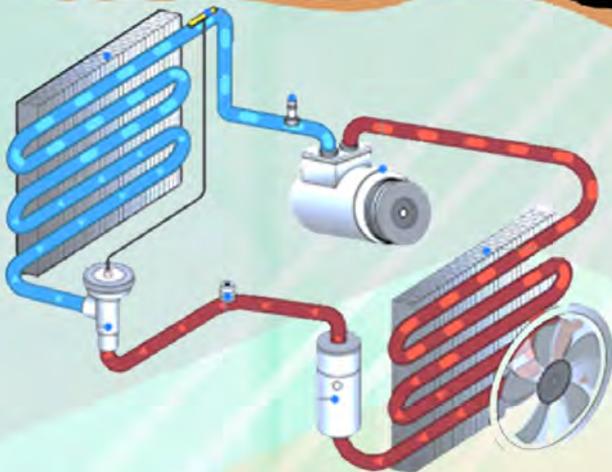




SISTEM PENGKONDISIAN **UDARA**



TEGUH SUPRIANTO

SISTEM PENGKONDISIAN UDARA

Undang-Undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Perlindungan Pasal 26

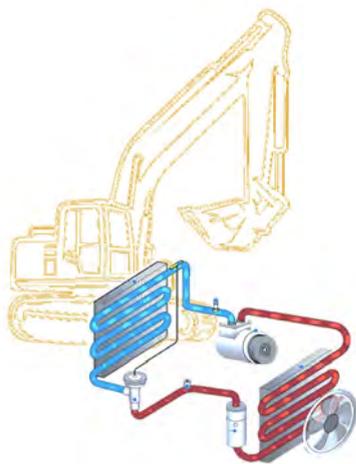
Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap :

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

SISTEM PENGKONDISIAN UDARA



Teguh Suprianto



POLIBAN PRESS

SISTEM PENGKONDISIAN UDARA

Penulis :

Teguh Suprianto

ISBN :

978-623-5259-07-9 (PDF)

Editor dan Penyunting :

Nurmahaludin

Desain Sampul dan Tata letak :

Rahma Indera; Eko Sabar Prihatin

Penerbit :

POLIBAN PRESS

Anggota APPTI (Asosiasi Penerbit Perguruan Tinggi

Indonesia) no.004.098.1.06.2019

Cetakan Pertama, 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit

Redaksi :

Politeknik Negeri Banjarmasin, Jl. Brigjen H. Hasan Basry,

Pangeran, Komp. Kampus ULM, Banjarmasin Utara

Telp : (0511)3305052

Email : press@poliban.ac.id

Diterbitkan pertama kali oleh :

Poliban Press, Banjarmasin, Januari 2024

KATA PENGANTAR

Sistem Pengkondisian Udara (AC) bukan lagi sekadar teknologi, melainkan telah menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan sehari-hari kita. Mulai dari kendaraan pribadi, alat berat, hingga bangunan komersial, AC memberikan kenyamanan dan menjaga kualitas udara optimal bagi penggunanya. Dengan bangga, buku ini hadir sebagai suatu upaya untuk mempersembahkan pemahaman menyeluruh tentang Sistem Pengkondisian Udara.

Buku ini dirancang sebagai panduan komprehensif yang merinci konsep dasar, komponen utama, prinsip kerja, hingga aspek pemeliharaan dan pemecahan masalah dalam sistem AC. Di dalamnya, kami berupaya menyajikan materi secara sistematis dan mudah dipahami, menggabungkan penjelasan teoritis dengan ilustrasi jelas, diagram, dan contoh praktis. Dengan harapan, buku ini akan menjadi sumber pengetahuan yang berharga bagi siapa pun yang tertarik dalam dunia pengkondisian udara.

Tidak lupa, ucapan terima kasih kami tujukan kepada semua pihak yang telah turut serta membantu menyusun buku ini. Dengan harapan besar, buku ajar ini dihadirkan untuk memberikan pemahaman yang mendalam, mempersiapkan pembaca untuk menghadapi tantangan di bidang pengkondisian udara. Semoga buku ini bukan hanya menjadi sumber pengetahuan, tetapi juga menjadi inspirasi bagi pengembangan dan kemajuan di bidang yang semakin berkembang ini..

Banjarmasin, November 2023

Penerbit

PRAKATA

Sistem Pengkondisian Udara (AC) telah menjadi bagian integral dari kehidupan kita sehari-hari. Dari mobil, alat berat hingga bangunan komersial. AC memberikan kenyamanan dan kualitas udara yang optimal. Oleh karena itu, dengan senang hati saya mempersembahkan buku ajar ini tentang Sistem Pengkondisian Udara.

Buku ini dirancang sebagai panduan komprehensif yang membahas konsep dasar, komponen utama, prinsip kerja, pemeliharaan, dan pemecahan masalah dalam sistem AC. Saya berharap buku ini akan menjadi sumber pengetahuan yang berharga bagi siapapun yang memiliki minat dibidang pengkondisian udara.

Dalam buku ini, kami mencoba menyajikan materi secara sistematis dan mudah dipahami. Kami memadukan penjelasan teoritis dengan ilustrasi yang jelas, diagram, dan contoh praktis guna memperkaya pemahaman Anda tentang Sistem Pengkondisian Udara. Selain itu, kami juga menyoroti perkembangan terkini dalam industri ini, termasuk teknologi yang ramah lingkungan dan efisiensi energi.

Saya ingin mengucapkan terima kasih semua pihak yang membantu menyusun buku ini. Terakhir, saya berharap buku ajar ini dapat memberikan pemahaman yang mendalam tentang Sistem Pengkondisian Udara dan mempersiapkan untuk menghadapi tantangan di bidang ini. Semoga buku ini menjadi sumber inspirasi dan pengetahuan yang berharga.

Banjarmasin, September 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PRINSIP PERPINDAHAN PANAS	1
1.1 Panas dan Dingin.....	1
1.2 Konduksi.....	2
1.3 Konveksi.....	3
1.4 Radiasi	4
1.5 Pengukuran panas.....	5
1.6 Panas Sensibel dan Panas Laten.....	6
1.7 Tekanan dan Titik Didih.....	10
Soal Latihan	13
BAB II SISTEM OPERASI DAN KOMPONEN SISTEM PENGKONDISIAN UDARA	14
2.1 Refrigeran	14
2.2 Pinsip kerja sistem pengkondisian udara	18
2.3 Kompresor	23
2.4 Kondensor	26
2.5 Katub Ekspansi <i>Orifice</i> dan <i>In-Line Dryer</i>	28
2.6 Evaporator	32
2.7 Akumulator.....	33
2.8 Sistem Termostatik Ekspansi Valve	34
Soal Latihan	38

BAB III SISTEM KONTROL AC.....	39
3.1 Sistem Kelistrikan	39
3.2 Saklar (Switch)	40
3.3 Relief Valve	42
3.4 Magnetic Clutch.....	44
3.5 Fan Motor	45
3.6 Kapasitor	46
3.7 Thermostat	46
3.8 Relay	47
3.9 Sensor Suhu	47
3.10 Moisture Indicator.....	48
3.11 Peralatan Tambahan Pada Rangkaian Kelistrikan AC.....	49
3.12 AC Control Module	50
3.13 Pengaturan Sistem AC Secara Elektronik	52
3.14 Sistem AC dengan <i>Electronic Control Modul</i> (ECM)	55
Soal Latihan	56
BAB IV PERALATAN DAN PROSEDUR SERVICE SISTEM	
PENKONDISIAN UDARA	58
4.1 Safety pada Sistem AC.....	58
4.2 <i>Manifold Gauge Set</i>	60
4.3 <i>Electronic Leak Detector</i>	62
4.4 Tabung refrigeran.....	64
4.5 Unit recovery	65
4.6 Vacuum Pump	66
4.7 Timbangan Pengisian Refrigerant	67
Soal Latihan	68
BAB V UJI KINERJA SISTEM PENKONDISIAN UDARA.....	70
5.1. Inspeksi Visual Saat Mesin Mati	70

5.2 Pemeriksaan pada Saat Operasi	71
5.3 Pemeriksaan Menggunakan Manifold Gauge Set	73
5.4 Praktek Uji Kinerja AC.....	74
Soal Latihan	75
BAB VI TES KEBOCORAN DAN PENGISIAN REFRIGERAN	76
6.1 Test Kebocoran Pada Sistem AC Mobil	76
6.2 Pengisian Refrigeran Pada Sistem AC Mobil	78
6.3 Pengosongan sistem AC	79
6.4 Prosedur pengisian refrigerant	80
Soal Latihan	82
BAB VII TROUBLESHOOTING PADA SISTEM AC.....	83
7.1 Refrigerant Kurang	83
7.2 Pengisian Refrigerant Berlebihan	84
7.3 Terdapat Udara di Dalam Siklus	85
7.4 Terdapat Uap Air Dalam Siklus AC.....	87
7.5 Ekspansi Valve Tidak Bekerja Dengan Baik	87
7.6 Tidak Ada Kompresi Pada Kompresor	88
Soal Latihan	89
DAFTAR PUSTAKA	90
INDEX	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Air mendidih pada 100°C dan refrigerant pada -52OC	1
Gambar 2. Tipe perpindahan panas.	5
Gambar 3. Panas laten penguapan, air 100 C berubah menjadi uap pada temperatur yg sama.....	8
Gambar 4. Energi dan perubahan fase dari air	9
Gambar 5. Tekanan atmosfer	11
Gambar 6. Hubungan antara tekanan dan temperatur didih air.	12
Gambar 7. Jenis-jenis refrigerant.	14
Gambar 8. Timeline jenis dan penggunaan refrigerant.....	15
Gambar 9. Proses perubahan cair menjadi uap memerlukan panas dari luar	18
Gambar 10. Tekanan tinggi dan rendah disisi buang dan hisap kompresor	19
Gambar 11. Penambahan <i>orifice</i> diantara tekanan tinggi dan rendah ...	20
Gambar 12. Siklus kerja sistem AC dengan <i>orifice</i>	21
Gambar 13. Komponen utama AC mobil dengan katub ekspansi.....	22
Gambar 14. Kompresor AC.....	23
Gambar 15. Reed valve.....	25
Gambar 16. Kondensor.....	26
Gambar 17. <i>Orifice</i> dan <i>Inline dryer</i>	28
Gambar 18. <i>Inline Dyer</i>	30
Gambar 19. Evaporator	32
Gambar 20. Akumulator	33
Gambar 21. Cara kerja sistem AC dengan ekspansion <i>valve</i>	34
Gambar 22. Katup Ekspansi <i>Internal Equalizer</i>	36
Gambar 23. Katup Ekspansi <i>Eksternal Equalizer</i>	37
Gambar 24. Sistem kelistrikan AC	39
Gambar 25. <i>High pressure switch normally closed</i>	41
Gambar 26. <i>Relief valve AC</i>	43
Gambar 27. <i>Magnetic clutch</i>	44
Gambar 28. Fan (kipas) kondensor dan blower evaporator	45
Gambar 29. Kapasitor AC.....	46
Gambar 30. Thermostat AC.....	46
Gambar 31. Relay dan sistem kerja relay	47

Gambar 32. Sensor temperatur.....	47
Gambar 33. Moisture indikator	48
Gambar 34. Kontrol panel AC.....	50
Gambar 35. Elektronik Control Modul	55
Gambar 36. Manifold gauge set	60
Gambar 37. Bagian-bagian manifold gauge set	61
Gambar 38. <i>Electronic leak detector</i>	62
Gambar 39. Tabung refrigerant	64
Gambar 40. Pompa vakum	66
Gambar 41. Skala (timbangan) pengisian refrigerant	67
Gambar 42. Tes kebocoran dengan busa	78
Gambar 43. Pemasangan manifold gauge ke pompa vakum	79
Gambar 44. Skema pemasangan alat saat proses pengisian	80

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kalor jenis berbagai jenis zat	6
Tabel 2. Hubungan suhu lingkungan dengan perbedaan minimal.....	72
Tabel 3. Range tekanan tinggi dan rendah untuk R134a	73
Tabel 4. Range tekanan tinggi dan rendah untuk R134a	82
Tabel 5. Kebocoran tahunan sistem AC.....	84

BAB I

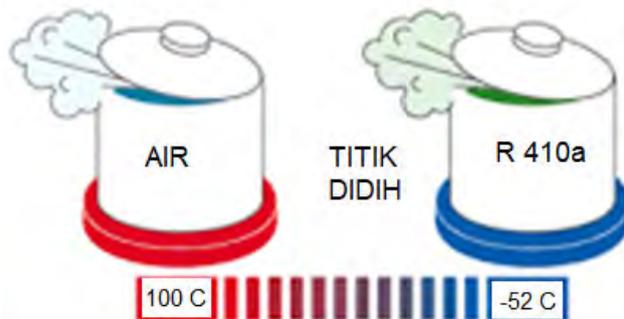
PRINSIP PERPINDAHAN PANAS

Capaian Pembelajaran:

1. Mampu memahami prinsip dasar perpindahan panas.
2. Mampu mendefinisikan konduksi, konveksi dan radiasi.
3. Mampu memahami pengaruh tekanan terhadap titik didih

1.1 Panas dan Dingin

Banyak orang mengetahui tentang mesin pengkondisian udara (AC - Air Conditioning), tetapi hanya sedikit yang benar-benar memahami cara kerjanya. Pendingin udara pada bagian evaporator bekerja mirip dengan panci yang mendidihkan air di atas kompor (Gambar 1).



Gambar 1. Air mendidih pada 100°C dan refrigerant pada -52°C

Sebenarnya, alasan mengapa AC dapat terus mendinginkan udara adalah karena adanya cairan refrigeran yang mendidih dalam koil evaporator. Meskipun panci yang mendidih dan pendingin udara dianggap "panas" dan "dingin" secara umum, zat dingin yang mendidih seringkali membingungkan. Sebenarnya, tidak ada kondisi yang secara khusus disebut sebagai "dingin". Dingin hanya dapat didefinisikan sebagai ketiadaan "panas". Ketika panas dihilangkan dari suatu zat, zat tersebut menjadi dingin.

Dasar dari semua sistem pendingin udara adalah perpindahan panas dari objek yang lebih hangat ke objek yang lebih dingin. Setiap zat mengandung panas dalam jumlah tertentu. Secara teoritis, temperatur terendah yang dapat dicapai adalah -459°F atau 0 derajat Kelvin atau -273°C (belum ada yang mencapai temperatur tersebut). Apapun zat yang memiliki suhu di atas 0 K mengandung panas. Ketika kita ingin mendinginkan suatu objek, panas dari objek tersebut harus ditransfer ke objek lain. Seperti aliran air yang selalu mengalir ke bawah, panas selalu mengalir dari objek yang lebih hangat ke objek yang lebih dingin. Ada tiga cara perpindahan panas yaitu konduksi, konveksi dan radiasi.

1.2 Konduksi.

Konduksi adalah salah satu prinsip perpindahan panas di mana energi panas (kalor) dapat berpindah antara benda-benda yang saling bersentuhan secara langsung tanpa ada zat perantara yang bergerak. Misalnya, jika Anda meletakkan batang besi yang panas ke batang besi yang dingin, Anda tidak akan melihat batang besi yang panas bergerak, tetapi seiring waktu, batang besi yang awalnya dingin akan menjadi panas. Contoh lainnya adalah jika Anda memanaskan satu ujung logam panjang, misalnya ujung A, maka setelah beberapa saat ujung lainnya, yaitu ujung B, juga akan ikut terpanaskan.

