



ISSN 0852-1697

# TEKNIK

Volume 28 Nomor 3 Tahun 2007

**MEDIA KOMUNIKASI ILMU DAN PROFESI BIDANG KEREKAYASAAN**

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
Analisa Tarif Angkutan Udara Perintis untuk Membuka Isolasi daerah Terpencil <i>Luky Surachman</i>	184 -188
Teknik Peminjaman Kanal Dengan Metode BDCL (Browsing With Directional Chanel Locking) Pada Sistem Komunikasi Seluler <i>Ajub Ajulian Zahra M</i>	189 – 197
Pemilihan Moda Sarana Angkutan Umum Massal pada Koridor Penggaron Mangkang menurut Persepsi pakar <i>Tegar Adhitama, Fitri Yusman</i>	198 – 203
Studi Efektifitas Kebijakan Pengembangan Kota Lama Semarang <i>Ika Puspita Pancawati, Fitri Yusman</i>	204 – 213
Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Cat Menggunakan Teknologi Plasma pada Permukaan Air dengan Variable Kadar Fenol dan Cod <i>Nasrullah</i>	214 – 222
Studi Kelayakan Pemanfaatan Limbah Air Pendingin PT Indonesia Power sebagai Suplai Air Baku dengan Metode Destilasi <i>Mochtar Hadiwidodo, Safrudin, Muharam D Christanti</i>	223 – 230
Kajian Kinerja Sistem Penggerak Kapal dengan Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel pada Kapal KM Laboar <i>Imam Pudjo, Muzni Ifnandar</i>	231 – 237
Kajian Historus Penentuan Dan Penetapan Batas Laut Legal Negara Kesatuan RI <i>Sawitri Subiyanto, Yudo Prasetyo</i>	238 – 244
Analisis Mesin Pendinginan Pada Kapal Ikan (Refrigerated Sea Water) <i>Bambang. Setioko</i>	245 - 250

ANALISA MESIN PENDINGINAN PADA KAPAL IKAN  
( REFRIGERATED SEA WATER )

Bambang Setyoko, Seno Darmanto, Rahmat \*)

*Abstract*

*Refrigeration is the artificial production of low temperatures ranging from the normal ambient-air temperature down to absolute zero. For cooling in the temperature range down to  $-200^{\circ}\text{F}$ , vapor-compression refrigerations may be use reciprocating, rotary, or centrifugal compressor. For some applications within this band, air-cycle refrigeration, steam-jet refrigeration, or absorption refrigeration may be applied. For the production of extremely low temperatures down to absolute zero, irreversible or reversible adiabatic expansion of a gas, vaporization of a liquefied gas, or magnetic cooling may be used. Refrigerated Sea Water uses vapor-compression refrigeration cycle with reciprocating compressor in this application.*

*The thermodynamic properties of refrigerants must be known before the cycle analyses can be made. A study of evaporators and condensers, those portions of the system used for the absorption and rejection of heat, respectively, involves the fields of heat transmission and fluid mechanics, steady state and periodic and transient heat transfer are involved in the determination of cooling-load requirements. The calculation of cooling loads are also requires a knowledge of psychrometry. The physical capacity of a compressor or expander will be determined from thermodynamic factors, but the physical design must also involve structural considerations.*

*The result of refrigeration analysis are refrigeration capacity 6,15 TR, average coefficient of performance 5,87 and total capacities of refrigeration 20240,5 Kcal/h. Refrigerant used R 22 with vapor compression system and evaporator temperature  $-2^{\circ}\text{C}$  and condenser temperature  $37^{\circ}\text{C}$*

*Keywords : refrigeration, sea water, vapor compression system.*

**Pendahuluan.**

Proses penangkapan ikan di laut kadang-kadang memerlukan waktu yang cukup lama, oleh karena itu ikan hasil penangkapan harus dijaga kesegarannya agar tidak membusuk dan terjaga kualitasnya. Untuk itu sangat diperlukan sistem penyimpanan ikan atau sistem pendinginan yang memadai untuk menjaga kesegaran ikan. Beberapa metode/cara dapat dilaksanakan untuk mendinginkan ikan dan membekukan ikan di kapal. Penentuan jenis metode yang digunakan itu berbeda-beda tergantung dari jenis ikan yang ditangkap, cara penyimpanan dan kecepatan pendinginan atau pembekuan. Salah satu diantara metode yang dipakai adalah dengan menggunakan sistem

