

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Dasar Sistem Pengkondisian Udara

Sistem pengkondisian udara adalah suatu proses untuk mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembapan yang sesuai dengan yang dipersyaratkan terhadap kondisi udara suatu ruangan tertentu, mengatur aliran udara dan kebersihannya. Sistem ini memelihara udara di dalam ruangan tertentu untuk mengatur temperatur dan kelembabannya sesuai dengan yang dikehendaki. Bila didalam ruangan temperaturnya rendah maka panas akan diberikan sehingga temperaturnya naik dan bila temperatur di dalam ruangan tinggi maka panas di dalam ruangan akan diturunkan. Kelembaban dikurangi atau ditambah demi kenyamanan. Selain itu sistem pengkondisian udara juga mengontrol sirkulasi udara dan memurnikan udara.

Sistem pengkondisian udara dibagi menjadi beberapa golongan utama (menurut Juni Handoko, 2008, halaman 2) diantaranya yaitu:

1. Sistem pengkondisian udara untuk kenyamanan yang berfungsi untuk menyegarkan udara dari ruangan untuk memberikan kenyamanan tertentu.
2. Sistem pengkondisian udara untuk industri yang berfungsi untuk menyegarkan udara dari ruangan yang diperlukan oleh proses, bahan, peralatan atau barang yang ada didalamnya.

2.2 Prinsip Sistem Pengkondisian Udara

Pada saat kita sehabis berenang pada kondisi panas, air yang menempel pada badan akan menyerap panas tubuh dan menguap. Itu sebabnya tubuh kita

merasa dingin dan segar. Dengan cara yang sama jika kita mengoleskan alkohol pada tubuh, kita juga merasa dingin pada bagian yang disentuh alkohol karena alkohol dengan cepat menyerap panas tubuh. Suatu eksperimen dilakukan dengan menempatkan suatu bejana dalam kotak terisolasi dan ujung bejana diberi katup kedalam bejana diisikan cairan yang mudah menguap. Ketika katup bejana dibuka, cairan dalam bejana akan berusaha menyerap panas pada udara di dalam kotak isolasi sehingga cairan menguap dan keluar dalam bentuk gas melalui katup. Karena panas pada udara di ambil maka suhu ruangan di dalam kotak akan menjadi lebih dingin.

Berdasarkan hukum termodinamika dasar, panas Q_1 yang dikeluarkan dari siklus temperatur tinggi sama dengan jumlah panas Q_2 yang dikeluarkan pada temperatur rendah ditambah dengan kerja W . Input energi yang dibutuhkan untuk mengangkat panas Q_2 dari temperatur rendah ke temperatur tinggi membutuhkan kerja mekanik dan sistem pengkondisian udara tidak bisa dilepaskan dari terjadinya proses perpindahan panas dimana panas yang diproduksi oleh ruangan yang akan dikondisikan temperaturnya akan diserap oleh sistem pengkondisian udara dan kemudian akan dilepaskan ke lingkungan.

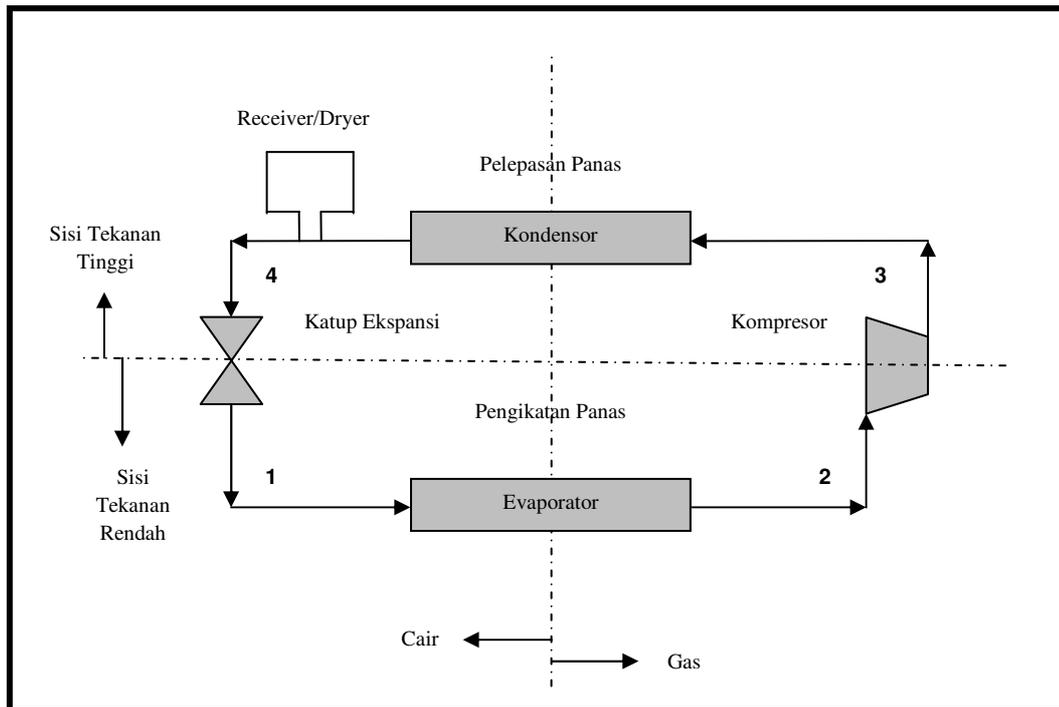
Secara umum perpindahan panas dapat dikategorikan menjadi 3 bagian (*Training Center, PT Toyota Astra Motor, halaman 8*) yaitu:

1. Konduksi yaitu penjalaran kalor tanpa disertai perpindahan bagian-bagian zat perantaranya. Penjalaran ini biasanya terjadi pada benda padat. Kalor mengalir pada konduktor dari sisi yang bertemperatur tinggi ke sisi yang bertemperatur rendah. Jadi, pada konduktor, temperatur terbagi sepanjang konduktor sehingga

- membuat semacam lintasan untuk mengalirkan panas dari tempat dengan jumlah panas lebih banyak ke tempat dengan jumlah panas lebih sedikit.
2. Konveksi yaitu perpindahan kalor melalui zat penghantar yang disertai dengan perpindahan bagian-bagian zat itu. Pada umumnya zat penghantar yang dipakai berupa zat cair dan gas. Kalor berpindah karena adanya aliran zat yang dipanaskan akibat adanya perbedaan massa jenis. Massa jenis bagian yang dipanaskan lebih kecil daripada massa jenis bagian zat yang tidak dipanaskan.
 3. Radiasi yaitu perpindahan kalor tanpa memerlukan zat perantara. Pancaran kalor hanya terjadi dalam gas atau ruang hampa, misalnya penghantaran panas matahari ke bumi melalui ruang hampa udara.

2.3 Siklus Sistem Pengkondisian Udara

Siklus sistem pengkondisian udara pada kendaraan pada hakekatnya merupakan suatu sistem dengan rangkaian tertutup. Diawali dengan pergerakan refrigeran oleh tekanan kompresor dalam bentuk gas menuju ke kondenser, kemudian dikondenser ini refrigeran berubah bentuk menjadi cair yang terus bergerak menuju *receiver/dryer*. Disini refrigeran ditampung dan disaring, kemudian diteruskan menuju ke katup ekspansi, yang berfungsi untuk menyemprotkan refrigeran ke *evaporator*. Di *evaporator* refrigeran berubah bentuk menjadi gas agar dapat menyerap panas dari udara yang ditiupkan *blower* sehingga terjadi penurunan temperatur di dalam kabin mobil, kemudian refrigeran kembali menuju ke kompresor.



