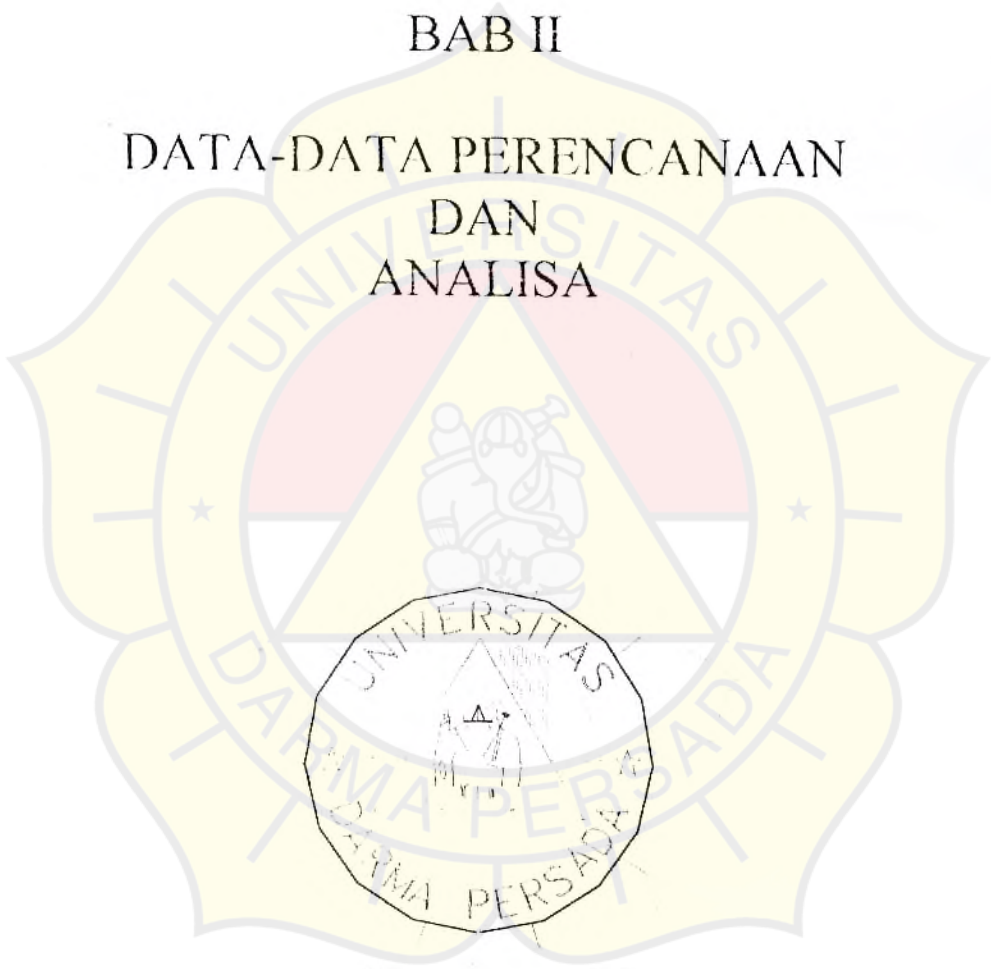


BAB II  
DATA-DATA PERENCANAAN  
DAN  
ANALISA



## BAB II

DATA-DATA PERENCANAAN DAN ANALISA2.1. Data-data Kapal.

Analisa pemilihan sistem penyejara udara pada Kapal General Cargo 4000 DWT, dimana data-data kapal yang paling mendekati adalah Kapal Caraka Jaya III.

-	Nama Kapal	:	Caraka Jaya III
-	Type Kapal	:	General Cargo
-	Loa	:	98.00 m.
-	Lpp	:	92.00 m.
-	B (moulded)	:	16.50 m.
-	H *	:	7.80 * m.
-	T	:	5.00 m.
-	Dwt	:	4180 ton.
-	Vs	:	12.2 knots.