**Refrigerated Sea Water.**

Sistem *Refrigerated Sea Water* (RSW) merupakan sebuah *water cooled chiller unit* yang dirancang dan diaplikasikan untuk mendinginkan air laut pada sebuah *shell and tube cooler* yang kemudian air laut dingin tersebut digunakan sebagai media untuk mendinginkan ikan segar hasil tangkapan di kapal. Sistem ini pada umumnya digerakkan oleh sebuah mesin diesel yang kemudian menggerakkan kompresor dan alternator listrik dengan cara menghubungkannya dengan pulley dan belt. Pada analisa ini, dengan mengetahui data-data yang dibutuhkan maka dapat kita hitung besarnya kapasitas refrigerasi dan *Coeffitient of Performance* (COP) yang menunjukkan kinerja dari mesin pendingin yang digunakan.

\*) Staf Pengajar Jurusan D III Teknik Mesin Fakultas Teknik Undip

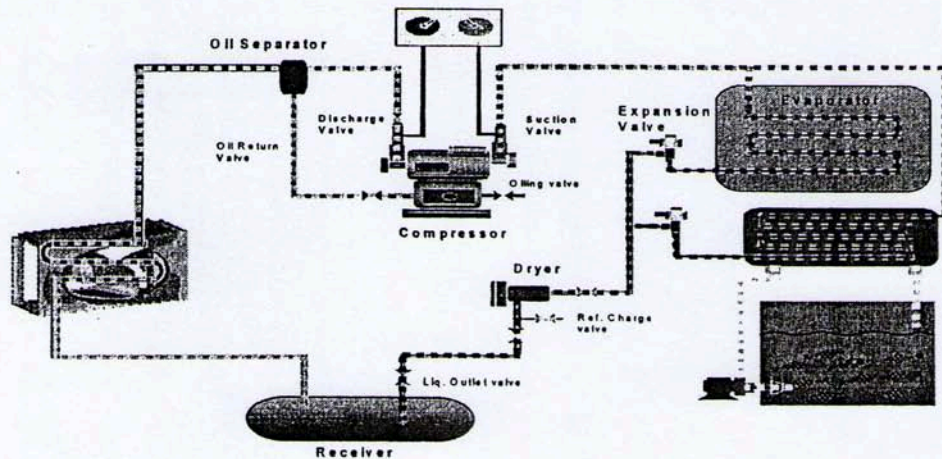
**Tinjauan Pustaka.**

**Prinsip Kerja Refrigerated Sea Water ( RSW ).**

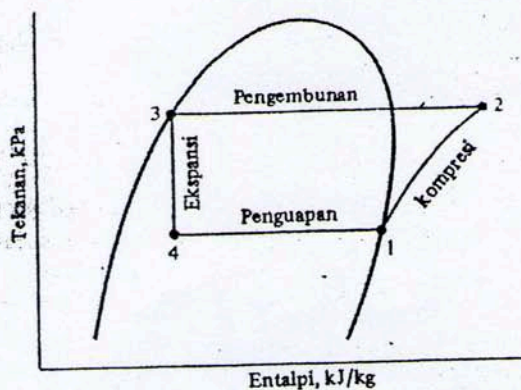
Uap bahan pendingin yaitu freon bertekanan rendah pada evaporator dihisap oleh kompresor yang digerakkan oleh motor listrik, kemudian kompresor memampatkan (mengompresikan) uap bahan pendingin tersebut melewati *discharge valve* ( katup tekan ) menuju ke *oil separator*. *Oil separator* berfungsi untuk memisahkan gas refrigerant dan pelumas. Pelumas akan kembali ke kompresor dan gas refrigerant bertekanan tinggi dialirkan menuju ke kondensor. Dalam kondensor, gas refrigerant yang bertekanan tinggi didinginkan sehingga terkondensasi (mengembun) menjadi cairan bertekanan tinggi. Pada kondensor ini media pendinginnya menggunakan udara yang digerakkan oleh kipas ( fan ).

