

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

Pada penelitian ini landasan teori yang digunakan ialah mengenai cara kerja sistem pendingin lemari es dan teori mengenai heatsink.

#### **2.1. Heatsink**

Heatsink merupakan material yang dapat menyerap dan mendisipasi panas dari suatu tempat yang bersentuhan dengan sumber panas dan membuangnya. Heatsink digunakan pada beberapa teknologi pendingin seperti refrigeration, mesin pemanas, pendingin elektronik dan laser dan Heatsink terbuat dari Aluminium .

#### **2.2. KARAKTERISTIK HEATSINK**

1. Luas area heatsink akan menyebabkan penyerapan panas menjadi lebih baik karena akan memperluas area pendinginan yang dapat mempercepat proses pembuangan panas yang diserap oleh heatsink.
2. Bentuk aerodinamik yang baik dapat mempermudah aliran udara panas agar cepat dikeluarkan melalui sirip-sirip pendingin. Khususnya pada heatsink dengan jumlah sirip yang banyak tetapi dengan jarak antar sirip berdekatan akan membuat aliran udara tidak sempurna sehingga perlu ditambahkan sebuah kipas untuk memperlancar aliran udara pada jenis heatsink tersebut.
3. Transfer panas yang baik pada setiap heatsink juga akan mempermudah pelepasan panas dari sumber panas ke bagian sirip-sirip pendingin. Desain sirip yang tipis memiliki memiliki konduktifitas yang lebih baik.

4. Desain permukaan dasar heatsink sampai pada "mirror finish" atau tingkat kedatarannya tinggi sehingga dapat menyentuh permukaan sumber panas lebih baik dan merata. Hal ini dapat menyebabkan penyerapan panas lebih sempurna, tetapi untuk menghindari resistensi dengan sumber panas heatsink tetap harus menggunakan suatu pasta atau thermal compound dan agar luas permukaan sentuh juga lebih merata.



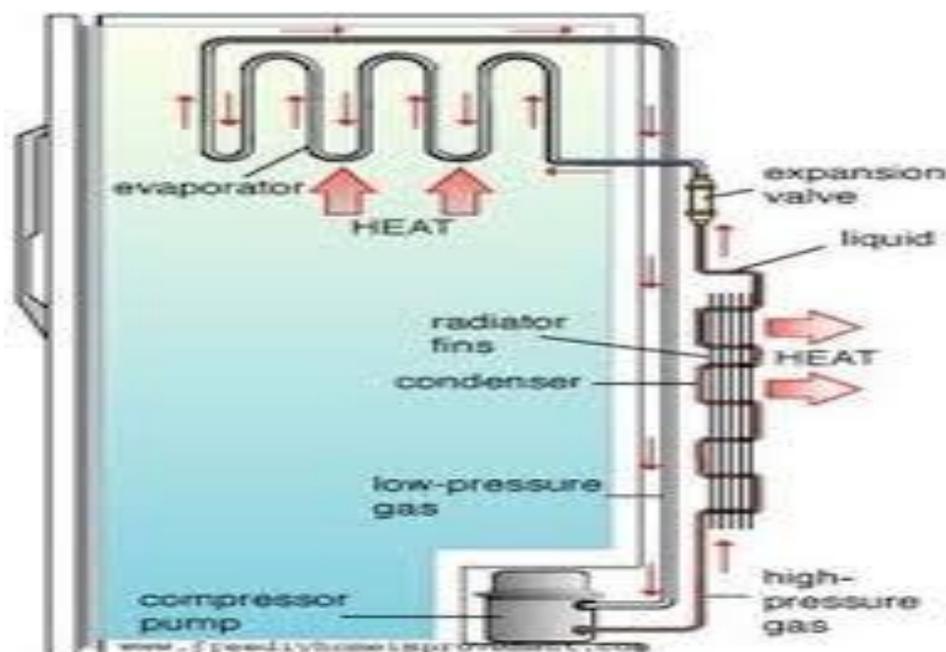
## 2.1 Gambar heatsink

### 2.3. Teori cara kerja alat pendingin pada kulkas

Kulkas merupakan salah satu peralatan mesin pendingin (refrigeration ). Sistem kerja lemari es dimulai dari bagian kompresor sebagai jantung kulkas yang berfungsi sebagai tenaga penggerak. Pada saat dialiri listrik, motor kompresor akan berputar dan memberikan tekanan pada bahan pendingin. Bahan pendingin yang berwujud gas apabila diberi tekanan akan menjadi gas yang bertekanan dan bersuhu tinggi. Dengan wujud seperti itu, memungkinkan refrigerant mengalir menuju kondensor. Pada titik kondensasi, gas tersebut akan mengembun dan

kembali menjadi wujud cair, Refrigerant cair bertekanan tinggi akan terdorong menuju pipa kapiler. Dengan begitu refrigerant akan naik ke evaporator akibat tekanan kapilaritas yang dimiliki oleh pipa kapiler. Saat berada di dalam evaporator, refrigerant cair akan menguap dan wujudnya kembali menjadi gas yang memiliki tekanan dan suhu yang sangat rendah. Akibatnya, udara yang terjebak di antara evaporator menjadi bersuhu rendah dan akhirnya terkondensasi menjadi wujud cair. Pada kondisi yang berulang memungkinkan udara tersebut membeku menjadi butiran-butiran es. Hal tersebut terjadi pada benda atau air yang sengaja diletakkan di dalam evaporator.

