

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. *Air Conditioner***

*Air Conditioner* atau yang biasa juga disebut dengan AC merupakan salah satu sistem di dalam kendaraan yang berfungsi untuk membuat temperatur di dalam ruangan menjadi nyaman. Apabila suhu di dalam ruangan terasa panas, kemudian AC diaktifkan maka udara panas ini akan diserap sehingga temperatur udara di ruangan tersebut menurun. Dan jika di dalam ruangan udaranya lembab, kelembaban akan dikurangi oleh sistem AC sehingga udara dipertahankan pada tingkat yang menyenangkan. Udara lembab dapat terjadi ketika hujan, dimana kelembaban ini dapat menyebabkan kondensasi atau timbulnya embun-embun pada kaca mobil sehingga dapat menghalangi pandangan ketika mengemudi. Dengan mengaktifkan air conditioner ini kondensasi dapat dikurangi bahkan dihilangkan. Udara yang keluar dari sistem ac merupakan udara yang kering dan telah melalui filter (saringan) sehingga udara tersebut bersih dan terhindar dari kotoran atau debu.

#### **2.2. Fungsi AC (Air Conditioner)**

Fitur penyejuk udara atau AC (*Air Conditioner*) telah menjadi bagian penting dalam sebuah kendaraan. Tidak hanya di daerah tropis, di daerah sub tropis pun perangkat ini sangat diperlukan. Khusus di daerah tropis yang panas, perangkat AC lebih berfungsi sebagai pendingin. Apalagi di kota-kota besar, dengan kondisi jalanan yang macet dan suhu udara yang sangat panas, AC diperlukan untuk mendapatkan kenyamanan saat berkendara. Ini penting, sebab kenyamanan berkendara akan mempengaruhi perilaku di jalan, sehingga pengendara menjadi tenang dan tidak emosional. Saat musim hujan misalnya, kendaraan yang tidak dilengkapi AC akan menyebabkan kondensasi uap air, sehingga kaca menjadi buram, membatasi jarak pandang, dan menyebabkan kecelakaan. Secara umum, fungsi standar penggunaan AC mobil adalah mengontrol temperatur, mengontrol sirkulasi udara, mengontrol kelembapan, dan membersihkan udara. Sistem *Air Conditioner* adalah suatu sistem pada kendaraan yang berfungsi untuk :

## **1. Mengontrol Temperatur**

Agar temperatur dalam kabin terasa nyaman, diperlukan proses pendinginan atau pemanasan. Proses pendinginan dilakukan jika temperatur udara di sekitarnya terasa panas, sehingga diperlukan alat pendingin udara. Sebaliknya, proses pemanasan dilakukan jika temperatur udara sangat dingin, seperti pada musim salju (di daerah yang memiliki empat musim). Oleh sebab itu, kendaraan tertentu selain memiliki alat pendingin udara, dilengkapi juga dengan alat pemanas. Di Indonesia yang hanya memiliki dua musim, yaitu penghujan dan kemarau, produsen mobil umumnya hanya melengkapi dengan alat pendingin kabin.

## **2. Mengontrol Sirkulasi Udara**

Selain mengontrol temperatur, mekanisme kerja AC adalah mengatur sirkulasi udara dalam kabin kendaraan. Dengan adanya blower, kecepatan sirkulasi udara dapat diatur, sehingga udara yang bergerak memiliki kemampuan mengambil panas dengan baik. Contohnya, saat udara panas dan merasa kegerahan, kemudian mengambil kipas, maka kita akan merasakan hawa dingin pada tubuh kita. Nah, jika temperatur udara yang sudah dingin ditambah embusan angin dari blower AC, suhu ruangan akan bertambah dingin.

Pengaturan sirkulasi udara pada kendaraan dapat dilakukan dengan cara memutar atau menekan tombol panel AC di dashboard. Sirkulasi udara dari depan dashboard dapat diubah menjadi kombinasi dari depan dan dari bawah dashboard. Pada unit AC yang memiliki *double blower*, penumpang di bagian belakang pun mendapatkan sirkulasi yang lebih baik. Beberapa jenis kendaraan memiliki pengaturan sirkulasi udara sendiri di setiap seat atau tempat duduk kendaraannya, sehingga memberikan peluang pengaturan sirkulasi sesuai keinginan.

## **3. Mengontrol Kelembaban**

Pada temperatur udara yang panas, mendinginkan udara saja belum tentu dapat menyejukkan jika kelembaban jika kelembaban udaranya masih tinggi. Dengan tingkat kelembaban yang rendah dan temperatur udara yang cukup tinggi dapat membuat tubuh kita merasa nyaman. Contohnya, pada kelembaban udara yang tinggi dengan temperatur udara 24°C-29°C kita masih belum sejuk.

Dengan demikian, kelembapan udara memegang peranan dalam menyejukkan ruangan. Udara yang lembab dapat memperlambat proses mendinginkan badan dan keringat akan sulit menguap. Kelembapan udara yang rendah yang disebabkan oleh dinginnya temperatur AC Mobil dapat menyebabkan berbagai keluhan pada tubuh. Agar diperoleh kenyamanan, sebaiknya kabin kendaraan dipasang alat pengukur kelembapan udara dan alat temperatur.

#### **4. Membersihkan Udara**

Unit AC mobil yang telah dilengkapi dengan filter udara dibagian evaporatornya, dapat mengurangi dan menyaring debu, kororan, atau asap pada kabin kendaraan. Kaca dan pintu kendaraan yang tertutup sekalipun tidak luput dari kotoran dan debu tanpa kita sadari, seperti saat membuka pintu dan kaca, saat merokok, dan debu yang menempel pada pakaian atau sepatu. Agar tidak ada kotoran dan debu dalam kabin, sering-seringlah membersihkan kabin dengan menggunakan vacuum cleaner.

Udara kotor dan debu sudah tersaring oleh evaporator meskipun sistem AC tidak dilengkapi dengan filter udara. Oleh sebab itu di bagian evaporator akan menumpuk kotoran dan debu, sehingga perlu dibersihkan secara rutin. Selain dapat menimbulkan bau yang tidak sedap dan menjadi sarang penyakit, kotoran yang menempel pada bagian *evaporator* juga dapat menimbulkan kerusakan pada *evaporator*.