Setelah terjadi proses kondensasi, gas refrigerant yang telah menjadi cairan disimpan pada *receiver*. Selanjutnya cairan bahan pendingin bertekanan tinggi dari kondensor mengalir ke *expansion valve* untuk diturunkan tekanannya sehingga menjadi cairan tekanan rendah yang kemudian dialirkan ke evaporator untuk diuapkan. Sebelum cairan bahan pendingin sampai *expansion valve* terlebih dahulu melewati *drier strainer* (saringan) untuk disaring apabila terdapat kotoran yang bercampur dengan bahan pendingin baru masuk ke evaporator. Karena proses penguapan cairan bahan pendingin di evaporator memerlukan panas maka terjadilah penyerapan panas terhadap air laut yang merendam evaporator dan sebagai akibatnya maka air laut menjadi dingin (terjadi proses pendinginan).

## Refrigeration Piping Diagram



Dengan menggunakan Diagram Mollier dapat digambarkan keadaan perubahan tekanan ( $p$ ) dan kandungan panas/enthalpi ( $h$ ) bahan pendingin pada saat bersirkulasi dalam mesin pendingin sistem kompresi.



Gambar 2. Diagram Mollier ( $p-h$ ) refrigerant pada proses pendinginan.

Proses siklus dapat dijabarkan sebagai berikut :

- 1 – 2 Proses pemampatan uap bahan pendingin dalam kompresor.
  - Tekanan bertambah dari  $P_1$  menjadi  $P_2$
  - Kandungan panas / enthalpy bertambah dari  $I_1$  menjadi  $I_2$
- 2 – 3 Proses pengembunan uap bahan pendingin dalam kondensor.
  - Tekanan tetap ( $P_3 = P_2$ )
  - Kandungan panas / enthalpy berkurang dari  $I_2$  menjadi  $I_3$ .
- 3 – 4 Proses ekspansi cairan bahan pendingin dalam *expansion valve*.
  - Tekanan turun dari  $P_2$  ke  $P_1$

- Kandungan panas / enthalpy tetap ( $I_4 = I_3$ )

- 4 – 1 Proses penguapan bahan pendingin dalam evaporator.
  - Tekanan tetap ( $P_4 = P_1$ )
  - Kandungan panas / enthalpy bertambah dari  $I_4$  menjadi  $I_1$

### Komponen Mesin Pendingin Pada *Refrigerated Sea Water*.

Pada umumnya mesin pendingin tipe *Refrigerated Sea Water* (RSW) merupakan sebuah sistem refrigerasi kompresi uap yang mempunyai 4 (empat) buah komponen utama yaitu kompresor, kondenser, ekspansi valve, dan juga evaporator unit. Selain komponen utama juga dilengkapi dengan komponen-komponen pendukung yang membantu jalannya operasi.

1. Kompresor  
Kompresor yang dipakai adalah kompresor open type dengan torak sebagai penghasil tekanan, dengan puli yang dihubungkan dengan belt ke engine.
2. Oil Separator  
Merupakan suatu alat yang berfungsi untuk memisahkan minyak pelumas yang ikut termampatkan oleh kompresor dengan refrigerant bertekanan tinggi. Terpisahnya minyak pelumas dengan refrigerant pada oil separator terjadi karena adanya perbedaan berat jenisnya. Minyak kompresor akan tertinggal dalam oil separator kemudian dialirkan ke kompresor melalui katup yang menuju kompresor dan uap refrigerant diteruskan ke kondensor.
3. Kondensor  
Kondensor berfungsi untuk mengembunkan uap refrigerant yang termampatkan yang berasal dari

kompresor dengan cara membuang panas yang telah diambil oleh refrigerant. Uap refrigerant memindahkan panas melalui media pendingin yang berupa udara sehingga berubah menjadi cairan dengan temperatur yang lebih dingin.

