

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pengertian Umum

Air Conditioning (AC) atau alat pengkondisi udara merupakan modifikasi pengembangan dari teknologi mesin pendingin. Alat ini dipakai bertujuan untuk memberikan udara yang sejuk dan menyediakan uap air yang dibutuhkan bagi tubuh. Di lingkungan tempat kerja, AC juga dimanfaatkan sebagai salah satu cara dalam upaya peningkatan produktivitas kerja. Karena dalam beberapa hal manusia membutuhkan lingkungan udara yang nyaman untuk dapat bekerja secara optimal. Tingkat kenyamanan suatu ruang juga ditentukan oleh temperatur, kelembaban, sirkulasi dan tingkat kebersihan udara.

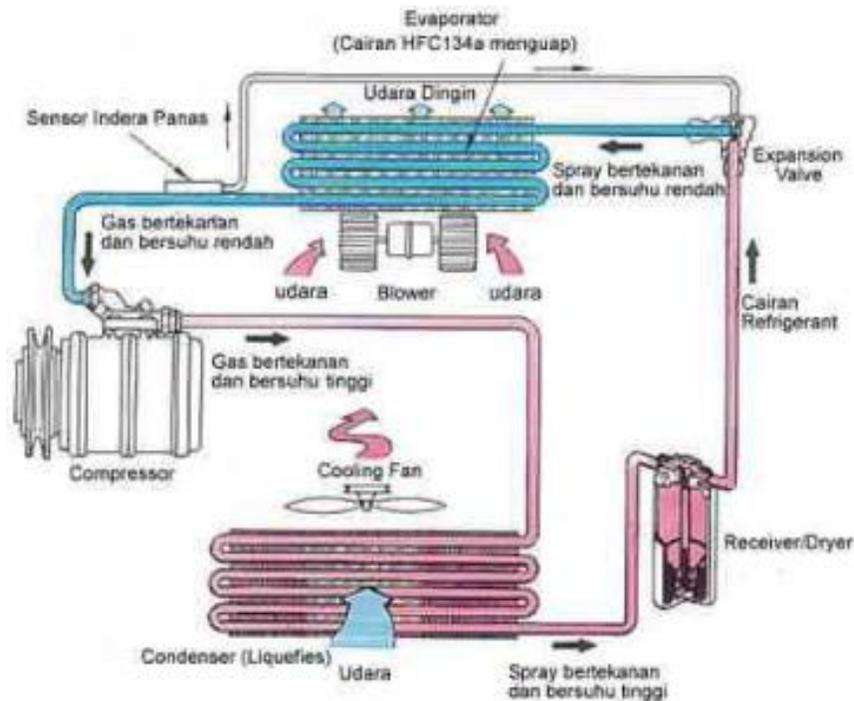
Untuk dapat menghasilkan udara dengan kondisi yang diinginkan, maka peralatan yang dipasang harus mempunyai kapasitas yang sesuai dengan beban pendinginan yang dimiliki ruangan tersebut. Untuk itu diperlukan survey dan menentukan besarnya beban pendinginan.

Secara garis besar beban pendinginan terbagi atas dua kelompok, yaitu beban pendinginan sensibel dan beban pendinginan laten. Beban pendinginan sensibel adalah beban panas yang dipengaruhi oleh perbedaan suhu, seperti beban panas yang lewat konstruksi bangunan, peralatan elektronik, lampu, dll. Sedangkan beban pendinginan laten adalah beban yang dipengaruhi oleh adanya perbedaan kelembaban udara.

Di dalam ruang Pengajaran Umum, untuk merencanakan penggunaan *Air Conditioning* (AC) perubahan pembebanan terjadi pada peralatan yang menghasilkan

kalor seperti: lampu, komputer. Selain itu faktor manusia dan kecepatan udara yang masuk ke dalam ruangan juga mempengaruhi perubahan pembebanan, yang nilai bebannya dapat berubah-ubah baik secara acak maupun teratur.

2.2 Prinsip Kerja Pendingin Ruangan



Gambar 2.1. Prinsip Kerja Mesin Pendingin Ruangan

Kompresor AC yang ada pada sistem pendingin dipergunakan sebagai alat untuk memampatkan fluida kerja (refrigerant), jadi refrigerant yang masuk ke dalam kompresor AC dialirkan ke kondensor yang kemudian dimampatkan di kondensor. Di bagian kondensor ini refrigerant yang dimampatkan akan berubah fase dari refrigeran fase uap menjadi refrigeran fase cair, maka refrigerant mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung di dalam refrigeran. Adapun besarnya kalor yang dilepaskan

oleh kondensor adalah jumlah dari energi kompresor yang diperlukan dan energi kalor yang diambil evaporator dari substansi yang akan didinginkan. Pada kondensor tekanan refrigerant yang berada dalam pipa-pipa kondensor relatif jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan refrigeran yang berada pada pipa-pipa evaporator.

Prinsip pendinginan udara pada AC melibatkan siklus refrigerasi, yakni udara didinginkan oleh refrigerant / pendingin (*freon*), lalu freon ditekan menggunakan kompresor sampai tekanan tertentu dan suhunya naik, kemudian didinginkan oleh udara lingkungan sehingga mencair. Proses tersebut diatas berjalan berulang-ulang sehingga menjadi suatu siklus yang disebut siklus pendinginan pada udara yang berfungsi mengambil kalor dari udara dan membebaskan kalor ini ke luar ruangan.

2.3 Jenis-Jenis Pendingin Ruangan

Berdasarkan jenisnya ada 4 jenis AC yang sering dipergunakan pada rumah tangga yaitu AC Split, AC Window, AC Sentral dan Standing AC.

a. AC Split

Pada AC jenis split komponen AC dibagi menjadi dua unit yaitu unit indoor yang terdiri dari filter udara, evaporator dan evaporator blower, ekspansion valve dan controll unit, serta unit outdoor yang terdiri dari kompresor, kondenser, kondenser blower dan refrigeran filter. Selanjutnya antara unit indoor dengan unit outdoor dihubungkan dengan 2 buah saluran refrigerant, satu buah untuk menghubungkan evaporator dengan kompresor dan satu buah untuk menghubungkan refrigeran filter

dengan ekspansi valve serta kabel power untuk memasok arus listrik untuk kompresor dan kondenser blower. AC Split cocok untuk ruangan yang membutuhkan ketenangan, seperti ruang tidur, ruang kerja atau perpustakaan.

Kelebihan AC Split:

1. Bisa dipasang pada ruangan yang tidak berhubungan dengan udara luar,
2. Suara di dalam ruangan tidak berisik.

Kekurangan AC Split:

1. Pemasangan pertama maupun pembongkaran apabila akan dipindahkan membutuhkan tenaga yang terlatih.
2. Pemeliharaan / perawatan membutuhkan peralatan khusus dan tenaga yang terlatih.
3. Harganya lebih mahal.

b. AC Window

Pada AC jenis window, semua komponen AC seperti filter udara, evaporator, blower, kompresor, kondenser, refrigerant filter, ekspansi valve dan control unit terpasang pada satu base plate, kemudian base plate beserta semua komponen AC tersebut dimasukkan kedalam kotak plat sehingga menjadi satu unit yang kompak. Biasanya dipilih karena pertimbangan keterbatasan ruangan, seperti pada rumah susun.

