

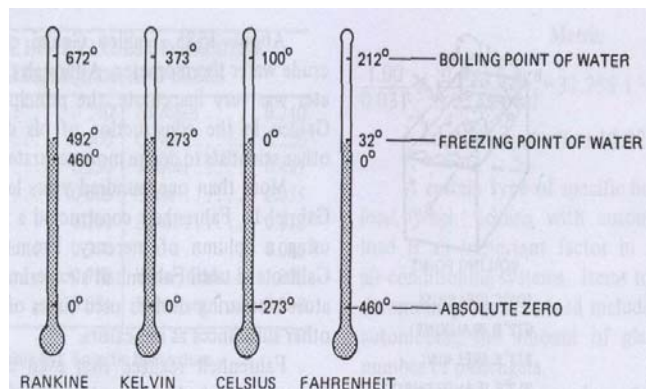
PRINSIP DASAR AIR CONDITIONING

Pendahuluan

Kebutuhan akan kondisi udara yang nyaman pada saat ini nampaknya sudah merupakan kebutuhan yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia, terutama pada kendaraan (mobil, bus, kereta, pesawat, dll) dan ruangan atau gedung yang biasa digunakan untuk kegiatan tertentu misalnya: hotel, bank, rumah sakit, kantor, bioskop. Upaya manusia untuk menciptakan kondisi yang nyaman diantaranya dengan menggunakan sistem *Air Conditioning (AC)*. Definisi dari AC adalah suatu proses pengkondisian udara dimana udara itu didinginkan, dikeringkan, dibersihkan dan disirkulasikan yang selanjutnya jumlah dan kualitas dari udara yang dikondisikan tersebut di kontrol. Pengontrolan itu meliputi temperatur, kelembaban dan volume udara pada setiap kondisi yang diinginkan. Pemakaian sistem AC pada mobil bertujuan untuk mempertahankan temperatur udara di dalam mobil pada kondisi nyaman khususnya bagi pengemudi dan penumpang. Selain itu, pemasangan AC mobil juga dapat bermanfaat untuk menghindari terjadinya pengembunan pada kaca mobil ketika musim hujan.

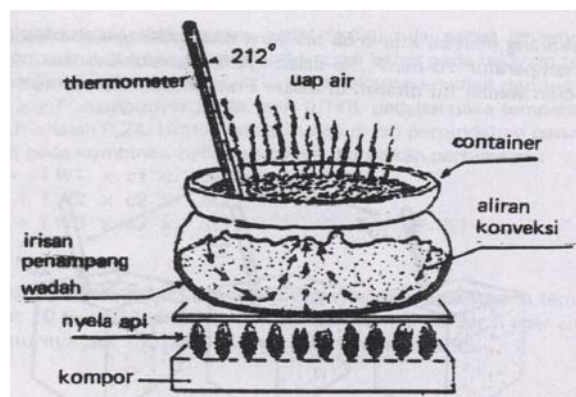
Panas

Panas adalah salah satu bentuk energi yang tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan. Panas dapat diubah bentuknya menjadi energi lain. Panas hanya dapat dipindahkan jika terdapat perbedaan temperatur atau perbedaan tekanan. Panas akan mengalir dari benda yang bertemperatur tinggi ke benda yang bertemperatur rendah. Kejadian ini akan terus berlangsung sampai diperoleh keseimbangan temperatur. Temperatur adalah tingkatan atau derajat panas dari suatu benda yang umumnya diukur dalam satuan derajat Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) atau Celcius ($^{\circ}\text{C}$). Jika panas ditambahkan pada suatu benda maka temperatur benda itu akan naik. Begitu pula sebaliknya jika panas dikurangi/dipindahkan dari suatu benda maka temperatur benda itu akan turun atau menjadi rendah. Temperatur rendah itulah yang disebut dingin.



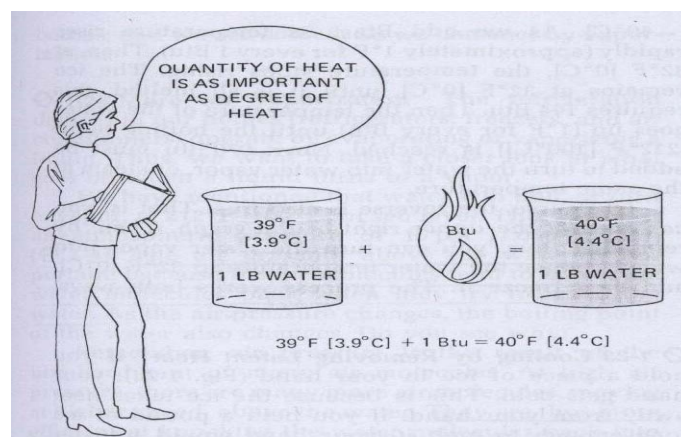
Gbr. 1 Skala Temperatur

Proses perpindahan panas pada suatu benda terjadi dengan tiga cara yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Perpindahan panas secara konduksi adalah perpindahan panas melalui suatu zat yang sama tanpa disertai perpindahan bagian-bagian dari zat itu. Contoh: besi yang dipanaskan. Konveksi adalah perpindahan panas melalui media gas atau cairan, sebagai contoh udara di dalam lemari es dan air yang dipanaskan di dalam cerek. Radiasi adalah perpindahan panas dari suatu bagian yang lebih tinggi suhunya ke bagian lain yang lebih rendah suhunya tanpa melalui zat perantara. Contoh: cahaya matahari, panas lampu dan tungku api. Perpindahan panas secara radiasi hanya dapat terjadi melalui gas, benda yang transparan, dan ruang yang hampa udara (vakum).



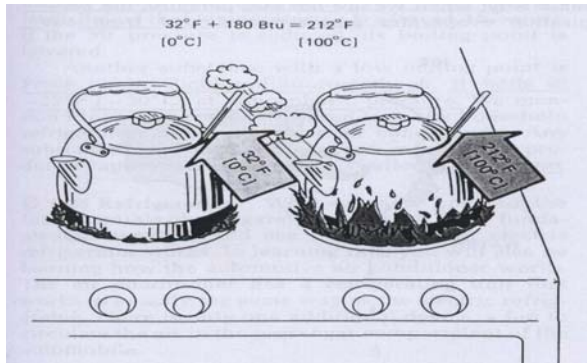
Gbr. 2 Proses Perpindahan Panas

Pada sistem refrigerasi dan air conditioning, Satuan energi panas dinyatakan dalam British Thermal Unit (BTU). BTU adalah sejumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur 1 pon air sebesar 1⁰F. Air digunakan sebagai standar untuk menghitung jumlah panas.

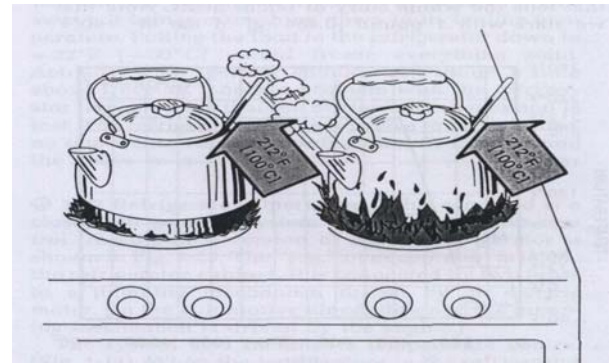


Gbr. 3 Menambahkan 1 BTU ke dalam 1 lb air akan menaikkan temperatur air sebesar 1⁰F.

Dalam penggunaannya dikenal dua istilah panas yaitu panas sensibel dan panas laten. Panas sensibel adalah panas yang dapat diukur, panas yang menyebabkan terjadinya kenaikan/penurunan temperatur. Panas laten adalah panas yang diperlukan untuk merubah fasa benda, mulai dari titik lelehnya atau titik didihnya atau titik bekunya sampai benda itu berubah fasa secara sempurna, tetapi temperaturnya tetap.

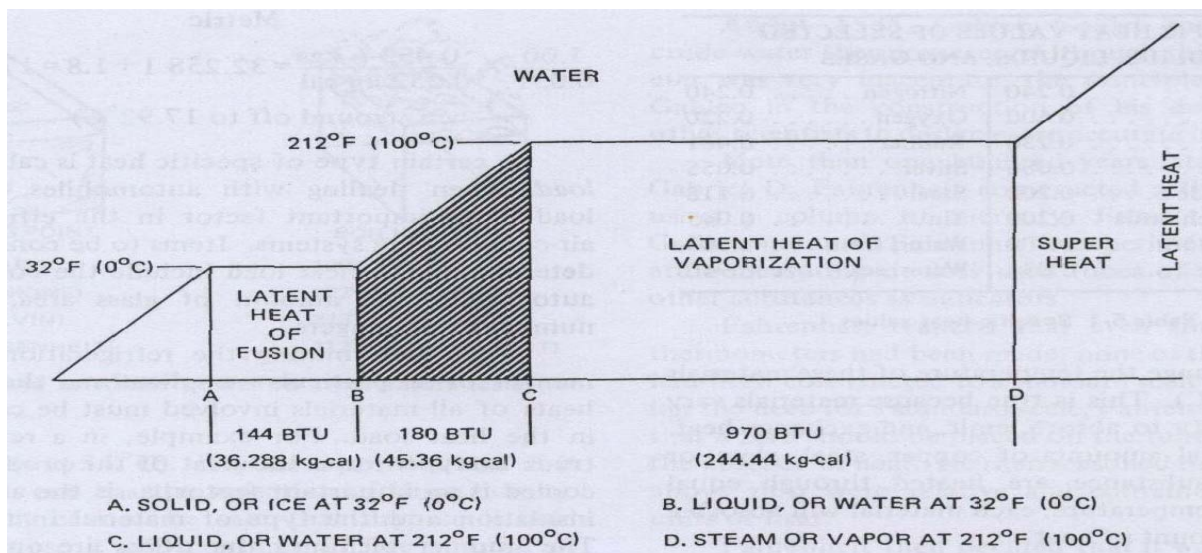


Gbr. 4 Panas Sensibel



Gbr. 5 Panas Laten

Panas laten yang diperlukan untuk merubah fasa padat ke cair disebut panas laten fusi (*latent heat of fusion*). Panas laten yang diperlukan untuk merubah fasa cair ke padat disebut panas laten pembekuan (*latent heat of freezing*). Panas laten yang diperlukan untuk merubah fasa cair ke gas (uap) disebut panas laten penguapan (*latent heat of vaporization*) dan panas laten yang diperlukan untuk merubah fasa gas ke cair disebut panas laten pengembunan (*latent heat of condensation*).

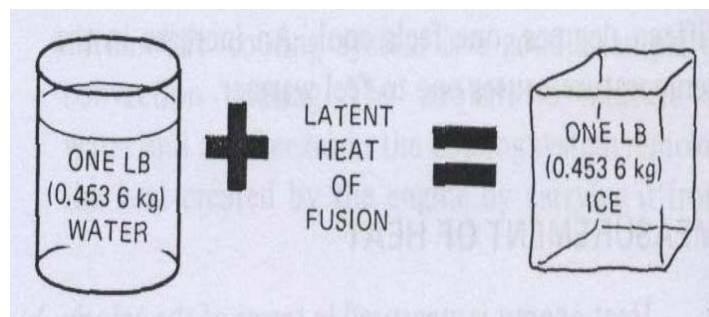


Gbr. 6 Grafik nilai panas sensible dan panas laten untuk air

Zat (Benda)

Wujud (fasa) benda yang ada dipermukaan bumi terdiri atas tiga keadaan yaitu padat, cair dan gas. Diantara ketiganya itu terdapat perbedaan sebagai berikut: (1) benda dalam keadaan padat memiliki bentuk dan isi yang tetap karena molekul-molekulnya saling merapat satu sama lain. (2) benda dalam keadaan cair isinya tetap dan bentuknya berubah-ubah menyesuaikan dengan tempatnya. (3) benda dalam keadaan gas bentuk dan isinya selalu berubah-ubah.