#### **2.3. Sistem dan Komponen Air Conditioner (AC) Mobil**

mengatakan AC atau (*air conditioner*) adalah suatu rangkaian peralatan (komponen) yang berfungsi untuk mendinginkan udara di dalam kabin agar penumpang dapat merasa segar dan nyaman. Didalam perkembangan dunia otomotif, AC sudah merupakan perlengkapan kendaraan yang utama dan termasuk dalam katagori wajib ada, terutama dikota-kota besar yang sudah rentan dengan kemacetan dan suhu udara yang panas. Kondisi semacam ini menjadikan AC sebagai perlengkapan mobil yang vital yang sangat dibutuhkan oleh pengendara mobil. Selain sebagai penyejuk ruangan, AC mobil juga berfungsi untuk menghilangkan embun pada kaca kendaraan saat hujan.

Embun yang muncul saat hujan akan sangat mengganggu pemandangan pengendara sehingga sangat membahayakan keselamatan berkendara. Secara umum sistem air conditioner terdiri dari beberapa komponen, yaitu:

### 1. Kompresor (*Compressor*)

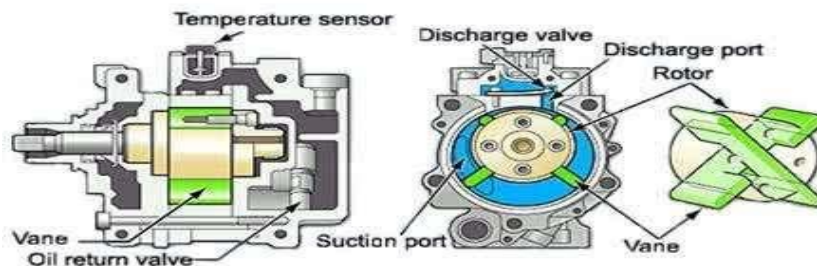
Kompresor merupakan komponen yang bekerja menghisap dan memompa refrigerant agar dapat bersirkulasi ke seluruh unit AC mobil, sehingga terdapat perbedaan tekanan, baik sebelum atau sesudah masuk ke dalam kompresor. Prinsip kerja kompresor mirip dengan refrigerant „jantung“ sebagai darahnya. Tenaga penggerak kompresor untuk mensirkulasikan *refrigerant* berasal dari tenaga mesin. Dengan perantaraan *belt*, *pulley* dan *magnetic clutch*, kompresor dapat berputar seirama dengan putaran mesin. Dengan adanya pembagian tenaga mesin untuk menggerakkan kompresor, maka beban mesin akan bertambah, sehingga secara otomatis konsumsi bahan bakar pun akan meningkat. *Compressor* itu sendiri berfungsi untuk memompakan refrigerant yang berbentuk gas agar tekanannya meningkat sehingga juga akan mengakibatkan temperaturnya meningkat.

Dilihat dari prinsip operasinya, maka kompresor dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

#### ***Rotary Action/ Sistem Gerak Putar***

Pada *rotary action compressor*, efek kompresi diperoleh dengan menekan gas yang berasal dari ruang chamber menuju ke saluran tekan yang berdiameter kecil untuk menurunkan volume gas. Berikut beberapa jenis compressor dengan sistem rotary :

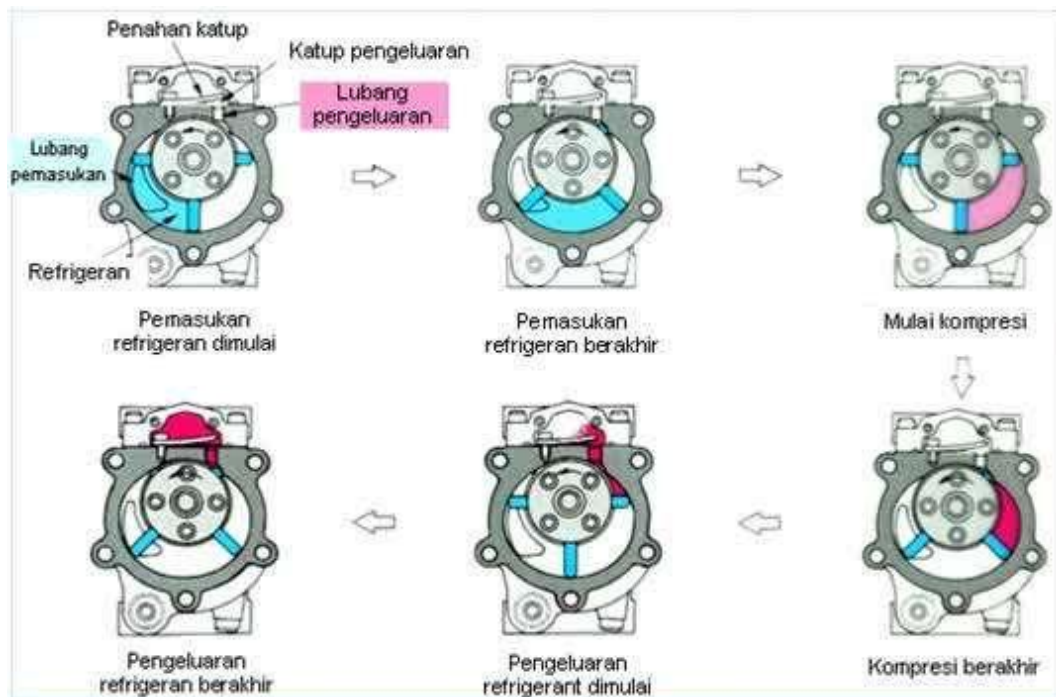
#### 1. Tipe *Through Vane*



Gambar 2.1 Kompresor tipe *Through Vane*

Kompresor tipe ini memiliki dua buah bilah (*vane*) yang terpasang saling tegak lurus pada bagian dalam silinder. Jika rotor berputar maka bilah akan bergeser pada arah radial dan menyentuh bagian dalam silinder (stator). Ruang yang dibentuk oleh bilah, dinding silinder dan rotor membentuk ruang pemasukan dan pengeluaran *refrigerant*.