#### 2.4. Gambar siklus kerja pada Kulkas ( Lemari es ).



**Gambar 2.2 Siklus kerja mesin pendingin kulkas**

Kompresor yang ada pada sistem pendingin dipergunakan sebagai alat untuk memampatkan fluida kerja (refrigerant), jadi refrigerant yang masuk ke dalam kompresor dialirkan ke kondensor yang kemudian dimampatkan di kondensor.

Di bagian kondensor ini refrigerant yang dimampatkan akan berubah fase dari refrigerant fase uap menjadi refrigerant fase cair, maka refrigerant mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung di dalam refrigerant. Adapun besarnya kalor yang dilepaskan oleh kondenser adalah jumlahan 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 kondenser relatif jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan refrigerant yang berada pada pipi-pipa evaporator.

Setelah refrigerant lewat kondenser dan melepaskan kalor penguapan dari fase uap ke fase cair maka refrigerant dilewatkan melalui katup ekspansi, pada katup ekspansi ini refrigerant tekanannya diturunkan sehingga refrigerant berubah kondisi dari fase cair ke fase uap yang kemudian dialirkan ke evaporator, di dalam evaporator ini refrigerant akan berubah keadaannya dari fase cair ke fase uap, perubahan fase ini disebabkan karena tekanan refrigerant dibuat sedemikian rupa sehingga refrigerant setelah melewati katup ekspansi dan melalui evaporator tekanannya menjadi sangat turun.

Hal ini secara praktis dapat dilakukan dengan jalan diameter pipa yang ada di evaporator relatif lebih besar jika dibandingkan dengan diameter pipa yang ada pada kondenser.

Dengan adanya perubahan kondisi refrigerant dari fase cair ke fase uap maka untuk merubahnya dari fase cair ke refrigerant fase uap maka proses ini membutuhkan energi yaitu energi penguapan, dalam hal ini energi yang dipergunakan adalah energi yang berada di dalam substansi yang akan didinginkan.

Dengan diambilnya energi yang diambil dari dalam sistem yang akan didinginkan maka *entalpi* yang terjadi pada sistem yang akan didinginkan menjadi turun, dengan turunnya *entalpi* maka temperatur dari sistem yang akan didinginkan akan menjadi turun. Proses ini akan berubah terus-menerus sampai terjadi pendinginan yang sesuai dengan keinginan.

*Catatan :*

*Entalpi* adalah istilah dalam termodinamika yang menyatakan jumlah energi internal dari suatu sistem termodinamika ditambah energi yang digunakan untuk melakukan kerja.

## **2.5. Komponen – komponen pada Mesin pendingin ( *Kulkas* ).**

### **a. Kompresor.**

Kompresor kulkas adalah power unit dari sistem kulkas. Ketika kulkas dijalankan, kompresor kulkas mengubah fluida kerja/refrigerant berupa gas dari yang bertekanan rendah menjadi gas yang bertekanan tinggi. Gas bertekanan tinggi kemudian diteruskan menuju kondensor.

Fungsi kompresor antara lain :

1. Mensirkulasikan bahan pendingin (refrigeran).
2. Menaikkan tekanan agar bahan pendingin dapat berkondensasi pada kondisi ruangan.
3. Mempertahankan tekanan yang konstan pada evaporator.
4. Menghisap gas bertekanan dan bertemperatur rendah dari evaporator, kemudian menekan/memampatkan gas tersebut sehingga menjadi gas yang bertekanan dan suhu tinggi, lalu dialirkan ke kondensor.



**Gambar 2.3 kompresor.**

**a. Kondensor.**

Kondensor adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengubah gas yang bertekanan tinggi berubah menjadi cairan yang bertekanan tinggi yang kemudian akan dialirkan ke orifice tube. Kondensor merupakan bagian yang “panas” dari air conditioner.

Kondensor juga terdiri dari beberapa jenis diantaranya jenis tabung dan pipa horizontal, jenis tabung dank oil, jenis pipa ganda dan pendingin udara.



**Gambar 2.4 kondensor.**

**b. Receiver / Dryer.**

Receiver adalah sebuah alat yang digunakan untuk menyaring kotoran – kotoran yang ada pada sistem dan juga berfungsi sebagai mengeringkan uap air yang ada pada sistem.