Walaupun ketiga benda tersebut memiliki fasa yang berbeda-beda, tetapi salah satu fasa benda itu bisa berubah ke fasa benda yang lainnya. Sebagai contoh air (cair) dapat berubah menjadi es (padat).



Gbr. 7 Perubahan wujud cair ke padat

Proses perubahan fasa suatu benda bergantung pada temperatur dan tekanan disekitarnya.

Beberapa proses perubahan fasa benda adalah sebagai berikut :

1. Membeku, yaitu perubahan dari cair ke padat
2. Mencair, yaitu perubahan dari padat ke cair
3. Menguap, yaitu perubahan dari cair ke gas (uap)
4. Mengembun, yaitu perubahan dari uap ke cair
5. Menyublim, yaitu perubahan dari padat ke uap tanpa melalui proses perubahan ke cair.

Pada sistem air conditioning proses perubahan fasa benda sangat berperan besar, secara khusus dilakukan oleh refrigeran. Refrigeran adalah bahan pendingin berupa fluida yang digunakan untuk menyerap panas melalui perubahan fasa cair ke gas (menguap) dan membuang panas melalui perubahan fasa gas ke cair (mengembun).

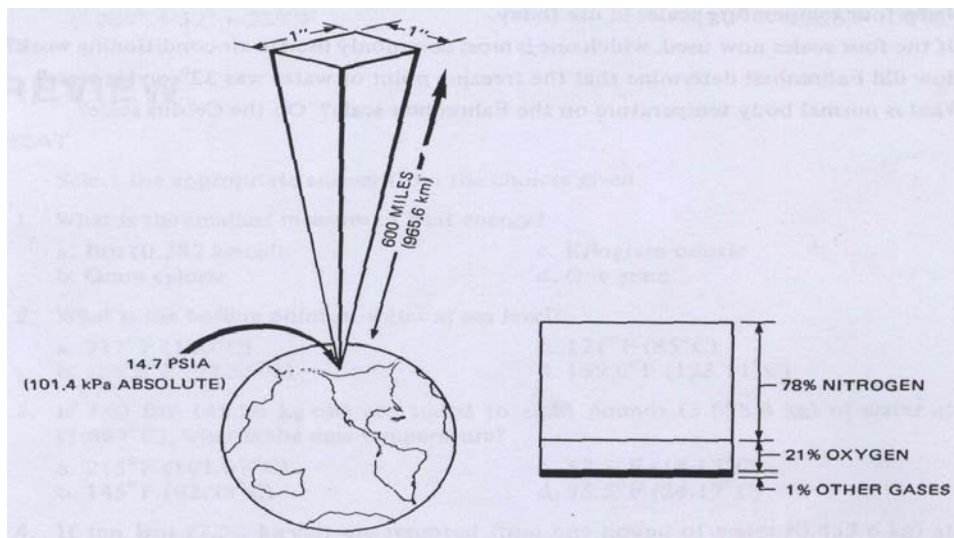
Tekanan

Untuk memahami air conditioning terlebih dahulu harus memahami tekanan. Tekanan adalah gaya per satuan luas. Semua benda padat, cair dan gas mempunyai tekanan. Benda padat memberikan tekanan kepada benda lain yang menunjangnya. Misalnya misalnya kaki

lemari es memberikan tekanan kepada lantai. Cairan di dalam bejana memberikan tekanan kepada dinding dan alas bejana itu. Gas di dalam tabung memberikan tekanan kepada tabung. Tekanan gas di dalam tabung dipengaruhi oleh suhu dan jumlah gasnya. Kerja suatu AC sebagian besar tergantung dari perbedaan tekanan di dalam sistem. Kita harus mengerti arti macam-macam tekanan yang berhubungan dengan air conditioning. Tekanan tersebut ada tiga macam yaitu tekanan atmosfer, tekanan manometer (pengukuran) dan tekanan absolut (mutlak).

Tekanan Atmosfir

Bumi kita diselubungi udara (21% oksigen, 78% nitrogen dan 1% unsur lain) yang disebut atmosfer, yang tebalnya diperkirakan lebih dari 600 mil (965,6 km) diukur dari permukaan bumi. Udara itu mempunyai berat dan berat itulah yang dikenal sebagai tekanan atmosfer. Besarnya tekanan atmosfer diukur mulai dari permukaan air laut, besarnya kira-kira 14,7 psi.



Gbr. 8 Tekanan atmosfer

Tekanan Manometer (Pengukuran)

Manometer adalah alat untuk mengukur tekanan uap air dalam ketel atau tekanan gas dalam suatu tabung. Tekanan yang ditunjukkan oleh jarum manometer disebut tekanan manometer (pengukuran). Sebagai standar tekanan manometer, tekanan atmosfer pada permukaan air laut diambil sebagai 0, dengan satuan psig atau kg/cm^2 . jadi pada permukaan air laut tekanan atmosfer 14,7 psi = 0 psig tekanan manometer.



Gbr. 9 Skala pengukuran tekanan manometer

Tekanan Absolut

Tekanan absolut adalah tekanan yang sesungguhnya. Jumlah tekanan manometer dan tekanan atmosfer pada setiap saat disebut tekanan absolut. Titik nol (0) pada tekanan absolut adalah vakum 100% atau tidak ada tekanan sama sekali = 0 psia. Tekanan 1 atmosfer pada tekanan absolut adalah 14,7 psia. Tekanan absolut = tekanan manometer + tekanan atmosfer.



Gbr. 10 Skala pengukuran tekanan absolut

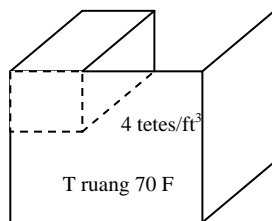
Hubungan Suhu dan Tekanan

Umumnya benda-benda dalam wujud padat, cair dan gas jika dipanasi gerak molekul-molekulnya menjadi lebih kuat dan volumenya mengembang. Jika mengembangnya dibatasi, akan timbul gaya yang besar dari benda dalam usahanya untuk mengembang. Makin besar panas yang diberikan, makin besar tekanan yang ditimbulkan. Tekanan tersebut dapat diukur dengan manometer. Makin rendah tekanan pada permukaan cairan, makin rendah titik didih cairan itu. Hal ini pun berlaku untuk bahan pendingin di dalam evaporator. Makin rendah

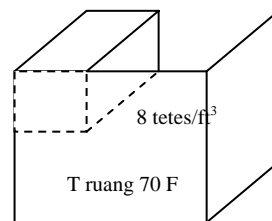
tekanan di atas permukaan bahan pendingin, makin rendah titik didihnya sehingga suhu evaporator juga menjadi makin rendah.

Humidity (Kelembaban)

Tetes air di udara diukur dengan istilah (terminologi) humidity (kelembaban) atau kandungan uap air di udara. Sebagai contoh, kandungan uap air relatif (relativ humidity) 50% artinya udara itu mengandung tetes air sebanyak 50% dibanding jumlah total yang mampu dikandungnya secara maksimal berdasarkan temperatur yang diberikannya.



Gbr. 11 Kandungan uap relative 50%



Gbr. 12 Kandungan uap relative 100%

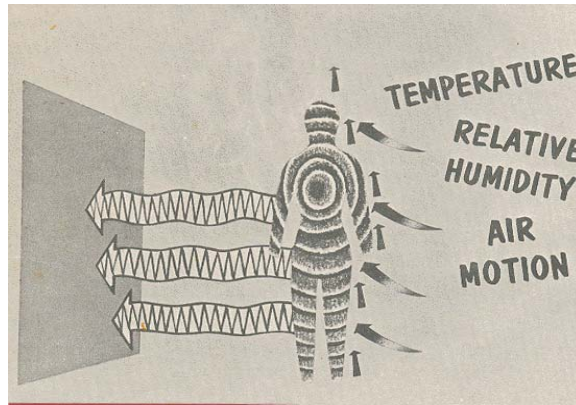
Kandungan uap air relatif yang rendah memungkinkan tubuh kita untuk mengeluarkan panas dengan cara penguapan (evaporasi). Karena kelembaban yang rendah berarti udara itu cenderung kering, sehingga ia dapat dengan mudah menyerap uap air. Jika kandungan uap air relatif itu tinggi, maka akan berakibat sebaliknya. Proses penguapan akan berjalan lambat pada kondisi lembab, sehingga kecepatan pengeluaran panas dari tubuh melalui proses penguapan akan menurun sampai akhirnya berhenti. Kondisi nyaman yang dapat diterima oleh tubuh manusia berada pada kisaran temperatur $72^{\circ} - 80^{\circ} \text{ F}$ ($22,2^{\circ} - 26,6^{\circ} \text{ C}$) dan 45% - 50% kelembaban relatif.

Laju Gerakan Udara

Faktor lain yang mempengaruhi kemampuan badan mengeluarkan panas adalah laju gerakan udara yang ada di sekeliling badan. Jika laju gerakan udara meningkat :

- Proses evaporasi pengeluaran panas badan akan lebih cepat karena uap air di sekeliling badan terbawa udara mengalir.
- Proses konveksi meningkat karena selubung udara hangat di sekeliling badan terbawa mengalir dengan cepatnya.
- Proses radiasi cenderung dipercepat karena panas di sekeliling kulit badan dibuang dalam jumlah yang besar, disebabkan panas radiasi dari badan lebih dipercepat.

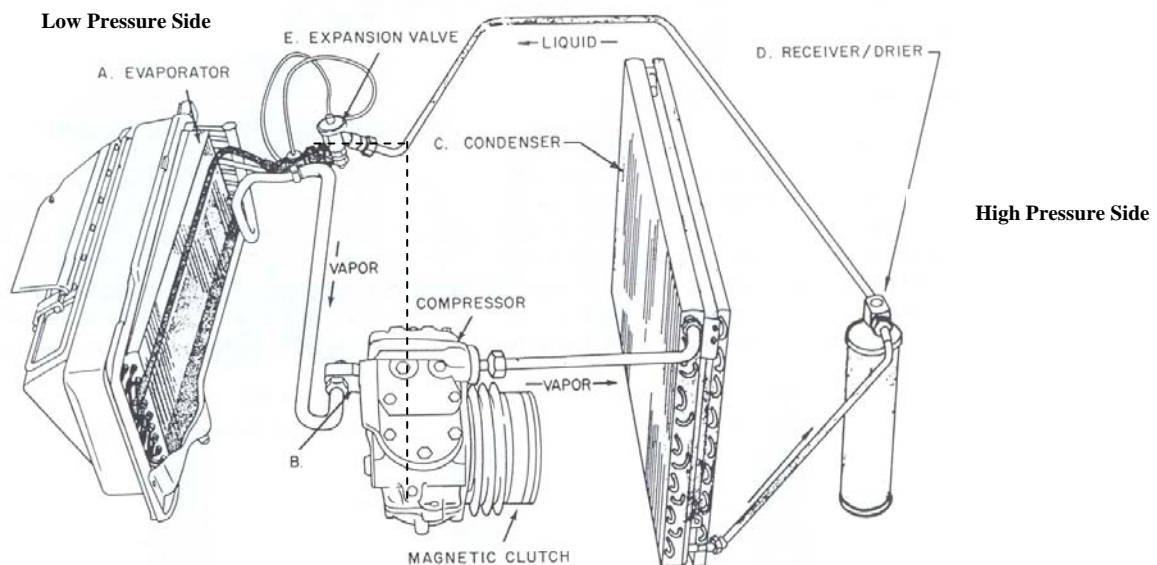
Jika laju gerakan udara menurun, maka proses-proses evaporasi, konveksi dan radiasi juga menurun.



