

## SISTEM REFRIGERASI

Sistem refrigerasi sangat menunjang peningkatan kualitas hidup manusia. Kemajuan dalam bidang refrigerasi akhir-akhir ini adalah akibat dari perkembangan sistem kontrol yang menunjang kinerja dari sistem refrigerasi.

Applikasi dari sistem refrigerasi tidak terbatas, tetapi yang paling banyak digunakan adalah untuk pengawetan makanan dan pendingin suhu, misalnya lemari es gambar 1 freezer, cold storage, air conditioner/AC Window, AC split gambar 2 dan AC mobil. Dengan perkembangan teknologi saat ini, refrigeran (bahan pendingin) yang di pasarkan dituntut untuk ramah lingkungan, disamping aspek teknis lainnya yang diperlukan.

Apapun refrigeran yang dipakai, semua memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing oleh karena itu, diperlukan kebijakan dalam memilih refrigeran yang paling aman berdasarkan kepentingan saat ini dan masa yang akan datang. Selain itu, tak kalah pentingnya adalah kemampuan dan TXV rampilan dari para teknisi untuk mengaplikasikan refrigeran tersebut, baik dalam hal mekanisme kerja sistem, pengontrolan maupun keselamatan kerja dalam pemakaiannya.



Gambar 1. Freezer



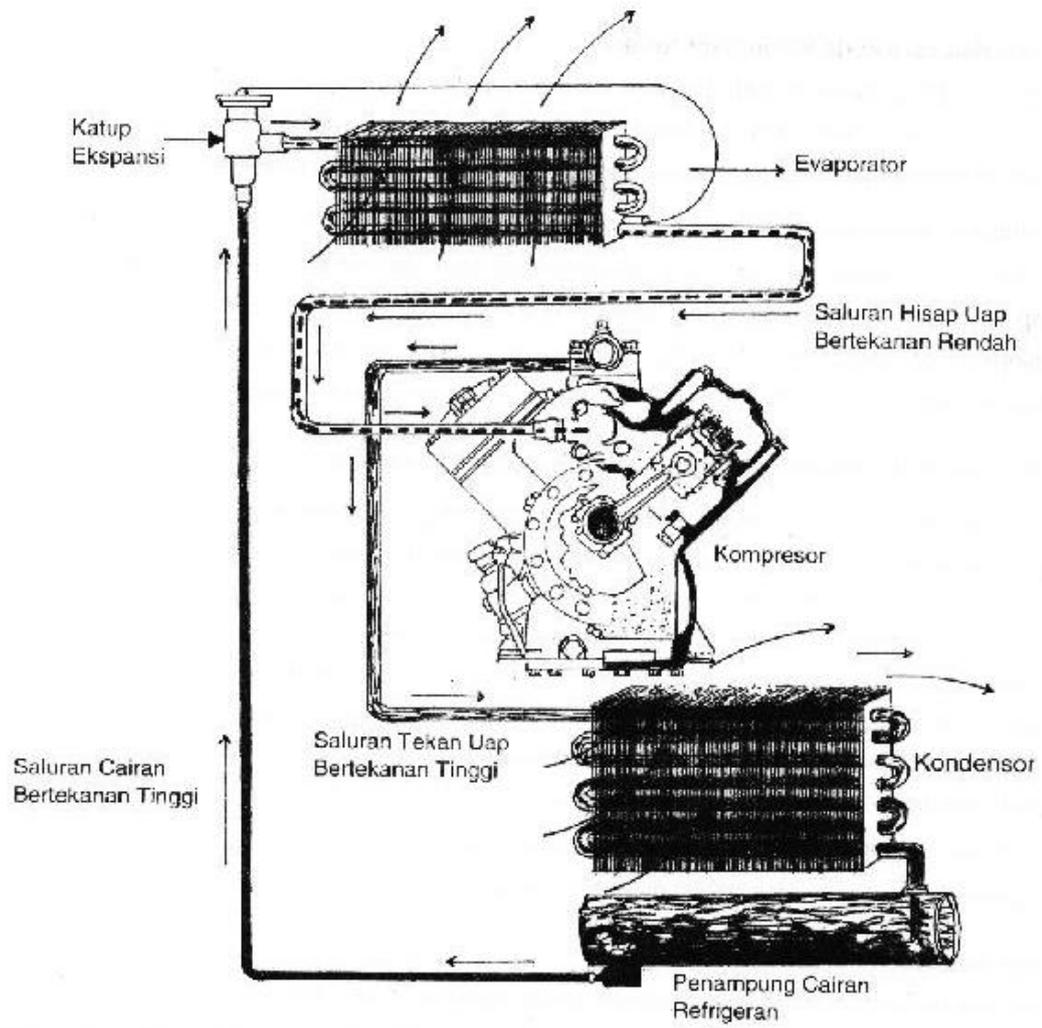
*Gambar 2. Water Cooled  
Centrifugal Chiler*