Gambar 2.1 Siklus *air conditioner* (Juni Handoko, 2008)

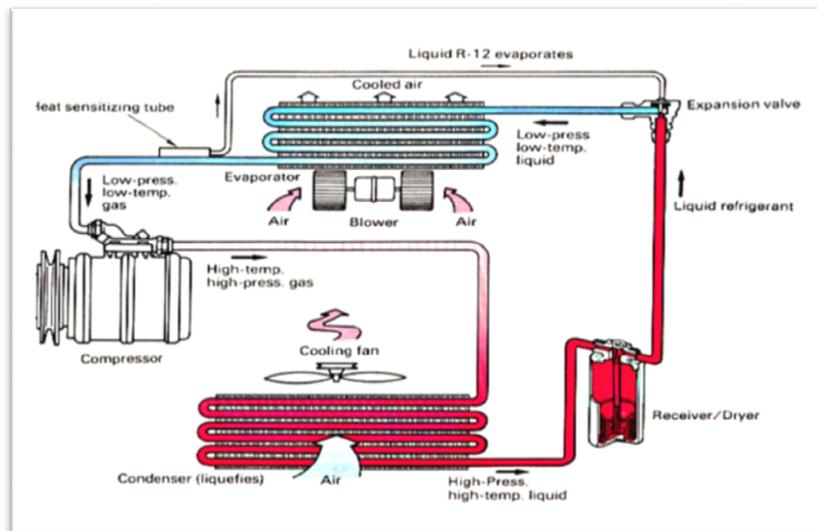
Penjelasan skema sistem pengkondisian udara:

1. Langkah 1–2 : Evaporasi, yaitu merupakan proses pertukaran panas udara ruangan dengan refrigeran. Pada tahap ini terjadi pertukaran panas di *evaporator*, dimana kalor dari lingkungan atau media yang didinginkan diserap oleh refrigeran cair dalam *evaporator* sehingga refrigeran cair yang berasal dari katup ekspansi yang bertekanan rendah dan bertemperatur rendah berubah fasa dari fasa cair menjadi uap. Cairan refrigeran dalam *evaporator* menyerap panas dari sekitarnya. Selama proses ini, cairan berubah bentuknya dari cair menjadi gas, dan pada keluaran *evaporator* gas ini diberi pemanasan berlebih.
2. Langkah 2–3 : Kompresi, yaitu proses yang digunakan untuk menghisap refrigeran dari *evaporator* dan meningkatkan tekanan refrigeran. Uap yang diberi panas berlebih masuk menuju kompresor dimana tekanannya dinaikkan,

temperatur juga akan meningkat, sebab bagian energi yang menuju proses kompresi dipindahkan ke refrigeran.

- Langkah 3–4 : Kondensasi, yaitu proses dimana refrigeran panas dan bertekanan tinggi berpindah dari kompresor menuju kondenser. Bagian awal proses refrigerasi menurunkan panas gas sebelum gas ini dikembalikan menjadi bentuk cairan. Refrigerasi untuk proses ini biasanya dicapai dengan menggunakan udara atau air. Penurunan temperatur lebih lanjut terjadi pada pekerjaan pipa dan penerima cairan, sehingga cairan refrigeran didinginkan ke tingkat lebih rendah ketika cairan ini menuju ke alat ekspansi.
- Langkah 4-1 : Ekspansi, yaitu proses dimana cairan yang sudah didinginkan dan bertekanan tinggi melintas melalui katup ekspansi, yang mana akan mengurangi tekanan dan mengendalikan aliran menuju *evaporator*.

Siklus pengkondisian udara merupakan suatu rangkaian yang tertutup yang dapat digambarkan berikut ini:



Gambar 2.2 Siklus *air conditioner* (Juni Handoko, 2008)

Aliran refrigeran dalam siklus pengkondisian udara dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kompresor berputar menekan refrigeran dari *evaporator* yang bertemperatur tinggi, dengan bertambahnya tekanan maka temperaturnya semakin meningkat, hal ini diperlukan untuk mempermudah pelepasan panas refrigeran.
2. Refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi masuk kedalam kondenser. Di dalam kondenser ini panas refrigeran dilepaskan dan terjadilah pengembunan sehingga refrigeran berubah menjadi zat cair.
3. Refrigeran dalam bentuk cair ditampung oleh *receiver/dryer* untuk disaring sampai *evaporator* membutuhkan refrigeran.
4. Katup ekspansi memancarkan refrigeran cair ini sehingga berbentuk gas dan cairan yang bertemperatur rendah dan bertekanan rendah.
5. Refrigeran dalam bentuk gas yang dingin mengalir kedalam *evaporator* untuk mendinginkan udara yang mengalir melalui sela-sela sirip *evaporator*, sehingga udara didalam kabin kendaraan tersebut menjadi dingin.
6. Refrigeran dalam bentuk gas kembali kekompresor untuk dicairkan kembali di kondenser.

2.4 Komponen Sistem Pengkondisian Udara

Komponen dasar dari sistem pengkondisian udara pada kendaraan terdiri dari kompresor, kondenser, *receiver/dryer*, katup ekspansi dan *evaporator*. Ada juga komponen lain agar sistem pengkondisian udara dapat bekerja sempurna yaitu unit kopling magnet, *blower* untuk menghembuskan udara pada *evaporator*,

saringan udara untuk membersihkan udara yang dihisap *blower*, kontrol panel, sistem anti pembekuan, pencegah mesin mati, komponen kelistrikan dan lain-lain.

Sistem pengkondisian udara merupakan suatu rangkaian peralatan dari beberapa komponen yang berfungsi untuk mendinginkan udara didalam ruangan tertentu atau pada ruang kabin kendaraan agar temperatur dari ruang kabin kendaraan tersebut dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Beberapa komponen dari rangkaian peralatan tersebut adalah:

1. Kompresor, berfungsi untuk menaikkan tekanan refrigeran yang berbentuk gas agar tekanannya meningkat sehingga temperaturnya meningkat.



Gambar 2.3 Kompresor (Juni Handoko, 2008)

2. Kondenser, berfungsi untuk menyerap panas pada refrigeran yang telah dikompresikan oleh kompresor dan mengubah refrigeran yang berbentuk gas menjadi cair dan dingin.



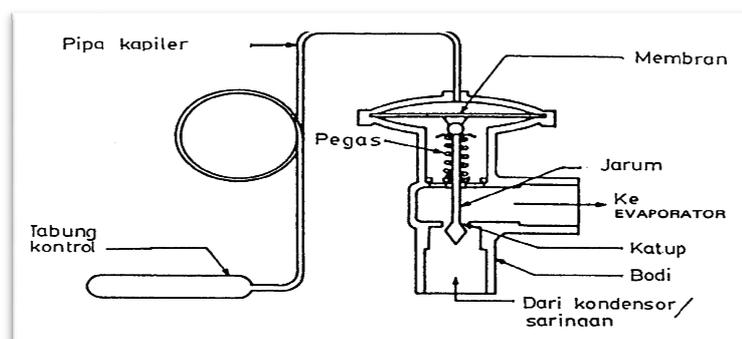
Gambar 2.4 Kondenser (Juni Handoko, 2008)

3. *Receiver/dryer*, berfungsi untuk menampung refrigeran cair untuk sementara, untuk selanjutnya mengalirkan ke *evaporator* melalui katup ekspansi, sesuai dengan beban pendinginan yang dibutuhkan. Selain itu *receiver/dryer* juga berfungsi sebagai filter untuk menyaring uap air dan kotoran yang dapat merugikan bagi siklus refrigeran.



Gambar 2.5 *Receiver/dryer* (Juni Handoko, 2008)

4. Katup ekspansi, berfungsi untuk mengabutkan refrigeran kedalam *evaporator*, agar refrigeran cair dapat segera berubah menjadi gas.



Gambar 2.6 Katup ekspansi

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

5. *Evaporator*, merupakan kebalikan dari kondenser, berfungsi untuk menyerap panas dari udara yang melalui sirip-sirip pendingin *evaporator*.

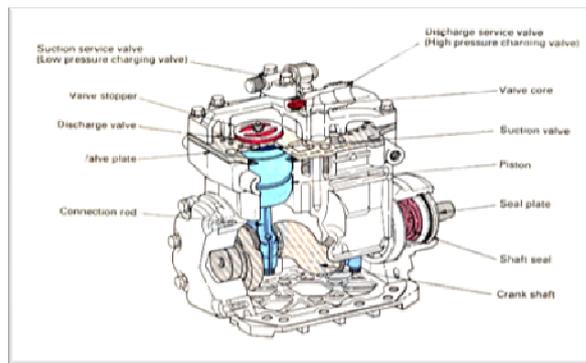


Gambar 2.7 *Evaporator* (Juni Handoko, 2008)

2.5 Sistem Kerja Pengkondisian Udara

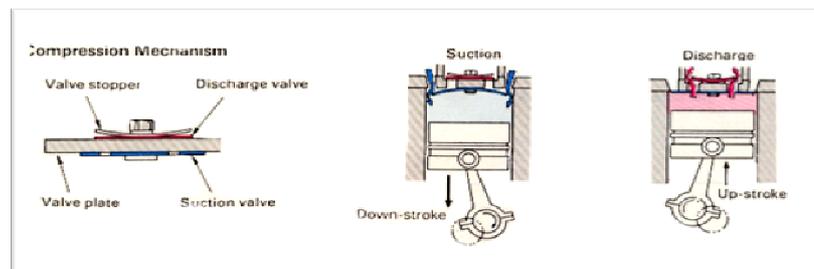
Didalam sistem pengkondisian udara terdapat beberapa komponen yang bekerja secara bersama sesuai dengan proses kerjanya. Diantara proses kerja sistem pengkondisian udara ini adalah:

1. Kompresor, komponen ini di gerakkan oleh tali kipas dari puli mesin. Perputaran kompresor ini akan menggerakkan *piston* atau *rotor vane* dan gerakan ini akan menimbulkan tekanan bagi refrigeran yang berbentuk gas sehingga tekanan meningkat, dengan sendirinya juga akan meningkatkan temperaturnya. Jenis kompresor dapat dipisahkan seperti dibawah ini:
 - a. Tipe *Reciprocating*, yaitu tipe yang mengubah putaran *crankshaft* menjadi gerakan bolak-balik pada *piston*. Pada tipe ini ada 2, yaitu:
 - 1) Tipe *crank*, pada tipe ini sisi *piston* yang berfungsi hanya satu sisi saja, yaitu bagian atas. Oleh sebab itu pada kepala silinder terdapat dua katup yaitu katup hisap (*suction*) dan katup penyalur (*discharge*).