Dalam konduksi, panas berpindah melalui perpindahan energi dari partikel-partikel yang bergetar di dalam benda ke partikel-partikel tetangganya yang memiliki energi lebih rendah. Partikel-partikel tersebut berinteraksi secara langsung, sehingga energi panas dapat merambat dari tempat yang lebih panas ke tempat yang lebih dingin. Hal ini terjadi karena partikel yang bergetar memiliki energi kinetik yang tinggi dan akan mentransfer sebagian energi tersebut ke partikel tetangganya yang memiliki energi kinetik lebih rendah.

Prinsip konduksi ini penting dalam banyak aplikasi, termasuk dalam desain sistem pendingin udara. Misalnya, dalam evaporator AC, panas dari udara ruangan yang lebih hangat akan dikonduksikan ke pipa-pipa berisi refrigeran yang dingin. Ini akan menyebabkan refrigeran mendidih dan

mengambil panas dari udara, sehingga mendinginkan udara dalam ruangan. Dengan memahami konduksi, kita dapat merancang sistem pendingin udara yang efisien dan efektif dalam mengontrol suhu dan kenyamanan ruangan.

1.3 Konveksi

Konveksi adalah salah satu prinsip perpindahan panas di mana panas berpindah melalui pergerakan zat perantara seperti air, uap, atau udara. Perbedaan utama antara konveksi dan konduksi adalah adanya pergerakan zat perantara dalam konveksi. Dalam kehidupan sehari-hari, contoh yang dapat dilihat adalah saat memasak air. Ketika air dipanaskan, bagian bawah panci akan menjadi lebih panas terlebih dahulu. Hal ini menyebabkan air di bagian bawah menjadi lebih ringan (mengalami perubahan massa jenis) dan naik ke atas, sementara air di bagian atas yang lebih dingin akan turun ke bawah. Proses ini terus berlangsung, sehingga air dalam panci akan mengalami pergerakan dan pencampuran yang menghasilkan suhu yang merata di seluruh volume air.

Konveksi terjadi karena adanya perbedaan suhu yang menciptakan perbedaan kepadatan zat perantara. Zat yang lebih hangat cenderung lebih ringan dan naik ke atas, sedangkan zat yang lebih dingin cenderung lebih berat dan turun ke bawah. Pergerakan ini membawa panas dari bagian yang lebih panas ke bagian yang lebih dingin, sehingga terjadi perpindahan kalor.

Dalam sistem AC, terdapat contoh konveksi paksa yang terjadi untuk memindahkan panas dari ruangan ke luar atau sebaliknya. Berikut ini adalah contoh konveksi paksa dalam sistem AC:

Evaporator: Pada bagian evaporator, refrigeran yang berada dalam bentuk cair akan mengalami penguapan. Udara ruangan yang mengalir melewati evaporator akan memindahkan panasnya ke refrigeran yang menguap. Udara yang telah terpindahkan panasnya akan menjadi lebih dingin dan kemudian ditiupkan kembali ke ruangan. Proses ini mendorong konveksi paksa udara dingin yang dihasilkan untuk mengalir dan menyebar ke seluruh ruangan.

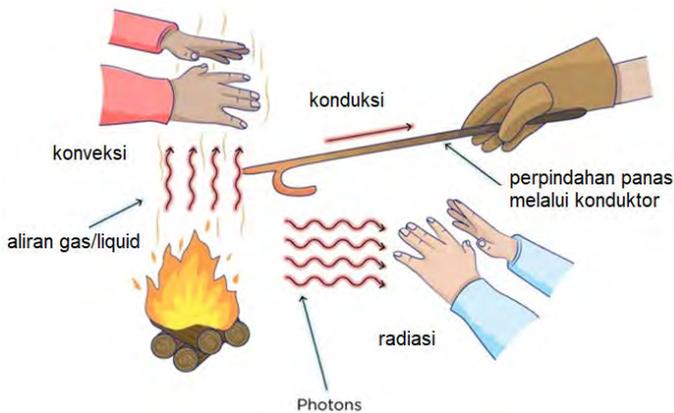
Kondensor: Setelah panas dipindahkan dari ruangan ke refrigeran di evaporator, refrigeran yang telah mengalami penguapan akan bergerak ke kondensor. Pada kondensor, refrigeran akan dipaksa melalui pipa-pipa yang dililit oleh kipas. Udara luar yang mengalir di sekitar kondensor akan membawa panas dari refrigeran dan membuangnya ke lingkungan luar. Proses ini mendorong konveksi paksa udara panas yang dihasilkan oleh kondensor agar mengalir ke luar ruangan.

Dalam kedua contoh di atas, konveksi paksa terjadi karena adanya penggunaan kipas untuk memaksimalkan perpindahan panas antara udara ruangan dengan refrigeran dalam sistem AC. Aliran udara yang dipaksa ini membantu mengoptimalkan perpindahan panas dan memastikan udara dingin disalurkan ke ruangan, sedangkan udara panas dibuang ke lingkungan luar.

Konveksi paksa dalam sistem AC sangat penting karena memastikan udara dingin dapat disebar dengan efisien ke seluruh ruangan, sehingga menciptakan kenyamanan bagi penghuni ruangan. Dengan memahami prinsip konveksi, kita dapat merancang sistem pemanasan dan pendinginan yang efisien dan efektif dalam mempertahankan suhu yang diinginkan di dalam ruangan.

1.4 Radiasi

Proses perpindahan panas (kalor) yang tidak membutuhkan zat perantara disebut radiasi (Gambar 2). Contohnya adalah panas yang dipancarkan oleh matahari ke bumi atau api yang memancarkan kehangatan ke tubuh. Radiasi kalor dapat terjadi melalui gelombang cahaya, gelombang radio, dan gelombang elektromagnetik. Radiasi juga dapat terjadi melalui media atau ruang dan kemudian diserap oleh benda lain. Contoh lain radiasi dalam kehidupan sehari-hari adalah saat kita duduk dekat api unggun, Anda akan merasakan kehangatan.



Gambar 2. Tipe perpindahan panas
(<https://jackwestin.com/>)

1.5 Pengukuran panas.

Panas diukur berdasarkan intensitas dan kuantitasnya. Misalnya, ketika Anda menempatkan panci air di atas api kompor, air akan terus memanaskan hingga mendidih. Termometer dalam air menunjukkan suhu yang merupakan indikator intensitas panas, bukan jumlah panas yang ada di dalam panci.

Panas spesifik

Panas spesifik adalah jumlah panas yang diperlukan untuk mengubah suatu massa benda sebesar satu satuan dalam satuan massa tertentu, biasanya per satuan massa atau per satuan volume. Panas spesifik dinyatakan dalam satuan energi per massa atau energi per volume, seperti J/kg, J/g, cal/g, atau BTU/lb. Panas spesifik suatu zat menunjukkan seberapa besar energi yang diperlukan untuk mengubah suhu zat tersebut.

Panas spesifik air adalah jumlah panas yang diperlukan untuk mengubah suhu satu kilogram (kg) air sebesar satu derajat Celsius ($^{\circ}\text{C}$) atau satu kilogram air sebesar satu derajat Kelvin (K). Panas spesifik air murni pada tekanan konstan sekitar 4,19 joule per gram per derajat Celsius ($\text{J/g}^{\circ}\text{C}$) atau 4,19 kilojoule per kilogram per derajat Celsius ($\text{kJ/kg}^{\circ}\text{C}$).

Tabel 1. Kalor jenis berbagai jenis zat

Z a t	Kalor Jenis (c)	
	Kal/g ⁰ C	J/kg K
Air	1,00	4200
Air laut	0,93	3900
Alkohol	0,55	230
Minyak tanah	0,52	220
Raksa	0,033	140
Es	0,595	2500
Aluminium	0,214	900
Kaca	0,16	670
Besi	0,11	460
Tembaga	0,093	390
Kuningan	0,90	380
Perak	0,056	230
Emas	0,031	130
Timbal	0,031	130

1.6 Panas Sensibel dan Panas Laten

Panas sensibel adalah panas yang dapat dirasakan atau diukur secara langsung oleh indra manusia. Ini mengacu pada perubahan suhu yang dapat kita rasakan secara langsung pada benda atau lingkungan sekitar kita. Ketika panas sensibel ditambahkan atau dihilangkan dari suatu objek, suhu objek tersebut akan berubah dan dapat dirasakan oleh kita. Contohnya, ketika menyentuh permukaan panas seperti kompor yang baru saja dimatikan, akan merasakan panas sensibel yang dapat membuat Anda merasa terbakar. Begitu pula ketika Anda keluar ke bawah sinar matahari pada hari yang panas, Anda akan merasakan panas sensibel dari sinar matahari yang mempengaruhi suhu tubuh Anda.

Panas sensibel berbeda dengan panas laten, yang merujuk pada perubahan fase bahan dari padat ke cair atau dari cair ke gas tanpa perubahan suhu yang signifikan. Contohnya adalah ketika air mendidih dan berubah menjadi uap, meskipun suhu air tetap pada titik didihnya, namun ada perubahan panas laten yang terjadi.

Dalam sistem pendingin udara, perpindahan panas sensibel adalah bagian penting dari proses pendinginan udara. Ketika udara melewati evaporator pada sistem AC, panas sensibel diambil dari udara dan ditransfer ke refrigeran yang menguap, sehingga menghasilkan udara yang lebih dingin.

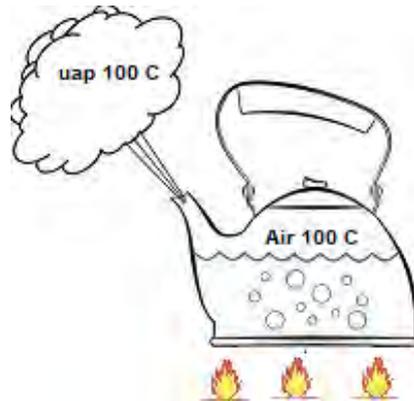
Panas sensibel dapat diukur menggunakan alat yang disebut termometer. Termometer digunakan untuk mengukur suhu suatu benda atau lingkungan. Ada beberapa jenis termometer yang dapat digunakan, termasuk termometer digital, termometer inframerah, termometer termokopel, atau termometer bimetal. Untuk mengukur panas sensibel, dapat menggunakan termometer dengan menjaga ujung sensor termometer berada dalam kontak langsung dengan benda atau lingkungan yang ingin diukur suhunya. Misalnya, jika ingin mengukur suhu udara dalam ruangan, tempatkan termometer di tempat yang representatif di dalam ruangan, seperti di dinding atau di sekitar area yang ingin diukur suhunya. Pastikan termometer berada dalam kondisi yang baik dan dikalibrasi dengan benar untuk memastikan akurasi pengukuran. Bacalah skala termometer dengan teliti dan catat suhu yang terbaca pada termometer tersebut.

Selain itu, untuk aplikasi yang lebih kompleks atau dalam industri, mungkin diperlukan alat pengukuran panas sensibel yang lebih canggih seperti termokopel, pyrometer, atau alat pengukur suhu berbasis inframerah yang dapat memberikan informasi lebih detail tentang distribusi suhu di sekitar benda atau lingkungan tertentu. Pengukuran panas sensibel dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, termasuk dalam industri HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) untuk memonitor dan mengendalikan suhu dalam ruangan, dalam bidang ilmu pengetahuan dan penelitian, atau dalam proses produksi yang memerlukan pengaturan suhu yang tepat.

Panas laten

Tipe kedua panas disebut panas laten. "Laten" adalah kata Latin untuk tersembunyi. Panas laten adalah jumlah panas yang diperlukan untuk mengubah fase suatu zat tanpa perubahan suhu. Ketika suatu zat berubah

fase, seperti dari padat ke cair atau dari cair ke gas, panas laten terlibat dalam proses tersebut. Panas laten juga dikenal sebagai kalor laten.



Gambar 3. Panas laten penguapan, air 100 C berubah menjadi uap pada temperatur yg sama

Setiap zat memiliki panas laten yang khas, yang merupakan jumlah energi yang diperlukan untuk mengubah satu kilogram zat dari satu fase ke fase lainnya pada suhu yang konstan. Panas laten diukur dalam satuan energi per massa, seperti joule per kilogram (J/kg) atau kalori per gram (cal/g).

Ada dua jenis panas laten yang umum: panas laten penguapan dan panas laten kondensasi. Panas laten penguapan adalah jumlah panas yang diperlukan untuk mengubah satu kilogram zat dari fase cair ke fase gas pada suhu yang konstan (Gambar 3). Ini terjadi saat molekul-molekul zat mendapatkan energi yang cukup untuk mengatasi gaya tarik antarmolekul dan berpindah dari fase cair ke fase gas.

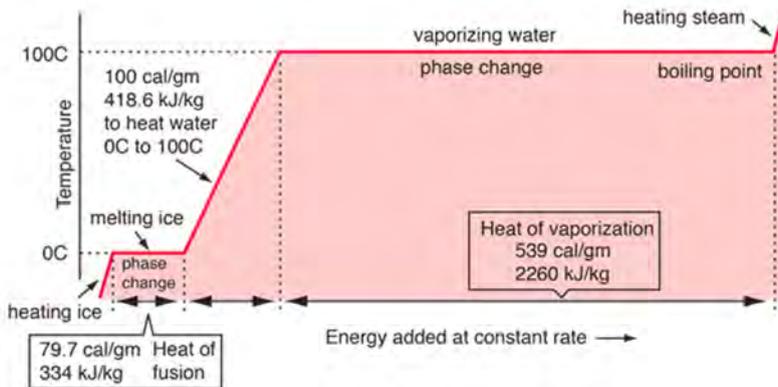
Panas laten kondensasi, di sisi lain, adalah jumlah panas yang dilepaskan saat satu kilogram zat berubah dari fase gas ke fase cair pada suhu yang konstan. Ini terjadi ketika molekul-molekul zat kehilangan energi dan mulai membentuk ikatan antarmolekul, mengubahnya kembali menjadi fase cair.

Panas laten memiliki peran penting dalam banyak proses fisika dan teknik, seperti dalam sistem pendingin udara, perubahan fase air (misalnya

penguapan dan kondensasi air), industri pemrosesan makanan dan kimia, dan dalam pemahaman iklim dan siklus air di bumi.

Pemahaman tentang panas laten penting dalam perencanaan dan perancangan sistem yang melibatkan perubahan fase zat, serta dalam pemodelan dan prediksi perubahan suhu dan kelembaban dalam berbagai aplikasi. Panas laten tidak dapat dirasakan dan diukur dengan termometer. Panas laten dapat dijelaskan dengan mengukur termometer pada balok es. Termometer akan membaca 0°C (32°F). Ketika balok es mulai mencair, air yang terbentuk akan dikumpulkan dalam wadah. Beberapa jam kemudian, volume balok es akan berkurang karena sebagian telah mencair. Namun, termometer akan tetap membaca 0°C (32°F). Pertanyaannya adalah, di mana panas yang menyebabkan es mencair?

Beberapa orang mungkin berpikir bahwa suhu meningkat ketika air berubah dari es menjadi air. Namun, saat memeriksa suhu air es dan es batu, kita akan menemukan bahwa suhu air es sama dengan suhu es. Panas laten digunakan untuk mengubah es dari keadaan padat menjadi cair.