### **1.1. Siklus Refregerasi**

Prinsip terjadinya suatu pendinginan di dalam sistem refrigerasi adalah penyerapan kalor oleh suatu zat pendingin yang dinamakan refrigeran. Karena kalor yang berada disekeliling refrigeran diserap, akibatnya refregeran akan menguap, sehingga temperatur di sekitar refrigeran akan bertambah dingin. Hal ini dapat terjadi mengingat penguapan memerlukan kalor. Di dalam suatu alat pendingin (misal lemari es) kalor ditiesarap di “ evaporator” dan dibuang ke “kondensor”

Perhatikan skema dengan lemari es yang sederhana gambar 3.

Uap refrigeran yang berasal dari evaporator yang bertekanan dan bertemperatur rendah masuk ke kompresor melalui saluran hisap. Di kompresor, uap refrigeran tersebut dimampatkan, sehingga TXVika ke luar dari kompresor, uap refrigeran akan bertekanan dan bersuhu tinggi, jauh lebih tinggi dibanding temperatur udara sekitar. Kemudian uap menunjuk ke kondensor melalui saluran tekan. Di kondensor, uap tersebut akan melepaskan kalor, sehingga akan berubah fasa dari uap menjadi cair (terkondensasi) dan selanjutnya cairan tersebut terkumpul di penampungan cairan refrigeran. Cairan refrigeran yang bertekanan tinggi mengalir dari penampung refrigeran ke aktup ekspansi. Keluar dari katup ekspansi tekanan menjadi sangat berkurang dan akibatnya cairan refrigeran bersuhu sangat rendah. Pada saat itulah cairan tersebut mulai menguap yaitu di evaporator, dengan menyerap kalor dari sekitarnya hingga cairan refrigeran habis menguap. Akibatnya evaporator menjadi dingin. Bagian inilah yang dimanfaatkan untuk mengawetkan bahan makanan atau untuk mendinginkan ruangan. Kemudian uap refrigeran akan dihisap oleh kompresor dan demikian seterusnya proses-proses tersebut berulang kembali.



Gambar 3. Diagram lemari Es

## **1.2. Komponen Sistem Refrigerasi**

### **1.2.1. Kompresor**

#### **Fungsi dan cara kerja kompresor torak**

Kompresor gambar 4 merupakan jantung dari sistem refrigerasi. Pada saat yang sama kompresor menghisap uap refrigeran yang bertekanan rendah dari evaporator dan mengkompresinya menjadi uap bertekanan tinggi sehingga uap akan tersirkulasi.

Kebanyakan kompresor-kompresor yang dipakai saat ini adalah dari jenis torak. TXVika torak bergerak turun dalam silinder, katup hisap terbuka dan uap refrigeran masuk dari saluran hisap ke dalam silinder. Pada saat torak bergerak ke atas, tekanan uap di dalam silinder meningkat dan katup hisap menutup, sedangkan katup tekan akan terbuka, sehingga uap refrigeran akan ke luar dari silinder melalui saluran tekan menuju ke kondensor.