2.2 Kondisi Ruangan.

Ruangan yang akan dikondisikan antara lain :

- Ruang Pribadi Nakhoda (*Captain Room*)
- Ruang Pribadi KKM (*Chief Engineer Room*)
- Ruang Makan Perwira (*Officer Mess Room*)
- Ruang Makan Bintara (*Crew Mess Room*)
- Ruang Rumah Kemudi (*Wheel House*)
- Ruang Kontrol Kamar Mesin (*Engine Control Room*)

Dimana pada kapal Caraka Jaya III ruangan tersebut dilayani oleh 1 buah alat penyegar udara tiap 1 ruangan dan untuk ruang kemudi, ruang makan perwira, ruang makan bintara dipasang saluran udara pada paket AC tersebut.

### 2.2.1. Konstruksi Dinding, Atap dan Lantai.

Arah dinding pada kapal tidak dibedakan atas dinding sebelah depan, sebelah belakang, maupun sebelah kanan dan kiri kapal. Seperti pada bangunan atau gedung mengingat posisi kapal yang selalu berubah-ubah.

Konstruksi dinding pada kapal meliputi konstruksi dinding yang terekspos matahari dengan dinding yang tidak terekspos sinar matahari yang terletak bersebelahan dengan ruang lain (*Partition*). Begitu juga pada konstruksi atap dan lantai dibedakan menjadi yang terekspos sinar matahari (*Deck Expose*) serta atap dan lantai yang terekspos sinar matahari.

#### a. Konstruksi dinding yang terekspos sinar matahari.

steel wall 6 mm

→ 250 mm Glass Wool  
→ AIR GAP 150 mm  
→ 12 mm Plywood

- b. Konstruksi dinding yang tidak terekspos sinar matahari

steel wall 6 mm

- 50 mm Glass Wool  
→ AIR GAP 150 mm  
→ 12 mm Plywood

- c. Konstruksi deck yang terekspos sinar matahari.

steel deck 6 mm

- 50 mm Glass Wool  
→ AIR GAP 150 mm  
→ 12 mm Plywood

- d. Konstruksi atap dan lantai yang tidak terekspos sinar matahari.

steel deck 6 mm

- 8 mm Latex Deck Composition  
→ 50 mm Glass Wool  
→ AIR GAP 150 mm  
→ 6 mm Plywood

### 2.2.2. Dimensi Saluran Udara.

- a. Wheel House Room.

- Untuk saluran dari paket AC (vertikal keatas) :

a	=	200	mm
b	=	400	mm
de	=	304.7	mm
le	=	550	mm

- Untuk saluran utama :

$$a = 155 \text{ mm}$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$de = 265 \text{ mm}$$

$$le = 5000 \text{ mm}$$

- Untuk saluran cabang :

$$a = 100 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$de = 182 \text{ mm}$$

$$le = 2000 \text{ mm}$$

b. Ruang makan perwira dan ruang makan bintara.

- Untuk saluran dari paket AC (vertikal keatas) :

$$a = 150 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$de = 228.5 \text{ mm}$$

$$le = 550 \text{ mm}$$

- Untuk saluran utama :

$$a = 100 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$de = 177.2 \text{ mm}$$

$$le = 5000 \text{ mm}$$

- Untuk saluran cabang :

$$a = 70 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$de = 125.15 \text{ mm}$$

$$le = 2000 \text{ mm}$$

### **2.3. Sistem Refrigerasi Secara Umum.**

#### **2.3.1 Prinsip Dasar Sistem Refrigerasi.**

Refrigerasi, umumnya dikatakan sebagai proses pendinginan, dan lebih tepatnya yaitu sebagai produksi dan pemeliharaan tingkat suhu dari suatu bahan atau ruangan pada tingkat yang lebih rendah dari pada suhu lingkungan atau atmosfer sekitarnya dengan cara penyerapan atau pengambilan panas dari bahan atau ruangan tersebut. Secara singkat dapat dikatakan bahwa refrigerasi adalah usaha memindahkan panas dari suatu bahan atau ruangan, ke bahan atau ruangan lainnya. Refrigerasi merupakan terapan dari bidang perpindahan kalor dan termodinamika.