Kelebihan AC window:

1. Pemasangan pertama maupun pembongkaran kembali apabila akan dipindahkan mudah dilaksanakan.
2. Pemeliharaan / perawatan mudah dilaksanakan.

3. Harga murah.

Kekurangan AC window:

1. Karena semua komponen AC terpasang pada base plate yang posisinya dekat dengan ruangan yang didinginkan, maka cenderung menimbulkan suara berisik (terutama akibat suara dari kompresor).
2. Tidak semua ruangan dapat dipasang AC window, karena AC window harus dipasang dengan cara bagian kondenser menghadap ketempat terbuka supaya udara panas dapat dibuang ke alam bebas.

c. AC Sentral

Pada AC jenis ini udara dari ruangan didinginkan pada cooling plant di luar ruangan tersebut, kemudian udara yang telah dingin dialirkan kembali kedalam ruangan tersebut. Biasanya cocok untuk dipasang di sebuah gedung bertingkat (berlantai banyak), seperti di hotel atau mall.

Kelebihan AC sentral:

1. Suara di dalam ruangan tidak berisik sama sekali
2. Estetika ruangan terjaga, karena tidak ada unit indoor.

Kekurangan AC sentral:

1. Perencanaan, instalasi, operasi dan pemeliharaan membutuhkan tenaga yang betul-betul terlatih.

2. Apabila terjadi kerusakan pada waktu beroperasi, maka dampaknya dirasakan pada seluruh ruangan.
3. Pengaturan temperatur udara hanya dapat dilakukan pada sentralcooling plant.
4. Biaya investasi awal serta biaya operasi dan pemeliharaan tinggi.

d. Standing AC

Jenis AC ini cocok dipergunakan untuk kegiatan-kegiatan situasional dan mobil karena fungsinya yang mudah dipindahkan, seperti seminar, pengajian outdoor dsb.

2.4 Komponen Utama Sistem Pendingin

2.4.1 Kompresor

Kompresor atau pompa isap mempunyai fungsi yang vital. Dengan adanya kompresor, refrigerant bisa mengalir ke seluruh sistem pendingin. Sistem kerjanya adalah dengan mengubah tekanan, sehingga terjadi perbedaan tekanan yang memungkinkan refrigeran mengalir (berpindah) dari sisi bertekanan rendah ke sisi bertekanan tinggi.

Ketika bekerja, refrigerant yang dihisap dari evaporator dengan suhu dan tekanan rendah dimampatkan sehingga suhu dan tekanannya naik. Gas yang dimampatkan ini ditekan keluar dari kompresor lalu dialirkan ke kondensor, tinggi rendahnya suhu dikontrol dengan thermostat.

2.4.2 Kondensor

Kondensor berfungsi untuk membuang kalor yang diserap dari evaporator dan panas yang diperoleh dari kompresor, serta mengubah wujud gas menjadi cair. Banyak

jenis kondensor yang dipakai, untuk kulkas rumah tangga digunakan kondensor dengan pendingin air.

Kondensor yang sering digunakan disini adalah kondensor tipe *shell and tube*, karena lebih mudah dalam menganalisa temperature. Dan salah satu jenis alat penukar kalor yang menurut konstruksinya dicirikan oleh adanya sekumpulan pipa (tabung) yang dipasangkan didalam *shell* (Pipa Galvanis) yang berbentuk silinder dimana 2 jenis fluida saling bertukar kalor yang mengalir secara terpisah (air dan *freon*).

Kondensor tipe *shell and tube* ini ditempatkan di antara kompresor dan alat pengatur bahan pendingin (pipa kapiler). Posisinya ditempatkan berhubungan langsung dengan udara luar agar gas di dalam kondensor juga didinginkan oleh suhu ruangan.

2.4.3 Katup Ekspansi

Komponen utama yang lain untuk mesin refrigerasi adalah katup ekspansi. Katup ekspansi ini dipergunakan untuk menurunkan tekanan dan untuk mengekspansikan secara adiabatik cairan yang bertekanan dan bertemperatur tinggi sampai mencapai tingkat tekanan dan temperatur rendah, atau mengekspansikan refrigeran cair dari tekanan kondensasi ke tekanan evaporasi, refrigerant cair diinjeksikan keluar melalui *orifice*, refrigerant segera berubah menjadi kabut yang tekanan dan temperaturnya rendah.

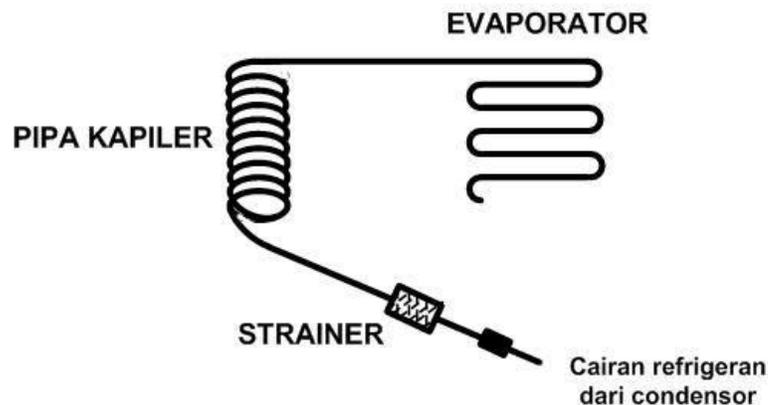
Selain itu, katup ekspansi juga sebagai alat kontrol refrigerasi yang berfungsi:

1. Mengatur jumlah refrigeran yang mengalir dari pipa cair menuju evaporator sesuai dengan laju penguapan pada evaporator.
2. Mempertahankan perbedaan tekanan antara kondensor dan evaporator agar penguapan pada evaporator berlangsung pada tekanan kerjanya.

2.4.4 Pipa Kapiler

Pipa kapiler adalah salah satu alat ekspansi. Alat ekspansi ini mempunyai dua kegunaan yaitu untuk menurunkan tekanan refrigeran cair dan untuk mengatur aliran refrigeran ke evaporator. Cairan refrigeran memasuki pipa kapiler tersebut dan mengalir sehingga tekanannya berkurang akibat dari gesekan dan percepatan refrigeran. Pipa kapiler hampir melayani semua sistem refrigerasi yang berukuran kecil, dan penggunaannya meluas hingga pada kapasitas regrigerasi 10kw. Pipa kapiler mempunyai ukuran panjang 1 hingga 6 meter, dengan diameter dalam 0,5 sampai 2 mm (*Stoecker, 1996*). Diameter dan panjang pipa kapiler ditetapkan berdasarkan kapasitas pendinginan, kondisi operasi dan jumlah refrigeran dari mesin refrigerasi yang bersangkutan.