#### **Kebocoran katup kompresor dan terbakarnya motor kompresor.**

Beberapa masalah pada kompresor adalah bocornya katup tercabarnya motor kompresor. Jika katup tekan bocor TXVika torak menghisap uap dari saluran hisap, sebagian uap yang masih tertinggal di saluran tekan akan terhisap kembali ke dalam silinder, sehingga mengakibatkan efisiensinya berkurang. Hal yang sama juga dapat terjadi bila katup hisap bocor TXVika torak menekan uap ke saluran tekan, sebagian uap di dalam silinder akan tertekan kembali ke saluran hisap.

Untuk mencegah kebocoran torak terhadap dinding silinder, biasanya dipasang cincin torak. Jika cincin ini aus atau pecah, refrigeran dapat bocor sehingga “tekanan tekan” akan lebih rendah dan menyebabkan kekurangan efisiensi. Jika motor kompresor terbakar, terutama untuk jenis hermetik dan semi hermetik, dan jika refrigeran yang dipakai adalah CFC dan HCFC, maka akan timbul asam yang bersifat korosif.

### **Pengecekan kompresor.**

Beberapa tes sederhana dapat dilakukan untuk mengetahui jika ada kebocoran yang nyata dalam kompresor. Pertama jika saluran hisap disumbat, maka saluran hisap kompresor akan vakum/hampa udara. Jika katup hisap atau katup tekan atau torak bocor, refrigeran yang akan dipompa oleh kompresor tak akan sebesar yang dikehendaki. Tes kebocoran yang lain diperlihatkan jika kompresor dapat mempertahankan vakum yang dapat dicapai.

Jika kompresor dimatikan, tekanan hisap diamati apakah turun dengan nyata. Jika katup hisap atau katup tekan torak bocor, tekanan bisa akan turun. Tes yang sama dapat dilakukan dengan mengamati “tekanan tekan”. Jika saluran tekan disumbat, kompresor akan mempertahankan tekanan tersebut. Jika katup tekan bocor tekanan tekan akan turun.



*Gambar 4. Kompresor*

### 1.2.2. Kondensor

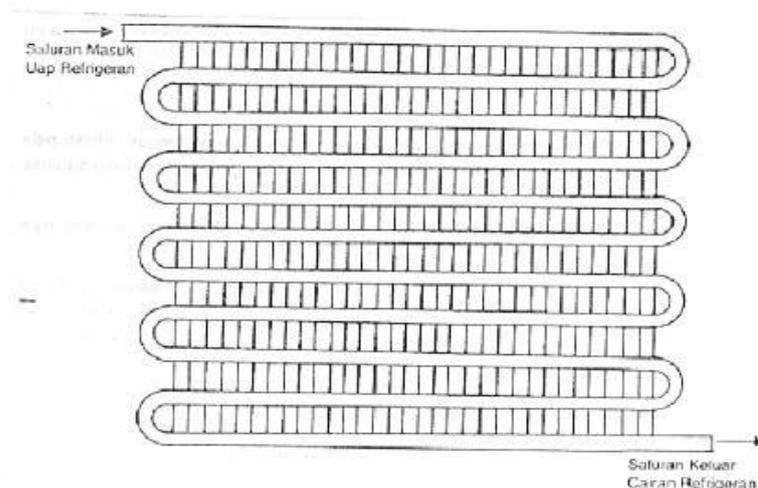
Kondensor gambar 5 juga merupakan salah satu komponen utama dari sebuah mesin pendingin. Pada kondensor terjadi perubahan wujud refrigeran dari uap super-heated (panas lanjut) bertekanan tinggi ke cairan sub-cooled (dingin lanjut) bertekanan tinggi. Agar terjadi perubahan wujud refrigeran (dalam hal ini adalah pengembunan/ condensing), maka kalor harus dibuang dari uap refrigeran.

Kalor/panas yang akan dibuang dari refrigeran tersebut berasal dari :

1. Panas yang diserap dari evaporator, yaitu dari ruang yang didinginkan
2. Panas yang ditimbulkan oleh kompresor selama bekerja

Jelas kiranya , bahwa fungsi kondensor adalah untuk merubah refrigeran gas menjadi cair dengan jalan membuang kalor yang dikandung refrigeran tersebut ke udara sekitarnya atau air sebagai medium pendingin/condensing.