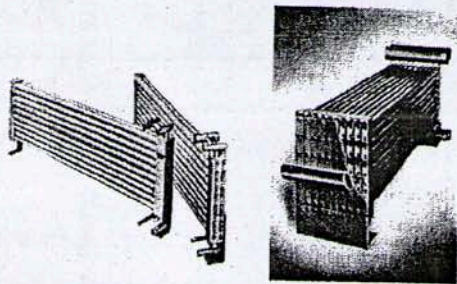
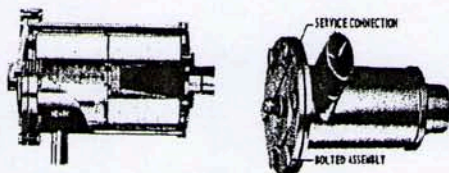


Fig. 14-12 Double pipe condensers with mechanically cleanable tubes. (Courtesy of Halstead and Mitchell)

Gambar 3. Kondensor.

4. Receiver  
Merupakan komponen yang berfungsi untuk menampung/menyimpan cairan refrigerant dari kondensor. Receiver ini terletak diantara kondensor dan drier strainer.
5. Drier Strainer  
Mempunyai fungsi yaitu untuk menyaring kotoran yang ada di dalam sistem yang terbawa sirkulasi refrigerant. Apabila refrigerant terdapat kotoran maka refrigerant akan tersaring drier strainer terlebih dahulu sebelum ke expansion valve, sehingga katup ekspansi tidak mudah tersumbat.
6. Expansion Valve  
Berfungsi untuk menurunkan tekanan cairan refrigerant sampai pada keadaan temperatur yang rendah sehingga dapat menyerap kalor dari media yang akan didinginkan di evaporator. Expansion valve juga berfungsi untuk mengatur banyaknya jumlah refrigerant yang dialirkan ke evaporator disesuaikan dengan beban pendinginan.



Gambar 4. Drier Strainer.

7. Evaporator  
Merupakan alat atau tempat untuk menguapkan cairan bahan pendingin bertekanan rendah. Di evaporator, refrigerant akan mengambil kalor dari air laut dan produk yang didinginkan. Karena yang akan didinginkan adalah air laut maka evaporator harus dibuat dengan material khusus yang bersifat anti korosif.
8. Sight Glass  
Alat yang digunakan sebagai tempat melihat kondisi refrigerant di dalam sistem yang me-

nunjukkan volume refrigerant dan juga mampu melihat kondisi pengembunan di kondensor. Kondisi yang ideal pada sight glass terlihat bening mengalir tanpa buih dengan indikator menunjukkan kering.

9. Hand Valve  
Merupakan komponen pembantu yang bertugas menghentikan aliran refrigerant pada saat off cycle agar tekanan rendah dan tekanan tinggi tidak balance. Katup ini harus ditutup secara manual ketika mesin off yaitu dengan memutarinya searah jarum jam sampai ujung.
10. Accumulator  
Alat yang berfungsi untuk memisahkan uap dan cairan refrigerant bertekanan rendah dan mencegah masuknya cairan refrigerant ke kompresor. Kompresor dirancang hanya untuk mengkompresi gas sehingga apabila ada cairan refrigerant yang masuk dapat menimbulkan kerusakan/gangguan.
11. Piping  
Pipa yang digunakan dalam instalasi mesin pendingin menggunakan pipa PVC dengan diameter tertentu dan dilapisi dengan thermal insulation.

#### Metodologi Analisa.

#### Kapasitas Refrigerasi / Beban Pendinginan ( $Q_c$ )

$$Q_c = \frac{w}{t} \times c \times \Delta t \quad \text{Kkal/jam.}$$

Dimana ;

w = berat air laut ( kg )

t = waktu penyimpanan ( jam )

c = panas spesifik air laut ( Kkal/kg °C )

$\Delta t$  = selisih temperature =  $t_o - t_a$

Atau kapasitas refrigerasi dapat juga dihitung dengan ( Arismunandar,1991,hal 113 ) :

$$Q_c = m \times Q_e \quad \text{Kkal/jam}$$

Dimana :

m = massa aliran refrigerant yang bersirkulasi (kg/jam )

$Q_e$  = refrigeran efek ( Kkal/kg )

Refrigerant Efek (  $Q_e$  ) :  $Q_e = ( h_1 - h_4 ) \text{Kkal/jam}$

Dimana :

$h_1$  = enthalpy refrigerant keluar evaporator (Kkal/kg )

$h_4$  = enthalpy refrigerant masuk evaporator (Kkal/kg )