Konstruksi pipa kapiler sangat sederhana, sehingga jarang terjadi gangguan. Pada waktu kompresor berhenti bekerja, pipa kapiler menghubungkan bagian tekanan tinggi dengan bagian tekanan rendah, sehingga menyamakan tekanannya dan memudahkan start berikutnya. Pipa kapiler ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Pipa Kapiler (Sunnyoto,2010)

2.4.5 Evaporator (Penguap)

Evaporator adalah komponen pada sistem pendingin yang berfungsi sebagai penukar kalor, serta bertugas menguapkan refrigeran dalam sistem, sebelum dihisap oleh kompresor. Panas udara sekeliling diserap evaporator yang menyebabkan suhu udara disekeliling evaporator turun. Suhu udara yang rendah ini dipindahkan ketempat lain dengan jalan dihembus oleh kipas, yang menyebabkan terjadinya aliran udara.

Ada beberapa macam evaporator sesuai tujuan penggunaannya dan bentuknya dapat berbeda-beda. Hal tersebut disebabkan karena media yang hendak didinginkan dapat berupa gas, cairan atau padat. Maka evaporator dapat dibagi menjadi beberapa golongan, sesuai dengan refrigeran yang ada di dalamnya, yaitu: jenis ekspansi kering, jenis setengah basah, jenis basah, dan sistem pompa cairan.

1. Jenis ekspansi kering

Dalam jenis ekspansi kering, cairan refrigerant yang diekspansikan melalui katup ekspansi pada waktu masuk ke dalam evaporator sudah dalam keadaan campuran cair dan uap, sehingga keluar dari evaporator dalam keadaan uap air.

2. Evaporator jenis setengah basah

Evaporator jenis setengah basah adalah evaporator dengan kondisi refrigeran diantara evaporator jenis ekspansi kering dan evaporator jenis basah. Dalam evaporator jenis ini, selalu terdapat refrigeran cair dalam pipa penguapnya.

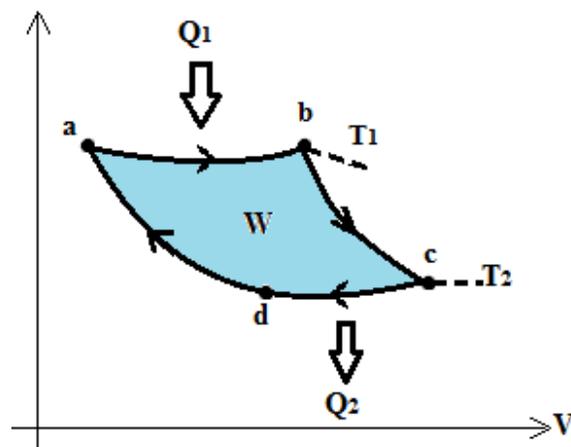
3. Evaporator jenis basah

Dalam evaporator jenis basah, sebagian besar dari evaporator terisi oleh cairan refrigeran. Proses penguapannya terjadi seperti pada ketel uap.

2.5 Termodinamika Sistem Refrigerasi

2.5.1 Siklus Refrigerasi Carnot

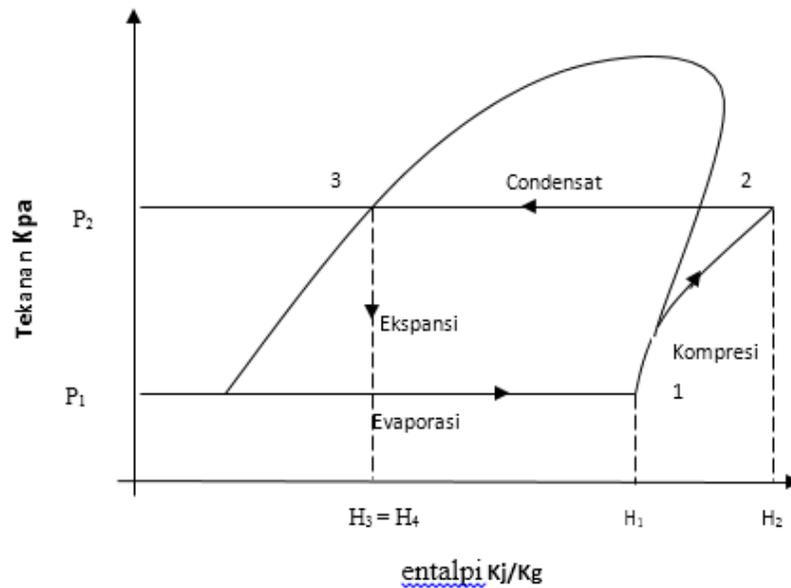
Siklus refrigerasi carnot merupakan kebalikan dari mesin carnot. Mesin carnot menerima energi kalor dari temperatur tinggi, energi kemudian diubah menjadi suatu kerja dan sisa energi tersebut dibuang ke sumber panas pada temperatur rendah. Sedangkan siklus refrigerasi carnot menerima energi pada temperatur rendah dan mengeluarkan energi pada temperatur tinggi. Oleh sebab itu pada siklus pendingin diperlukan penambahan kerja dari luar. Dan untuk Daur Refrigerasi carnot ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Daur Refrigerasi Carnot (*Sunyoto,2010*)

2.5.2 Siklus Kompresi Uap Standar (Teoritis)

Siklus kompresi uap standar merupakan siklus teoritis, dimana pada siklus tersebut mengasumsikan beberapa proses sebagai berikut:



Gambar 2.4. Diagram Tekanan Entalpi Siklus Kompresi Uap Standar (*Sunyoto,2010*)

a. Proses Kompresi

Proses kompresi berlangsung dari titik 1 ke titik 2. Pada siklus sederhana diasumsikan refrigeran tidak mengalami perubahan kondisi selama mengalir dijalur hisap. Proses kompresi diasumsikan isentropik sehingga pada diagram tekanan dan entalpi berada pada satu garis entropi konstan, dan titik 2 berada pada kondisi super panas. Proses kompresi memerlukan kerja dari luar dan entalpi uap naik dari h_1 ke h_2 , besarnya kenaikan ini sama dengan besarnya kerja kompresi yang dilakukan pada uap refrigeran.

b. Proses Kondensasi

Proses 2-3 merupakan proses kondensasi yang terjadi pada kondensor, uap panas refrigeran dari kompresor didinginkan oleh air sampai pada temperatur kondensasi, kemudian uap tersebut dikondensasikan. Pada titik 2 refrigeran pada

kondisi uap jenuh pada tekanan dan temperatur kondensasi. Proses 2-3 terjadi pada tekanan konstan, dan jumlah panas yang dipindahkan selama proses ini adalah bedaentalpi antara titik 2 dan 3.