**c. Orifice Tube.**

Orifice tube merupakan tempat di mana cairan bertekanan tinggi diturunkan tekanan dan suhunya menjadi cairan dingin bertekanan rendah. Dalam beberapa sistem, selain memasang sebuah orifice tube, dipasang juga katup ekspansi.

**d. Katup Ekspansi.**

Katup ekspansi merupakan komponen penting dalam sistem atau siklus mesin pendingin kulkas. Katup ini dirancang untuk mengontrol aliran cairan pendingin melalui katup orifice yang merubah wujud cairan menjadi uap ketika zat pendingin meninggalkan katup pemuai dan memasuki evaporator/pendingin.



**Gambar 2.5. katup ekspansi.**

#### **e. Evaporator.**

Refrigerant menyerap panas dalam ruangan melalui kumparan pendingin dan kipas evaporator meniupkan udara dingin ke dalam ruangan. Refrigerant dalam evaporator mulai berubah kembali menjadi uap bertekanan rendah, tapi masih mengandung sedikit cairan. Campuran refrigerant kemudian masuk ke akumulator / pengering. Ini juga dapat berlaku seperti mulut/orifice kedua bagi cairan yang berubah menjadi uap bertekanan rendah yang murni, sebelum melalui compressor kulkas untuk memperoleh tekanan dan beredar dalam sistem lagi.



**Gambar 2.6 Evaporator.**

#### **f. Refrigerant.**

Refrigerant ialah zat fluida yang berfungsi menyerap panas pada ruangan dengan blower yang ada pada evaporator oleh karena itu sangat penting peranannya bagi mesin penyejuk udara, sehingga dalam memilih jenis refrigerant haruslah yang paling sesuai dengan jenis kompresor yang dipakai, dan karakteristik termodinamikanya yang antara lain meliputi suhu penguapan dan tekanan penguapan serta suhu pengembunan dan tekanan pengembunan.

### **2.6 Perpindahan kalor**

Suatu mesin pendingin terdiri dari empat komponen utama, yaitu Evaporator, kompresor, kondensor, dan katup ekspansi. Keempat komponen tersebut membentuk atau melakukan proses-proses sebagai berikut.

- a. Kompresi adiabatik
- b. Pelepasan kalor isothermal (efek pemanasan).
- c. Ekspansi adiabatik.
- d. Pemasukan kalor isothermal.

Sistem pendingin berfungsi untuk mengangkut kalor dari suatu tempat ke tempat lain. Pengangkutan ini dilakukan oleh suatu fluida kerja. Apabila suatu sistem pendingin difungsikan untuk menurunkan suhu suatu tempat maka laju pengangkutan laju kalor oleh fluida harus lebih banyak dari produksi kalor tempat tersebut. Sedangkan apabila sistem pendingin difungsikan untuk menstabilkan suhu suatu tempat, maka laju pengangkutan kalor oleh fluida kerja harus sama besar dengan laju produksi kalor oleh tempat tersebut.

Fluida mengalami pemanasan (proses penguapan) dengan mengambil kalor dari suatu tempat (yang suhunya akan diturunkan, atau suhunya akan distabilkan), dan proses ini idealnya berlangsung pada tekanan tetap atau proses isobaris. Kemudian fluida kerja yang berfasa uap dikompresikan sampai tekanan tertentu sehingga tekanan dan suhunya meningkat dan proses ini diidealisasikan sebagai proses kondensasi isobaris atau proses pendinginan dengan membuang kalor ke suatu tempat pembuangan kalor. Terakhir fluida kerja dalam fasa cair diturunkan tekanannya (sehingga suhunya turun) dengan proses yang diidealkan berlangsung pada entalpi tetap.

Bahan yang mudah sekali menguap dipilih sebagai bahan pendingin dalam mesin pendingin dan biasanya disebut dengan istilah refrigerant. Refrigerant yang umumnya dipakai didalam sistem pendingin bentuknya berubah-ubah dalam

bentuk cair dan gas. Pada kompresor refrigerant tadi berubah uap kekanan dan suhunya/panasnya dinaikkan kemudian uap panas tersebut didinginkan pada kondensor agar menjadi cairan. Pada evaporator cairan dikurangi tekanannya sehingga menguap dan menyerap panas dalam ruang pendingin (mendinginkan ruangan kulkas). Dalam bentuk uap (gas) refrigerant dihisap kembali oleh kompresor sehingga proses tersebut terus berulang.

Kalor (heat) selalu berpindah dari zat yang lebih tinggi suhunya, ke zat yang lebih rendah suhunya. Tidak pernah terjadi sebaliknya, kalor berpindah dari suhu yang rendah ke suhu yang lebih tinggi. Jadi harus ada perbedaan suhu baru dapat terjadi perpindahan kalor. Pada mesin pendingin kompresor dapat menubah suhu dan tekanan gas dari rendah menjadi tinggi, pada ruang pendingin kita harus menghambat perpindahan kalor, agar kalor dalam suatu benda tidak hilang.