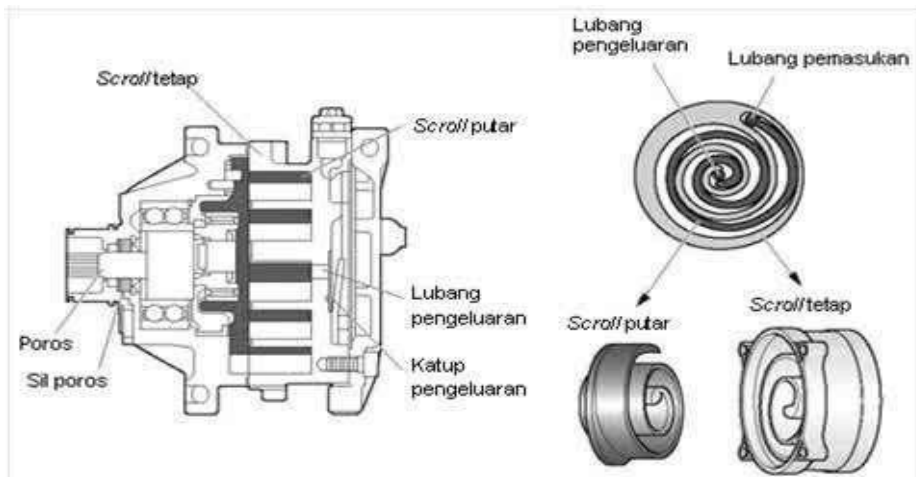
Pada saat bilah berputar bersama rotor, gaya sentrifugal bekerja pada bilah sehingga bergerak menyentuh dinding stator. Ketika saluran pemasukan terbuka, refrigeran terhisap masuk. Seiring berputarnya bilah, *refrigerant* yang sudah masuk kemudian dikompresikan dengan cara mempersempit ruang dan selanjutnya menekan refrigeran pada saluran pengeluaran. Terlihat pada gambar bahwa pada saat terjadi langkah pengeluaran *refrigerant*, pada sisi lain dari rotor dan bilah melakukan langkah pemasukan refrigeran.



Gambar 2.2 Cara kerja Kompresor tipe *Through Vane*

## 2. Tipe *Scroll*

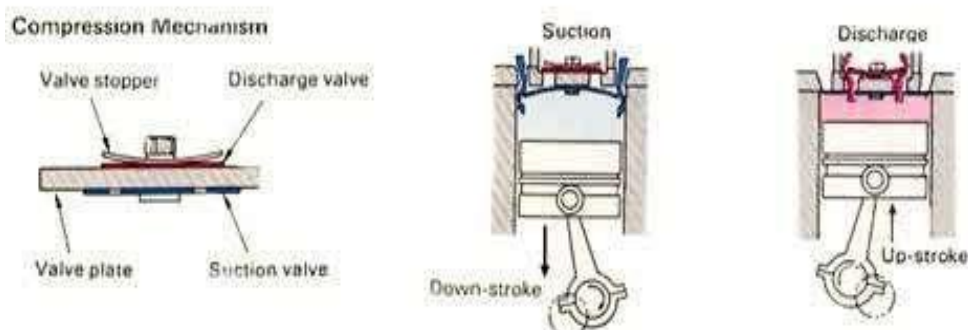
Tipe kompresor ini terdiri dari scroll tetap dan scroll putar. Ruang pemasukan dan pengeluaran terbentuk di antara scroll putar dan scroll tetap saat scroll putar diputar oleh poros kompresor. Ketika lubang pemasukan terbuka, refrigeran terhisap masuk kemudian dibawa berputar sambil dimampatkan hingga mencapai lubang pengeluaran untuk disalurkan ke kondensor pada kondisi bertekanan tinggi.



Gambar 2.3 Kompresor tipe *Scroll*

### *Mechanical Action /Sistem Gerak Bolak-Balik (tipe torak) :*

Pada *Mechanical Action compressor*, efek kompresi gas diperoleh dengan menurunkan volume gas secara *reciprocating*. Yang termasuk dalam jenis ini adalah : Kompresor Torak.



Gambar 2.4 Mekanisme Kompresor bolak-balik

Kompresor didesain dan dirancang agar dapat memberikan pelayanan dalam jangka panjang walaupun digunakan secara terus menerus dalam sistem refrigerasi kompresi gas. Untuk dapat melakukan performa seperti yang diharapkan maka kompresor harus bekerja sesuai kondisi yang diharapkan, terutama kondisi suhu dan tekanan refrigeran pada saat masuk dan meninggalkan katup kompresor. *Compressor tipe Reciprocating/Torak* mengubah putaran *crankshaft* menjadi gerakan bolak-balik pada piston. Berikut beberapa jenis compressor dengan sistem torak :

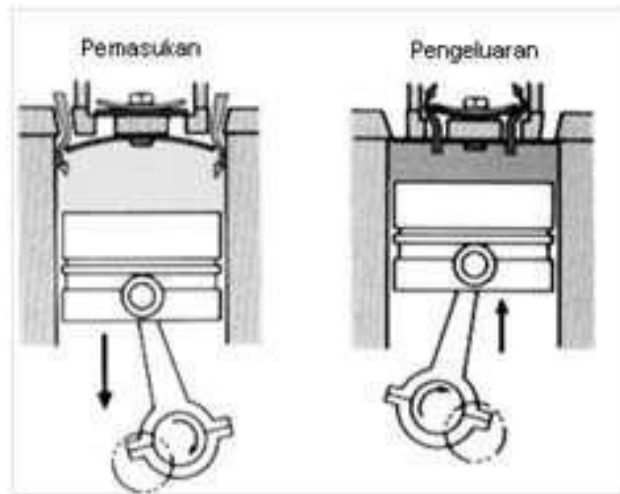
### 1. Tipe *Crank*



Gambar 2.5 Kompresor tipe *Crank*

Pada tipe ini sisi piston yang berfungsi hanya satu sisi saja, yaitu bagian atas. Oleh sebab itu pada kepala silinder (*valve plate*) terdapat dua katup yaitu katup isap (*suction*) dan katup penyalur (*Discharge*).