Gambar 2.8 Kompresor tipe *crank*

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

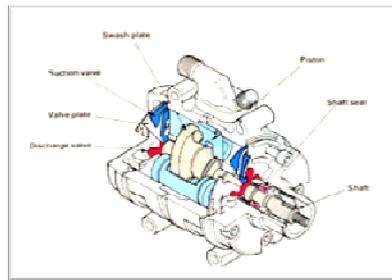


Gambar 2.9 Mekanisme katup kompresor tipe *crank*

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

Pada langkah turun, refrigeran masuk kedalam ruang silinder dari *evaporator*, dan pada langkah naik refrigeran keluar dari ruang silinder menuju ke kondenser dengan tekanan meningkat dari $2,1 \text{ kg/cm}^2$ menjadi 15 kg/cm^2 yang mengubah temperatur dari 0°C menjadi 70°C .

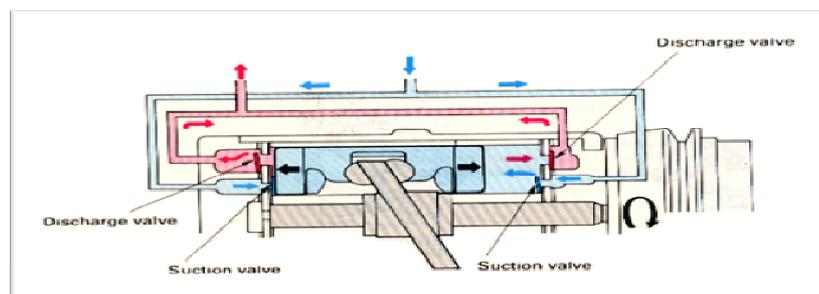
- 2) Tipe *swash plate*, kompresor tipe *swash plate* terdiri dari beberapa *piston* yang disusun dengan interval 72° untuk kompresor dengan jumlah silinder 10, dan interval 120° untuk kompresor dengan jumlah silinder 6.



Gambar 2.10 Kompresor tipe *swash plate*

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

Kedua sisi ujung *piston* pada tipe ini berfungsi yaitu apabila salah satu sisi melakukan langkah kompresi maka sisi lainnya melakukan langkah hisap.



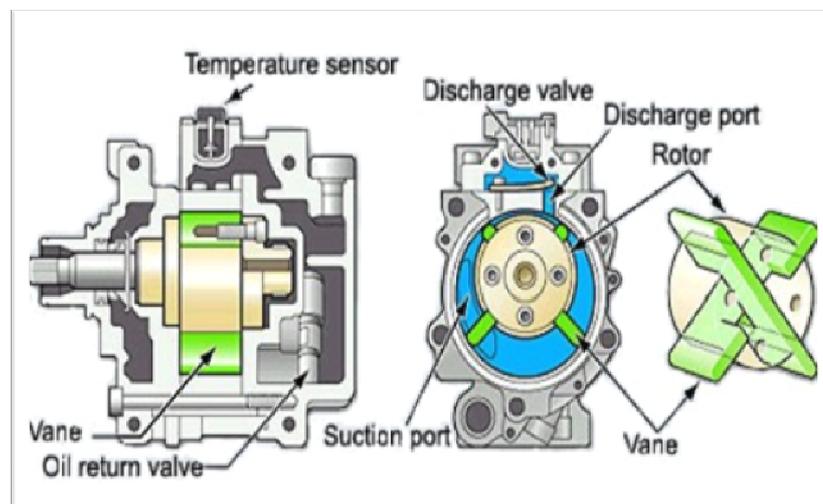
Gambar 2.11 Mekanisme katup kompresor tipe *swash plate*

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

Pada saat salah satu piston melakukan langkah hisap maka pada sisi piston yang lain melakukan langkah kompresi. 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, 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.

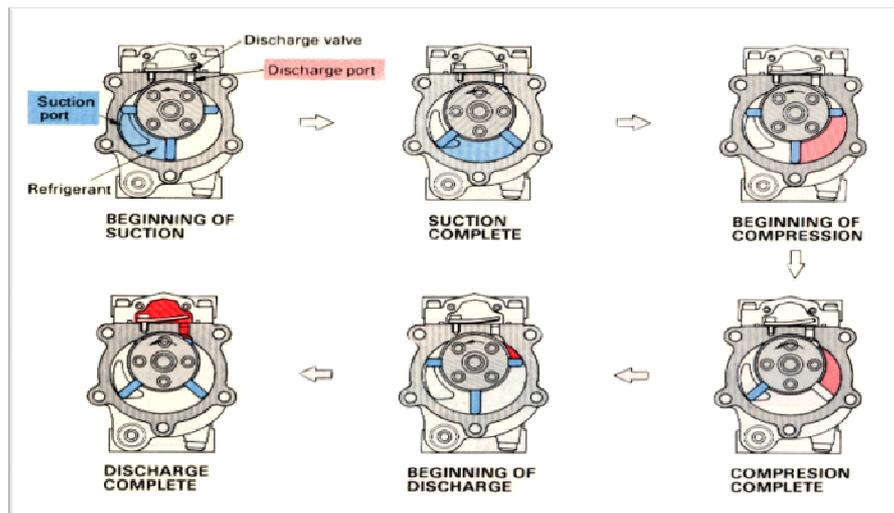
- b. Tipe rotari atau *through vane*, pada tipe ini kompresor memiliki 2 bilah (*vane*) yang terpasang saling tegak lurus pada bagian dalam silinder. Jika *rotor* berputar maka bilah akan bergeser pada arah radial dan menyentuh bagian dalam silinder (*stator*). Ruang yang dibentuk oleh bilah, dinding silinder dan *rotor* membentuk ruang pemasukan dan pengeluaran refrigeran.



Gambar 2.12 Kompresor tipe *through vane*

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

Tipe ini terdiri atas dua bilah (*vane*) yang saling tegak lurus, apabila *rotor* berputar, bilah (*vane*) akan bergeser pada arah radial sehingga ujung-ujung bilah (*vane*) akan selalu bersinggungan dengan permukaan dalam silinder.



Gambar 2.13 Langkah pemasukan dan pengeluaran
(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

Penjelasan gambar dari pojok atas kiri mengikuti anak panah adalah:

Gambar ke-1: Langkah awal hisap dimana refrigeran masuk melalui lubang hisap.

Gambar ke-2: Akhir langkah hisap dimana lubang penghisapan telah tertutup.

Gambar ke-3: Awal langkah kompresi dimana refrigeran mulai dikompresikan untuk menaikkan tekanan.

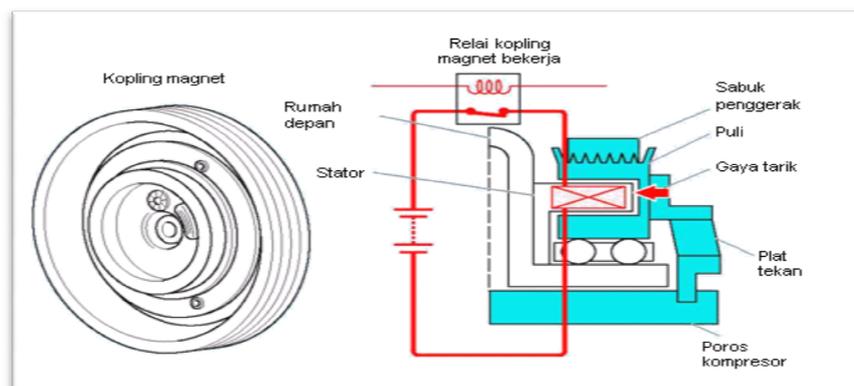
Gambar ke-4: Langkah kompresi penuh.