Gas dalam kompresor yang bertekanan rendah dimampatkan/dikompresikan menjadi uap bertekanan tinggi sedemikian rupa, sehingga temperatur jenuh pengembunan (condensing saturation temperature) lebih tinggi dari temperatur medium pengemburan (condensing medium temperature). Akibatnya kalor dari uap bertekanan tinggi akan mengalir ke medium pengembunan, sehingga uap refrigeran akan terkondensasi.



Gambar 5. Kondensor

### 1.2.3. Katup Ekspansi

Setelah refrigeran terkondensasi di kondensor, refrigeran cair tersebut masuk ke katup ekspansi yang mengontrol jumlah refrigeran yang masuk ke evaporator. Ada banyak jenis katup ekspansi, tiga diantaranya adalah pipa kapiler, katup ekspansi otomatis, dan katup ekspansi termostatik.

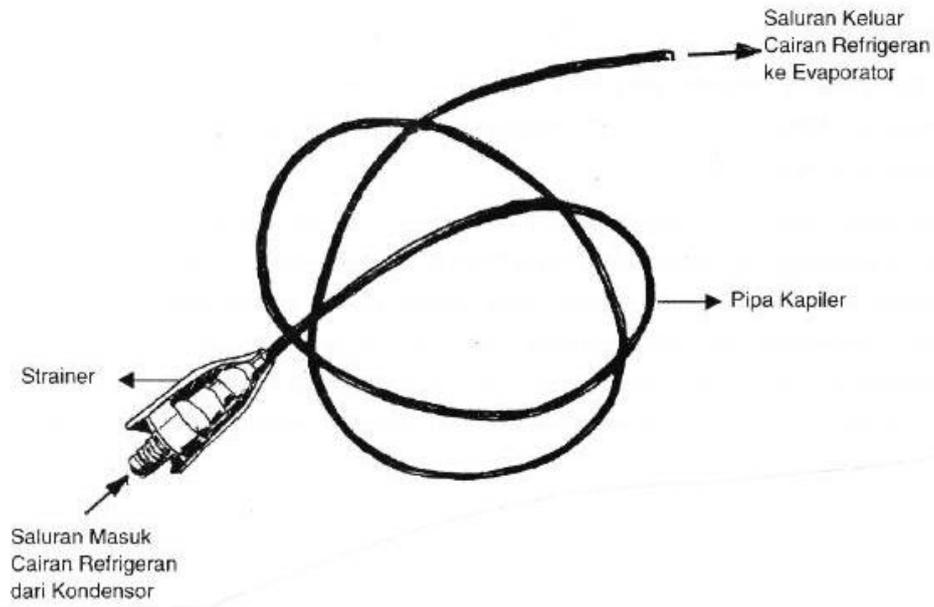
#### a. Pipa Kapiler (*capillary tube*)

Katup ekspansi yang umum digunakan untuk sistem refrigerasi rumah tangga adalah pipa kapiler. Pipa kapiler adalah pipa tembaga dengan diameter lubang kecil dan panjang tertentu. Gambar 6.

Besarnya tekanan pipa kapiler bergantung pada ukuran diameter lubang dan panjang pipa kapiler. Pipa kapiler diantara kondensor dan evaporator

Refrigeran yang melalui pipa kapiler akan mulai menguap. Selanjutnya berlangsung proses penguapan yang sesungguhnya di evaporator. Jika refrigeran mengandung uap air, maka uap air akan membeku dan menyumbat pipa kapiler. Agar kotoran tidak menyumbat pipa kapiler, maka pada saluran masuk pipa kapiler dipasang saringan yang disebut strainer.