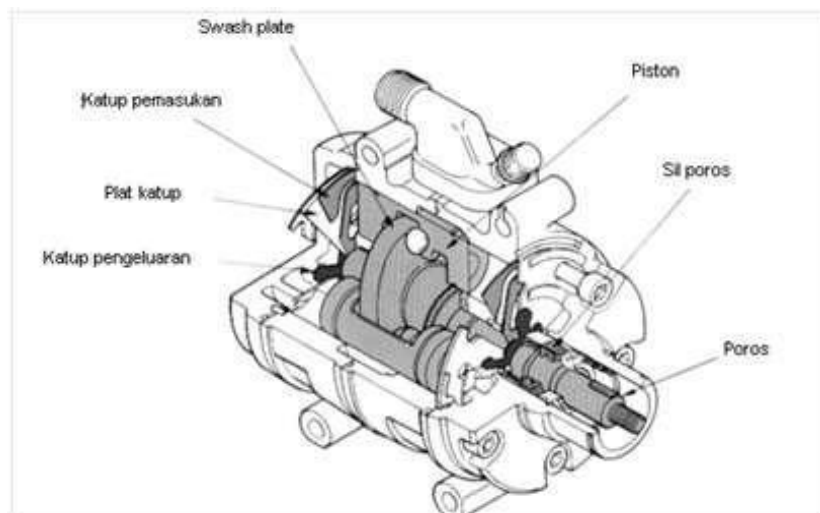
Pada saat piston bergerak ke bawah, ruangan di atas piston volumenya membesar sehingga tekanannya turun. Katup pemasukan bergerak membuka sehingga refrigeran terhisap masuk. Poros engkol yang berputar akan menggerakkan piston untuk bergerak ke atas, tekanan di atas piston naik dan menyebabkan katup pengeluaran membuka sehingga refrigeran terdorong keluar menuju ke kondensor.



Gambar 2.6 Cara kerja Kompresor tipe *Crank*

## 2. Tipe *Swash Plate*

Terdiri dari sejumlah piston dengan interval  $72^\circ$  untuk kompresor 10 silinder dan interval  $120^\circ$  untuk kompresor 6 silinder. Cara kerja piston pada tipe ini, yaitu apabila salah satu sisi melakukan langkah kompresi maka sisi lainnya melakukan langkah isap.



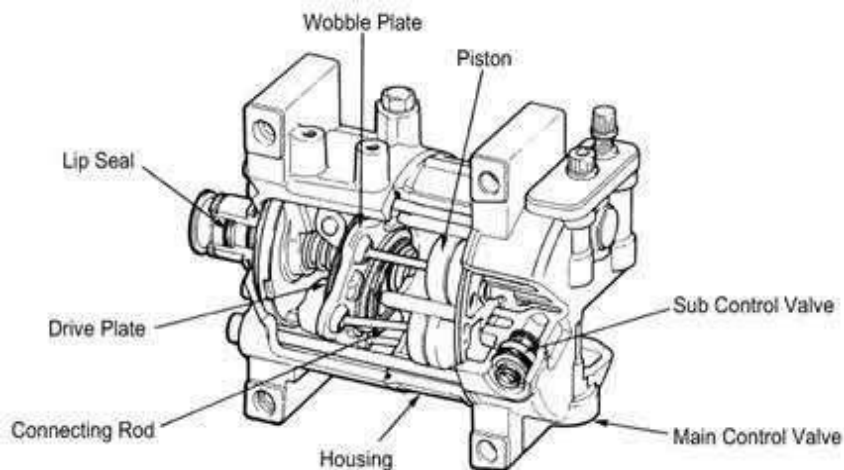
Gambar 2.7 Kompresor tipe *Swash Plate*



Piston akan bergerak ke kanan dan kiri sesuai dengan putaran piringan pengatur (*swash plate*) untuk menghisap dan menekan refrigeran. Saat piston bergerak ke arah dalam dalam, katup pemasukan terbuka dan menghisap refrigeran ke dalam silinder. Sebaliknya ketika piston bergerak keluar katup pemasukan menutup dan katup pengeluaran membuka untuk menekan refrigeran keluar. Katup pemasukan dan pengeluaran yang bekerja satu arah mencegah terjadinya pemasukan balik.

### 3. Tipe *Wobble Plate*

System kerja kompresor tipe ini sama dengan kompresor tipe *swash plate*. Namun, dibandingkan dengan kompresor tipe *swash plate*, penggunaan kompresor tipe *wobble plate* lebih menguntungkan diantaranya adalah kapasitas kompresor dapat diatur secara otomatis sesuai dengan kebutuhan beban pendinginan. Selain itu, pengaturan kapasitas yang bervariasi akan mengurangi kejutan yang disebabkan oleh operasi kopling magnetik (*magnetic clutch*).

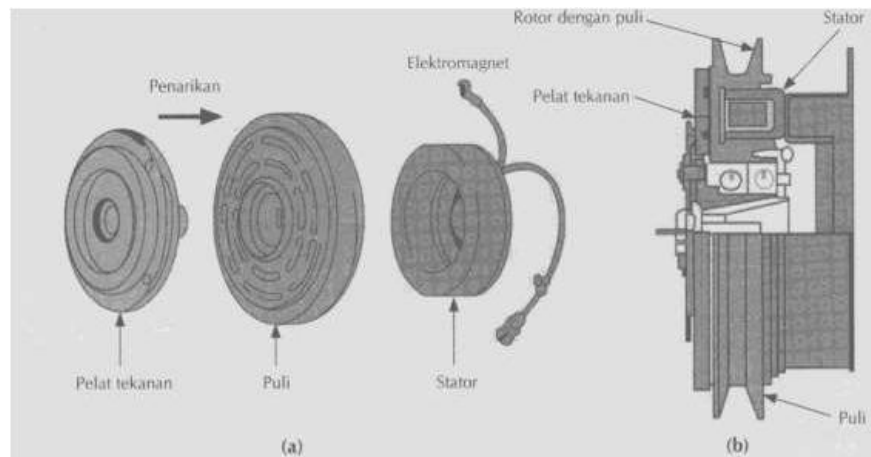


Gambar 2.8 Kompresor tipe *Wobble Plate*

Cara kerjanya, gerakan putar dari poros kompresor diubah menjadi gerakan bolak-balik oleh plate penggerak (*drive plate*) dan *wobble plate* dengan bantuan *guide ball*. Gerakan bolak-balik ini selanjutnya diteruskan ke piston melalui batang penghubung.

## 2. Magnetic Clutch

*Magnetic clutch* digunakan untuk menghubungkan dan memutuskan hubungan kompresor ke mesin. Komponen utama adalah *stator*, *rotor* dan *pressure plate*.



Gambar 2.9. *Magnetic Clutch*

Cara kerja *magnetic clutch* adalah: Saat mesin beroperasi, puli berputar karena dihubungkan ke poros engkol menggunakan belt, tetapi kompresor tidak bekerja sebelum *magnetic clutch* diberi arus listrik. Ketika sistem AC hidup, amplifier member arus listrik ke *coil stator*, selanjutnya medan elektromagnet yang terbentuk menarik *pressure plate* dan *pressure plate* menekan permukaan gesek pada puli. Hal ini menyebabkan *pressure plate* berputar mengikuti putaran puli, memutar kompresor.

