

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

Siklus refrigerasi kompresi uap memiliki dua keuntungan. Pertama, sejumlah besar energi panas diperlukan untuk merubah cairan menjadi uap, dan oleh karena itu banyak panas yang dapat dibuang dari ruang yang disejukkan. Kedua, sifat-sifat isothermal penguapan membolehkan pengambilan panas tanpa menaikkan suhu fluida kerja ke suhu berapapun didinginkan. Hal ini berarti bahwa laju perpindahan panas menjadi tinggi, sebab semakin dekat suhu fluida kerja mendekati suhu sekitarnya akan semakin rendah laju perpindahan panasnya.^[6] Siklus refrigerasi ditunjukkan dalam Gambar 2.1 dan 2.2 dan dapat dibagi menjadi tahapan-tahapan Berikut:

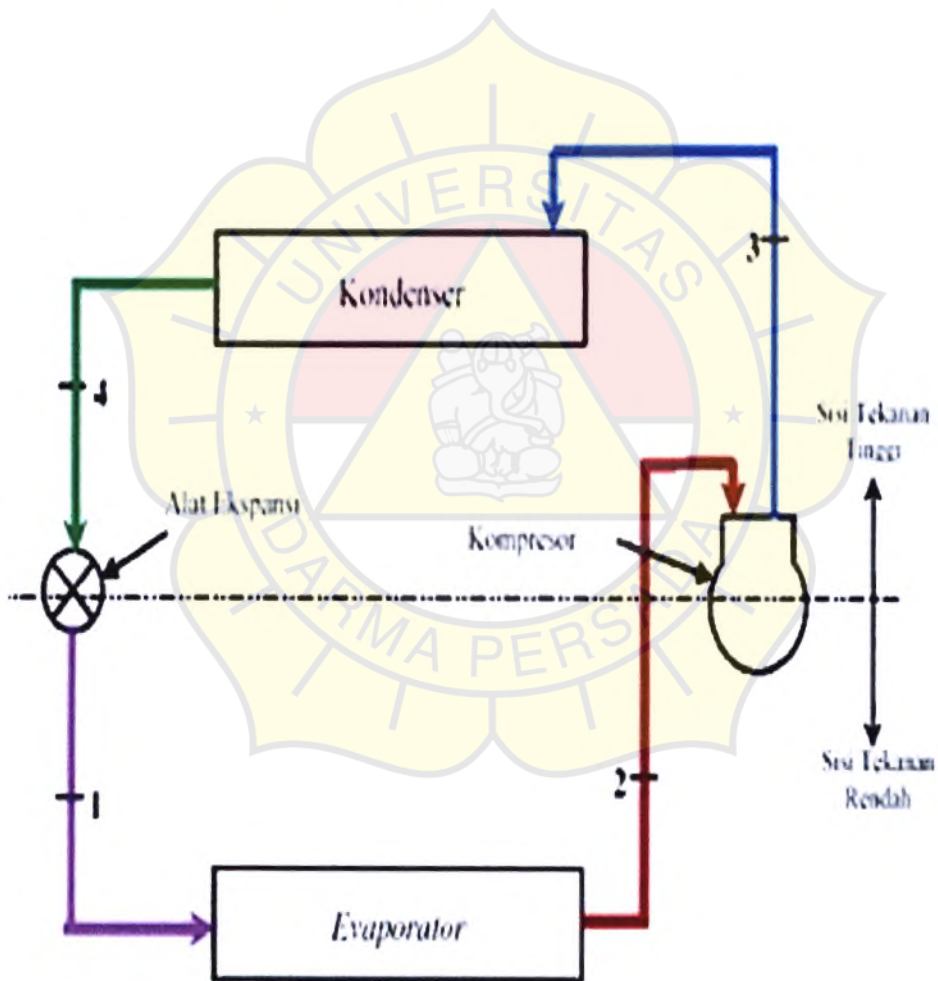
1 – 2. Cairan refrigeran dalam evaporator menyerap panas dari sekitarnya, biasanya udara, air atau cairan proses lain. Selama proses ini cairan merubah bentuknya dari cair menjadi gas, dan pada keluaran evaporator gas ini diberi pemanasan berlebih/ superheated gas.

2 – 3. Uap yang diberi panas berlebih masuk menuju kompresor dimana tekanannya dinaikkan. Suhu juga akan meningkat, sebab bagian energi yang menuju proses kompresi dipindahkan ke refrigeran.

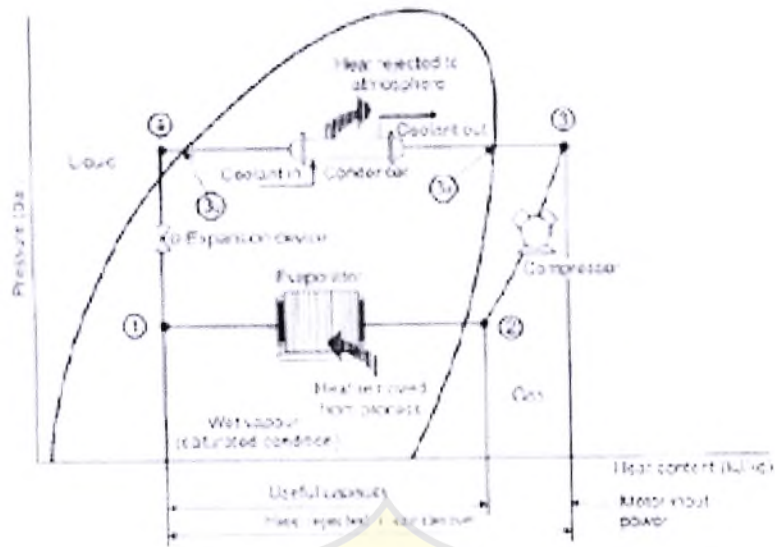
2 – 4. Superheated gas bertekanan tinggi lewat dari kompresor menuju kondenser. Bagian awal proses refrigerasi (3-3a) menurunkan panas superheated gas sebelum gas ini dikembalikan menjadi bentuk cairan (3a-3b). Refrigerasi

untuk proses ini biasanya dicapai dengan menggunakan udara atau air. Penurunan suhu lebih lanjut terjadi pada pekerjaan pipa dan penerima cairan (3b - 4), sehingga cairan refrigeran didinginkan ke tingkat lebih rendah ketika cairan ini menuju alat ekspansi.

4 - 1 Cairan yang sudah didinginkan dan bertekanan tinggi melintas melalui peralatan ekspansi, yang mana akan mengurangi tekanan dan mengendalikan aliran menuju evaporator.



