

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Simulator

Pengertian simulator adalah program yg berfungsi untuk menyimulasikan suatu peralatan, tetapi kerjanya agak lambat dari pada keadaan yg sebenarnya. Atau alat untuk melakukan simulasi.

2.2 Refrigerasi

Refrigerasi adalah proses pengambilan kalor atau panas dari suatu benda atau ruang untuk menurunkan temperaturnya. Kalor adalah salah satu bentuk dari energi, sehingga mengambil kalor suatu benda ekuivalen dengan mengambil sebagian energi dari molekul-molekulnya. Pada aplikasi tata udara (air conditioning), kalor yang diambil berasal dari udara. Untuk mengambil kalor dari udara, maka udara harus bersentuhan dengan suatu bahan atau material yang memiliki temperatur yang lebih rendah.

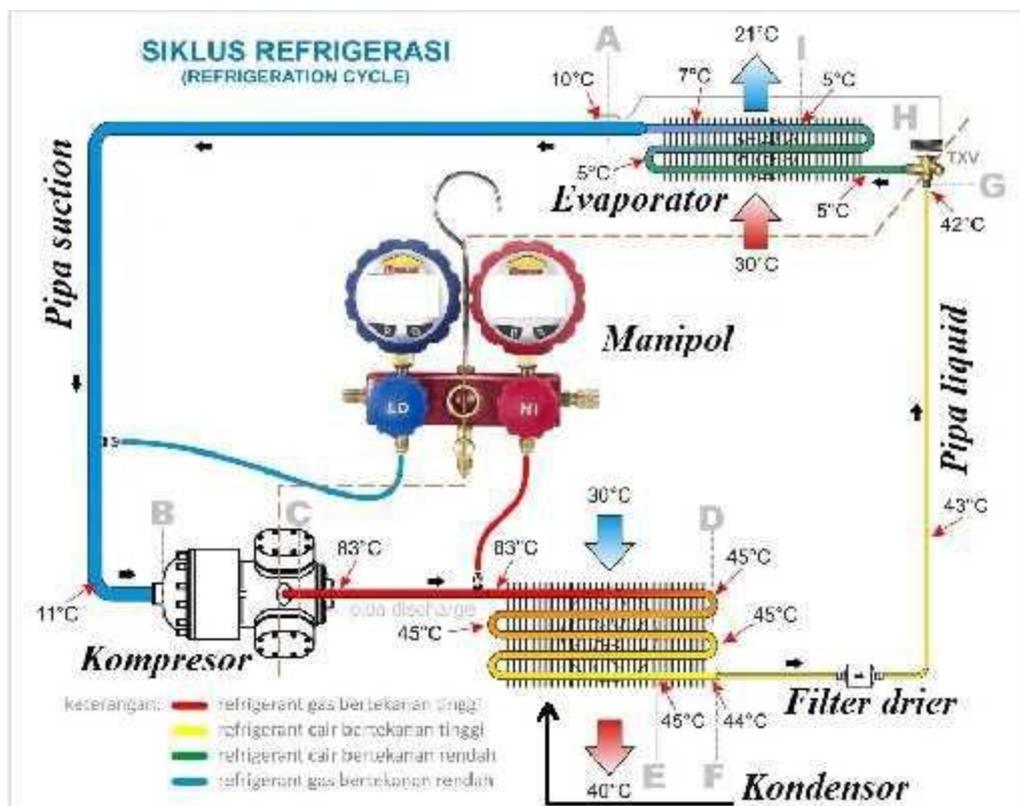
Suatu mesin refrigerasi akan memiliki tiga sistem terpisah yakni:

1. Sistem refrigerasi
2. Sumberdaya untuk menggerakkan kompresor, yang berupa motor listrik
3. Sistem kontrol untuk menjaga suhu benda atau ruangan seperti di inginkan.

Mesin refrigerasi dapat berupa lemari es pada rumah tangga, mesin pembeku (freezer), pendingin sayur dan buah-buahan pada supermarket, mesin pembeku daging dan ikan, dan sebagainya.

Peralatan ini dapat dijumpai mulai dari skala kecil pada rumah tangga hingga skala besar pada aplikasi komersial dan industri.