## 3. Kondensor

kondensor berfungsi untuk menyerap panas pada *refrigerant* yang telah dikompresikan oleh kompresor dan mengubah *refrigerant* yang berbentuk gas tersebut menjadi cair dan mendingin.



Gambar 2.10. Kondensor

#### 4. Kipas Listrik Kondensor

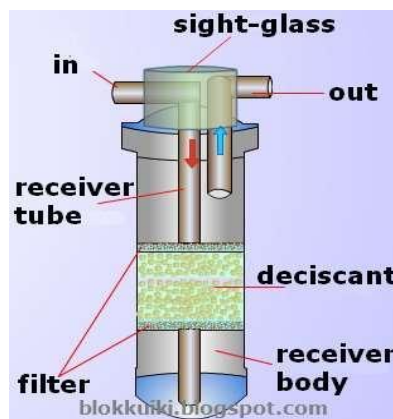
Kebanyakan kendaraan yang memiliki sistem AC membutuhkan kipas listrik sebagai penghisap udara dari luar dan mengalirkan udara untuk mendinginkan kondensor.



Gambar 2.11. Kipas Kondensor

#### 5. Receiver/Dryer

*Receiver/Dryer* berfungsi untuk menampung *refrigerant* cair untuk sementara yang untuk selanjutnya mengalirkan *refrigerant* cair tersebut ke evaporator melalui *expansion valve* sesuai dengan beban pendinginan yang dibutuhkan. Selain itu, *dryer/receiver* juga berfungsi sebagai filter untuk menyaring uap air dan kotoran yang jika dibiarkan dapat merugikan bagi siklus.



Gambar 2.12. Receiver/Dryer

## 6. Katup Ekspansi

Katup ekspansi akan mengabsorpsi freon ke dalam evaporator sehingga mudah menguap dan dinginya terserap dalam kisi kisi evaporator yang nantinya akan ditiup angin blower ke dalam kabin, juga berfungsi untuk mengatur banyaknya jumlah freon yang dialirkan ke dalam evaporator sesuai dengan yang dibutuhkan (hal ini tergantung dari beban pendinginan dalam kabin dan ini diatur oleh capillary tube dibagian ekspansi).



Gambar 2.13. Katup Ekspansi.

## 7. Evaporator

Evaporator merupakan kebalikan dari kondensor. Evaporator berfungsi menyerap panas dari udara kabin yang akan didinginkan. Pendinginan ini dilakukan dengan cara meniupkan udara kabin tersebut melalui sirip-sirip pipa evaporator sehingga udara tersebut menjadi dingin. Sementara itu, refrigeran yang ada di dalam pipa evaporator mendidih dan berubah menjadi uap/gas.



Gambar 2.14. Evaporator.

## 8. *Thermostat*

*Thermostat* berfungsi untuk menyalurkan daya listrik ke kompresor secara otomatis. Sensor pada *thermostat* akan mendeteksi suhu *di evaporator* sesuai setelan. Apabila *thermostat* rusak maka *evaporator* akan membeku karena pemutus arus listrik tidak berfungsi. Kerusakan *thermostat* ditandai dengan keluarnya asap dari kisi AC serta adanya tetesan air seperti embun yang menetes dari *evaporator*.



Gambar 2.15. *Thermostat*

## 9. *Blower*

Blower berfungsi untuk meniup atau menghembuskan udara melewati sirip-sirip *evaporator* sehingga udara dingin mengalir searah aliran tiupan blower menuju ke ruangan mobil.



Gambar 2.16. *Blower*

## 10. Refrigerant

*Refrigerant* adalah media yang bentuknya senyawa, yang digunakan dalam siklus panas yang mengalami perubahan fasa dari gas ke cair atau sebaliknya.



Gambar 2.17. Refrigerant

Persyaratan *Refrigerant*:

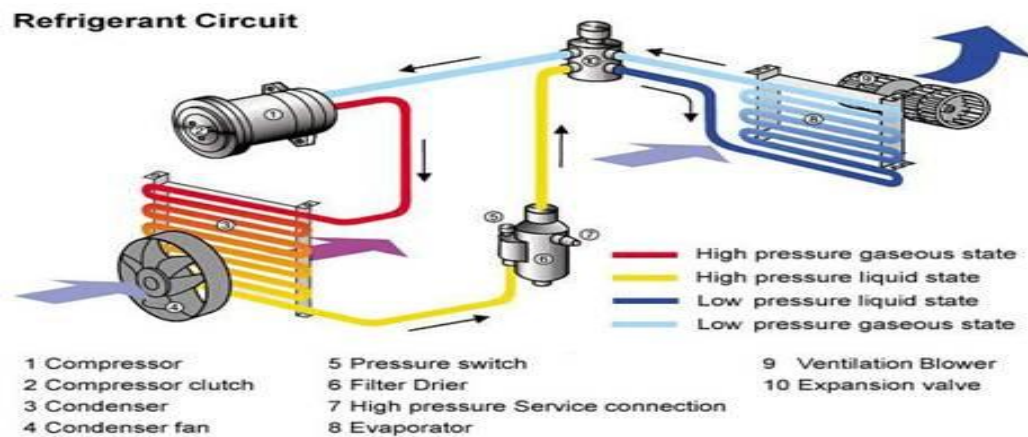
- Tekanan penguapan tinggi .
- Tekanan pengembunan rendah.
- Kalor laten penguapan tinggi.
- Koefisien prestasi tinggi .
- Konduktivitas termal tinggi.
- Viskositas rendah .
- Stabil, tidak bisa bereaksi dengan bahan lain.
- Tidak beracun dan berbau.
- Tidak mudah terbakar .
- Mudah dideteksi apabila bocor .
- Harga terjangkau dan mudah diperoleh.

## 11. Jenis Refrigerant

Jenis *refrigerant* sangat banyak, salah dari seginya yang pernah digunakan sebagai fluida kerja AC mobil adalah R12. Akan tetapi, karena R12 mengandung HFC yang besar andilnya dalam dampak penipisan *ozon* ( $O_3$ ), maka penggunaan *refrigerant* jenis R12 diganti dengan *refrigerant* jenis R134 yang lebih ramah lingkungan.