Gambar 4. Energi dan perubahan fase dari air (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/>)

Proses perubahan air menjadi es atau sebaliknya pada suhu 0°C (32°F) disebut "panas laten fusi" (Gambar 4). Panas laten es adalah jumlah energi yang diperlukan untuk mengubah satu kilogram es pada suhu 0°C menjadi air pada suhu yang sama, juga pada tekanan atmosfer. Nilai panas laten es

adalah sekitar 334 kJ/kg. Oleh karena itu, es akan menyerap 334 kJ/kg panas laten. Untuk mengubah 1 kg air menjadi 1 kg es, 334 kJ panas laten akan dipindahkan dari air.

Perubahan air menjadi uap atau sebaliknya terjadi pada suhu 100°C (212°F) dan disebut "panas laten penguapan". Dalam proses ini, 2260 kJ panas laten ditambahkan untuk mengubah 1 kg air menjadi uap. Oleh karena itu, 2260 kJ panas laten akan diserap oleh 1 kg air berubah menjadi uap. Seperti halnya es yang menyerap banyak panas saat berubah menjadi cairan, cairan juga menyerap banyak panas saat berubah menjadi uap. Jika air dimasukkan ke dalam panci dan dipanaskan di atas api, suhu air akan naik seiring dengan peningkatan panas. Pada tekanan atmosfer, air akan mendidih ketika termometer mencapai 100°C (212°F). Dengan meningkatkan intensitas api, air akan mendidih lebih cepat.

Namun, pembacaan termometer tidak akan naik di atas 100°C (212°F). Jika panas terus ditambahkan dengan peningkatan api, panas tambahan akan digunakan untuk mengubah air dari keadaan cair menjadi gas. Meskipun suhu air mendidih tidak naik di atas 100°C (212°F), proses penguapan tetap berlangsung. Penguapan adalah cara alami bagi air untuk mendinginkan dirinya sendiri.

Contoh :

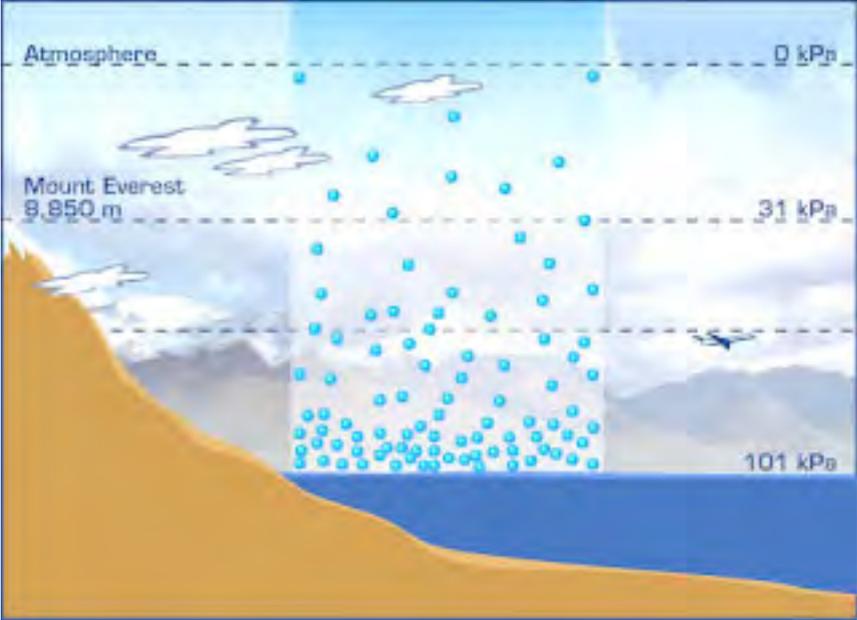
Jika panas laten air mendidih pada tekanan 1.013 bar adalah 2257 kJ/kg, maka jumlah panas yang harus ditambahkan ke 1 kg air pada suhu 30°C agar mendidih adalah:

$$4.19 \times (100 - 30) + 2257 = 2560 \text{ kJ}$$

1.7 Tekanan dan Titik Didih

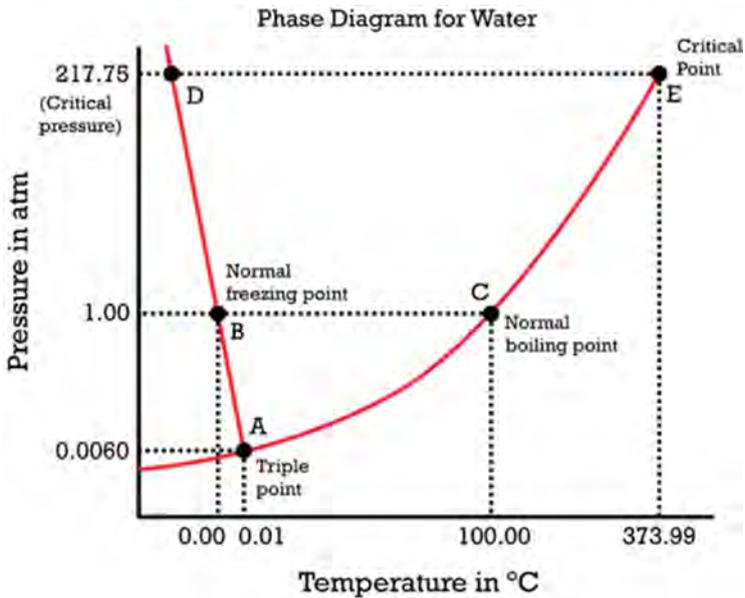
Seperti yang disebutkan sebelumnya, air mendidih pada suhu 100°C (212°F) pada tekanan atmosfer. Tekanan atmosfer adalah berat udara yang menekan objek dan diukur dalam psi (pound per square inch). Tekanan atmosfer pada permukaan laut sekitar 14,7 psi. Tekanan di bawah tekanan atmosfer disebut vakum parsial atau vacuum, diukur dalam in.Hg (inci air raksa). Namun, mencapai vakum sempurna (0 psi) secara mekanis belum

pernah tercapai. Hingga saat ini, belum ada yang berhasil menciptakan tekanan absolut nol.



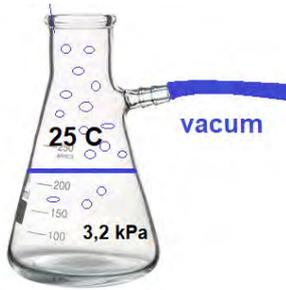
Gambar 5. Tekanan atmosfer (goegrafi.org)





Gambar 6. Hubungan antara tekanan dan temperatur didih air. (<https://flexbooks.ck12.org/>)

Terdapat hubungan langsung antara vakum, suhu lingkungan, dan titik didih cairan (Gambar 1.6). Pada gambar di atas, *manifold gauge set* terhubung ke pompa vakum dan termos yang berisi air. Pompa vakum mengurangi tekanan di dalam termos, menciptakan ruang hampa. Pada suhu kamar sekitar $21,1^{\circ}\text{C}$ (71°F), air akan mendidih pada tekanan vakum $28,2\text{ in.Hg}$ ($.7\text{ psi}$). Proses perebusan air adalah proses alami pendinginan. Ketika air mendidih, jumlah panas laten yang hilang sama baik saat air mendidih pada suhu $21,1^{\circ}\text{C}$ (70°F) maupun saat air mendidih pada 100°C (212°F). Zat-zat selain air juga bereaksi dengan cara yang sama, meskipun pada suhu yang berbeda. Semakin tinggi tekanan fluida, titik didihnya semakin tinggi, dan sebaliknya, semakin rendah tekanan fluida, semakin mudah fluida mendidih dan menguap.



Gambar 1.7 Pada kondisi vakum, air mendidih dibawah 100 C

Soal Latihan

Jawablah pertanyaan berikut

1. Jelaskan yang dimaksud dengan konduksi!
2. Sebutkan contoh panas laten!
3. Apa perbedaan antara panas laten dan panas sensible?
4. Jelaskan yang dimaksud dengan panas laten dan panas sensible!
5. Apa pengaruh peningkatan tekanan terhadap proses pendidihan air ?
6. Apa pengaruh penurunan tekanan udara terhadap titik didih air?

BAB II

SISTEM OPERASI DAN KOMPONEN SISTEM PENGKONDISIAN UDARA

Capaian pembelajaran

1. Mampu mengidentifikasi komponen pendingin udara, fungsi komponen, dan mengidentifikasi berbagai sistem AC.
2. Mampu memahami sistem operasi dan komponen sistem pengkondisian udara.

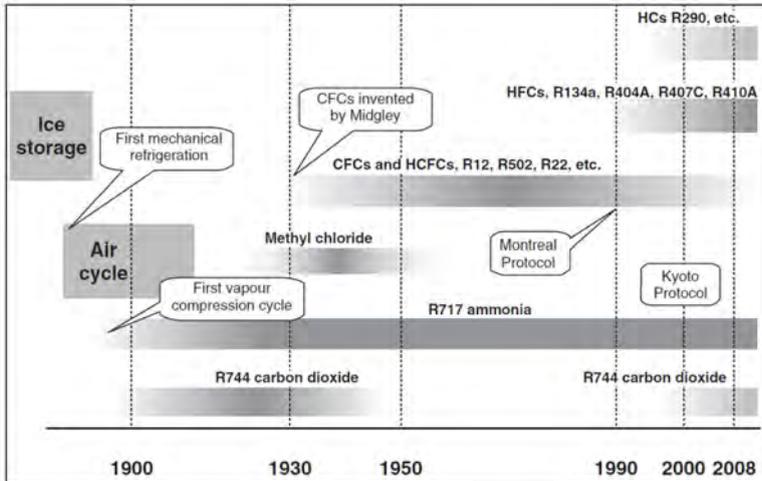
2.1 Refrigeran

Refrigeran merupakan substansi yang digunakan dalam sistem pendingin udara. Ada banyak pilihan refrigeran yang tersedia, dan bahkan cairan apa pun yang bisa mendidih pada suhu yang mendekati titik beku air dapat digunakan sebagai refrigeran. Untuk menjadi pendingin yang efektif, refrigeran harus memiliki beberapa karakteristik penting yaitu:

1. Refrigeran harus aman, ramah lingkungan dan tidak beracun.
2. Refrigeran yang baik juga harus nonkorosif dan tidak berbau tajam
3. Stabil secara kimia, mudah bercampur dengan oli yang digunakan dalam sistem pendingin.
4. Panas laten penguapan yang tinggi
5. Biaya rendah



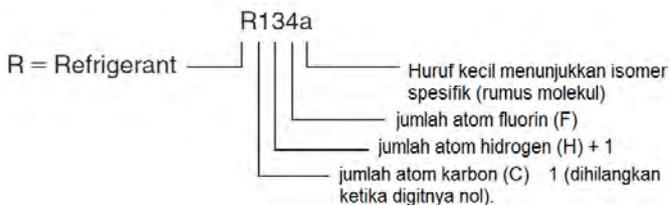
Gambar 7. Jenis-jenis refrigerant.
(<https://refrigeratorsreviewed.com/>)



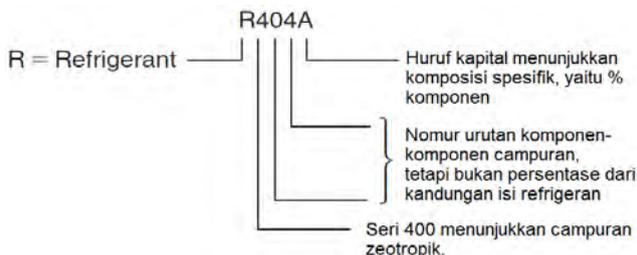
Gambar 8. Timeline jenis dan penggunaan refrigerant
 (<https://www.slideshare.net/Drabduljalil/applications-of-refrigeration-air-conditioning>)

Penamaan Refrigeran

Refrigeran diklasifikasikan oleh ASHRAE, dan angka 'R' yang familiar diberikan sesuai dengan aturan tertentu. Misalnya, klasifikasi refrigeran halogen yang berasal dari hidrokarbon jenuh dan terdiri dari hanya satu substansi dapat diilustrasikan dengan contoh di bawah ini:



Campuran ditandai dengan angka refrigeran masing-masing dan proporsi massa. Sebagai contoh :



Campuran zeotropik diberikan nomor identifikasi dalam seri 400. Nomor ini menunjukkan komponen yang ada dalam campuran, dan huruf kapital yang mengikuti menunjukkan proporsinya. Nomor-nomor ini berurutan berdasarkan persetujuan refrigeran oleh ASHRAE.

Contoh: R407A (R32/R125/R134a (20/40/40)), R407B (R32/R125/R134a (10/70/20)), R407C (R32/R125/R134a (23/25/52)), dll.

Campuran azeotropik berada dalam seri 500. Contoh: R507 (R125/R143a (50/50)). Senyawa organik lainnya termasuk dalam seri 600; nomor diberikan secara berurutan, misalnya, R600a, isobutana; dan senyawa anorganik termasuk dalam seri 700. Nomor identifikasi dibentuk dengan menambahkan massa molekul relatif komponen ke 700.

Contoh: R717 sesuai dengan amonia yang memiliki massa molekul 17.

R134a banyak digunakan di mobil sebagai refrigeran untuk sistem pendinginan udara (AC) karena beberapa alasan:

1. Lingkungan yang aman:

R134a dianggap sebagai alternatif yang lebih aman dibandingkan dengan refrigeran sebelumnya, seperti R12 yang mengandung CFC (Chlorofluorocarbon) yang merusak lapisan ozon. R134a tidak mengandung klorin, sehingga tidak menyebabkan penipisan lapisan ozon dan tidak berkontribusi pada efek rumah kaca.

2. Efisiensi pendinginan yang baik:

R134a memiliki sifat termal yang baik dan mampu memberikan efek pendinginan yang efisien. Ini memungkinkan AC mobil menggunakan R134a untuk mendinginkan kabin dengan baik dalam berbagai kondisi suhu.

3. Ketersediaan dan penggunaan yang luas:

R134a telah menjadi standar industri dalam sistem AC mobil. Ini berarti refrigeran ini tersedia secara luas dan diakui oleh produsen kendaraan serta bengkel servis. Ketersediaan yang baik memudahkan pengisian ulang dan perawatan sistem AC.

4. Kompatibilitas dengan peralatan dan sistem:

R134a kompatibel dengan berbagai komponen dan material yang digunakan dalam sistem AC mobil. Ini termasuk kompresor, kondensor, evaporator, dan saluran pendingin. Kompatibilitas ini memungkinkan penggunaan R134a tanpa perlu mengganti peralatan yang ada.

5. Efisiensi energi:

R134a memiliki kemampuan pendinginan yang baik, yang membantu dalam penggunaan energi yang efisien dalam sistem AC mobil. Ini berarti penggunaan R134a dapat membantu mengoptimalkan kinerja AC dan mengurangi beban listrik pada sistem.

Secara keseluruhan, R134a telah menjadi refrigeran yang populer dan banyak digunakan di mobil karena keamanannya, efisiensi pendinginan yang baik, ketersediaan yang luas, dan kompatibilitas dengan peralatan dan sistem yang ada.

