

TEKNOLOGI PENGKONDISIAN UDARA

Drs. ANDRIZAL, M.Pd

Prof. DR. HASAN MAKSUM, M.T

Drs. M. NASIR, M.Pd

Drs. ERZEDDIN ALWI, M.Pd

UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA
NO 19 TAHUN 2002
TENTANG HAK CIPTA
PASAL 72
KETENTUAN PIDANA SANGSI PELANGGARAN

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu Ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling singkat 1 (satu) bulan dan denda paling sedikit Rp 1.000.000, 00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan denda paling banyak Rp 5.000.000.000, 00 (lima milyar rupiah)
2. Barang siapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan denda paling banyak Rp 500.000.000, 00 (lima ratus juta rupiah).

TEKNOLOGI PENGKONDISIAN UDARA

Drs. ANDRIZAL, M.Pd

Prof. DR. HASAN MAKSUM, M.T

Drs. M. NASIR, M.Pd

Drs. ERZEDDIN ALWI, M.Pd



2022

TEKNOLOGI PENGKONDISIAN UDARA

editor, Tim editor UNP Press
Penerbit UNP Press, Padang, 2022
1 (satu) jilid; 17.6 x 25 cm (B5)
ix + 87

ISBN : 978-602-1178-91-1

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang pada penulis
Hak penerbitan pada UNP Press

Penyusun: Drs. Andrizar, M.Pd., Prof. Dr. Hasan Maksum, M.T., Drs.
M. Nasir, M.Pd., Drs. Erzeddin Alwi, M.Pd
Editor Substansi: Tim UNP Press
Editor Bahasa: Prof. Dr. Harris Effendi Thahar, M.Pd
Desain Sampul & Layout: Dr. Asrul Huda, M.Kom & Syed Abdul
Qadir, S.Pd

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah, Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan buku ajar ini. Tak lupa juga mengucapkan salawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW, karena berkat beliau, kita mampu keluar dari kegelapan menuju jalan yang lebih terang.

Kami ucapkan juga rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang mendukung lancarnya buku ajar ini mulai dari proses penulisan hingga proses cetak, yaitu orang tua kami, rekan-rekan kami, penerbit, dan masih banyak lagi yang tidak bisa kami sebutkan satu per satu.

Adapun, buku ajar kami yang berjudul 'Teknologi Pengkondisian Udara' ini telah selesai kami buat secara semaksimal dan sebaik mungkin agar menjadi bermanfaat bagi pembaca yang membutuhkan informasi dan pengetahuan mengenai sistem pengkondisian udara pada mobil.

Dalam buku ini, tertulis konsep dasar, komponen, cara kerja, dan perawatan sistem pengkondisian udara pada kendaraan dan juga materi lain yang relevan dengan teknologi pengkondisian udara mobil yang menjadi alternatif pegangan bagi mahasiswa dan dosen yang menempuh studi tersebut.

Kami sadar, masih banyak luput dan kekeliruan yang tentu saja jauh dari sempurna tentang buku ini. Oleh sebab itu, kami mohon agar pembaca memberi kritik dan juga saran terhadap karya buku ajar ini agar kami dapat terus meningkatkan kualitas buku.

Demikian buku ajar ini kami buat, dengan harapan agar pembaca dapat memahami informasi dan juga mendapatkan wawasan mengenai bidang teknologi pengkondisian udara serta dapat bermanfaat bagi masyarakat dalam arti luas. Terima kasih.

Padang, 27 November 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	V
DAFTAR ISI	VI
DAFTAR GAMBAR	VIII
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. PERKEMBANGAN PENGKONDISIAN UDARA	1
B. KONSEP PENGKONDISIAN UDARA	2
1. <i>Definisi Pengkondisian Udara</i>	2
2. <i>Cakupan Fungsi Pengkondisian Udara</i>	3
3. <i>Kegunaan Dari Pengkondisian Udara</i>	3
4. <i>Prinsip Kerja Sistem Pengkondisian Udara</i>	3
5. <i>Cara Kerja Sistem Pengkondisian Udara</i>	5
6. <i>Diagram Psikrometrik</i>	6
C. CARA MEMBACA DIAGRAM PSIKROMETRIK (<i>PSYCHROMETRIC CHART</i>)	11
1. <i>Pemanasan</i>	12
2. <i>Pendinginan</i>	13
3. <i>Pemanasan dengan Humidifikasi</i>	13
4. <i>Pendinginan Dengan Dehumidifikasi</i>	14
5. <i>Pencampuran</i>	14
6. <i>Pendinginan Evaporatif</i>	15
7. <i>Pengeringan</i>	16
D. FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KENYAMANAN	16
BAB 2 SISTEM PENGKONDISIAN UDARA	19
A. CARA KERJA SISTEM PENGKONDISIAN UDARA	19
1. <i>Proses Kompresu</i>	19
2. <i>Proses Kondensasi</i>	19
3. <i>Proses Penurunan Tekanan</i>	20
4. <i>Proses Evaporasi</i>	21
B. KOMPONEN SISTEM PENGKONDISIAN UDARA	21
1. <i>Kompresor</i>	21
2. <i>Kondensor</i>	37
3. <i>Receiver/Drier</i>	41
4. <i>Katup Ekspansi (Expansion Valve)</i>	44
5. <i>Evaporator</i>	47
6. <i>Thermostat</i>	48
7. <i>Heater Unit</i>	49
8. <i>Air Filter</i>	50
9. <i>Blower Motor Assembly</i>	50
BAB 3 PENGATURAN TEMPERATUR OTOMATIS	52
A. <i>FATC INPUT DAN OUTPUT</i>	52
B. PENGONTROL KECEPATAN MOTOR <i>BLOWER</i>	53

1.	<i>Power TR</i>	53
2.	<i>High-Speed Blower Relay</i>	54
C.	ACTUATORS	55
1.	<i>Intake Door Actuator</i>	55
2.	<i>Temperature Door Actuator</i>	55
3.	<i>Mode Door Actuator</i>	56
D.	FIN THERMO SENSORS	57
E.	FATC CONTROL	58
1.	<i>In-Car Sensor</i>	58
2.	<i>Photo Sensor</i>	60
3.	<i>Ambient Sensor</i>	60
F.	AQS (AIR QUALITY SYSTEM)	62
G.	HUMIDITY SENSOR	63
H.	FATC SELF DIAGNOSIS	64
	BAB 4 KOMPONEN KONTROL AC MOBIL	66
A.	PENGATURAN TEKANAN / VOLUME REFRIGERANT DALAM SISTEM AC	66
1.	<i>Evaporator Pressure Regulator (EPR)</i>	66
2.	<i>EPR Tipe Metal Bellow Diaphragma (Untuk R134)</i>	67
3.	<i>Dual Pressure Switch (DPS)</i>	68
4.	<i>Medium Pressure Switch</i>	70
5.	<i>Triple Pressure Switch</i>	70
6.	<i>Pressure Relief Valve (PRV) atau Safety Valve</i>	71
B.	PENGATUR KONDISI UDARA DALAM KABIN KENDARAAN	71
1.	<i>Pengatur Kecepatan Blower</i>	71
2.	<i>Thermostat</i>	72
3.	<i>Thermistor</i>	74
4.	<i>Amplifier</i>	75
5.	<i>Idle Up</i>	78
6.	<i>Economy Switch</i>	79
7.	<i>Magnetic Valve</i>	80
8.	<i>Micro Switch (Accel Switch)</i>	81
9.	<i>Water Temperature Switch</i>	82
	DAFTAR PUSTAKA	83
	GLOSARIUM	84
	INDEKS	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Penyerapan Panas Saat Penguapan	4
Gambar 2. Proses Penurunan Suhu Akibat Penguapan	4
Gambar 3. Cara Kerja Sistem Pengkondisian Udara.....	5
Gambar 4. Thermometer	7
Gambar 5. Dry Bulb dan Wet Bulb Temperatur.....	8
Gambar 6. Titik Pada Psikrometrik	12
Gambar 7. Diagram Psikrometrik.....	12
Gambar 8. Proses Pemanasan	13
Gambar 9. Proses Pendinginan.....	13
Gambar 10. Proses Pemanasan dengan Humidifikasi	14
Gambar 11. Proses Pendinginan dengan Dehumidifikasi.....	14
Gambar 12. Proses Pencampuran	15
Gambar 13. Proses Pendinginan Evaporatif.....	15
Gambar 14. Cara Kerja Sistem Pengkondisian Udara.....	20
Gambar 15. Kompresor Swash Plate Type.....	21
Gambar 16. Jenis Kompresor AC Mobil	22
Gambar 17. Kompresor Jenis Poros Engkol.....	24
Gambar 18. Kompresor Swash Plate Type.....	25
Gambar 19. Kompresor Wobble Type	26
Gambar 20. Kontruksi Kompresor Jenis Through Vane	27
Gambar 21. Cara Kerja Kompresor Jenis Through Vane.....	27
Gambar 22. Thermosaklar Kompresor Through Vane	28
Gambar 23. Kontruksi Kompresor Jenis Sliding Vane.....	28
Gambar 24. Cara Kerja Kompresor Jenis Sliding Vane	29
Gambar 25. Konstruksi Kompresor Jenis Scroll	31
Gambar 26. Cara Kerja Kompresor Jenis Scroll	31
Gambar 27. Kontruksi dan Cara Kerja Kopling Magnet.....	32
Gambar 28. Pressure Relief Valve	33
Gambar 29. Thermal Fuse Type	35
Gambar 30. Penggantian Oli Kompresor.....	37
Gambar 31. Kontruksi Kondensor.....	39
Gambar 32. Jenis Kondensor.....	39
Gambar 33. Jenis Kondensor Berdasarkan Bentuk Pipanya.....	40
Gambar 34. Jenis Kondensor Berdasarkan Arah Aliran Fluidanya.....	40
Gambar 35. Konstruksi Kondensor Berdasarkan Arah Aliran Fluidanya	40
Gambar 36. Kondensor dengan Modulator dan Subcool Part	41
Gambar 37. Receiver/Drier	41
Gambar 38. Kontruksi Receiver/Drier.....	42
Gambar 39. Tampilan Gelembung Pada Kaca Periksa Refrigerant.....	43
Gambar 40. Posisi Penempatan Receiver/Drier dan Accumulator	43
Gambar 41. (a) Katup Ekspansi Termostatik Jenis Siku , (b) Jenis Box	44
Gambar 42. Thermal Expansion valve Tipe Inner Equalizing	46
Gambar 43. Thermal Expansion Valve Tipe External Equalizing.....	47

Gambar 44. Katup Ekspansi Jenis Pipa Orifice.....	47
Gambar 45. Evaporator Unit	48
Gambar 46. Thermostat	49
Gambar 47. Karakteristik Thermostat	49
Gambar 48. Heater Unit	49
Gambar 49. Kerja Heater Unit.....	50
Gambar 50. Air Filter	50
Gambar 51. Tipe-Tipe Blower	51
Gambar 52. FATC Input dan Output.....	52
Gambar 53. Lokasi Part FATC.....	53
Gambar 54. Lokasi Power TR	53
Gambar 55. Power TR.....	54
Gambar 56. Pemeriksaan Power TR Metode 1	54
Gambar 57. Pemeriksaan Power Transistor.....	54
Gambar 58. Lokasi High-Speed Blower Relay	55
Gambar 59. Posisi Terminal dan Karakteristik Potensiometer	56
Gambar 60. Kerja Dari Potensiometer	56
Gambar 61. Operasi Mode Door Actuator	56
Gambar 62. Lokasi Fin Sensor	57
Gambar 63. Karakteristik FIN Thermo Sensor.....	57
Gambar 64. Diagram Skema FATC	58
Gambar 65. Lokasi In-Car Sensor	59
Gambar 66. In-Car Sensor Dengan Aspirator Hose	59
Gambar 67. Pemeriksaan In-Car Sensor.....	59
Gambar 68. Lokasi Photo Sensor	60
Gambar 69. Pemeriksaan dan Karakteristik Photo Sensor	60
Gambar 70. Lokasi Ambient Sensor.....	61
Gambar 71. Karakteristik Ambient Sensor.....	61
Gambar 72. Grafik Karakteristik Ambient Sensor	61
Gambar 73. Air Quality System (AQS) dan Spesifikasi AQS.....	62
Gambar 74. Diagram Skema AQS	63
Gambar 75. Rangkaian Humidity Sensor dan Hubungan Kelembaban dan Tegangan	63
Gambar 76. Karakteristik Humidity Sensor	63
Gambar 77. Block Diagram Humidity Sensor.....	64
Gambar 78. Diagram FACT Self Diagnosis.....	65
Gambar 79. Data DTC dan Failsafe	65
Gambar 80. Posisi Pemasangan dan Kontruksi EPR Konvensional.....	67
Gambar 81. EPR Tipe Bellow Diapragma	68
Gambar 82. Lokasi Pemasangan Dual Pressure Switch	69
Gambar 83. Kontruksi Pressure Switch.....	69
Gambar 84. Cara Kerja Dual Pressure Switch.....	69
Gambar 85. Triple Pressure Switch.....	70
Gambar 86. Kontruksi dan Karakteristik Kerja PRV	71
Gambar 87. Sirkuit Pengatur Kecepatan Blower.....	72

Gambar 88. Thermostat.....	73
Gambar 89. Sirkuit Thermostat	74
Gambar 90. Sirkuit Thermistor.....	75
Gambar 91. Idling Stabilizer Amplifier.....	76
Gambar 92. Rangkaian Fan Kondensor.....	77
Gambar 93. Kerja Sistim	77
Gambar 94. Peralatan Idle Up Untuk Carburator	78
Gambar 95. Peralatan Idle Up Untuk EFI	79
Gambar 96. Economy Switch.....	80
Gambar 97. A/C Dengan Blower Ganda	81
Gambar 98. Diagram Sirkuit Untuk Mematikan A/C.....	82
Gambar 99. Water Temperature Switch	82

BAB I

PENDAHULUAN

A. Perkembangan Pengkondisian Udara

Kita mungkin tidak menduga bahwa awal dari adanya teknologi A/C mobil yang sekarang ini berasal dari suatu ide yang sederhana dan perjalanannya juga cukup panjang yaitu mulai tahun 1884. Pada tahun 1884, William Whiteley mencoba menaruh balok-balok es (es batu) pada bagian bawah gerobak penumpang yang masih ditarik oleh kuda untuk mendinginkan penumpang yang ada. Sebuah kipas/fan dengan tenaga angin ditaruh didepannya yang akan berputar jika gerobak tersebut berjalan. Dengan adanya angin tersebut melewati balok-balok es / *evaporator* menuju ruang penumpang sehingga ruangan gerobak menjadi dingin. Karena udara yang dimasukkan kedalam ruangan adalah udara dari luar, sehingga udara yang dihirup juga tidak bersih karena bercampur dengan debu.

Pada tahun 1930, C&C Kelvinator, membuat sistem pendingin Kelvinator dengan mesin penggerak tersendiri yang berbahan bakar gasolin. Pada waktu yang hampir bersamaan, 1930, Laboratorium Penelitian General Motors menyampaikan konsep sistem pendingin dengan memakai *refrigerant* R12. Konsep tersebut disetujui untuk diaplikasikan pada mobil Cadillac pada tanggal 23 september 1932. Pekerjaan ini dimulai pada tahun 1933 dan dapat diaplikasikan pada tahun 1939 pada sebuah trunk. Kompresor yang digunakan digerakkan oleh v-belt, tetapi belum memakai magnetic clutch, sehingga jika ingin mematakannya harus melepas v-beltnya terlebih dahulu.

Pada tahun 1953, General Motors membuat sistem A/C mobil yang berbeda dengan sebelumnya, seperti sistem yang sekarang ini, yaitu kompresor dan kondensor pada bagian engine compartment. Dan diaplikasikan untuk yang pertama kali pada mobil Pontiac pada tahun 1954 oleh Harrison Radiator.

Pada tahun 1954, Manufaktur mobil berlomba-lomba melengkapi mobil buatannya dengan A/C. Chevrolet dibuatkan General Motors, Chrysler oleh De Soto, Dodge dan Plymouth dan

sebagainya. Sampai tahun 1955 telah terjual 118.000 unit A/C mobil atau 1,5% dari jumlah mobil yang diproduksi.

Perkembangan di negara selain Amerika juga begitu pesat. Sampai akhirnya bisa kita lihat, kita sebagai generasi tahun 2000-an, telah menikmati hasil dari jerih payah pendahulu-pendahulu kita tersebut.

Seiring dengan maraknya penggunaan teknologi elektronik pada kendaraan bermotor beroda empat, sistem air conditioner (AC) atau penyejuk udara pun semakin canggih. Dengan tambahan peranti komputer, kini suhu udara di kabin dapat diatur sesuai keinginan. Pabrikan mobil menyebutnya teknologi 4 zone climatronic air conditioning. Teknologi tersebut bisa dibilang yang tercanggih saat ini. Berbagai macam sensor dipasang di sekeliling kendaraan untuk memastikan suhu di dalam kabin selalu sejuk. Canggihnya, pengemudi dan penumpang pun dapat memilih suhu udara di kursinya masing-masing sesuai dengan keinginan. Di kursi depan, misalnya, pengemudi bisa memakai suhu 25 derajat Celsius, sedangkan penumpang sebelahnya dapat memilih suhu 22 derajat Celsius.

Meskipun sistem AC semakin "pintar", namun teknologi dasar yang diaplikasikan pada setiap kendaraan roda empat tetaplah sama. Air conditioner merupakan peralatan yang didesain memiliki empat fungsi, yaitu mengontrol *temperatur*, mengontrol sirkulasi udara, kelembaban, dan memurnikan udara. Itu sebabnya berbeda dengan pengertian yang beredar di masyarakat, AC bukan hanya terdiri dari sistem pendinginan tetapi juga melingkupi teknologi pemanas ruangan.

B. Konsep Pengkondisian Udara

1. Definisi Pengkondisian Udara

Menurut W.F. Stoecker dan JW Jones; pengkondisian udara adalah proses perlakuan terhadap udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang berada didalamnya.

Menurut Arismunandar dan Hezo Saito; penyegaran udara adalah proses mendinginkan udara sehingga dapat mencapai *temperatur* dan kelembaban yang sesuai dengan yang dipersyaratkan terhadap kondisi udara dari suatu ruangan tertentu. Selain itu untuk mengatur aliran udara dan kebersihannya.

2. Cakupan Fungsi Pengkondisian Udara

Menurut E.G Pita, sebuah pengkondisian udara yang modern harus mencakup hal hal sebagai berikut :

- a. Mengontrol suhu udara pada nilai yang diinginkan untuk setiap waktu dengan cara pemanasan atau pendinginan.
- b. Mengontrol gerakan udara pada kecepatan yang diinginkan.
- c. Mengontrol kelembaban udara (kandungan uap air) dengan cara humidifikasi atau dehumidifikasi.
- d. Mengantarkan udara luar yang diperlukan
- e. Mengontrol kualitas udara dengan membersihkan atau menghilangkan partikel yang kotor atau bau gas yang ada.
- f. Mengontrol suara yang dihasilkan oleh sistem tersebut.

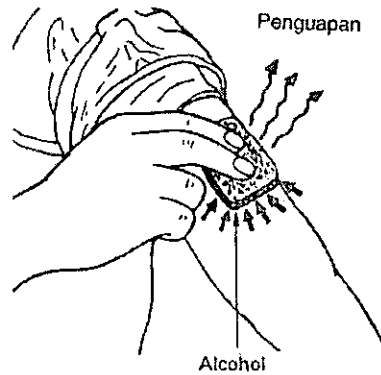
3. Kegunaan Dari Pengkondisian Udara

Ada dua kegunaan dari pengkondisian udara, yaitu untuk kenyamanan (*comfort*) dan pengendalian proses (*process control*). Kenyamanan (*comfort*), mengacu kepada penyediaan kondisi udara yang menghasilkan atau menciptakan kepuasan orang. Pengendalian proses (*process control*), mengacu kepada penyediaan kondisi udara untuk pengendalian proses, bahan, peralatan atau barang yang ada didalamnya.

4. Prinsip Kerja Sistem Pengkondisian Udara

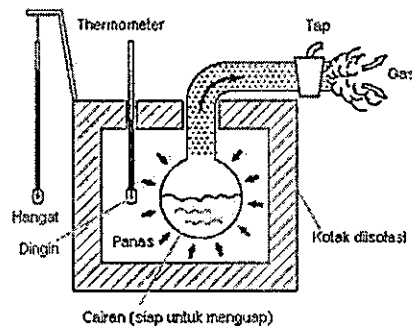
Apabila tangan kita dibasahi dengan alkohol maka tangan kita akan terasa dingin. Hal ini disebabkan adanya penguapan pada alkohol. Saat alkohol menguap, sebagian panas dari tangan kita diserap oleh alkohol untuk mempercepat

proses penguapan, oleh karena itu permukaan kulit pada tangan tangan kita akan terasa dingin.



Gambar 1. Penyerapan Panas Saat Penguapan

Kita dapat membuat suatu benda menjadi lebih dingin dengan menggunakan gejala alam ini yaitu ketika cairan menguap menyerap panas. Misalnya suatu bejana yang memakai kran dimasukkan ke dalam kotak terisolasi. Cairan yang mudah menguap pada *temperatur* atmosfer dimasukkan ke dalam bejana tersebut.



Gambar 2. Proses Penurunan Suhu Akibat Penguapan

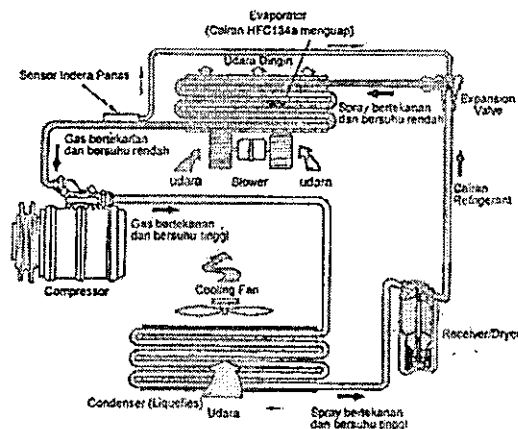
Apabila kran dibuka, cairan yang berada di dalam menyerap panas dari udara di dalam kotak, cairan berubah menjadi gas dan bergerak ke luar. Dalam kondisi seperti ini *temperatur* udara di dalam kotak lebih dingin dari pada sebelum kran dibuka.