c. Proses Ekspansi

Proses ekspansi berlangsung dari titik 3 ke titik 4. Pada proses ini terjadi proses penurunan tekanan refrigeran dari tekanan kondensasi (titik 3) menjadi tekanan evaporasi (titik 4). Pada waktu cairan di ekspansi melalui katup ekspansi atau pipa kapiler ke evaporator, temperatur refrigeran juga turun dari temperatur kondensat ke temperatur evaporasi. Proses 3-4 merupakan proses ekspansi adiabatik dimana entalpi fluida tidak berubah disepanjang proses. Refrigeran pada titik 4 berada pada kondisi campuran-uap.

d. Proses Evaporasi

Proses 4-1 adalah proses penguapan yang terjadi pada evaporator dan berlangsung pada tekanan konstan. Pada titik 1 seluruh refrigeran berada pada kondisi uap jenuh. Selama proses 4-1 entalpi refrigeran naik akibat penyerapan kalori dari ruang refrigerasi. Besarnya kalor yang diserap adalah bedaentalpi titik 1 dan titik 4 biasa disebut dengan efek pendinginan.

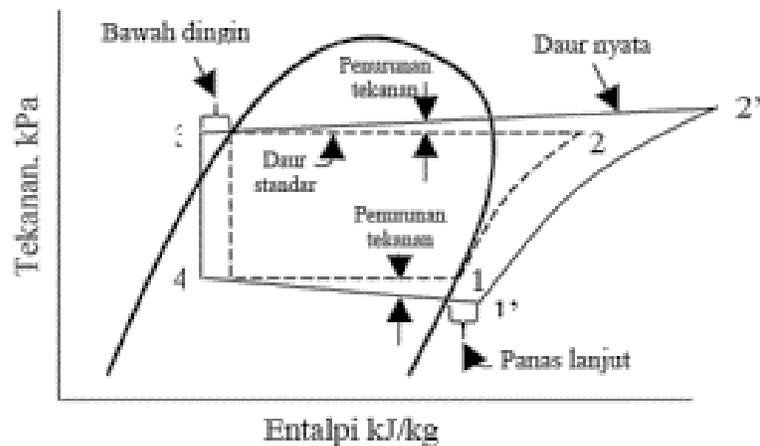
2.5.3 Siklus Kompresi Uap Aktual

Siklus kompresi uap yang sebenarnya (aktual) berbeda dari siklus standar (teoritis). Perbedaan ini muncul karena asumsi yang ditetapkan dalam siklus standar. Pada siklus aktual terjadi pemanasan lanjut uap refrigeran yang meninggalkan evaporator sebelum masuk ke kondensor. Pemanasan lanjut ini terjadi akibat tipe

peralatan ekspansi yang di gunakan atau dapat juga karena penyerapan panas dijalar masuk (*suction line*) antara evaporator dan kompresor.

Demikian juga pada refrigeran cair mengalami pendinginan lanjut atau bawah dingin sebelum masuk katup ekspansi atau pipa kapiler. Keadaan diatas adalah peristiwa normal dan melakukan fungsi yang diinginkan untuk menjamin bahwa seluruh refrigeran yang memasuki kompresor atau alat ekspansi dalam keadaan 100 % uap atau cair.

Perbedaan yang penting antara daur nyata (aktual) dan standar terletak pada penurunan tekanan dalam kondensor dan evaporator. Daur standar dianggap tidak mengalami penurunan tekanan pada kondensor dan evaporator, tetapi pada daur nyata terjadi penurunan tekanan karena adanya gesekan antara refrigeran dengan dinding pipa. Akibat dari penurunan tekanan ini, kompresor pada titik 1 dan 2 memerlukan lebih banyak kerja dibandingkan dengan daur standar. Untuk Silkus aktual dan siklus standar ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Perbandingan Siklus Aktual dan Siklus Standar (*Sunyoto,2010*)

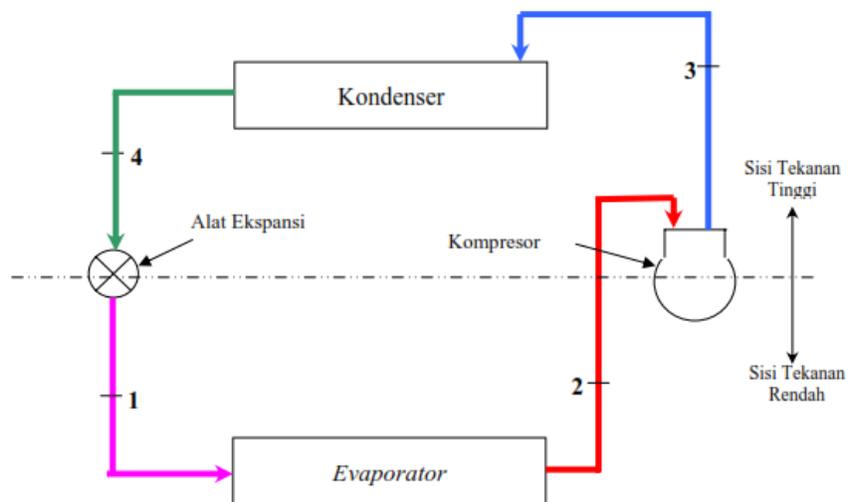
2.6 Klasifikasi Sistem Refrigerasi

Ditinjau dari prinsip kerjanya, sistem refrigerasi di bagi menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Sistem refrigerasi kompresi uap
2. Sistem refrigerasi absorpsi
3. Sistem refrigerasi udara