Sementara itu, Refrigeran R22, yang juga dikenal sebagai chlorodifluoromethane, telah banyak digunakan di AC rumah dalam waktu yang lama karena beberapa faktor berikut:

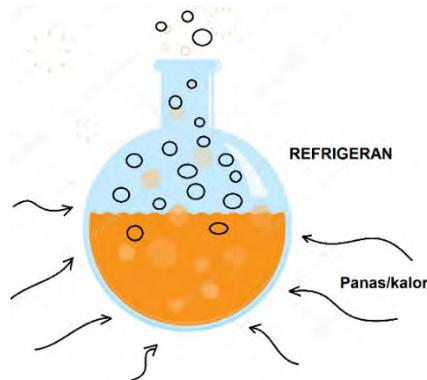
1. Efisiensi pendinginan yang baik: R22 memiliki sifat termal yang baik, yang memungkinkannya untuk memberikan efek pendinginan yang efisien di dalam ruangan. Ini membuatnya cocok untuk penggunaan dalam AC rumah untuk mendinginkan udara di lingkungan rumah dengan baik.
2. Kompatibilitas dengan sistem yang ada: AC rumah yang lebih lama dirancang untuk menggunakan R22 sebagai refrigeran. Oleh karena itu, banyak unit AC rumah yang sudah dipasang memiliki sistem yang dioptimalkan untuk penggunaan R22. Menggunakan R22 dalam unit yang dirancang khusus untuknya memastikan kinerja yang baik dan kompatibilitas dengan komponen lainnya.
3. Ketersediaan: R22 telah lama digunakan dan diproduksi secara luas, sehingga refrigeran ini tersedia secara meluas di pasaran. Ini

memudahkan perawatan dan pengisian ulang AC rumah yang menggunakan R22.

Namun penting untuk dicatat bahwa penggunaan R22 mulai ditinggalkan karena dampak negatifnya terhadap lapisan ozon dan kontribusinya pada efek rumah kaca. R22 mengandung CFC (*Chlorofluorocarbon*) yang dapat merusak lapisan ozon. Oleh karena itu, berbagai peraturan dan perjanjian internasional telah membatasi produksi dan penggunaan R22 dalam upaya untuk melindungi lingkungan. Seiring berjalannya waktu, AC rumah yang baru diproduksi beralih ke refrigeran alternatif yang lebih ramah lingkungan seperti R410A yang memiliki potensi pemanasan global yang lebih rendah dan tidak merusak lapisan ozon.

2.2 Pinsip kerja sistem pengkondisian udara

Gambar 9 menunjukkan sebuah bejana terbuka yang berisi refrigeran HFC-134a pada temperatur kamar. Pada tekanan atmosfer (14,7 psi), HFC-134a memiliki titik didih sekitar -27°C (-16.9°F). Ketika suhu di sekitar bejana mencapai titik didih tersebut, refrigeran mulai mendidih.

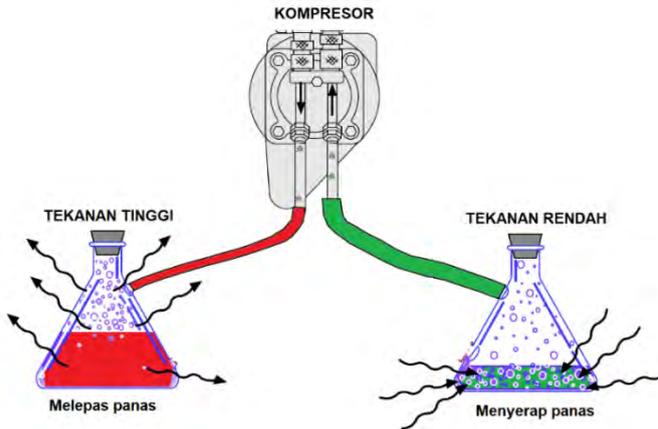


Gambar 9. Proses perubahan cair menjadi uap memerlukan panas dari luar

Proses penguapan atau pendidihan refrigeran terjadi ketika panas di sekitarnya diserap oleh refrigeran. Panas dari lingkungan sekitarnya digunakan untuk memisahkan molekul-molekul refrigeran dan mengubahnya dari wujud cair menjadi wujud gas. Selama proses ini, panas

di sekitar bejana diserap, menyebabkan suhu sekitarnya menjadi lebih dingin.

Prinsip ini merupakan dasar kerja dari sistem pendingin udara. Refrigeran mengalami siklus perubahan wujud dari gas menjadi cair dan sebaliknya untuk mengambil panas dari suatu ruangan dan memindahkannya ke tempat lain, sehingga menciptakan efek pendinginan di area sekitarnya.



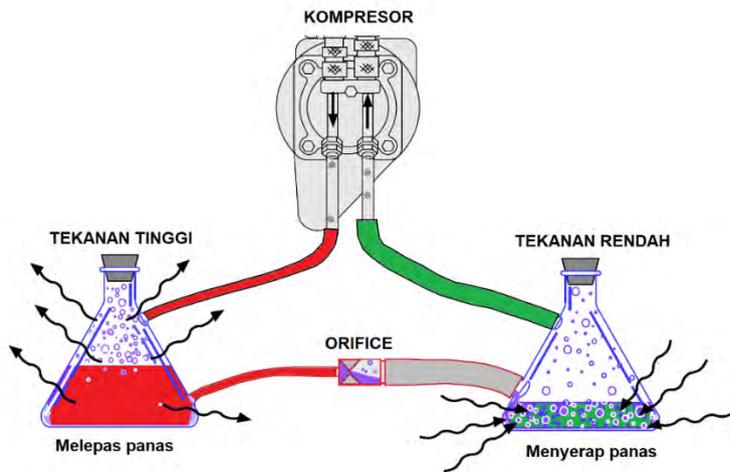
Gambar 10. Tekanan tinggi dan rendah disisi buang dan hisap kompresor

Dalam gambar yang dijelaskan, kompresor dan botol tekanan tinggi ditambahkan ke sistem. Ketika refrigeran cair mendidih, uap yang dihasilkan dihisap melalui selang dan masuk ke dalam kompresor. Di dalam kompresor, tekanan uap ditingkatkan dan panasnya juga meningkat karena proses kompresi. Karena tekanan yang tinggi, suhu uap refrigeran akan lebih tinggi daripada suhu di sekitarnya.

Pada tahap tekanan tinggi, uap yang memiliki suhu tinggi mengalir ke dalam botol tekanan tinggi. Karena suhu uap yang tinggi, panas akan mengalir dari uap ke lingkungan sekitarnya. Hal ini menyebabkan uap dengan tekanan tinggi mengalami pendinginan atau kondensasi, dan berubah menjadi cair dengan tekanan tinggi.

Proses ini penting dalam siklus kerja sistem pendingin udara atau sistem refrigerasi. Pada tahap kompresi, tekanan dan suhu refrigeran ditingkatkan sehingga energi panas dapat dipindahkan dari sumber panas ke lingkungan

yang lebih dingin. Cairan bertekanan tinggi ini kemudian akan dikirim ke bagian selanjutnya dalam sistem untuk melanjutkan siklus pendinginan.



Gambar 11. Penambahan *orifice* diantara tekanan tinggi dan rendah

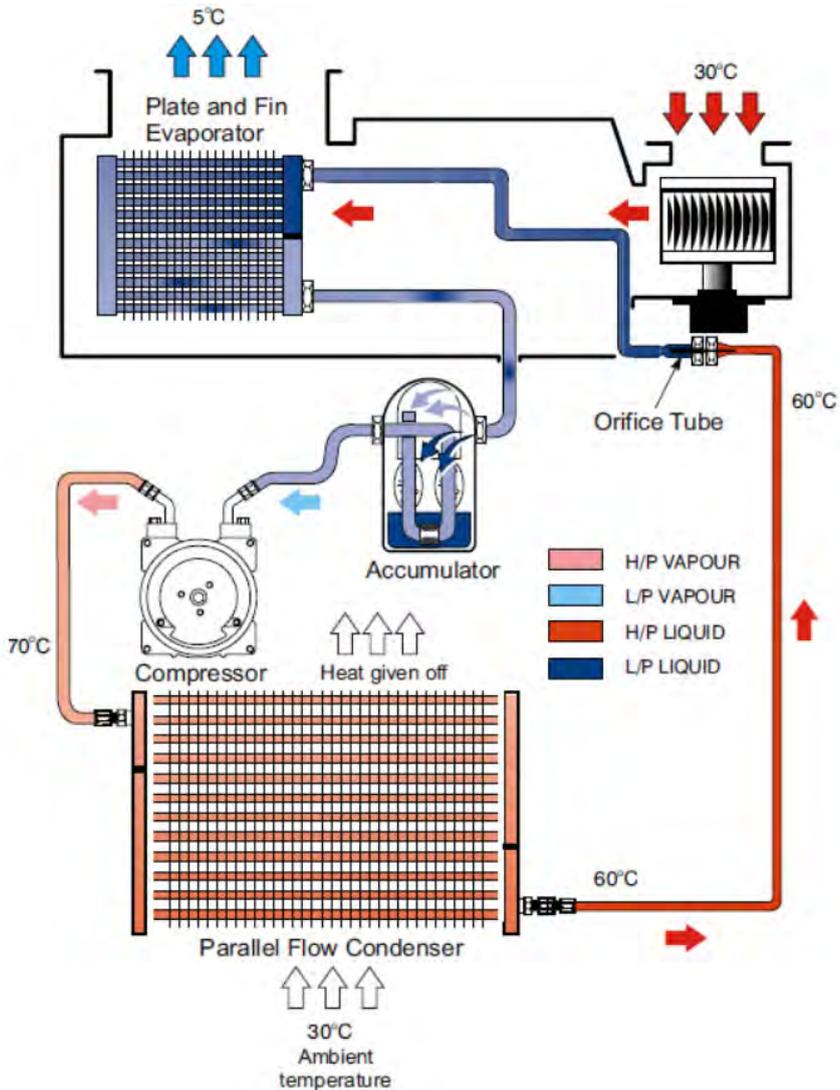
Pada gambar 11 sistem dilengkapi dengan penambahan selang untuk menghubungkan botol refrigeran bertekanan tinggi ke botol refrigeran bertekanan rendah. Di dalam selang tersebut, terdapat sebuah *orifice* yang berfungsi untuk mempertahankan perbedaan tekanan antara cairan bertekanan tinggi dan cairan bertekanan rendah.

Proses dimulai ketika refrigeran dalam botol bertekanan rendah mendidih dan mengambil panas dari lingkungan sekitarnya. Uap refrigeran bertekanan rendah ditarik melalui selang dan masuk ke dalam kompresor. Di dalam kompresor, tekanan dan suhu uap refrigeran ditingkatkan, dan kemudian disimpan dalam botol bertekanan tinggi.

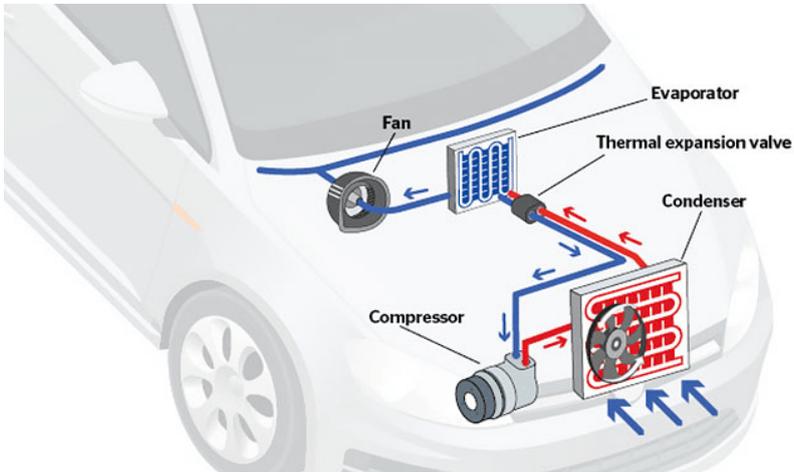
Uap refrigeran bertekanan tinggi tersebut akan melepaskan panas ke lingkungan sekitarnya yang lebih dingin, menyebabkan uap tersebut mendingin dan berubah menjadi cair bertekanan tinggi. Cairan refrigeran bertekanan tinggi ini akan mengalir melalui selang dan *orifice* menuju botol bertekanan rendah.

Dalam kondisi tekanan rendah di botol bertekanan rendah, refrigeran cair akan mendidih kembali, dan siklus ini akan terus berulang. Proses ini memungkinkan transfer panas dari lingkungan sekitarnya ke refrigeran

saat refrigeran mendidih dan memungkinkan refrigeran untuk mengalami perubahan fase antara cair dan uap, yang penting dalam proses pendinginan dalam sistem refrigerasi atau AC.



Gambar 12. Siklus kerja sistem AC dengan *orifice* (<https://indonesian.vehiclecompressor.com/>)



Gambar 13. Komponen utama AC mobil dengan katub ekspansi
(<https://www.irrgang.dev>)

Pada sistem pendingin udara atau AC, komponen utama yang terlibat dalam siklus pendinginan meliputi:

1. **Kompresor:** Kompresor bertugas untuk meningkatkan tekanan dan suhu refrigeran uap yang masuk ke dalam sistem. Kompresor menciptakan perbedaan tekanan yang diperlukan untuk memindahkan refrigeran melalui siklus pendinginan.
2. **Kondensor:** Kondensor bertanggung jawab untuk membuang panas dari refrigeran bertekanan tinggi dan bertemperatur tinggi. Panas yang dihasilkan oleh kompresor dan yang diambil dari ruangan dihilangkan melalui kondensor. Pada kondensor, uap refrigeran berubah menjadi cairan refrigeran bertekanan tinggi.
3. *Orifice / expansion valve* (katup ekspansi)
Fungsi utama dari *orifice* adalah menciptakan perbedaan tekanan yang diperlukan untuk mengubah refrigeran bertekanan tinggi menjadi bertekanan rendah sebelum memasuki evaporator.
4. **Evaporator:** Evaporator adalah tempat di mana refrigeran cair bertekanan rendah mendidih dan mengumpulkan panas dari lingkungan sekitarnya. Proses penguapan refrigeran pada evaporator menghasilkan pendinginan udara yang mengalir melalui evaporator.

5. Akumulator: Akumulator berfungsi sebagai pemisah antara cairan dan uap refrigeran. Akumulator terletak pada jalur hisap setelah evaporator dalam sistem *orifice-tube*. Fungsinya adalah memastikan bahwa hanya uap refrigeran yang mencapai kompresor, sementara cairan refrigeran yang keluar dari evaporator tidak merusak kompresor.

Selain komponen utama di atas, sistem pendingin udara juga dapat melibatkan komponen lain seperti fan (kipas) untuk mengatur aliran udara dalam sistem dan *dryer* (pengering refrigerant). Semua komponen ini bekerja bersama-sama untuk menciptakan proses pendinginan dalam sistem AC.

2.3 Kompresor

Fungsi dan cara kerja kompresor AC adalah sebagai berikut.

Fungsi Kompresor AC:

1. Meningkatkan tekanan refrigeran: Fungsi utama kompresor AC adalah meningkatkan tekanan refrigeran dari evaporator. Refrigeran yang keluar dari evaporator dalam bentuk uap bertekanan rendah dihisap oleh kompresor dan dikompresi menjadi uap bertekanan tinggi.
2. Mengalirkan refrigeran: Kompresor juga bertugas mengedarkan atau mengalirkan refrigeran melalui seluruh sistem pendingin udara. Setelah mengompresi refrigeran, kompresor mendorongnya ke kondensor untuk proses selanjutnya.