### 2.4. Diagram cara kerja AC (Air Conditioner) :

Seperti telah dijelaskan fungsi dari komponen-komponen sistem AC di atas, cara kerja dari sistem AC adalah penggabungan dari fungsi masing-masing komponen tersebut, hal tersebut digambarkan di bawah ini.



Gambar 2.18 Gambaran kerja sistem AC

Adapun cara kerja dari sistem AC mobil adalah sebagai berikut:

Kompresor yang digerakan oleh tenaga mesin mobil tersebut, memompa dan mensirkulasikan media pendingin / Refrigerant / Freon yang masih berbentuk Gas ke dalam sistem dengan tekanan tertentu.

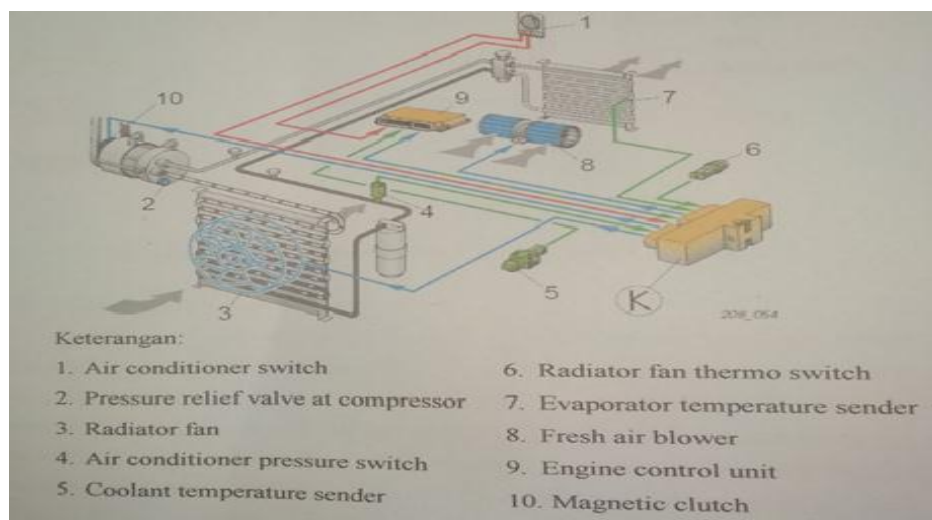
Selanjutnya media pendingin tersebut dialirkan ke kondensor, di kondensor media pendingin didinginkan dengan jalan melepas panas ke udara luar lewat sirip-sirip kondensor. Dikarenakan temperaturnya menurun maka media pendingin yang tadinya berbentuk gas dari kompresor akan berubah menjadi media pendingin berbentuk cair.

Selanjutnya media pendingin tersebut dialirkan ke Filter / Dryer untuk dilakukan penyaringan maupun pengeringan terhadap uap air yang ikut beredar di dalam sistem. Media pendingin yang sudah difilter di alirkan ke katup ekspansi yang bertugas untuk menurunkan tekanan media pendingin, karena tekanan turun maka otomatis temperatur juga turun, akibat dari penurunan tekanan media pendingin berubah menjadi kabut dengan temperatur yang rendah.

Media pendingin yang sudah turun tekanan dan temperaturnya dialirkan ke evaporator, akibatnya evaporator menjadi dingin, udara yang mengalir melalui sirip-sirip evaporator panasnya diserap sehingga temperatur udara tersebut menjadi turun. Udara yang sudah turun temperaturnya dialirkan ke dalam ruang kendaraan sehingga terasa sejuk. Sementara itu di dalam evaporator terjadi perubahan bentuk pada media pendingin, yang semula berbentuk kabut dari katup ekspansi berubah menjadi gas pada evaporator.

## 2.5 Sistem Kontrol Pada Stand Trainer AC Mobil

hanya dapat berfungsi jika semua sistem komponen bekerja dengan baik. Suatu kesalahan tentang komponen ini bisa menyebabkan hal yang tidak diinginkan. Untuk menghindari ini, ada monitoring alat di dalam sirkuit mesin refrigerasi mobil.



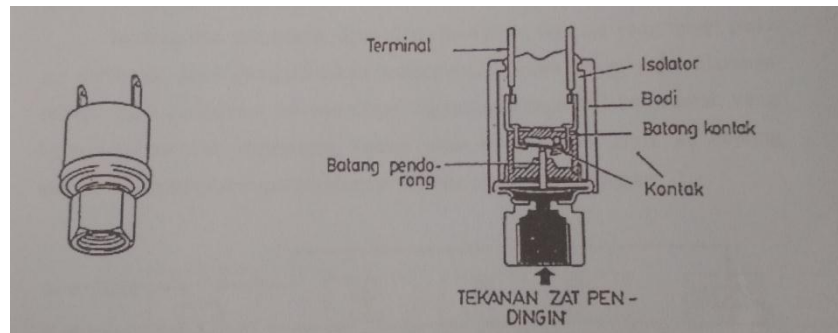
Gambar 2.19 sirkuit sistem control



Sistem kontrol itu berupa sakelar yang bekerja memutuskan aliran listrik ke kopling magnet, bila tekanan atau temperatur zat pendingin terlalu tinggi atau tekanan zat pendingin terlalu rendah. Dengan demikian kompresor tidak akan beketja bila kesalahan-kesalahan seperti di atas terjadi dalam sistem, maka kerusakan yang lebih besar akibat kesalahan itu dapat di hindari.

### 1. Pengontrol Tekanan Tinggi

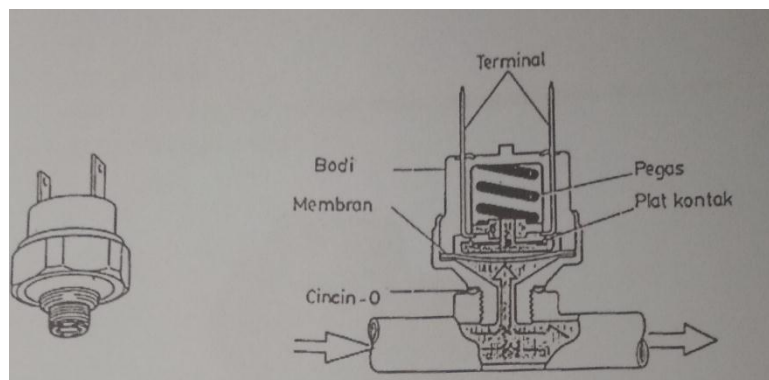
Komponen ini dipasang pada saluran tekanan tinggi atau pada filter saringan dalam keadaan normal kontak akan terhubung, bila tekanan zat pendingin sudah melebihi kira-kira 23 bar kontak akan terbuka, aliran listrik ke kopling magnet terputus tidak bekerja.