Gbr. 13 Kondisi yang mempengaruhi kenyamanan tubuh

SIKLUS PENDINGINAN

Seperti telah dijelaskan pada bab sebelumnya, bahwa pendinginan berfungsi untuk mengeluarkan/membuang panas yang tidak diinginkan dari satu tempat ke tempat lain. Untuk melaksanakannya refrigeran dialirkan melalui suatu sistem rangkaian tertutup. Marilah perhatikan apa yang terjadi di dalam siklus pendinginan pada gambar di bawah ini.

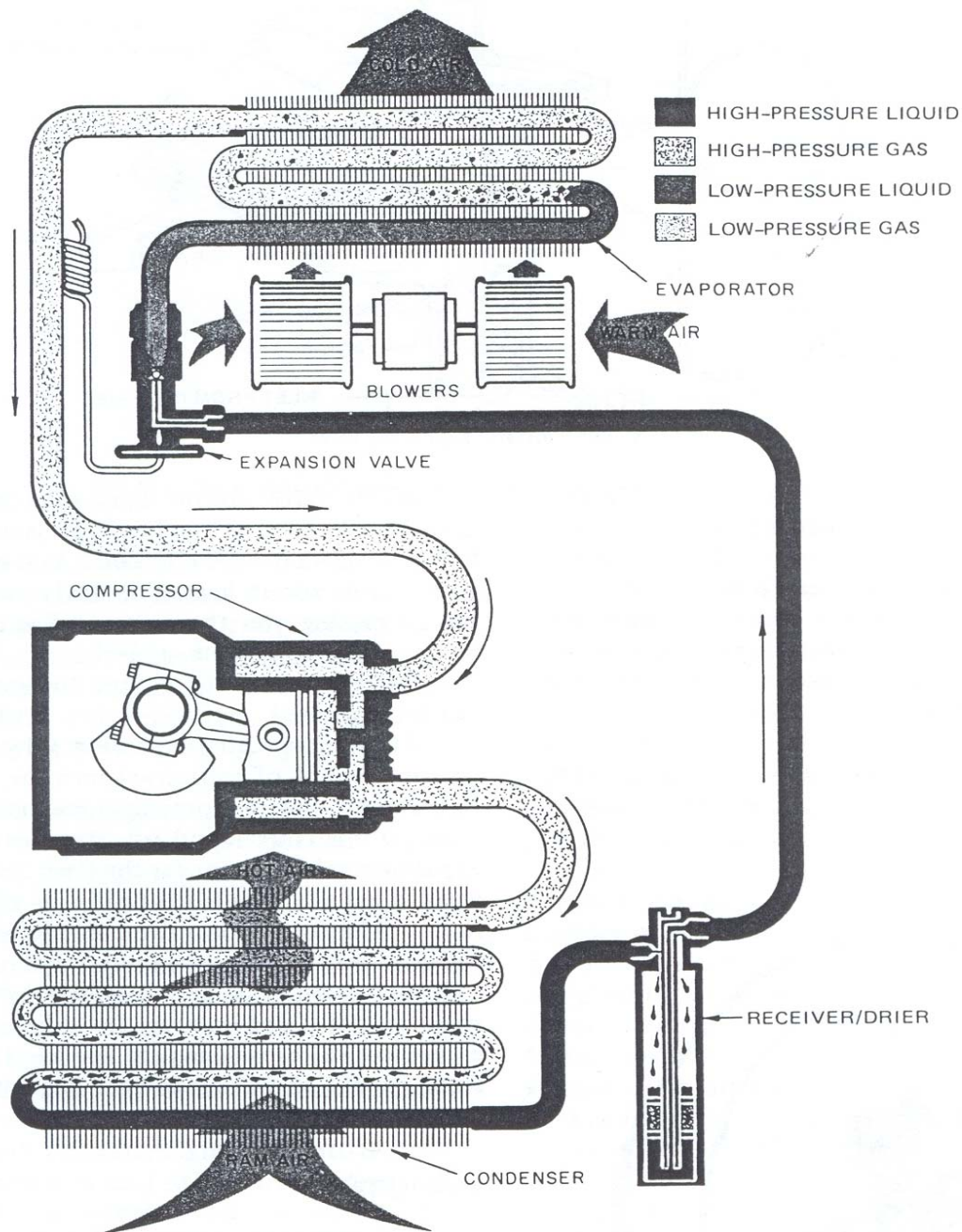


Gbr.14 Rangkaian Sistem AC Mobil

Ada dua sisi tekanan berbeda yang ditandai oleh garis putus-putus, yaitu sisi tekanan rendah (*low pressure side*) di mana evaporator ditempatkan dan sisi tekanan tinggi (*high pressure side*) di mana kondensor berada. Kedua sisi bertekanan ini dipisahkan oleh dua komponen, yaitu komponen kontrol (Expansion Valve) yang berfungsi untuk membatasi jumlah aliran refrigeran serta menurunkan tekanan dan temperatur refrigeran dan compressor yang berfungsi untuk mengkompresikan gas refrigeran serta menaikkan temperatur kondensasi.

Anggap saja dari komponen kontrol (E) perjalanan refrigeran mengelilingi siklus dimulai. Komponen kontrol ini bisa berupa katup ekspansi (TXV), pipa kapiler atau komponen kontrol lainnya. Komponen kontrol membatasi cairan refrigeran yang bertekanan tinggi serta bertemperatur tinggi masuk ke evaporator (A). Cairan refrigeran itu mengalir sepanjang evaporator sambil mengambil panas dari ruangan di mana evaporator itu diletakkan sambil berangsur-angsur berubah fhasanya menjadi uap (gas). Uap (gas) refrigeran bertemperatur dan bertekanan rendah itu dihisap masuk ke dalam compressor (B). Di dalam compressor gas tadi dikompresikan menjadi gas bertekanan tinggi, kemudian ditekan masuk ke dalam kondensor (C). Kondensor berfungsi untuk membuang panas yang dikandung gas tadi dan udara sekitarnya akan mengambil panas itu. Gas refrigeran di dalam kondensor mempunyai temperatur yang lebih tinggi dibanding temperatur udara sekitarnya, oleh karena itu dapat terjadi perpindahan panas.

Selama proses di kondensor, setelah panas refrigeran dibuang maka refrigeran itu akan berubah fasa jadi cairan bertemperatur dan bertekanan tinggi. Selanjutnya refrigeran itu akan mengalir melalui receiver/drier (D) untuk disaring, dibersihkan dari kandungan uap air atau zat lainnya dan disimpan sementara sebelum ia masuk ke dalam komponen kontrol dan evaporator. Di dalam komponen kontrol refrigeran dipaksa mengalir melalui lubang kecil, sehingga temperatur dan tekanannya jadi turun kembali sesuai dengan kondisi yang dapat diterima evaporator. Sebabnya adalah, setelah lewat lubang kecil kemudian mengalir ke lubang besar di evaporator, refrigeran itu menjadi mudah untuk menguap kembali. Sistem pendinginan membutuhkan komponen utama evaporator, kondensor, compressor, dan komponen kontrol serta saluran penghubung berupa pipa dengan ukuran diameter yang berlainan. Pipa inilah yang membuatnya menjadi sistem tertutup. Pipa penghubung antara evaporator dengan compressor disebut *suction line*, antara compressor dengan kondensor disebut *discharge line*, antara kondensor dengan komponen kontrol disebut *liquid line*.



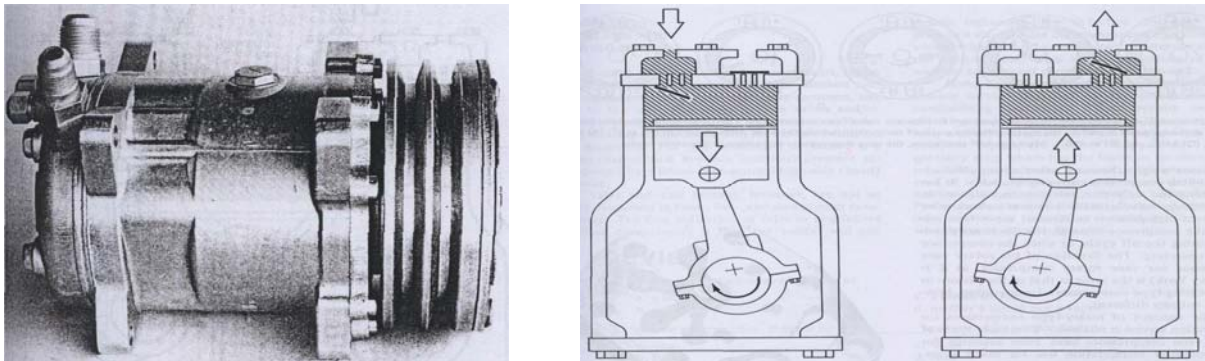
Gbr.15 Siklus Aliran Refrigeran

Compressor

Fungsi compressor pada sistem pendinginan uap (*vapor compression system*) ada dua macam:

1. untuk mengalirkan uap refrigeran yang mengandung sejumlah panas dari evaporator.
2. untuk menaikkan temperatur uap refrigeran sampai mencapai titik saturasinya (jenuh), titik tersebut lebih tinggi daripada temperatur medium pendinginnya.

Compressor mengambil uap panas pada temperatur rendah di dalam evaporator dan memompakannya ke tingkat temperatur yang lebih tinggi di dalam kondensor, oleh karena itu biasa juga compressor itu disebut *heat pump*.

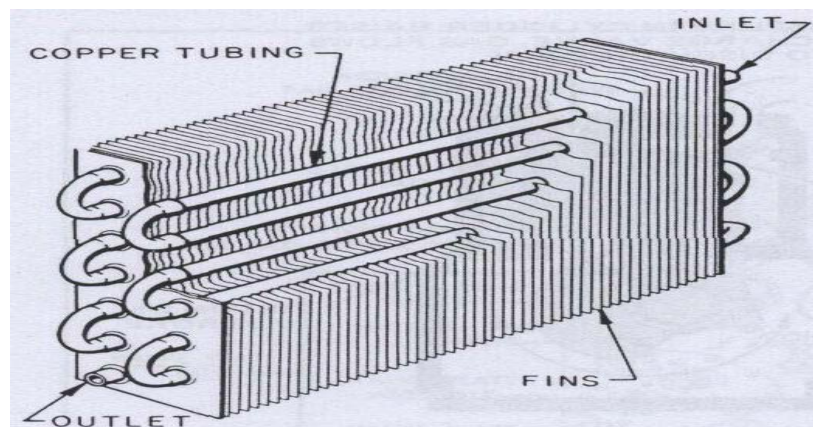


Gbr.16 Model compressor

Saat ini sebanyak 32 jenis compressor tersedia di pasaran untuk digunakan di AC mobil. Compressor tersebut dibuat oleh beberapa pabrikan seperti Tecumseh, Nippondenso, York, Delco Air, Sankyo dan lain-lain, dengan bermacam-macam model sesuai dengan kebutuhannya. Pabrikan compressor yang terkenal di Indonesia adalah Nippondenso. Compressor yang digunakan di AC mobil umumnya menggunakan silender (piston) yang terdiri atas satu sampai enam silender.