2.6.1 Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

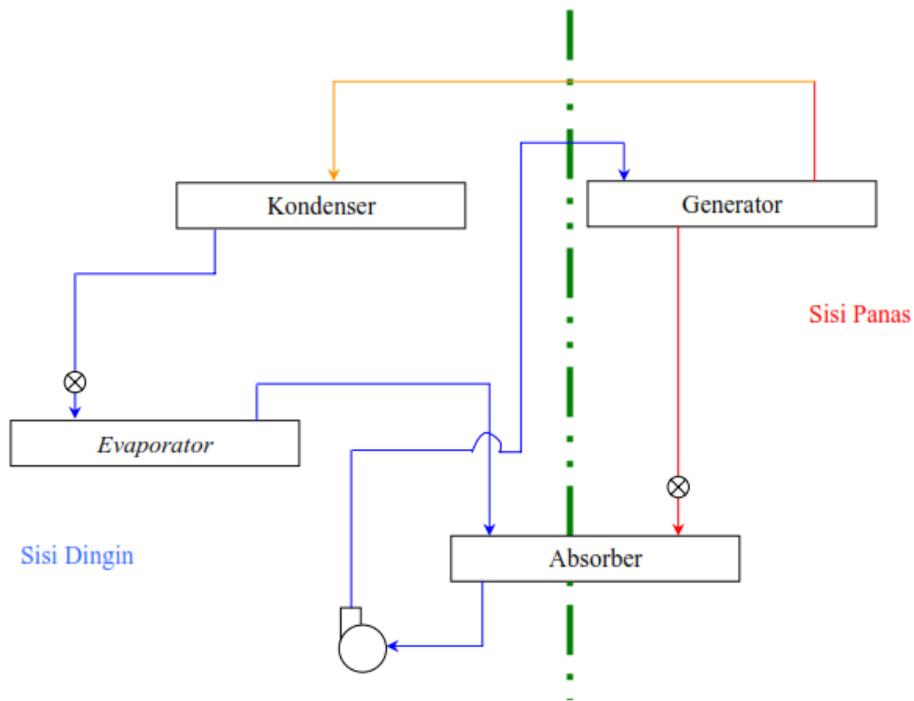
Siklus refrigerasi kompresi mengambil keuntungan dari kenyataan bahwa fluida yang bertekanan tinggi pada suhu tertentu cenderung menjadi lebih dingin jika dibiarkan mengembang. Jika perubahan tekanan cukup tinggi, maka gas yang ditekan akan menjadi lebih panas dari pada sumber dingin di luar (contoh udara di luar) dan gas yang mengembang akan menjadi lebih dingin dari pada suhu dingin yang dikehendaki. Dalam kasus ini, fluida digunakan untuk mendinginkan lingkungan bersuhu rendah dan membuang panas ke lingkungan yang bersuhu tinggi.



Gambar 2.6. Sistem Refrigerasi Kompresi Uap (Sunyoto,2010)

2.6.2 Sistem Refrigerasi Absorpsi

Dalam siklus refrigerasi absorpsi, dipergunakan penyerap untuk menyerap refrigeran yang diuapkan di dalam evaporator sehingga menjadi suatu larutan absorpsi. Kemudian, larutan absorpsi tersebut dimasukan ke dalam sebuah generator untuk memisahkan refrigeran dari larutan absorpsi tersebut dengan cara memanasi, yang sekaligus akan menaikkan tekanannya sampai mencapai tingkat keadaan mudah diembunkan.

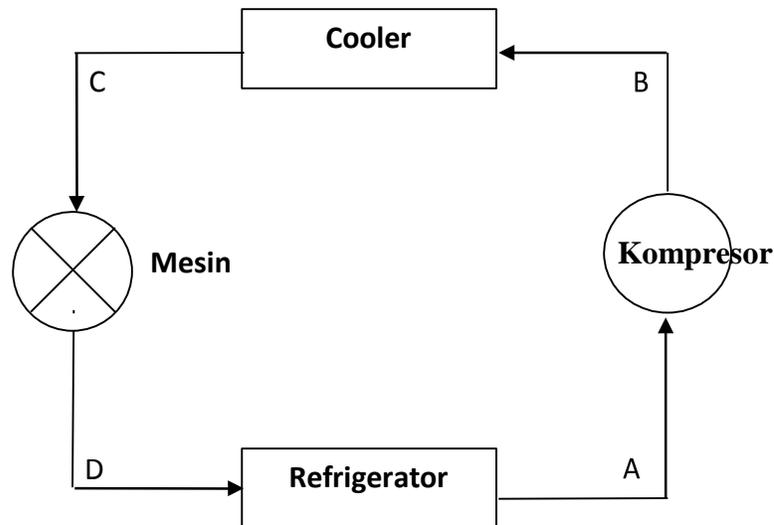


Gambar 2.7. Sistem Refrigerasi Absorpsi (*Sunyoto,2010*)

2.6.3 Sistem Refrigerasi Udara

Pada siklus ini, udara bertindak sebagai refrigerant yang menyerap panas pada tekanan konstan P di dalam refrigerator. Udara panas keluar refrigerator, dikompresi untuk dibuang panasnya ke lingkungan melalui cooler pada tekanan konstan P_2 ($P_2 >$

P_1). Udara keluar cooler dikembalikan ke keadaan awal oleh mesin ekspansi untuk dapat melakukan langkah awal pada siklus berikutnya.



Gambar 2.8. Sistem Refrigerasi Udara (Sunyoto,2010)

2.7 Beban Pendinginan

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan pada waktu melakukan perhitungan beban pendinginan dan penentuan perlengkapan sistem tata udara serta sistem control, antara lain penggunaan atau fungsi ruang, jenis konstruksi bangunan, pola beban pengkondisian, kondisi dalam ruangan.

Pada tahap perencanaan, perhitungan beban pendinginan yang tepat harus dilakukan karena hasil perhitungan beban pendinginan yang tepat akan menjadi dasar untuk pemilihan jenis dan kapasitas peralatan pendinginan.

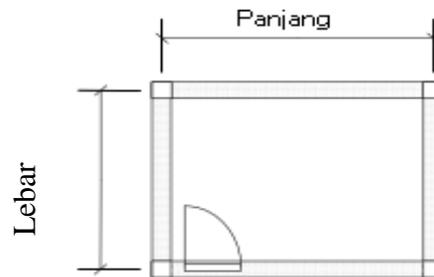
Didalam ruang Dosen dan Teknisi beban pendinginan ada 2 macam, yaitu Beban sensibel dan beban laten. Beban sensibel antara lain beban kalor melalui dinding, atap, langit-langit, lantai, peralatan listrik (komputer dan lampu) karena beban infiltrasi ruangan dan kaca. Sedangkan beban kalor laten antara lain penghuni (orang) dan beban

kalor pada infiltrasi ruangan. Sebelumnya ditentukan dulu kondisi ruangan perancangan sebelum melakukan perhitungan beban kalor dari ruangan tersebut.

2.7.1 Kondisi Dasar

2.7.1.1 Luas Lantai

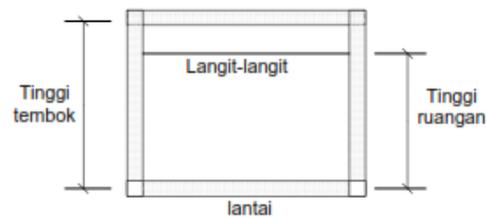
Luas lantai adalah jarak panjang dikalikan lebar ruangan seperti pada gambar dimana jarak antara garis-garis teras tembok digunakan dalam perhitungan ini.



Gambar 2.9. Ukuran Lantai

2.7.1.2 Volume ruangan

Volume ruangan adalah luas lantai dikali jarak antara titik tengah lantai dan titik tengah langit-langit.



Gambar 2.10. Tinggi Bangunan

2.7.1.3 Nama bulan perancangan.

Dalam hal ini harus diberikan bulan terpanas seperti yang terlihat pada lampiran 1 Data cuaca di beberapa Negara Asia.