Gambar 2.1. Gambaran skematis siklus refrigerasi kompresi uap



Gambar 2.2 Gambaran skematis siklus refrigerasi termasuk perubahan tekanannya (*Biro Efisiensi Energi, 2004*)

Kondenser harus mampu membuang panas gabungan yang masuk evaporator dan kondenser. Dengan kata lain: $(1 - 2) + (2 - 3)$ harus sama dengan $(3 - 4)$. Melalui alat ekspansi tidak terdapat panas yang hilang maupun yang diperoleh.^[6]

2.1.1. Jenis-jenis refrigeran yang digunakan dalam sistim kompresi uap

Terdapat berbagai jenis refrigeran yang digunakan dalam sistim kompresi uap. Suhu refrigerasi yang dibutuhkan sangat menentukan dalam pemilihan fluida. Refrigeran yang umum digunakan adalah yang termasuk kedalam keluarga chlorinated fluorocarbons (CFCs, disebut juga Freons): R-11, R-12, R-21, R-22 dan R-502. Sifat-sifat bahan-refrigeran dan kinerja bahan refrigeran tersebut diberikan dalam Tabel 1 dan 2 dibawah:

Tabel 1. Sifat-sifat refrigerant yang biasa digunakan (diambil dari Arora. C.P.. 2000)

Refrigeran	Titik didih (°C)	Titik beku (°C)	Tekanan Uap	Volume Uap (m ³ /Kg)	Entalpi	
					Cair	Uap
R - 11	23,82	-111,0	25,73	0,61170	191,40	385,43
R - 12	29,79	-158,0	219,28	0,07702	190,72	347,97
R - 22	30,76	-160,0	354,74	0,06513	188,55	400,83
R - 302	35,40	...	414,30	0,04234	188,87	342,31
R - 7 (Ammonia)	33,30	-77,7	289,93	0,41949	808,71	487,76

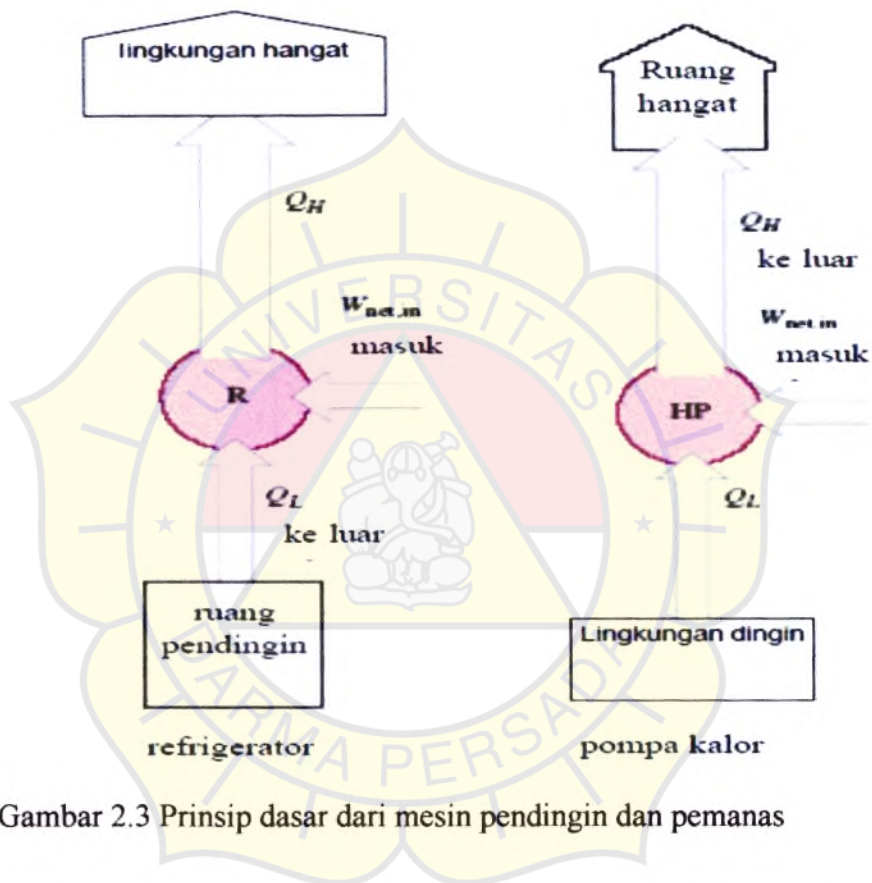
Tabel 2. Kinerja refrigeran yang biasa digunakan (diambil dari Arora.C.P..2000)

Refrigeran	Tekanan penguapan	Tekanan kondensasi	Perbandingan Tekanan	Entalpi uap	COP
R - 11	20,4	125,5	6,15	155,4	5,03
R - 12	182,7	744,6	4,08	116,3	4,70
R - 22	295,8	1192,1	4,03	162,8	4,66
R - 302	349,6	1308,6	3,74	106,2	4,37
R - 717	236,5	1166,5	4,93	103,4	4,78

Pemilihan refrigeran dan suhu pendingin dan beban yang diperlukan menentukan pemilihan kompresor, juga perancangan kondenser, evaporator, dan alat pembantu lainnya. Faktor tambahan seperti kemudahan dalam perawatan, persyaratan fisik ruang dan ketersediaan utilitas untuk peralatan pembantu (air, daya, dll.) juga mempengaruhi pemilihan komponen.

2.1.2 Prinsip Kerja

Mesin refrigerasi dan pompa kalor adalah mesin yang bekerja menyerap kalor dari lingkungan bersuhu rendah kemudian dipindahkan ke lingkungan bersuhu tinggi. Pada gambar 2.3 adalah cara kerja mesin tersebut



Gambar 2.3 Prinsip dasar dari mesin pendingin dan pemanas

Refrigerator atau mesin pendingin bekerja dengan menyerap kalor pada suhu rendah (di dalam ruangan) kemudian dibuang ke suhu yang lebih tinggi (di luar ruangan). Pompa kalor bekerja dengan menyerap kalor pada suhu rendah (di luar ruangan) kemudian dibuang ke suhu yang lebih tinggi (di dalam ruangan). Jadi perbedaan dari kedua sistem tersebut adalah pemanfaatan kalornya. Untuk refrigerator, kalor harus dibuang ke lingkungan, tetapi untuk pompa kalor, kalor harus diambil dari lingkungan untuk pemanasan.

Proses kerjanya adalah sebagai berikut;

1-2 Proses penyerapan kalor Q_L isothermal oleh refrigeran dari suhu rendah TL

2-3 Proses kompresi adiabatik dan temperatur menjadi TH.