Gambar 2.20 komponen pengontrol tekanan tinggi

### 2. Pengontrol Tekanan Rendah

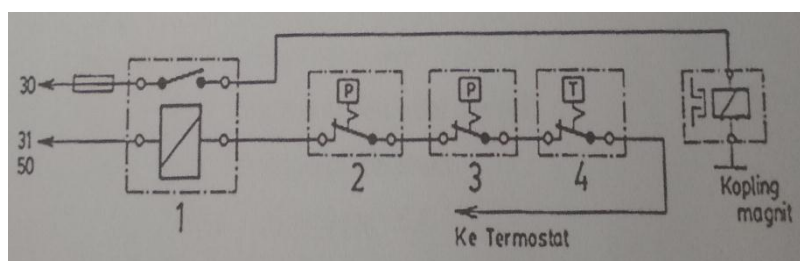
Kontak akan memutuskan hubungan bila tekanan zat pendingin dalam sistem kurang dari 1,5 bar, karena kebocoran atau pada waktu pengisian, volume yang masih kurang, hal ini menyebabkan kompresor cepat panas. Pendinginan kompresor juga dilakukan oleh zat pendingin yang kembali ke saluran hisap (S), karena tekanan zat pendingin kecil, maka pendingin kompresor juga akan sedikit, sementara kompresor terus bekerja, akan menimbulkan kerusakan karena panas.



Gambar 2.21 pengontrol tekanan rendah

### 3. Pengontrol Temperatur

Tekanan dan temperatur akan selalu berkaitan, tekanan yang tinggi pada zat pendingin akan mengakibatkan temperaturnya akan tinggi pula, biasanya sebagai ganti pengontrol tekanan tinggi digunakan pengontrol temperatur, yang bekerja berdasarkan temperatur, kontak akan memutuskan listrik ke kopling magnet bila sudah mencapai temperatur tertentu pada zat pendingin.



Gambar 2.22Rangkaian sistem kontrol

## 2.6 Motor Listrik

Motor listrik berfungsi sebagai sumber penggerak utama poros kompresor, seperti yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.23 Motor Listrik

## 2.7 Karakteristik Stand Trainer AC Mobi

Karakteristik dapat diketahui dengan menentukan unjuk kerja termalnya yaitu sebagai berikut :

### 1. Throttling Process

Proses ini terjadi di dalam pipa kapiler atau pada katup ekspansi. Pada proses ini tidak ada kerja yang dilakukan atau ditimbulkan sehingga  $W=0$  . Perubahan energi kinetik dan potensial dianggap nol. Proses dianggap adiabatik sehingga  $q=0$ . Persamaan energi aliran akan menjadi seperti Persamaan 1.2 (Yawara, Eka)

$$h_3 = h_4 \quad (\text{“kg}) \quad (\text{Pers.2.1})$$

### 2. Koefisien Prestasi (COP)

Performa dari siklus refrigerasi biasanya di jelaskan menggunakan koefisien prestasi, *COP (Coefficient Of Performance)*.

Koefisien prestasi dari sistem refrigeran adalah perbandingan besarnya panas dari ruang pendingin (dampak refrigerasi) dengan besarnya kerja yang dilakukan kompresor.

Dampak refrigerasi adalah besarnya kalor yang diserap oleh refrigeran dalam evaporator pada proses evaporasi yang dapat diperoleh menggunakan Persamaan 2.2. (Yawara, Eka 2003)

$$q_e = h_1 - h_4 \quad (\text{kJ/kg}) \quad (\text{Pers.2.2})$$

Keseimbangan energi memungkinkan penghubung masukan kerja  $w = \Delta h$  dengan perubahan kenaikan entalpi di dalam kompresor, sehingga kerja kompresi atau daya kompresor spesifik diperoleh menggunakan Persamaan 2.3. (Yawara, Eka 2003)

$$w = h_2 - h_1 \quad (\text{kJ/kg}) \quad (\text{Pers.2.3})$$

Maka COP dapat dirumuskan seperti Persamaan 2.4.

$$COP = \frac{\text{dampak refrigerasi}}{\text{daya kompresor}}$$

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

$$COP = \frac{q_e}{w} \quad (\text{Pers.2.4})$$

### 3. Daya kompresor

Daya kompresor total,  $W$  merupakan hasil kali antara kerja kompresi dengan laju aliran massa refrigeran. (Yawara, Eka 2003)

$$W = m \cdot w \quad (\text{kW}) \quad (\text{Pers.2.5})$$

### 4. Kalor yang dilepas kondenser

Laju aliran kalor pada proses kondensasi (kapasitas penguapan), dapat diperoleh menggunakan Persamaan 2.6. (Yawara, Eka 2003)

$$Q_k = h_2 - h_3 \quad (\text{kJ/kg}) \quad (\text{pers.2.6})$$

### 5. Kalor total yang dilepas, $Q_k$

Kalor total yang dilepas,  $Q_k$  merupakan besarnya kalor yang lepas di kondenser tiap satuan massa. Diperoleh dari besarnya nilai kalor yang dilepas

kondenser dikalikan dengan laju aliran massa, yang dapat dilihat pada Persamaan 27.(Yawara, Eka 2003)

$$Q := m \cdot q_k \quad (\text{kW}) \quad (\text{Pers.2.7})$$

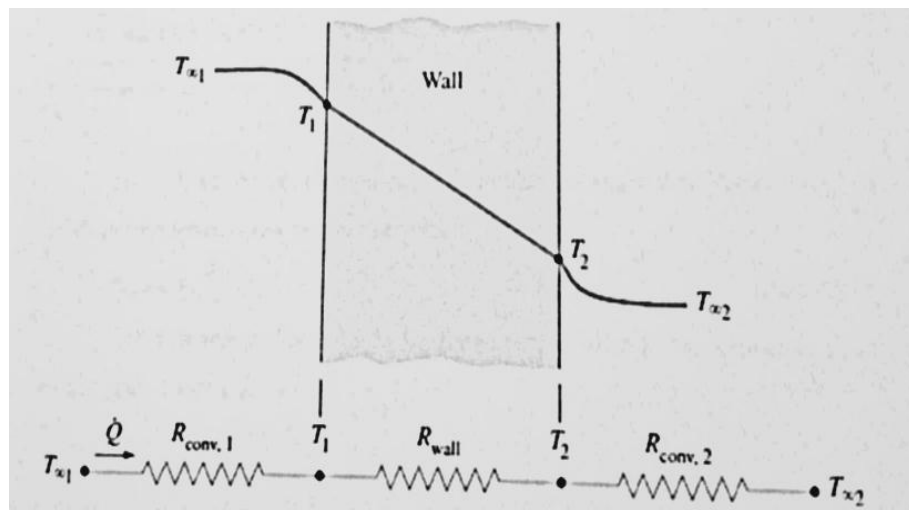
6. Kalor total yang diserap,  $Q_e$

Kalor total ini disebut beban pendinginan (cooling load) pada sistem refngeran, yaitu sejumlah kalor yang diserap dari ruangan/kabin. (Yawara, Eka 2003)