Dengan cara inilah kita dapat mendinginkan suatu benda. Tetapi pada contoh di atas hanya berlaku sesaat selama cairan yang akan menguap masih tersedia. Bila cairan sudah habis maka proses pendinginan berakhir. Untuk itu diperlukan efek pendingin yang menggunakan metode dimana gas dikembalikan menjadi cairan dan selanjutnya kembali menguap menjadi gas.

5. Cara Kerja Sistem Pengkondisian Udara

Kompresor yang ada pada sistem pendingin dipergunakan sebagai alat untuk memampatkan fluida kerja (refrigent), jadi refrigent yang masuk ke dalam kompresor dialirkan ke condenser yang kemudian dimampatkan di kondenser.

Di bagian kondenser ini refrigent yang dimampatkan akan berubah fase dari refrigent fase uap menjadi refrigent fase cair, maka refrigent mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung di dalam refrigent. Adapun besarnya kalor yang dilepaskan oleh kondenser adalah jumlahan dari energi kompresor yang diperlukan dan energi kalor yang diambil evaporator dari substansi yang akan didinginkan.



Gambar 3. Cara Kerja Sistem Pengkondisian Udara

Pada kondensor tekanan refrigent yang berada dalam pipa-pipa kondenser relatif jauh lebih tinggi dibandingkan

dengan tekanan refrigerant yang berada pada pipi-pipa *evaporator*. Setelah refrigerant lewat kondenser dan melepaskan kalor penguapan dari fase uap ke fase cair maka refrigerant dilewatkan melalui katup ekspansi, pada katup ekspansi ini refrigerant tekanannya diturunkan sehingga refrigerant berubah kondisi dari fase cair ke fase uap yang kemudian dialirkan ke *evaporator*, di dalam *evaporator* ini refrigerant akan berubah keadaannya dari fase cair ke fase uap, perubahan fase ini disebabkan karena tekanan refrigerant dibuat sedemikian rupa sehingga refrigerant setelah melewati katup ekspansi dan melalui *evaporator* tekanannya menjadi sangat turun. Hal ini secara praktis dapat dilakukan dengan jalan diameter pipa yang ada di *evaporator* relatif lebih besar jika dibandingkan dengan diameter pipa yang ada pada kondenser.

Dengan adanya perubahan kondisi refrigerant dari fase cair ke fase uap maka untuk merubahnya dari fase cair ke refrigerant fase uap maka proses ini membutuhkan energi yaitu energi penguapan, dalam hal ini energi yang dipergunakan adalah energi yang berada di dalam substansi yang akan didinginkan. Dengan diambilnya energi dari substansi yang akan didinginkan maka *temperatur* dari substansi yang akan didinginkan akan menjadi turun. Proses ini akan berubah terus-menerus sampai terjadi pendinginan yang sesuai dengan keinginan.

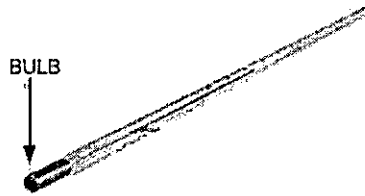
6. Diagram Psikrometrik

Psikrometrik adalah bidang yang mempelajari tentang bagaimana menentukan sifat-sifat fisis dan termodinamika suatu gas yang di dalamnya terdapat campuran antara gas-uap. Sebagai contoh adalah menentukan sifat-sifat dari campuran udara dan uap air. Adapun sifat-sifat tersebut antara lain: *Dry Bulb Temperatur*, *Wet Bulb Temperatur*, *Dew Point*, *Relative Humidity*, *Humidity Ratio*, *Enthalpy*, *Volume Spesific*.

Berikut adalah penjelasan dari masing-masing sifat-sifat tersebut :

- a. Suhu Bola Kering (*Dry Bulb Temperatur*, T_{db})

Kondisi suhu campuran antara udara dan uap air yang diukur dan dibaca melalui skala termometer biasa, tidak tergantung kepada intensitas uap air yang terkandung dalam udara. Suhu bola kering dapat dibaca pada termometer dengan sensor kering dan terbuka. Jika kita ingin mengukur suhu udara dengan termometer biasa maka terjadi perpindahan kalor dari udara ke *bulb thermometer*. Karena mendapatkan kalor maka zat cair (misalkan: air raksa) yang ada di dalam *thermometer* mengalami pemuaian sehingga tinggi air raksa tersebut naik. Kenaikan ketinggian cairan ini yang di konversikan dengan satuan suhu (*Celcius, Fahrenheit, dll*). Dalam proses kesetimbangan kalor, suhu bola kering berpengaruh terhadap intensitas kalor yang diproduksi melalui penguapan (*respirasi/evaporasi*) maupun konveksi.



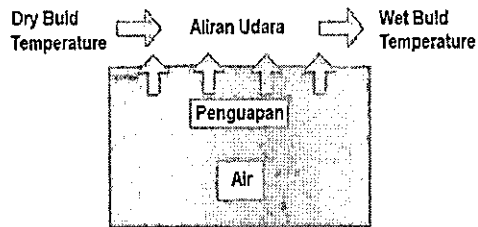
Gambar 4. Thermometer

b. Suhu Bola Basah (*Wet Bulb Temperatur, T_{wb}*)

Kondisi suhu saat terjadi kesetimbangan antara campuran udara dan uap-air. Suhu bola basah pada udara lembab dan air dicapai jika udara secara *adiabatis* telah jenuh oleh penguapan uap air. Suhu bola basah disebut juga suhu jenuh *adiabatik* yang diperoleh menggunakan termometer dengan sensor yang dibalut dengan kain basah untuk menghilangkan pengaruh radiasi panas, tetapi perlu diperhatikan bahwa sensor harus dialiri udara dengan kecepatan minimal 5 m/s.

Perpindahan kalor terjadi dari udara ke kain basah tersebut. Kalor dari udara akan digunakan untuk menguapkan air pada kain basah tersebut, setelah itu baru digunakan untuk memuaikan cairan yang ada dalam thermometer.

Untuk menjelaskan apa itu *wet bulb temperatur*, dapat kita gambarkan jika ada suatu kolam dengan panjang tak hingga di atasnya ditutup. Kemudian udara dialirka melalui permukaan air. Dengan adanya perpindahan kalor dari udara ke permukaan air maka terjadilah penguapan. Udara menjadi jenuh diujung kolam air tersebut. Suhu disinilah yang dinamakan *Wet Bulb temperatur*.



Gambar 5. *Dry Bulb dan Wet Bulb Temperatur*

Untuk mengukur dua sifat (*Dry dan Wet bulb temperatur*) ini sekaligus biasanya menggunakan alat yang namanya Hydrometer, yaitu dua buah thermometer yang di satukan pada sebuah tempat yang kemudian tempat tersebut dapat diputar. Satu thermometer biasa dan yang lainnya thermometer dengan bulb diselimuti kain basah.

c. Suhu Titik Embun (*Dew Point Temperture, T_{dp}*)

Suhu dari campuran udara saat terjadi kondensasi ketika udara didinginkan, yaitu suhu dimana udara telah mencapai saturasi (jenuh). Jika udara tersebut mengalami pelepasan kalor sedikit saja, maka uap air dalam udara akan mengembun. Kondensasi terjadi pada kelembaban mutlak dan tekanan parsial yang konstan karena kalor yang terkandung dalam campuran udara dilepaskan.

d. Tekanan Uap Air (*Vapor Press, P_v*)

Tekanan parsial uap air yang ditimbulkan oleh molekul uap air di dalam udara lembab pada suhu konstan. Apabila udara mencapai kondisi jenuh, maka tekanan uap air tersebut disebut tekanan uap air jenuh (P_{vs}). Pendugaan tekanan parsial uap air dapat didekati dengan persamaan :

$$P_v = 0,61078 \cdot \exp \left[\frac{17,2693882 \cdot T_{db}}{T_{db} + 237,3} \right]$$

Keterangan :

P_v = tekanan parsial uap air (kPa)

P_{vs} = tekanan uap air jenuh (kPa)

P_a = tekanan atmosfer (kPa)

T_{db} = suhu bola kering (°C)

T_{wb} = suhu bola basah (°C)

e. Entalpi (*Enthalpy, h*)

Enthalpy (h), yaitu banyaknya kalor (*energy*) yang ada dalam udara setiap satu satuan massa. *Enthalpy* ini merupakan jumlah total energi yang ada dalam udara tersebut, baik dari udara maupun uap air yang terkandung di dalamnya.

Sifat termal dari campuran udara dan uap air yang menunjukkan intensitas kalor dalam udara lembab per-satuan massa udara kering di atas suhu acuan, dihitung dengan persamaan berikut :

$$h = 1,006T_{db} + [W (2501 + 1,805 \cdot T_{db})]$$

Keterangan :

h = entalpi (kJ/kg)

T_{db} = suhu bola kering (°C)

W = kelembaban mutlak (kg/kg udara kering)

f. Volume Spesifik (*Specific Volume, v*)

Volume Spesifik (v), yaitu besarnya volume udara dalam satu satuan massa. (SI: m³/kg). Volume ruang yang diisi oleh 1 kg udara kering dan dinyatakan dalam m³/kg udara kering, dihitung dengan persamaan berikut :

$$v = \frac{P^{-1} \cdot R \cdot T_{db} [1 + 0,785W]}{1 + W}$$

Keterangan :

- v = volume spesifik (m³/kg udara kering)
- P = tekanan atmosfer (kPa)
- R = tetapan gas (287 J/kg.mol.K)
- T_{db} = suhu bola kering (°C)
- W = kelembaban mutlak (kg/kg udara kering)

g. Kelembaban Relatif (*Relative Humidity, RH*)

Perbandingan tekanan uap air terhadap tekanan uap air jenuh pada suhu konstan atau perbandingan antara fraksi mol uap dengan fraksi mol udara basah pada suhu dan tekanan yang sama (satunya biasanya dalam persen (%)). Kelembaban relatif merupakan hasil perbandingan antara massa aktual uap air dari campuran udara terhadap massa uap air yang menjadi jenuh pada suhu konstan yang dinyatakan dalam satuan persen. Pendugaan kelembaban relatif dapat didekati dengan persamaan:

$$R.H = \frac{P_v}{P_{vs}}$$

Keterangan :

- RH = kelembaban relatif (%)
- P_v = tekanan uap air (kPa)
- P_{vs} = tekanan uap air jenuh (kPa)

h. Kelembaban Mutlak (*Humidity Ratio, W*)

Massa uap air (m_u) yang terkandung dalam udara lembab per-satuan massa udara kering (m_a) yang dapat didekati dengan persamaan berikut :

$$W = \frac{0,62198P_v}{P_a - P_v}$$

Keterangan :

W = kelembaban mutlak (kg/kg udara kering)

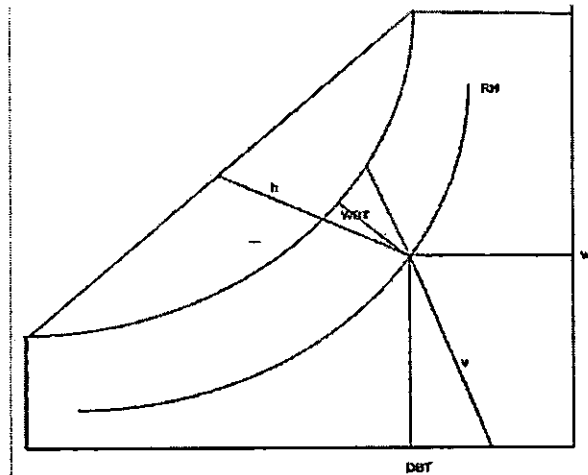
P_v = tekanan parsial uap air (kPa)

P_{vs} = tekanan uap jenuh (kPa)

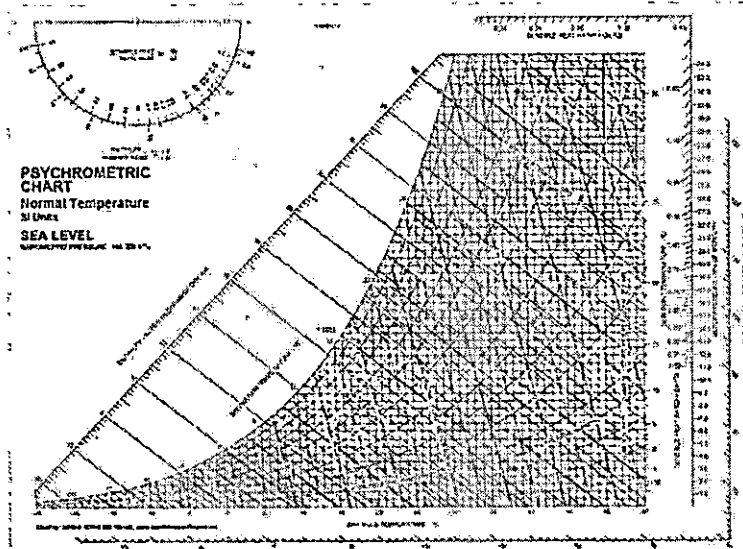
Selain dengan metode persamaan, sifat-sifat termodinamika udara juga dapat dicari dengan diagram psikrometrik. Untuk menentukan sifat-sifat termodinamika udara menggunakan diagram psikrometrik, minimal dua parameter harus diketahui. Aplikasi metode ini relatif mudah dan sederhana, namun metode ini memiliki kekurangan yaitu pemetaan secara manual menyebabkan terjadinya salah pembacaan (*paralaks*). Seiring dengan kemajuan teknologi, saat ini diagram psikrometrik tak terbatas pada selembur kertas, tapi sudah banyak bermunculan *software* yang memiliki prinsip yang sama.

C. Cara Membaca Diagram Psikrometrik (*Psychrometric Chart*)

Diagram psikrometrik merupakan sebuah diagram yang didalamnya terdapat sifat-sifat dari udara. Dengan sebuah karta psikrometrik dapat diketahui sifat-sifat udara dengan mengetahui setidaknya 2 sifat udara yang lainnya. Sebagai contoh: di sebuah ruangan kita ukur suhu wet ball *temperatur* (WBT) dan dry ball *temperatur* (DBT) dengan sling, dengan mengetahui dua suhu tersebut maka kita dapat menentukan sifat-sifat lainnya (RH, volume spesifik, humidity ratio, enthalpy). Sifat-sifat udara lainnya itu dapat ditentuka dengan cara mencari titik perpotongan garis dua besaran yang telah diketahui. Di titik tersebut dapat dilihat sifat-sifat lainnya.



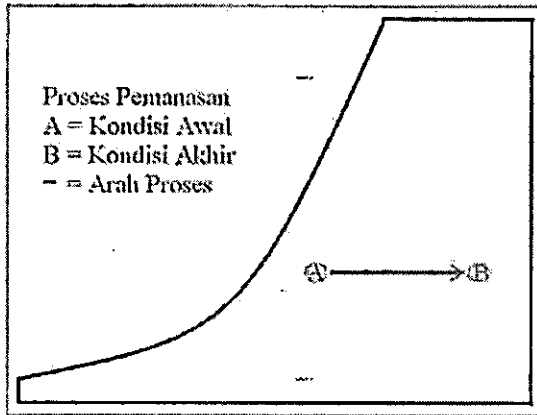
Gambar 6. Titik Pada Psikrometrik



Gambar 7. Diagram Psikrometrik

1. Pemanasan

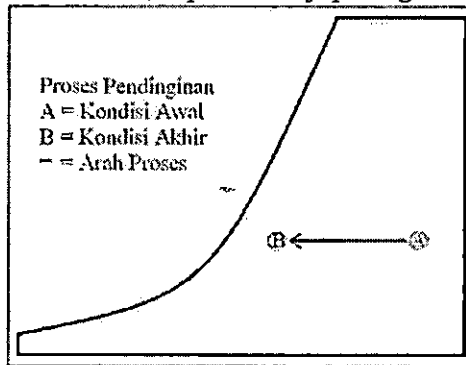
Selama proses pemanasan, terjadi peningkatan suhu bola kering, suhu bola basah, entalpi, dan volume spesifik dari udara lembab, sedangkan kelembaban relatif menurun. Perubahan tidak terjadi pada kelembaban mutlak, suhu titik embun, dan tekanan uap, seperti tersaji pada gambar 8.



Gambar 8. Proses Pemanasan

2. Pendinginan

Pada proses pendinginan, terjadi penurunan pada suhu bola kering, suhu bola basah, dan volume spesifik, namun tidak terjadi peningkatan kelembaban relatif. Pada kelembaban mutlak, suhu titik embun, dan tekanan uap air tidak terjadi perubahan atau konstan, seperti tersaji pada gambar 9.

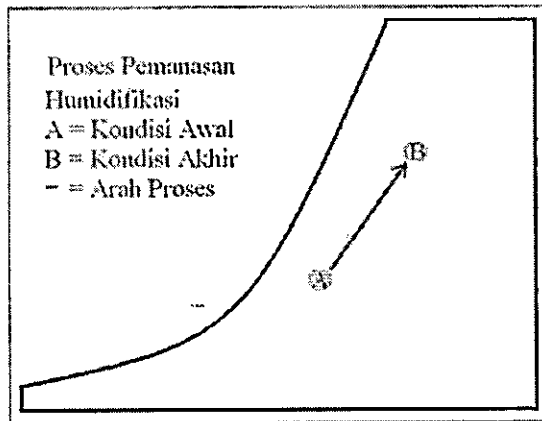


Gambar 9. Proses Pendinginan

3. Pemanasan dengan Humidifikasi

Pada proses pemanasan dengan humidifikasi, terjadi peningkatan entalpi, kelembaban mutlak, tekanan uap, suhu bola kering, suhu bola basah, suhu titik embun dan volume

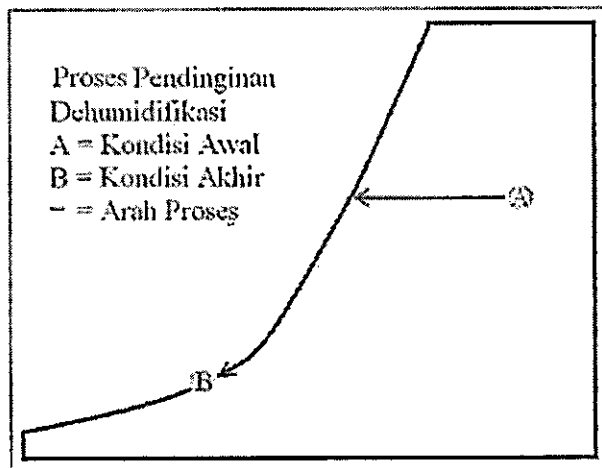
spesifik, sedangkan kelembaban relatif menurun, seperti tersaji pada Gambar 10.



Gambar 10. Proses Pemanasan dengan Humidifikasi

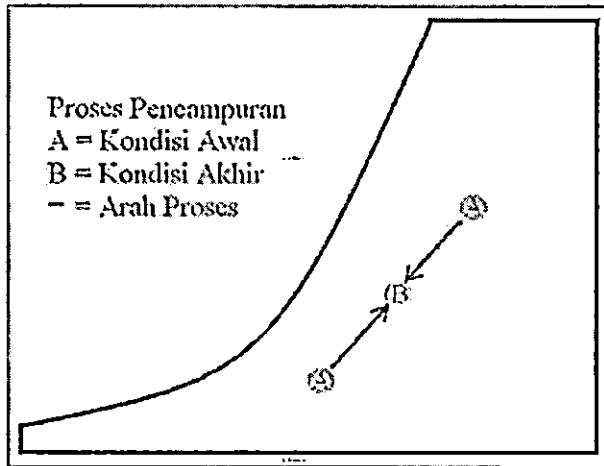
4. Pendinginan Dengan Dehumidifikasi

Pada proses pendinginan dengan dehumidifikasi, terjadi penurunan suhu bola kering, suhu bola basah, suhu titik embun, entalpi dan volume spesifik, seperti tersaji pada Gambar 11.



Gambar 11. Proses Pendinginan dengan Dehumidifikasi

5. Pencampuran

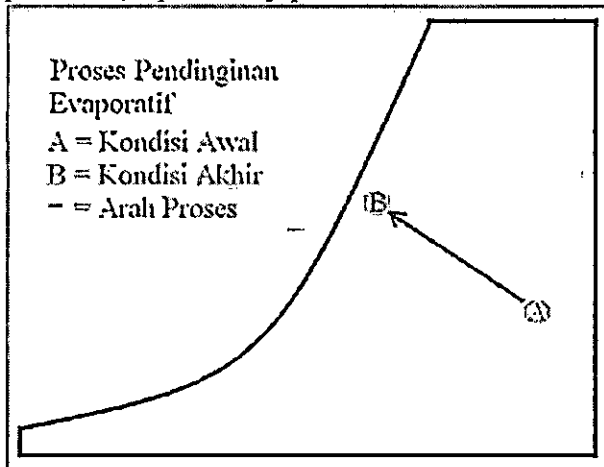


Gambar 12. Proses Pencampuran

Hampir semua sifat termodinamika udara pada proses pencampuran mengalami perubahan, seperti tersaji pada Gambar 12.

6. Pendinginan Evaporatif

Pada proses pendinginan evaporatif, terjadi penurunan suhu bola kering, sedangkan suhu titik embun dan kelembaban mutlak terjadi peningkatan, kemudian entalpi dan suhu bola basah tidak terjadi perubahan, seperti tersaji pada Gambar 13.