Kondensor

Kondensor adalah komponen penukar panas yang berfungsi untuk mengkondensasikan gas refrigeran dari compressor. Gas refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi dari compressor dialirkan ke kondensor selanjutnya fasa refrigeran berubah dari gas menjadi cair dengan cara membuang panas yang di bawa oleh refrigeran ke media pendingin kondensor.

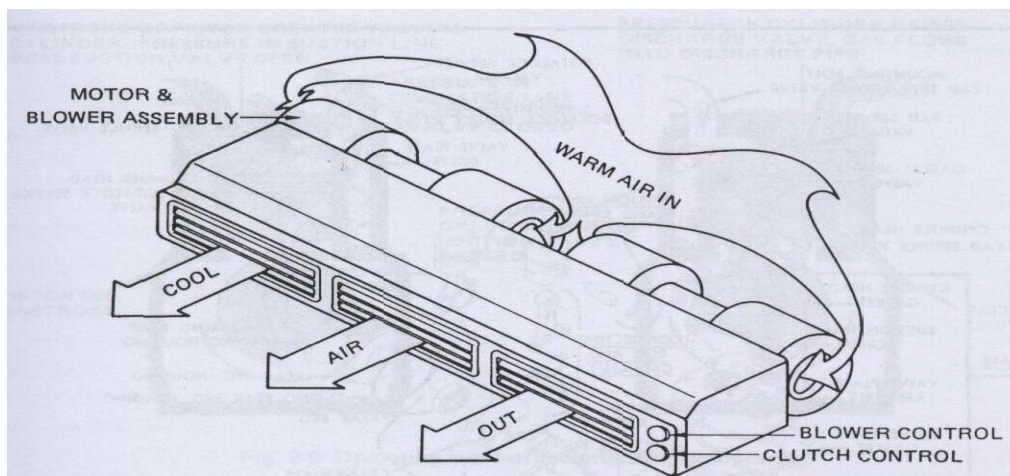


Gbr.17 Kondensor

Panas yang dibuang di kondensor adalah sama dengan jumlah panas yang diserap oleh evaporator dan panas hasil kerja kompresi oleh compressor. Setelah melalui kondensor, refrigeran sudah berubah wujud menjadi cairan 100% tetapi tekanan dan temperaturnya masih tinggi. Refrigeran tersebut dialirkan ke receiver/drier untuk dibersihkan dari kotoran atau kandungan uap air selanjutnya melalui liquid line diteruskan ke katup ekspansi.

Evaporator

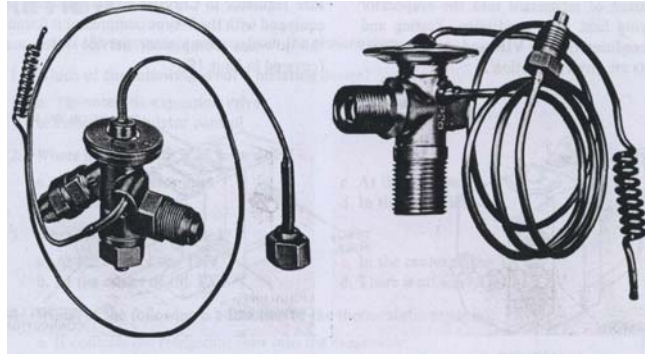
Evaporator adalah penukar kalor yang di dalamnya mengalir cairan refrigeran yang berfungsi sebagai penyerap panas dari produk yang didinginkan sambil berubah fasa. Kadang-kadang evaporator disebut freezing unit, low side, cooling unit atau nama lainnya yang menggambarkan fungsinya atau lokasinya. Temperatur refrigeran di dalam evaporator selalu lebih rendah daripada temperatur sekelilingnya, sehingga dengan demikian panas dapat mengalir ke refrigeran.



Gbr.18 Evaporator

Komponen Kontrol (Matering device)

Komponen kontrol refrigeran merupakan suatu tahanan yang tempatnya berada diantara sisi tekanan tinggi dan sisi tekanan rendah. Refrigeran cair yang mengalir melalui komponen kontrol, tekanannya diturunkan dan jumlahnya diatur sesuai dengan keperluan evaporator. Komponen kontrol harus memberikan kapasitas yang maksimum pada evaporator, tetapi tidak membuat beban lebih kepada compressor. Komponen kontrol refrigeran bekerjanya atas dasar: perubahan tekanan, perubahan suhu, perubahan jumlah atau volume refrigeran, atau gabungan dari perubahan tekanan, suhu dan jumlah refrigeran. Komponen kontrol yang paling sering digunakan pada sistem air conditioning adalah katup ekspansi thermostatis (TXV).



Gbr.19 Expansion Valve Tipe Flare dan Tipe O-Ring

REFRIGERAN DAN MINYAK PELUMAS

Refrigeran

Refrigeran adalah bahan pendingin berupa fluida yang digunakan untuk menyerap panas melalui perubahan fasa cair ke gas (menguap) dan membuang panas melalui perubahan fasa gas ke cair (mengkondensasi). Refrigeran yang baik harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Tidak beracun, tidak berwarna, tidak berbau dalam semua keadaan.
2. Tidak dapat terbakar atau meledak sendiri, juga bila bercampur dengan udara, minyak pelumas dan sebagainya.
3. Tidak korosif terhadap logam yang banyak dipakai pada sistem refrigerasi dan air conditioning.
4. Dapat bercampur dengan minyak pelumas kompresor, tetapi tidak mempengaruhi atau merusak minyak pelumas tersebut.
5. Mempunyai struktur kimia yang stabil, tidak boleh terurai setiap kali di mampatkan, diembunkan dan diuapkan.
6. Mempunyai titik didih yang rendah. Harus lebih rendah daripada suhu evaporator yang direncanakan.
7. Mempunyai tekanan kondensasi yang rendah. Tekanan kondensasi yang tinggi memerlukan kompresor yang besar dan kuat, juga pipanya harus kuat dan kemungkinan bocor besar.
8. Mempunyai tekanan penguapan yang sedikit lebih tinggi dari 1 atmosfer. Apabila terjadi kebocoran, udara luar tidak dapat masuk ke dalam sistem.

9. Mempunyai kalor laten uap yang besar, agar jumlah panas yang diambil oleh evaporator dari ruangan jadi besar.
10. Apabila terjadi kebocoran mudah diketahui dengan alat-alat yang sederhana.
11. Harganya murah.

Refrigeran 12, (CCl₂F₂) Dichloro Difluoro Methane

R-12 adalah refrigeran yang paling banyak dipakai untuk AC mobil. R-12 mempunyai titik didih $-21,6^{\circ}\text{F}$ ($-29,8^{\circ}\text{C}$) pada tekanan 1 atmosfer. Tekanan penguapan $11,8$ psig pada 5°F (15°C) dan tekanan kondensasi $93,3$ psig pada 86°F (30°C). Kalor laten uap $71,74$ Btu/lb pada titik didih. Bahan pendingin R-12 sangat aman, tidak korosif, tidak beracun, tidak dapat terbakar atau meledak dalam bentuk gas maupun cair, juga bila bercampur dengan udara. R-12 tidak berwarna, bahkan transparan, tidak berbau dan tidak ada rasanya pada konsentrasi di bawah 20% dari volume. R-12 tidak berbahaya bagi hewan atau tumbuhan dan tidak mempengaruhi bau, rasa atau warna dari air atau makanan yang disimpan di dalam ruangan.

R-12 akan tetap stabil pada suhu kerja rendah, maupun pada suhu kerja tinggi, tidak bereaksi dan tidak korosif terhadap logam yang banyak dipakai pada sistem refrigerasi dan air conditioning, seperti: aluminium, tembaga, kuningan, seng, timah dan lain-lain. Jika bercampur dengan air pada suhu tinggi dapat menjadi korosif karena ada asam halogen yang terbentuk. Apabila kita memakai sistem dengan R-12, janganlah sampai ada air yang tertinggal di dalam sistem.

Kebaikan R-12 yang dapat bercampur dengan minyak pelumas dalam semua keadaan tidak saja mempermudah mengalirkan minyak pelumas kembali ke kompresor, tetapi juga dapat menaikkan efisiensi dan kapasitas dari sistem. Evaporator dan kondensor akan bebas dari minyak pelumas yang dapat mengurangi kemampuan perpindahan panas dari kedua alat tersebut. R-12 apabila bercampur dengan api yang sedang terbakar atau pemanas listrik yang sedang bekerja, dapat membentuk suatu gas yang sangat beracun. Kebocoran dapat dicari dengan halide detector, electronic detektor, air sabun dan lain-lain. Refrigeran dibuat oleh beberapa negara dari beberapa perusahaan dengan memakai nama dagang (merk) mereka masing-masing. Beberapa diantaranya yang telah beredar di Indonesia adalah :

Tabel 1
Beberapa Merk dagang refrigeran

Nama	Pabrik	Negara
Freon	E.I. du Pont de Nemours & Company	U.S.A
Genetron	Allied Chemical Corporation	U.S.A

Frigen	Hoechst AG	Jerman
Arcton	Imperial Chemical Industries Ltd.	Inggris
Asahi Fron	Asahi Glass Co., Ltd.	Jepang
Forane	Pacific Chemical Industries Pty.	Australia
Daiflon	Osaka Kinzoku Kogyo Co., Ltd.	Jepang
Ucon	Union Carbide Chemicals Corporation	U.S.A
Isotron	Pennsylvania Salt Manufacturing Co.	U.S.A

Refrigeran disimpan dalam tabung atau silender dan drum. Untuk mengetahui isinya, tabung-tabung tersebut diberi berbagai warna, keterangan pada tabung dan label. Warna tabung bahan pendingin dari Du Pont adalah sebagai berikut:

Tabel 2
Warna tabung Refrigeran merk Du Pont

Refrigeran	Warna tabung
Freon 11	Jingga (Orange)
Freon 12	Putih
Freon 22	Hijau
Freon 113	Ungu tua (Purple)
Freon 114	Biru tua
Freon 134a	Biru muda (Biru langit)
Freon 500	Kuning
Freon 502	Ungu muda (Orchid)



Gbr.20 Jenis Refrigeran 12

Hubungan Tekanan dan Temperatur

Karakteristik dari R-12 yang membuat ia pantas untuk digunakan pada AC mobil adalah besaran nilai temperatur dan tekanannya (pada sistem British) dalam rentang 20 – 80 Psig mempunyai nilai yang sangat dekat. Sebagai contoh, tabel 2.1 menunjukkan bahwa untuk tekanan 23,1 psig, temperaturnya adalah 23⁰F. Nilai tersebut adalah temperatur dari

refrigeran itu sendiri bukan nilai dari temperatur dari evaporator atau udara yang melewatinya.