Gambar ke-5: Langkah penyaluran refrigeran dari silinder ke saluran keluar menuju ke kondenser melalui katup tekan (*discharge valve*).

Gambar ke-6: Penyaluran refrigeran selesai, ruang bilah (*vane*) akan memulai dengan awal langkah hisap lagi. Pada aktualnya

through vane yang membentuk empat ruang, bekerja secara bergantian, sehingga proses diatas akan berjalan terus menerus secara berkesinambungan.

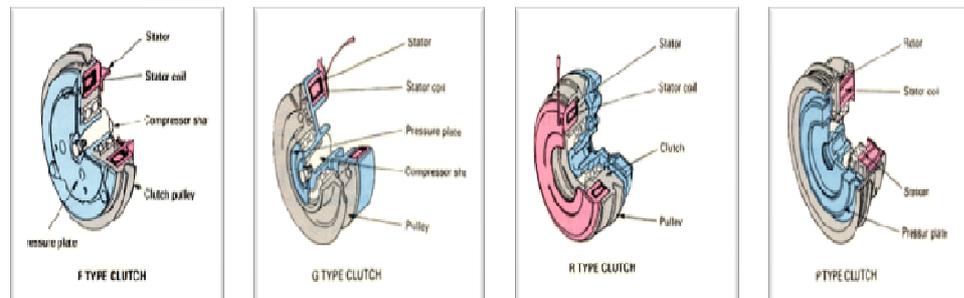
2. Kopling magnet atau *magnetic clutch*, komponen ini adalah perlengkapan kompresor yaitu alat yang dipergunakan untuk melepas dan menghubungkan kompresor dengan putaran mesin. Peralatan intinya adalah: *stator*, *rotor* dan *pressure plate*. Sistem kerja dari alat ini secara *elektromagnetik*, yaitu: Puli kompresor selalu berputar oleh perputaran mesin melalui tali kipas pada saat mesin hidup. Ketika saklar *air conditioner* pada posisi mati (*off*), kompresor tidak akan berputar, dan kompresor hanya akan berputar apabila saklar *air conditioner* dalam posisi hidup (*on*), hal ini disebabkan oleh arus listrik yang mengalir ke *stator coil* akan mengubah *stator coil* menjadi magnet listrik yang akan menarik *pressure plate* dan bidang singgungnya akan bergesekan dan saling melekat dalam satu unit kopling magnet memutar kompresor.



Gambar 2.14 Cara kerja kopling magnet

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

Konstruksi: Puli terpasang pada poros kompresor dengan bantalan diantaranya menyebabkan puli dapat bergerak dengan bebas. Sedang *stator* terikat dengan rumah kompresor, *pressure plate* terpasang mati pada poros kompresor.



Gambar 2.15 Tipe kopling magnet

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

3. Kondenser, refrigeran yang masuk kedalam kondenser karena tekanan kompresor masih dalam bentuk gas dengan temperatur yang cukup tinggi 80°C . Temperatur tinggi dari refrigeran yang berada didalam kondenser yang bentuknya berliku-liku akan mengakibatkan terjadinya pelepasan panas oleh refrigeran. Proses pelepasan panas ini dipermudah dengan adanya aliran udara, baik dari gerakan mobil maupun hisapan kipas yang terpasang dibelakang kondenser. Semakin baik pelepasan panas yang di hasilkan oleh kondenser, makin baik pula pendinginan yang akan dilakukan oleh *evaporator*. Pada ujung pipa keluar kondenser, refrigeran sudah tidak berbentuk gas lagi akan tetapi sudah berubah menjadi refrigeran cair dengan temperatur 57°C .



Gambar 2.16 Kondenser (Juni Handoko, 2008)

4. *Receiver/dryer*, refrigeran dari kondenser masuk ke tabung *receiver/dryer* melalui lubang masuk (*inlet port*), kemudian melalui *dryer, desiccant*, dan filter refrigeran cair naik dan keluar melalui lubang keluar (*outlet port*) menuju ke katup ekspansi. *Dryer, desiccant* maupun filter berfungsi untuk mencegah kotoran yang dapat menimbulkan karat maupun pembekuan refrigeran terutama pada katup ekspansi yang mana akan mengganggu siklus dari refrigeran. Bagian atas dari *receiver/dryer* disediakan gelas kaca (*sight glass*) yang berfungsi untuk melihat sirkulasi refrigeran.

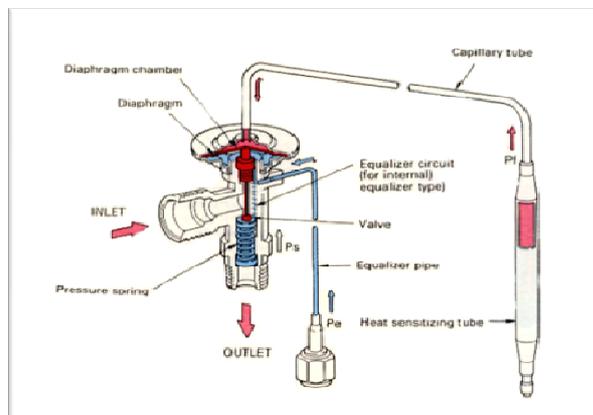


Gambar 2.17 *Receiver/dryer* (Juni Handoko, 2008)

5. Katup ekspansi atau *expansion valve*, alat ini dipasang setelah *receiver/dryer* untuk mengabutkan refrigeran cair dengan temperatur rendah. Pada kendaraan

umumnya yang dipakai adalah katup ekspansi *thermal* yang memungkinkan penampungan refrigeran ke dalam *evaporator* hanya sejumlah refrigeran yang akan diuapkan saja. Katup ekspansi dilengkapi dengan pipa sensitif panas yang mendeteksi temperatur dan tekanan refrigeran yang keluar dari *evaporator* dan mengatur aliran refrigeran katup ekspansi setiap saat. Katup ekspansi juga memastikan refrigeran yang keluar dari *evaporator* dalam kondisi uap yang telah dipanaskan dan perbedaan temperatur antara uap refrigeran dan uap jenuh senantiasa konstan.

Oleh karena fungsi dari katup ekspansi untuk mengabutkan refrigeran kedalam *evaporator*, maka lubang keluar pada alat ini berbentuk lubang kecil (*orifice*) konstan atau dapat diatur melalui katup yang pengaturannya menggunakan perubahan temperatur yang dideteksi oleh sebuah sensor panas.



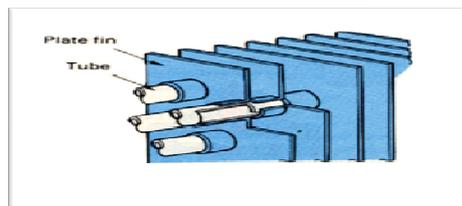
Gambar 2.18. Katup ekspansi

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

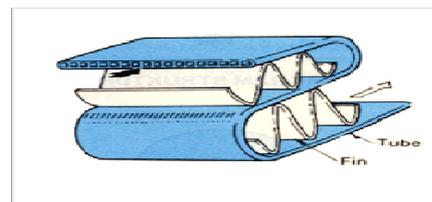
Pembukaan katup sangat bergantung dari besar kecilnya tekanan P_f dari pipa sensitif panas. Bila temperatur lubang keluar (*outlet*) *evaporator*, dimana alat ini ditempelkan meningkat, tekanan $P_f >$ dari tekanan $P_s + P_e$, maka

refrigeran yang disemprotkan akan lebih banyak. Sebaliknya bila temperatur lubang keluar (*outlet*) evaporator menurun, tekanan $P_f < P_s + P_e$, maka refrigeran yang disemprotkan akan lebih sedikit. P_s : tekanan pegas, P_e : tekanan uap didalam *evaporator* dan P_f : tekanan pada pipa sensitif panas. Pemeriksaan katup ekspansi perlu dilakukan untuk mengetahui kondisinya, adapun cara pengecekannya (Juni Handoko, 2008, hal 91), yaitu dengan mengukur tekanan pada saluran high dan low, apabila tidak terdapat tekanan pada saluran low maka kondisinya adalah tersumbat dan apabila ada penunjukan tekanan normal operasi maka kondisinya baik.