Gambar 14. Kompresor AC

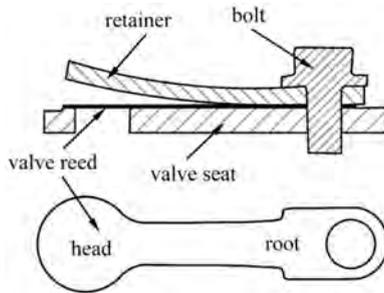
Cara Kerja Kompresor AC:

Pada langkah awal, kompresor akan menghisap refrigeran dalam bentuk uap bertekanan rendah dari evaporator melalui saluran hisap. Di dalam kompresor terdapat katup hisap yang membuka untuk memasukkan refrigeran. Setelah refrigeran masuk ke kompresor, piston dalam kompresor mulai bergerak. Gerakan piston ke bawah menghasilkan ruang yang memungkinkan refrigeran masuk. Ketika piston bergerak ke atas, ruang tersebut menyusut dan refrigeran terjepit di dalamnya. Selama gerakan piston ke atas, tekanan pada ruang kompresi meningkat secara signifikan. Peningkatan tekanan ini menyebabkan refrigeran menjadi terkompresi, sehingga tekanan dan temperaturnya meningkat secara bersamaan. Peningkatan tekanan refrigeran dicapai dengan menambahkan hambatan di sisi tekanan tinggi sistem. Salah satu bentuk hambatan tersebut adalah *orifice*, yang terletak di jalur refrigeran pada sisi tekanan tinggi. *Orifice* berfungsi untuk membatasi aliran refrigeran dan meningkatkan tekanan sebelum refrigeran keluar kondensor.

Setelah refrigeran dikompresi dengan tekanan tinggi, katup buang pada kompresor akan terbuka. Hal ini memungkinkan refrigeran bertekanan tinggi keluar dari kompresor dan mengalir ke kondensor melalui saluran buang. Proses kompresi dan pengeluaran refrigeran ini berulang secara terus-menerus, memastikan aliran yang terus menerus dalam sistem pendingin udara dan pemompaan refrigeran yang efisien.

Dengan demikian, kompresor dalam AC berfungsi untuk meningkatkan tekanan refrigeran, mengalirkannya melalui sistem, dan memastikan aliran yang terus menerus dalam siklus pendinginan.





Gambar 15. Reed valve
Ref. Xiaoling Yu, dkk. (2018)

Reed valve (katup buluh) merupakan salah satu jenis katup yang digunakan dalam kompresor, termasuk kompresor AC. Katup buluh biasanya terletak di bagian hisap dan buang kompresor dan berperan dalam mengatur arah aliran refrigeran selama proses pemompaan oleh kompresor.

Fungsi Reed Valve pada kompresor:

1. Katup hisap (*suction valve*): Ketika piston bergerak ke bawah dalam siklus kompresi, katup hisap (*suction valve*) akan terbuka. Hal ini memungkinkan refrigeran dalam bentuk uap bertekanan rendah untuk masuk ke dalam ruang kompresi kompresor. Setelah refrigeran masuk, katup hisap akan menutup untuk mencegah aliran balik refrigeran saat piston bergerak ke atas.
2. Katup buang (*discharge valve*): Ketika piston bergerak ke atas dalam siklus kompresi, katup buang (*discharge valve*) akan terbuka. Hal ini memungkinkan refrigeran bertekanan tinggi yang telah dikompresi untuk keluar dari ruang kompresi dan dialirkan ke kondensator. Setelah refrigeran keluar, katup buang akan menutup untuk mencegah aliran balik refrigeran saat piston bergerak ke bawah.

Cara Kerja Reed Valve:

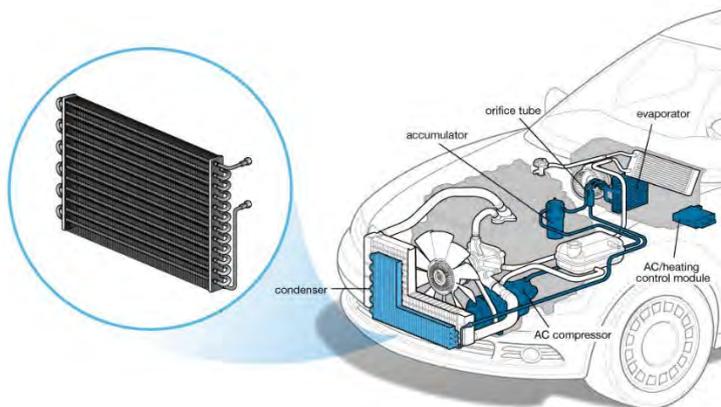
Reed valve terdiri dari dua lembaran tipis logam yang disusun secara bersebelahan dan terpasang di saluran hisap dan buang kompresor. Reed valve biasanya dilengkapi dengan pegas untuk menjaga katup tetap tertutup dan mengatur tekanan pembukaan dan penutupan katup.

Ketika tekanan di sebelah hisap (*suction side*) lebih rendah daripada di sebelah buang (*discharge side*), katup hisap akan terbuka karena tekanan rendah mengakibatkan perbedaan tekanan yang menyebabkan katup terangkat dan memungkinkan refrigeran masuk ke dalam kompresor. Begitu refrigeran masuk, perbedaan tekanan antara hisap dan buang akan mengarahkan katup hisap menutup untuk mencegah aliran balik.

Ketika tekanan di sebelah buang lebih tinggi daripada di sebelah hisap, katup buang akan terbuka karena tekanan tinggi akan menyebabkan perbedaan tekanan yang mengangkat katup dan memungkinkan refrigeran keluar dari kompresor. Setelah refrigeran keluar, perbedaan tekanan antara buang dan hisap akan mengarahkan katup buang menutup untuk mencegah aliran balik.

Dengan menggunakan prinsip ini, katup buluh pada kompresor berperan dalam mengatur aliran refrigeran dan memastikan bahwa refrigeran mengalir dalam arah yang diinginkan selama proses pemompaan oleh kompresor.

2.4 Kondensor



Gambar 16. Kondensor (cars.com)

Kondensor adalah salah satu komponen utama dalam sistem pendingin udara (AC). Fungsi utama kondensor adalah untuk membuang panas dari

refrigeran bertekanan tinggi dan bertemperatur tinggi yang keluar dari kompresor. Berikut ini adalah fungsi dan cara kerja kondensor AC:

Fungsi Kondensor AC:

1. Membuang panas: Kondensor bertugas untuk mentransfer panas yang dihasilkan oleh refrigeran bertekanan tinggi. Panas ini diambil dari dalam ruangan yang perlu didinginkan oleh AC dan dibuang ke lingkungan luar.
2. Mengubah uap menjadi cair: Kondensor mengubah uap refrigeran bertekanan tinggi yang keluar dari kompresor menjadi cairan refrigeran bertekanan tinggi. Proses ini disebut kondensasi, di mana panas yang diambil dari refrigeran menyebabkan kondensasi dan perubahan fase menjadi cairan.

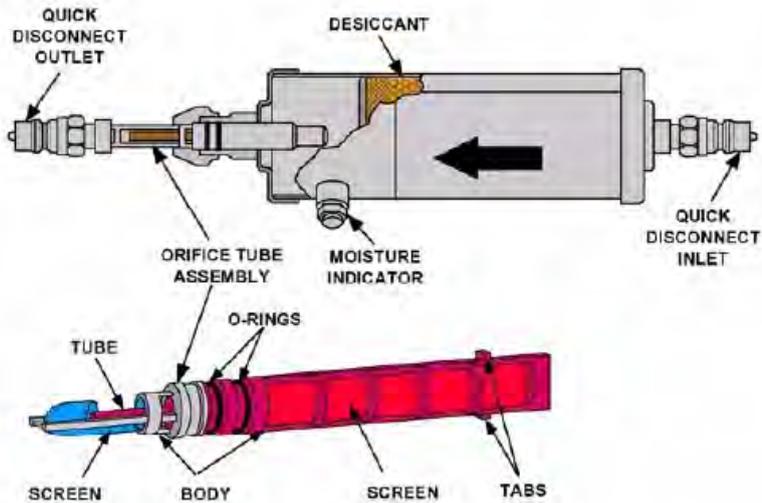
Cara Kerja Kondensor AC:

Aliran refrigeran dalam bentuk uap bertekanan tinggi dari kompresor masuk ke kondensor melalui selang atau pipa. Aliran refrigeran ini terjadi dengan tekanan yang tinggi, sehingga refrigeran akan memasuki kondensor dalam bentuk uap panas. Ketika refrigeran bertekanan tinggi masuk ke kondensor, panas yang dihasilkan oleh refrigeran ditransfer ke lingkungan sekitarnya melalui sirip-sirip atau koil yang terdapat di dalam kondensor. Proses perpindahan panas ini dibantu oleh kipas yang ada di dekat kondensor. Udara dari lingkungan luar yang melewati sirip-sirip kondensor membawa panas yang diambil dari refrigeran. Proses perpindahan panas yang terjadi di kondensor menyebabkan refrigeran bertekanan tinggi tersebut mendingin dan berubah fase menjadi cairan bertekanan tinggi. Cairan refrigeran ini akan terus mengalir melalui pipa atau selang menuju katup ekspansi dan evaporator.

Dengan demikian, kondensor dalam sistem AC berperan penting dalam membuang panas dan mengubah uap refrigeran bertekanan tinggi menjadi cairan bertekanan tinggi. Hal ini memungkinkan refrigeran siap untuk melanjutkan siklus pendinginan di evaporator.

2.5 Katub Ekspansi *Orifice* dan *In-Line Dryer*

Orifice (orifis) merupakan salah satu jenis katub ekspansi. Komponen ini penting dalam sistem pendingin udara (AC) yang berfungsi untuk mengatur aliran refrigeran antara kondensor dan evaporator.



Gambar 17. *Orifice* dan *Inline dryer* (<https://penambang.com/sistem-orifice-tube>)

Fungsi *Orifice* pada AC:

1. Pengatur Aliran: *Orifice* berperan sebagai pengatur aliran refrigeran antara kondensor dan evaporator. Dengan mempersempit lubangnya, *orifice* mengurangi aliran refrigeran yang melewati sistem, sehingga menciptakan perbedaan tekanan yang diperlukan untuk mendorong refrigeran menuju evaporator.
2. Penurunan Tekanan: *Orifice* menghasilkan penurunan tekanan pada refrigeran yang mengalir melalui sistem. Tekanan yang lebih rendah di sisi *orifice* membantu refrigeran berubah menjadi uap bertekanan rendah saat melewati evaporator. Penurunan tekanan ini juga berkontribusi pada pendinginan evaporator.

Cara Kerja *Orifice* pada AC:

Orifice terletak di antara kondensor dan evaporator, pada saluran yang menghubungkan kedua komponen tersebut. Lubang *orifice* yang sempit menciptakan hambatan aliran, yang mengakibatkan penurunan tekanan refrigeran.

Proses kerja *orifice* pada AC sebagai berikut:

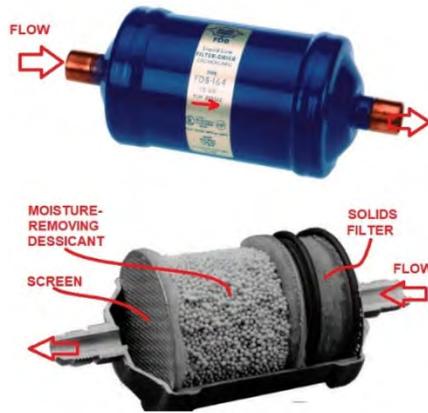
Refrigeran bertekanan tinggi yang telah keluar dari kondensor memasuki saluran menuju *orifice*. Saat refrigeran melewati *orifice* yang sempit, aliran refrigeran dipersempit dan tekanannya turun secara signifikan. Penurunan tekanan menyebabkan refrigeran berubah menjadi uap bertekanan rendah. Refrigeran dalam bentuk uap bertekanan rendah kemudian memasuki evaporator, di mana pendinginan dan penyerapan panas terjadi. Setelah melewati evaporator, refrigeran bertekanan rendah akan kembali ke kompresor untuk dikompresi kembali menjadi uap bertekanan tinggi dan siklus berulang. Dengan cara ini, *orifice* membantu menciptakan perbedaan tekanan yang diperlukan dalam sistem AC, mengatur aliran refrigeran, dan memfasilitasi perubahan fase refrigeran dari cair ke uap di evaporator.

Saat ini terdapat dua jenis sistem pendingin udara pada mobil, yaitu menggunakan receiver *dryer* dan accumulator. Receiver *dryer* berfungsi untuk menyimpan refrigeran bertekanan tinggi setelah didinginkan oleh kondensor. Komponen ini ditempatkan antara kondensor dan katup ekspansi. Refrigeran yang mengalir dari receiver *dryer* ke katup ekspansi berbentuk cair. Di sisi lain, accumulator berfungsi untuk menyimpan refrigeran bertekanan rendah setelah melewati evaporator. Accumulator ditempatkan antara evaporator dan kompresor, dan refrigeran yang keluar dari accumulator berbentuk gas.

Kedua jenis sistem pendingin udara ini menggunakan katup ekspansi yang berbeda. Sistem AC dengan accumulator menggunakan katup ekspansi *orifice* tube, sementara itu sistem AC dengan receiver *dryer* menggunakan katup ekspansi thermostatic. Katup ekspansi *orifice* tube mengatur aliran refrigeran berdasarkan tekanan yang dihasilkan oleh

kompresor. Semakin tinggi tekanan kompresor, semakin banyak refrigeran yang dilewatkan oleh katup ekspansi *orifice tube*. Sedangkan katup ekspansi termostatik mengatur aliran refrigeran berdasarkan suhu evaporator. Semakin rendah suhu di evaporator, semakin sedikit refrigeran yang dilewatkan oleh katup ekspansi termostatik. Katub ekspansi termostatik dijelaskan dalam sub bab tersendiri.

Inline dryer



Gambar 18. *Inline Dyer*

Inline dryer adalah salah satu komponen dalam sistem pendingin udara (AC) yang berfungsi untuk menghilangkan kelembaban dan partikel air dalam refrigeran. *Inline dryer* umumnya terpasang di dalam jalur refrigeran antara kondensor dan evaporator.

Fungsi *Inline Dryer* adalah sebagai berikut :

1. Penghilangan Kelembaban: *Inline dryer* dirancang untuk menyerap kelembaban yang ada dalam sistem AC. Kelembaban dalam refrigeran dapat menyebabkan kerusakan pada komponen sistem seperti korosi dan pembentukan endapan es di evaporator. *Inline dryer* membantu menjaga refrigeran tetap kering untuk menjaga efisiensi dan kinerja sistem.

2. Penyaringan Partikel: Selain menghilangkan kelembaban, *Inline dryer* juga berfungsi sebagai penyaring untuk menghilangkan partikel-partikel kecil dalam refrigeran. Partikel seperti kotoran, debu, atau serpihan komponen yang mungkin terlepas dapat menyumbat saluran dan mengganggu kinerja sistem. *Inline dryer* membantu menjaga aliran refrigeran tetap bersih dan bebas dari partikel-partikel tersebut.