Tabel 3
Hubungan Tekanan – Temperatur untuk R-12

Temp. °F	Press. psig	Temp. °F	Press. psig	Temp. °F	Press. psig	Temp. °F	Press. psig	Temp. °F	Press. psig
0	9.1	35	32.5	60	57.7	85	91.7	110	136.0
2	10.1	36	33.4	61	58.9	86	93.2	111	138.0
4	11.2	37	34.3	62	60.0	87	94.8	112	140.1
6	12.3	38	35.1	63	61.3	88	96.4	113	142.1
8	13.4	39	36.0	64	62.5	89	98.0	114	144.2
10	14.6	40	36.9	65	63.7	90	99.6	115	146.3
12	15.8	41	37.9	66	64.9	91	101.3	116	148.4
14	17.1	42	38.8	67	66.2	92	103.0	117	151.2
16	18.3	43	39.7	68	67.5	93	104.6	118	152.7
18	19.7	44	40.7	69	68.8	94	106.3	119	154.9
20	21.0	45	41.7	70	70.1	95	108.1	120	157.1
21	21.7	46	42.6	71	71.4	96	109.8	121	159.3
22	22.4	47	43.6	72	72.8	97	111.5	122	161.5
23	23.1	48	44.6	73	74.2	98	113.3	123	163.8
24	23.8	49	45.6	74	75.5	99	115.1	124	166.1
25	24.6	50	46.6	75	76.9	100	116.9	125	168.4
26	25.3	51	47.8	76	78.3	101	118.8	126	170.7
27	26.1	52	48.7	77	79.2	102	120.6	127	173.1
28	26.8	53	49.8	78	81.1	103	122.4	128	175.4
29	27.6	54	50.9	79	82.5	104	124.3	129	177.8
30	28.4	55	52.0	80	84.0	105	126.2	130	182.2
31	29.2	56	53.1	81	85.5	106	128.1	131	182.6
32	30.0	57	55.4	82	87.0	107	130.0	132	185.1
33	30.9	58	56.6	83	88.5	108	132.1	133	187.6
34	31.7	59	57.1	84	90.1	109	135.1	134	190.1

Minyak Pelumas

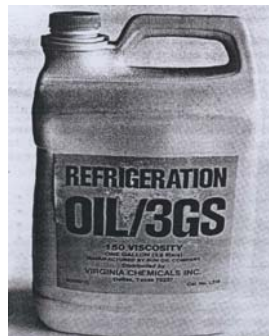
Minyak pelumas dalam sistem pendingin merupakan bagian yang penting untuk melumasi dan melindungi bagian-bagian yang bergerak dari kompresor. Kompresor mesin pendingin harus terus-menerus mendapat pelumasan. Jika cara pelumasannya kurang sempurna, bagian-bagian yang bergerak dari kompresor akan cepat aus dan rusak. Gunanya minyak pelumas dalam sistem pendingin adalah untuk :

1. Mengurangi gesekan dari bagian-bagian yang bergerak.
2. Mengurangi terjadinya panas pada bus dan bantalan.
3. Membentuk lapisan penyekat antara torak dan dinding silender
4. Membantu mendinginkan kumparan motor listrik di dalam kompresor hermetik.

Di dalam kompresor minyak pelumas selalu berhubungan, bahkan bercampur dengan refrigeran dan mengalir bersama-sama ke semua bagian dari sistem. Minyak pelumas harus tetap stabil pada suhu dan tekanan yang tinggi dari kompresor, juga harus tetap dapat memberikan pelumasan dan melindungi bagian-bagian yang bergerak agar tidak aus dan rusak. Pada suhu rendah minyak pelumas harus tidak menimbulkan kotoran atau endapan

yang dapat menyebabkan katup ekspansi menjadi buntu. Minyak pelumas yang ikut terbawa oleh refrigeran harus dapat dikembalikan ke kompresor dengan perencanaan dari sistem, terutama evaporator yang baik. Minyak pelumas dapat dibagi dalam tiga jenis yaitu yang berasal dari hewan, tumbuhan dan mineral.

Minyak pelumas yang berasal dari hewan dan tumbuhan adalah minyak pelumas yang tetap (*fixed oil*), karena tidak dapat dimurnikan tanpa diuraikan. Minyak tersebut tidak stabil, mudah membentuk asam dan endapan, sehingga tidak dapat dipakai untuk mesin pendingin. Minyak pelumas untuk mesin pendingin dibuat dari mineral yang baik dari golongan naphthene.



Gbr. 21 Jenis minyak pelumas

Minyak mineral harus dibersihkan melalui proses penyulingan minyak, untuk diambil kandungan lilin, air, belerang dan lain-lain kotorannya. Umumnya minyak pelumas diberi bahan tambahan untuk menghindarkan terjadinya endapan atau busa. Minyak pelumas harus mempunyai *pour point* (suhu terendah dimana minyak masih dapat mengalir) yang rendah, agar pada suhu rendah lilinnya tidak memisah lalu membeku. Lilin yang membeku dapan membuat buntu alat kontrol refrigeran seperti katup ekspansi. Syarat-syarat minyak pelumas untuk mesin pendingin adalah :

1. Tidak mengandung air, lilin, asam dan lain-lain kotoran.
2. Mempunyai pour point yang rendah yaitu -25°F sampai dengan -40°F (-32°C sampai dengan -40°C). Agar pemakaian pada sistem dengan suhu rendah, lilinnya tidak memisah dan membeku.
3. Mempunyai dielektrik (tidak menghantar listrik) yang kuat, minimum 25 kilo volt.
4. Mempunyai struktur kimia yang stabil, tidak mudah bereaksi dengan refrigeran atau benda lain yang dipakai pada sistem pendingin.
5. Tidak berbusa, karena jika berbusa minyak pelumas dapat membawa refrigeran cair masuk ke kompresor, dapat merusak katup kompresor.
6. Mempunyai kekentalan (viscosity) pada 100°F ($37,8^{\circ}\text{C}$) antara 150 – 300 SUV (Saybolt Universal Viscosity) dan untuk kompresor AC mobil 500 SUV.

Kekentalan (Viscosity) Minyak Pelumas

Minyak pelumas biasanya diukur dengan satuan Saybolt Universal Viscosity (SUV), yaitu satuan waktu dalam detik yang diperlukan untuk mengalirkan minyak dalam jumlah tertentu (60 cm^3) pada suhu udara 100°F ($37,8^{\circ}\text{C}$) melalui sebuah pipa kapiler. Misalnya minyak pelumas pada suhu 100°F memerlukan waktu 300 detik untuk melewati pipa kapiler tersebut, maka dinamakan minyak tersebut mempunyai kekentalan 300 SUV pada 100°F . Minyak pelumas dengan 300 SUV lebih kental daripada minyak pelumas dengan 200 SUV. Minyak yang terlalu kental akan membuat tahanan minyak tersebut menjadi besar dan tenaga yang diperlukan untuk menggerakkan kompresor juga bertambah besar. Minyak pelumas yang terlalu kental tidak dapat menembus lapisan permukaan antara bagian-bagian yang bergerak, apalagi pada kelonggaran atau celah yang sempit, minyak tidak dapat menembus ke celah-celah tersebut yang harus dilumasi, sehingga hasil pelumasan tidak merata dan bagian yang bergesekan cepat menjadi aus dan rusak. Sebaliknya minyak pelumas yang terlalu encer, tidak dapat membuat lapisan film dan melumasi permukaan bagian-bagian yang bergerak dengan baik, sehingga bagian-bagian tersebut cepat menjadi aus dan rusak. Berikut ini diberikan sebuah tabel sebagai pedoman kekentalan dari minyak pelumas :

Tabel 4
Pedoman Kekentalan Minyak Pelumas

Pemakaian	Jenis Refrigeran	Kekentalan (SUV)
Suhu kompresor: Normal Tinggi	Semua	150
	Halogen	150
	Amonia	300
Suhu evaporator: Di atas -18°C -18°C s/d -40°C Di bawah -40°C	Halogen	150
	Amonia	300
	Halogen	150
	Amonia	150
	Halogen	150
	Amonia	150
Kompresor AC mobil	Halogen	500

Kekentalan minyak pelumas akan berubah, jika terjadi perubahan suhu. Kekentalannya akan naik jika suhunya turun. Sebaliknya kekentalannya akan turun jika suhunya naik. Misalkan minyak pelumas dengan kekentalan 175 SUV pada 100°F akan naik menjadi 1800 SUV jika suhunya turun sampai 40°F .

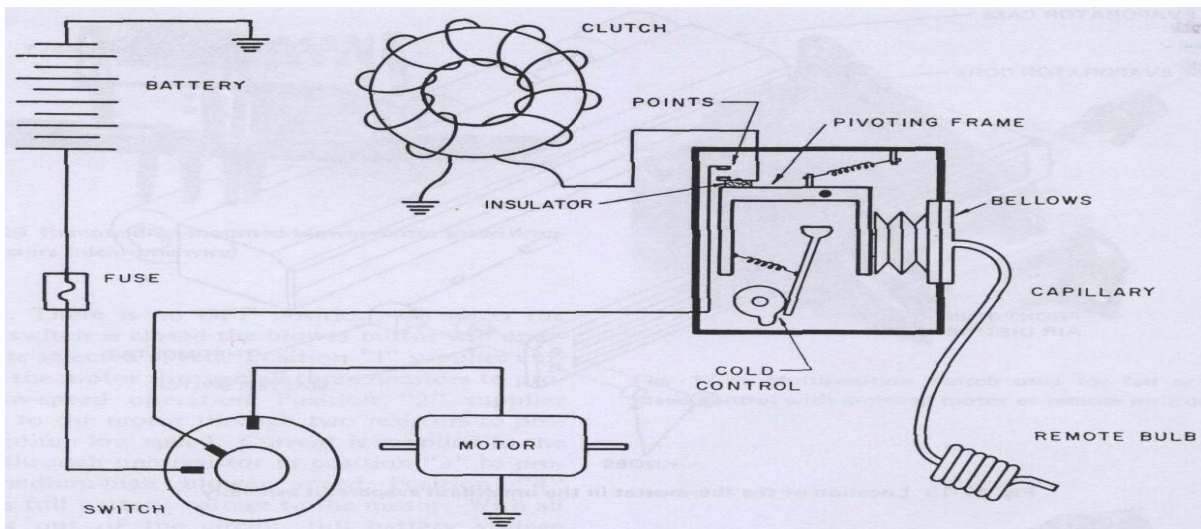
Refrigeran yang dapat larut dalam minyak pelumas dibagi menjadi tiga golongan, yaitu:

1. Dapat bercampur pada suhu tinggi dan suhu rendah.
2. Dapat bercampur pada suhu tinggi, tetapi memisah pada suhu rendah.
3. Tidak dapat bercampur pada suhu tinggi maupun suhu rendah.

Pada suhu yang rendah di evaporator, kemampuan bercampur refrigeran dengan minyak pelumas berkurang, sedangkan pada suhu tinggi di kompresor dan kondensor bertambah. Di evaporator biasanya sebagian minyak pelumas akan memisah dari campuran refrigeran dan minyak pelumas. R-12 adalah refrigeran yang pada suhu tinggi dan suhu rendah dapat bercampur dengan minyak pelumas. Di dalam saluran pipa evaporator yang rendah suhunya, R-12 tetap dapat bercampur dengan minyak pelumas. Kekentalan minyak pelumas di evaporator dan saluran hisap tetap rendah (encer), sehingga minyak pelumas dapat lebih mudah dibawa kembali ke kompresor.