Gambar 13. Proses Pendinginan Evaporatif

7. Pengeringan

Pada proses pengeringan, pergerakan sifat-sifat termodinamika udara serupa dengan proses pendinginan evaporatif.

D. Faktor Yang Mempengaruhi Kenyamanan

Faktor termal merupakan salah satu parameter penting yang harus dipertimbangkan dalam merancang sebuah bangunan. Faktor termal dipertimbangkan bersama-sama dengan faktor yang lainnya, seperti: kualitas udara, pencahayaan dan tingkat kebisingan ketika kita mengevaluasi lingkungan aktifitas kita. Jika kita tidak memperhatikan kenyamanan tempat kita beraktifitas maka dampaknya akan menyebabkan menurunnya produktifitas.

Kenyamanan termal, seperti yang didefinisikan oleh Standar ISO (*Internasional Standard Organization*) 7730, adalah hubungan yang kompleks antara *temperatur* udara, kelembaban udara, dan kecepatan aliran udara, ditambah lagi dengan jenis pakaian dan aktivitas serta tingkat metabolisme penghuni yang menghadirkan ungkapan perasaan kepuasan terhadap kondisi udara di dalam suatu lingkungan. Kondisi kenyamanan juga diartikan sebagai kenetralan termal, yang berarti bahwa seseorang merasa tidak terlalu dingin atau terlalu panas.

Jika seseorang berada dalam suatu ruangan tertutup dalam jangka waktu yang lama maka pada suatu ketika ia akan merasa kurang nyaman. Sehubungan dengan hal ini, maka dalam tahun 1777 seorang ahli kimia bernama Lavoisier mengadakan serangkaian penelitian. Ia kemudian menerangkan bahwa kenaikan kadar CO₂ di dalam ruangan sebagai akibat pernafasan manusia, akan menyebabkan sesak dan panas.

Namun pada tahun 1905 seorang ahli kesehatan, yaitu Frugge mengemukakan sebuah teori yang menyatakan bahwa manusia dapat diibaratkan sebagai motor bakar yang harus mengeluarkan panas yang dihasilkan sebagai akibat dari kerja yang dihasilkannya. Jika panas tersebut tidak dapat dikeluarkannya dari badan manusia, misalnya karena *temperatur* dan kondisi udara sekelilingnya tidak memungkinkan hal tersebut terjadi dengan baik,

maka ia akan merasakan suatu keadaan yang tidak menyenangkan. (Arismunandar, 1995 : 4)

Kenyamanan termal sebenarnya bukanlah sesuatu yang bersifat standar, ia berfluktuasi sesuai dengan perubahan faktor-faktor penyebabnya. Aspek fisik dari kenyamanan termal bergantung pada enam faktor utama yang berfungsi sebagai sebuah sistem yang saling berkaitan dipengaruhi oleh faktor psikologis.

Pertama, *ambient air temperatur* atau suhu udara sekitar lokasi titik pengukuran di sebuah lingkungan/ruang. Sebagai komponen yang paling mendasar dalam pengukuran kenyamanan.

Kedua, *mean radiant temperatur* atau rata-rata suhu pancaran. Memberi pengaruh pada suhu udara sekitar. Dihasilkan dari suhu permukaan benda yang ada di dalam ruang, bervariasi untuk tiap ruang dan waktu pengukuran. Untuk beberapa kondisi, mungkin lebih tinggi atau lebih rendah dari suhu udara sekitar, namun biasanya berperan kecil.

Ketiga, *relative humidity* atau kelembaban relatif. Memiliki efek yang lebih langsung terhadap kenyamanan dibanding rata-rata suhu pancaran. Meskipun kelembaban tidak menambah beban panas tubuh, ia mempengaruhi kapasitas tubuh untuk melepaskan panas lewat evaporasi (berkeringat).

Keempat, *air movement* atau pergerakan udara. Menghilangkan panas buangan dengan meningkatkan kecepatan aliran udara secara konveksi dan evaporasi. Kecepatan pendinginan akan meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan udara. Saat suhu udara sekitar lebih rendah dari suhu tubuh, peningkatan kecepatan udara akan menghasilkan efek pendinginan seiring dengan penurunan suhu udara. Saat suhu udara sekitar lebih tinggi dari suhu tubuh, peningkatan kecepatan udara akan menghangatkan dan mendinginkan tubuh pada waktu yang bersamaan. Namun, efek pendinginan tetap lebih besar dari pada pemanasan sampai suhu udara mencapai kira-kira 40°C, di mana efek pemanasan akan lebih besar.

Kelima, *clothing insulation* atau insulasi pakaian. Pakaian mempengaruhi sensitivitas tubuh terhadap variasi iklim karena ia bersifat menahan evaporasi dan sebagai penghalang bagi aliran

panas. Ia juga mengurangi pengaruh dari suhu udara sekitar dan rata-rata suhu pancaran yang lebih rendah dari suhu tubuh.

Keenam, *metabolic heat rate* atau kecepatan panas metabolis. Merupakan komponen kunci untuk kenyamanan. Heat loss yang terlalu besar akan menyebabkan kebekuan hingga kematian, heat gain yang terlalu besar akan menyebabkan stroke hingga kematian. Kecepatan panas metabolis proporsional terhadap berat badan, akan meningkat dengan adanya aktifitas fisik. Tubuh memerlukan pendinginan lebih banyak seiring dengan peningkatan kecepatan metabolis, dan lebih sedikit pendinginan seiring dengan penurunan kecepatan tersebut.

BAB 2

SISTEM PENGKONDISIAN UDARA

A. Cara Kerja Sistem Pengkondisian Udara

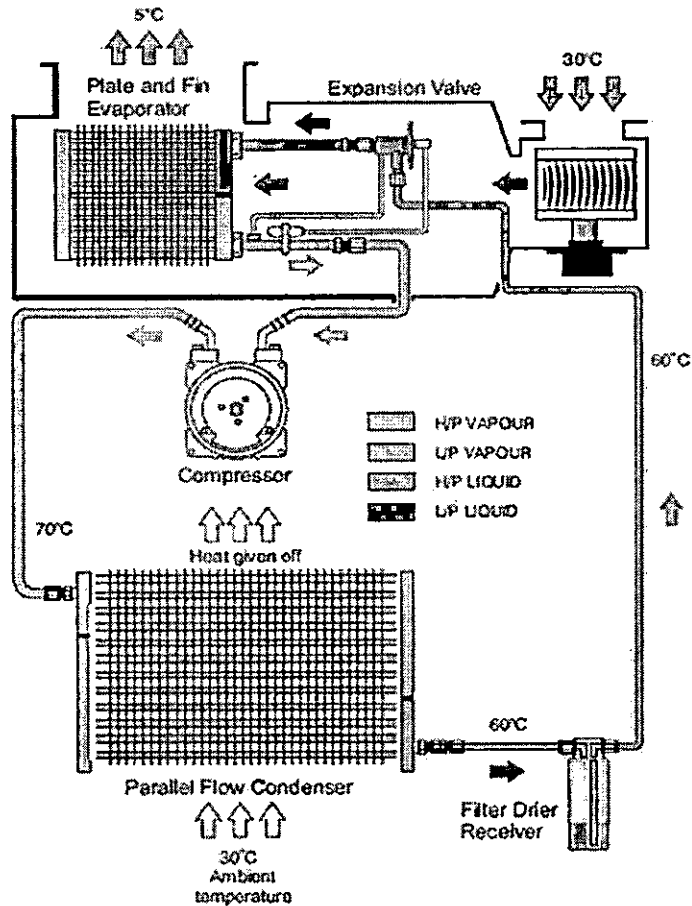
Sistem pengkondisian udara bekerja dalam 4 langkah, dan *refrigerant* disirkulasikan berulang kali dengan perubahan-perubahan sebagai berikut :

1. Proses Kompresu

Dimulai ketika *refrigerant* meninggalkan *evaporator*. Masuknya *refrigerant* ke dalam kompresor melalui pipa masukan kompresor (*intake*). Ditinjau dari wujud, suhu, dan tekanan, ketika akan masuk ke dalam kompresor, *refrigerant* berwujud gas atau uap, bertemperatur rendah, dan bertekanan rendah. Selanjutnya, melalui kompresor, *refrigerant* dikondisikan tetap berwujud gas, tetapi memiliki tekanan dan suhu tinggi. Hal tersebut bisa dilakukan karena kompresor dapat menghisap gas dan mengkompresikan *refrigerant* sehingga mencapai tekanan kondensasi. Setelah tekanan dan suhu *refrigerant* diubah, selanjutnya *refrigerant* dipompa dan dialirkan menuju ke kondensor.

2. Proses Kondensasi

Dimulai ketika *refrigerant* meninggalkan kondensor. *Refrigerant* berwujud gas yang bertekanan dan bertemperatur tinggi dialirkan menuju kondensor. Di dalam kondensor, wujud gas *refrigerant* berubah menjadi wujud cair. Panas yang dihasilkan *refrigerant* dipindahkan ke udara di luar pipa kondensor. Agar proses kondensasi lebih efektif, digunakan kipas (*fan*) yang dapat mengembuskan udara luar tepat di permukaan pipa kondensor. Dengan begitu, panas pada *refrigerant* dapat dengan mudah dipindahkan ke udara luar. Setelah melalui proses kondensasi, *refrigerant* menjadi wujud cair yang bertemperatur lebih rendah, tetapi tekanan *refrigerant* masih tinggi. Selanjutnya, *refrigerant* dialirkan menuju ke katup ekspansi.



Gambar 14. Cara Kerja Sistem Pengkondisian Udara

3. Proses Penurunan Tekanan

Dimulai ketika *refrigerant* meninggalkan kondensor. Di dalam katup ekspansi, terjadi proses penurunan tekanan yang rendah. Selain itu, katup ekspansi juga berfungsi mengontrol aliran *refrigerant* di antara dua sisi tekanan yang berbeda, yaitu tekanan tinggi dan rendah. Selanjutnya, *refrigerant* cair yang memiliki suhu dan tekanan rendah dialirkan menuju ke *evaporator*. Proses ini merupakan proses pendinginan *refrigerant*.

4. Proses Evaporasi

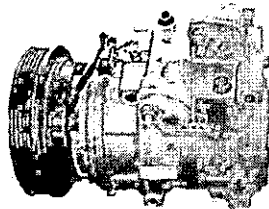
Dimulai ketika *refrigerant* akan masuk ke dalam *evaporator*. Dalam keadaan ini, *refrigerant* berwujud cair, *bertemperatur* rendah, dan *bertekanan* rendah. Kondisi *refrigerant* semacam ini dimanfaatkan untuk mendinginkan udara luar yang melewati permukaan *evaporator*. Agar lebih efektif mendinginkan udara ruangan, digunakan blower (*indoor*) untuk mengatur sirkulasi udara agar melewati *evaporator*. Proses yang terjadi dibalik proses pendinginan udara ruangan adalah proses penangkapan panas (kalor) dengan *refrigerant* yang mengalir ke dalam *evaporator*. Karena juga menyerap panas udara di dalam ruangan, *refrigerant* akan mengalir menuju ke kompresor. Proses ini terjadi berulang dan terus-menerus sampai suhu atau *temperatur* ruangan sesuai dengan keinginan.

B. Komponen Sistem Pengkondisian Udara

1. Kompresor

a. Fungsi

Kompresor merupakan unit tenaga dalam sistem pengkondisian udara yang berfungsi untuk mensirkulasikan *refrigerant* di dalam sistem pengkondisian udara.



Gambar 15. Kompresor Swash Plate Type

Lebih rinci lagi kompresor memiliki tiga fungsi yaitu :

Fungsi penyedotan.

Digabungkan dengan fungsi penghambat dari katup ekspansi, kompresor menurunkan tekanan *refrigerant* pada *evaporator* melalui fungsi

penyedotannya. Operasi gabungan dari katup ekspansi dan kompresor memungkinkan menguapkan *refrigerant* pada suhu yang relatif rendah untuk pendinginan.

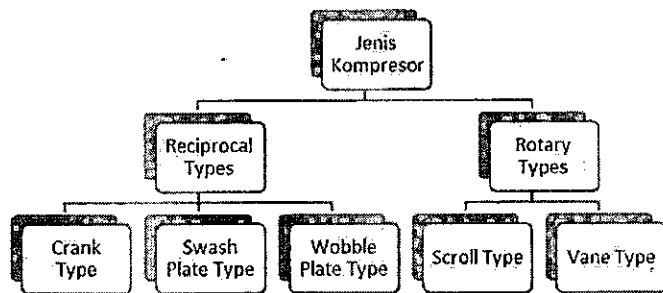
Fungsi pemompa.

Sebagai fungsi pemompaan dari kompresor mensirkulasi *refrigerant* ke dalam sirkuit pendinginan untuk mengoperasikan pendinginan secara terus-menerus.

Fungsi kompresi.

Kompresor mengkompresi pendingin pendingin yang telah diuapkan guna mencairkannya kembali dengan digabungkan dengan fungsi kondesator.

b. Jenis kompresor



Gambar 16. Jenis Kompresor AC Mobil

1) Kompresor Jenis *Reciprocal*

Merupakan kompresor yang menggunakan mekanisme internal untuk mengkompresikan gas melalui perpindahan positif. Kompresor ini biasanya terdiri dari piston yang digerakkan poros engkol dalam silinder tertutup dan dilengkapi dengan katup intake dan *outlet*. Tipe kompresor dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu tipe *crank*, tipe *swash plate*, dan tipe *wobble plate*.

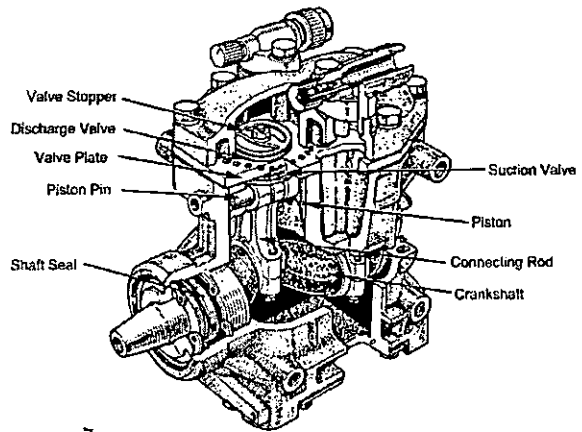
Berikut dapat dilihat perbedaan bentuk atau konstruksi dari masing-masing kompresor tersebut :

a) Kompresor Jenis Poros Engkol (*Crank Type*)

Kompresor jenis poros engkol bekerja dengan memanfaatkan gerak putar dari mesin yang diterima oleh *crank shaft* kompresor. Di dalam kompresor, gerak putar dari crank shaft diubah menjadi menjadi gerak bolak balik torak untuk menghisap dan memampatkan *refrigerant*.

Prinsip kerja kompresor torak terdiri dari dua langkah, yaitu langkah hisap dan langkah kompresi. Saat langkah hisap torak bergerak turun dari titik mati atas ke titik mati bawah, volume silinder mengembang sehingga tekanan di dalam silinder turun atau terjadi kevakuman di dalam silinder. Akibatnya katup hisap membuka dan *refrigerant* masuk ke dalam silinder. Proses ini berlangsung sampai torak mencapai titik mati bawah.

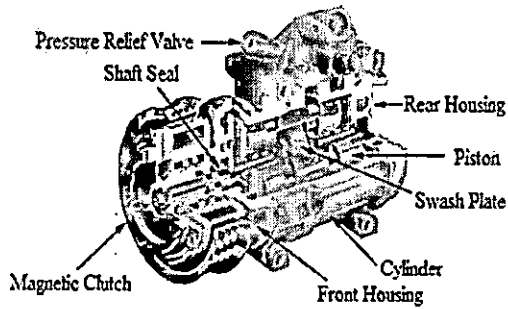
Pada langkah kompresi, torak bergerak naik dari titik mati bawah ke titik mati atas. *Refrigerant* mengalami pemampatan sehingga tekanan dan *temperaturnya* naik. Akibat tekanan *refrigerant* yang tinggi, katup hisap akan menutup dan katup buang membuka sehingga *refrigerant* keluar dan mengalir ke kondensor.



Gambar 17. Kompresor Jenis Poros Engkol

b) Kompresor Jenis *Swash Plate*

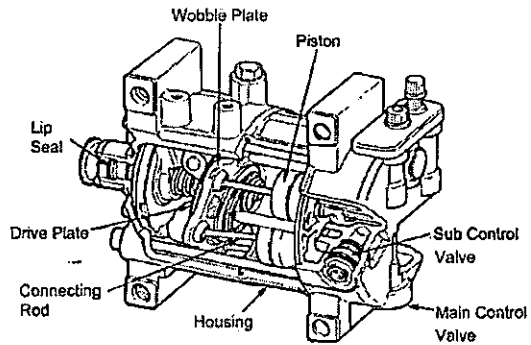
Pada kompresor jenis ini, gerakan torak diatur oleh *swash plate* pada jarak tertentu dengan 6 atau 10 silinder. Ketika salah satu sisi pada torak melakukan langkah tekan, maka sisi yang lainnya melakukan langkah isap. Pada dasarnya, proses kompresi pada tipe ini sama dengan proses kompresi pada kompresor tipe *crank shaft*. Perbedaannya terletak pada adanya tekanan oleh katup isap dan katup tekan. Selain itu, perpindahan gaya pada tipe *swash plate* tidak melalui batang penghubung (*connecting rod*), sehingga getarannya lebih kecil. Gambar dibawah ini memperlihatkan bagian-bagian dari kompresor tipe *swash plate*.



Gambar 18. Kompresor *Swash Plate Type*

c) Kompresor Jenis *Wobbke Plate*

Sistem 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 kopling *magnetic (magnetic clutch)*. Cara kerjanya, gerakan putar dari poros kompresor diubah menjadi gerak bolak-balik oleh plat penggerak (*drive plate*) dan *wobble plate* dengan bantuan *guide ball*. Gerakan bolak-balik ini selanjutnya diteruskan ke torak melalui batang penghubung. Berbeda dengan jenis kompresor *swash plate*, kompresor jenis *wobble plate* hanya menggunakan satu torak untuk satu silinder.

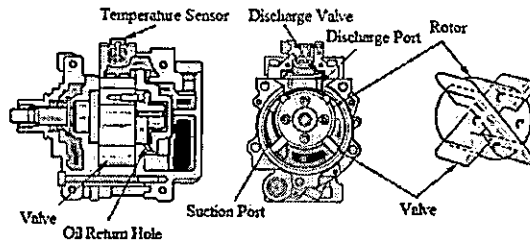


Gambar 19. Kompresor Wobble Type

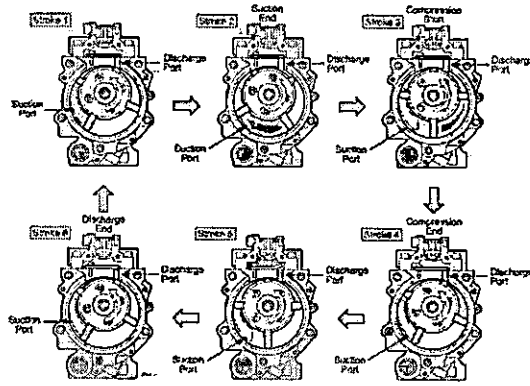
- 2) Kompresor Jenis Rotasi (*Rotary Type*)
 Kompresor rotari dapat menghasilkan tekanan yang sangat tinggi. Pada kompresor rotari getaran yang dihasilkan relatif kecil dibandingkan dengan kompresor *Reciprocal type*. Hal ini disebabkan sudu-sudu pada kompresor rotari, yang merupakan elemen bolak-balik, mempunyai masa yang jauh lebih kecil daripada torak. Selain itu kompresor rotari tidak memerlukan katup, sedangkan fluktuasi alirannya sangat kecil dibandingkan dengan kompresor *Reciprocal type*. Kompresor jenis rotari terdiri dari :

a) *Through Vane*

Tipe *through vane* ini terdiri atas dua *vane* yang integral dan saling tegak lurus. Dan bila rotor berputar *vane* akan bergeser pada arah radial sehingga ujung-ujung *vane* akan selalu bersinggungan dengan permukaan dalam silinder. (lihat bagan gambar mekanis kompresi).

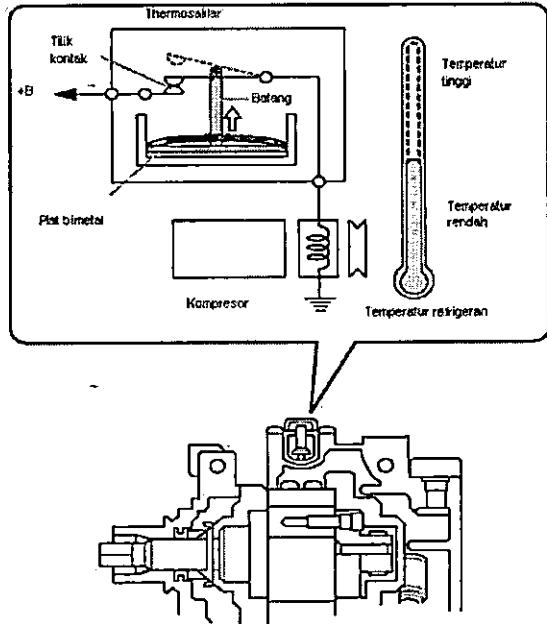


Gambar 20. Kontruksi Kompresor Jenis *Through Vane*



Gambar 21. Cara Kerja Kompresor Jenis *Through Vane*

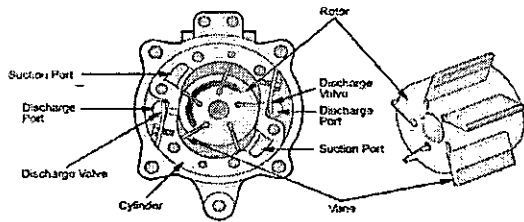
Tipe kompresor *through vane* mempunyai saklar *temperatur* yang mendeteksi *temperatur* refrigeran. Bila *temperatur* refrigeran terlalu tinggi, maka bimetal dalam saklar akan mendorong batang di atasnya dan membuka kontak saklar. Akibatnya arus yang mengalir ke *magnetic clutch* terputus dan kerja kompresor terhenti. Hal ini untuk mencegah kerusakan kompresor saat *temperatur* refrigeran tinggi.