Ukuran diameter dan panjang pipa kapiler dibuat sedemikian rupa, sehingga refrigeran cair harus menguap pada akhir evaporator. Jumlah refrigeran yang berada dalam sistem juga menentukan sejauh mana refrigeran di dalam evaporator berhenti menguap, sehingga pengisian refrigeran harus cukup agar dapat menguap sampai ujung evaporator. Bila pengisian kurang, maka akan terjadi pembekuan pada sebagian evaporator. Bila pengisian berlebih, maka ada kemungkinan refrigeran cair akan masuk ke kompresor yang akan mengakibatkan rusaknya kompresor. Jadi sistem pipa kapiler mensyaratkan suatu pengisian jumlah refrigeran yang tepat.



Gambar 6. Pipa Kapiler

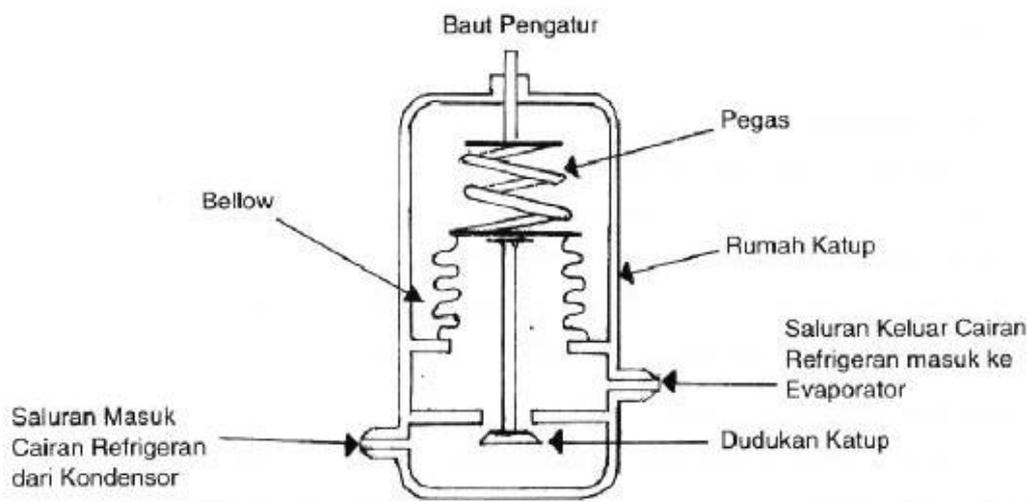
b. Katup Ekspansi Otomatis (Automatic Expansion Valve “AXV”)

Sistem pipa kapiler sesuai digunakan pada sistem-sistem dengan beban tetap (konstan) seperti pada lemari es atau freezer, tetapi dalam beberapa keadaan, untuk beban yang berubah-ubah dengan cepat harus digunakan katup ekspansi jenis lainnya.

Beberapa katup ekspansi yang peka terhadap perubahan beban, antara lain adalah katup ekspansi otomatis (AXV) yang menjaga agar tekanan hisap atau tekanan evaporator besarnya tetap konstan. Gambar 7.

Bila beban evaporator bertambah maka temperatur evaporator menjadi naik karena banyak cairan refrigeran yang menguap sehingga tekanan di dalam saluran hisap (di evaporator) akan menjadi naik pula.

Akibatnya “*bellow*” akan bertekan ke atas hingga lubang aliran refrigeran akan menyempit dan cairan refrigeran yang masuk ke evaporator menjadi berkurang. Keadaan ini menyebabkan tekanan evaporator akan berkurang dan “*bellow*” akan tertekan ke bawah sehingga katup membuka lebar dan cairan refrigeran akan masuk ke evaporator lebih banyak. Demikian seterusnya.