3-4 Proses pengeluaran kalor Q_H isothermal oleh refrigeran pada suhu tinggi TH
refrigeran berubah fasa dari uap jenuh menjadi cairan jenuh

4-1 Proses ekspansi adiabatik sehingga temperatur turun menjadi TL

2.1.3 Daur Refrigerasi Kompresi Uap

Daur refrigerasi *carnot* menghasilkan efisiensi sistem paling tinggi sehingga daur ini sering menjadi acuan. Tetapi proses kerja yang menggunakan daur refrigerasi *carnot* dalam aplikasinya tidak praktis dan sulit untuk diwujudkan. Seperti telah dibahas sebelumnya untuk proses penyerapan kalor dan pembuangan kalor secara isothermal tidak ada masalah [proses 1-2 dan 3-4]. kondisi ini dapat dibuat tanpa mengalami kesukaran. Penyerapan kalor dengan evaporator dan pembuangan kalor dengan kondensor. Kesulitan muncul apabila kita mengkompresi fluida dengan kondisi dua fasa antara cairan dan uap [proses 2-3]. Kemudian kesulitan terjadi juga apabila kita mengekspansi fluida dalam keadaan cairan [proses 4-1]⁶¹

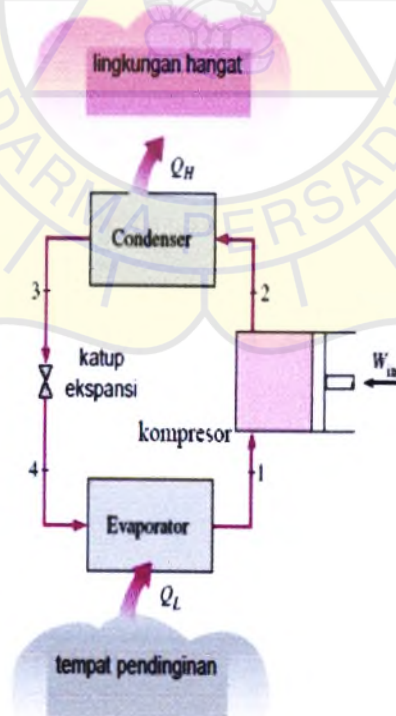
Untuk mengatasi permasalahan tersebut dibuat solusi sebagai berikut:

1. Proses kompresi 2-3 harus berlangsung pada kondisi uap semua pada kompresor
2. Proses ekspansi 4-1 fluida pada turbin diganti diekspansikan pada katup ekspansi

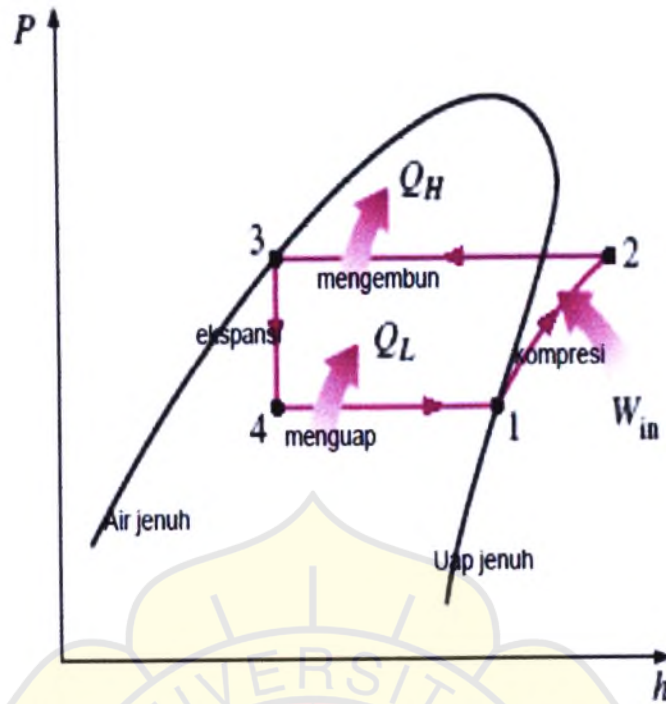
Apabila siklus *carnot* digambar ulang dengan mengubah kedua hal tersebut di atas didapat siklus atau daur kompresi uap, diagram skema dan T-S dapat dilihat pada gambar [gambar 2.6 dan 2.8]

Proses kerjanya adalah sebagai berikut;

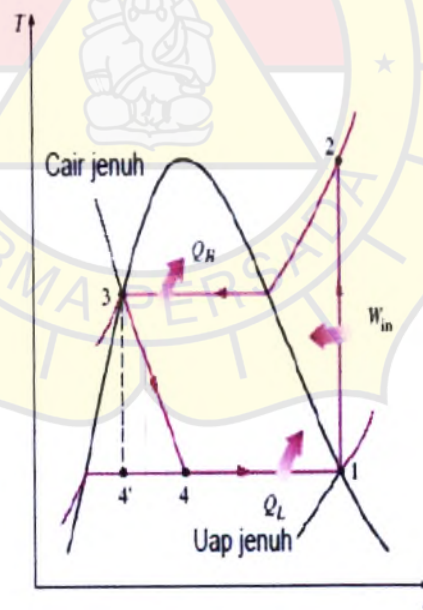
- 1-2 Proses kompresi adiabatik pada kompresor
- 2-3 Proses pengeluaran kalor isobarik pada kondensor
- 3-4 Proses trothing pada katup ekspansi
- 4-1 Proses penyerapan kalor isobarik pada evaporator