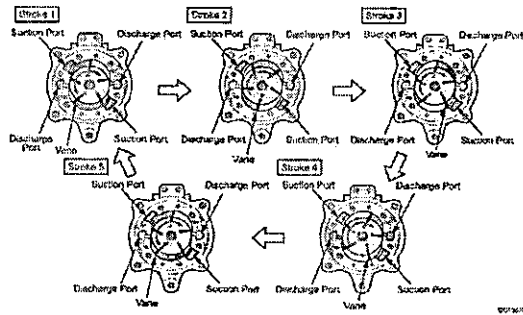
Gambar 22. Thermostat Kompresor *Through Vane*

b) *Sliding Vane*

Terdiri atas sebuah rotor yang dipasang secara eksentris pada silinder yang sedikit lebih besar dari pada rotor. Gambar berikut menunjukkan konstruksi kompresor *sliding vane* :



Gambar 23. Kontruksi Kompresor Jenis Sliding Vane



Gambar 24. Cara Kerja Kompresor Jenis Sliding Vane

Baling-baling bergerak maju mundur secara radial dalam slot rotor mengikuti kontur dinding silinder saat rotor berputar. Sudu didorong oleh gaya sentrifugal yang timbul saat rotor berputar sehingga selalu rapat dengan dinding silinder. Untuk menjamin kerapatan antara sudu dengan dinding silinder dipasang pegas pada slot rotor. Untuk menjaga agar sudu tidak cepat aus, maka biasanya diujung sudu yang bersinggungan dengan casing digunakan logam lain. Kapasitas kompresor untuk ukuran rotor dan casing yang sama adalah fungsi jumlah sudu. Semakin banyak sudunya, makin besar kapasitasnya, tetapi perbandingan kompresinya lebih rendah dan volume vane lebih besar. Rendemen volumetrisnya berkisar antara 0,6 sd 0,9.

c) *Scroll*

Prinsip dasar kompresi kompresor *scroll* adalah interaksi antara fixed *scroll* (*scroll* yang tidak bergerak) dengan *orbiting scroll* (*scroll* yang bergerak). Kedua *scroll* ini saling bersinggungan identik satu sama lain tetapi berbeda sudut 180 derajat. Orbit dari *scroll* yang bergerak akan mengikuti path/jalur yang dibentuk oleh *scroll* yang

tidak bergerak. Keduanya bersinggungan berdasarkan gaya sentrifugal. Ruang kompresi terbentuk dari mulai bagian luar sampai ke bagian dalam dimana volume ruang kompresi semakin diperkecil, akibatnya tekanan menjadi naik dan pada akhir kompresi, *refrigerant* keluar dari bagian tengah kedua *scroll* tersebut.

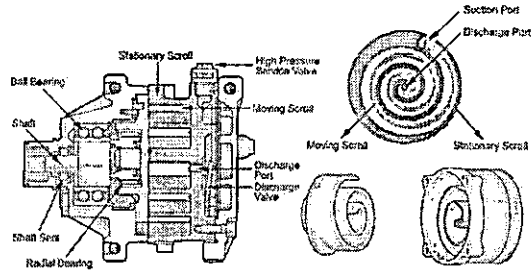
Cara kerja:

Refrigerant gas bertemperatur rendah dan bertekanan rendah (warna biru) masuk dari bagian *suction* ke ruang kompresor. *Refrigerant* ini kemudian bersinggungan dengan motor kompresor yang temperaturnya lebih tinggi sehingga terjadi aliran kalor dari motor ke *refrigerant*. *Refrigerant* ini kemudian masuk ke intake kompresor untuk memulai proses kompresi. *Refrigerant* yang terperangkap di ruang *scroll* kemudian dikompresikan untuk kemudian dikeluarkan dari bagian tengah *scroll*. Pada saat proses kompresi, tekanan dan temperatur *refrigerant* berangsur² naik karena volume ruang kompresi semakin diperkecil. *Refrigerant* yang sudah bertekanan dan bertemperatur tinggi ini (warna merah) kemudian keluar dari kompresor melalui pipa discharge. Di bagian discharge terdapat valve disc yang berfungsi untuk mencegah tekanan balik dari discharge/condenser pada saat kompresor mati. Valve disc berfungsi seperti check valve/katup satu arah.

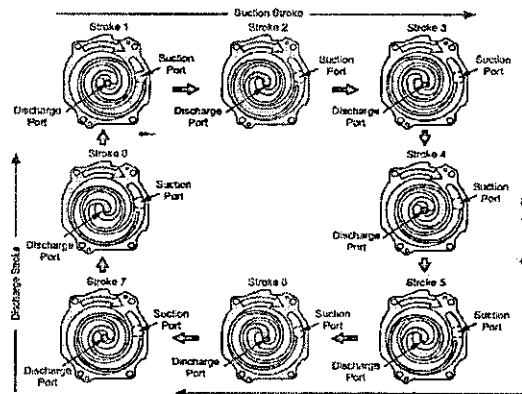
Diantara ruang *discharge* dan *suction* terdapat pressure relief valve yang berfungsi untuk membuang tekanan dari bagian

discharge ke bagian *suction* jika terjadi tekanan yang berlebihan.

Pelumas yang berada dibagian bawah berdasarkan gaya centrifugal naik ke bagian atas untuk melumasi bagian-bagian yang bergerak melalui saluran yang ada dibagian *shaft compressor*.



Gambar 25. Konstruksi Kompresor Jenis Scroll

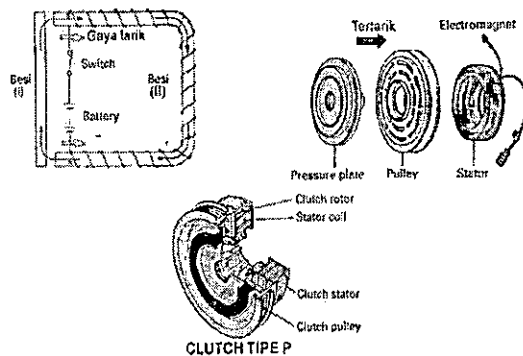


Gambar 26. Cara Kerja Kompresor Jenis Scroll

c. Kopling Magnet (*Magnetic Clutch*)

Kopling magnet berfungsi menghubungkan dan melepaskan putaran mesin terhadap kompresor. *Magnetic clutch* terdiri dari rotor, stator dan plat tekan. Rotor terhubung dengan puli penggerak. Stator diikat pada rumah kompresor dan plat tekan terpasang pada poros kompresor. Pada saat mesin berputar, puli penggerak yang berhubungan dengan poros mesin juga akan berputar. Pada saat ini kompresor tidak ikut berputar dikarenakan puli penggerak tidak dihubungkan

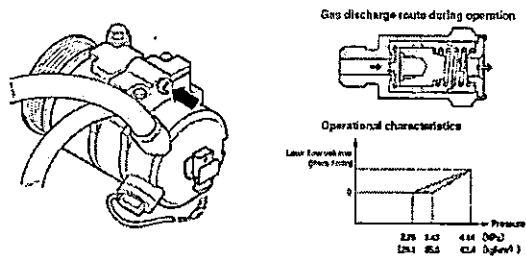
dengan poros kompresor. Jika saklar kontrol AC dinyalakan, arus mengalir dari baterai menuju ke kumparan pada stator. Gaya elektromagnet yang terbentuk pada stator akan menarik plat tekan untuk berhubungan dengan rotor dan selanjutnya rotor dan poros kompresor akan berputar bersama-sama. Bila saklar kontrol AC dimatikan, arus yang mengalir ke kumparan stator terputus sehingga kemagnetan menghilang. Plat tekan tidak lagi tertarik dan kembali ke posisi semula. Kompresor tidak berputar meskipun puli masih tetap berputar selama mesin mesin hidup.



Gambar 27. Kontruksi dan Cara Kerja Kopling Magnet

d. *Pressure Relief Valve (PRV) atau Safety Valve*

Kompresor dilengkapi dengan katup tekanan lebih (*pressure relief valve*) yang biasa juga disebut *Safety Valve* untuk membebaskan tekanan pada saluran keluar kompresor jika beban pendinginan terlalu besar atau tekanan dalam sisi tekanan tinggi di dalam kondensor dan *receiver/Drier* menjadi tidak normal yang dapat menyebabkan bahaya meledaknya pipa. Bila tekanan pada sisi tekanan tinggi meningkat antara 3,43–4,14 Mpa (35–42,4 kgf/cm²), katup tekanan lebih membuka dan mengurangi tekanan. Biasanya sebelum katup tekanan lebih bekerja, terlebih dulu hubungan arus ke *magnetic clutch* diputus sehingga katup tekanan lebih jarang bekerja jika tidak dibutuhkan benar.



Gambar 28. *Pressure Relief Valve*

Tekanan bagian dalam rumah kompresor diatur oleh PRV yang terpasang pada bagian belakang kompresor. Bagian dalam katup terdapat bodi diaphragma metalik (5), yang berada pada sisi tekanan rendah (TR) dan kerjanya dipengaruhi oleh tekanan pada sisi tekanan rendah dari sirkuit zat pendingin.

Bila kelebihan tekanan pada sisi tekanan rendah mengakibatkan bodi diaphragma menyusut, sebaliknya bila kekurangan tekanan pada sisi tekanan rendah mengakibatkan bodi diaphragma mengembang

Cara Kerja Pressure Relief Valve

Kebutuhan Maksimum

Kelebihan tekanan pada sisi tekanan rendah menyebabkan diafragma menyusut, katup bola menutup saluran tekanan tinggi (TR), dan dalam waktu bersamaan membuka katup/saluran penyempitan.

Zat pendingin di dalam rumah kompresor dapat mengalir ke sisi saluran isap dan tekanan interior/tekanan dalam rumah kompresor dikurangi. Sudut kontak/sudut kerja piringan goyang bertambah besar maka piston bergerak dengan langkah yang lebih panjang.

Kompresor bekerja dengan langkah torak maksimum untuk menghasilkan unjuk kerja maksimum.

Kebutuhan Minimum

Kekurangan tekanan pada sisi tekanan rendah menyebabkan diafragma mengembang dan katup/

saluran penyempit ditutup maka uap zat pendingin tidak dapat mengalir kesaluran isap interior/rumah kompresor.

Katup bola membuka zat pendingin mengalir dari saluran tekanan tinggi ke interior/bagian dalam rumah kompresor, maka tekanan di dalam rumah kompresor bertambah, sehingga sudut kontak/sudut kerja piringan goyang mejadi lebih sempit dan langkah piston dikurangi. Kompresor bekeja dengan langkah torak minimum untuk menghasilkan unjuk kerja minimum.

e. Pengaman Belt (*Lock Safety*)

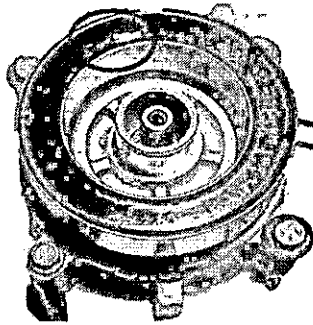
Berfungsi untuk menghindari slip pada *magnetic clutch* dan putusnya belt kompresor saat beban kompresor berat. Berikut jenis pengaman belt yang digunakan.

1) *Speed Sensor Type*

Perlindungan ini dengan cara memutus tenaga kompresor ke belt karena terlampauinya perbandingan batas slip normal yaitu perbandingan RPM engine dan RPM kompresor dan hal itu dideteksi oleh speed sensor yang terpasang pada kompresor.

2) *Thermal Fuse Type*

Jenis ini melindungi belt dan engine agar tidak merusak pulley bearing atau menghilangkan clutch slip dengan menghentikan kerja clutch oleh pemutusan listrik ke coil yang dilakukan oleh *temperatur fuse* (184• OFF) yang terpasang pada clutch kompresor untuk mendeteksi panasnya clutch.



Gambar 29. *Thermal Fuse Type*

3) Oli Kompresor

Sistem pelumasan kompresor pada sistem pendinginan (*refrigerasi*) akan berhubungan erat dengan *refrigerant* (*refrigeran*), karena oli akan kontak bahkan bercampur dengan refrigeran. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memilih oli untuk pelumasan kompresor pada sistem *refrigerasi* adalah sebagai berikut :

Stabilitas kimiawi oli

Kestabilan komposisi kimia pada oli sangat penting agar sistem pelumasan bisa berfungsi dengan baik dan efektif agar tidak terjadi perubahan komposisi kimia pada oli untuk waktu yang lama. Kestabilan komposisi kimia pada oli sangat bergantung dari banyaknya unsaturated hydrocarbon yang ada pada oli. Semakin sedikit persentasi unsaturated hydrocarbon pada oli maka semakin stabil komposisi kimia pada oli

Kekuatan dielektrik

Kekuatan dielektirk oli adalah ukuran resistansi oli terhadap arus listrik. Karena oli sering bercampur dengan refrigeran ketika mendinginkan motor sehingga tingkat resistansi oli terhadap arus listrik perlu diperhatikan. Masuknya uap air, serpihan logam atau benda asing lainnya yang masuk bersama oli akan menurunkan kekuatan dielektriknya. Pada sistem yang

menggunakan kompresor hermetic, rendahnya kekuatan dielektrik oli bisa menyebabkan winding motor terbakar.

Viscosity

Viskositas oli atau kekentalan oli adalah ukuran pergesekan aliran fluida atau ukuran resistansi aliran fluida. Supaya pelumasan pada kompresor cukup, viskositas dari oli harus dijaga dengan batas tertentu. Jika viskositas oli terlalu rendah, oli tidak akan mampu menyelimuti permukaan komponen yang perlu dilumasi. Namun jika viskositas oli terlalu tinggi, maka kemampuan oli untuk masuk ke bagian dalam komponen akan lambat sehingga sistem pelumasan oli akan terhambat.

Indikasi oli kompresor harus diganti adalah sebagai berikut :

1. Oli kotor, dapat dilihat pada sight glass yang ada pada kompresor.
2. Running hours, biasanya berkisar 600-10.000 jam atau sekitar 1 tahun.
3. Overhaul kompresor, akibat kerusakan maka pembongkaran di kompresor harus dilaksanakan.
4. Oli sudah mengandung air.
5. Viskositas oli sudah menurun.
6. Oli kompresor larut bersama *refrigerant* untuk melumasi bagian-bagian kompresor yang bergerak. Oleh karena itu kualitas dan kuantitas oli sangat penting untuk diperhatikan. Pada sistem pendingin dengan *refrigerant* jenis R134a, oli kompresor tidak dapat saling dipertukarkan dengan sistem pendingin dengan *refrigerant* R12.

Jumlah oli kompresor yang tidak memadai dapat mengakibatkan gesekan yang berlebihan antar komponen, menghalangi pertukaran panas,

melapisi dinding *evaporator* sehingga mengurangi kemampuan pendinginan, Pada gambar 2.17 diperlihatkan penambahan oli karena penggantian komponen sistem AC. Oli kompresor memiliki sifat yang lebih sulit menguap dibandingkan *refrigerant*. Oleh karena itu saat terjadi penggantian komponen yang mengharuskan pelepasan komponen seperti kompresor, *receiver/Drier*, katup ekspansi dan lain-lain maka oli akan tetap ada pada komponen-komponen tersebut. Oleh 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.

Penggantian komponen	Volume pengisian kembali oli kompresor	Oli kompresor dan tipe kompresor yang kompatibel
Kondensor	40 mm ³	<ul style="list-style-type: none"> • R-134a : Tipe through-vane : ND-OIL9 Selain tipe through-vane : ND-OIL8
Evaporator	40 mm ³	
<i>Receiver</i>	10 mm ³	<ul style="list-style-type: none"> • R-12 : Tipe through-vane : ND-OIL7 Selain tipe through-vane : ND-OIL6
Pipa	10mm ³ (per pipa)	

Gambar 30. Penggantian Oli Kompresor

2. Kondensor

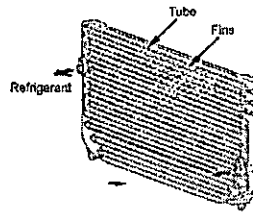
Kondensor ditempatkan di depan radiator. Kondensor berfungsi untuk mendinginkan gas *refrigerant* sehingga terkondensasi menjadi cair dengan tekanan yang tinggi. Setelah cair, *refrigerant* mengalir ke *receiver* dehidrator. Pendingin yang dilakukan kondensor berasal dari aliran udara oleh kipas radiator. Jumlah panas yang dilepaskan refrigerasi dalam kondensor sama dengan panas yang diserap dalam *evaporator* ditambah panas kerja yang diperlukan kompresor untuk menekan *refrigerant*. Semakin banyak panas yang dilepas dalam kondensor, maka semakin besar pula efek mendinginkan yang akan diperoleh dari *evaporator*.

Dalam kondensor akan terjadi perubahan bentuk zat pendingin, karena kondensasi yang dilakukan kondensor. Perubahan bentuk tersebut dari gas menjadi cair. Supaya pendinginan/kondensasi dari zat pendingin lebih sempurna, maka pemasangan kondensor perlu memperhatikan arah aliran udara yang membantu proses pendinginan kondensor. Pemasangan kondensor pada mobil biasanya ditempatkan di depan radiator supaya dapat dialiri udara waktu mobil berjalan.

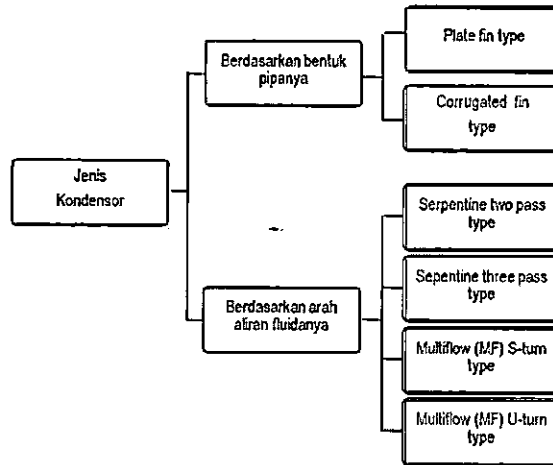
Adakalanya pemasangan kondensor di depan radiator dilengkapi dengan kipas-kipas pendingin, tetapi kipas pendingin mesin diganti dengan yang lebih besar supaya pendinginan mesin dapat dilaksanakan bersama-sama dengan pendinginan kondensor. Sistem ini merugikan bila sistem AC tidak dipakai, karena kipas yang besar akan menggunakan daya mekanis mesin, akibatnya boros bahan bakar. Untuk itu memakai kipas pendingin listrik tersendiri pada kondensor merupakan solusi lain meskipun kondensor dapat dipasang di depan radiator, di atas atap mobil, di bawah lantai, atau tempat lain yang memungkinkan.

Pipa-pipa kondensor ada yang berbentuk bulat ada juga yang seperti banyak lubang-lubang aliran zat pendingin. Pipa tersebut dilengkungkan secara paralel dari awal sampai keluarnya zat pendingin menuju saringan. Untuk memperluas permukaan pendingin, diantara pipa yang dilengkungkan itu diberi kisi-kisi pendingin supaya sistem pendinginan lebih sempurna (panas diserap oleh kisi pendingin), sehingga kondensasi dan perubahan bentuk zat pendinginan dari gas menjadi cair akan terjadi.

Kondenser terdiri dari *tube* dan *fins* yang berfungsi mendinginkan *refrigerant* ketika udara mengalir diantaranya.

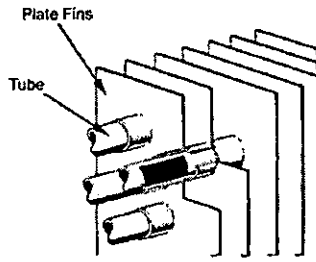


Gambar 31. Kontruksi Kondensor

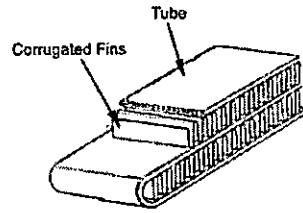


Gambar 32. Jenis Kondensor

Berdasarkan bentuk pipanya, konstruksi pipa-pipa kondensor ada yang dibuat bulat dan ada juga seperti gambar 2.20 (dengan banyak lubang aliran zat pendingin) pipa itu dilengkungkan secara paralel dari awal sampai keluaranya zat pendingin menuju saringan. Untuk memperluas permukaan pendingin diantara pipa yang dilengkungkan itu diberi kisi-kisi (fin) pendingin supaya pendinginan lebih sempurna (panas diserap oleh kisi pendingin). Sehingga kondensasi & perubahan bentuk zat pendinginan dari gas menjadi cair akan terjadi.