Ada banyak metode sistem refrigerasi yang telah dikembangkan dalam bidang industri. Metode terbanyak yang diterapkan dalam refrigerasi yaitu dengan refrigerasi sistem kompresi uap. Dalam sistem ini uap ditekan, dan kemudian diembunkan menjadi cairan, lalu tekanannya diturunkan agar cairan tersebut dapat menguap kembali, proses penguapan ini yang menghasilkan suatu perpindahan panas (*cooling*) dari substansi yang di dinginkan. Daur kompresi uap disebut sebagai daur yang dioperasikan oleh kerja

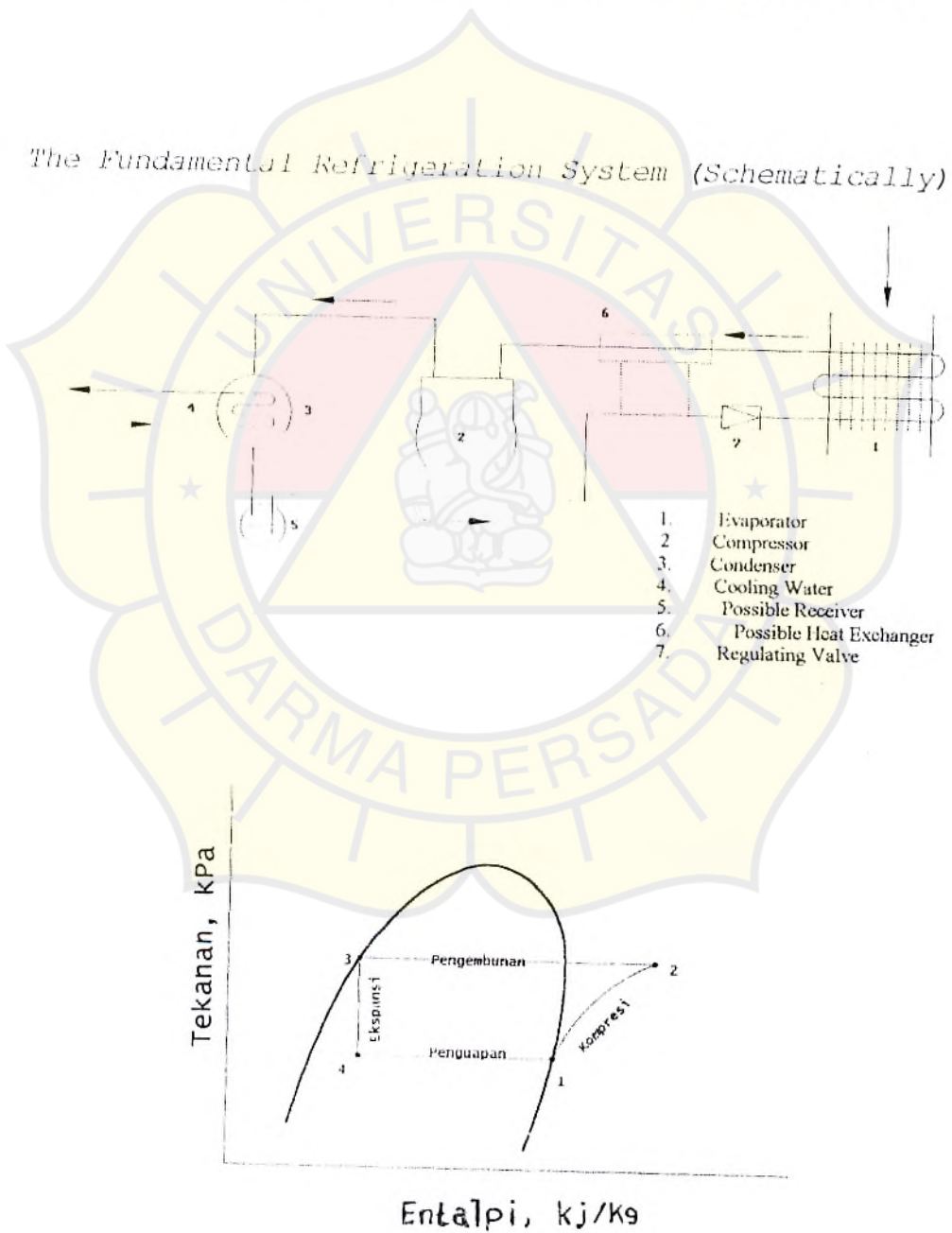
(*work operated cycle*) karena kenaikan tekanan refrigeran dilakukan oleh kompresor yang memerlukan kerja.

