design data plate* : Plat data spesifikasi kondensor.
- 8). *Liquid refrigerant outlet* : Sebagai tempat jalannya keluar zat pendingin setelah di dinginkan.
- 9). *Cast partition baffle* : sekat atau komponen pemisah antara *inlet* dan *outlet* air laut pendingin.
- 10). *Cooling water inlet* : Sebagai tempat masuknya air pendingin.
- 11). *Cooling water outlet* : Sebagai tempat keluarnya air pendingin.
- 12). *End cover* : Tutup kondensor
- 13). *Rubber insertion joint* : Packing atau karet antara tutup kondensor dan kondensor agar tidak terjadi kebocoran air pendingin.

- 14). *Tubeplate* : Plat tabung penyangga pipa-pipa kapiler kondensor.
- 15). *Vent connection* : Untuk mengetahui tekanan kondensor.
- 16). *Relief valve (if fitted)* : Katup relief jika dipasang
- 17). *Corrosion plug* : Untuk mengurangi terjadinya pengkaratan

B. Kerangka Pikir Penelitian

Peranan mesin pendingin yang amat vital tersebut didalam mendinginkan ruang pendingin juga tidak luput dari adanya gangguan. Dan gangguan yang sering terjadi diatas MT. Gas Natuna yang berhubungan dengan mesin pendingin antara lain adalah :

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

Hal tersebut diatas 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 terganggu serta proses kondensasi didalam kondensor tidak maksimal. Dimana setelah zat pendingin melewati kondensor akan berubah wujud dari gas ke cair. Apabila proses kondensasi tersebut tidak maksimal maka jumlah zat pendingin yang keluar dari kondensor akan berkurang.

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

Hal tersebut dikarenakan adanya kebocoran zat pendingin dari sistem. Salah satunya 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.



Gambar 2.7 Kerangka Pikir

(Sumber : Data Pribadi:2018)

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 maka 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 telur / keju 0°C , ruang sayur dan buah-buahan 10°C dan ruang lobby 3°C .