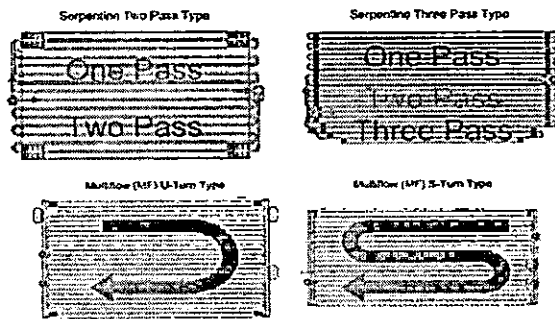


Kondensor Jenis Plate Fin



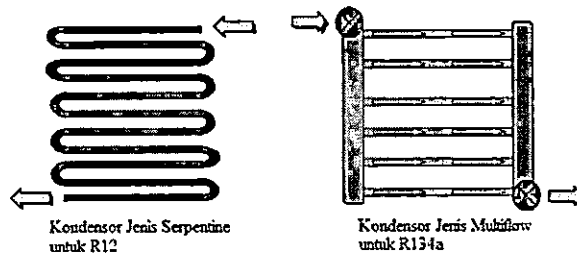
Kondensor Jenis Corrugated Fin

Gambar 33. Jenis Kondensor Berdasarkan Bentuk Pipanya



Gambar 34. Jenis Kondensor Berdasarkan Arah Aliran Fluidanya

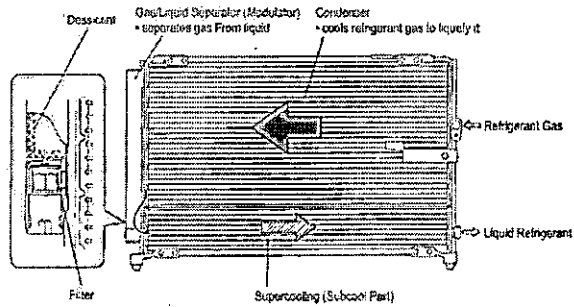
Jenis kondensor multiflow (MF) lebih efisien, dan efek pendinginan udara dapat diperbaiki sekitar 15% sampai 20% dibandingkan dengan jenis supentine.



Gambar 35. Konstruksi Kondensor Berdasarkan Arah Aliran Fluidanya

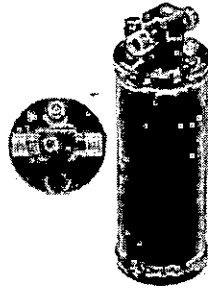
Teknologi terbaru pengkondisian udara mobil telah mengembangkan kondensor jenis Multiflow (MF) dengan menambahkan *Gas Liquid Separator (Modulator)* dan saluran tambahan untuk pendinginan lanjutan (*sub cool part*) pada bagian bawah kondensor. Modulator ini berfungsi untuk

memisahkan gas dan cairan *refrigerant* pada sisi keluaran *refrigerant*, sementara saluran pendingin lanjutan akan mendinginkan cairan fluida, sehingga hampir 100 % *refrigerant* yang keluar sudah dalam bentuk gas. Berikut konstruksinya dapat diperhatikan pada gambar 2.23



Gambar 36. Kondensor dengan Modulator dan *Subcool Part*

3. Receiver/Drier



Gambar 37. Receiver/Drier

a. Fungsi

Receiver/drier merupakan tabung penyimpan *refrigerant* cair, dan ia juga berisikan *fiber* dan *desiccant* (bahan pengering) untuk menyaring benda-benda asing dan uap air dari sirkulasi *refrigerant*. *Receiver/drier* menerima cairan *refrigerant* bertekanan tinggi dari condenser dan disalurkan ke *expansion valve*.

Jumlah sirkulasi *refrigerant* haruslah dapat berubah sesuai dengan perubahan beban dari langkah pendinginan. Maka, *receiver drier* akan membantu penyimpanan *refrigerant* dengan benar.

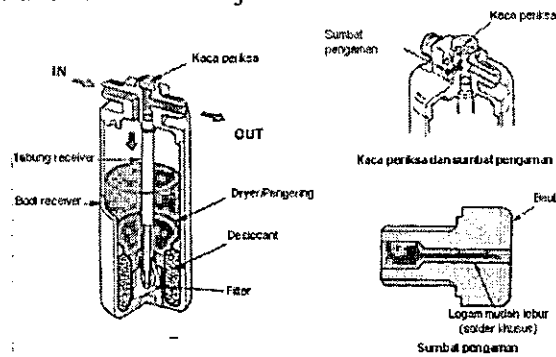
Ketika cairan *refrigerant* tercampur gelembung, fungsi pendinginan akan menurun. Dalam hal ini,

receiver/drier dapat menyalurkan hanya cairan *refrigerant* saja ke expansion valve dengan memisahkan gelembung dari cairan.

Receiver/drier juga menyaring benda-benda asing dan uap air dari *refrigerant* dengan menggunakan “Desiccant” dan “Filter”.

Jumlah *refrigerant* dapat diperiksa melalui sight glass (R-12).

b. Kontruksi dan Cara Kerja

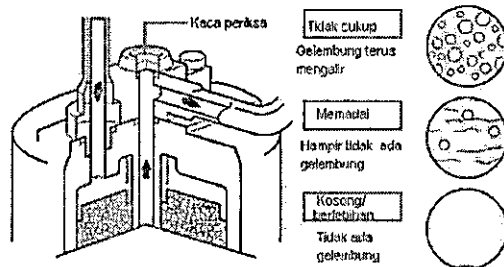


Gambar 38. Kontruksi Receiver/Drier

Receiver/drier terdiri dari main *body*, *filter*, *desiccant*, *pipe*, dan *side glass*. Cairan *refrigerant* dialirkan ke dalam pipa untuk disalurkan ke expansion valve melalui outlet *pipe* yang ditempatkan pada bagian bawah main *body* setelah tersaringnya uap air dan benda asing oleh filter dan *desiccant*.

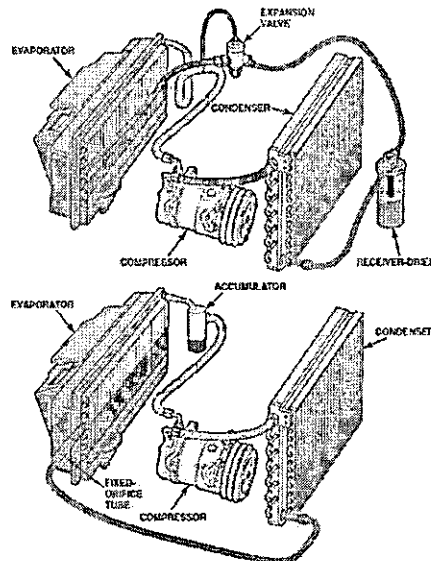
Pada *receiver/Drier* tipe lain, kaca periksa terpasang pada pipa antara *receiver/Drier* dan katup ekspansi. Jumlah *refrigerant* dalam sistem AC dapat diketahui melalui kaca periksa dengan memperhatikan banyaknya gelembung. Gelembung yang banyak menandakan jumlah *refrigerant* tidak mencukupi, bila sedikit sekali gelembung atau hampir tidak ada maka jumlah *refrigerant* sudah memadai, jika tidak terlihat gelembung sama sekali berarti *refrigerant* kosong atau terlalu penuh.

Receiver/Drier dilengkapi dengan sumbat pengaman untuk mengantisipasi kenaikan tekanan pada saluran AC yang disebabkan ventilasi kondensor rusak atau beban pendinginan terlalu tinggi sehingga dapat merusak komponen. Sumbat pengaman bekerja pada tekanan 30 kg/cm² dan *temperatur* refrigeran antara 95°C - 100°C dengan-cara melelehkan diri sehingga refrigeran keluar dan kerusakan komponen dapat dihindari.



Gambar 39. Tampilan Gelembung Pada Kaca Periksa *Refrigerant*

Sementara untuk pengkondisian udara yang menggunakan *orifice-tube*, fungsi *receiver/drier* digantikan oleh *accumulator* seperti gambar berikut:



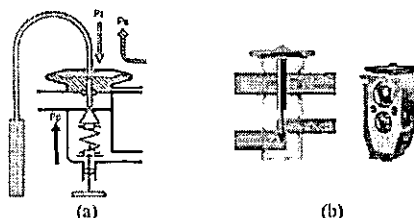
Gambar 40. Posisi Penempatan *Receiver/Drier* dan *Accumulator*

4. Katup Ekspansi (*Expansion Valve*)

Expansion valve berfungsi untuk menginjeksikan *refrigerant* cair melalui *orifice* (lubang kecil) agar menjadi kabut yang tekanan dan *temperaturnya* rendah. *Expansion valve* akan mengatur jumlah *refrigerant* yang diuapkan di *evaporator*, akibat dari pengaturan suhu cairan *refrigerant* ini maka suhu ruangan dapat diturunkan berdasarkan beban panas yang ada pada *evaporator*. Jumlah aliran *refrigerant* yang melewati *expansion valve* ditentukan oleh getaran turun naiknya *valve*.

Ada 2 jenis katup ekspansi yang digunakan dalam sistem AC mobil, yaitu katup ekspansi jenis termostatik dan katup ekspansi jenis *pipa orifice*.

a. Katup Ekspansi Termostatik



Gambar 41. (a) Katup Ekspansi Termostatik Jenis Siku , (b) Jenis Box

Bagian-bagian katup ekspansi terdiri dari *orifice*, sensor, pipa kapiler, diafragma, pen penekan, plat dan bola, dan pegas. Di dalam sensor dan pipa kapiler berisi gas yang mudah mengembang (*refrigerant*, CO₂). Selain menurunkan suhu dan tekanan *refrigerant*, katup ekspansi termostatik juga berfungsi mengatur banyaknya *refrigerant* yang mengalir di dalam system AC mobil. Banyaknya aliran *refrigerant* disesuaikan dengan beban panas pada *evaporator*.

Prinsip kerja katup ekspansi termostatik dapat dijelaskan sebagai berikut. Pada kondisi beban panas normal, *refrigerant* cair bertekanan tinggi (P_e) masuk ke dalam katup ekspansi melewati *orifice* dalam jumlah yang sesuai dengan di atur pembukaannya oleh pegas (P_p). Pada kondisi ini tekanan di sisi atas diafragma (P_t)

sama dengan tekanan di sisi bawah. Saat melewati *orifice*, *refrigerant* mengalami proses pengabutan sehingga tekanan dan *temperaturnya* turun yang selanjutnya mengalir ke *evaporator*.

Ketika beban panas di *evaporator* meningkat, *refrigerant* yang mengalir pada saluran keluar *evaporator* akan mengalami kenaikan *temperatur*. Kondisi ini menyebabkan gas yang ada di dalam sensor dan pipa kapiler akan mengembang dan mengalami kenaikan tekanan. Selanjutnya, gas akan menekan diafragma dan mendorong plat dan pegas melalui penekanan. Ini menyebabkan saluran *orifice* terbuka lebih lebar sehingga lebih banyak *refrigerant* yang mengalir ke *evaporator*. Kondisi ini akan berlangsung terus sampai beban panas kembali normal.

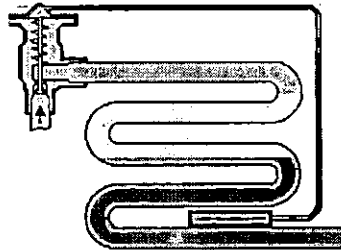
Kondisi sebaliknya terjadi saat beban panas berkurang. Pada kondisi ini, *refrigerant* pada saluran keluar *evaporator* mengalami penurunan *temperatur*. Hal ini menyebabkan gas yang ada di dalam sensor dan pipa kapiler mengalami penyusutan. Akibatnya tekanan di sisi atas diafragma menjadi lebih kecil dari pada tekanan di sisi bawah. Pegas akan menekan plat dan bola ke atas. Akibatnya saluran *orifice* akan mengecil sehingga hanya sedikit *refrigerant* yang mengalir ke *evaporator*. Kondisi ini akan berlangsung terus sampai beban panas kembali normal.

Berdasarkan letak tekanan jenuh diambil, maka *expansion valve* tipe thermal diklasifikasikan dua tipe, yaitu:

1) *Thermal Expansion Valve Tipe Inner Equalizing*

Bila tekanan uap *refrigerant* bekerja stabil, maka berlaku rumus $P_t = P_e + P_s$. Pembukaan *needle valve* tetap sehingga aliran *refrigerant* akan konstan. *Refrigerant* pada *outlet* selalu dalam bentuk uap yang telah dipanaskan (*super heat vapor*) sepanjang L (lihat gambar). Bila jumlah cairan *refrigerant* di dalam *evaporator*

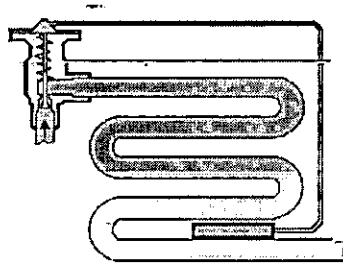
berkurang, *refrigerant* akan menguap lebih cepat dan menyebabkan panjang *super heat vapor* bertambah. Selanjutnya tekanan di dalam *heat sensitizing tube* naik dan *needle valve* membuka lebar, akibatnya aliran *refrigerant* ke *evaporator* bertambah. Sebaliknya jika cairan dalam *evaporator* berkurang, panjang bagian *super heat vapor* berkurang, tekanan dalam *heat sensitizing tube* turun dan *needle valve* membukanya sedikit.



Gambar 42. *Thermal Expansion valve Tipe Inner Equalizing*

2) *Thermal Expansion Valve Tipe External Equalizing*

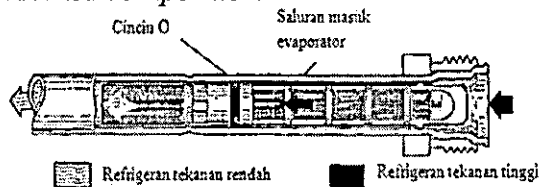
Pada prinsip kerjanya antara *thermal expansion valve tipe inner equalizing* dengan *thermal expansion valve tipe external equalizing* adalah sama. Akan tetapi pada *tipe inner equalizing*, jika ada penurunan tekanan antara *inlet* dan *outlet evaporator* akibat penyumbatan, maka *valve* akan menutup sehingga *Air Conditioner* tidak dingin. Pada *tipe external equalizing* masalah ini dapat diatasi dengan mengambil tekanan P_e di dekat *outlet evaporator*. Tekanan ini akan mengatur diaphragma turun (*valve* masih dapat terbuka) pada saat terjadinya penyumbatan pada *evaporator*.



Gambar 43. *Thermal Expansion Valve Tipe External Equalizing*

b. Katup Ekspansi Jenis Pipa *Orifice*

Berbeda dengan katup ekspansi termostatik, katup ekspansi pipa *orifice* hanya berfungsi menurunkan tekanan *refrigerant* dan tidak mengatur jumlah aliran *refrigerant* ke *evaporator*. Oleh karena itu, pada system AC yang menggunakan katup jenis ini, di saluran sebelum masuk *evaporator* di pasang akumulator yang berfungsi untuk menampung sementara *refrigerant* sebelum masuk *evaporator*.



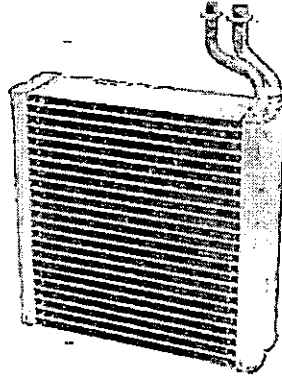
Gambar 44. Katup Ekspansi Jenis Pipa *Orifice*

Pada katup ekspansi pipa *orifice* terdapat sebuah lubang kecil yang berdiameter tetap sebagai media untuk menurunkan tekanan *refrigerant* dan kasa penyaring (*filter screen*) di sisi masuk dan keluar untuk menyaring kontaminan yang terbawa oleh *refrigerant*. Namun, katup pipa *orifice* jarang sekali digunakan pada unit AC mobil di Indonesia. Biasanya digunakan pada mobil-mobil keluaran Eropa atau Amerika.

5. Evaporator

Fungsi *evaporator* adalah penyalur panas yang lain dalam *air conditioning* sistem. Ia memiliki *coil* dan *fin* seperti *condenser*, tetapi fungsinya berbeda terbalik. *Evaporator* menerima atom cairan *refrigerant* bertekanan rendah dan

dingin dari *expansion valve*. Ketika *refrigerant* dingin ini melewati *coils* dari *evaporator*, maka pengabutan *refrigerant* akan menyerap panas dari ruang dalam kendaraan.



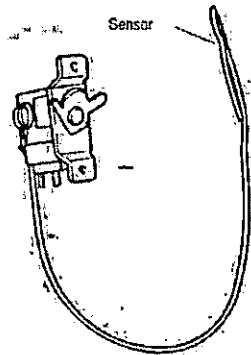
Gambar 45. *Evaporator Unit*

Keadaan *refrigerant* setelah *receiver drier* adalah 100% cair. Segera setelah tekanan cairan itu turun, mulailah terjadi gelembung, dan dengan demikian, gas itu akan menyerap panas. Panas ini dilepaskan dari udara yang ditiup lewat *cooling fins* dari *evaporator* dan menyebabkan udara menjadi dingin.

Refrigerant yang benar masuk kedalam *evaporator* haruslah semuanya cairan 100% setelah melewati *receiver drier* dan menjadi 100% gas setelah berada di *outlet*.

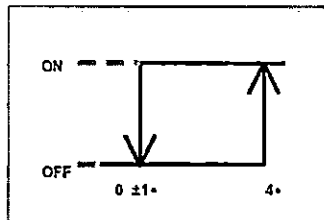
6. *Thermostat*

Jika temperatur *evaporator fin*, dimana suhu pengabutan *refrigerant* menurun dibawah 0°C , maka pembekuan/frost atau es akan terbentuk pada *fin* tersebut, yang menyebabkan menurunnya aliran udara dan akibatnya akan menurunkan kapasitas pendinginan. Untuk mencegah seperti pembekuan/*frosting* ini, dan agar temperatur ruang dalam kendaraan dapat disetel sesuai dengan suhu yang diinginkan, maka thermostat dipasang. Alat berupa switch ini terpasang pada *evaporator case* dengan pipa kapilernya terpasang dan terbungkus rapat pada *evaporator inlet line*.



Gambar 46. Thermostat

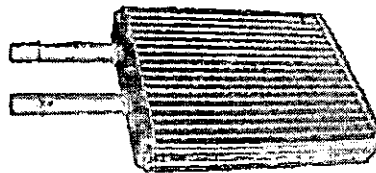
Thermostat dihubungkan ke *magnetic clutch* pada kompresor secara seri. Dia akan melepaskan *magnetic clutch* ketika temperatur permukaan evaporator *fin* ada di bawah sekitar $0 \pm 10C$.



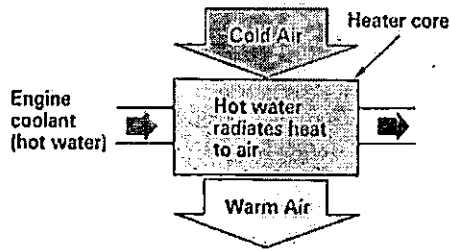
Gambar 47. Karakteristik Termostat

7. Heater Unit

Ketika air pendingin *engine* dapat dialirkan ke bagian *heater core*, maka panas dari air pendingin/*coolant* dapat disalurkan ke *cooler*, udara akan dialirkan melalui *fin* dari *heater core* dan masuk ke ruangan penumpang sehingga ruang itu menjadi hangat.



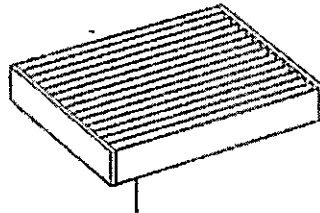
Gambar 48. Heater Unit



Gambar 49. Kerja Heater Unit

8. Air Filter

Air filter ini menggunakan *combination filter*, untuk menyaring debu dan bau dalam udara secara efektif. Periode penggantian filter adalah 5000 ~ 12,000 km. Tetapi hal ini dapat menjadi lebih pendek jika kondisi jalan buruk yang menyebabkan debu dan asap hitam lebih banyak dalam udara.



Gambar 50. Air Filter

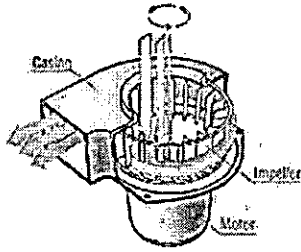
9. Blower Motor Assembly

Kegunaannya adalah meniupkan udara ke ruangan dalam penumpang dan mengirimkannya melalui *evaporator core* dan *heater core*, jika dikehendaki.

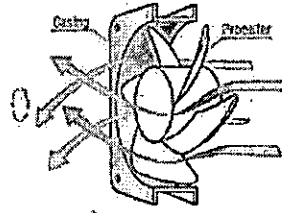
Blower terdiri dari motor dan *fan*. Umumnya yang digunakan adalah motor tipe *ferrite* dan *fan* tipe *sirroco*.

Tipe-tipe *fan* :

Fan dapat dibagi menjadi tipe *axial flow* dan tipe *sentrifugal*, tergantung dari arah aliran udaranya. Pada tipe *axial flow*, udara ditarik dan dihembuskan sejajar dengan sumbu putar. Pada tipe *sentrifugal*, udara ditarik sejajar pada sumbu putar dan dihembuskan tegak lurus, sumbu putar searah dengan gaya *sentrifugal*.