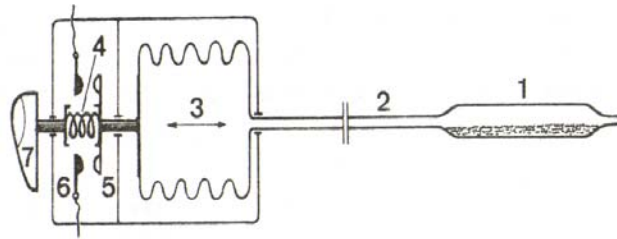
KOMPONEN KELISTRIKAN

Rangkaian kelistrikan pada sistem AC mobil adalah sangat sederhana seperti terlihat pada gambar 22. Umumnya terdiri atas beberapa komponen seperti : thermostat, fuse, motor blower, kopling magnet (magnetik clutch) dan pusat pengatur kecepatan blower (master control).



Gbr. 22 Skema rangkaian kelistrikan AC mobil

Thermostat berfungsi untuk mengatur batas-batas suhu di dalam ruangan, menghentikan dan menjalankan kembali compressor secara otomatis, dan mengatur lamanya compressor berhenti.



Prinsip kerja pengatur suhu

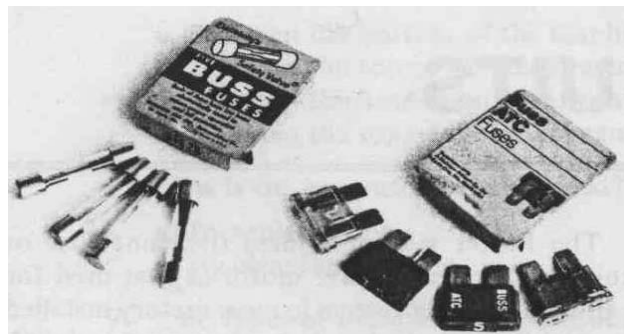
1. Bulb 2. Pipa kapiler 3. Bellow 4. Pegas 5. Kontak yang bergerak
6. Kontak yang diam atau terminal 7. Tombol.

Gbr. 23 Thermostat

Thermostat dipasang di dekat evaporator, ia merupakan sebuah saklar listrik yang digerakkan oleh setiap perubahan temperatur. Ia merasakan (mendeteksi) temperatur udara di evaporator atau temperatur refrigeran yang masuk dan keluar (bergantung pada desainnya). Jika temperaturnya lebih tinggi dari temperatur pengaturannya, maka saklar thermostat akan menutup (no 5 dan no 6 berhubungan) sehingga arus dapat mengalir ke kopling magnet. Setelah kopling magnet mendapatkan arus listrik, maka sistem AC akan beroperasi dan proses pendinginan dimulai. Begitu pula sebaliknya, jika temperaturnya lebih rendah dari temperatur pengaturannya, maka saklar thermostat akan membuka (no 5 dan no 6 terpisah) akibatnya arus listrik ke kopling magnet akan terputus. Kopling magnet tidak mendapat arus listrik, maka sistem AC akan berhenti beroperasi.

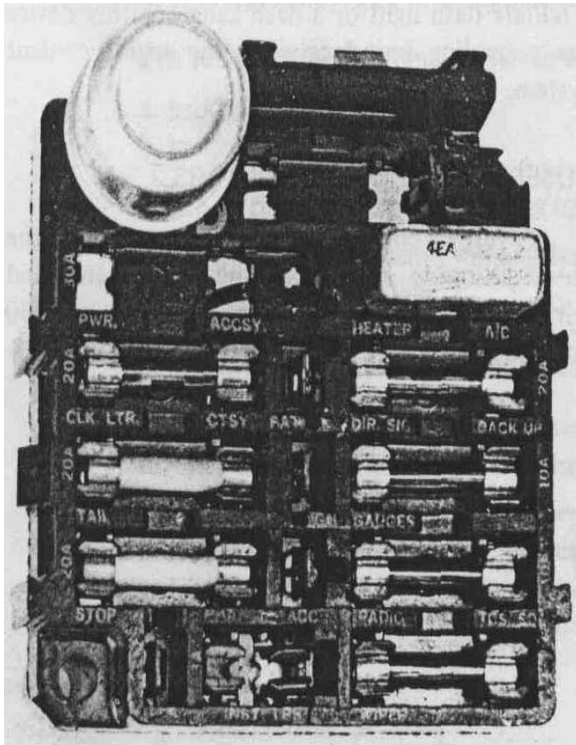
Fuse

Fuse digunakan untuk menjaga komponen AC dan komponen kelistrikan lainnya dari arus yang berlebih. Ukuran fuse yang digunakan biasanya berada pada kisaran 20 A – 30 A, bergantung pada sistem kelistrikan yang direncanakan. Ada dua jenis fuse yang biasa digunakan pada kendaraan, yaitu fuse yang berbentuk tabung dan fuse yang berbentuk plat plastik.

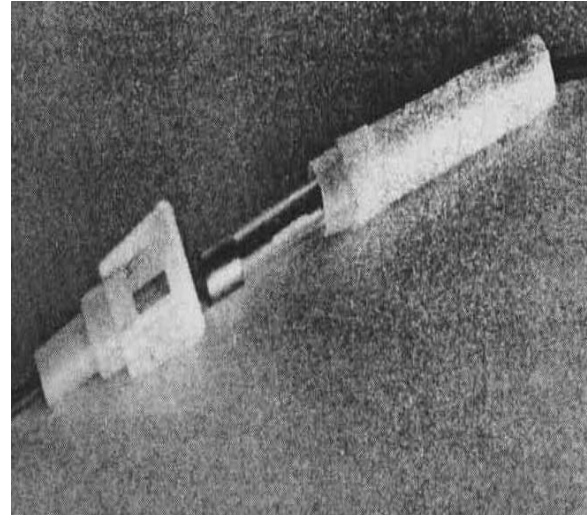


Gbr. 23 Fuse

Pada umumnya fuse ditempatkan pada sebuah kotak fuse, tapi ada juga yang ditempatkan terpisah, misalnya pada suatu jalur kabel kelistrikan (in-line fuseholder).



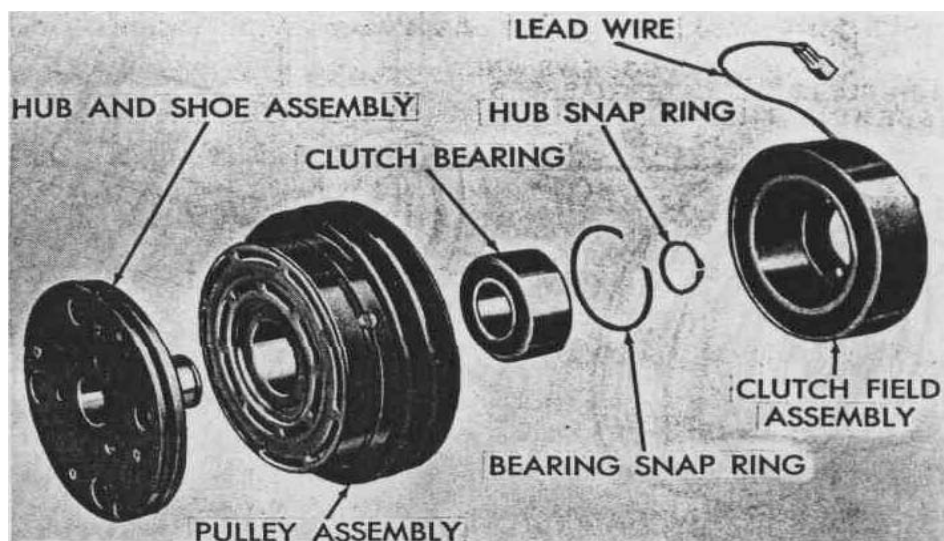
Gbr. 24 Kotak Fuse



Gbr. 25 In-line Fuseholder

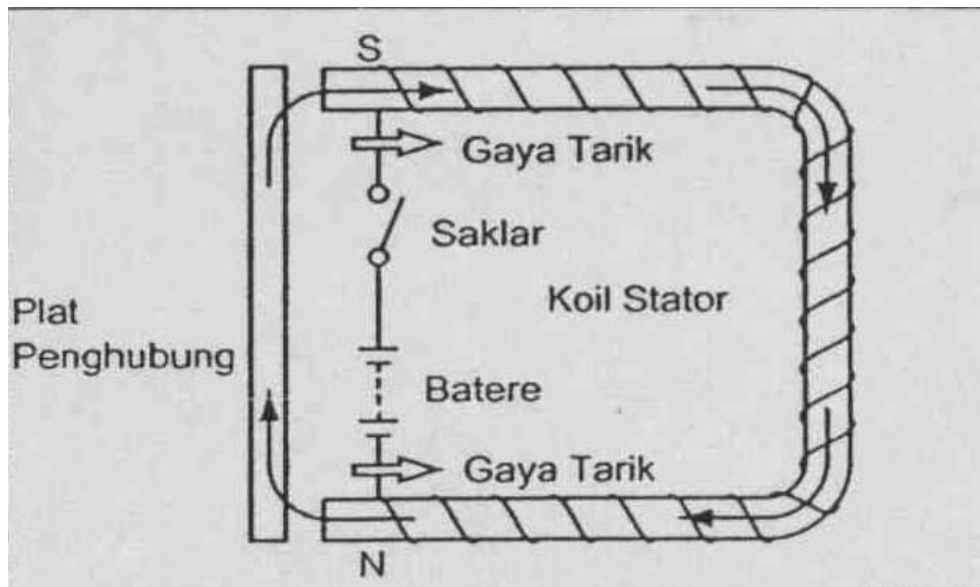
Magnetik Clutch

Magnetik clutch berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan kompresor dari daya gerak mesin. Komponen utamanya adalah stator, rotor dengan pulley, dan plat penghubung (hub plate). Stator terpasang pada rumah kompresor dan plat penghubung menempel pada shaft kompresor.



Gbr. 26 Magnetik Clutch

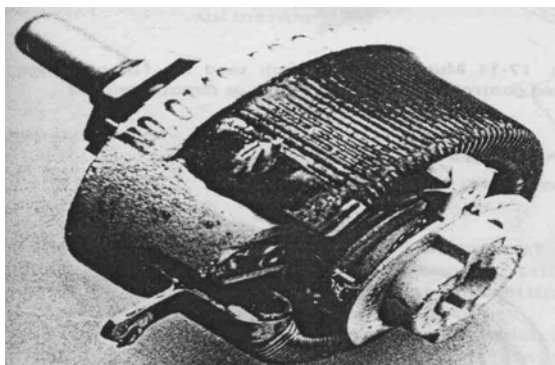
Cara kerja dari magnetik clutch adalah saat arus listrik dialirkan ke koil stator, gaya magnet dibangkitkan oleh koil stator sehingga plat penghubung tertarik. Akibatnya, plat penghubung akan menempel ke pulley sehingga seluruh bagian magnetik clutch berputar sebagai satu kesatuan. Dengan demikian shaft kompresor akan ikut berputar dan kompresor bekerja.



