

BAB 2. TINJAUAN PUSAKA

Tinjauan Pustaka

Refrigerasi adalah suatu proses penyerapan panas dari suatu zat atau produk sehingga temperaturnya berada di bawah temperatur lingkungan. Mesin refrigerasi atau disebut juga mesin pendingin adalah mesin yang dapat menimbulkan efek refrigerasi tersebut, sedangkan refrigeran adalah zat yang digunakan sebagai fluida kerja dalam proses penyerapan panas. Secara umum bidang refrigerasi mencakup kisaran temperatur sampai 123 K. Sedangkan proses-proses dan aplikasi teknik yang beroperasi pada kisaran temperatur di bawah 123 K disebut kriogenika (*cryogenics*). Perbedaan ini disebabkan karena adanya fenomena-fenomena khas yang terjadi pada temperatur di bawah 123 K dimana pada kisaran temperatur ini gas-gas seperti nitrogen, oksigen, hidrogen dan helium dapat mencair. (Arora, C. P, 2001)

Proses pengambilan/penyerapan energi tersebut terjadi di evaporator dengan laju perpindahan panas sebesar Q_e . Sedangkan proses pembuangan energi dalam bentuk panas ke lingkungan terjadi di kondensor dengan laju sebesar Q_k . (Stoecker, W.F. and Jones, J.W. 1994). Berdasarkan aplikasinya mesin refrigerasi dapat dikelompokkan seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1. (Pasek, A.D., Tandian, N.P., Adriansyah W., 2004).

Tabel 2.1. Kelompok Aplikasi Mesin Refrigerasi

Jenis Mesin refrigerasi	Contoh
Refrigerasi Domestik	Lemari es, dispenser air
Refrigerasi Komersial	Pendingin minuman botol, <i>box</i> es krim, lemari pendingin <i>supermarket</i>
Refrigerasi Industri	Pabrik es, <i>cold storage</i> , mesin pendingin untuk industri proses
Refrigerasi transport	<i>Refrigerated truck, train and containers</i>
Pengkondisian udara domestik dan Komersial	<i>AC window, split, dan package.</i>
Chiller	<i>Water cooled and air cooled chillers</i>
<i>Mobile Air Conditiong (MAC)</i>	AC mobil

Siklus Kompresi Uap Standar

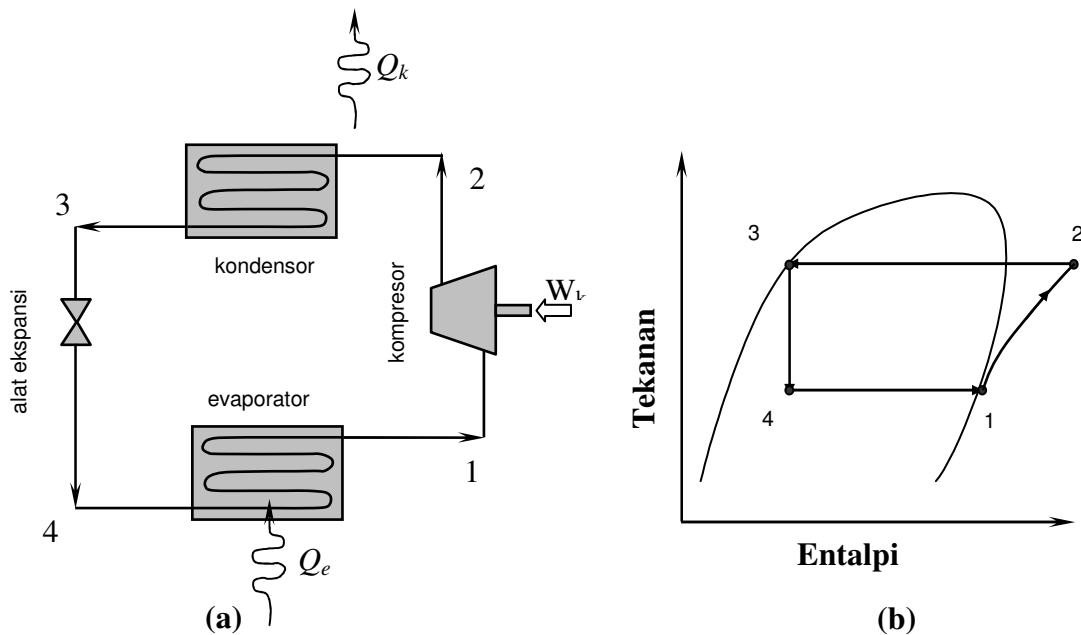
Sebuah siklus kompresi uap standar memiliki empat komponen utama yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator (gambar 2.1). Siklus yang paling banyak digunakan untuk merealisasikan uraian di atas pada sistem refrigerasi adalah siklus kompresi uap.