Centrifugal Blower



Axial Blower

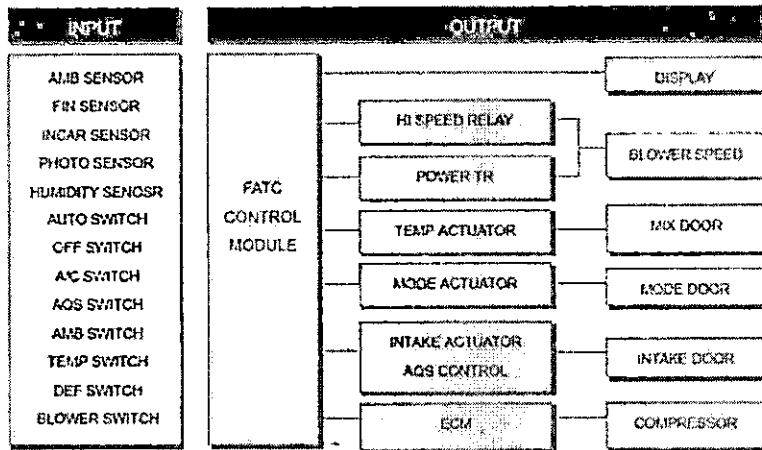
Gambar 51. Tipe-Tipe Blower

BAB 3

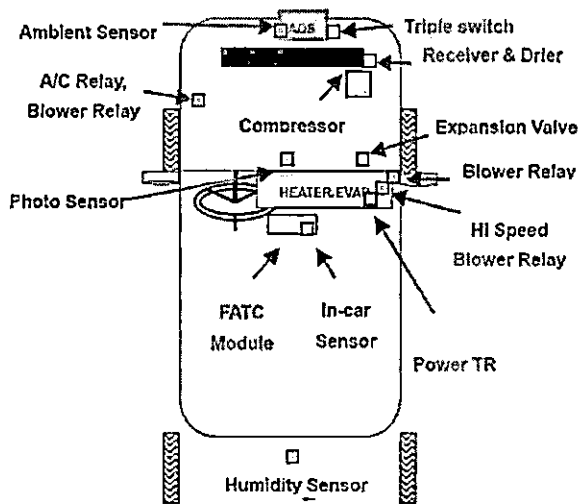
PENGATURAN TEMPERATUR OTOMATIS

Pengaturan Temperatur Otomatis (*Full Automatic Temperature Control /FATC*) adalah suatu sistem AC yang menonjolkan seluruh kendali otomatis terhadap kondisi udara yang dikeluarkan AC. FATC juga mengendalikan sirkulasi dan kelembaban udara di dalam kendaraan. Dengan FATC, pengemudi dapat memilih temperatur untuk menjaga kondisi udara dalam kabin kendaraan, dengan mengabaikan temperatur udara luar yang berubah-ubah. Modul pengontrol FATC ini mengendalikan sistem pengkondisian udara, ventilasi, pemanasan, dan sistem defrosting. Dan sistem pengontrol elektronik ini secara otomatis melakukan penyetelan arah aliran udara, kecepatan blower, dan langkah kompresor.

A. *FATC Input dan Output*



Gambar 52. *FATC Input dan Output*

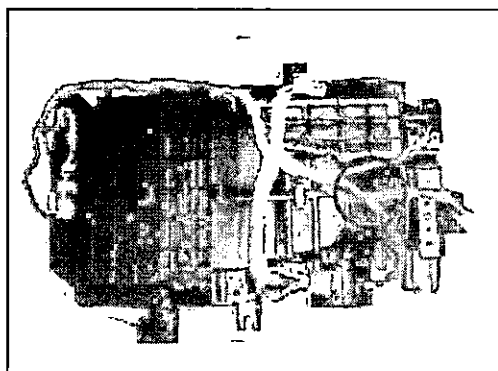


Gambar 53. Lokasi Part F/ATC

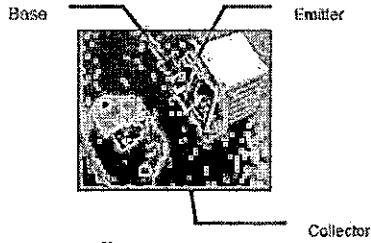
B. Pengontrol Kecepatan Motor *Blower*

1. Power TR

Kecepatan *blower* dikontrol oleh *fan control switch* dan power TR. Perubahan *fan switch* dari posisi 1 ke 5, mengakibatkan *fan* berputar lebih cepat.

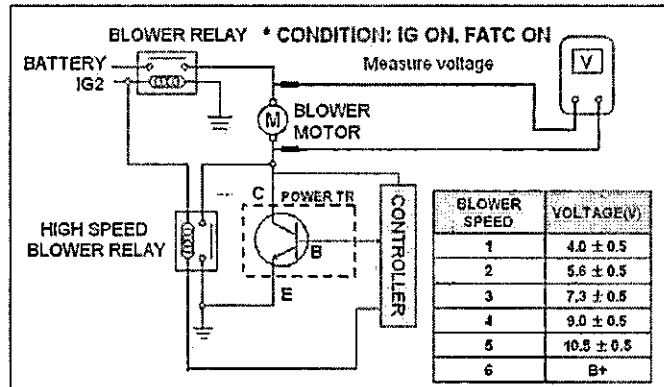


Gambar 54. Lokasi Power TR



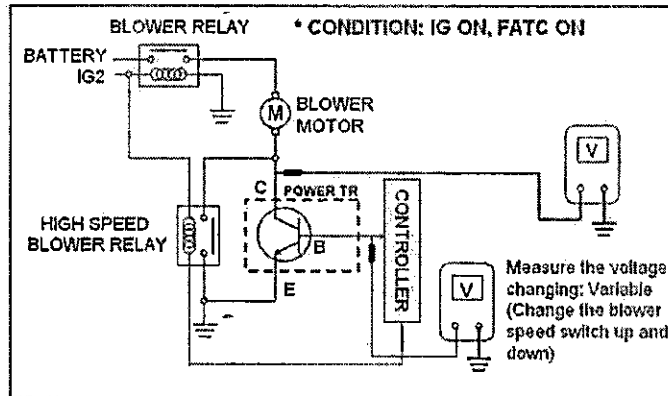
Gambar 55. Power TR

a. Pemeriksaan Power TR Metode 1



Gambar 56. Pemeriksaan Power TR Metode 1

b. Pemeriksaan Power TR Metode 2

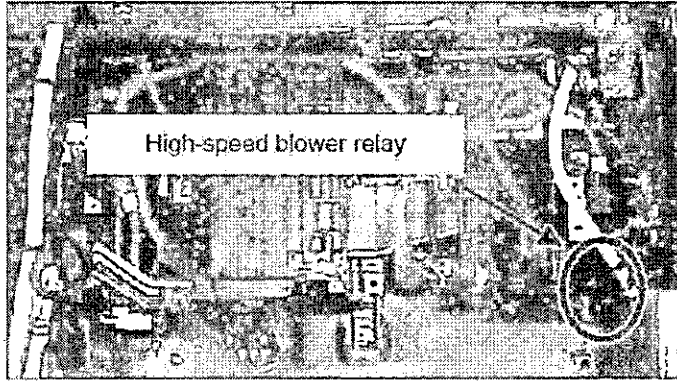


Gambar 57. Pemeriksaan Power Transistor

2. *High-Speed Blower Relay*

Ketika *blower switch* ada diposisi kecepatan 6, *FATC controller* akan menerapkan *ground* ke sisi pengontrol dari

high-speed blower relay. Hal ini membuat arus dari baterai mengalir melalui kontaknya ke *coil* dalam *high-speed blower relay*. Ketika itu terjadi, *blower* motor beroperasi di posisi kecepatan tinggi.



Gambar 58. Lokasi *High-Speed Blower Relay*

C. *Actuators*

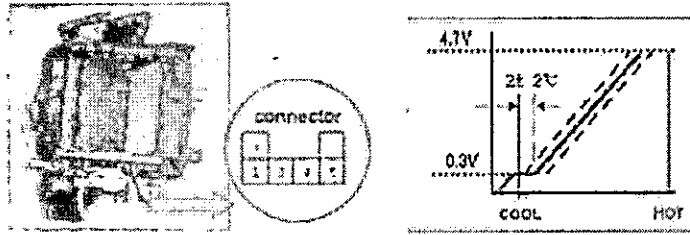
1. *Intake Door Actuator*

Intake door actuator (fresh/recirculation actuator) merupakan 12V electric motor, yang ditempatkan disisi *blower motor assembly*, dan dioperasikan oleh *intake control switch*.

Ia dapat membuat penumpang memilih antara udara segar/*fresh* (udara luar) atau udara sirkulasi/*recirculated* didalam dengan merubah katup masuk (*fresh/recirculation*) ke posisi yang diinginkan. Ketika katup itu telah mencapai posisi yang diinginkan, maka *actuator* akan berhenti.

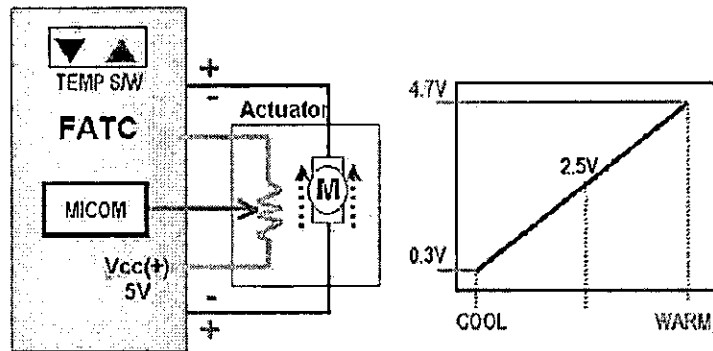
2. *Temperature Door Actuator*

Temperature Door Actuator ditempatkan di bagian bawah heater unit. *Actuator* itu mengontrol posisi dari *temperature blend door* berdasarkan pada sinyal tegangan dari *FATC module*. Potentiometer di dalam *actuator* mengirimkan sinyal balik ke *controller* dan *controller* akan memutus sinyal voltase yang datang dari *controller* ketika posisi katup yang dikehendaki dicapai.



Gambar 59. Posisi Terminal dan Karakteristik Potensiometer

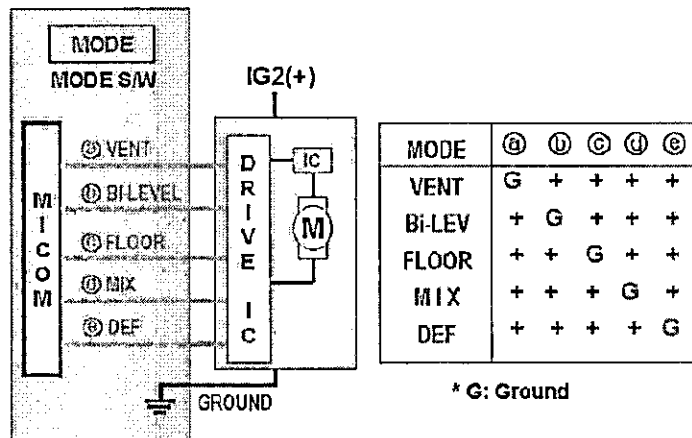
* Feedback line open or short: 17 ~ 24.5°C : MAX COOL
25 ~ 32°C : MAX HOT



Gambar 60. Kerja Dari Potensiometer

3. Mode Door Actuator

Mode door actuator ditempatkan disisi heater unit.



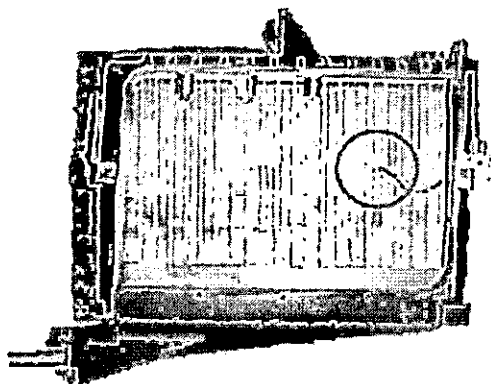
Gambar 61. Operasi Mode Door Actuator

Pemeriksaan

Berilah tegangan 12V ke terminal 7 *mode actuator* dan *ground* ke terminal 6. Pastikan bahwa *mode actuator* bekerja seperti di bawah ini ketika terminals 5, 4, 3, 2 dan 1 diberi *ground* secara berurutan.

VENT → BI/LEVEL → FLOOR → MIX → DEF

D. *FIN Thermo Sensors*



Gambar 62. Lokasi *Fin Sensor*

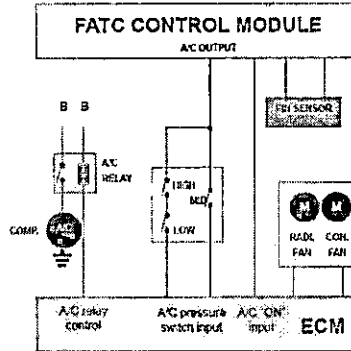
Fin thermo sensor terpasang dalam *evaporator* untuk mendeteksi temperatur dari *evaporator*. Ia menjaga *evaporator* dari pembekuan/*freezing*. Lokasi dimasukkan ke dalam pin *evaporator*

Karakteristik *FIN Thermo Sensor*

TEMP. (iC)	RESISTANCE (s Ω)	TEMP. (iC)	RESISTANCE (s Ω)	TEMP. (iC)	RESISTANCE (s Ω)
-10	18012.8	8	8015.1	26	3875.2
-8	16387.9	10	7365	28	3590.8
-6	14927.4	12	6774.5	30	3330.1
-4	13612.9	14	6237.4	32	3090.9
-2	12428.5	16	5748.4	34	2871.3
0	11360	18	5302.8	36	2669.3
2	10394.8	20	4896.3	38	2483.6
4	9521.9	22	4525	40	2312.5
6	8731.5	24	4185.7	42	2154.9

Gambar 63. Karakteristik *FIN Thermo Sensor*

E. FATC Control

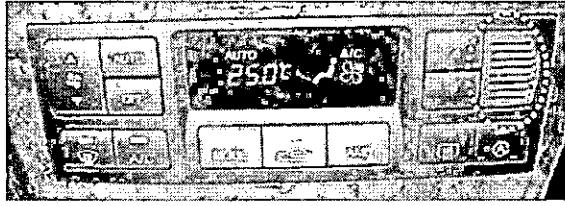


Gambar 64. Diagram Skema FATC

Ketika *ignition switch* ada di posisi ON, tegangan battery diberikan pada *coil* pada sisi pengontrol dari *A/C relay*. Dengan *A/C switch* ON, voltase dialirkan melalui *closed contact* secara normal dari *triple switch*, dan masuk ke ECM. Parameter operasi yang diijinkan, ketika ECM menerima sinyal *A/C ON*, ia akan memberikan *ground* pada sisi kontrol dari *A/C relay*, dan membiarkan kontak relay berhubungan. Lalu mengalirkan voltase battery, dimana selalu ada di sisi beban dari *A/C relay*, untuk melewati kontak ke coil dalam *A/C kompresor magnetic clutch*. Ketika ini terjadi, untuk melewati kontak *A/C kompresor* mulai beroperasi.

1. In-Car Sensor

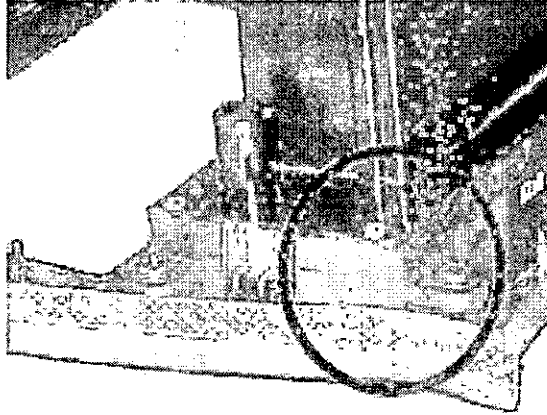
In-car sensor ditempatkan pada *lower crash pad* seperti ditunjukkan dalam gambar 3.13. Ia berisikan *thermister*, yang mengukur temperatur udara di dalam ruang dalam kendaraan. Ia akan mendeteksi temperatur ruang dalam kendaraan, merubah nilai resistansi, dan memasukkan voltase yang berhubungan ke dalam modul *automatic temperature control* (FATC).



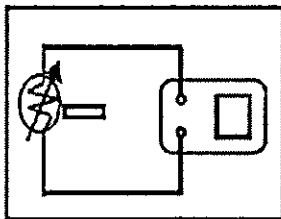
Gambar 65. Lokasi *In-Car* Sensor

Pemeriksaan

Periksalah resistansi dari sensor antara terminal 1 dan 2. *Thermistor* negatif *type*, dimana resistansi akan meningkat saat *temperature* turun, dan menurun saat temperatur meningkat.



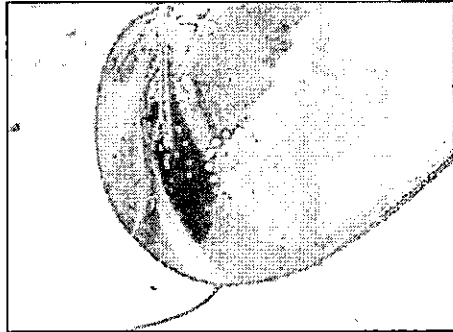
Gambar 66. *In-Car* Sensor Dengan Aspirator Hose



TEMP (°C)	RESISTANCE (Ω)
18	3403
21	2976
25	2500
28	2199
32	1862

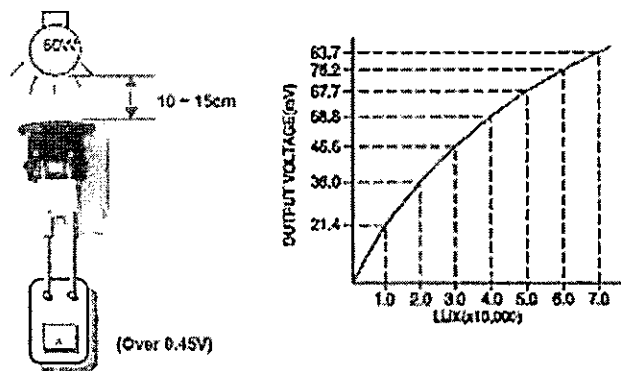
Gambar 67. Pemeriksaan *In-Car* Sensor

2. Photo Sensor



Gambar 68. Lokasi Photo Sensor

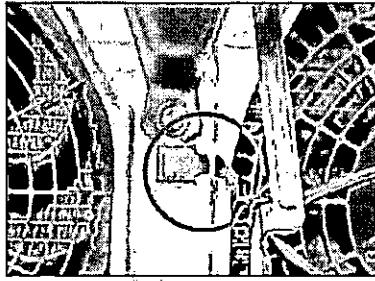
Photo sensor ditempatkan di sisi pengemudi dekat dengan *defrost nozzle*. Sensor ini responsif terhadap tingkat intensitas sinar dalam kendaraan, dan sensor ini akan mengirimkan sinyal ke *control module* lalu ke pengontrol tingkat kecepatan *blower* dan pengaturan *temperature* udara. Ia berisikan sebuah *diode photovoltaic* (sensitif terhadap sinar matahari). Pancarkan sinar secara langsung kearah sisi pengemudi dan sisi penumpang dengan menggunakan lampu, periksa perubahan voltase antara terminal 1 & 2.



Gambar 69. Pemeriksaan dan Karakteristik *Photo Sensor*

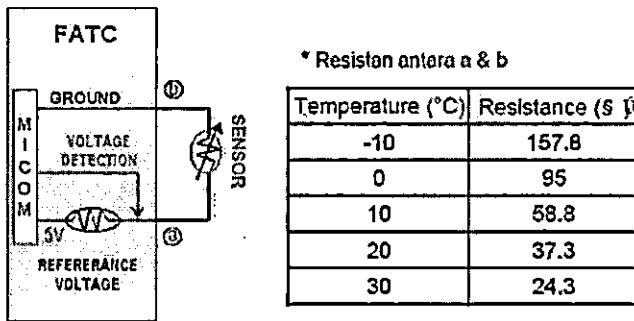
3. Ambient Sensor

Ambient temperature sensor ditempatkan di depan *condenser fan shroud*. Sensor ini mendeteksi temperatur udara luar dan mengirimkan sinyal voltase ke *controller*.



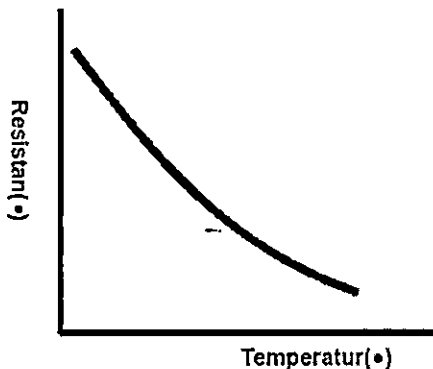
Gambar 70. Lokasi Ambient Sensor

Output sensor ini akan digunakan untuk mengatur *temperature* udara, sensor *fail-safe*, *temperature door control*, *blower motor level control*, *mix mode control* dan *in-car humidity control*.



Gambar 71. Karakteristik Ambient Sensor

Sensor ini merupakan *type thermistor*; resistansi akan meningkat ketika temperatur turun, dan akan menurun ketika temperatur meningkat.



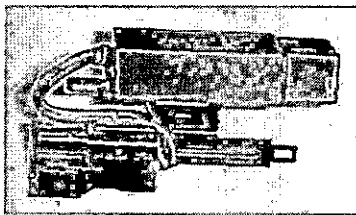
Gambar 72. Grafik Karakteristik Ambient Sensor

F. AQS (Air Quality System)

Umumnya kebanyakan pengemudi memilih mode udara recirculation atau *fresh* secara manual dan juga untuk menginterupsi aliran udara dari *exhaust* gas yang berbahaya, dalam menghindari ketidak-nyamanan dan bahaya ketika berkendara. Gas berbahaya itu dapat menyebabkan kelelahan, mengantuk atau batuk ketika berkendara.

Mereka akan mencium *exhaust* gas dan secara manual menutup inlet udara kendaraan sementara gas itu sudah terperangkap didalam, dan akan terlambat bagi kesehatan mereka jika sudah menghirup *exhaust* gas. Kebalikannya, jika berkendara dengan inlet udara tertutup semua, cadangan udara kurang dan penumpukan *carbon dioxide* (CO₂) akan terjadi. Hal ini akan menyebabkan kelelahan, sakit kepala, lemas, dan mengantuk.

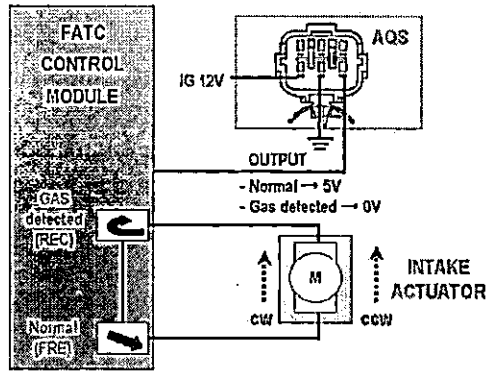
Sistem AQS memberikan solusi sempurna terhadap masalah ini. *Air Quality* Sistem ini Mendeteksi *exhaust* gas dari kendaraan terdekat dan menginterupsinya secara otomatis. AQS mengontrol inlet kendaraan secara otomatis dan dapat dengan mudah dipasangkan pada kendaraan yang ada. Panduan operasinya juga tersedia.