6. *Evaporator*, perubahan zat cair dari refrigeran menjadi gas yang terjadi pada *evaporator* akan berakibat terjadi penyerapan panas pada daerah sekelilingnya, udara yang melewati sirip-sirip *evaporator* panasnya akan terserap sehingga dengan hembusan *blower* udara yang keluar keruang kabin mobil akan menjadi dingin.



Tipe *Plate fin*



Tipe *Serpentine fin*



Tipe *Drawn cup*

Gambar 2.19 Tipe *evaporator*

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

7. Kontrol panel, peralatan ini berisi saklar yang mengatur kerja dari sistem pengkondisian udara, kecepatan *blower*, dan kontrol temperatur. Selektor kontrol panel dalam bekerjanya mengontrol motor *blower* serta kopling magnet secara mekanis dan elektrik.



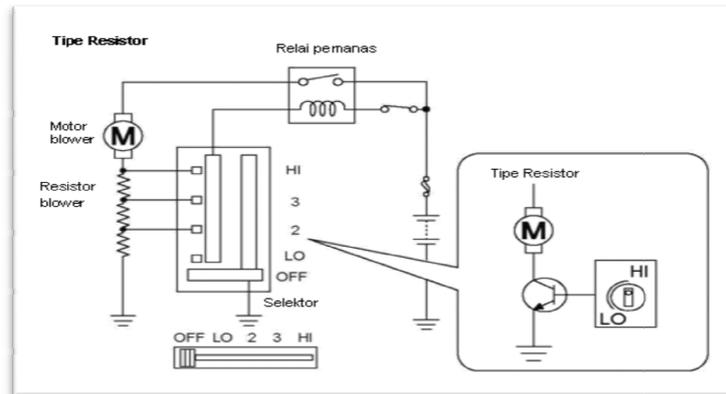
Gambar 2.20 Tipe kontrol panel (Juni Handoko, 2008)

Selektor kecepatan *blower* mengontrol arus yang masuk ke motor *blower* sehingga kecepatan *blower* dapat diatur. Cara yang dipakai menggunakan rangkaian dengan *resistor* dan *transistor*:

- a. Tipe *resistor*, pada tipe ini digunakan tiga buah *resistor* yang dirangkai seri untuk membentuk rangkaian masa bagi *blower*. Jika selektor kecepatan *blower* pada posisi rendah (*low*), maka arus yang masuk ke *blower* dilewatkan seluruh tahanan yang dirangkai seri tersebut sebelum mencapai masa sehingga *blower* berputar pada kecepatan lambat. Jika selektor kecepatan *blower* pada posisi 2 maka arus dilewatkan pada 2 rangkaian seri *resistor* dan jika selektor kecepatan *blower* pada posisi 3 maka arus

dilewatkan pada 1 *resistor*. Arus akan masuk ke *blower* tanpa melalui *resistor* jika selektor kecepatan *blower* pada posisi tinggi (*high*).

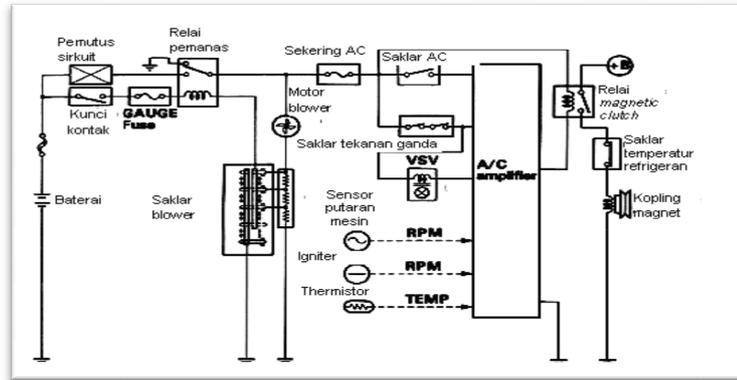
- b. Tipe *transistor*, pada tipe ini *transistor* digunakan untuk mengontrol arus yang masuk ke *blower* dengan rangkaian yang hampir sama dengan tipe *resistor*.



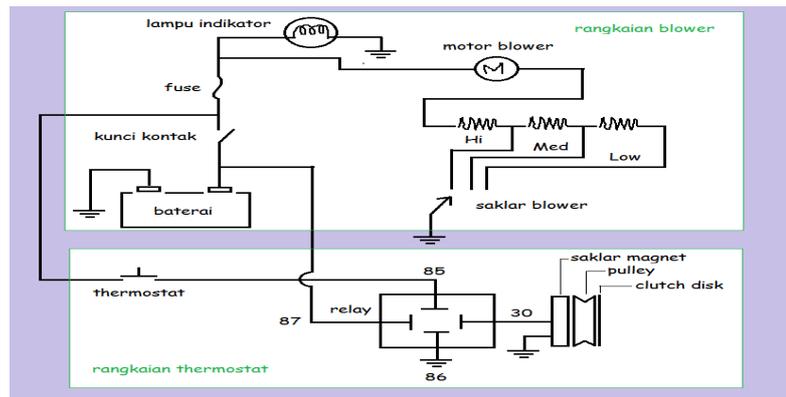
Gambar 2.21 Kontrol kecepatan *blower* (Juni Handoko, 2008)

8. Sistem kelistrikan dan pengontrol temperatur, sistem ini bekerja pada saat kunci kontak arus mengalir ke kumparan relai dan mengaktifkannya. Jika saklar sistem pengondisian udara diposisikan pada posisi bekerja (*on*), arus dari baterai mengalir ke pemutus sirkuit, relai pemanas, motor *blower* dan menuju masa. Saat ini motor *blower* menghisap udara masuk dan menghembuskannya ke *evaporator*. Pada saat yang sama arus juga mengalir ke *amplifier* dan membentuk rangkaian masa untuk kumparan relai kopling magnet sehingga relai kopling magnet bekerja. Arus dari baterai selanjutnya mengalir ke relai kopling magnet, sensor temperatur refrigeran, kopling magnet dan menuju masa. Kopling magnet bekerja dan kompresor berputar. Sensor temperatur refrigeran bekerja pada posisi *on*, jika temperatur refrigeran kurang

18⁰C. Lamanya *amplifier* membentuk rangkaian masa untuk relai kopling magnet tergantung dari masukan sinyal putaran mesin, temperatur di *evaporator* dan tekanan refrigeran.



Gambar 2.22 Diagram kelistrikan AC (Juni Handoko, 2008)



Gambar 2.23 Contoh diagram kelistrikan AC sederhana

(<https://mornefendueplantation.com/wiring-diagram-ac-mobil-kijang/1>)

Fungsi dari komponen-komponen kelistrikan sistem pengkondisian udara pada kendaraan sesuai dengan gambar skema kelistrikan *air conditioner* diatas yaitu:

- a. Baterai, berfungsi sebagai sumber energi listrik bagi kelistrikan sistem pengkondisian udara saat beroperasi.

- b. Sekring, berfungsi untuk menjaga sistem keamanan kelistrikan, yaitu apabila terjadi konslet atau hubungan arus pendek, sekering akan terputus sehingga tidak akan merusak komponen kelistrikan lain sistem pengkondisian udara.
- c. Kunci kontak/saklar utama, berfungsi untuk menghidupkan/mengalirkan arus listrik ke sistem kelistrikan pada sistem pengkondisian udara disaat kendaraan dihidupkan sebelum saklar *blower* aktif.
- d. Saklar *blower* udara, berfungsi sebagai saklar untuk menghidupkan sistem *air conditioner* setelah kunci kontak aktif. Saklar ini terdapat tiga posisi saklar yaitu posisi 1,2 dan 3, sebagai urutan pilihan kecepatan pendinginan atau udara dingin dihisap dari ruangan mobil dan udara dingin dikeluarkan oleh *evaporator*. Pengaturan kecepatan dan posisinya menggunakan prinsip tahanan (*resistor*). Putaran motor *blower* pada *evaporator* bisa divariasikan karena *selector switch* dihubungkan ke *resistor*, yaitu:
- 1) *Low* dihubungkan dengan 2 *resistor*.
 - 2) *Medium* dihubungkan dengan 1 *resistor*.
 - 3) *High* tidak dihubungkan dengan *resistor* manapun, langsung ke motor *blower* pada *evaporator*.
- e. Saklar temperatur, berfungsi untuk mengaktifkan pengatur suhu ruangan kendaraan (*thermostat*). Aliaran listrik didapat setelah saklar *blower* aktif sehingga bila saklar *blower* belum aktif maka saklar temperatur juga belum bisa aktif.
- f. Relai, berfungsi sebagai saklar elektronik yang menghubungkan sumber arus dari baterai untuk disalurkan ke unit kopling magnet aktif dalam

kompresor, pemasangan relai bertujuan supaya kerja saklar untuk menghidupkan kopling magnet tidak terlalu berat karena sistem tersebut membutuhkan arus yang besar.