2.7.1.4 Kondisi udara dalam ruang

Tabel 2.1 Kondisi Udara Dalam Ruangan

	Temperatur bola kering	Perubahan temperatur harian	Temperatur bola basah	Kelembaban relative	Perbandingan Kelembaban rata-rata sepanjang hari
Di dalam ruangan					
Di luar ruangan					

Data kondisi udara didalam ruangan tersebut, kelembaban rata-rata sepanjang hari, dan perbandingan kelembaban rata-rata sepanjang hari di dalam ruangan untuk rancangan (Wiranto A. & Heizo Saito “Penyegaran Udara”, halaman 33, Tabel 3.2 Temperatur ruang, kelembaban dan perbandingan).

2.7.1.5 Temperatur Udara Luar

Tabel 2.2 Temperatur Udara

Waktu, Pukul	11	12	13	14	15
Temperatur Luar (°C)					

Temperatur udara pada suatu saat tertentu dapat diperkirakan dengan formula:

$$t_o = t_{o, rancangan} - \frac{\Delta t}{2} + \frac{\Delta t}{2} \cos 15 (\tau - \gamma) \dots^1$$

Dimana:

¹ Wiranto A. & Heizo Saito, 1980. Penyegaran Udara. Pradya Paramita: Jakarta. Halaman 34

- t_o = Temperatur udara luar sesaat, ($^{\circ}\text{C}$)
- t_o rancangan = Temperatur udara luar untuk perancangan, ($^{\circ}\text{C}$)
- Δt = Perubahan temperature harian, ($^{\circ}\text{C}$)
- 15 = Perubahan waktu sudut ($\frac{360^{\circ}}{24 \text{ Jam}}$)
- τ = waktu penyinaran matahari
- γ = saat terjadinya temperature maksimum (+2)

Untuk τ (waktu penyinaran matahari), pukul 12.00 siang adalah 0, pagi hari (A.M) adalah negatif (-) dan siang hari (P.M) adalah positif, dengan besarnya dinyatakan sampai satu angka desimal, misalnya pukul setengah sepuluh pagi dinyatakan dengan -2.5.

2.7.2 Beban Kalor Sensibel Daerah Parimeter (tepi)

2.7.2.1 Beban transmisi kalor melalui jendela

Dapat dirumuskan:

$$\text{Luas jendela (m}^2\text{)} \times \text{koefisien transmisi kalor melalui jendela, K (kcal/ m}^2\text{jam } ^{\circ}\text{C)} \\ \times t \text{ ruangan (}^{\circ}\text{C)}...^2$$

Untuk nilai K dapat dilihat pada lampiran 2 koefisien transmisi kalor dari jendela. Δt ruangan adalah beda temperatur luar dan dalam.

2.7.2.2 Infiltrasi beban kalor sensibel

Dapat dirumuskan:

² Ibid, Halaman 30

$$\{(Volume\ ruangan\ (m^3) \times jumlah\ penggantian\ ventilasi\ alamiah,\ Nn) + jml\ udara\ luar\} \times \frac{0,24}{Volume\ Spesifik} \times \Delta t\ ruangan\ (^{\circ}C) \dots^3$$

Jumlah penggantian udara dalam ventilasi alamiah dapat ditentukan dengan tabel jumlah penggantian lihat lampiran 3 Jumlah penggantian.

Δt ruangan adalah beda temperatur luar dan dalam.

2.7.2.3 Beban transmisi kalor melalui dinding

Dapat dirumuskan:

$$Luas\ dinding\ (m^2) \times koefisien\ transmisi\ kalor\ dari\ dinding,\ K\ (kcal/m^2jam.\ ^{\circ}C) \times (selisih\ temperatur\ ekivalen\ dari\ radiasi\ matahari\ ^{\circ}C) \dots^4$$

Koefisien perpindahan kalor dari dinding, dapat ditunjukkan pada Wiranto A. & Heizo Saito “Penyegaran Udara”, halaman 45, tabel 3.8 koefisien transmisi kalor dan kapasitas kalor dari dinding.

2.7.2.4 Beban kalor tersimpan dari ruangan dari penyegaran udara

$$Perhitungan\ (Beban\ transmisi\ radiasi\ matahari\ melalui\ jendela + Beban\ transmisi\ kalor\ melalui\ jendela + Infiltrasi\ beban\ kalor\ sensibel + Beban\ transmisi\ kalor\ melalui\ dinding\ dan\ atap) \times faktor\ beban\ kalor\ tersimpan \dots^5$$

Faktor beban kalor tersimpan. Dalam perhitungan beban kalor dari suatu ruangan yang didinginkan, tetapi sebelumnya mengalami pemanasan oleh

³ Ibid, Halaman 31

⁴ Wiranto A. & Heizo Saito, Loc.cit

⁵ Wiranto A. & Heizo Saito, Loc.cit

matahari, beban kalor sensibel dari ruangan bagian tepi gedung haruslah ditambah dengan 10% - 20%.

2.7.3 Beban Kalor Laten Daerah Parimeter (tepi)

Beban kalor laten oleh infiltrasi dapat dirumuskan:

$$Vol\ ruang\ (m^3) \times jml\ ventilasi\ alamiah, Nn \times \frac{597,3\ kcal/kg}{Volume\ Spesifik} \times \Delta w\ (kg/kg') \dots^6$$

Jumlah ventilasi alamiah dapat dilihat pada lampiran 3 Jumlah penggantian 597,3 kcal/kg merupakan kalor laten penguapan.

Δw (kg/kg') Selisih kelembaban di dalam dan di luar ruangan.

2.7.4 Beban Kalor Sensibel Daerah Interior

2.7.4.1 Beban kalor dari partisi langit-langit dan lantai

Dapat dirumuskan:

$$Luas\ kompartemen\ langit-langit\ atau\ lantai\ (m^2) \times koefisien\ transmisi\ kalor\ dari\ kompartemen\ langit-langit\ atau\ lantai, K\ (kcal/m^2.jam.\ ^\circ C) \times selisih\ temperature\ dalam\ dan\ luar\ ruangan, (^{\circ}C) \dots^7$$

2.7.4.2 Beban kalor sensibel karena adanya sumber kalor interior

a) Beban Orang

Dapat dirumuskan:

$$Jml\ orang \times kalor\ sensibel\ manusia\ (kcal/jam.orang) \times faktor\ kelompok \dots^8$$

⁶ Wiranto A. & Heizo Saito, Loc.cit

⁷ Wiranto A. & Heizo Saito, Loc.cit

⁸ Wiranto A. & Heizo Saito, Loc.cit

Jika tidak diketahui jumlah orang dalam ruangan dapat dilihat pada Penyegaran Udara, halaman 63, tabel 3.18. Sedangkan kalor sensibel dari orang dapat dilihat pada Penyegaran Udara, halaman 64, table 3.19 jumlah kalor sensibel, kalor laten dari orang dan faktor kelompok.

b) Beban peralatan

Dapat dirumuskan:

Peralatan, Kw x kalor sensibel peralatan, kcal / Kw x faktor penggunaan peralatan ...⁹

2.7.5 Beban Kalor Laten Daerah Interior

2.7.5.1 Beban kalor laten oleh sumber penguapan (orang)

Dapat dirumuskan:

Jml orang x kalor laten manusia (kcal/jam.orang) x faktor kelompok ...¹⁰

Kalor laten dari orang dapat dilihat Penyegaran Udara, halaman 64, table 3.19 jumlah kalor sensibel, kalor laten dari orang dan faktor kelompok.