SPESIFIKASI		
Voltase operasi	9 ~ 16V DC	
Voltase rata-rata	12V DC	
Temperatur operasi	-30 ~ 105 ^o	
Gas yang dapat dideteksi	Gas gaso-line engine	CXHY, CO
	Gas diesel engine	NOX, SO ₂
Waktu reaksi	kurang dari 1 detik	

Gambar 73. *Air Quality System* (AQS) dan Spesifikasi AQS

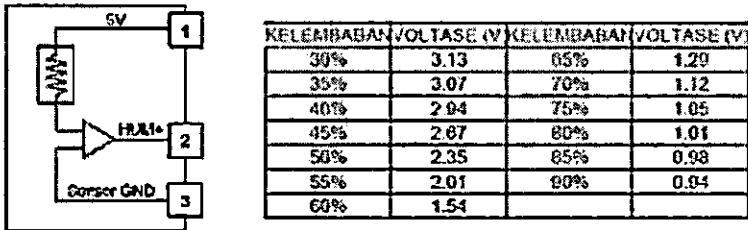
AQS ini ditempatkan di depan *radiator engine*. Ketika *Air Quality* Sistem mendeteksi gas berbahaya dalam atmosfir kurang dari nilai pengesetan, sinyal High, i.e., 5V akan dihasilkan. *FATC Module* mengontrol *Intake Actuator* ke posisi *Fresh Mode* berdasarkan pada sinyal itu. Jika *Air Quality System* mendeteksi gas berbahaya dalam atmosfir lebih dari nilai pengesetan, lesinyal Low, i.e., 0V akan dihasilkan. *FATC Module* mengontrol *Intake Actuator* ke posisi *Recirculation Mode* berdasarkan pada sinyal itu.



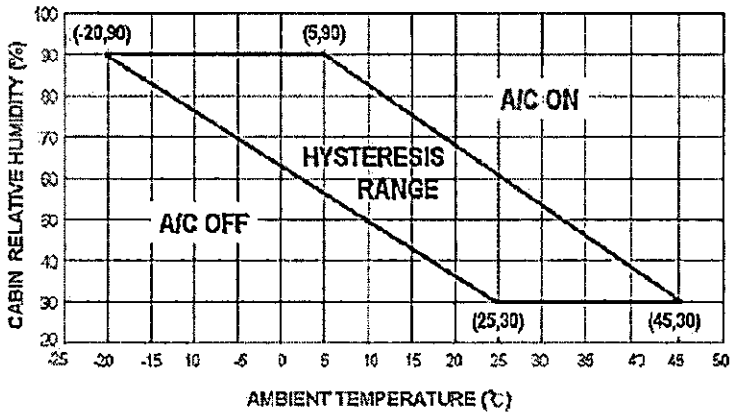
Gambar 74. Diagram Skema AQS

G. Humidity Sensor

Humidity sensor mendeteksi hubungan antara kelembaban dalam kabin dan luar kabin. Sensor dan kelembaban dari ruang kabin, benda ini akan menggantinya menjadi sinyal *voltase* mengirimkan sinyal ke *FATC controller*.



Gambar 75. Rangkaian Humidity Sensor dan Hubungan Kelembaban dan Tegangan

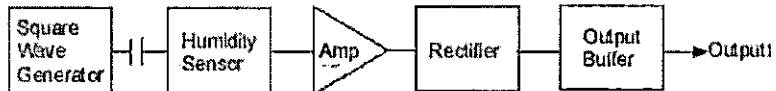


Gambar 76. Karakteristik Humidity Sensor

Jika *temperature* udara lingkungan atau kelembaban dalam kendaraan tingkatannya sama dengan udara luar kendaraan, *controller* akan menghidupkan A/C untuk mengontrol kelembaban udara itu untuk mencegah pengabutan dalam kendaraan. Kerja air conditioner tergantung pada *temperature* udara lingkungan dan kelembaban udaranya.

Spesifikasi :

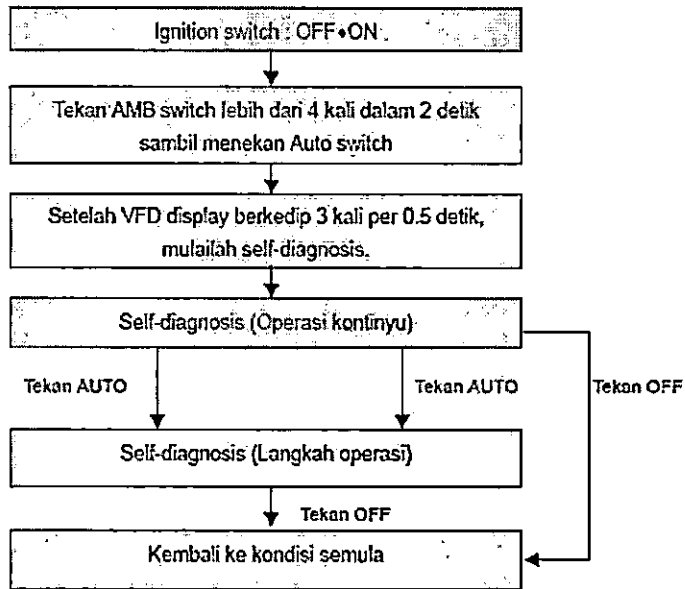
1. Sensor type: *High polymer impedance variation sensor*
2. Voltase rata-rata: DC 5V.
3. Arus konsumsi: dibawah 10mA
4. Tingkat temperatur: 0 - 60°C
5. Tingkat kelembaban: dibawah 99% Kelembaban relatif
6. Terminals: 3 terminals (DC 5V, *Ground*, *Sensor output*)



Gambar 77. *Block Diagram Humidity Sensor*

H. *FATC Self Diagnosis*

Sifat *FATC module self diagnosis* test akan mendeteksi kesalahan elektrik dan memberikan kode kesalahan untuk *system components* dengan kesalahan yang dicurigai.



Gambar 78. Diagram *FACT Self Diagnosis*

Daftar DTC dan *failfase*

KODE DTC	PENJELASAN	FAILSAFE
00	Normal	-
11	Putus In-car sensor circuit	25 °C DISET
12	Short In-car sensor circuit	
13	Putus Ambient sensor circuit	20 °C DISET
14	Short Ambient sensor circuit	
17	Putus Fin sensor circuit	-2 °C DISET
18	Short Fin sensor circuit	
19	Putus atau short Temp. door potentiometer	-SETTING TEMP. 17~25 °C : MAX COOL SETTING TEMP. 25~32 °C : MAX HOT
20	Rusak Temp. door potentiometer	

Gambar 79. Data DTC dan Failsafe

BAB 4

KOMPONEN KONTROL AC MOBIL

Secara garis besarnya, sistem kontrol pada AC mobil dibagi atas dua bagian yaitu: sistem kontrol untuk pengaturan tekanan/volume *refrigerant* dalam sistem AC dan sistem kontrol yang mengatur kondisi udara pada ruangan yang dikondisikan,

Pada awalnya pengontrolan kondisi udara dalam ruangan atau kabin kendaraan dilakukan secara manual oleh pengemudi/penumpang dengan memutar atau menggeser knop/tombol pengaturan yang ada pada kabin kendaraan untuk menentukan temperatur, kelembaban, kecepatan *blower* dan sirkulasi udara yang diinginkan. Kemudian seiring dengan perkembangan teknologi AC mobil, pengontrolan kondisi ruangan sudah dapat dilakukan secara otomatis. Pengemudi atau penumpang cukup mengatur temperatur yang diinginkan saja, dan selanjutnya kelembaban, kecepatan aliran udara, dan juga sirkulasi udara dalam kabin kendaraan akan diatur oleh sistem secara otomatis sesuai dengan kondisi udara dalam ruangan dan kondisi lingkungan dimana kendaraan berada.

Berikut dijelaskan bagaimana komponen-komponen kontrol tersebut bekerja.

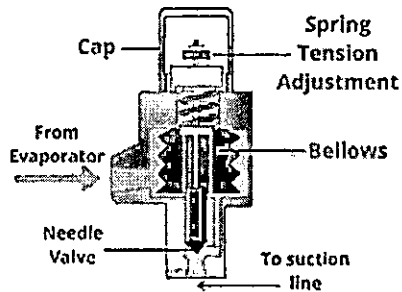
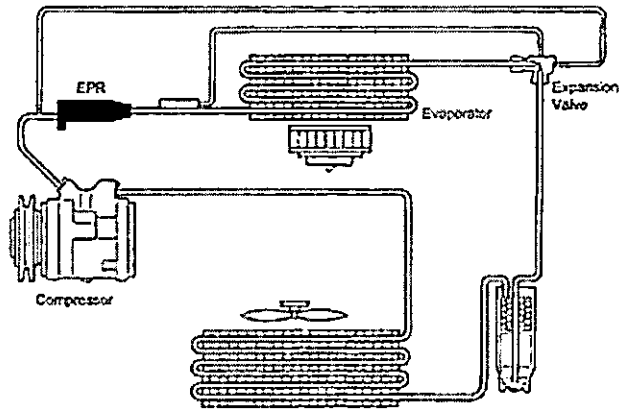
A. Pengaturan Tekanan / Volume *Refrigerant* Dalam Sistem Ac

Pengaturan tekanan / volume *refrigerant* perlu diatur agar proses pengkondisian udara dapat berjalan dengan baik dan juga agar sistem AC tidak rusak akibat kelebihan atau kekurangan tekanan *refrigerant*. Tekanan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen AC seperti : keausan pada kompresor, -akibat kelebihan panas, pecahnya kondensor, kebocoran pada pipa, seal kompresor. Sebaliknya tekanan yang terlalu rendah dapat pula menyebabkan gangguan pada sistem pelumasan kompresor. Berikut adalah komponen-komponen yang berperan dalam pengaturan tekanan *refrigerant* pada sistem AC.

1. *Evaporator Pressure Regulator (EPR)*

Jumlah *refrigerant* yang mengalir dari *evaporator* ke *compressor* diatur. Tekanan di *evaporator* dijaga tetap pada

1,9 Kg/Cm² (0,19 MPa) atau lebih sehingga suhu *fin-fin evaporator* tidak turun di bawah 0 °C (32 °F).



Gambar 80. Posisi Pemasangan dan Kontruksi EPR Konvensional

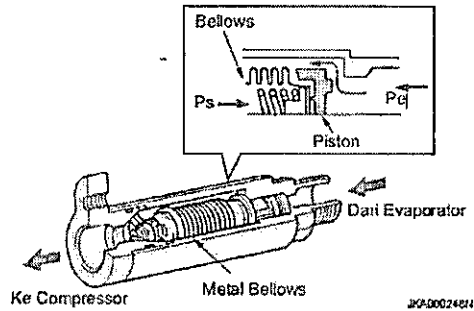
Cara kerja :

- Pada saat kecepatan compressor tinggi dan beban pendinginan kecil Valve pada EPR akan tertutup dan membatasi aliran refrigerant keluar dari evaporator sehingga tekanan di evaporator bertahan di atas 1,9 Kg/Cm² (0,19 MPa)
- Pada saat kecepatan compressor rendah dan beban pendinginan dingin tinggi.
- Tekanan di dalam evaporator di atas 1,9 Kg/Cm², sehingga valve terbuka

2. EPR Tipe Metal Bellow Diaphragma (Untuk R134)

Untuk sistem R134a digunakan EPR tipe metal *bellow* diapragma agar cocok dengan karakteristik *refrigerant* tersebut.

Tipe terbaru tersebut menggunakan diapragma metal *bellow* dan tidak memakai o-ring.



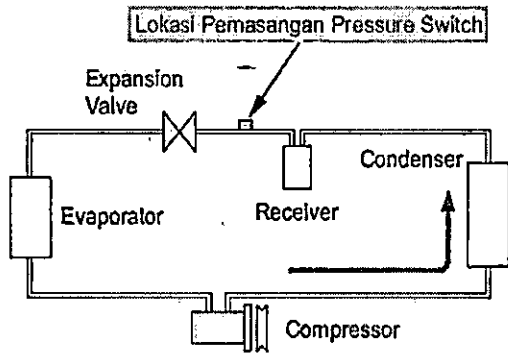
Gambar 81. EPR Tipe *Bellow* Diapragma

Cara Kerja:

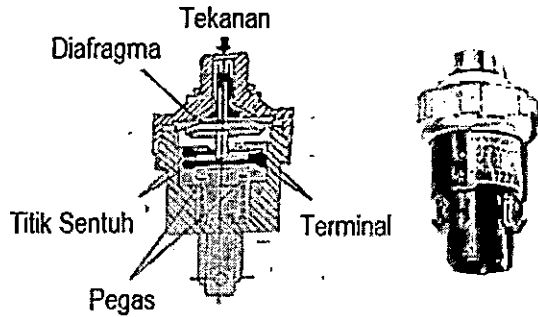
Cara kerjanya sama dengan tipe lama, *diapragma* metal *bellow* dipakai sebagai *spring* dan kerjanya berlawanan dengan gaya tekan dari *refrigerant*.

3. *Dual Pressure Switch (DPS)*

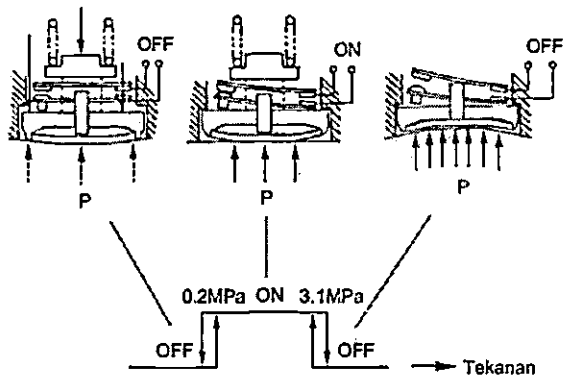
Pada tekanan *refrigerant* yang tidak normal, misalnya akibat pemampatan pada *system AC*, maka *pressure switch* akan bekerja dengan cara memutuskan atau menghubungkan aliran listrik yang menuju ke kompresor. *Pressure switch* terpasang pada pipa diantara *receiver* dan katup ekspansi. Alat ini mampu mendeteksi ketidaknormalan tekanan di dalam sistem dan akan memutuskan kopleng magnet jika terjadi tekanan yang terlalu tinggi atau terlalu rendah sehingga kompresor pun berhenti bekerja.



Gambar 82. Lokasi Pemasangan *Dual Pressure Switch*



Gambar 83. Kontruksi *Pressure Switch*



Gambar 84. Cara Kerja *Dual Pressure Switch*

Pada saat tekanan di dalam sirkulasi terlalu tinggi, hal ini akan merusakkan beberapa komponen, oleh sebab itu pada

tekanan \square 32 Kg/Cm² (3,14 MPa) *pressure switch* akan bekerja dan mematikan *magnetic clutch* (Untuk sistim R12 pada tekanan 27 Kg/Cm²).

Pada saat tekanan di dalam sirkulasi terlalu rendah. Pada saat sirkulasi A/C. Kekurangan *refrigerant* akibat adanya kebocoran. Maka jika tekanan turun di bawah 2,0 Kg/Cm² (0,20 MPa), maka *pressure switch* akan bekerja mematikan *magnetic clutch* (untuk sistim R12, di bawah tekanan 2,1 Kg/Cm²).

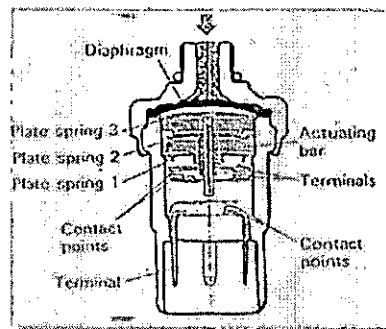
4. *Medium Pressure Switch*

Medium Pressure Switch Dipasangkan Pada Pipa Liquid diantara *receiver* dan *expansion valve*. *Pressure switch* ini mendeteksi tekanan sirkulasi untuk mengetahui kondisi pendinginan dari *condensor*.

Kalau tekanan sirkulasi naik di atas 15,5 Kg/Cm²G (1,52 MPa), maka *pressure switch* akan bekerja dan berhenti bekerja jika tekanan telah turun di bawah 12,5 Kg/Cm². *pressure switch* ini digunakan untuk mengatur kecepatan *fan* tiga tingkat.

5. *Triple Pressure Switch*

Triple pressure switch adalah gabungan *dual pressure switch* dan *medium pressure switch*.

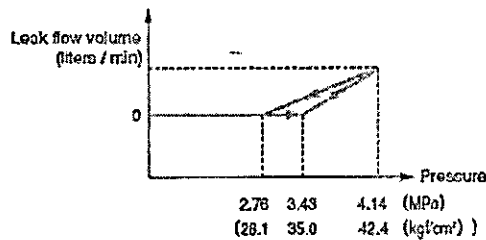
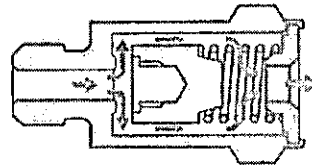


Gambar 85. *Triple Pressure Switch*

Switch pada bagian bawah pada *triple pressure switch* adalah *medium pressure switch* dan di bagian atas adalah *dual Pressure switch*. Cara kerjanya sama dengan *pressure switch* yang tidak digabung.

6. *Pressure Relief Valve (PRV)* atau *Safety Valve*

Kompresor dilengkapi dengan katup tekanan lebih (*pressure relief valve*) yang biasa juga disebut *Safety Valve* untuk membebaskan tekanan pada saluran keluar kompresor jika beban pendinginan terlalu besar atau tekanan dalam sisi tekanan tinggi di dalam kondensator dan *receiver/dryer* menjadi tidak normal yang dapat menyebabkan bahaya meledaknya pipa. Bila tekanan pada sisi tekanan tinggi meningkat antara 3,43–4,14 Mpa (35–42,4 kgf/cm²), katup tekanan lebih membuka dan mengurangi tekanan.

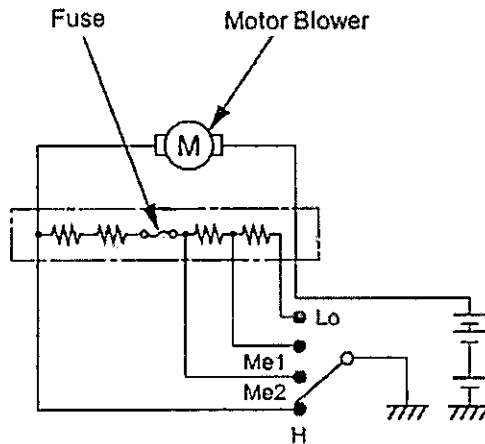


Gambar 86. Kontruksi dan Karakteristik Kerja *PRV*

B. Pengatur Kondisi Udara Dalam Kabin Kendaraan

1. Pengatur Kecepatan *Blower*

Pengatur kecepatan *blower* berfungsi untuk mengontrol kecepatan *blower*. Biasanya ada tiga tingkat kecepatan *blower*, *low – medium – hight*.



Gambar 87. Sirkuit Pengatur Kecepatan Blower

Cara kerja :

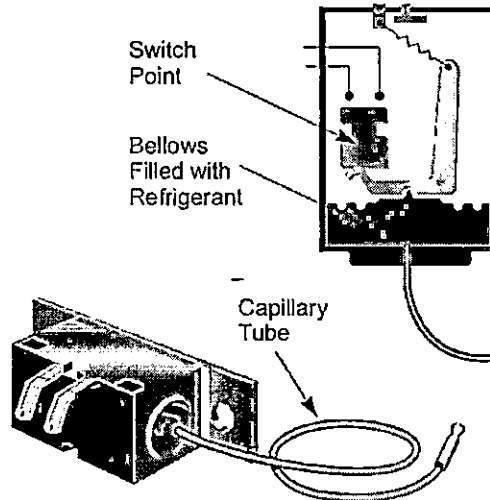
Pada saat A/C di “on” kan, pada saat itu kecepatan blower ada pada *low-medium1-medium 2-high*. Saat control lever berada pada posisi low maka pemasaan akan dihambat oleh R1-R2-R3, sehingga pemasaan akan kecil dan blower akan berputar lambat. Saat control lever pada posisi M1, maka arus yang mengalir akan dimasakan R1-R2 dan dimasakan melalui terminal M1, karena R yang dilewati semakin kecil dari sebelumnya, maka putaran blower akan lebih kencang. Saat control lever pada posisi M2 maka arus akan melewati R3 dan langsung dimasakan melalui terminal M2 sehingga kecepatan blower lebih dari M2. Ketika control lever pada posisi H, maka arus besar dari baterai akan langsung dimasakan sehingga blower akan berputar maksimal.

2. Thermostat

Alat ini bekerja memberikan sinyal kondisi temperatur kabin ke kompresor secara otomatis. Di dalam thermostat terdapat sensor yang akan mendeteksi suhu pada *evaporator*. Selain mengatur *temperature*, fungsi thermostat pada AC mobil adalah sebagai pengatur proses kerja kompresor AC.

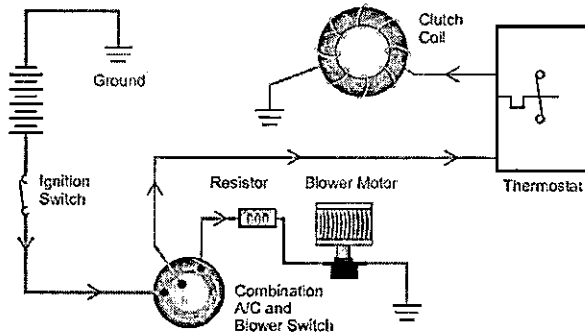
Thermostat terdiri dari Selektor *Temperatur* (pengatur temperatur) (A), terminal (B) dan pipa kapiler (C). *Capillary tube* berisi spesial gas. *Capillary tube* disisipkan pada keluaran *evaporator*. Tekanan didalam *capillary tube* berubah sesuai dengan suhu sekelilingnya.