$$Q_e := m' \cdot q_e \quad (\text{kW}) \quad (\text{Pers.2.8})$$

Untuk memperoleh nilai  $Q_e$  ini dapat menggunakan Persamaan 2.9

$$Q_e = \frac{T_{oo1} - T_{oo2}}{R_{total}} \quad (\text{kW}) \quad (\text{Perss.2.9})$$



Gambar 2.24 skema resistansi thermal untuk perpindahan panas konveksi melalui dinding (*wall*) pada masing-masing sisi.

Nilai R, ketahanan thermal dapat ditemukan menggunakan Persamaan 2.10 untuk perpindahan panas secara konduksi.(Yawara, Eka 2003)

$$R_{cond} = \frac{L}{k \cdot A} \quad (\text{kW}) \quad (\text{Perss.2.10})$$

Nilai k, konduktivitas termal, dapat diperoleh dari Tabel 1.1.

**Tabel 1.1 koefisien perpindahan panas konveksi berapa material pada**

temperature ruangan.

Material	k, W/m · °C*
Diamond	2300
Silver	429
Copper	401
Gold	317
Aluminum	237
Iron	80.2
Mercury (l)	8.54
Glass	0.78
Brick	0.72
Water (l)	0.613
Human skin	0.37
Wood (oak)	0.17
Helium (g)	0.152
Soft rubber	0.13
Glass fiber	0.043
Air (g)	0.026
Urethane, rigid foam	0.026

\*Multiply by 0.5778 to convert to Btu/h · ft · °F.

(sumber:Yawara, Eka 2003)

Nilai R, ketahanan thermal dapat ditemukan menggunakan Persamaan 2.11 untuk perpindahan panas secara konveksi. (Yawara, Eka 2003)

$$R_{\text{conv}} = \frac{1}{h \cdot a} \quad (\text{kW}) \quad (\text{Perss.2.10})$$

Untuk mendapatkan Nilai h, koefisien perpindahan panas konveksi t dapat diperoleh dari Tabel 1.2.(Yawara, Eka 2003)

Type of convection	h, W/m <sup>2</sup> · °C*
Free convection of gases	2–25
Free convection of liquids	10–1000
Forced convection of gases	25–250
Forced convection of liquids	50–20,000
Boiling and condensation	2500–100,000

\*Multiply by 0.176 to convert to Btu/h · ft<sup>2</sup> · °F.

(sumber:Yawara, Eka 2003)

7. Laju aliran massa

Laju aliran massa merupakan laju aliran refrigeran dalam siklus refrigerasi, dapat diperoleh menggunakan Persamaan 2.12. (Yawara, Eka 2003)

$$m = \frac{Q_e}{q_e} \quad (\text{kg/detik}) \quad (\text{Pers.2.12})$$

8. Daya motor penggerak

Pada percobaan ini dipakai motor listrik tiga fasa sebagai penggerak kompresor. Daya yang diserap motor dapat ditemukan menggunakan Persamaan 2.13. (Yawara, Eka 2003)

$$P = W = V_i I \sqrt{3} \cos\phi \quad (\text{Watt}) \quad (\text{Pers.2. 13})$$

dengan  $\cos \phi$  adalah faktor daya yang harganya 0,8 dan  $V_i$  adalah tegangan antar fasa yang dapat dicari dari tegangan fasa-netral seperti yang dapat dilihat pada Persamaan 2.14. (Yawara, Eka 2003)

$$V_i = V \cdot \sqrt{3} \quad (\text{Volt}) \quad (\text{Pers.2.14})$$

9. Perbandingan tekanan (pressure ratio) kompresor Adalah perbandingan tekanan keluar (discharge,  $p_d$ , satuan psig) dan tekanan masuk (suction,  $p_s$ , satuan psig) pada kompresor, (Yawara, Eka 2003)

$$r = \frac{p_d}{p_s} \quad - \quad (\text{Pers.2.15})$$

Tekanan yang diperoleh dari percobaan adalah dalam tekanan pengukuran (psig).

Keterangan :

$h_1$  = entalpi refrigeran awal kompresi, kJ/kg

$h_2$  = entalpi refrigeran akhir kompresi, kJ/kg

$h_3$  = entalpi refrigeran keluar kondenser, kJ/kg

$h_4$  = entalpi refrigeran masuk evaporator, kJ/kg

$V$  = tegangan listrik fasa netral, volt

$I$  = arus listrik fasa netral, amper

## 2.8 Satuan Panas

Dalam dunia teknis komersial dewasa ini dijumpai satuan jumlah panas Kilo-kalori (Kkal) dan British Thermal Unit (B.t.u). Kilo-kalori merupakan satuan metrik yang nilainya sama Dengan jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur 1 kg air sebesar 1°C, misalnya 5 kg air temperatur awal 25°C naik menjadi 26°C maka panas yang diperlukan sebanyak 5 Kkal.

Dalam satuan imperial dipakai satuan B.t.u. Dimana 1 B.t.u adalah panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur 1 lb air sebanyak 1°F, misalnya dari 50°F menjadi 51°F. Selain satuan-satuan tersebut diatas dalam dunia ilmiah dipergunakan satuan Joule (J) atau Kilo-Joule. 1 Joule yaitu panas yang timbul akibat kerja 1 Watt selama 1 detik. (Yawara, Eka 2003)

Korelasi dari satuan-satuan tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut:

- 1 Kkal = 3,97 Btu = 4,18 KJ
- 1 B.t.u = 0,252 Kkal = 1,053 KJ
- 1 K = 0,2388 Kkal = 0,9478 Btu