Di samping itu, sistem refrigerasi komputer uap juga digunakan pada aplikasi tata udara. Pada aplikasi tata udara untuk hunian manusia, mesin yang digunakan dapat ditemui mulai dari skala kecil seperti AC window dan AC split, sampai dengan skala menengah dan besar seperti *packaget rooftop air conditioner*, *water-cooled chiller*, dan *air-cooled chiller*.



Gambar 2.2 Siklus Refrigerasi

Pada sistem ini terdapat refrigeran (refrigerant), yakni suatu senyawa yang dapat berubah fase secara cepat dari uap ke cair dan sebaliknya. Pada saat terjadi perubahan fase dari cair ke uap, refrigeran akan mengambil kalor (panas) dari

lingkungan. Sebaliknya, saat berubah fase dari uap ke cair, refrigeran akan membuang kalor (panas) ke lingkungan sekelilingnya.

Berbagai jenis sistem refrigerasi yang bekerja berdasarkan berbagai proses dan siklus dapat ditemui dalam praktek. Secara umum ada dua siklus dari sistem refrigerasi yaitu sistem refrigerasi siklus tertutup dan sistem refrigerasi siklus terbuka. Menurut Arora (2001), sistem refrigerasi siklus tertutup dapat dikelompokkan berdasarkan jenis siklusnya diantaranya :

1. Sistem refrigerasi siklus thermodinamika
2. Sistem refrigerasi siklus thermo-elektrik
3. Sistem refrigerasi siklus thermo-magnetik

Yang termasuk mesin refrigerasi siklus thermodinamika antara lain;

- A. Mesin refrigerasi siklus kompresi uap
- B. Mesin refrigerasi siklus absorpsi
- C. Mesin refrigerasi siklus jet uap
- D. Mesin refrigerasi siklus udara

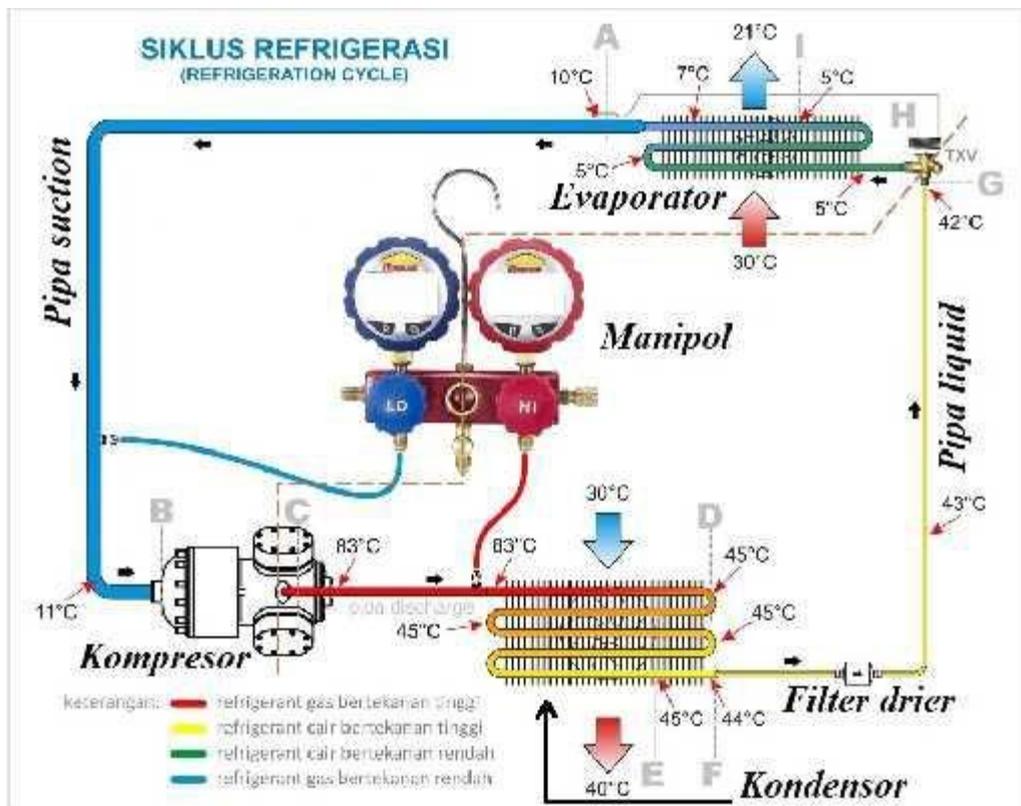
2.2.1 Komponen utama sistem refrigerasi kompresi uap