#### Coeffisien of Performance ( COP ) :

$$\text{COP} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

Dimana :

$h_2$  = enthalpi refrigeran keluar kompresor (Kkal/kg)

**Perhitungan massa aliran refrigerant :**

$$m = \frac{Q_c}{h_1 - h_4}$$

Dimana :

m = massa aliran refrigeran yang bersirkulasi (kg/jam)

Q<sub>c</sub> = kapasitas refrigrasi ( Kkal/jam )

**Daya kompresi :** P = m x ( h<sub>2</sub> - h<sub>1</sub>) Kkal/jam

Dengan mengetahui temperature, tekanan dan enthalpy dari setiap titik potong dari diagram Mollier di atas ( titik 1 - 4 ), besarnya volume palka ikan, kapasitas ikan, temperature air laut, temperature udara sekitar dan lamanya proses penyimpanan / proses pendinginan maka dapat kita hitung besarnya kapasitas refrigrasi dan COP dari proses pendinginan RSW di dalam kapal..

**Perhitungan dan Pembahasan.**

**1. Beban Pendinginan.**

**a. Pendinginan Air Laut.**

Kapasitas air laut yang didinginkan w = 1800 kg.  
 Panas jenis air laut c = 0,94 Kkal/kg °C.  
 Temperatur air laut awal to = 30 °C.  
 Temperatur air laut akhir ta = -2 °C.  
 Lama waktu pendinginan t = 12 jam

Dari data di atas maka dapat dihitung besar kapasitas/beban pendinginan dari air laut adalah :

$$Q_c = \frac{1800}{12} \times 0,94 \times [30 - (-2)] = 4512 \text{ Kkal/jam.}$$

**b. Beban Palka Ikan Q<sub>H</sub> = K x F x Δt ... Kkal/jam**  
 Dimana :

K = koefisien heat transmission =  $\frac{a}{t} \times 2,5$   
 a = koefisien heat conduction (Kkal/m.jam.°C)  
 2,5 = factor perkalian  
 F = luas dinding palka (m<sup>2</sup>)  
 A = luas sisi dinding (m<sup>2</sup>)  
 n = jumlah sisi dinding palka  
 t = tebal dinding palka (m)  
 Δt = selisih temperature (°C) = to - td

Dari pengamatan diketahui :

a = 0,444 Kkal/m.jam.°C, t = 10 cm = 0,1 m  
 A = 1 m x 1 m = 1 m<sup>2</sup>  
 n = 18 to = 50 °C  
 td = 10 °C

Sehingga diperoleh Q<sub>H</sub> = 8991 Kkal/jam

**c. Beban Ikan**

\* Panas sensible ikan :

$$Q_{i1} = \frac{w}{Ch} \times C_1 \times (t_1 - t_2) \dots \text{Kkal/jam}$$

Dimana :

w = berat ikan (kg)

C<sub>1</sub> = panas spesifik ikan sebelum titik beku (Kkal/kg °C)

t<sub>1</sub> = temperature tubuh ikan (°C)

t<sub>2</sub> = temperature penyimpanan (°C)

Ch = lama penyimpanan (jam)

Diketahui :

w = 3000 kg

C<sub>1</sub> = 0,85 Kkal/kg °C

t<sub>1</sub> = 30 °C

t<sub>2</sub> = -2 °C

Ch = 12 jam

Lh = 0,47 Kkal/kg

Maka diperoleh :

$$Q_{i1} = \frac{3000}{12} \times 0,85 \times [30 - (-2)] = \frac{3000 \times 0,85 \times 32}{12} = 6800 \text{ Kkal/jam}$$

\* Panas laten ikan :

$$Q_{i2} = \frac{w}{Ch} \times L_h \dots \text{Kkal/jam}$$

Dimana :

L<sub>h</sub> = panas laten pada titik beku (Kkal/kg)

$$\text{Maka : } Q_{i2} = \frac{3000}{12} \times 0,47 = \frac{1410}{12}$$

Kkal/jam = 117,5 Kkal/jam

Jadi Beban Pendinginan total ( Q<sub>t</sub> )

$$Q_t = Q_c + Q_H + Q_{i1} + Q_{i2} = 4512 + 8991 + 6800 + 117,5 = 20420,5 \text{ Kkal/jam} = 4834,13 \text{ KJ/jam}$$