Cara Kerja *Inline Dryer*:

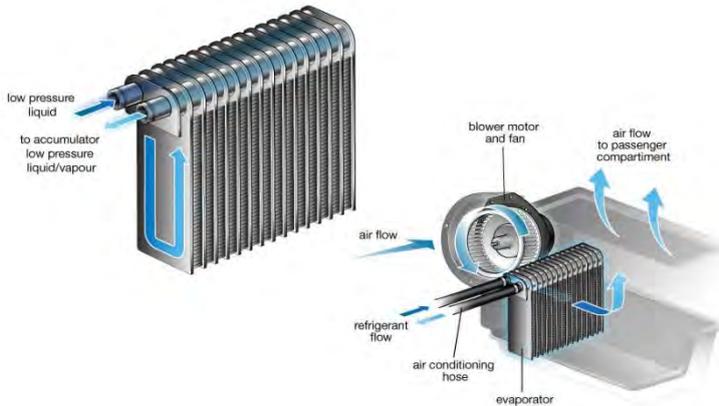
Inline dryer umumnya menggunakan desikan (desiccant) sebagai media penyerap kelembaban. Desikan adalah bahan kimia yang mampu menyerap dan menyimpan kelembaban dari udara di sekitarnya. Desikan yang umum digunakan dalam *Inline dryer* adalah molekul zeolit atau silika gel.

Proses kerja *Inline dryer* sebagai berikut:

1. Refrigeran yang telah keluar dari kondensor memasuki *Inline dryer* di jalur refrigeran.
2. Desikan dalam *Inline dryer* menyerap kelembaban yang ada dalam refrigeran.
3. Kelembaban yang diserap akan diikat oleh desikan, menjaga refrigeran tetap kering saat mengalir melalui sistem.
4. Partikel-partikel air yang terperangkap dalam desikan juga dihilangkan dari aliran refrigeran, menjaga kebersihan sistem.
5. Refrigeran yang telah melewati *Inline dryer*, yang kering dan bebas partikel, akan terus mengalir ke evaporator untuk mengumpulkan panas dan mendinginkan udara.

Inline dryer perlu diperhatikan dan diperiksa secara berkala karena desikan yang ada di dalamnya akan jenuh dan perlu diganti setelah periode tertentu. Ini penting untuk menjaga kinerja dan efisiensi sistem AC serta mencegah kerusakan yang disebabkan oleh kelembaban dalam refrigeran.

2.6 Evaporator



Gambar 19. Evaporator (cars.com)

Evaporator adalah salah satu komponen utama dalam sistem pendingin udara (AC) yang berfungsi untuk mendinginkan udara dengan mengubah refrigeran cair menjadi uap refrigeran. Evaporator terletak di dalam kabin atau ruang yang akan didinginkan, seperti dalam unit AC kendaraan atau dalam ruangan di sistem AC rumah.

Fungsi utama evaporator ada dua yaitu :

1. Pendinginan Udara: Evaporator berfungsi untuk menghilangkan panas dari udara di sekitarnya. Ketika refrigeran cair mengalir melalui pipa-pipa evaporator, panas dari udara di sekitarnya akan diserap oleh refrigeran dan menyebabkan refrigeran menguap menjadi uap. Proses ini menghasilkan pendinginan udara yang melewati evaporator.
2. Penghilangan Kelembaban: Selain pendinginan, evaporator juga membantu menghilangkan kelembaban dari udara. Ketika udara lewat melalui evaporator yang dingin, kelembabannya akan mengondensasi pada permukaan pipa evaporator. Ini mengurangi kelembaban di udara dan membantu menciptakan udara yang lebih kering dan nyaman.

Cara Kerja Evaporator:

Refrigeran cair masuk ke evaporator melalui katup ekspansi yang membatasi aliran dan tekanan refrigeran. Refrigeran cair mengalir melalui jaringan pipa yang terletak di dalam evaporator. Pipa-pipa ini memiliki

permukaan yang luas untuk memfasilitasi pertukaran panas antara refrigeran dan udara. Udara dari ruangan yang akan didinginkan dihisap oleh kipas evaporator dan melewati permukaan pipa-pipa evaporator. Panas dari udara diserap oleh refrigeran dalam pipa-pipa evaporator, menyebabkan refrigeran menguap dan menjadi uap. Udara yang melewati evaporator menjadi lebih dingin karena kehilangan panasnya ke refrigeran yang menguap. Udara yang telah didinginkan ditiup kembali ke dalam ruangan atau kabin, memberikan efek pendinginan pada lingkungan.

Pada akhirnya, uap refrigeran yang dihasilkan oleh evaporator akan dihisap oleh kompresor untuk meningkatkan tekanan dan temperaturnya, dan siklus pendinginan akan berlanjut dalam sistem AC. Evaporator adalah komponen kunci dalam proses pendinginan udara dalam sistem AC dan memainkan peran penting dalam memberikan kenyamanan termal di lingkungan yang diinginkan.

2.7 Akumulator



Gambar 20. Akumulator (tekportal.com)

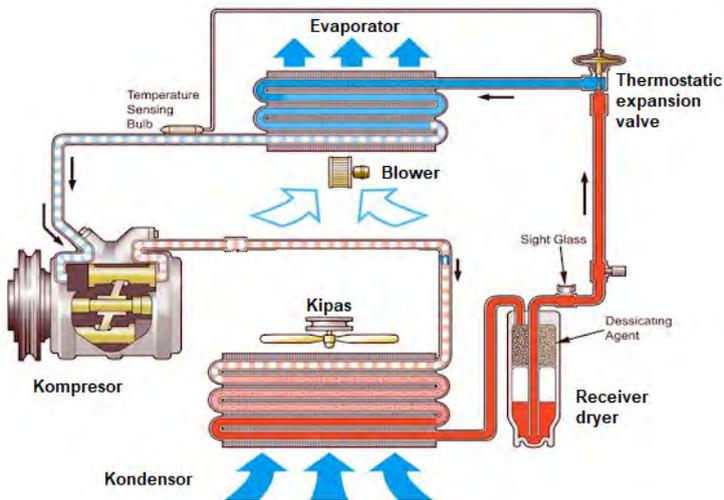
Sistem AC yang menggunakan katup ekspansi *orifice* tube dilengkapi dengan accumulator. Akumulator pada sistem AC (pendingin udara) memiliki beberapa fungsi penting, yaitu:

1. Menjaga aliran refrigeran yang stabil: Akumulator berfungsi sebagai penyimpan sementara refrigeran yang keluar dari evaporator sebelum dikembalikan ke kompresor. Ini membantu menjaga aliran refrigeran

yang stabil dan mencegah terjadinya kerusakan pada kompresor akibat masuknya refrigeran yang tidak terkondensasi atau uap udara.

2. Memisahkan uap dan cairan refrigeran: Akumulator juga berfungsi untuk memisahkan uap dan cairan refrigeran. Cairan refrigeran yang terkumpul di dalam akumulator akan dilepaskan secara bertahap ke evaporator untuk menghindari masuknya uap refrigeran ke dalam kompresor.
3. Menjaga tekanan yang stabil: Akumulator membantu menjaga tekanan dalam sistem AC tetap stabil. Dengan adanya akumulator, tekanan pada evaporator dan kompresor dapat diatur secara lebih efektif, sehingga memastikan sistem AC bekerja dengan baik dan efisien.
4. Mengurangi risiko kerusakan pada kompresor: Akumulator juga berperan dalam melindungi kompresor dari kerusakan yang disebabkan oleh masuknya uap udara atau uap refrigeran yang tidak terkondensasi. Dengan menyimpan dan memisahkan refrigeran, akumulator membantu menjaga kualitas refrigeran yang masuk ke kompresor sehingga risiko kerusakan pada kompresor dapat diminimalkan.

2.8 Sistem Termostatik Ekspansi Valve



Gambar 21. Cara kerja sistem AC dengan ekspansi *valve* (teknisimobil.com)

Katup ekspansi termostatik memiliki beberapa fungsi penting dalam sistem pendingin udara. Berikut adalah penjelasan singkat mengenai fungsi-fungsi tersebut:

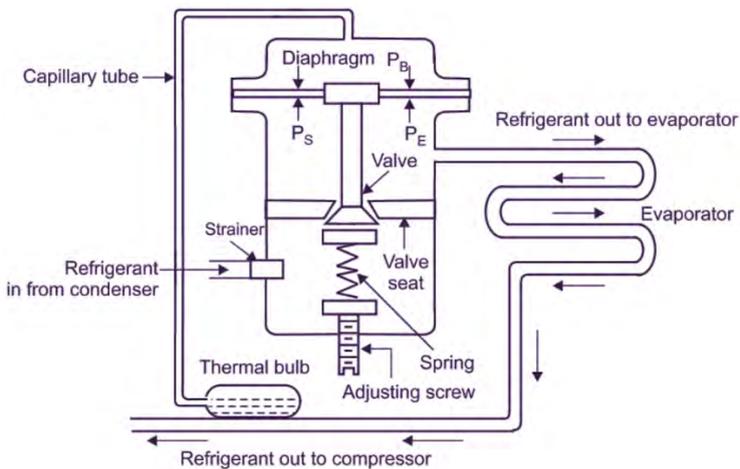
1. Membatasi aliran refrigeran dan memungkinkan kompresor untuk meningkatkan tekanan pada sisi yang tinggi dari sistem pendingin udara: Katup ekspansi termostatik berperan dalam mengatur aliran refrigeran ke evaporator. Dengan membatasi aliran refrigeran, katup ini memungkinkan kompresor untuk meningkatkan tekanan pada sisi tinggi sistem, yaitu pada kondensor. Hal ini membantu menciptakan perbedaan tekanan antara sisi tinggi dan sisi rendah, yang diperlukan untuk siklus pendinginan.
2. Mengontrol jumlah refrigeran yang masuk ke evaporator: Katup ekspansi termostatik mengatur laju aliran refrigeran ke evaporator. Dengan mengontrol jumlah refrigeran yang masuk, katup ini membantu memastikan efisiensi pendinginan yang optimal. Ketika beban pendinginan meningkat, katup akan membuka lebih banyak untuk memungkinkan aliran refrigeran yang lebih besar ke evaporator, dan sebaliknya.
3. Katup ekspansi termostatik juga berperan dalam menurunkan temperatur refrigeran dengan memungkinkan refrigeran untuk berekspansi setelah meninggalkan orifis di katup ekspansi. Hal ini terjadi karena tekanan yang sangat menurun saat refrigeran melewati katup ekspansi, yang menghasilkan penurunan temperatur refrigeran. Bagian dari sistem pendingin udara dari outlet katup ekspansi ke inlet kompresor disebut "sisi rendah".

Sistem pendingin udara yang dilengkapi dengan katup ekspansi termostatik seringkali juga dilengkapi dengan *receiver-dryer*. *Receiver-dryer* berperan sebagai wadah untuk menampung refrigeran cair dan menghilangkan kandungan uap air dan kotoran dari sistem sebelum refrigeran masuk ke katup ekspansi. Hal ini membantu menjaga kualitas dan kinerja sistem pendingin udara.

Ada dua jenis katup ekspansi, yaitu internal equalizer dan external equalizer, serta cara kerjanya. Berikut ini adalah penjelasan lebih lanjut mengenai keterangan yang telah disebutkan.

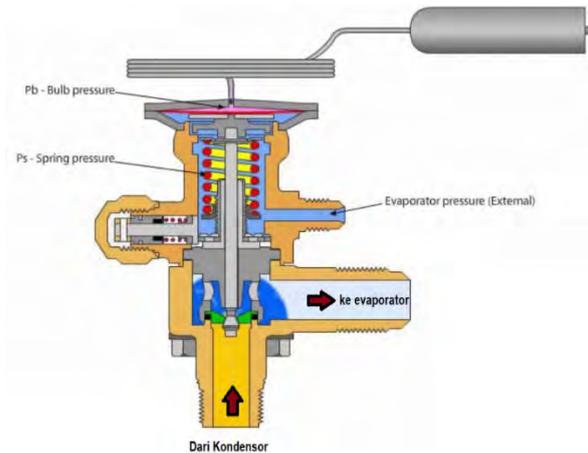
Katup Ekspansi Internal Equalizer

Pada jenis katup ini, tekanan refrigeran memasuki evaporator dan dialirkan ke bagian bawah diafragma melalui equalizer internal. Di dalam katup, terdapat bola termal yang sensitif terhadap temperatur outlet evaporator.



Gambar 22. Katup Ekspansi *Internal Equalizer* <https://electricalworkbook.com>

Jika temperatur exhaust evaporator meningkat, refrigeran dalam bola termal akan mengembang. Ekspansi refrigeran yang terjadi akan memberikan tekanan ke arah atas, melawan diafragma yang berada di bagian atas katup. Tekanan yang diberikan terhadap diafragma akan menyebabkan pergerakan pin diafragma dan kedudukan katup. Ketika kedudukan katup bergerak menjauh dari *orifice*, aliran refrigeran ke evaporator akan meningkat. Peningkatan aliran refrigeran ini akan menyebabkan exhaust evaporator menjadi lebih dingin. Ketika temperatur exhaust menurun, refrigeran dalam bola termal akan mengembun, mengurangi tekanan terhadap diafragma, pin, dan kedudukan katup. Akibatnya, kedudukan katup akan bergerak untuk mengurangi aliran refrigeran melalui *orifice*.



Gambar 23. Katup Ekspansi *Eksternal Equalizer* (coronatodays.com)

Katup Ekspansi Eksternal Equalizer

Pada jenis katup ini, tekanan untuk menggerakkan diafragma diambil dari garis exhaust evaporator melalui tube equalizer. Tube equalizer berfungsi untuk menyeimbangkan tekanan exhaust evaporator dengan tekanan yang disebabkan oleh ekspansi gas dalam bola termal. Tekanan ini akan diberikan ke bagian bawah diafragma, sehingga mengontrol pergerakan pin dan kedudukan katup. Jika temperatur exhaust evaporator meningkat, ekspansi gas dalam bola termal akan meningkat, menekan diafragma, dan menggerakkan pin dan kedudukan katup untuk membuka *orifice* dan meningkatkan aliran refrigeran ke evaporator. Sebaliknya, jika temperatur exhaust evaporator menurun, tekanan dalam bola termal akan berkurang, mengurangi tekanan pada diafragma dan menggerakkan kedudukan katup untuk mengurangi aliran refrigeran melalui *orifice*.

Kedua jenis katup ekspansi ini memiliki peran penting dalam mengontrol aliran refrigeran ke evaporator, memungkinkan sistem pendingin udara untuk berfungsi dengan efisiensi dan mempertahankan suhu yang diinginkan.

Soal Latihan

1. Apa komponen utama yang bertugas untuk memampatkan refrigeran dalam sistem AC?
2. Komponen apa yang berfungsi untuk mendinginkan refrigeran yang keluar dari kompresor sebelum memasuki katup ekspansi?
3. Apa fungsi evaporator dalam sistem AC?
4. Apa peran kondensor dalam siklus pendinginan AC?
5. Bagaimana cara kerja katup ekspansi pada sistem AC?
6. Komponen apa yang berfungsi untuk mengatur aliran refrigeran ke evaporator berdasarkan suhu evaporator?
7. Apa fungsi receiver *dryer* dalam sistem AC?
8. Apa yang dimaksud dengan evaporator coil pada AC mobil?
9. Komponen apa yang berfungsi untuk mengalirkan udara melalui evaporator dan kondensor?