Dinding ruang pendingin dibuat tebal dan diberi isolasi yang baik, agar kalor dari luar tidak masuk kedalam ruang pendingin. Pada bagian lain kita perlu memindahkan kalor sebanyak dan secepat mungkin. Kalor didalam kondensor harus dikeluarkan melalui dinding pipa-pipa kondensor ke media yang mendinginkannya.

Perpindahan dapat terjadi melalui tiga cara, yaitu :

- 1) Hantaran atau konduksi.
- 2) Aliran atau konveksi.
- 3) Pancaran atau radiasi.

### **2.6.1 Perpindahan kalor dengan hantaran konduksi**

Perpidahan kalor dengan hantaran dapat terjadi pada zat padat, cair, dan gas. Perpindahan kalor melalui suatu zat yang sama, tanpa disertai perpindahan bagian-bagian dari zat itu disebut hantaran atau konduksi. Pipa tembaga, evaporator, kondensor adalah penghantar kalor yang baik. Tembaga banyak

dipakai pada mesin pendingin, dimana kalor harus dipindahkan melalui dinding pipa. Logam-logam dengan penghantar kalor yang baik sangat penting dalam mesin pendingin. Perpindahan kalor dengan hantaran terjadi melalui dinding pipa evaporator dan pipa kondensor. Saluran hisap dan pipa kapiler disebut penukar kalor. Pada penukar kalor juga terjadi perpindahan panas/kalor secara konduksi. Persamaan untuk mencari perpindahan panas secara konduksi

(F.Stoecker.Wilbert, 1982.24) adalah:

$$q = -KA \frac{\Delta t}{L} \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana :

$$A = \text{luas penampang, m}^2$$

$$K = \text{konduktivitas (daya hantar) panas, W/m.K}$$

**2.6.2 Perpindahan kalor dengan aliran atau konveksi**

Perpindahan kalor dengan aliran atau konveksi yaitu sistem perpindahan panas diantara benda padat dan fluida yang bergerak. Perpindahan kalor dengan aliran dapat terjadi pada zat cair atau gas. Meskipun zat cair atau gas adalah penghantar kalor yang buruk tetapi kedua zat tersebut masih dapat memindahkan kalor dengan baik secara aliran.

Aliran kalor udara sama seperti aliran kalor pada air. Kalor dapat dipindahkan secara aliran dengan mengalirkan udara atau air dengan dorongan. Suhu dalam suatu ruangan dapat dinaikkan secara aliran melalui udara yang lebih dahulu dipanaskan dengan pemanasan udara (heater).

Persamaan untuk mencari perpindahan panas secara konveksi

(F.Stoecker.Wilbert,1982) adalah :

$$q = h_c A(t_s - t_f) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

A = luas penampang, m<sup>2</sup>

h<sub>c</sub> = koefisien konveksi, W/m<sup>2</sup>.K

t<sub>s</sub> = temperatur permukaan, °C

t<sub>f</sub> = temperatur fluida, °C

### 2.6.3 Perpindahan kalor dengan pancaran atau radiasi

Perpindahan kalor dari suatu bagian yang tinggi suhunya ke bagian yang terpisahkan yang lebih rendah suhunya tanpa melalui suatu zat (dalam ruang vakum) atau melalui suatu zat, tetapi tanpa mempengaruhi suhu dari zat tersebut disebut pancaran atau radiasi.

Kalor dari matahari sampai ke bumi tanpa mempengaruhi atau menaikkan suhunya dari ruang yang dilaluinya. Pancaran ini tidak dapat dilihat, tetapi dapat dirasakan dan diukur kenaikan suhunya.

Perpindahan kalor dengan mengalirkan udara atau air dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q = M \times c \times \Delta t \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

Q = jumlah kalor dalam kkal atau Btu

M = massa zat yang mengalir dalam kg atau pound

c = kalor jenis dalam kkal/kg<sup>0</sup>C atau °F

$\Delta t$  = perbedaan suhu dalam  $^{\circ}\text{C}$  atau  $^{\circ}\text{F}$

Aliran udara biasanya diukur dalam  $\text{m}^3/\text{menit}$  atau cubic feet per minute (CFM). Untuk mengetahui berapa berat udara dalam  $\text{kg}/\text{menit}$  atau pon per menit, kita harus mengetahui berapa berat udara dalam satu  $\text{m}^3$  atau cubic *feet* pada suhu dan tekanan tertentu.

Aliran udara dihitung dalam liter per minute (GPM), maka kita harus membuatnya menjadi  $\text{kg}/\text{menit}$  atau pound per menit.