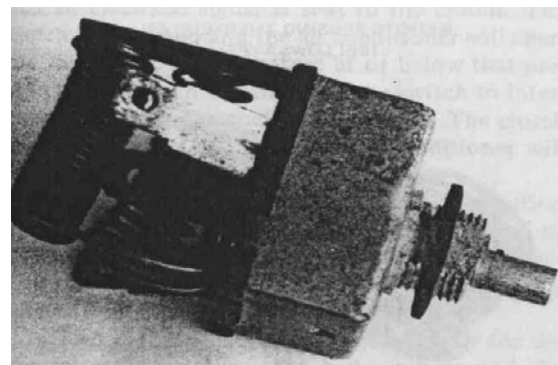
Gbr. 27 Cara kerja magnetic clutch

Master Control

Pada umumnya master control termasuk ke dalam perlengkapan pengatur kecepatan blower. Alat pengatur kecepatan ini dikenal juga dengan istilah rheostat.



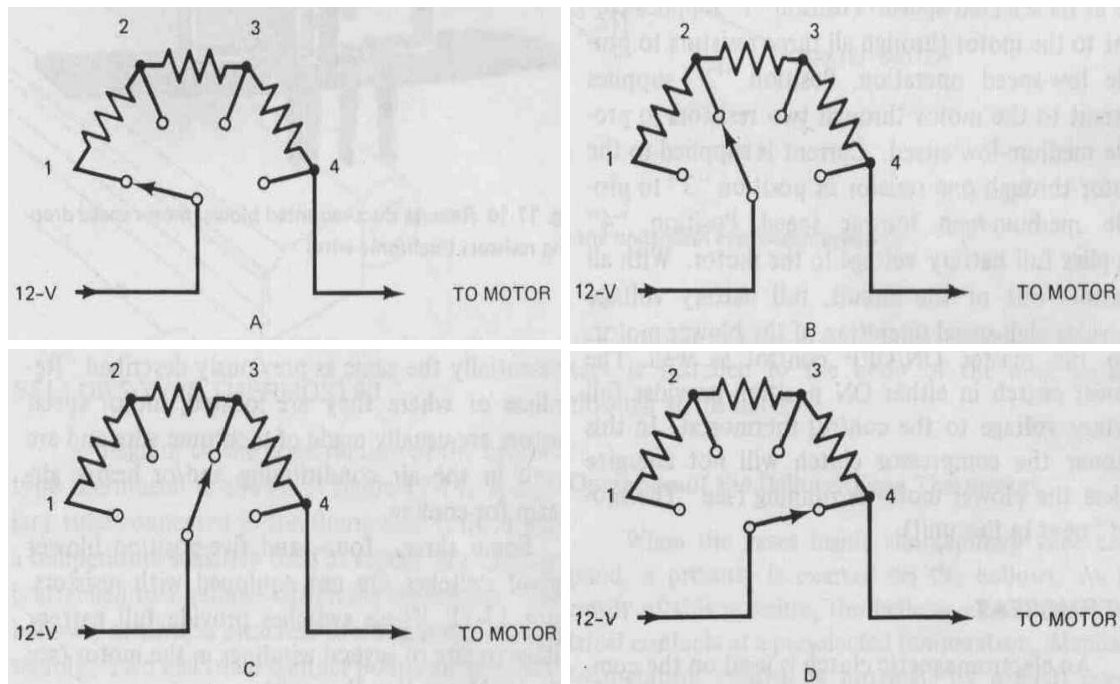
Gbr. 28 Rheostat



Gbr. 29 Switch blower

Kecepatan blower yang digunakan bisa terdiri dari beberapa posisi kecepatan, seperti bisa dilihat pada gambar 30. Posisi 1 memberikan arus listrik ke motor melalui tiga resistor guna menghasilkan kecepatan rendah (Lo). Posisi 2 memberikan arus listrik ke motor melalui dua resistor guna menghasilkan kecepatan sedang (Med). Arus listrik yang diberikan ke motor

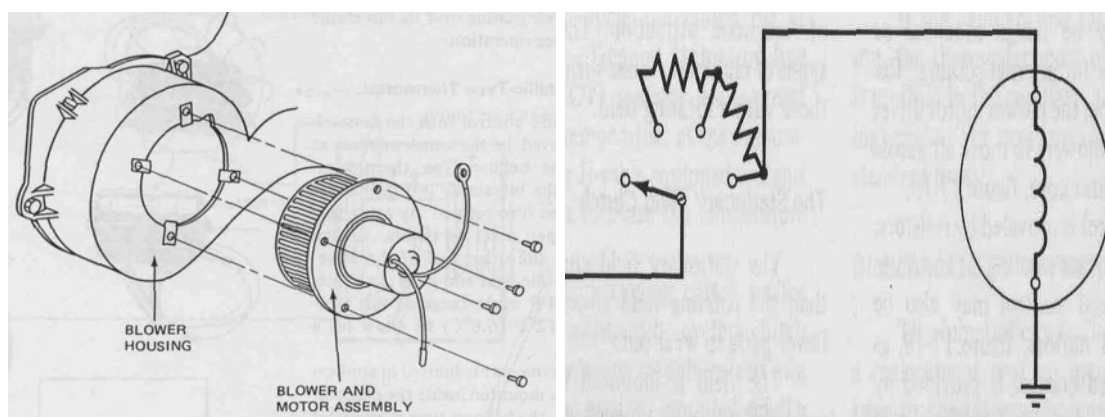
melalui satu resistor pada posisi 3 menghasilkan kecepatan blower sedang-tinggi. Posisi 4 memberikan tegangan penuh ke motor sehingga akan menghasilkan kecepatan blower yang tinggi.



Gbr. 30 Posisi kecepatan blower

Blower Motor

Blower digunakan untuk menarik udara segar (fresh) atau udara sirkulasi ke dalam ruang penumpang yang sebelumnya dilewatkan melalui evaporator atau heater. Blower digerakkan oleh sebuah motor, biasanya sebesar 12 V. Blower motor bisa terdiri atas satu atau dua shaft (poros) dengan bearings yang disegel sehingga biasanya tidak memerlukan lagi pelumasan. Bila terjadi masalah pada bearing, maka harus diganti karna tidak mungkin untuk diperbaiki. Umumnya kerusakan terjadi karena aus dan bila arus yang mengalir ke motor terlalu besar dari spesifikasinya maka lilitan motor akan terbakar.



Gbr. 31 Blower motor

Saklar Pengontrol Tekanan

Banyak sistem yang menggunakan saklar pengontrol tekanan tinggi dan rendah pada rangkaian kopling magnetnya. Saklar ini dipasang pada bagian atas receiver. Dalam kondisi normal, saklar ada pada posisi tertutup (normaly close) dan akan terbuka bila ia mendeteksi tekanan yang tidak normal (terlalu tinggi atau rendah). Jika kondisi itu terjadi, maka saklar tekanan akan memutuskan arus yang mengalir ke magnetik clutch untuk menghentikan kerja kompressor.



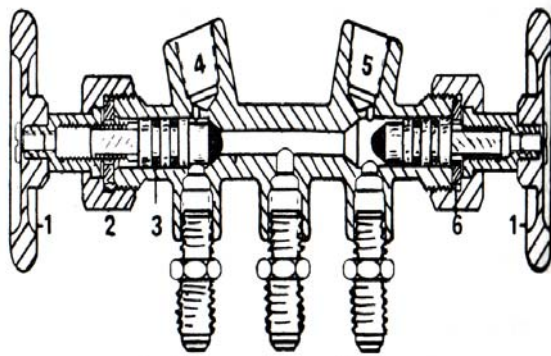
Gbr. 32 Saklar Pengontrol Tekanan

Bekerjanya saklar tekanan rendah bisa terjadi diantara saluran masuk ke evaporator dan saluran masuk ke kompressor. Sebagai contoh, jika pada tekanan suction menunjukkan angka 5 psig, maka saklar tekanan rendah akan terbuka dan kompressor berhenti. Hal tersebut dimaksudkan untuk mempertahankan agar tekanan di dalam sistem tetap terjaga sehingga dapat dihindari masuknya udara atau uap air bila terjadi kebocoran. Begitupula, jika pada tekanan discharge menunjukkan angka 300 psig, maka saklar tekanan tinggi akan terbuka dan memutuskan arus listrik yang menuju kompressor. Kondisi tersebut akan kembali normal bila faktor penyebab tekanan terlalu tinggi atau rendah tersebut sudah diperbaiki.

PERALATAN KERJA AIR CONDITIONING

Manifold Gauge

Manifold gauge terdiri dari meter tekan (discharge) dan meter ganda (suction), dua buah keran yang disatukan dan tiga buah selang isi dengan tiga warna yang berlainan. Dengan menghubungkan manifold gauge kepada sistem, kita dapat lebih cepat mengetahui kesalahan dari sistem. Tekanan kedua meter dari manifold gauge dapat menunjukkan kepada kita apa yang sedang terjadi di dalam sistem. Selain itu alat tersebut dapat dipakai untuk : menunjukkan vakum, mengisi refrigeran, menambah minyak pelumas, memeriksa tekanan dari sistem dan compressor.



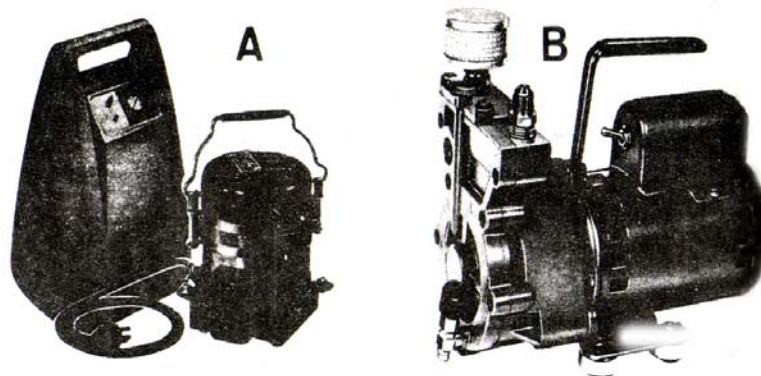
1. Tangkai pemutar 2. Mur 3. Cincin penyekat 4. Tempat meter ganda
5. Tempat meter tekan 6. Sil penyekat



Gbr. 33 Manifold Gauge

Vacuum Pump

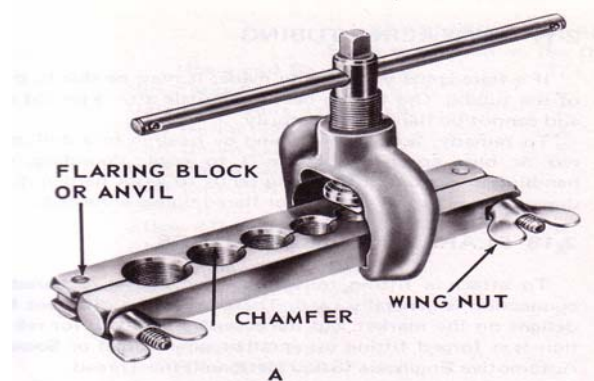
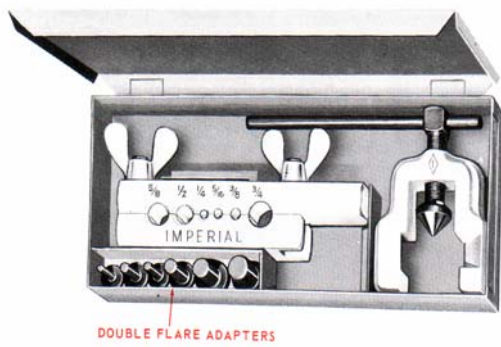
Pompa vakum berfungsi untuk membuat vakum (hampa udara) sistem pendingin sebelum diisi dengan refrigeran. Pompa vakum harus dapat mengeluarkan semua gas, udara dan uap air dari dalam sistem.