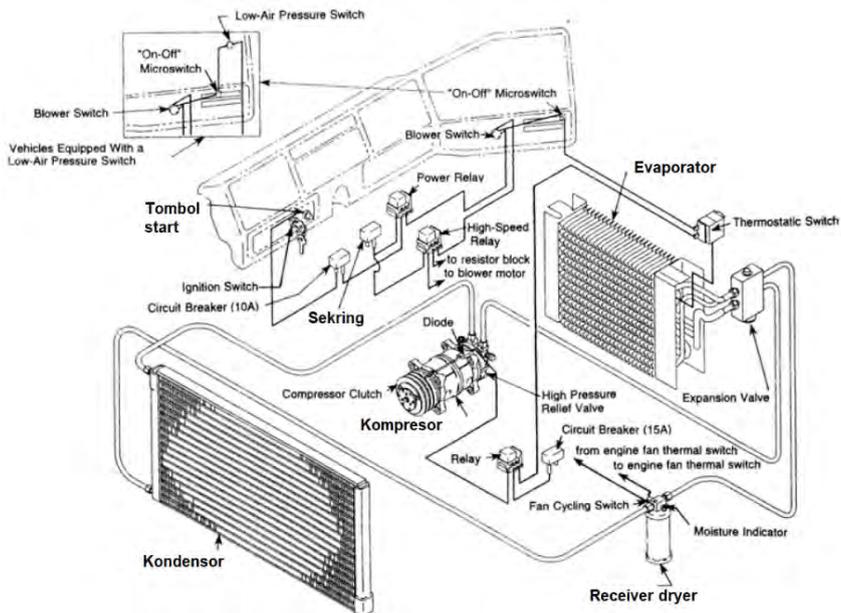
BAB III

SISTEM KONTROL AC

Capaian pembelajaran

1. Mampu mengidentifikasi komponen pengontrol dalam sistem AC.
2. Mampu memahami sistem operasi sistem kontrol pada AC.

3.1 Sistem Kelistrikan



Gambar 24. Sistem kelistrikan AC (<https://slideplayer.com/slide/1423600/>)

Sistem kelistrikan pada AC (Air Conditioning) terdiri dari beberapa komponen yang berperan dalam menggerakkan dan mengendalikan fungsi-fungsi utama sistem AC. Berikut adalah komponen-komponen penting dalam sistem kelistrikan AC:

3.2 Saklar (Switch)

Saklar digunakan untuk menghidupkan dan mematikan sistem AC. Saklar umumnya terletak di panel kontrol atau remote control AC dan berfungsi sebagai penghubung atau pemutus aliran listrik ke unit AC.

Low pressure switch



Low pressure switch

Low pressure switch (sakelar tekanan rendah) adalah komponen yang digunakan dalam sistem AC untuk melindungi kompresor dari kerusakan akibat tekanan refrigeran yang rendah. Sakelar tekanan rendah ini terhubung ke saluran hisap (sisi rendah) sistem AC dan berfungsi untuk memonitor tekanan refrigeran di dalam sistem.

Fungsi utama low pressure switch adalah sebagai berikut:

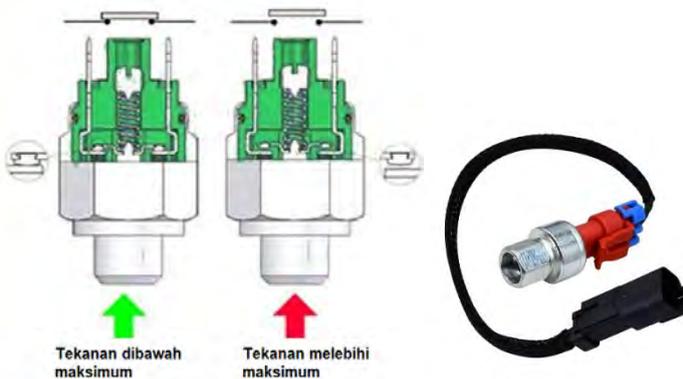
1. Melindungi kompresor: Sakelar tekanan rendah akan mendeteksi tekanan yang rendah dalam sistem AC. Jika tekanan refrigeran turun di bawah ambang batas yang ditentukan, sakelar akan memutuskan aliran listrik menuju kompresor, sehingga menghentikan operasi kompresor. Hal ini dilakukan untuk mencegah kerusakan pada kompresor akibat pengoperasian dalam kondisi tekanan yang rendah.
2. Menjaga kinerja sistem: Tekanan refrigeran yang rendah dapat mengindikasikan adanya masalah dalam sistem AC, seperti kebocoran refrigeran atau kerja yang tidak efisien. Dengan mematikan kompresor saat tekanan rendah terdeteksi, sakelar tekanan rendah membantu menjaga kinerja sistem yang optimal dan menghindari kerusakan lebih lanjut.

Cara kerja low pressure switch adalah sebagai berikut:

1. Sakelar tekanan rendah ditempatkan di saluran hisap (sisi rendah) sistem AC, biasanya dekat dengan evaporator atau kompresor.
2. Ketika AC dihidupkan, kompresor mulai menghisap refrigeran dari saluran hisap.
3. Sakelar tekanan rendah memantau tekanan refrigeran saat masuk ke kompresor.
4. Jika tekanan turun di bawah ambang batas yang ditentukan (misalnya akibat kebocoran refrigeran atau kekurangan refrigeran), sakelar tekanan rendah akan terpicu.
5. Ketika sakelar terpicu, itu akan memutuskan aliran listrik ke kompresor, sehingga menghentikan operasi kompresor.
6. Ketika tekanan refrigeran meningkat kembali di atas ambang batas yang ditentukan, sakelar tekanan rendah akan kembali dalam posisi normal dan memungkinkan aliran listrik ke kompresor, sehingga memungkinkan

High pressure switch

High pressure switch (sakelar tekanan tinggi) adalah komponen yang digunakan dalam sistem AC untuk melindungi kompresor dan komponen lainnya dari tekanan refrigeran yang tinggi. Sakelar tekanan tinggi ini terhubung ke saluran tekanan tinggi (sisi tinggi) sistem AC dan berfungsi untuk memonitor tekanan refrigeran di dalam sistem.



Gambar 25. High pressure switch normally closed

Fungsi utama high pressure switch adalah sebagai berikut:

1. Melindungi kompresor: Sakelar tekanan tinggi akan mendeteksi tekanan yang tinggi dalam sistem AC. Jika tekanan refrigeran naik melebihi ambang batas yang ditentukan, sakelar akan memutuskan aliran listrik menuju kompresor, sehingga menghentikan operasi kompresor. Hal ini dilakukan untuk mencegah kerusakan pada kompresor akibat pengoperasian dalam kondisi tekanan yang berlebihan.
2. Mencegah kerusakan pada sistem: Tekanan refrigeran yang tinggi dapat menandakan adanya masalah dalam sistem AC, seperti kelebihan beban, kelebihan refrigeran, atau hambatan aliran udara yang tidak memadai. Dengan mematikan kompresor saat tekanan tinggi terdeteksi, sakelar tekanan tinggi membantu mencegah kerusakan pada komponen sistem AC dan memastikan kinerja yang aman dan optimal.

Cara kerja high pressure switch adalah sebagai berikut:

Sakelar tekanan tinggi ditempatkan di saluran tekanan tinggi (sisi tinggi) sistem AC, biasanya setelah kondensor dan sebelum ekspansi atau *orifice* tube. Ketika AC dihidupkan, kompresor mulai memompa refrigeran ke dalam saluran tekanan tinggi. Sakelar tekanan tinggi memantau tekanan refrigeran saat keluar dari kondensor dan menuju ke ekspansi atau *orifice* tube.

Jika tekanan naik melebihi ambang batas yang ditentukan (misalnya akibat kelebihan beban atau hambatan aliran udara yang tidak memadai), sakelar tekanan tinggi akan terpicu. Ketika sakelar terpicu, itu akan memutuskan aliran listrik ke kompresor, sehingga menghentikan operasi kompresor. Setelah tekanan refrigeran turun kembali di bawah ambang batas yang ditentukan, sakelar tekanan tinggi akan kembali dalam posisi normal dan memungkinkan aliran listrik ke kompresor, sehingga memungkinkan kompresor untuk beroperasi lagi.

3.3 Relief Valve

High relief valve (ventil tekanan tinggi) adalah sebuah komponen yang digunakan dalam sistem AC atau sistem pendingin lainnya untuk

melindungi sistem dari tekanan berlebih yang dapat membahayakan integritas sistem dan peralatan.



Gambar 26. *Relief valve AC*

Fungsi utama high relief valve adalah sebagai berikut:

1. Mengurangi tekanan berlebih: High relief valve dirancang untuk membuka dan membiarkan refrigeran atau fluida lainnya keluar dari sistem ketika tekanan mencapai batas yang ditentukan. Dengan melepaskan tekanan berlebih, valve ini membantu mencegah kerusakan pada sistem dan komponen-komponennya akibat tekanan yang terlalu tinggi.
2. Mencegah kegagalan sistem: Jika tekanan dalam sistem naik melebihi batas yang aman, high relief valve akan melepaskan tekanan tersebut, mencegah kerusakan pada komponen-komponen penting seperti pipa, kondensor, atau kompresor. Ini juga membantu menjaga sistem bekerja dalam batas tekanan yang diinginkan untuk kinerja yang optimal.
3. Keamanan: High relief valve juga berperan dalam menjaga keamanan operasi sistem. Dalam situasi darurat di mana tekanan sistem meningkat secara drastis, valve ini akan membuka untuk mencegah ledakan atau kerusakan yang lebih serius.

Cara kerja high relief valve:

High relief valve terhubung ke saluran tekanan tinggi (sisi tinggi) sistem AC atau sistem pendingin lainnya. Ketika tekanan di dalam sistem mencapai batas yang ditentukan, high relief valve akan merespon dengan membuka jalur pelepasan. Ketika valve terbuka, refrigeran atau fluida lainnya akan diarahkan melalui jalur pelepasan dan keluar dari sistem. Hal ini akan mengurangi tekanan dalam sistem sehingga menjaga tekanan tetap

dalam batas yang aman. Setelah tekanan turun kembali ke tingkat yang diinginkan, high relief valve akan menutup kembali dan mengizinkan aliran normal refrigeran atau fluida kembali ke dalam sistem.

3.4 Magnetic Clutch

Motor kompresor merupakan komponen utama yang digerakkan oleh listrik. Motor ini bertugas untuk menggerakkan kompresor yang memampatkan refrigeran dan mengubahnya menjadi gas bertekanan tinggi. Dalam AC mobil, compressor tidak digerakkan oleh motor listrik, tetapi digerakkan oleh pulley engine yang dilengkapi dengan magnetic clutch.



Gambar 27. *Magnetic clutch*

Magnetic clutch (kopling magnet) pada AC adalah komponen yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan penggerak (biasanya motor) dengan kompresor pada sistem AC. Magnetic clutch biasanya terdapat pada kompresor AC mobil atau pada kompresor AC yang digunakan dalam aplikasi tertentu.

Fungsi utama magnetic clutch adalah menghubungkan kompresor dengan motor saat diperlukan, misalnya ketika AC dihidupkan atau suhu di dalam ruangan mencapai suhu yang diatur. Ketika clutch diaktifkan, medan magnet yang dihasilkan akan menarik piringan kopling magnet (clutch plate) ke arah kompresor, sehingga menghubungkan kompresor dengan motor. Sebaliknya, ketika clutch dimatikan, medan magnet akan dilepaskan, dan piringan kopling magnet akan kembali ke posisi semula, memutuskan hubungan antara kompresor dan motor.

Cara kerja magnetic clutch pada AC mobil adalah sebagai berikut:

1. Ketika AC dihidupkan atau suhu di dalam mobil mencapai suhu yang diatur, sinyal listrik dari panel kontrol akan dikirim ke magnetic clutch.
2. Sinyal listrik tersebut akan mengaktifkan elektromagnet pada magnetic clutch, sehingga menghasilkan medan magnet yang menarik clutch plate ke arah kompresor.
3. Clutch plate yang ditarik oleh medan magnet akan menyebabkan pulley clutch berputar bersama dengan poros kompresor.
4. Dengan adanya hubungan antara pulley clutch dan poros kompresor, putaran motor akan dialirkan ke kompresor, sehingga kompresor mulai beroperasi dan menghasilkan tekanan tinggi pada refrigeran.
5. Ketika AC dimatikan atau suhu di dalam mobil mencapai suhu yang diatur, sinyal listrik ke magnetic clutch akan diputuskan.
6. Medan magnet pada magnetic clutch akan hilang, sehingga clutch plate kembali ke posisi semula.
7. Pulley clutch tidak lagi terhubung dengan poros kompresor, sehingga putaran motor tidak dialirkan ke kompresor. Kompresor berhenti beroperasi.

Dengan menggunakan magnetic clutch, kompresor AC dapat dihidupkan dan dimatikan secara selektif, sesuai dengan kebutuhan pendinginan yang diatur oleh pengguna. Hal ini membantu menghemat energi dan menjaga efisiensi sistem AC.

3.5 Fan Motor



Gambar 28. Fan (kipas) kondensor dan blower evaporator

Fan Motor (Motor Kipas): AC biasanya memiliki dua motor kipas, yaitu motor kipas evaporator (indoor) dan motor kipas kondensor (outdoor). Motor kipas berfungsi untuk mengalirkan udara melalui evaporator dan kondensor untuk proses pendinginan.

3.6 Kapasitor



Gambar 29. Kapasitor AC

Kapasitor (Capacitor): Kapasitor adalah komponen listrik yang menyimpan energi listrik dan memberikan daya tambahan saat motor memulai putaran. Kapasitor digunakan pada motor kompresor dan motor kipas untuk memberikan lonjakan daya saat memulai operasi. Kapasitor (capacitor) merupakan salah satu komponen kelistrikan AC rumah / AC Split yang berfungsi untuk membantu putara motor listrik.

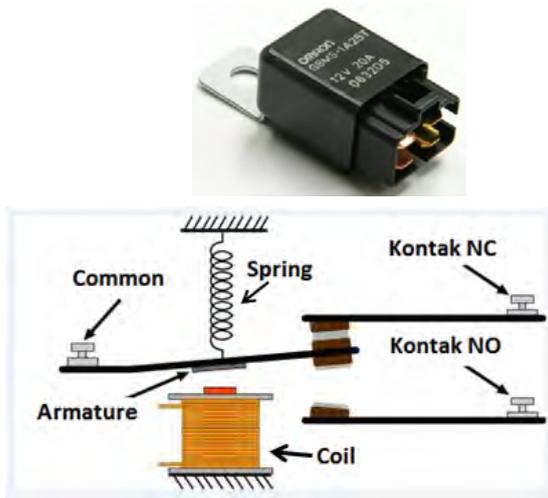
3.7 Thermostat



Gambar 30. Thermostat AC

Thermostat adalah komponen pengendali yang berfungsi untuk mengukur suhu ruangan dan mengatur operasi sistem AC berdasarkan suhu yang diinginkan. Thermostat dapat digunakan untuk menghidupkan atau mematikan sistem AC, mengatur suhu, kecepatan kipas, dan mode operasi

3.8 Relay



Gambar 31. Relay dan sistem kerja relay
(<https://id.quora.com/Bagaimana-cara-kerja-relay>)

Relay adalah saklar elektromagnetik yang digunakan untuk mengendalikan aliran listrik ke komponen-komponen seperti motor kipas dan motor kompresor. Relay bekerja berdasarkan sinyal listrik dari thermostat atau pengendali lainnya.