Berat air pada  $0^{\circ}\text{C}$  : 1 US gallon = 8,63 pound = 3,785 kg.

1 CFM =  $1,699 \text{ m}^3/\text{menit}$  = 28,32 liter/menit =  $472 \text{ cm}^3/\text{second}$ .

1 GPM =  $0,13\text{ft}^3/\text{menit}$  = 3,78 lt/menit =  $63,09 \text{ cm}^3 \text{ second}$ .

## **2.7 Siklus Refrigerasi.**

Dalam proses refrigrasi,refrigeran yang menjalankan fungsinya sebagai fluida kerja mengalami perubahan fasa yaitu dari fasa cair berubah menjadi fasa uap dan kembali menjadi fasa cair, sehingga merupakan suatu siklus aliran tertutup,kecuali pada mesin pendingin yang menggunakan udara sebagai refrigerannya, dimana refrigerannya tetap dalam keadaan fasa gas.

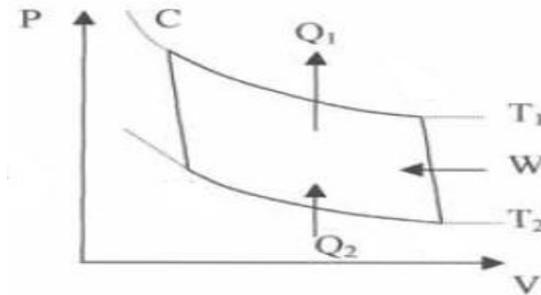
Berikut ini ada beberapa siklus refrigerasi antara lain :

1. Siklus Refrigerasi Carnot.
2. Siklus Kompresi Uap Standar (Teoritis).
3. Siklus Kompresi Uap Aktual.

### **2.7.1. 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.



**Gambar 2.7 siklus refrigerasi carnot**

Proses-proses yang membentuk daur refrigerasi carnot :

- Proses kompresi adiabatik (1-2)
- Proses pelepasan kalor isothermal (2-3)
- Proses ekspansi adiabatik (3-4)
- Proses penyerapan kalor isothermal (4-1)

Tujuan utama dari daur ini adalah penyerapan kalor dari sumber bersuhu rendah pada proses 4-1 yaitu penyerapan kalor isothermal.

### **2.7.2 Siklus Kompresi Uap Standar (Teoritis)**

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

#### **a. Proses Kompresi**

Proses kompresi berlangsung dari titik 1 ke titik 2. Pada siklus sederhana diasumsikan refrigerant tidak mengalami perubahan kondisi selama mengalir di jalur 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 refrigerant.

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 beda entalpi antara titik 2 dan 3.

c. Proses Ekspansi

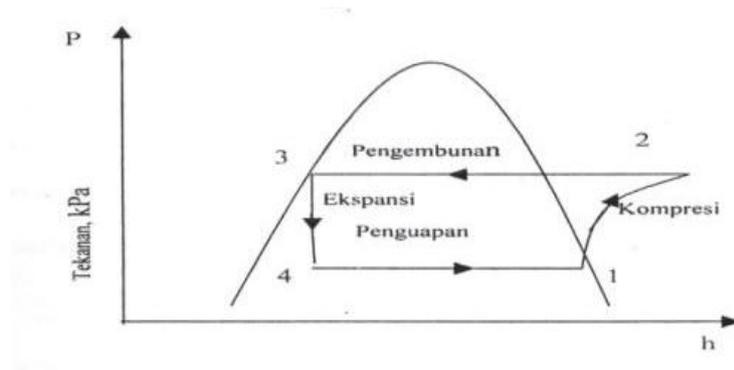
Proses ekspansi berlangsung dari titik 3 ke titik 4. Pada proses ini terjadi proses penurunan tekanan refrigeran dari tekanan kondensasi (titik 3) menjadi tekanan evaporasi (titik 4). Pada waktu cairan di ekspansi melalui katup ekspansi atau pipa kapiler ke evaporator, temperatur refrigeran juga turun dari temperatur kondensat ke temperatur evaporasi.

Proses 3-4 merupakan proses ekspansi isotropik 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 refrigerant 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. Tekanan entalpi siklus kompresi uap standart ditunjukkan pada Gambar.