Gambar 2.6 Daur refrigerasi kompresi uap



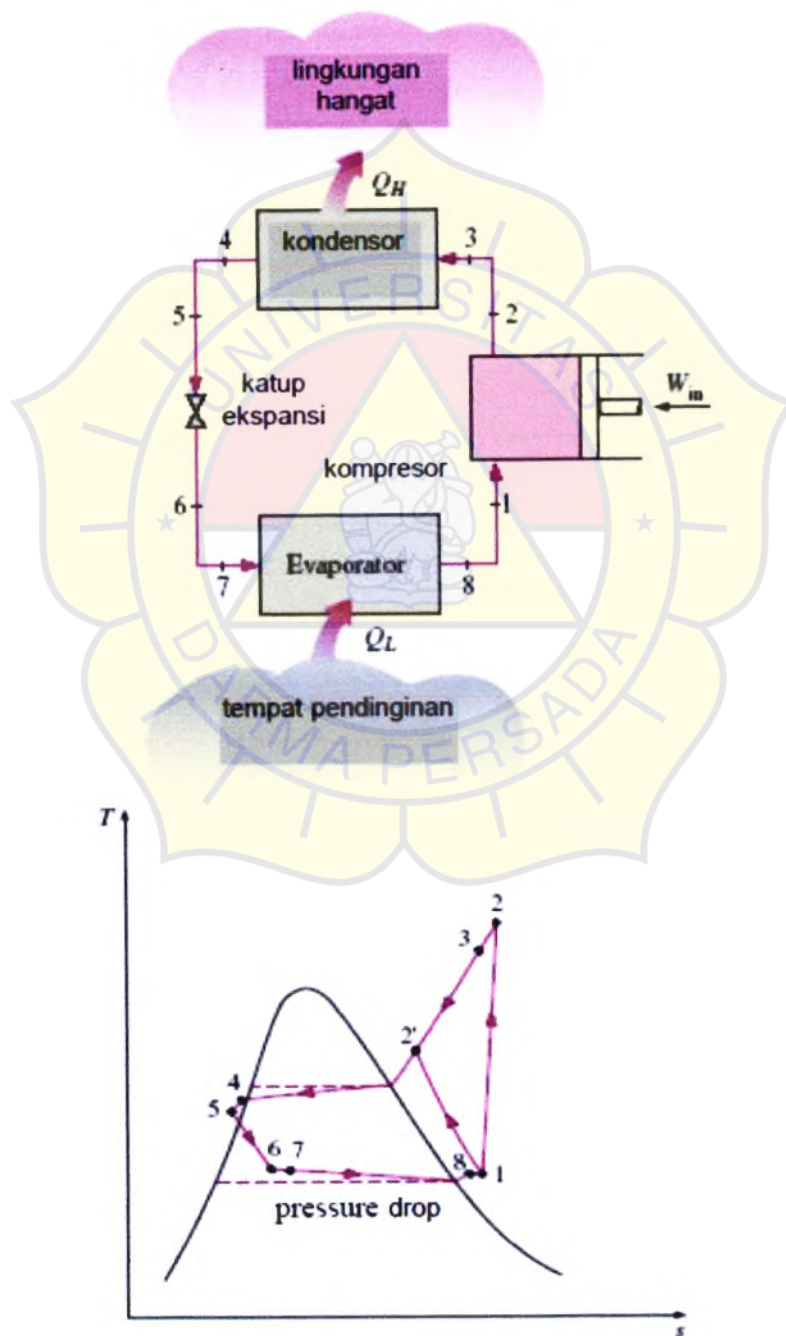
Gambar 2.7 Diagram p-h daur kompresi uap



Gambar 2.8 Diagram t-s siklus kompresi uap

Siklus kompresi uap yang telah dibahas di atas adalah siklus kompresi uap ideal, semua proses dianggap mampu balik dan tidak ada kerugian. Akan tetapi proses seperti itu tidak dapat dilaksanakan, sebagai contoh untuk proses kompresi uap

pada kompresor tidak mungkin tanpa kerugian, karena ada gesekan dan timbul panas selama proses kompresi jadi prosesnya tidak adiabatik lagi (1-2'). Proses aliran uap masuk evaporator (2-5) dan kondensor (6-8) tidak mungkin tanpa mengalami pressure drop. Adapun siklus aktual dapat dilihat pada gambar sebagai berikut (gambar 2.9)^[6]



Gambar 2.9 Daur kompresi uap aktual

Fluida kerja yang dipakai pada sistem refrigerasi kompresi uap adalah fluida kerja dengan karakteristik khusus yaitu mampu mengembun dengan baik, mampu menguap dengan baik dan mempunyai daya serap kalor yang baik. Sifat-sifat ini sangat dibutuhkan karena pas dengan jalannya proses sistem daur kompresi uap. Refrigen yang mudah mengembun akan melepas panas yang baik ke lingkungan di kondensor. Pada gambar terlihat refrigen akan melepas panas dalam proses pengembunan sebesar Q_H , pada akhir proses pengembunan refrigen sepenuhnya menjadi cair (titik 3). Sifat penguapan yang baik berpengaruh terhadap kemampuan yang sering dinamakan “efek pendinginan” atau “dampak refrigerasi”, sifat inilah yang paling penting untuk pemilihan refrigeran. Pada proses penguapan pada evaporator adalah proses penyerapan kalor pada “daerah pendinginan”, pada akhir proses semua refrigeran harus dalam kondisi uap semua (jenuh), jika masih terdapat cairan akan sangat merugikan pada proses kompresi^[6]

2.1.4 Peralatan Utama Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

Peralatan utama yang mendukung sistem daur refrigerasi dapat dijelaskan dengan gambar diagram siklus refrigerasi pada Air-conditioning (AC). Adapun komponen-komponen utama dari daur kompresi uap pada AC yaitu :

[1]Kompresor

Kompresor adalah sebagai penggerak refrigeran untuk bersirkulasi. Kompresor adalah jantung dari sistem kompresi uap. Empat jenis kompresor refrigerasi yang paling umum adalah kompresor torak (reciprocating compressor),

sekrup (Screw), sentrifugal, dan udu (vane). Kompresor torak terdiri atas sebuah piston yang bergerak ke depan dan ke belakang di dalam suatu silinder yang mempunyai katup-katup hisap dan katup buang (*suction valve and discharge valve*) sehingga berlangsung proses pemompaan. Kompresor sekup, 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.

[2]Kondensor

Kondensor berfungsi untuk membuang kalor dari refrigerant ke lingkungan

[3]Katup ekspansi

Katup ekspansi adalah alat yang berfungsi untuk mengekspansikan refrigeran sehingga tekanannya turun.

[4]Evaporator

Evaporator adalah tempat dimana kalor dari lingkungan diserap untuk digunakan penguapan refrigeran.

Refrigeran cair bertekanan tinggi masuk katup ekspansi, kemudian tekanannya diturunkan sebelum masuk evaporator. Pada evaporator refrigeran cair bertekanan rendah menguap dengan menyerap panas dari lingkungan. Uap refrigeran bertekanan rendah kemudian masuk kompresor, pada kompresor uap refrigeran dimampatkan sehingga energinya bertambah. Uap dengan tekanan tinggi masuk

kondensor untuk diimbunkan dengan melepaskan panas ke lingkungan dan dari sini prosesnya akan berulang.