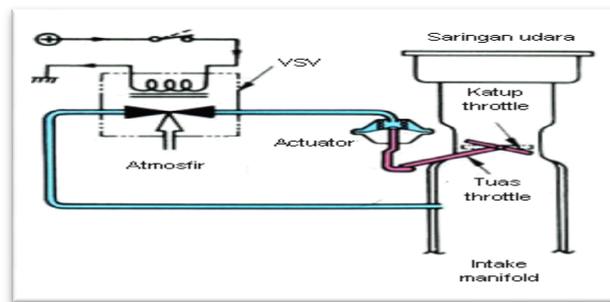
- g. *Amplifier*, berfungsi sebagai komponen utama yang mengatur sistem pengkondisian udara, dengan mengandalkan beberapa masukan signal dan mengatur signal tegangan untuk menggerakkan kopling magnet melalui relai.
- h. Kopling magnet, berfungsi sebagai penghubung penggerak kompresor dari puli mesin yang disalurkan melalui sabuk (*belt*), sehingga putaran mesin dapat diteruskan ke kompresor untuk melakukan kerja kompresi.

Diagram kelistrikan sistem pengkondisian udara pada kendaraan secara sederhana dapat dilihat pada gambar 2.40 diagram kelistrikan diatas, terdiri atas dua bagian rangkaian besar, yaitu:

- a. Rangkaian *blower* berfungsi untuk mengatur kecepatan kipas *blower* dengan menggunakan saklar. Rangkaian ini hanya dasar, dan pada dasarnya setiap rangkaian *air conditioner* menggunakan alur ini, namun dengan berbagai tambahan sesuai dengan kebutuhan.
- b. Rangkaian *thermostat* berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan arus secara otomatis. Hal ini terjadi berdasarkan besar temperatur yang di terima oleh komponen *thermostat*. Jika temperatur pada ruangan sudah dingin, maka secara otomatis *thermostat* akan memutuskan arus yang mengalir ke kopling magnet yang ada dikompresor, melalui relai, sehingga kompresor berhenti bekerja. Sebaliknya, jika temperatur di ruangan panas atau tidak sesuai dengan keinginan pengguna yang di setel pada panel

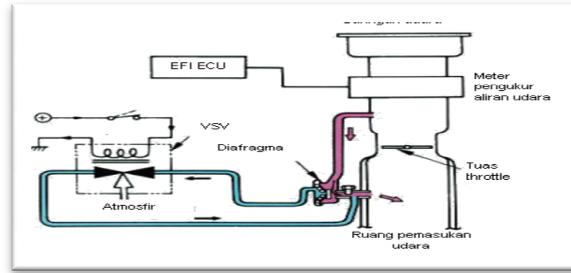
pengatur temperatur udara, maka *thermostat* akan membuka arus yang mengalir ke kopling magnet dengan relai, sehingga kompresor akan bekerja untuk memompakan refrigeran.

Peralatan *idle up* yang dipakai tergantung tipe mesin dan sistem bahan bakar. Mesin dengan sistem bahan bakar yang menggunakan karburator memakai VSV (*vacuum switching valve*) yaitu katup yang akan mengaktifkan saklar dengan prinsip adanya kevakuman.



Gambar 2.24 Rangkaian *idle-up* sistem karburator
(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

Pada kendaraan dengan sistem bahan bakar injeksi/EFI (*electric fuel injection*) digunakan VSV (*vacuum switching valve*) dan diafragma untuk melewati udara melalui *surge tank*. Jumlah udara yang masuk akan diinformasikan oleh alat pengukur aliran udara kepada ECU (*electric control unit*) agar menambah bahan bakar yang diinjeksikan oleh injektor sehingga putaran mesin bertambah.

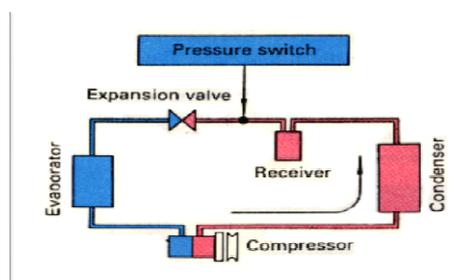


Gambar 2.25 Rangkaian *idle-up* pada sistem EFI
(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

2.6 Peralatan Tambahan

Peralatan tambahan yang menunjang terlaksananya proses sistem pendinginan udara, dan juga merupakan peralatan pokok yang harus ada meskipun tidak termasuk komponen utama, adalah:

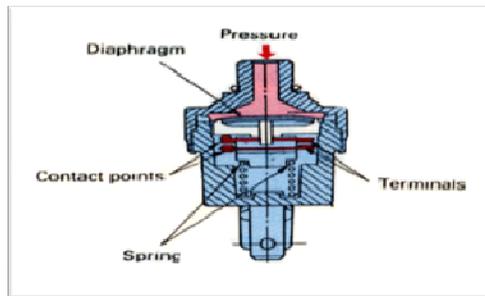
1. *Pressure switch*. Alat ini berfungsi untuk mengontrol tekanan yang terjadi pada sisi tekanan tinggi, bila tekanan siklus refrigeran terlalu berlebihan, baik terlalu tinggi (27 kg/cm^2) maupun terlalu rendah ($2,1 \text{ kg/cm}^2$) maka secara otomatis akan mengirimkan sinyal untuk menyetop *switch* sehingga kopling magnet menjadi tidak bekerja. Kondisi tekanan yang tidak normal ini akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada berbagai komponen yang lain. Letak *pressure switch* ada diantara *receiver/dryer* dan katup ekspansi.



Gambar 2.26 Letak *pressure switch*

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

Tipe *pressure switch* ini ada dua macam yaitu: Tipe *dual*, yang menggunakan satu *switch* untuk dua keadaan yaitu terlalu tinggi atau terlalu rendah dan tipe *single* dengan *switch* terpisah.

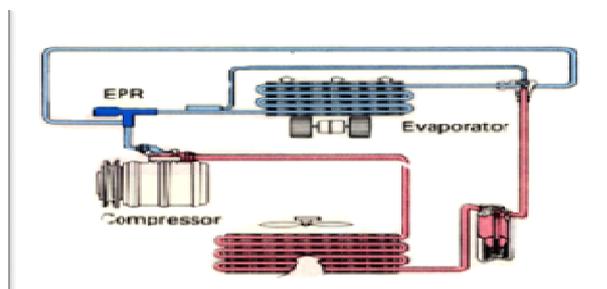


Gambar 2.27 Tipe *dual pressure switch*

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

2. Alat pencegah pembekuan (*anti frosting device*). Untuk menghindari berkurangnya efek pendinginan yang disebabkan pembekuan air yang ada di sirip-sirip *evaporator* yang terlalu dingin $< 0^{\circ}\text{C}$, dapat dipasangkan peralatan ini yang terdiri atas dua jenis, yaitu:

a. Tipe *thermistor*, dipasang pada sirip-sirip *evaporator*, dan bekerja berdasarkan sinyal *thermistor* yang mengontrol temperatur sirip-sirip.

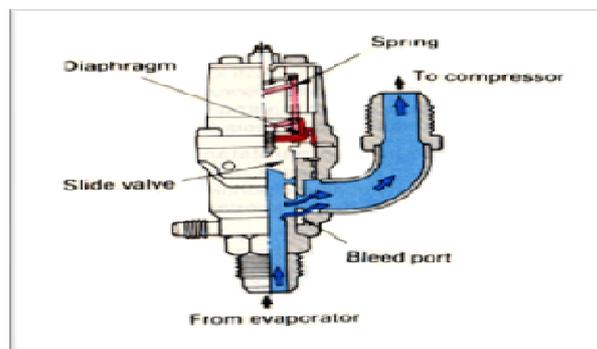


Gambar 2.28 Alat pencegah pembekuan tipe *thermistor*

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

Bila temperatur sirip-sirip menurun $< 0^{\circ}\text{C}$, maka kopling magnet akan berhenti bekerja dan kompresor akan berhenti berputar.