Metode lain dalam sistem refrigerasi, yaitu dengan sistem absorpsi. Dalam proses ini pertama-tama sistem absorpsi menyerap uap tekanan rendah ke dalam suatu zat cair penyerap (*absorbing liquid*) yang cocok. Yang terkandung dalam proses absorpsi yaitu konversi (perubahan) dari uap menjadi cair, karena proses ini sama dengan kondensasi, maka selama proses berjalan, kalor dilepaskan. Tahap berikutnya yaitu menaikkan tekanan zat cair dengan pompa, dan terakhir membebaskan uap dari zat cair penyerap dengan pemberian kalor. Daur ini disebut sebagai daur yang dioperasikan oleh kalor (*heat operated cycle*).

Sistem refrigerasi lain yang bisa diterapkan yaitu dengan metode *thermoelectric*, *steam jet*, dan refrigerasi *air cycle*. Sistem-sistem ini digunakan hanya dalam aplikasi tertentu saja, *thermoelectric* masih sangat mahal pengoperasiannya, sedangkan *steam jet* tidak efisien. Karena itu refrigerasi yang dikembangkan dengan menggunakan sistem kompresi uap, sebab memiliki kelebihan, kemudahan dalam pengoperasiannya, dan biayanya lebih rendah dibanding lainnya.

- Proses Refrigerasi Sistem Kompresi Uap Standart.

Dalam gambar diagram alir dan diagram tekanan entalpi dari siklus kompresi uap dibawah ini, dapat diterangkan sebagai berikut :



Gambar : Diagram proses daur kompresi uap standart



- Proses 1-2, merupakan kompresi adiabatik dan reversibel, disepanjang garis entropi konstan, proses ini, dilakukan oleh kompresor, mulai dari tekanan uap jenuh hingga tekanan kondensor.
- Proses 2-3, yaitu pelepasan kalor pada tekanan konstan, yang menyebabkan penurunan panas lanjut (*desuperheating*) dan pengembunan gas refrigeran. Usaha pengeluaran panas dari uap jenuh refrigeran ini, dilakukan secara pendinginan dengan tiupan udara (*air cooling*) atau air (*water cooling*) didalam kondensor. Selanjutnya refrigeran cair ini ditampung dan dikumpulkan dalam suatu tangki penerima atau *receiver tank*.
- Proses 3-4, merupakan ekspansi tidak reversibel (ada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator. Proses pengaturan ini (*regulating metering*) berfungsi agar proses pengisapan dan pemampatan pada kompresor dapat mempertahankan suatu perbedaan suhu untuk kelancaran jalannya proses refrigerasi. Alat pengatur ini, dapat berbentuk alat pengukur (*metering device*) pipa kapiler, katup ekspansi (*expansion valve*), katup solenoid atau lainnya.
- Proses 4-1, refrigeran cair mengalami penambahan kalor reversibel pada tekanan tetap, yang mengakibatkan penguapan menuju ke uap jenuh.

menguapkan refrigeran memerlukan panas yang diserap dari sekitarnya, dari udara atau dari bahan yang ada disekelilingnya, bagian penguap ini dilakukan oleh evaporator.

### 2.3.2. Perlengkapan Utama Sistem Refrigerasi

Setiap komponen sistem kompresi uap, misalnya kompresor, kondenser, alat ekspansi, evaporator, mempunyai karakteristik tersendiri. Pada waktu yang sama masing-masing komponen dipengaruhi oleh kondisi-kondisi yang disebabkan oleh anggota lain dari keempat alat tersebut.