Gbr. 34 Pompa Vakum; A. Memakai Kompresor dan B. Robinair

Flaring dan Swaging

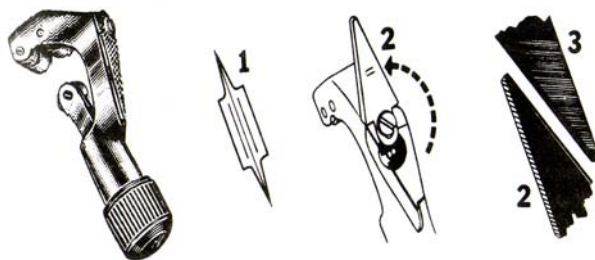
Flaring tool digunakan untuk mengembangkan ujung pipa agar dapat disambung dengan sambungan berulir (flare nut). Swaging tool digunakan untuk memperbesar ujung pipa, agar dua pipa yang sama diameternya dapat disambung dengan sambungan las.



Gbr. 35 Flaring dan Swaging

Tubing Cutter

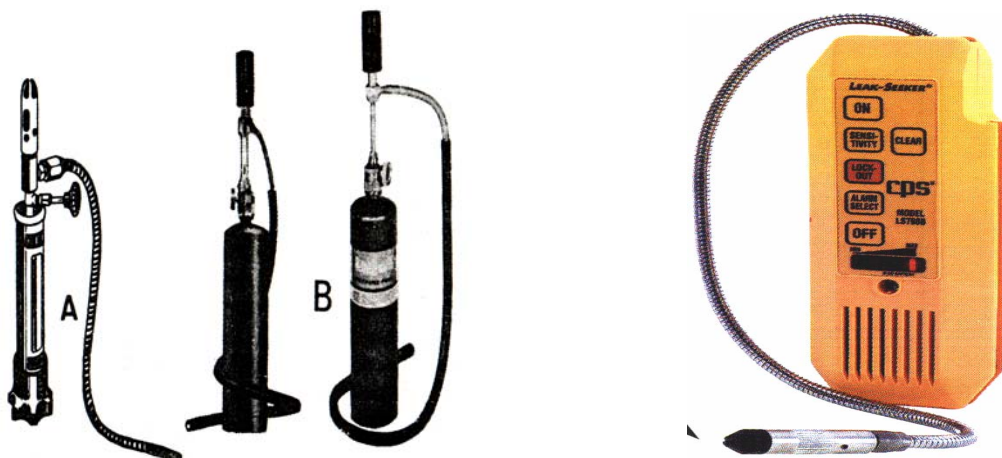
Tubing cutter (pemotong pipa) berfungsi untuk memotong pipa tembaga dari 1/8 in sampai dengan 1 1/8 in.



Gbr. 36 Tubing Cutter; 1. Pisau Pemotong 2. Reamer 3. Kikir

Leak Detector

Di gunakan untuk mencari kebocoran yang terjadi pada sistem pendingin.



Halide Detector: A. Bahan bakar alkohol B. Bahan bakar elpiji

Electronic detector

Gbr. 37 Leak Detector

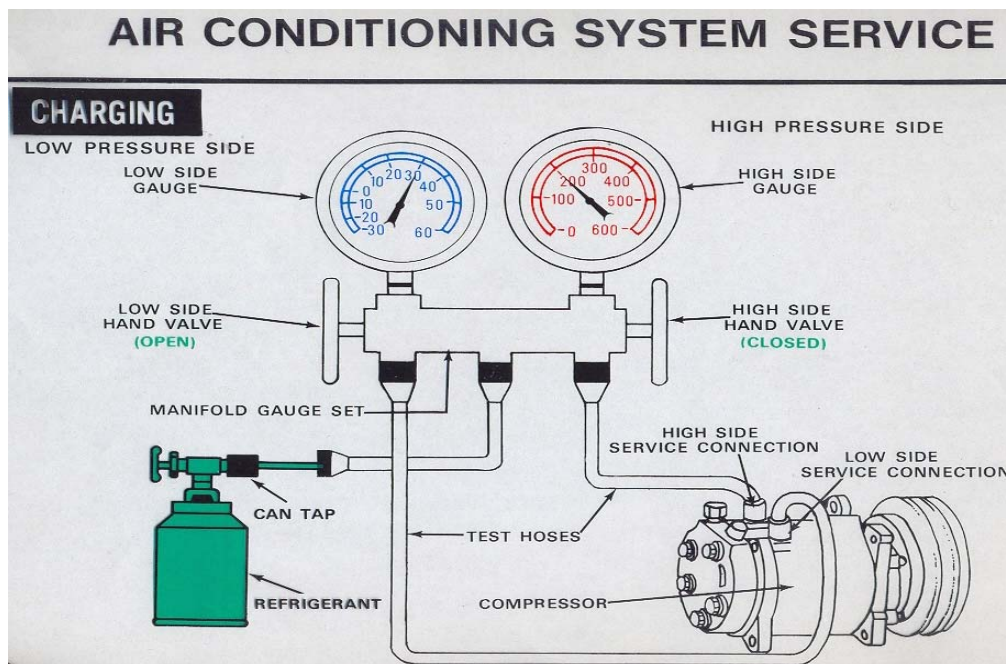
PENGISIAN DAN PENGOSONGAN REFRIGERAN

Pengisian Refrigeran

Refrigeran dapat diisikan ke dalam sistem pendingin dalam bentuk gas (silinder berdiri tegak) atau sebagai cairan (silinder terjungkir). Jumlah yang harus diisikan harus benar-benar diperkirakan. Bila unit terlampaui besar untuk dapat diisi dengan gas, maka pengisian berbentuk cairan harus dilakukan. **Tapi ingat : bila pengisian cairan refrigeran terpaksa harus dilakukan, maka mesin pendingin (AC) harus dalam kondisi mati (off).**

Refrigeran biasanya diisikan ke dalam sistem pada salah satu dari tiga tempat yaitu :

1. King valve pada liquid line (pengisian cairan).
2. Suction service valve (pengisian gas).
3. Punch off tube compressor hermetic (pengisian gas).



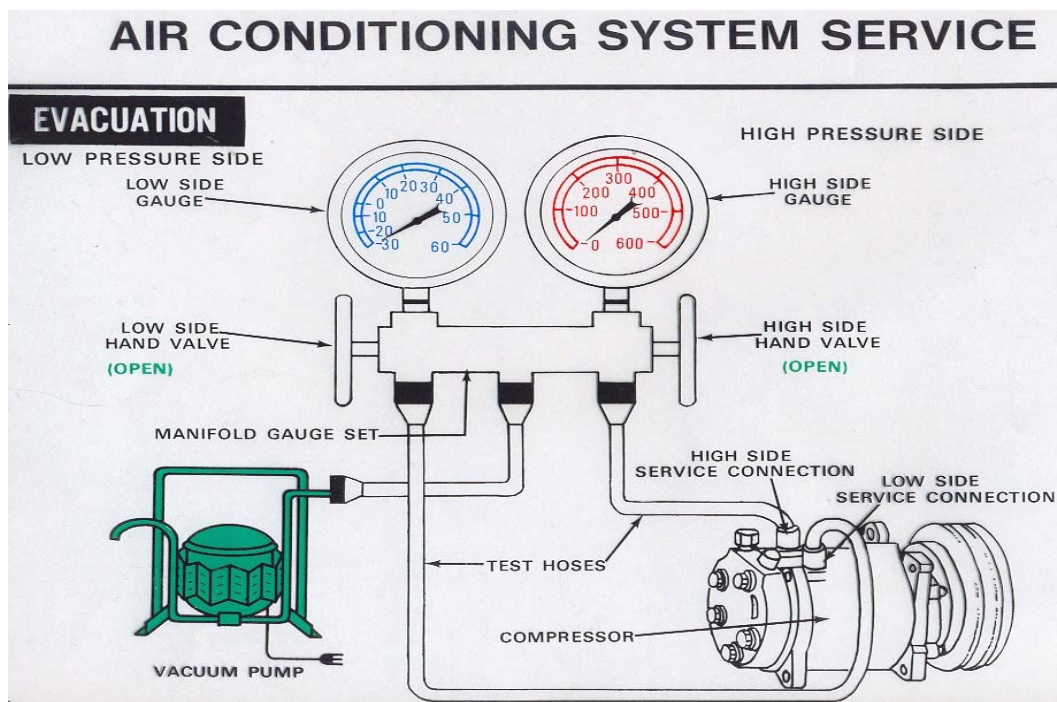
Gbr. 38 Pengisian Refrigeran

Terdapat empat cara pokok untuk menentukan apakah jumlah refrigeran yang telah diisikan sesuai :

1. Melihat sight glass; isikan refrigeran sampai cairan memenuhi sight glass dan gelembung hilang.
2. Menimbang; silinder refrigeran ditimbang sebelum dan sesudah pengisian. Perbedaan berat menyatakan jumlah yang telah diisikan.
3. Berdasarkan tekanan; pengisian dilakukan dengan cara memeriksa tekanan discharge dan suction yang sesuai dengan rekomendasi pabrik.

4. Frost line (terbentuknya es di pipa saluran); cara ini hanya bisa dipakai pada sistem yang menggunakan alat kontrol pipa kapiler.

Ketika melakukan pengisian refrigeran ke dalam sistem harus dihindari masuknya air, udara atau debu ke dalam sistem. Ketiga zat tersebut sangat berbahaya bagi sistem pendingin karena akan mempengaruhi performance mesin dan juga efek pendinginan. Masuknya zat-zat tersebut bisa melalui berbagai macam cara diantaranya: instalasi yang tidak sempurna, kebocoran pada sistem, minyak pelumas yang basah, pengisian refrigeran yang tidak sempurna dan lain-lain. Usaha yang bisa dilakukan untuk mengeluarkan zat berbahaya dari dalam sistem yaitu dengan cara memasang pengering kimia pada liquid line dan melakukan evakuasi (pembuahan). Pengering kimia yang banyak dipakai adalah silica gel, calcium chloride dan activated alumina. Proses evakuasi adalah penghampaan udara dengan jalan menyedot semua gas dan uap dari dalam sistem dengan menggunakan pompa vakum. Dengan jalan menimbulkan dan membiarkan hampa tinggi (deep vacuums) pada sistem dalam jangka waktu yang cukup lama, sejumlah air akan dikeluarkan untuk meyakinkan derajat kekeringan pada sistem yang normal.



Gbr. 39 Proses Pevakuman Sistem

DAFTAR PUSTAKA

Althouse, A.D., Turnquist, C.H., Bracciano, A.F., “ Modern Refrigeration and Air Conditioning”, The Goodheart & Wilcox Co.Inc., Illinois, USA, 1992.

Dwiggins, B.H., “Automotive Air Conditioning”, 5Th Edition, Delmar Publ. Inc., New York, USA, 1983.