Secara alamiah semua proses alir terjadi karena ada beda tekan, yaitu dari tekanan lebih tinggi ke tekanan lebih rendah. Jadi tidak mungkin selama refrigeran mengalir tanpa ada penurunan tekanan (*pressure drop*), hal ini terjadi karena selama mengalir refrigeran banyak kehilangan energi untuk mengatasi hambatan aliran.^[5]

2.2 Penukar Kalor

Kondensor dan evaporator sebagai penukar kalor, maka keduanya memiliki beberapa sifat tertentu. Salah satu penggolongan kondensor dan juga evaporator (lihat Tabel 3), dengan memperhatikan apakah refrigeran berada di dalam atau di luar pipa, dan apakah fluida yang mendinginkan kondensor atau yang gas atau cairan. Gas yang termuat dalam tabel 3 biasanya udara, dan cairan yang termuat adalah air. Selain itu juga digunakan bahan-bahan lain.

Kondensor dan evaporator yang paling banyak digunakan adalah penukar kalor jenis tabung dan pipa (*shell and tube*), dan penukar kalor koil bersirip (*finned coil heat exchanger*). Tabel 3 menunjukkan bahwa pengkombinasian jarang digunakan, khususnya konfigurasi dimana gas melewati pipa-pipa. Alasannya, bahwa laju alir volume gas jauh lebih tinggi dibandingkan dengan cairan, dan jika dipaksakan mengalir melalui pipa-pipa, akan terjadi penurunan tekanan yang besar.^[3]

Tabel 3. Beberapa jenis evaporator dan kondensor

Komponen	Refrigeran	Fluida
Kondensor	Di dalam pipa	Gas di luar
		Cairan di luar+
	Di luar pipa	Gas di dalam+
		Cairan di dalam
Evaporator	Di dalam pipa	Gas di luar+
		Cairan di luar
	Di luar pipa	Gas di dalam
		Cairan di dalam

2.3. Evaporator pada sistem kompresi uap

Evaporator adalah sebuah alat yang berfungsi mengubah sebagian atau keseluruhan sebuah pelarut dari sebuah larutan dari bentuk cair menjadi uap. Evaporator mempunyai dua prinsip dasar, untuk menukar panas dan untuk memisahkan uap yang terbentuk dari cairan. Evaporator umumnya terdiri dari tiga bagian, yaitu penukar panas, bagian evaporasi (tempat dimana cairan mendidih lalu menguap), dan pemisah untuk memisahkan uap dari cairan lalu dimasukkan kedalam condenser (untuk diembunkan / kondensasi) atau ke peralatan lainnya. Hasil dari evaporator (produk yang diinginkan) biasanya dapat berupa padatan atau larutan berkonsentrasi. Larutan yang sudah dievaporasi bias saja terdiri dari beberapa komponen volatile (mudah menguap). Evaporator mengubah air menjadi uap, menyisakan residu mineral didalam evaporator. Uap dikondensasikan menjadi air yang sudah dihilangkan garamnya. Pada system pendinginan, efek

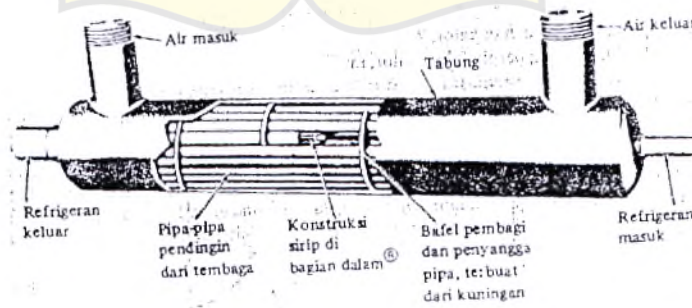
pendinginan diperoleh dari penyerapan panas oleh cairan pendingin yang menguap dengan cepat (penguapan membutuhkan energi panas).

2.3.1 Jenis-Jenis Evaporator

Evaporator dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. *Submerged combustion*, adalah evaporator yang dipanaskan oleh api yang menyala dibawah permukaan cairan, dimana gas yang panas bergelembung melewati cairan.
2. *Direct fired evaporator* adalah evaporator dengan pengapian langsung dimana api dan pembakaran gas dipisahkan dari cairan mendidih lewat dinding besi atau permukaan untuk memanaskan.
3. *Steam heated evaporator* adalah evaporator dengan pemanasan sistem dimana uap atau uap lain yang dapat dikondensasi adalah sumber panas dimana uap terkondensasi di satu sisi dari permukaan pemanas dan panas ditransmisi lewat dinding ke cairan yang mendidih.

Pada gambar 2.10 adalah contoh sebuah pendingin cairan (*liquid cooler*). Pipa-pipa pada pendingin cairan mempunyai sirip-sirip didalamnya untuk menaikkan hantaran.



Gambar 2.10 Evaporator pendingin air

Evaporator ekspansi langsung yang digunakan untuk pengkondisian udara biasanya disuplai oleh katup ekspansi yang mengatur aliran cairan sedemikian sehingga uap refrigeran meninggalkan evaporator dalam keadaan sedikit panas-lanjut. Jenis lainnya adalah evaporator dengan pendauran ulang cairan (*liquid recirculation*) atau evaporator cairan berlebih (*liquid over-feed*), di sini cairan pada tekanan dan suhu rendah dipompa ke dalam evaporator. Sebagian cairan mendidih di dalam evaporator, dan sisanya meluap ke saluran keluar. Cairan yang keluar dari evaporator dipisahkan, dan uapnya dialirkan menuju kompresor. Sistem refrigerasi industry suhu rendah biasanya menggunakan jenis evaporator ini, karena memiliki keuntungan membasahi semua permukaan dalam evaporator dan menjaga koefisien perpindahan kalor yang tinggi.