**Gambar 2.8 Diagram tekanan entalpi siklus kompresi uap standar.**

Faktor dan besaran yang mempengaruhi proses mendinginkan udara untuk mencapai temperature dan kelembaban yang sesuai dengan yang dipersyaratkan :

Persamaan – persamaan yang digunakan dalam penelitian ini ialah :

1. Laju aliran massa refrigerant ( $m_{ref}$ ).

$$m_{ref} = \frac{\text{Daya}}{(h_2 - h_1)} \quad (\text{kg/s}).$$

2. Kerja Kompresor ( $W_{kom}$ ).

$$W_{kom} = m (h_2 - h_1) \quad (\text{kw}).$$

3. Panas yang dibuang kondensor ( $Q_{kon}$ ).

$$Q_{kond} = m (h_2 - h_3) \quad (\text{kw}).$$

4. Panas yang diserap oleh evaporator.

$$Q_{evap} = m (h_1 - h_4) \quad (\text{kw}).$$

5. Coefficient of performance (COP).

$$COP = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)}$$

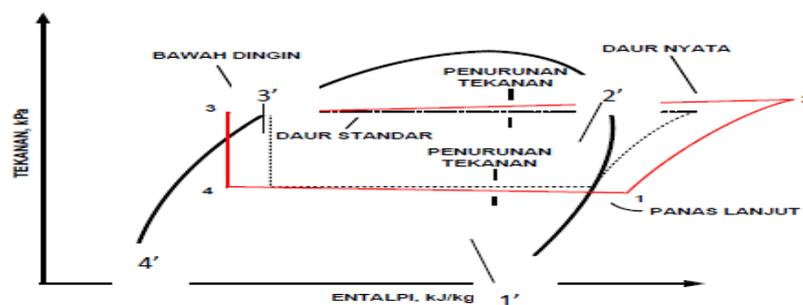
6. Panas yang diserap heatsink pada kondensor ialah :

$$Q = m_{udara} \cdot C_p \text{ heatsink} \cdot \Delta T \quad (\text{kw})$$

### 2.7.3. 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 digunakan atau dapat juga karena penyerapan panas di jalur 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 di atas 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.



Gambar 2.9 Perbandingan siklus aktual dan siklus standar

Garis 4-1' menunjukkan penurunan tekanan yang terjadi pada refrigeran pada saat melewati *suction line* dari evaporator ke kompresor. Garis 1-1' diperlihatkan terjadinya panas lanjut pada uap refrigeran yang ditunjukkan dengan garis yang melewati garis uap jenuh. Proses 1'-2' adalah proses kompresi uap refrigeran didalam kompresor. Pada siklus teoritis proses kompresi diasumsikan isentropik, yang berarti tidak ada perpindahan kalor diantara refrigeran dan dinding silinder. Pada kenyataannya proses yang terjadi bukan isentropik maupun politropik. Garis 2'-3 menunjukkan adanya penurunan tekanan yang terjadi pada pipa-pipa kondensor. Sedangkan pada garis 3-3' menunjukkan tekanan yang terjadi dijalur cair.

## **2.8 Klasifikasi Sistem Refrigerasi**

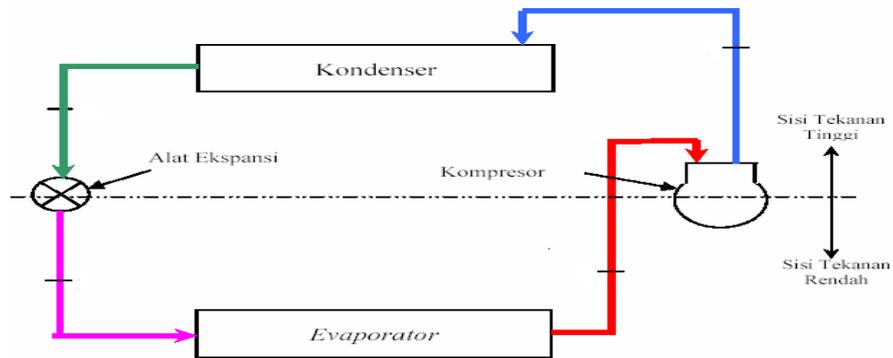
Ditinjau berdasarkan cara kerjanya sistem refrigerasi dibagi menjadi 3 sistem antara lain, yaitu :

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

### **2.8.1 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

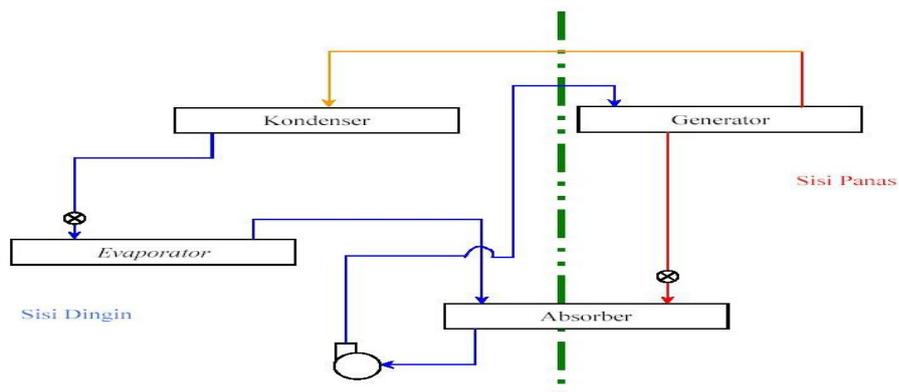
lingkungan bersuhu rendah dan membuang panas ke lingkungan yang bersuhu tinggi.