Secara umum ada dua bagian penting dalam siklus kompresi uap yaitu :

1. Bagian yang bertekanan tinggi mulai dari sisi keluar kompresor hingga sisi masuk katup ekspansi.
2. Bagian yang bertekanan rendah mulai sisi keluar katup ekspansi hingga sisi masuk kompresor.

Proses-proses termodinamik yang terjadi pada siklus kompresi uap standar adalah:

1. Proses 1-2 : Kompresi isentropik (adibatik dan reversibel) dari uap jenuh ke tekanan kondensasi.
2. Proses 2-3 : Pelepasan panas reversibel pada tekanan konstan sampai kondisi cair jenuh.
3. Proses 3-4 : Ekspansi irreversibel pada entalpi konstan sampai tekanan evaporasi.
4. Proses 4-1: Pemasukan panas reversibel pada tekanan konstan dari fasa campuran ke tingkat keadaan uap jenuh.



Gambar 2.1. Siklus Kompresi Uap Standar

Unjuk kerja mesin refrigerasi kompresi uap ditentukan oleh beberapa parameter, di antaranya adalah kapasitas pendinginan, kapasitas pemanasan, daya kompresi, koefisien performansi (*COP*) dan performansi faktor (*PF*). Diagram tekanan-entalpi pada gambar 2.1.b dapat membantu dalam menentukan parameter-parameter tersebut.

Mesin Refrigerasi Hibrida

Usaha memodifikasi siklus kompresi uap standar dilakukan untuk efisiensi penggunaan energi. Berbagai pengembangan telah dilakukan pada mesin refrigerasi kompresi uap untuk mendapatkan efisiensi dan prestasi yang lebih baik. Salah satu pengembangan tersebut adalah dengan membuat sistem refrigerasi hibrid. Pada sistem refrigerasi hibrid ini, mesin dapat berfungsi sebagai mesin pendingin dan pompa panas. Efek refrigerasi dilayani oleh evaporator dan efek pemanasan dilayani oleh kondensor. (Amrul, 2001).

Pada alat uji mesin refrigerasi hibrida dengan siklus standar, jika prestasinya ditinjau dari sisi air (gambar 2.2.), maka akan didapatkan :

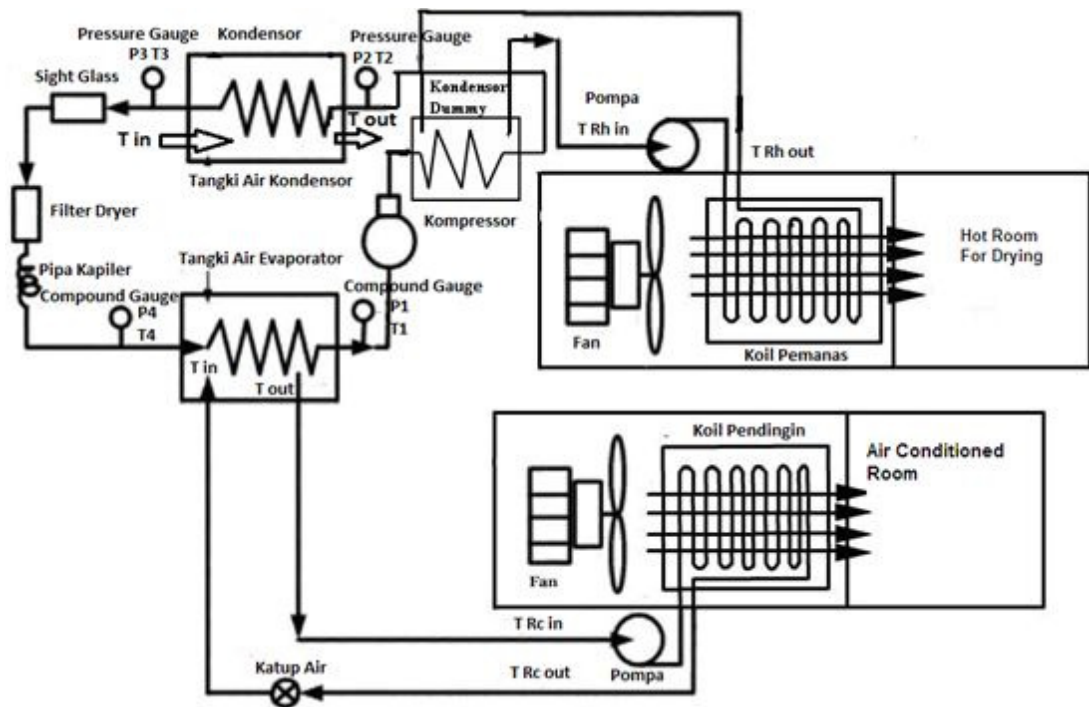
- a. Kapasitas pendinginan pada evaporator adalah :