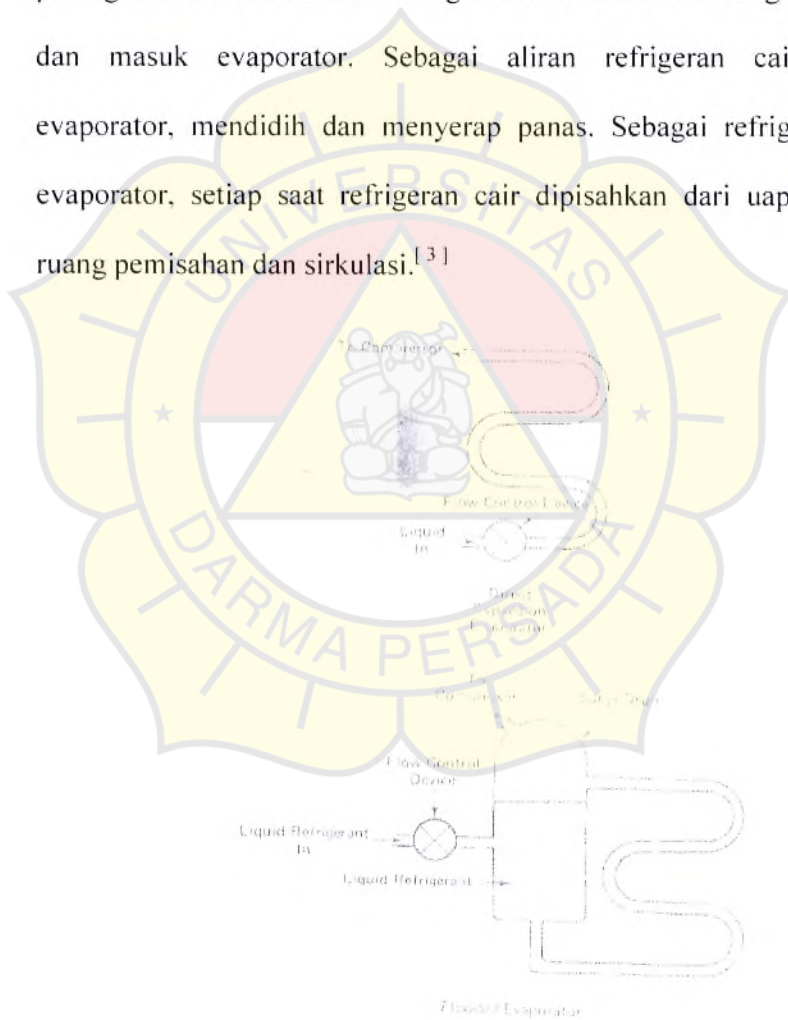
Sementara untuk sebagian besar evaporator komersial, refrigerant mendidih di dalam pipa-pipa, dalam salah satu kelas evaporator yang penting, refrigeran dididihkan di luar pipa. Jenis evaporator seperti ini bersifat standar untuk pemakaian kompresor sentrifugal. Kadangkala evaporator jenis ini juga dipakai bersama dengan kompresor torak namun hendaknya diperhatikan pengembalian minyak ke kompresor. Pada evaporator yang mendidihkan refrigeran di dalam pipa, kecepatan uapnya dijaga cukup tinggi untuk mengalirkan minyak kembali ke kompresor.^[5]

Ada dua jenis evaporator yaitu :

1. Ekspansi langsung evaporator. Jenis evaporator menggunakan sepotong pipa di mana aliran refrigeran langsung menuju ke saluran keluar tanpa melewati penampungan refrigerasi sementara. Refrigeran mengalir

melalui pipa ketika menguap dan menyerap panas. Refrigeran tidak mengumpulkan di penampungan seperti dalam sistem banjir. Juga, tidak ada garis pemisahan antara refrigeran refrigeran cair dan gas di mana saja di evaporator.

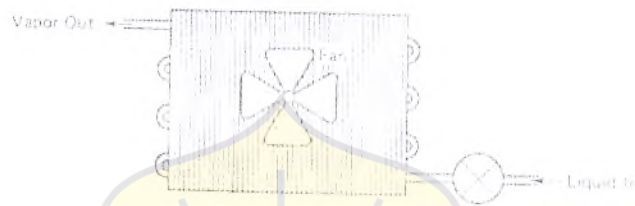
2. Ekspansi tidak langsung evaporator. Evaporator tidak langsung menyediakan untuk resirkulasi refrigeran cair dengan penambahan ruang pemisahan. Refrigeran cair memasuki ruang pemisahan melalui perangkat kontrol aliran dan mengalir turun ke bawah ruang pemisahan dan masuk evaporator. Sebagai aliran refrigeran cair melalui evaporator, mendidih dan menyerap panas. Sebagai refrigeran daun evaporator, setiap saat refrigeran cair dipisahkan dari uap di dalam ruang pemisahan dan sirkulasi.^[3]



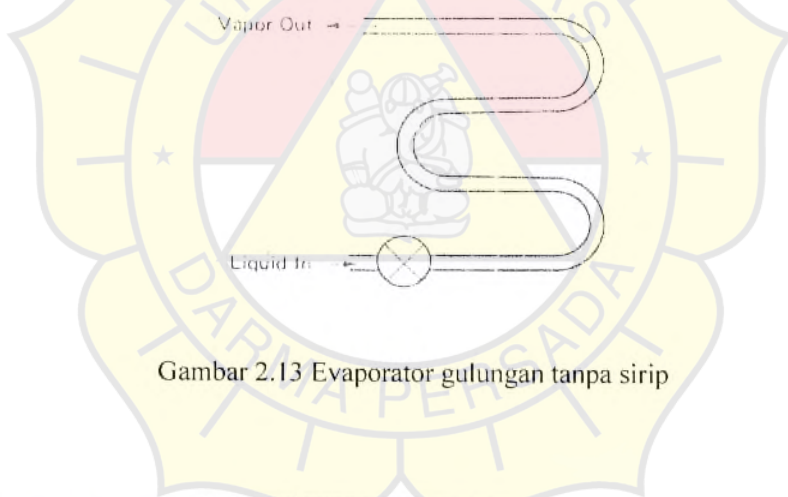
Gambar 2.11. Jenis-jenis evaporator

Bentuk-bentuk evaporator adalah sebagai berikut :

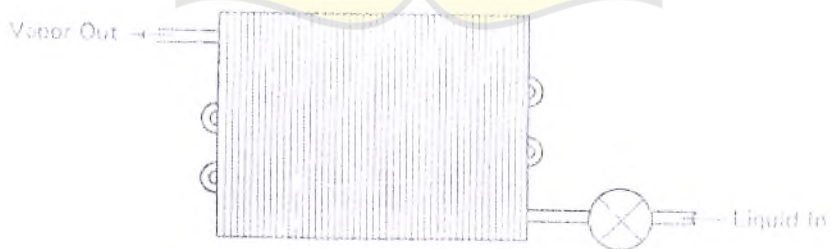
1. *Blower coil* evaporator (Evaporator blower)
2. *Bare coil* evaporator (Evaporator gulungan tanpa sirip)
3. *Gravity* evaporator (Evaporator gulungan dengan aliran udara konveksi alami)
4. *Flat plate* evaporator (Evaporator permukaan piring datar)