Mesin refrigerasi Siklus Kompresi Uap merupakan jenis mesin refrigerasi yang paling banyak digunakan saat ini. Mesin refrigerasi siklus kompresi uap terdiri dari empat komponen utama, yaitu kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator. Susunan keempat komponen tersebut secara skematik ditunjukkan pada Gambar 2.2.1 di bawah.

Komponen utama dari suatu sistem refrigerasi kompresi uap adalah:

1. Evaporator
2. Kompresor
3. Kondenser
4. Alat ekspansi (*metering device*)

Semua komponen tersebut dihubungkan oleh suatu sistem pemipaan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar :



Gambar 2.2.1 Komponen refrigerasi

2.2.1.1 Evaporator

Evaporator adalah komponen yang digunakan untuk mengambil kalor dari suatu ruangan atau suatu benda yang bersentuhan dengannya. Pada evaporator

terjadi pendidihan (*boiling*) atau penguapan (*evaporation*), atau perubahan fasarefrigran dari cair menjadi uap. Refrigeran pada umumnya memiliki titik didih yang rendah. Sebagai contoh, refrigeran 22 (R22) memiliki titik didih -41°C . Dengan demikian, refrigeran mampu menyerap kalor pada temperatur yang sangat rendah.

Evaporator dapat berupa koil telanjang tanpa sirip (*bare pipe coil*), koil bersirip (*finned coil*), pelat (*plate evaporator*) *shell and coil*, atau *shell and tube evaporator*. Jenis evaporator yang digunakan pada suatu sistem refrigerasi tergantung pada jenis aplikasinya.



Gambar 2.2.1.1 Evaporator

2.2.1.2 Kompresor

Kompresor dikenal sebagai jantung dari suatu sistem refrigerasi, dan digunakan untuk menghisap dan menaikkan tekanan uap refrigeran yang berasal dari evaporator. Bagian pemipaan yang menghubungkan antara evaporator dengan kompresor dikenal sebagai saluran hisap (*suction line*). Penambahan tekanan uap refrigeran dengan kompresor ini dimaksud agar refrigeran dapat mengembun pada temperatur yang relatif tinggi. Refrigeran yang keluar dari kompresor masih berfasa uap dengan tekanan tinggi. Perbandingan antara absolut

tekanan buang (*discharge pressure*) dan tekanan isap (*suction pressure*) disebut dengan ratio kompresi (*compression ratio*).

Kompresor pada sistem refrigerasi dapat berupa kompresor torak (*reciprocating compresor*), *rotary*, *scrol*, *screw*, dan *centrifugal*. Kompresor yang paling umum dijumpai dan terdapat dalam berbagai tingkat kapasitas adalah kompresor torak.

Refrigeran yang masuk kedalam kompresor harus benar-benar berfasa uap. Adanya cairan yang masuk ke kompresor dapat merusak piston, silinder, piston ring dan batang torak. Karena itu, beberapa jenis mesin refrigerasi dilengkapi dengan liquid receiver untuk memastikan refrigeran yang diisap oleh kompresor benar-benar telah berfasa uap.



Gambar 2.2.1.2 Kompresor

2.2.1.3 Kondenser

Kondenser berfungsi untuk mengembunkan atau mengkondensasikan refrigeran bertekanan tinggi dari kompresor. Pemipaan yang menghubungkan antara kompresor dengan kondenser dikenal dengan saluran buang (*discharge line*). Dengan demikian, pada kondenser terjadi perubahan fasa uap ke cair ini selalu disertai dengan penbuangan kalor ke lingkungan. Pada kondenser

berpendingin udara (*air cooled condenser*), pembuangan kalor dilakukan ke udara. Pada kondensator berpendingin air (*water cooled condenser*), pembuangan kalor dilakukan ke air.