2.7.6 Beban kalor sensibel ruangan total

2.7.6.1 Beban kalor sensibel ruangan

Dapat dirumuskan:

Total Perhitungan 2.7.2 + total perhitungan 2.7.4 ...¹¹

⁹ Wiranto A. & Heizo Saito, Loc.cit

¹⁰ Ibid, Halaman 32

¹¹ Wiranto A. & Heizo Saito, Loc.cit

Merupakan jumlah dari total kalor sensible daerah parimeter dan total kalor sensibel daerah interior.

2.7.6.2 Kenaikan beban oleh kebocoran saluran udara

Dapat dirumuskan:

*Beban kalor sensibel ruangan x faktor kebocoran saluran udara ...*¹²

2.7.7 Beban kalor laten ruangan total

2.7.7.1 Beban kalor laten ruangan

Dapat dirumuskan:

*Total perhitungan 2.7.3 + perhitungan 2.7.5 ...*¹³

Merupakan jumlah dari total kalor laten daerah parimeter dan total kalor laten daerah interior.

2.7.7.2 Kenaikan beban oleh kebocoran saluran udara

Dapat dirumuskan:

*Beban kalor laten ruangan x faktor kebocoran salurnan udara ...*¹⁴

Faktor kebocoran saluran udara untuk saluran segi empat kira-kira 0,1 dan 0,2.

2.7.8 Beban Pendinginan Keseluruhan

Dapat dirumuskan:

*Jumlah beban kalor sensibel mesin (2.7.6) + Jumlah kalor laten mesin (2.7.7) ...*¹⁵

¹² Wiranto A. & Heizo Saito, Loc.cit

¹³ Wiranto A. & Heizo Saito, Loc.cit

¹⁴ Wiranto A. & Heizo Saito, Loc.cit

¹⁵ Wiranto A. & Heizo Saito, Loc.cit

2.8 Proses Psikometri

Psikometri merupakan kajian tentang sifat-sifat campuran udara dan uap air, yang mempunyai arti penting di dalam bidang teknik pengkondisian udara karena udara atmosfer tidak kering betul tetapi merupakan campuran antara udara dan uap air. Pada beberapa proses pengkondisian udara, kandungan air sengaja disingkirkan dari udara, tetapi pada proses yang lain, air ditambahkan.

Pada beberapa alat terdapat proses perpindahan kalor dan massa antara udara dan permukaan bagian yang basah. Sebagai contohnya adalah beberapa jenis alat pelembab udara (*humidifier*), penurunan kelembaban (*dehumidifying*) dan coil pendingin serta peralatan penyemprot air (*water spray*), seperti menara pendingin dan kondensor penguapan. Dengan menggunakan potensial entalpi, yang akan dibahas dalam bab ini, beberapa hubungan yang mudah untuk menentukan laju perpindahan kalor dapat dikembangkan. Pertama-tama akan dibahas tentang bahan-bahan psikometrik, pengkajian sifat demi sifat, yang kemudian diikuti dengan pembahasan tentang proses pengkondisian udara secara umum. Untuk dapat menghitung jumlah udara yang diperlukan dan temperatur udara pada setiap sisi dan menggambarkan proses pengkondisian udara secara umum.

Untuk dapat menghitung jumlah udara yang diperlukan dan temperatur udara pada setiap sisi dan menggambarkan proses pengkondisian udara pada grafik psikometrik, setelah mengetahui besarnya beban pendingin.

2.8.1 Diagram Psikometrik dan Sifat Udara Basah

Sifat termal udara basah pada umumnya ditunjukkan menggunakan diagram psikometrik. Dalam menggunakan diagram psikometrik menggunakan beberapa istilah dan simbol yaitu:

a) Temperatur bola kering (T_{db})

Temperatur tersebut dapat dibaca pada thermometer dengan sensor kering dan terbuka, namun penunjukan tidaklah tepat karena adanya pengaruh radiasi panas, kecuali jika sensornya memperoleh ventilasi yang cukup baik.

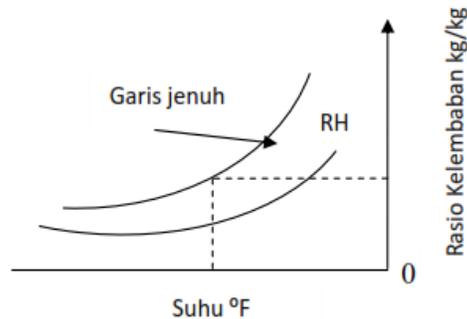
b) Temperatur bola basah (T_{wb})

Dalam hal ini digunakan thermometer dengan sensor yang dibalut dengan kain basah untuk menghilangkan pengaruh radiasi panas. Namun perlu diperhatikan bahwa melalui sensor harus terjadi aliran udara sekurang-kurangnya 5m/s.

c) Perbandingan Kelembaban (W)

Kelembaban spesifik atau ratio kelembaban (W), dinyatakan dalam besaran massa uap air yang terkandung di udara per satuan massa udara kering yang diukur dalam gram per kilogram dari udara kering (gr/kg) atau grain/Lb. Pada tekanan barometer tertentu, kelembaban spesifik merupakan fungsi dari suhu titik embun. Tetapi karena penurunan tekanan barometer menyebabkan volume per satuan massa udara naik, maka kenaikan tekanan barometer akan menyebabkan kelembaban spesifik menjadi turun. Hal ini dinyatakan dengan persamaan:

$$W = 0,622 \frac{Pv}{Pt - Pv} \dots^{16}$$



Gambar 2.11 Rasio Kelembaban (W.F.Stoecker.at.all.1996)

d) Kelembaban Relatif (RH)

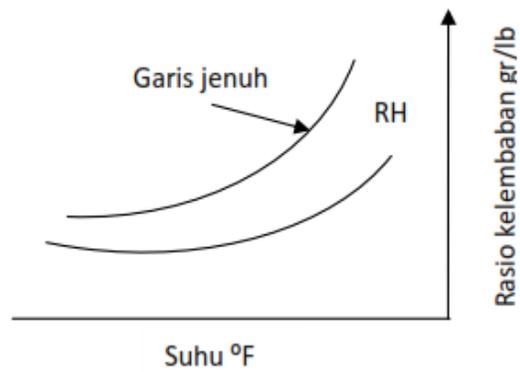
Kelembaban relatif (RH), dinyatakan dalam persen (%), merupakan perbandingan antara tekanan parsial aktual yang diterima uap air dalam suatu volume udara tertentu (tekanan uap moist) dengan tekanan parsial yang diterima uap air pada kondisi saturasi pada suhu udara saat itu (P_{sat}).