Gambar 2.10 Sistem refrigerasi kompresi uap

### 2.8.2 Sistem Refrigerasi Absorpsi

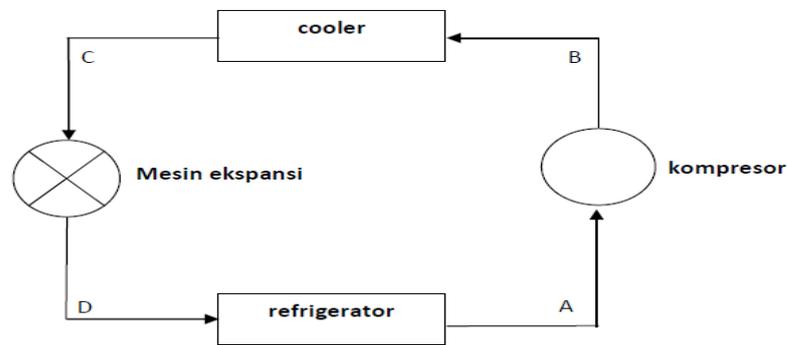
Dalam siklus refrigerasi absorpsi, dipergunakan penyerap untuk menyerap refrigeran yang diuapkan di dalam evaporator sehingga menjadi suatu larutan absorpsi. Kemudian, larutan absorpsi tersebut dimasukkan ke dalam sebuah generator untuk memisahkan refrigeran dari larutan absorpsi tersebut dengan cara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



Gambar 2.11 Sistem refrigerasi absorpsi

### 2.8.3 Sistem Refrigerasi Udara

Pada siklus ini, udara bertindak sebagai refrigerant, yang menyerap panas pada tekanan konstan  $P_1$ , 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 2.12 Sistem refrigerasi udara

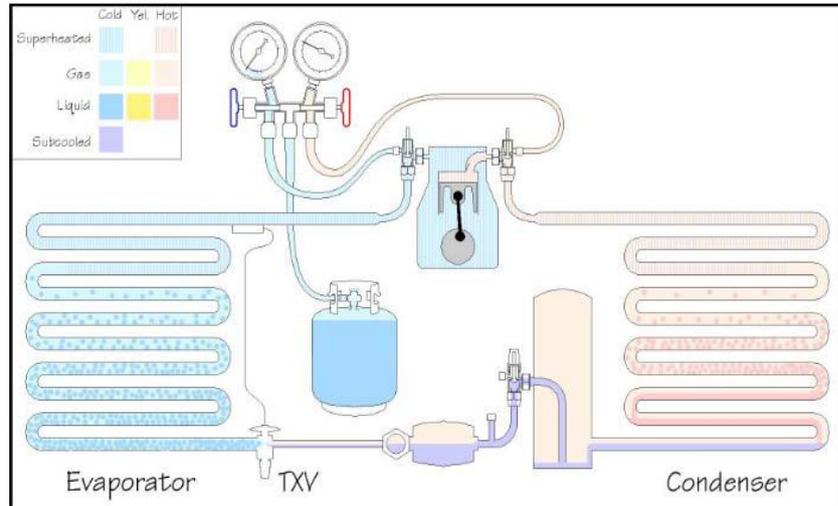
### 2.8.4 Pengisian Refrigerant.

Pengisian refrigeran kedalam sistem harus dilakukan dengan baik dan jumlah refrigerant yang diisikan sesuai atau tepat dengan takaran. Kelebihan refrigeran dalam sistem dapat menyebabkan temperatur evaporasi yang tinggi akibat dari refrigerant tekanan yang tinggi. Selain itu dapat menyebabkan kompresor rusak akibat kerja kompresor yang terlalu berat dan adanya kemungkinan *liquid suction*. Sebaliknya bila jumlah refrigerant yang diisikan sedikit, dengan kata lain kurang dari yang ditentukan, maka sistem akan mengalami kekurangan pendinginan.

Ada beberapa tata cara pengisian refrigerant ke dalam sistem, diantaranya yaitu:

- a. Mengisi sistem berdasarkan berat refrigerant.

- b. Mengisi sistem berdasarkan banyaknya bunga es yang terjadi di evaporator.
- c. Mengisi sistem berdasarkan temperatur dan tekanan.



**Gambar 2.13 Pemasangan Manifold untuk pengisian.**

### 2.8.5 Pengelompokan Refrigeran

refrigeran yang pertama kali digunakan adalah eter oleh perkins pada mesin kompresi uap. Selanjutnya pada tahun 1874 digunakan sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), dan pada tahun 1875 mulai digunakan ethyl chloride ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ ) dan ammonia. Selanjutnya ethyl chloride ( $\text{CH}_3\text{Cl}$ ) mulai digunakan tahun 1878 dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) tahun 1881. Nitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}_3$ ) dan hidrokarbon  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$  dan  $\text{C}_3\text{H}_8$  banyak digunakan sekitar tahun 1910 sampai 1930.