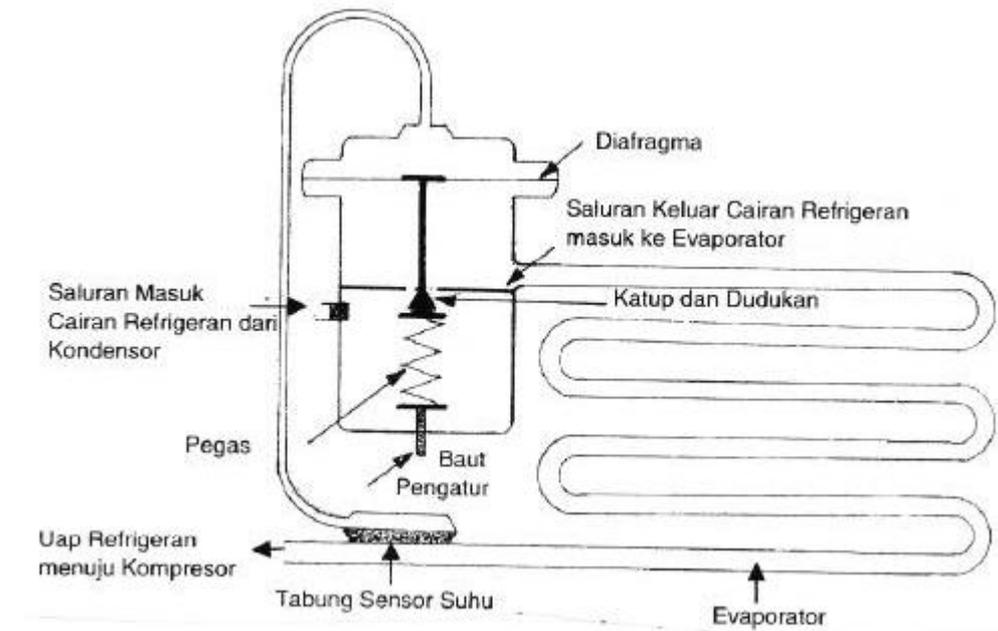
Gambar 7. Automatic Expansion Valve

c. Katup Ekspansi Termostatik (Thermostatic Expansion Valve “TXV”)

Jika AXV bekerja untuk mempertahankan tekanan konstan di evaporator, maka katup ekspansi termostatik (TXV) adalah satu katup ekspansi yang mempertahankan besarnya panas lanjut pada uap refrigeran di akhir evaporator tetap konstan, apapun kondisi beban di evaporator. Lihat gambar 8.

**Cara kerja TXV adalah sebagai berikut :**

Jika beban bertambah, maka cairan refrigeran di evaporator akan lebih banyak menguap, sehingga besarnya suhu panas lanjut di evaporator akan meningkat. Pada akhir evaporator diletakkan tabung sensor suhu (sensing bulb) dari TXV tersebut. Peningkatan suhu dari evaporator akan menyebabkan uap atau cairan yang terdapat di tabung sensor suhu tersebut akan menguap (terjadi pemuaiian) sehingga tekanannya meningkat. Peningkatan tekanan tersebut akan menekan diafragma ke bawah dan membuka katup lebih lebar. Hal ini menyebabkan cairan refrigeran yang berasal dari kondensator akan lebih banyak masuk ke evaporator. Akibatnya suhu panas lanjut di evaporator kembali pada keadaan normal, dengan kata lain suhu panas lanjut di evaporator di jaga tetap konstan pada segala keadaan beban.



Gambar 8. Thermostatic Expansion Valve

#### 1.2.4. Evaporator

Pada evaporator, refrigeran menyerap kalor dari ruangan yang didinginkan. Penyerapan kalor ini menyebabkan refrigeran mendidih dan berubah wujud dari cair menjadi uap (kalor/panas laten).

Panas yang dipindahkan berupa :

1. Panas sensibel (perubahan tempertaur)

Temperatur refrigeran yang memasuki evaporator dari katup ekspansi harus demikian sampai temperatur jenuh penguapan (evaporator saturation temperature). Setelah terjadi penguapan, temperatur uap yang meninggalkan evaporator harus pupa dinaikkan untuk mendapatkan kondisi uap panas lanjut (*super-heated vapor*)