Perubahan suhu air kondensor, dapat mengubah laju aliran refrigeran yang dipompakan oleh kompresor, sehingga katup ekspansi perlu diatur lagi, akibatnya tekanan pada evaporator berubah.

#### 2.3.2.1. Kompresor.

Kompresor merupakan jantung dari sistem kompresi uap. Empat jenis kompresor refrigerasi yang paling umum adalah kompresor torak (*reciprocating compresor*), sekrup (*screw*), sentrifugal dan sudu (*vane*). Kompresor torak terdiri atas sebuah piston yang bergerak ke depan dan ke belakang didalam silinder yang mempunyai katup hisap dan katup buang (*suction valve* dan

discharge valve) sehingga berlangsung proses pemompaan. Kompresor sekrup, sentrifugal dan sudu semuanya menggunakan elemen-elemen yang berputar. Kompresor sekrup dan sudu adalah mesin-mesin yang bergerak positif (positive-displacement), sedangkan kompresor sentrifugal bekerja dengan memanfaatkan gaya sentrifugal.

Daya yang dibutuhkan oleh kompresor adalah kerja kompresi perkilogram dikalikan dengan laju aliran refrigeran.

$$\text{Daya kompresor} = m \times (h_2 - h_1)$$

Dimana :  $m$  = laju aliran refrigeran, kg/s

Kerja kompresi merupakan perubahan entalpi pada proses 1-2, seperti ditunjukkan pada gambar 2. Grafik tekanan-entalpi diatas, yaitu  $h_1-h_2$ .

#### 2.3.2.2. Kondensor.

Kondensor merupakan satu bagian penting dari sistem pendinginan. Dalam kondenser panas dipindahkan dari refrigeran kemediom pendingin, air atau udara. Kondenser harus menghilangkan semua panas yang ditimbulkan oleh refrigeran dalam sistem refrigerasi. Panas ini ditimbulkan dari

evaporator (dari beban pendinginan) dan panas yang ditimbulkan dari proses kompresi gas refrigeran.

Kondenser yang umum dipakai ada tiga tipe yaitu ;

- *Air cooled.*
- *Water cooled.*
- *Evaporative.*

Laju perpindahan kalor yang dibutuhkan dalam kondenser merupakan fungsi dari kapasitas refrigerasi, suhu penguapan dan suhu pengembunan.

Untuk kondensor berpendingin air, nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh biasanya turun karena naiknya tahanan perpindahan kalor pada sisi air akibat terjadinya pengotoran oleh air. Kondensor baru tentunya memiliki harga koefisien perpindahan panas yang lebih tinggi, diberikan dengan menambah faktor pengotoran ( $m^2.K/W$ ).

Besarnya laju air pendingin yang memberikan operasi secara efektif yaitu antara 0.045 dan 0.06 L/S untuk tiap KW. Untuk menentukan kapasitas kondensor dapat ditentukan dengan persamaan :

Kapasitas kondensor =  $Q_{cd} \times \text{factor H.R.}$

Untuk kondisi operasi normal dengan *single state compressor*, beban kondensor dapat diperkirakan dengan persamaan dibawah ini :

- Untuk *Open Compressor*.

Beban kondensor =  $Q_{cd}$  (KW) + motor output  
(KW)

- Untuk *Hermetic compressor*.

Beban kondensor =  $Q_{cd}$  (KW) + power input  
(KW)

Dimana :  $Q_{CD}$  = Kapasitas kompressor, KW.

Faktor H.R = Faktor pengotoran.

Jika perpindahan panas melalui dinding kondensor secara konduksi, maka kapasitas kondensor merupakan fungsi dasar perpindahan panas :

$$Q_{cd} = A \times U \times LMTD$$

Dimana :  $Q_{cd}$  = Kapasitas kondensor, KW.

A = Luas permukaan kondensor,  $m^2$ .

U = Koefisien perpindahan panas.

LMTD = Log mean temperatur  
difference. °C.