Penggunaan refrigerant-refrigeran yang disebutkan diatas tersingkir setelah ditemukannya Freon (merek dagang) oleh E.I du point de Nemours and Co pada sekitar tahun 1930-an, dan menjadi sangat populer sampai dengan tahun 1985. Refrigeran ini disebut sebagai refrigeran halocarbon karena adanya unsure-unsur halogen yang

digunakan (Cl,Br) atau kadangkala disebut sebagai refrigeran fluorocarbon karena adanya unsure Flour (F) dalam senyawanya.

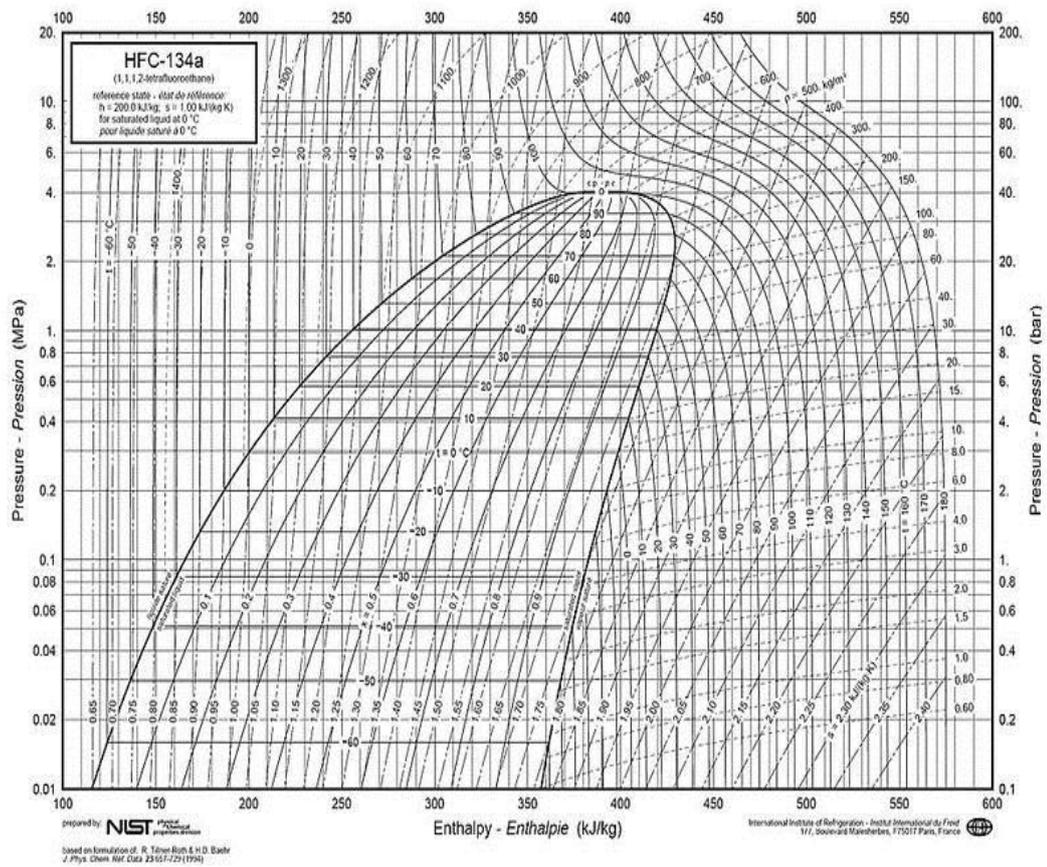
Berdasarkan jenis senyawanya, refrigerant dapat dikelompokkan menjadi :

1. Kelompok refrigeran senyawa halocarbon.
2. Kelompok refrigeran senyawa organic cyclic.
3. Kelompok refrigeran campuran zeotropik.
4. Kelompok refrigeran senyawa Azeotropik.
5. Kelompok refrigeran senyawa organic biasa.
6. Kelompok refrigeran senyawa anorganik.
7. Kelompok refrigeran senyawaorganic tak jenuh.

#### **2.8.6 Pemilihan refrigeran**

Dari beberapa jenis refrigeran diatas maka penulis menganbil refrigeran R134a ( $C_2H_3F_3$ ) dengan alasan sebagai berikut :

1. Tekanan penguapan di evaporator lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan udara luar.
2. Tekanan pengembunan tidak terlalu tinggi.
3. Refrigeran tidak beracun.
4. Refrigeran tidak mudah terbakar ataupun meledak.
5. Refrigeran mudah dideteksi apabila terjadi kebocoran.
6. Harga tidak mahal dan mudah diperoleh.



Gambar grafik 2.14 HFC-134a