( 1 TR = 3320 Kkal/jam )  
 = 6,15 Ton Refrigerasi

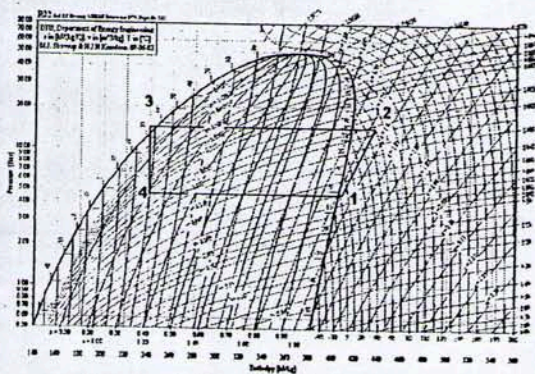
**2. Perhitungan pada Refrigerant.**

**a. Gambar Siklus Refrigerasi pada Diagram Mollier ( Diagram p - h ).**

Diketahui :

1. Refrigerant R-22
2. Temperatur evaporator = -2 °C
3. Temperatur condenser = 37 °C
4. Selisih temperatur super panas ( super heater ) = 4 °C
5. Selisih temperatur super dingin ( sub cooling ) = 4 °C
6. Kapasitas refrigrasi = 6,15 TR

Dari data tersebut di atas maka dapat digambarkan siklus refrigrasi sebagai berikut :



Gambar 5. Diagram Mollier (p - h) untuk R 22 pada RSW.

Berdasarkan gambar siklus maka dapat diketahui hasil perhitungan sebagai berikut :

Efek refrigerasi ( $h_1 - h_4$ )	$Q_e = 166,984$ KJ/kg.
Kalor Pengembunan ( $h_2 - h_3$ )	$Q_c = 195,416$ KJ/kg.
Koefisien prestasi	COP = 5,87
Kerja kompresi ( $h_2 - h_1$ )	$W = 28,433$ KJ/kg.
Pressure ratio	$R = 3,057$

$$1 \text{ Kkal} = 4,187 \text{ KJ}$$

- b. Perhitungan massa aliran refrigerant :

$$Q_c = m \times Q_e$$

$$\text{Dari perhitungan didapat ; } m = \frac{4834,13}{166,984} =$$

$$28,95 \text{ kg/jam} = 0,00804 \text{ kg/detik.}$$

- c. Daya kompresi :

$$P = m \times (h_2 - h_1) = 28,433 \times 0,00804 = 0,2286 \text{ KW.}$$

#### Pembahasan.

##### Proses Evaporasi.

Tekanan cairan R 22 diturunkan sampai 4,7 bar dan suhu  $-2^\circ \text{C}$  pada katup ekspansi dan didistribusikan secara merata ke dalam pipa-pipa evaporator. R 22 kemudian menguap secara berangsur-angsur sebesar kalor laten penguapan ( efek refrigerasi )  $Q_e = 166,984$  KJ/kg karena menyerap kalor dari air laut yang dialirkan melalui permukaan luar pipa evaporator. Selama proses penguapan maka di dalam pipa terdapat campuran R 22 dalam fasa cair dan gas pada tekanan dan temperatur konstan 4,7 bar. Untuk memastikan bahwa uap R 22 yang terjadi berupa uap sempurna, maka uap R 22 dipanaskan lanjut (superheater) sampai suhu  $2^\circ \text{C}$ , sehingga garis siklus bergeser ke kanan dari garis uap jenuh ( gambar 5 titik 1) dan kemudian uap refrigeran dikumpulkan di dalam header untuk selanjutnya dihisap kompresor.

##### Proses Kompresi.

Uap R 22 yang dihisap kompresor harus dipastikan sudah berup gas seluruhnya. Hal ini disebabkan karena kompresor akan mengalami kerusakan jika uap yang masuk masih berupa cairan. Di dalam penampung uap, tekanan dan temperatur R 22 diusahakan tetap rendah kemudian dinaikkan tekanannya sampai 14,37 bar di dalam kompresor untuk memudahkan pencairan kembali uap R 22.