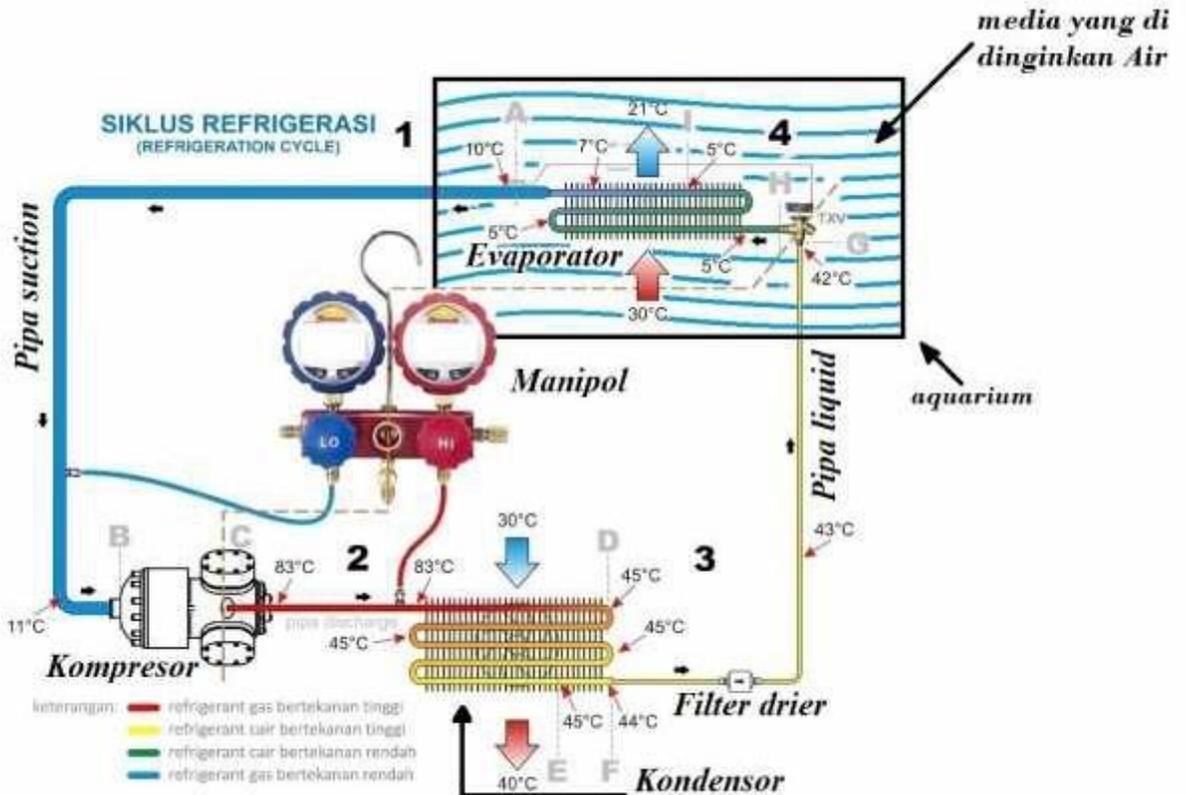
Gambar 2.2.1.3 Kondensator

2.2.1.4 Alat Ekspansi (*Metering Device*)

Komponen ini berfungsi memberikan satu cairan refrigeran dalam tekanan rendah ke Evaporator sesuai dengan kebutuhan. Pada alat ekspansi terjadi penurunan tekanan refrigeran akibat adanya penyempitan aliran. Alat ekspansi dapat berupa pipa kapiler, katup ekspansi termostatik (TXV, *thermostatic expansion valve*, Gambar 3), katup ekspansi *otomatik*, maupun katup ekspansi manual.

Gambar 2.2.1.4 Alat ekspansi

2.2.2 Cara Kerja siklus kompresi uap



Gambar 2.2.2 Cara Kerja Siklus Kompresi Uap

1. **Proses 1-2** ; refrigeran meninggalkan evaporator dalam wujud uap jenuh dengan temperatur dan tekanan rendah, kemudian oleh kompresor uap tersebut dinaikkan tekanannya menjadi uap super panas dengan temperatur yang tinggi, lebih tinggi dari temperatur lingkungan sehingga pembuangan panas bisa berlangsung.