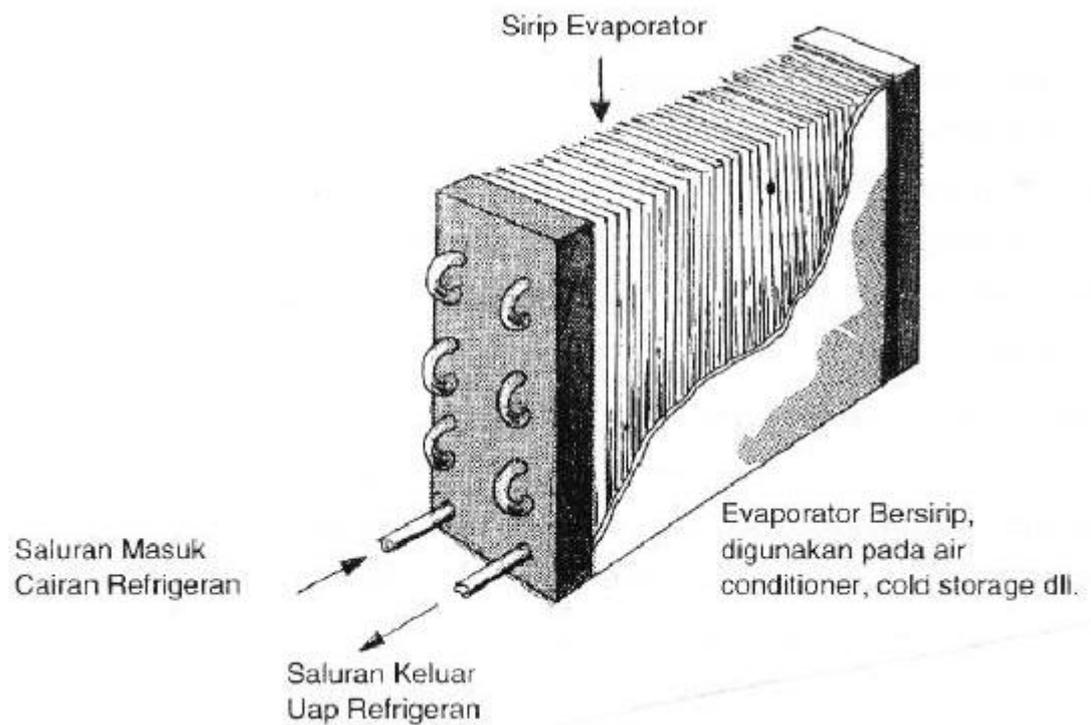
2. Panas laten (perubahan wujud)

Perpindahan panas terjadi penguapan refrigeran. Untuk terjadinya perubahan wujud, diperlukan panas laten. Dalam hal ini perubahan wujud tersebut adalah dari cair menjadi uap atau mengupa (evaporasi). Refrigeran akan menyerap panas dari ruang sekelilingnya.

Adanya proses perpindahan panas pada evaporator dapat menyebabkan perubahan wujud dari cair menjadi uap.

Kapasitas evaporator adalah kemampuan evaporator untuk menyerap panas dalam periode waktu tertentu dan sangat ditentukan oleh perbedaan temperatur evaporator (*evaporator temperature difference*).

Perbedaan temperatur evaporator adalah perbedaan antara temperatur jenuh evaporator (*evaporator saturation temperature*) dengan temperatur substansi/benda yang didinginkan. Kemampuan memindahkan panas dan konstruksi evaporator (ketebalan, panjang dan sirip) akan sangat mempengaruhi kapasitas evaporator lihat gambar 9.



Gambar 9. Evaporator

## Lembar Kerja 1

Persiapan

- a. Alat
  - Satu buah trainer refrigerasi.

Langkah kerja

1. Identifikasi komponen utama refrigerasi!
2. Tuliskan komponen utama refrigerasi beserta merek atau jenisnya!
3. Tuliskan fungsi dari setiap komponen!
4. Cek suhu di condenser dan evaporator!
5. Tuliskan suhu di condenser dan evaporator

Hasil kerja

Nama Komponen	Merek/Jenis	Fungsi	Suhu

--	--	--	--

Evaluasi

Hari Tanggal	Komentar	Paraf