Nilai LMTD dapat dihitung dari persamaan dibawah ini.

$$LMTD = \frac{(t_c - t_i) - (t_c - t_o)}{\ln(t_c - t_i) - \ln(t_c - t_o)}$$

Dimana :  $t_c$  = suhu refrigeran

$t_i$  = suhu awal fluida

$t_o$  = suhu akhir fluida

ekspansi berkendali lanjut panas, yang biasa disebut dengan katup ekspansi termostatik (*thermostatic expansion valve*).

Katup ekspansi panas lanjut mengatur laju aliran refrigeran cair yang besarnya sebanding dengan laju penguapan didalam evaporator. Karenanya keseimbangan laju aliran antara kompresor dan katup ekspansi tersebut secara praktis dapat disamakan dengan keseimbangan pada katup apung.

Keadaan panas lanjut gas hisap menggerakkan katup ekspansi thermostatik sebagai berikut :

Sebuah bola perasa (*bulb remote*) diisi sebagian dengan cairan refrigeran yang sama dengan yang digunakan didalam sistem fluida didalam bola tersebut disebut fluida daya (*power fluid*). Bulb ini ditempaelkan pada saluran keluar evaporator sehingga suhu bola dan fluida tersebut sangat dekat dengan suhu gas hisap (*suction gas*). Tekanan dari fluida ini memberi dorongan ke sisi atas diafragma, sedangkan tekanan evaporator menekan dari sisi bawah. Disamping itu, terdapat sebuah pegas (*spring*) pada tangkai katup yang memberikan sedikit gaya ke atas agar katup tetap tertutup hingga terbentuk tekanan yang lebih tinggi dari arah atas diafragma, yang mengatasi gaya pegas dan tekanan evaporator. Agar tekanan diatas diafragma

lebih tinggi, maka fluida daya harus bersuhu lebih tinggi dari suhu jenuh didalam evaporator. Oleh karena itu gas hisap harus panas lanjut agar mendapat fluida daya diatas tekanan yang membuka katup.

#### 2.3.2.4. Evaporator.

Evaporator merupakan bagian dari sistem, dimana refrigeran cair mendidih dan mengubah jadi gas atau uap. Evaporator harus dapat menyediakan secara kontinyu dan efektif proses perpindahan panas dari medium yang didinginkan ke cairan refrigeran. Temperatur pendidihan refrigeran dalam evaporator harus selalu lebih rendah dari medium disekelilingnya supaya panas dapat mengalir ke refrigeran. Kapasitas dari unit pemindahan panas atau evaporator ini dapat diperoleh dengan persamaan :

$$Q = U \times A \times (t_2 - t_1)$$

Diaman :

Q = besarnya perpindahan panas, w

U = koefisien perpindahan panas, W/m<sup>2</sup>K

A = luas permukaan evaporator, m<sup>2</sup>

t<sub>2</sub> = temperatur bagian luar evaporator, °C

t<sub>1</sub> = temperatur bagian dalam evaporator, °C

Untuk menentukan laju massa fluida pendingin kondensor ( $m$ ) dapat ditentukan dengan persamaan dibawah ini :

$$M = Q_{cd} \text{ (KW)} \times \text{laju fluida (L/s KW)}$$

Dalam kondensor berpendingin udara ataupun air, medium pendingin tersebut mengalami kenaikan temperatur setelah keluar kondensor yang dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$\Delta T = \frac{Q_{cd}}{m \times c}$$

dimana :

$\Delta T$  = kenaikan medium pendingin kondensor, K(°C)

$Q_{cd}$  = Beban kondensor, KW

$m$  = laju aliran massa, Kg/s

$c$  = panas spesifik medium pendingin, untuk udara 1.02 kJ/Kg.K dan untuk air 4.19 kJ/Kg.K

#### 2.3.2.3. Alat Ekspansi.

Alat ekspansi mempunyai dua kegunaan, yaitu menurunkan tekanan refrigeran cair dan mengatur aliran refrigeran ke evaporator. Alat ekspansi yang umum digunakan yaitu : Pipa kapiler, katup ekspansi berpengendalian panas lanjut , katup apung dan katup ekspansi tekanan konstan. Jenis alat ekspansi yang paling populer adalah katup