2. **Proses 2-3** ; setelah mengalami proses kompresi, refrigeran berada dalam fase panas lanjut dengan tekanan dan temperatur tinggi. Untuk merubah wujudnya menjadi cair (kondensat), kalor harus dilepaskan ke lingkungan melalui alat yang

disebut dengan kondensor. Refrigeran mengalir melalui kondensor pada sisi lain dialirkan fluida pendingin (udara atau air) dengan temperatur lebih rendah dari pada temperatur refrigeran. Oleh karena itu kalor akan berpindah dari refrigeran ke fluida pendingin dan refrigeran akan mengalami penurunan temperatur dari kondisi uap panas lanjut menuju kondisi uap jenuh, selanjutnya mengalami proses pengembunan menjadi refrigeran cair. Refrigeran keluar kondensor sudah berupa refrigeran cair. Proses kondensasi berlangsung pada temperatur dan tekanan yang konstan.

3. Proses 3-4 ; refrigeran dalam keadaan wujud cair jenuh (tingkat keadaan 3) kemudian mengalir melalui alat ekspansi. Refrigeran mengalami ekspansi pada entalpi konstan dan berlangsung secara tak *reversibel* sehingga tekanan refrigeran menjadi rendah (tekanan evaporator). Refrigeran keluar alat ekspansi berwujud campuran uap-cair pada tekanan dan temperatur rendah.

4. Proses 4-1 ; Refrigeran dalam fase campuran uap-cair, mengalir melalui evaporator. Di dalam evaporator refrigeran mengalami proses penguapan sebagai akibat dari panas yang diserap dari sekeliling evaporator. Dengan adanya penyerapan panas ini, maka disekeliling evaporator (ruangan yang dikondisikan) menjadi dingin atau temperaturnya turun. Selanjutnya refrigeran yang meninggalkan evaporator dalam fase uap jenuh. Proses penguapan tersebut berlangsung pada temperatur dan tekanan yang konstan.

2.3 Hubungan Frekuensi dengan Daya

Secara umum motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Didalam motor DC, energi listrik diambil langsung dari kumparan armatur dengan melalui sikat dan *komutator*, oleh karena itu motor DC disebut motor konduksi. Lain halnya pada motor AC, pada motor AC, kumparan rotor tidak menerima energi listrik langsung, tetapi secara induksi seperti yang terjadi pada energi kumparan sekunder transformator. Oleh karena itu, motor AC dikenal dengan motor induksi. Secara prinsip ada dua bagian dari motor induksi, yaitu bagian stator dan bagian rotor. Pada bagian stator terdapat beberapa slot yang merupakan tempat kawat (konduktor) dari tiga kumparan tiga phase yang disebut kumparan stator, yang masing-masing kumparan mendapat suplai arus tiga *phase*. Jika kumparan stator mendapat suplai arus tiga phase, maka pada kumparan tersebut segera timbul *flux* magnet putar. Karena adanya *flux* magnet putar pada kumparan stator, mengakibatkan rotor berputar karena adanya induksi magnet dengan kecepatan putar (Rijono, 2004):

$$N = \frac{120 \cdot f}{p}$$

dimana :

N = putaran mesin (rpm)

f = frekuensi listrik (Hz)

p = jumlah kutub

Adapun torsi poros rotor adalah (Rijono, 2004) :

$$T_r = \frac{Pr}{2\pi N/60}$$

Atau :

$$P_r = \frac{T_r \cdot 2\pi \cdot N}{60}$$

dimana :

P_r = daya *input* rotor (watt)

T_r = torsi rotor (N.m)

Jika persamaan (1) disubstitusikan ke persamaan (3), maka didapat :

$$P_r = \frac{T_r \cdot 2\pi \cdot 120 \cdot f}{60p}$$

atau :

$$P_r = \frac{T_r \cdot 4\pi \cdot f}{p}$$

Dari persamaan (4) , bahwa daya *input* berbanding lurus dengan frekuensi. Makin rendah frekuensi, maka daya *input*-nya akan makin rendah. Begitu sebaliknya, makin tinggi frekuensi maka daya *input*-nya makin tinggi juga.