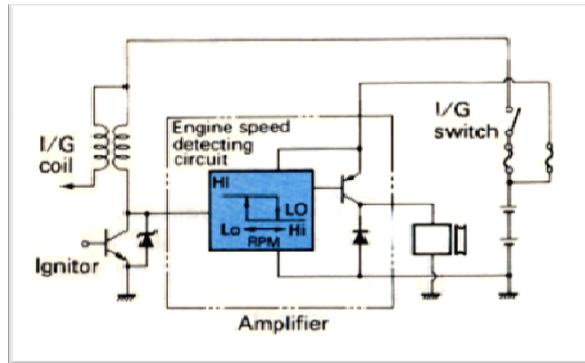
- b. Tipe EPR (*evaporator pressure regulator*), di pasang antara *evaporator* dan kompresor, tipe ini mengatur jumlah refrigeran yang mengalir dari *evaporator* ke kompresor, dan menjaga agar tekanannya tidak kurang dari $1,9 \text{ kg/cm}^2$, sehingga akan menjaga temperatur sirip-sirip *evaporator* tidak turun $< 0^{\circ}\text{C}$.



Gambar 2.29 Alat pencegah pembekuan tipe EPR

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

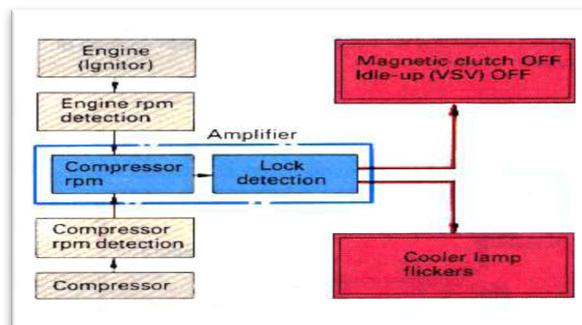
3. Penyetabil putaran mesin. Peralatan ini berfungsi untuk menstabilkan putaran mesin melalui sensor pendeteksi putaran mesin yang dipasang pada arus primer *ignition coil* sehingga putaran *idle* mesin menjadi lebih baik dan tidak mudah mati. Prinsip kerja dari mekanis peralatan ini adalah ketika putaran mesin turun hingga mencapai batas minimum, akan menghentikan kopling magnet, sehingga kompresor berhenti bekerja dan putaran mesin akan normal kembali.



Gambar 2.30 Penyetabil putaran mesin

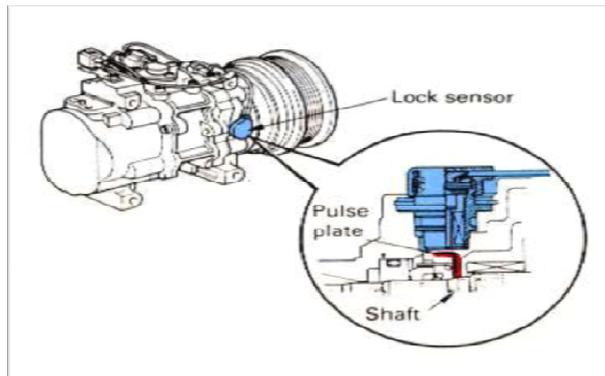
(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

4. Sistem pelindung tali penggerak kompresor. Alat ini digunakan untuk melindungi tali penggerak kompresor, yaitu pada saat kompresor mengalami kemacetan. Bila hal ini terjadi maka kopling magnet dan *VSV idle up* akan berhenti bekerja secara otomatis dan indikator lampu AC akan berkedip untuk memberitahukan kerusakan yang terjadi pada sistem pendingin.



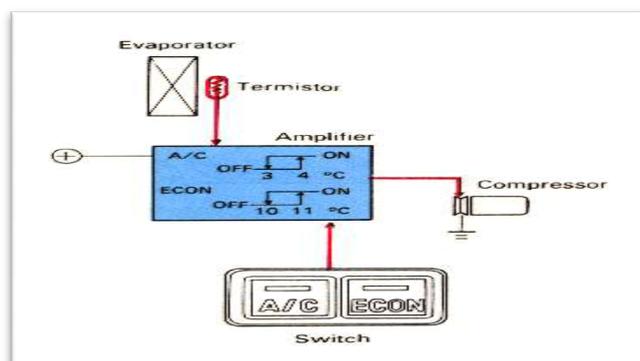
Gambar 2.31 Alur kerja pelindung tali penggerak kompresor

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)



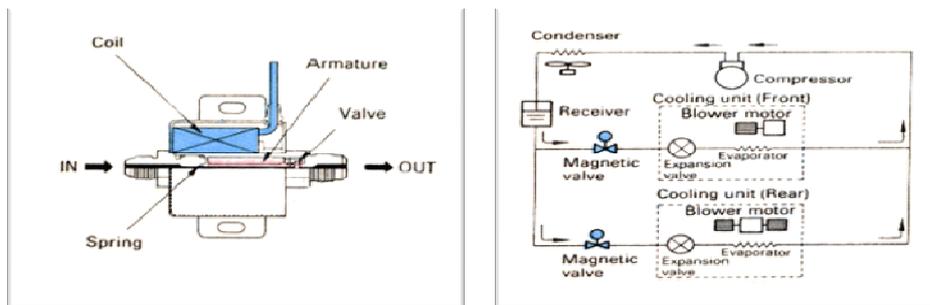
Gambar 2.32 Letak dari sistem pelindung penggerak kompresor
(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

5. Kontrol mode ekonomi (*economy mode*). Sistem pengkondisian udara dengan kompresor berputar pada beban penuh yang temperaturnya mencapai batas limit hingga terjadi pembekuan pada sirip-sirip *evaporator* dengan temperatur $< 3^{\circ}\text{C}$, akan banyak menyerap tenaga mesin. Dengan menggunakan peralatan ini dan disetel pada pilihan ekonomi akan menghemat banyak pemakaian karena kompresor akan berhenti bekerja pada 10°C dan temperatur sirip-sirip bukan 3°C seperti pada keadaan normal.



Gambar 2.33 Sistem pelindung tali penggerak kompresor
(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

6. *Magnetic valve*. Terletak antara *receiver/dryer* dan katup ekspansi dan dipakai pada sistem pendingin tipe *dual*. Pengontrol temperatur ini bekerja dengan cara membuka dan menutup *magnetic valve* yang secara paralel akan bekerja membuka dan menutup siklus pengkondisian udara.



Gambar 2.34 *Magnetic valve*

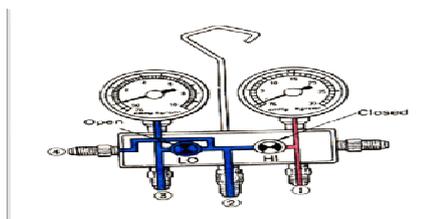
(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

2.7 Alat Pengukur Tekanan (*Manifold Gauge*)

Manifold gauge adalah alat yang berfungsi untuk mengosongkan atau mengisi refrigeran juga sebagai alat untuk mengidentifikasi gangguan. Penjelasan seperti pada gambar dibawah, dengan 4 nipel penghubung, dan ada yang menggunakan 3 nipel penghubung, yang perbedaannya pada nipel no 4 tidak ada.

Kondisi hubungan saluran *manifold gauge* diantaranya:

1. Keran katup tekanan rendah terbuka dan keran katup tekanan tinggi menutup.

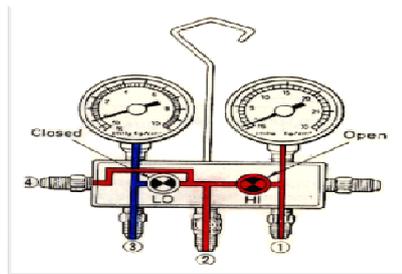


Gambar 2.35 *Manifold gauge*

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

Dalam kondisi ini:

- a. Nipel 2,3,4 dan pengukur tekanan rendah saling berhubungan.
 - b. Nipel 1 hanya terhubung dengan pengukur tekanan tinggi.
2. Keran katup tekanan rendah tertutup dan keran katup tekanan tinggi membuka.

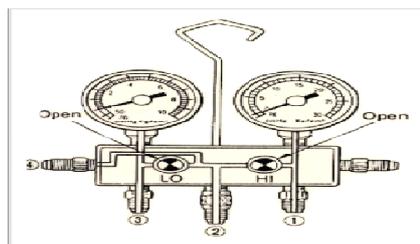


Gambar 2.36 *Manifold gauge*

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

Dalam kondisi ini:

- a. Nipel 1,2,4 dan pengukur tekanan tinggi saling berhubungan.
 - b. Nipel 3 hanya terhubung dengan pengukur tekanan rendah.
3. Kedua keran katup terbuka.