Dapat dirumuskan dengan persamaan:

$$RH = \frac{Pv}{P_{sat}} \dots^{17}$$

¹⁶ W. F. Stoecker, 1996, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, Edisi kedua, Erlangga: Jakarta. Halaman 41

¹⁷ Ibid, Halaman 40



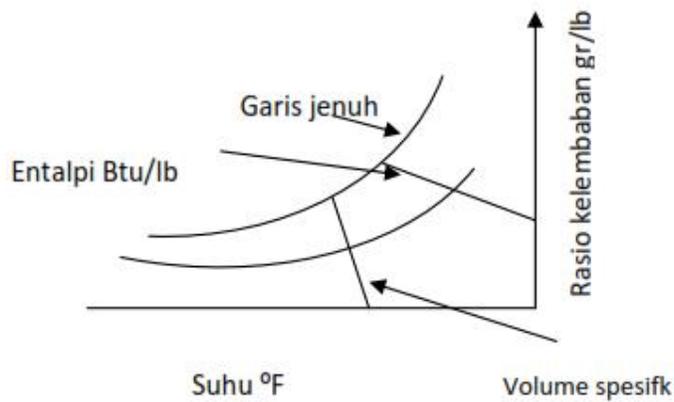
Gambar 2.12 Kelembaban Relatif (W.F.Stoecker.at.all.1996)

e) Volume Spesifik (v)

Volume spesifik adalah volume udara campur dengan satuan meterkubik perkilogram udara kering. Dapat juga dikatakan sebagai meterkubik campuran udara kering, karena volume yang diisi oleh masing-masing substansi sama, hal ini dinyatakan dengan persamaan:

$$v = \frac{R_a T}{P_a} \dots^{18}$$

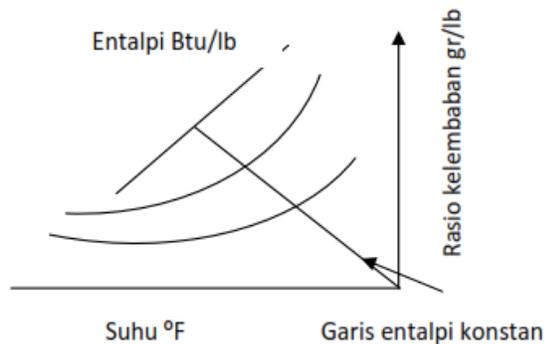
¹⁸ Ibid, Halaman 43



Gambar 2.13 Garis Volume Spesifik Konstan (W.F.Stoecker.at.all.1996)

f) Entalpi (h)

Entalpi adalah energi kalor yang dimiliki oleh suatu zat pada suatu temperatur tertentu. Apabila proses dengan tekanan tetap diatas ditambahkan batasan dengan meniadakan kerja yang dilakukan terhadap bahan, misalnya pada sebuah kompresor maka jumlah kalor yang diberikan atau dilepaskan persatuan massa adalah perubahan entalpi dari bahan itu.



Gambar 2.14 Garis Entalpi Konstan (W.F.Stoecker.at.all.1996)

HEATCRAFT

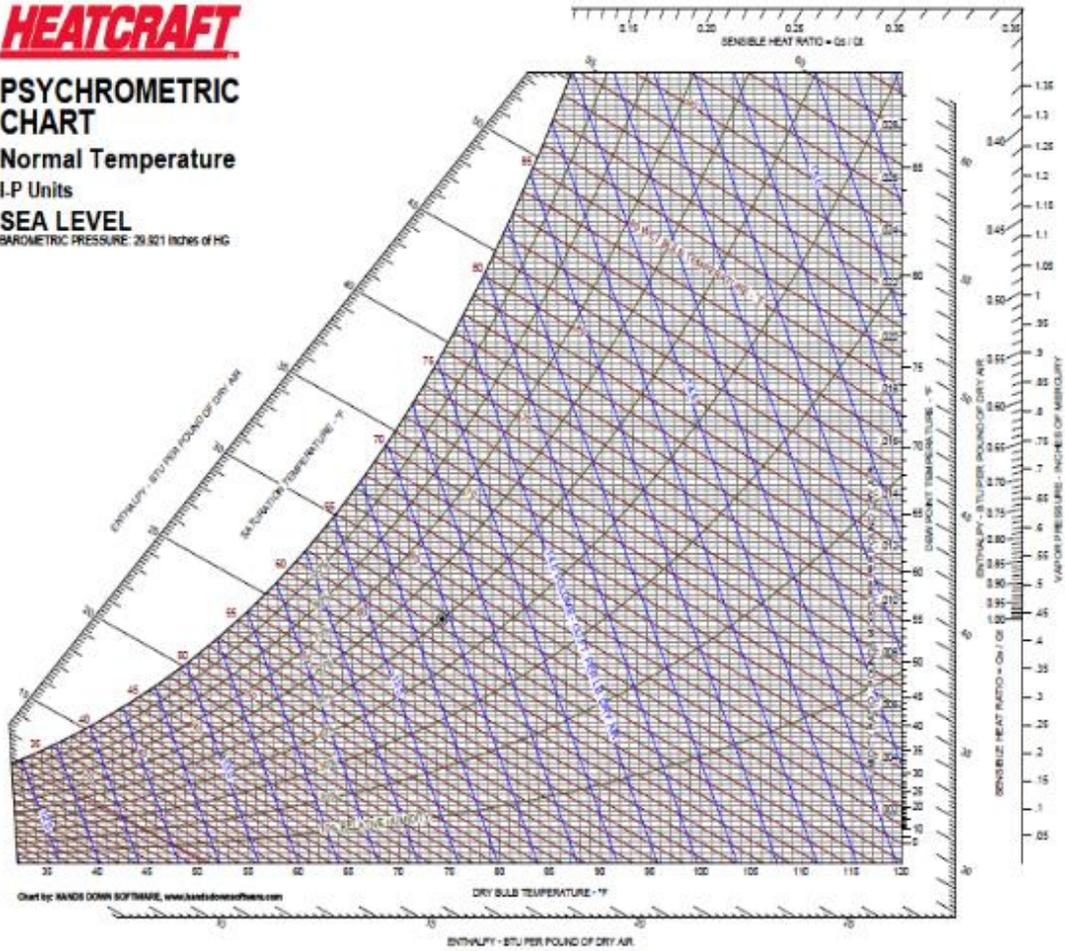
PSYCHROMETRIC CHART

Normal Temperature

I.P Units

SEA LEVEL

BAROMETRIC PRESSURE: 29.921 Inches of HG



Gambar 2.15 Diagram Psikometrik