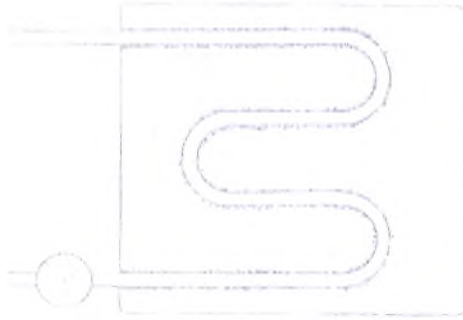
Gambar 2.12 Evaporator blower



Gambar 2.13 Evaporator gulungan tanpa sirip



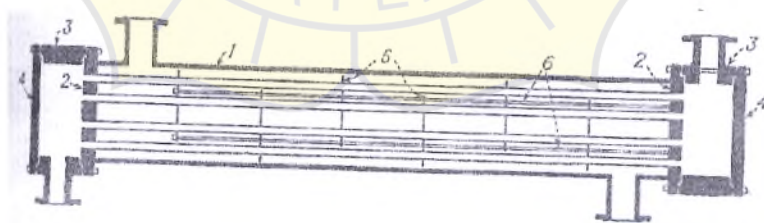
Gambar 2.14 Evaporator gulungan dengan aliran udara konveksi alami



Gambar 2.15 Evaporator permukaan piring datar

2.3.2 Perancangan Evaporator

Stasioner tabung-lembar penukar. Jenis paling sederhana exchanger penukar tabung-lembar tetap atau stasioner yang ditampilkan dalam gambar. 16 adalah sebuah contoh. Bagian penting adalah shell (1), dilengkapi dengan dua saluran dan lembaran tabung (2), di kedua ujungnya, yang juga berfungsi sebagai flensa untuk lampiran dari dua saluran (3), dan saluran masing-masing penutup (4). Tabung yang diperluas ke kedua lembaran tabung dan dilengkapi dengan baffle melintang (5) pada sisi shell. Perhitungan permukaan heat transfer efektif sering didasarkan pada jarak antara di dalam wajah lembaran tabung bukan panjang keseluruhan tabung.^[1]



Gambar 2.16. Fixed-head tubular exchanger (McGraw-Hill International Editions;

1988)

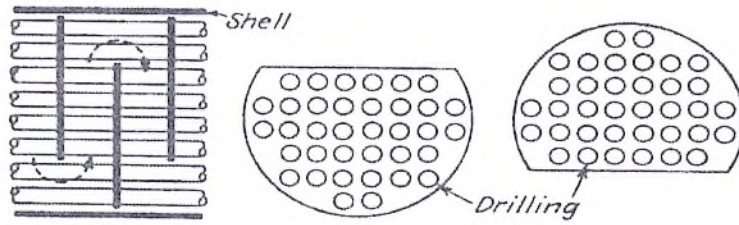
Hal ini jelas bahwa tinggi koefisien transfer panas terjadi ketika cairan dipertahankan dalam keadaan turbulensi. Untuk menginduksi gejolak luar tabung itu adat untuk menggunakan baffle yang menyebabkan cairan mengalir melalui shell pada sudut kanan ke sumbu dari tabung. Hal ini menyebabkan gejolak yang cukup besar bahkan ketika sejumlah kecil arus cairan melalui shell. Jarak ke pusat-pusat antara baffle disebut pitch penyekat atau spasi mencengangkan. Karena mungkin baffles spasi berdekatan atau berjauhan, kecepatan massa tidak sepenuhnya tergantung pada diameter shell. Jarak penyekat biasanya tidak lebih besar dari jarak yang sama dengan diameter dalam shell atau lebih dekat dari jarak yang sama dengan seperlima diameter dalam shell. The baffle disimpan dengan aman dengan cara spacer baffle (6) seperti ditunjukkan pada gambar 2.16, yang terdiri dari melalui-baut screwed ke dalam lembaran tabung dan sejumlah pipa kecil panjang yang membentuk bahu antara baffle berdekatan. Sebuah detail diperbesar ditampilkan pada gambar 2.17.^[11]



Gambar 2.17. Baffle spacer detail (enlarged) (McGraw-Hill International Editions)

Ada beberapa jenis baffle yang digunakan dalam penukar panas, tapi sejauh ini yang paling umum adalah segmental baffle seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.18. Baffle Segmental dibor piring dengan ketinggian yang umumnya 75 persen dari diameter dalam shell. Ini dikenal sebagai baffle 25 persen dipotong. Yang sangat baik terhadap pengaruh dari pemotongan penyekat

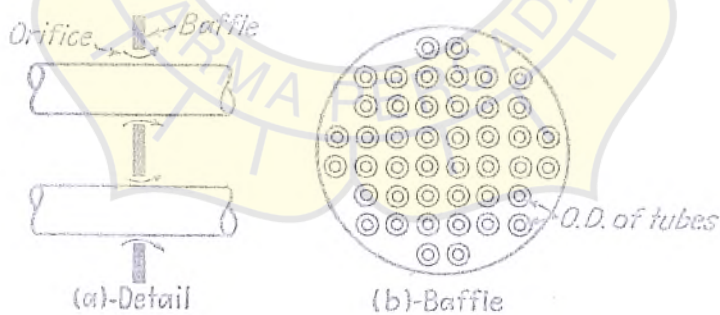
pada koefisien transfer panas telah disampaikan oleh *Donohue*. Jenis lain baffle disk dan donat dari gambar 2.19 dan baffle orifice dalam gambar 2.20. [1]



Gambar 2.18 Segmental baffle detail (*McGraw-Hill International Editions; 1988*)



Gambar 2.19 Discs and doughnut baffle (*McGraw-Hill International Editions; 1988*)



Gambar 2.20 Orifice baffles (*McGraw-Hill International Editions; 1988*)

2.3.3 TEORI PERHITUNGAN

2.3.3.1 BAFFLE

-spasi baffle ,lb:

$$Lb = \frac{lu}{(N+1)} \quad (2.1)^{[1]}$$

Keterangan : lu : panjang tube

N : jumlah baffle

Lb : jarak baffle

- Tinggi potong baffle , Hb :

$$Hb = 0,25 \cdot Db$$

Keterangan: Db : diameter baffle

- jarak antar baffle

Jarak antara baffle-baffle adalah tidak lebih besar dari Diameter Shell (tabung)

2.3.3.2 Rumus perhitungan kapasitas kalor pada evaporator

$$Q_{e_{air}} = \dot{m}_{air} \cdot C_{p_{air}} (T_{e_{in}} - T_{e_{out}}) \quad (2.2)^{[2]}$$

$$Q_e = \dot{m}_{ref} (h_1 - h_4)$$

Jika tidak ada panas yang hilang keluar evaporator maka

$$Q_{e_{air}} = Q_e$$

Sehingga di dapat suhu rata-rata Freon :

$$\Delta T_m = \frac{(T_{e \text{ air in}} - T_{e \text{ out}}) - (T_{e \text{ out}} - T_{e \text{ in}})}{\ln\left(\frac{T_{\text{air in}} - T_{e \text{ out}}}{T_{\text{air out}} - T_{e \text{ in}}}\right)}$$