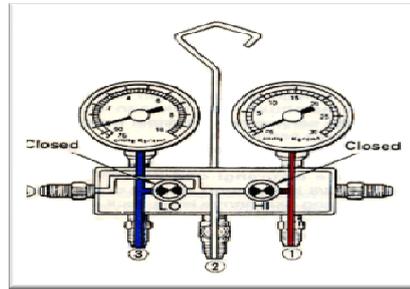


Gambar 2.37 *Manifold gauge*

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

Dalam kondisi ini semua nipel penghubung dan pengukur saling berhubungan.

4. Kedua keran katup tertutup.



Gambar 2.38 *Manifold gauge*

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

Dalam kondisi ini:

- a. Nipel 1 berhubungan dengan pengukur tekanan tinggi.
- b. Nipel 3 berhubungan dengan pengukur tekanan rendah.

2.8 Refrigeran

Refrigeran mempunyai kemampuan menyerap panas dalam jumlah yang besar, dan pada proses itu disertai dengan perubahan wujud yaitu dari cair menjadi gas. Refrigeran yang sering digunakan pada sistem pengkondisian udara pada kendaraan adalah R12.



Gambar 2.39 Refrigeran

(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

Kelebihan zat pendingin ini antara lain:

- a. Mendidih pada $-29,8^{\circ}\text{C}$ dalam tekanan atmosfer.
- b. Stabil pada temperatur baik tinggi maupun rendah.
- c. Tidak menimbulkan reaksi terhadap logam.
- d. Dapat larut bila dicampur dengan minyak.
- e. Kurang bereaksi terhadap karet.
- f. Tidak berwarna dan tidak berbau.

Kekurangannya adalah dapat mempengaruhi penipisan lapisan ozon pada atmosfer bumi yang menjaga terjadinya radiasi sinar *ultra violet* dari matahari dan menimbulkan efek rumah kaca. Refrigeran lain yang sekarang banyak dijumpai dan lebih ramah terhadap ozon serta memiliki efektifitas pendinginan lebih baik adalah HFC 134a.

2.9 Pelumas Kompresor

Pelumas kompresor diperlukan untuk melumasi bantalan-bantalan serta bidang permukaan yang saling bergesekan. Oleh karena pelumas pada kompresor ikut bersirkulasi dengan refrigeran, maka dibutuhkan oli khusus untuk kompresor. Oli kompresor terdiri dari berbagai tingkatan dan jenis yang diolah sedemikian rupa sehingga menghindari timbulnya busa dan belerang. Selain itu oli kompresor sangat bergantung dengan jenis refrigeran yang digunakan dan secara spesifik dapat diuraikan:

- a. Untuk refrigeran R12 : digunakan pelumas mineral
- b. Untuk R134a/HFC134a : digunakan PAG (*Poly Alkylene Glycol*) atau pelumas *Ester*.



Gambar 2.40 Oli pelumas

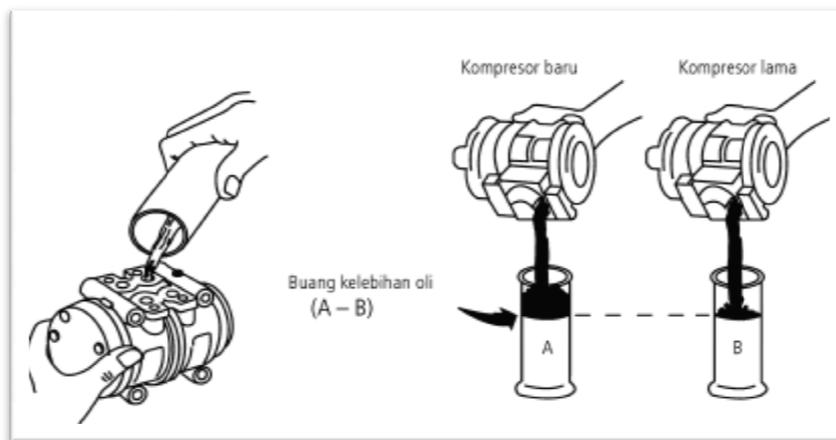
(Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktivitas, 2006)

Jumlah oli kompresor baik dalam keadaan kosong maupun sebagai tambahan karena penggantian komponen, yaitu:

- a. Kosong atau pemasangan baru : 100 cc
- b. Ganti *receiver/dryer* : 20 cc
- c. Ganti kondenser : 40–50 cc
- d. Ganti *evaporator* : 40–50 cc

Oli kompresor melarutkan diri bersama refrigeran untuk melumasi bagian-bagian kompresor yang bergerak. Oleh karena itu kualitas dan kuantitas oli sangat penting untuk diperhatikan. Pada sistem pendingin dengan refrigeran jenis R134a, oli kompresor tidak dapat saling dipertukarkan dengan sistem pendingin dengan refrigeran R12. Jumlah oli kompresor yang tidak memadai dapat mengakibatkan gesekan antar komponen yang berlebihan, menghalangi pertukaran panas, melapisi dinding *evaporator* sehingga mengurangi kemampuan pendinginan.

Penambahan oli setelah mengganti komponen. Oli kompresor memiliki sifat yang lebih sulit menguap dibandingkan refrigeran. Oleh karena itu saat terjadi penggantian komponen yang mengharuskan pelepasan komponen seperti kompresor, *receiver/dryer*, katup ekspansi dan lain-lain maka oli refrigeran mudah menguap sedangkan oli tidak. Namun karena sebagian oli masih melekat pada komponen yang diganti maka jumlah oli yang ditambahkan saat penggantian komponen adalah sebanyak oli yang melekat pada komponen tersebut.



Gambar 2.41 Penambahan oli pelumas (Juni Handoko, 2008)

2.10 Test Kebocoran Sistem Pengkondisian Udara

Siklus pengkondisian udara (*AC*) merupakan suatu rangkaian tertutup, oleh sebab itu kebocoran sekecil apapun akan dapat mengurangi kinerja dari sistem tersebut. Pengetesan kebocoran setelah pengisian merupakan prosedur yang harus dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimal.

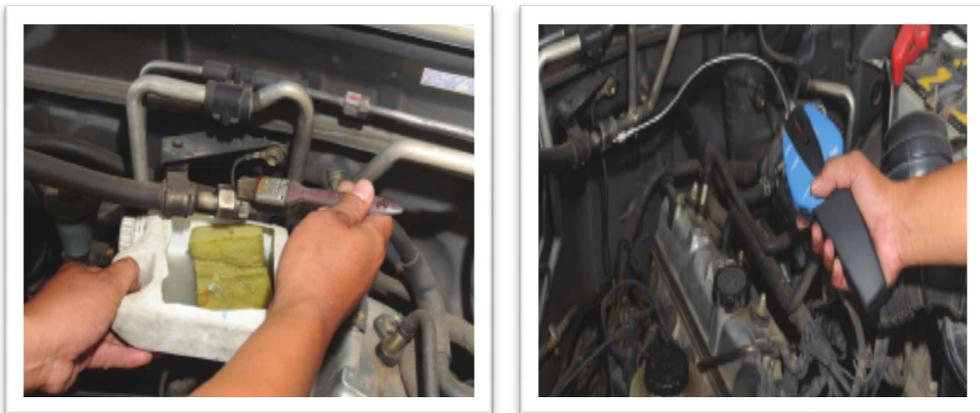
Pemeriksaan kebocoran bisa dilakukan dengan cara:

1. Untuk kebocoran yang cukup besar bisa dilakukan dengan menggunakan larutan air sabun, dengan cara diusapkan cairan air sabun ke bagian bagian yang diperkirakan terdapat kebocoran gas refrigeran.

2. Untuk tingkat kebocoran yang lebih kecil dapat menggunakan pendeteksi gas, dengan cara alat pendeteksi gas didekatkan ke bagian-bagian yang diperkirakan terdapat kebocoran gas refrigeran.

Untuk prosedur pemeriksaan kebocoran yang dilakukan pada sistem pengkondisian udara (AC) yaitu:

1. Lakukan pemeriksaan dengan mesin dalam keadaan mati.
2. Letakkan alat pendeteksi gas refrigeran pada sisi bawah pipa dan gerakkan perlahan-lahan secara melingkar, hal ini dikarenakan refrigeran sedikit lebih berat dari pada udara.
3. Berikan sedikit getaran pada pipa-pipa, selang-selang penghubung, komponen-komponen pengkondisian udara saat melakukan pemeriksaan.



Gambar 2.42 Pemeriksaan kebocoran (Juni Handoko, 2008)