$$Q_e = \dot{m}_{ae} \times C_{p,ae} \times \Delta T_{ae} \quad (1)$$

dimana : Q_e (dampak pendinginan di evaporator (Watt)), m_{ae} (laju masa air masuk evaporator (kg/s)), C_{Pae} (kalor jenis air (J/(kgK))), ΔT_{ae} (perbedaan temperatur air di evaporator ($^{\circ}$ C)).

b. Kapasitas pemanasan pada kondensor :

$$Q_k = m_{ak} \times C_{P,ak} \times \Delta T_{ak} \quad (2)$$



Gambar 2.2. Skema Mesin Refrigerasi Kompresi Uap Hibrida sebagai *Residential Air Conditioning* dan *Hot Room for Drying*

dimana : Q_k (dampak pemanasan di kondensor (Watt)), m_{ak} (laju masa air masuk kondensor (kg/s)), C_{Pak} (kalor jenis air (J/(kgK))), ΔT_{ak} (perbedaan temperatur air di kondensor ($^{\circ}$ C))

c. Daya kompresor :

$$W_k = \eta_m \times \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \quad (3)$$

dimana : W_k (daya kompresor (Watt)), η_m (efisiensi motor = 0,8), $\cos \phi$ (faktor daya = 0,83), V (tegangan motor listrik (V)), I (arus motor listrik (A)).

d. Koefisien performansi adalah perbandingan antara efek pendinginan yang diperoleh terhadap energi yang digunakan untuk menggerakkan kompresor. Koefisien performansi pada evaporator:

$$COP = \frac{Q_e}{W_k} \quad (4)$$

e. PF atau faktor performansi didefinisikan sebagai perbandingan efek pemanasan di kondensator terhadap energi yang digunakan untuk menggerakkan kompresor.

$$PF = \frac{Q_k}{W_k} \quad (5)$$

Refrigeran

Refrigeran adalah fluida kerja yang digunakan untuk mentransfer panas di dalam siklus refrigerasi. Pada sistem kompresi uap, refrigeran menyerap kalor dari suatu ruang melalui proses evaporasi dan membuang kalor ke ruang lain melalui proses kondensasi. Sifat-sifat yang dipertimbangkan dalam memilih refrigeran, adalah: *sifat kimia, sifat fisik dan sifat termodinamik*. Berdasarkan sifat-sifat kimianya refrigeran yang baik : tidak beracun, tidak bereaksi dengan komponen refrigerasi, dan tidak mudah terbakar, serta tidak berpotensi menimbulkan pemanasan global (non-GWP(*Global Warming Potential*)) dan tidak merusak lapisan ozon (non-ODP (*Ozone Depleting Potential*)).

Refrigeran hidrokarbon merupakan salah satu refrigeran alternatif pengganti refrigeran halokarbon . Refrigeran hidrokarbon tidak berpotensi merusak ozon karena ODP = 0 dan GWP yang kecil. Refrigeran hidrokarbon juga tidak mengalami reaksi kimia dengan oli pelumas yang digunakan untuk refrigeran halokarbon. (Pasek, A.D.,Tandian, N.P., 2000). Refrigeran hidrokarbon adalah refrigeran yang ramah lingkungan, hal ini diperlukan agar kelestarian lingkungan terjaga, karena lapisan ozon di stratosfir berfungsi melindungi bumi dari radiasi sinar ultra violet intensitas tinggi yang berbahaya (antara lain dapat menimbulkan kanker kulit, katarak mata, menurunkan immunitas tubuh, dapat membunuh phytoplankton yang merupakan bagian dari rantai kehidupan laut). (Pasek, A.D.,Tandian, N.P., Adriansyah W., 2004)