Koefisien perpindahan panas heat exchanger evaporator adalah :

$$UA = \frac{Q_e}{\Delta T_m} \quad (2.3)^{[3]}$$

Keterangan : $Q_{e \text{ air}}$: kapasitas kalor air dievaporator (kw)

\dot{m}_{air} : laju air (kg/det)

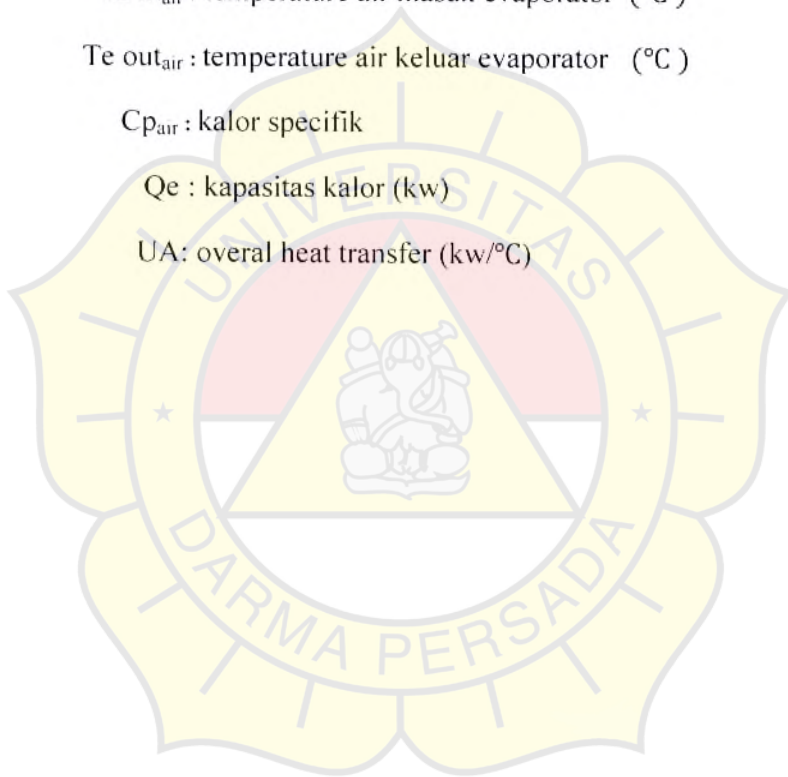
$T_{e \text{ in air}}$: temperature air masuk evaporator (°C)

$T_{e \text{ out air}}$: temperature air keluar evaporator (°C)

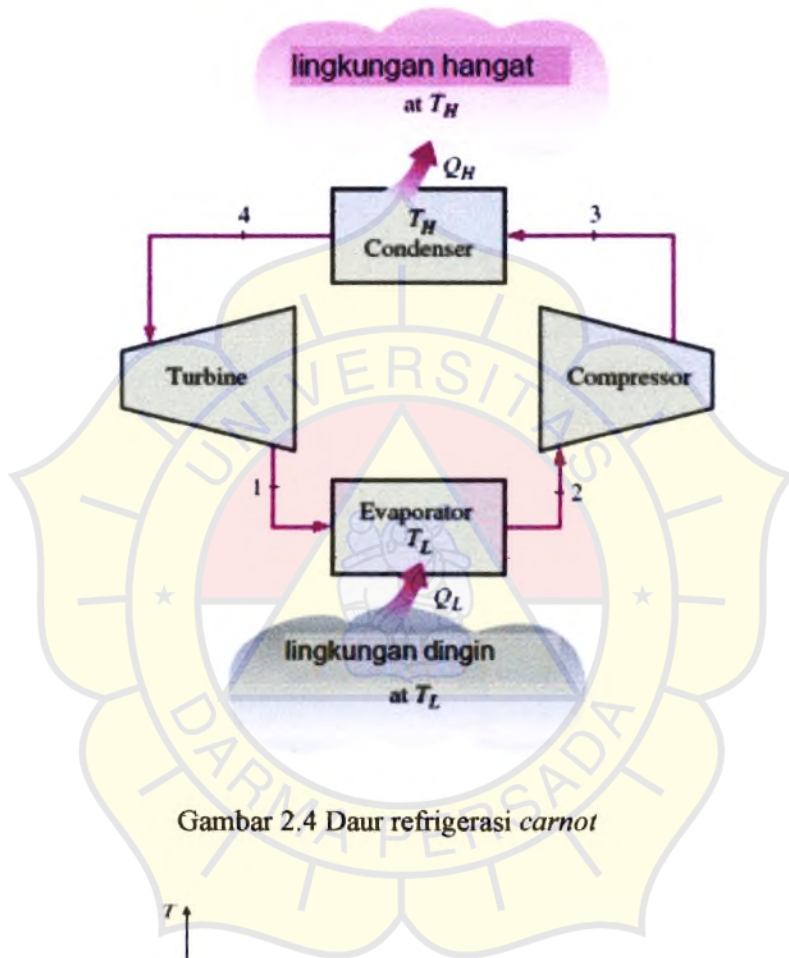
$C_{p \text{ air}}$: kalor spesifik

Q_e : kapasitas kalor (kw)

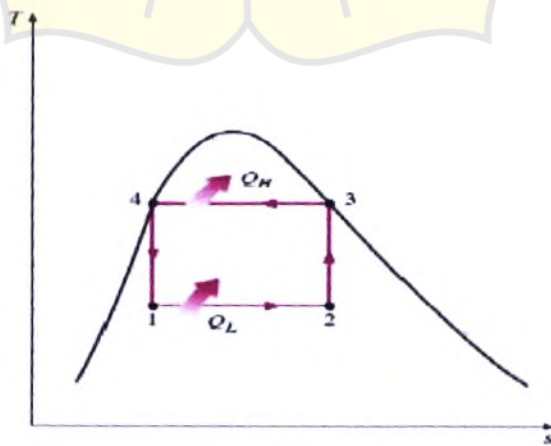
UA: overal heat transfer (kw/°C)



Mesin refrigerasi ini bekerja menggunakan siklus atau daur kompresi uap, dimana fluida kerjanya disebut dengan refrigeran. Dasar dari daur ini dikembangkan dari daur refrigerasi *carnot*. Secara skematik daur refrigerasi *carnot* ini dapat dilihat pada gambar 2.4 dan 2.5



Gambar 2.4 Daur refrigerasi *carnot*



Gambar 2.5 Diagram t-s daur refrigerasi *carnot*