Pipa kontrol *temperatur* diisi dengan cairan yang sensitif terhadap perubahan suhu *evaporator* dan pipa itu dihimpitkan dengan pipa *evaporator*. Bila *temperatur evaporator* naik, maka tekanan cairan dalam pipa kontrol juga akan naik sampai kontak pemutus hubungan sehingga kompresor dapat bekerja sampai suhu *evaporator* turun lagi. Tekanan cairan pipa kontrol juga kan turun demikian seterusnya.



Gambar 88. Thermostat

Lama kompresor bekerja dapat diatur dengan memutar selektor temperatur. Hal ini berarti tekanan cairan dalam pipa kontrol diimbangi dengan tekanan pegas. Jenis lain dari thermostat ini adalah model *thermistor* yang biasa berfungsi bersama unit control sistem AC.



Gambar 89. Sirkuit Thermostat

Ketika suhu *evaporator* bertambah, tekanan didalam *capillary tube* akan bertambah sehingga akan menutup kontak *point* pada *micro switch* (On). Sebaliknya, ketika suhu *evaporator* berkurang, maka tekanan didalam *capillary tube* akan berkurang sehingga akan membuka kontak *point* pada *mikro switch* (Off).

Hasilnya adalah On dan Off nya *magnetic clutch* tergantung dari suhu keluaran dari *evapoarator*., dalam hal ini akan mengatur suhu didalam ruang penumpang.

3. Thermistor

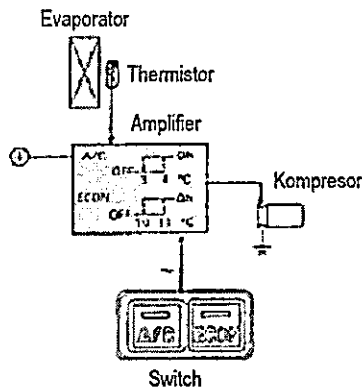
Thermistor adalah sebuah resistor yang mempunyai koefisien termal negative. Artinya, semakin rendah suhunya, semakin tinggi tahanannya, dan sebaliknya. Sifat ini dimanfaatkan oleh amplifier untuk menghidupkan dan mematikan kompresor. Pada suhu tinggi, tahanan thermistor rendah, amplifier akan mengalirkan arus listrik dari baterai ke kopling magnet, sehingga kompresor bekerja. Pada saat suhu rendah, tahanan thermistor tinggi, amplifier akan memutus arus listrik dari baterai ke kopling magnet, sehingga kompresor tidak bekerja.

Thermistor adalah komponen yang terbuat dari semi konduktor yang berubah resistensinya mengikuti suhu. Pada suhu rendah harga resistensinya tinggi dan begitu sebaliknya, pada suhu tinggi maka resistensinya akan rendah.

Thermistor diletakkan dibelakang *fin-fin evaporator* dan pengindra suhu yang keluar dari *evaporator*. Suhu yang

dikontrol dengan membandingkan sinyal dari thermistor dan sinyal dari temperature *control* resistor yang hasilnya dikuatkan oleh amplifier untuk mengontrol kerja dari *magnetic clutch* compressor (*on / off*). Dengan *on / off* nya *magnetic clutch*, menyebabkan *refrigerant* mengalir atau tidak dalam sistem sirkulasi A/C.

Berubahnya suhu *evaporator* ini, akhirnya juga mengatur suhu keluaran udara yang mengalir keluar dari *evaporator*.



Gambar 90. Sirkuit Thermistor

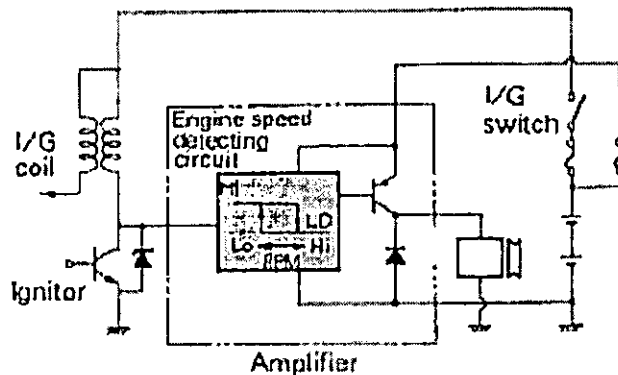
4. Amplifier

Amplifier merupakan rangkaian elektronik yang berfungsi mengatur kerja AC mobil agar selalu dalam kondisi aman dan sesuai dengan keinginan pemakai. Pada prinsipnya amplifier bekerja sebagai *relay* otomatis yang menghubungkan dan memutuskan aliran listrik dari baterai yang menuju ke kopling magnet. Terdapat dua jenis amplifier yang digunakan pada AC mobil, yaitu *temperature control* amplifier dan *temperature control idling stabilizer* amplifier.

a. Idling Stabilizer Amplifier

Idling stabilizer amplifier berfungsi sebagai pengatur AC mobil agar selalu bekerja pada batas minimal putaran mesin mobil. Ini dimaksudkan agar pada putaran rendah mesin tidak mengalami kelebihan beban (*overload*) ketika *system* AC bekerja. Sumber sensor putaran mesin diambil dari *system* pengapian,

yaitu minus (-) *ignition coil*. Sinyal listrik yang didapat kemudian diolah secara elektronik di dalam amplifier yang hasilnya dapat membuka dan menutup kontak *relay* amplifier. Selanjutnya sinyal listrik yang menghubungkan baterai dengan kopling magnet diatur agar hanya bekerja mengalirkan arus listrik dari baterai ke kopling magnet pada batas putaran minimal (umumnya 850 – 1050 rpm).



Gambar 91. Idling Stabilizer Amplifier

Pada saat putaran mesin idle, maka pada saat itu tenaga keluaran mesin rendah. Jika compressor bekerja akibatnya mesin dapat mati. Peralatan ini mematikan *magnetic clutch* saat putaran mesin rendah di bawah putaran yang ditentukan.

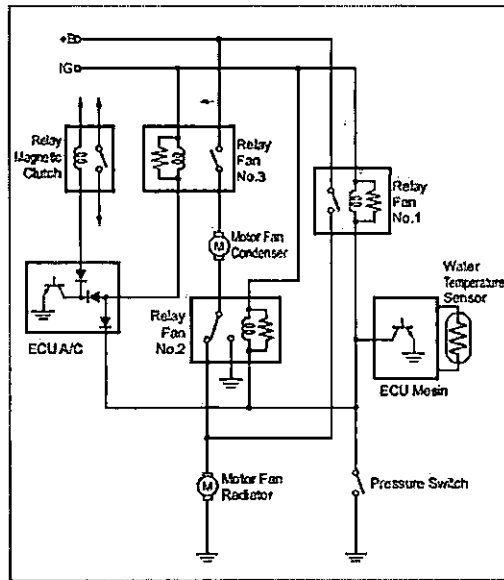
Putaran mesin yang ditentukan tiap model mobil berbeda, tetapi pada umumnya A/C. Akan dimatikan pada putaran mesin di bawah 600 Rpm.

b. Pengaturan Kecepatan *Fan* Tiga Tingkat (*Stop – Low - High*)

Putaran dari condenser *fan* di atur tiga tingkat, tergantung dari tekanan *refrigerant* di dalam sirkulasi dan suhu pendingin mesin, kerja condenser *fan* tersebut dikombinasikan dengan kerja dari radiator fan.

Ada dua macam tata letak *fan*. Sebagai *fan* penghembus yang diletakkan di depan radiator dan

sebagai *fan* penghisap yang diletakkan di belakang radiator.



Gambar 92. Rangkaian *Fan* Kondensor

Cara Kerja :

Cara kerja sistem tersebut seperti tabel di bawah, menurut perubahan tekanan *refrigerant*, suhu air pendingin dan kerja *magnetic clutch*.

Kondisi				Putaran Fan
A/C Switch	Mag. Clutch	Suhu Air Pendingin (°C)	Tekanan Refrigerant (Kg/Cm ²)	
On/Off	Off	Di bawah 83	Di bawah 12,5	Stop
		Di atas 90		Hi
On	On	Di bawah 83	Di atas 15,5	Lo
		Di bawah 83		Lo
On	On	Di atas 90	Di bawah 12,5	Hi
		Di atas 90	Di atas 15,5	

Gambar 93. Kerja Sistem

Catatan :

1. *Pressure switch* bekerja saat tekanan *refrigerant* di atas 15,5 Kg/Cm², dan tertutup pada tekanan di bawah 12,5 Kg/Cm².

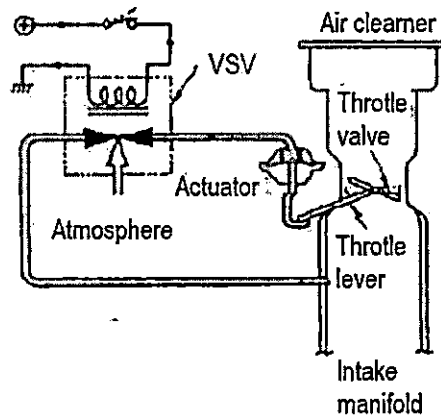
2. *Water temperature switch* terbuka pada suhu di atas 90 °C dan tertutup pada suhu di bawah 83 °C
3. *Relay fan radiator* adalah jenis *normally closed* (NC).

5. Idle Up

Saat mengendarai mobil dimana pada kondisi jalan macet, maka putaran mesin pada kondisi idle. Pada kondisi ini jika *compressor* bekerja, maka akan mengambil tenaga dari mesin, akibatnya mesin dapat mati. Untuk itu agar putaran mesin tidak turun maka dipergunakan peralatan idle up.

Idle up akan bekerja pada saat *compressor* bekerja. Peralatan idle up berbeda tergantung dari jenis mesin dan sistem *supply* bahan bakar.

a. Idle Up Untuk Mesin Yang Memakai Karburator



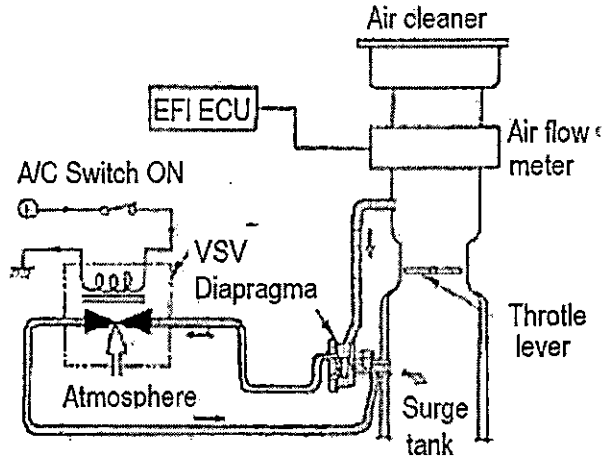
Gambar 94. Peralatan Idle Up Untuk Carburator

Pada tipe ini digunakan sebuah VSV (*Vacuum Switch Valve*) dan *actuator* agar *throttle valve* lebih terbuka lebih besar dan menaikkan putaran mesin saat A/C bekerja.

b. Idle Up Untuk Mesin Dengan Pemasukan Bahan Bakar Secara Injeksi

Sebuah VSV dan Diaphragma digunakan untuk menambah udara ke *Surge Tank* (*Intake Manifold*).

Selanjutnya akibat penambahan udara, maka EFI akan menginformasikan pada injektor untuk menambah bahan bakar, sehingga pada saat itu putaran akan naik.

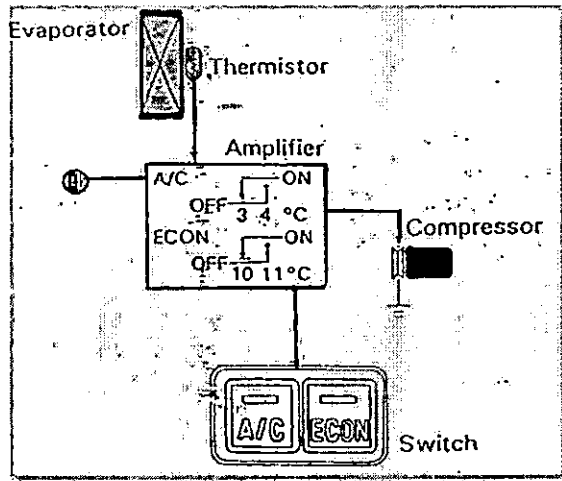


Gambar 95. Peralatan Idle Up Untuk EFI

6. *Economy Switch*

Pada A/C tipe air mix, compressor akan bekerja terus sehingga *evaporator* akan bekerja terus menerus sehingga suhu beku

(*frost*) kira-kira (3°C , 37°F), hal ini mengakibatkan kompressor bekerja terlalu lama menyebabkan bahan bakar boros. Untuk menghemat tenaga saat temperatur luar rendah dipakailah *switch "econ"* sehingga waktu kerja *compressor* lebih pendek.



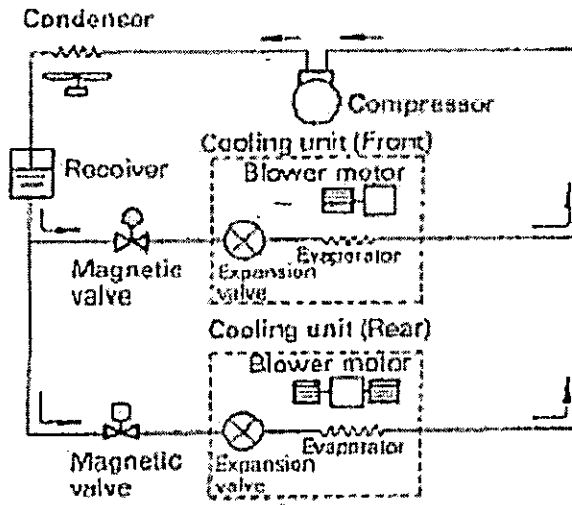
Gambar 96. Economy Switch

Cara Kerja:

Pada saat switch "econ" ditekan *compressor* akan dimatikan pada saat suhu *evaporator* mencapai 10 °C (50 °F), sedangkan pada kondisi pemakaian biasa (switch A/C ditekan) *compressor* dimatikan jika suhu *evaporator* mencapai 3 °C (37 °F).

7. Magnetic Valve

Magnetic valve digunakan pada sistem A/C yang menggunakan dua buah *evaporator*. *Magnetic valve* ditempatkan diantara *receiver* dan *expansion valve*. Suhu *cooling* unit diatur dengan cara menghubungkan dan memutuskan aliran *refrigerant* menggunakan *magnetic valve* tersebut.

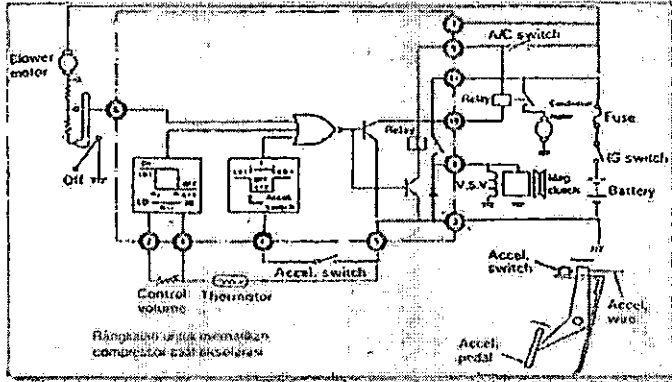


Gambar 97. A/C Dengan Blower Ganda

8. *Micro Switch (Accel Switch)*

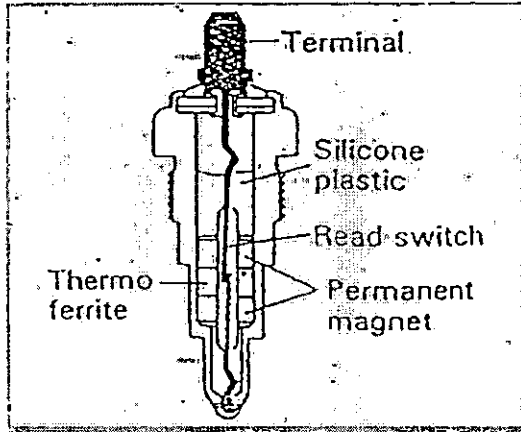
Pada beberapa sistem A/C ada beberapa fungsi kontrol yang lain diantaranya untuk menambah kecepatan akselerasi. Pada saat A/C ON maka compressor mengambil tenaga dari mesin. Hal ini akan mengurangi tenaga mobil saat akselerasi.

Untuk menghindari hal ini, maka dipasanglah *micro switch (accel switch)* pada pedal gas. Ketika pedal gas ditekan penuh maka *accel switch* akan tertutup sehingga amplifier akan mematikan *magnetic clutch*. Pada beberapa model mobil *accel switch* ditempatkan pada *intake manifold* untuk mendeteksi kevacuuman pada saat menginjak pedal gas, pada saat itu arus ke *magnetic clutch* akan diputus sehingga *compressor* tidak bekerja. Amplifier di atas mempunyai waktu tunda, dimana saat pedal gas ditekan, maka amplifier akan mematikan *compressor* selama sepuluh detik.



Gambar 98. Diagram Sirkuit Untuk Mematikan A/C

9. Water Temperature Switch



Gambar 99. Water Temperature Switch

Untuk menghindari panas mesin yang berlebihan digunakanlah *water temperature switch* ini. Pada saat panas mesin melebihi yang ditentukan, maka *water temperature switch* akan memutuskan arus, sehingga *compressor* berhenti bekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariazone. (tth). Automotive Air Conditioning Training Manual.
Diagnosis. Mazda Motor Corporation Technical Service Training.
Hyundai Motor Company. (2003). Training Support & Development;
Air Conditioning System
Mazda Motor Corporation Technical Service Training. (tth). Air
Conditioning Operation &
Mike Stubblefield & John H Haynes. (2000). The Haynes Automotive
Heating & Air Conditioning
PT Astra Daihatsu Motor. (2001). Training Manual Intermediate 2.
Jakarta: PT Astra Daihatsu Motor.
PT. Toyota Astra Motor. (1993). Automatic Air Conditioning Systems.
Jakarta: PT. Toyota Astra Motor.
Steven Daly. (2006). Automotive Air Conditioning and Climate
Control Systems. Butterworth:
Suzuki. (1997). Dasar Air Conditioner. Jakarta: Suzuki. Ketik Daftar
Pustaka disini

GLOSARIUM

Ambient temperature sensor	-	; mendeteksi temperatur udara luar dan mengirimkan sinyal tegangan ke controller.
AQS (Air Quality System)		; mendeteksi exhaust gas dari kendaraan terdekat dan menginterupsinya secara otomatis.
Diagram psikrometrik		; diagram yang didalamnya terdapat sifat-sifat dari udara.
Enthalpy		; banyaknya kalor (energy) yang ada dalam udara setiap satu satuan massa.
Humidity sensor		; mendeteksi hubungan antara kelembaban dalam kabin dan luar kabin.
Kenyamanan termal		; hubungan yang kompleks antara temperatur udara, kelembaban udara, dan kecepatan aliran udara, ditambah lagi dengan jenis pakaian dan aktivitas serta tingkat metabolisme penghuni yang menghadirkan ungkapan perasaan kepuasan terhadap kondisi udara di dalam suatu lingkungan .
Kompresor jenis Reciprocal		; kompresor yang menggunakan mekanisme internal untuk mengkompresikan gas melalui perpindahan positif.
Pengaturan Temperatur Otomatis	-	; sistem AC yang menonjolkan seluruh kendali otomatis terhadap kondisi udara yang dikeluarkan AC.

Pengkondisian udara

; proses perlakuan terhadap udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang berada didalamnya.

Psikrometrik

; bidang yang mempelajari tentang bagaimana menentukan sifat-sifat fisis dan termodinamika suatu gas yang di dalamnya terdapat campuran antara gas-uap

Suhu Bola Basah

; kondisi suhu saat terjadi kesetimbangan antara campuran udara dan uap air Entalpi (Enthalpy, h).

Suhu Bola Kering

; kondisi suhu campuran antara udara dan uap air yang diukur dan dibaca melalui skala termometer biasa.

INDEKS

Air Filter	48
Air Quality	60, 61
Blower	64, 69, 78
Crank Type	22
Dew Point	6, 8
Dry Bulb	6, 8
Economy	77
Enthalpy	9
EPR	64, 65
Evaporasi	20
Evaporator	18, 19, 20, 21, 35, 43, 46
FATC	50, 51, 52, 53, 56
FIN Thermo	55
General Motors	1
Heater unit	47, 53, 54
Humidity Ratio	6, 10, 11
Idle Up	78, 79
Katup Ekspansi	6,19,20,21,22,37,42,44,47,68
Kenyamanan	3,16,17,18
Kompresor	1,5,19,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33, 34,35,36,37,49,52,58,66,68,71,72,73,74
Kondensasi	8,19,37,38,39
Kondensor	1,5,19,20,23,32,37,38,39,40,43,66,71
Magnetic Clutch	1,25,27,31,32,34,49,58,70,74,75,76,77,81
Modulator	40
Orifice	43,44,45,47
Pengeringan	16
Pengkondisian Udara	1,2,3,5,19,21,40,43,52,66
Pressure Relief Valve	30,32,33,71
Pressure Switch	68,70,71,
Psikrometrik	6,11
Receiver/Drier	32,37,41,42,43,48,71
Reciprocal	22,26
Relative Humidity	6,10,17

Rotary	26
Refrigerant	1,19,20,21,22,23,30,35,36,37,38,41,42,44,45,46, 47,48,66,67,68,70,75,76,77,80
Safety Valve	32,71
Subcool	40
Swash Plate	22,24,25
Humidity Sensor	63
Thermistor	59,61,73,74,75
Thermostat	48,49,72,73
Volume Spesifik	9,10,11,12,13,14
Wet Bulb Temperatur	6,7,8,
Wobble Plate	22,25