Karena proses kompresi ini maka energi ditambahkan pada R 22 sehingga suhu R 22 naik menjadi  $60^\circ \text{C}$  (gambar 5 titik 2 ). Jumlah R 22 yang bersirkulasi dalam siklus tergantung jumlah uap yang dihisap masuk ke dalam kompresor. Dari perhitungan di dapat jumlah sirkulasi R 22 dalam siklus adalah 0,00804 kg/detik.

##### Proses Pengembunan.

Uap R 22 yang bertekanan dan bertemperatur tinggi pada akhir kompresi dapat dengan mudah dicairkan dengan mendinginkan pada aliran udara pada temperatur lingkungan  $37^\circ \text{C}$ . Jadi uap R 22 melepaskan kalor ( kalor laten pengembunan ) pada udara pendingin di dalam kondensor sebesar  $Q_c = 195,416$  KJ/kg sehingga mengembun dan menjadi cair. Sedangkan udara pendingin menyerap panas refrigeran dan menjadi panas pada waktu keluar kondensor. Karena kalor yang dilepaskan refrigeran hanya sebesar kalor laten pengembunan, maka proses pengembunan berlangsung pada tekanan dan temperatur konstan yaitu 14,37 bar dan  $37^\circ \text{C}$ . Kalor yang dikeluarkan dalam kondensor adalah jumlah kalor yang diperoleh refrigeran di dalam evaporator dan energi yang diberikan pada saat kompresi. Untuk memastikan uap refrigeran mencair semua di dalam kondensor, maka dibutuhkan pendinginan lanjut (subcooling) sebesar  $-4^\circ \text{C}$  sehingga garis siklus bergeser melewati garis cair jenuh ( gambar 5 titik 3 ).

##### Proses Ekspansi.

Untuk menurunkan tekanan refrigeran cair sampai 4,7 bar agar dapat mudah menguap maka dipergunakan katup ekspansi. Katup ekspansi yang dipergunakan adalah katup ekspansi termostatik yang dapat mengatur laju aliran refrigeran, agar derajat super panas ( super heater ) uap refrigeran di dalam evaporator  $+4^\circ \text{C}$  dapat diusahakan konstan. Cairan refrigeran yang bertekanan rendah kemudian dialirkan masuk ke evaporator dan siklus akan terulang seperti semula.

#### Kesimpulan.

Dari analisa dan perhitungan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kompresor merupakan salah satu komponen utama dari mesin pendingin yang berfungsi mengompresikan uap refrigerant agar bertekanan tinggi.
2. Kompresor yang digunakan pada mesin pendingin tipe RSW adalah kompresor torak (reciprocating compressor) tipe terbuka dan mempunyai daya yang berbeda-beda pada saat beroperasi.
3. Mesin pendingin mempunyai kapasitas refrigerasi sebesar 6,15 TR dan mempunyai COP = 5,87.
4. Besarnya beban refrigerasi atau beban pendinginan yang terjadi yaitu sebesar 20420,5 Kkal / jam = 4834,13 KJ/jam.

5. Penentuan penggunaan jenis kompresor yang dipakai pada mesin pendingin tergantung pada besarnya kapasitas pendinginan yang harus didinginkan.
6. Perawatan mesin kompresor dilakukan secara periodik sehingga dapat menjamin siklus mesin pendingin berjalan lancar.

**Daftar Pustaka.**

1. Ackradech, Sinthupak, 1995, *Refrigeration*, Bangkok, Thailand.
2. Arismunandar, Wiranto; Saito, Heizo; 2002; *Penyegaran Udara*; Pradnya Paramita; Jakarta.
3. Jordan, Richard C; Priester, Gayle B; 1985; *Refrigeration and Air Conditioning*; Second Edition; Prentice Hall of India; New Delhi.
4. Stoecker, W F; Jones, J W; Hara, Supratman; 1994; *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*; Edisi Kedua; Erlangga; Jakarta.
5. Soedjono, BSc; Hartono, H; 1994; *Teknik Pemasawat Pendingin*; Semarang.
6. Sularso; Tahara, Haruo; 2000; *Pompa dan Kompresor*; Pradnya Paramita, Jakarta.