3.9 Sensor Suhu

Sensor Suhu digunakan untuk mengukur suhu evaporator, kondensor, atau suhu udara di dalam dan di luar ruangan. Informasi suhu dari sensor suhu ini dapat digunakan untuk mengatur kinerja sistem AC secara otomatis.



Gambar 32. Sensor temperatur

3.10 Moisture Indicator



Gambar 33. Moisture indikator

Moisture indicator juga dikenal sebagai sight glass adalah sebuah komponen yang digunakan dalam sistem AC atau sistem pendingin lainnya untuk mengindikasikan adanya kelembaban (moisture) yang terkandung dalam refrigeran atau fluida kerja. Fungsi utamanya adalah untuk memberikan petunjuk visual kepada teknisi atau operator mengenai tingkat kelembaban dalam sistem.

Fungsi dan cara kerja moisture indicator:

Mendeteksi kelembaban: Moisture indicator dirancang dengan adanya zat indikator yang berubah warna ketika terpapar oleh kelembaban. Zat indikator ini biasanya berupa desiccant (pengering) yang mengubah warnanya dari biru menjadi merah muda ketika terkena kelembaban. Moisture indicator biasanya memiliki desain transparan atau terbuat dari kaca untuk memungkinkan pengguna melihat perubahan warna indikator secara visual. Jika warna berubah menjadi merah muda, itu menandakan adanya kelembaban dalam sistem. Perubahan warna pada moisture indicator dapat memberikan petunjuk kepada teknisi atau operator bahwa ada kelembaban yang masuk ke dalam sistem. Kelembaban dapat menyebabkan masalah seperti korosi pada komponen, pembentukan asam, dan penurunan efisiensi sistem. Dengan melihat moisture indicator, tindakan perawatan atau penggantian desiccant dapat dilakukan untuk menghilangkan kelembaban yang ada.

Moisture indicator juga dapat digunakan sebagai alat pemantauan kontinu untuk memeriksa kelembaban dalam sistem. Dengan melihat moisture indicator secara rutin, operator atau teknisi dapat memantau perubahan warna indikator dan mengambil tindakan yang diperlukan jika

terjadi peningkatan kelembaban. Penting untuk dicatat bahwa moisture indicator hanya memberikan indikasi adanya kelembaban dalam sistem. Untuk mengukur secara akurat tingkat kelembaban, perlu digunakan alat pengukur kelembaban yang lebih spesifik. Moisture indicator juga perlu diperiksa dan kalibrasi secara berkala untuk memastikan kinerjanya yang akurat.

3.11 Peralatan Tambahan Pada Rangkaian Kelistrikan AC

Stabilizer putaran mesin pada AC mobil, juga dikenal sebagai idle speed control atau idle air control, adalah sebuah sistem yang digunakan untuk mengendalikan dan mempertahankan putaran mesin pada tingkat yang diinginkan saat AC diaktifkan. Fungsi utamanya adalah untuk menjaga kestabilan putaran mesin agar tidak terlalu rendah atau terlalu tinggi ketika AC sedang beroperasi.

Cara kerja stabilizer putaran mesin pada AC mobil dapat bervariasi tergantung pada jenis sistem yang digunakan. Berikut adalah beberapa komponen atau teknologi yang sering digunakan dalam stabilizer putaran mesin pada AC mobil:

1. Idle Air Control Valve (IAC): IAC valve adalah komponen yang mengatur jumlah udara yang masuk ke dalam mesin saat idle atau putaran rendah. Ketika AC diaktifkan, beban pada mesin meningkat karena penggunaan kompresor AC. IAC valve akan membuka atau menutup untuk mengatur aliran udara tambahan yang diperlukan untuk menjaga putaran mesin tetap stabil.
2. Throttle Body: Pada beberapa sistem, throttle body memiliki peran dalam mengendalikan putaran mesin saat AC diaktifkan. Ketika AC dinyalakan, throttle body dapat sedikit membuka atau menahan posisi throttle untuk mengkompensasi peningkatan beban pada mesin akibat penggunaan AC.
3. Engine Control Unit (ECU): ECU adalah unit kontrol elektronik yang mengendalikan berbagai aspek operasional mesin. Pada beberapa sistem AC mobil, ECU dapat memonitor dan mengatur putaran mesin saat AC diaktifkan. ECU menggunakan sensor-sensor seperti sensor

suhu AC, sensor putaran mesin, dan sensor lainnya untuk menentukan kebutuhan tambahan bahan bakar atau udara untuk menjaga putaran mesin stabil.

4. Feedforward and Feedback Control: Beberapa sistem stabilizer putaran mesin pada AC mobil menggunakan kombinasi pengendalian feedforward dan feedback. Feedforward control memperhitungkan beban tambahan dari AC dan memberikan sinyal kontrol yang memprediksi perubahan putaran yang diharapkan. Feedback control memantau putaran aktual mesin dan melakukan penyesuaian untuk mempertahankan putaran pada tingkat yang diinginkan.

Dengan menggunakan stabilizer putaran mesin pada AC mobil, sistem dapat mengatur putaran mesin secara otomatis dan menjaga kinerja yang stabil saat AC diaktifkan. Hal ini membantu mencegah penurunan putaran yang berlebihan atau peningkatan putaran yang tidak stabil, sehingga memastikan kenyamanan pengemudi dan penumpang.

3.12 AC Control Module



Gambar 34. Kontrol panel AC

Panel kontrol merupakan bagian dari unit indoor AC yang berisi tombol, lampu indikator, layar display, dan kontrol lainnya. Panel kontrol digunakan untuk mengatur pengoperasian dan menampilkan informasi tentang sistem AC. AC control module, juga dikenal sebagai AC control unit atau AC control panel. Modul kontrol AC ini biasanya terletak di dalam kabin kendaraan dan terhubung dengan berbagai sensor dan aktuator AC.

Fungsi utama AC control module adalah untuk mengontrol suhu, kecepatan kipas, mode operasi, dan distribusi udara dalam sistem AC

mobil. Modul ini menerima masukan dari sensor-sensor seperti sensor suhu dalam kabin, sensor suhu pendingin, sensor cahaya matahari, dan lainnya, serta sinyal dari pengaturan yang dilakukan oleh pengemudi melalui panel kontrol AC.

Cara kerja AC control module bervariasi tergantung pada desain dan fitur yang ada, tetapi umumnya melibatkan beberapa aspek berikut:

1. Pengaturan Suhu: Modul kontrol menerima masukan suhu dari sensor suhu dalam kabin dan pengaturan suhu yang dilakukan oleh pengemudi. Berdasarkan masukan ini, modul mengontrol operasi komponen-komponen AC seperti kompresor, katup ekspansi, dan kipas untuk mencapai suhu yang diinginkan dalam kabin.
2. Kecepatan Kipas: Modul kontrol juga mengatur kecepatan kipas AC sesuai dengan preferensi pengemudi atau kondisi suhu yang terdeteksi. Ini dilakukan dengan mengirimkan sinyal ke motor kipas untuk mengubah kecepatannya.
3. Mode Operasi: AC control module memungkinkan pengemudi memilih mode operasi yang diinginkan, seperti pendingin udara, penghangat udara, sirkulasi udara dalam kabin, atau defogger. Modul ini mengendalikan katup dan penyebaran udara untuk mengarahkan aliran udara sesuai dengan mode yang dipilih.
4. Layar dan Kontrol Panel: AC control module sering dilengkapi dengan layar atau panel kontrol yang menampilkan informasi suhu, mode, kecepatan kipas, dan pengaturan lainnya. Pengemudi dapat menggunakan kontrol panel ini untuk mengatur dan mengubah pengaturan AC.

Selain itu, AC control module juga dapat terhubung dengan sistem kendaraan lainnya, seperti sistem kontrol mesin, sistem kontrol kelistrikan, atau sistem navigasi, untuk berbagi informasi dan mengkoordinasikan operasi secara keseluruhan.

Penting untuk dicatat bahwa desain dan fitur AC control module dapat bervariasi antara model kendaraan dan produsen yang berbeda. Oleh

karena itu, spesifikasi dan cara kerja modul kontrol AC dapat berbeda pada setiap kendaraan.

Selain komponen di atas, sistem kelistrikan AC juga melibatkan kabel listrik, konektor, dan perlengkapan perlindungan seperti saklar pengaman (circuit breaker) dan pemutus arus bocor (ground fault circuit interrupter/GFCI) untuk memastikan keselamatan dan perlindungan terhadap gangguan listrik.

3.13 Pengaturan Sistem AC Secara Elektronik

Beberapa kendaraan dilengkapi dengan sistem pengendali elektronik AC dan pemanas untuk menjaga suhu tertentu di dalam kendaraan. Sistem ini menggunakan komputer untuk mengendalikan berbagai komponen, seperti kompresor, katup pemanas, blower, dan pintu ventilasi, untuk mempertahankan suhu yang telah ditentukan. Komponen input dalam sistem kendali elektronik mencakup sensor suhu pendingin, sensor suhu kabin, sensor suhu luar, saklar suhu tinggi, saklar suhu rendah, saklar tekanan rendah, sensor kecepatan kendaraan (untuk mengukur efek dorongan udara), sensor sinar matahari, dan lain sebagainya. Komputer digunakan untuk mengendalikan kinerja sistem AC dan membantu dalam mendiagnosa masalah yang mungkin terjadi. Sistem kendali elektronik ini menggunakan konektor kendaraan untuk berkomunikasi dengan perangkat elektronik lainnya di dalam kendaraan dan alat diagnosa.

Air conditioning control module adalah salah satu komponen penting dalam sistem AC yang bertanggung jawab untuk pemrosesan logis input sistem dan mengontrol output yang diperlukan. Modul kontrol AC ini juga dilengkapi dengan sirkuit input dan output yang terintegrasi. Fungsinya adalah mengatur operasi AC secara keseluruhan dan merekam data diagnosa terkait. Komponen ini biasanya ditempatkan di ruang mesin kendaraan dan bukan di dalam kabin kendaraan.

Electronic Control Modul AC

Modul air conditioning merupakan sebuah mikrokomputer yang berfungsi menerima input dari sirkuit input pada sistem air conditioning dan sirkuit elektronik kendaraan. Input-input tersebut kemudian diproses

dengan instruksi yang sudah terprogram dalam sistem untuk menghasilkan output yang diinginkan. Terdapat dua jenis output yang dihasilkan oleh modul ini. Output pertama adalah yang digunakan untuk mengoptimalkan kinerja sistem dan mengatur siklus komponen sistem agar berjalan dengan baik. Output kedua adalah yang bertujuan melindungi sistem dari kerusakan atau kondisi yang berpotensi merusak sistem.

Modul air conditioning umumnya ditempatkan di dalam kompartemen mesin kendaraan, bukan di dalam kabin. Untuk mengakses modul ini, biasanya menggunakan sistem komunikasi (interface) tertentu (sesuai produsen kendaraan) untuk mengidentifikasi modul air conditioning tersebut.

Input Sistem Elektronik Kontrol Modul

Input-input sistem pada modul pengendali air conditioning terdiri dari sinyal yang dihasilkan oleh thermostat dan switch-switch tekanan. Thermostat switch berperan sebagai unit pengendali utama yang terhubung secara seri dengan on/off switch pada air conditioning utama dan evaporator thermostat. Modul pengendali air conditioning akan mengatur siklus kompresor berdasarkan data masukan dari thermostat. Kontak thermostat akan menutup ketika suhu evaporator melebihi 38°F (3°C) pada sisi atas, dan membuka ketika suhu evaporator kurang dari 32°F (0°C) pada sisi bawah. Fungsi thermostat ini adalah untuk mematikan siklus kompresor ketika bunga es mulai terbentuk pada evaporator.

Switch tekanan juga merupakan input penting pada modul pengendali air conditioning. Terdapat switch tekanan sisi tinggi dan switch tekanan sisi rendah yang memberikan sinyal mengenai nilai tekanan tinggi dan rendah kepada modul pengendali air conditioning. Kedua switch ini dipasang pada saluran pendingin dan memantau tekanan dalam sirkuit air conditioning. Switch-switch tersebut akan menutup pada tekanan rendah dan membuka saat tekanan meningkat.

Untuk mendeteksi kondisi rangkaian terbuka (misalnya, kabel yang rusak), kedua switch tekanan harus dilengkapi dengan resistor yang terhubung secara paralel dengan kontaknya. Tekanan statis dalam sistem

air conditioning yang telah diisi dengan pendingin secara benar akan membuat switch tekanan rendah tetap terbuka secara normal dan switch tekanan tinggi tetap tertutup secara normal. Namun, jika switch tekanan rendah tetap tertutup pada suhu ruangan yang sangat rendah, hal ini mungkin menandakan kehilangan sebagian atau seluruh pendingin. Penting untuk dicatat bahwa sistem air conditioning tidak akan beroperasi jika hal ini terjadi.

Output Sistem Elektronik Kontrol Modul

Output sistem modul air conditioning terdiri dari dua sinyal utama: sinyal permintaan kipas ke ECM engine dan kendali switch untuk compressor clutch pada sistem pendingin. Sinyal permintaan kipas dikirim oleh modul air conditioning kepada ECM engine. Meskipun kipas engine sebenarnya dikendalikan oleh ECM engine, modul air conditioning dapat memberikan permintaan kipas sehingga sistem lain, termasuk sistem air conditioning, dapat meminta kipas untuk beroperasi. Namun, apakah kipas benar-benar berfungsi atau tidak tergantung pada siklus pemrosesan engine pada saat sinyal permintaan diterima.

Kendali switch untuk compressor clutch pada sistem pendingin langsung dikendalikan oleh modul air conditioning. Modul tersebut mengeluarkan sinyal 12 V yang mengaktifkan clutch kompresor. Operasi clutch kompresor sebagian besar dikendalikan oleh modul air conditioning berdasarkan sinyal input thermostat yang diterima. Modul juga memiliki kemampuan untuk memutuskan aliran listrik pada sirkuit clutch kompresor jika terdeteksi kondisi hubungan pendek atau sirkuit terbuka. Modul air conditioning melakukan pengukuran arus dan tegangan untuk menghitung resistansi aktual coil clutch. Jika resistansi yang dihitung di luar batas normal (kurang dari 2 ohm atau lebih dari 12 ohm), modul akan memutuskan aliran listrik pada sirkuit clutch kompresor. Modul akan mencoba untuk mengaktifkan kembali aliran listrik setelah periode waktu tertentu (10-30 detik). Jika resistansi masih diluar batas normal, sirkuit akan terkunci hingga siklus penyalan berikutnya. Saat hal ini terjadi,

modul air conditioning akan mencatat kode kerusakan yang dapat dibaca dengan menggunakan konektor interface yang sesuai.

3.14 Sistem AC dengan *Electronic Control Modul (ECM)*



Gambar 35. Elektronik Control Modul (<https://2023sale.com/>)

Modul pengendali air conditioner yang ada pada unit Caterpillar menggunakan urutan aturan logika berikut ini untuk mengendalikan sistem air conditioning:

1. Delay awal air conditioning: Setelah kunci kendaraan diaktifkan dan engine berjalan di atas 300 rpm, kompresor air conditioning tidak boleh diaktifkan dalam siklus efektif selama 15 detik pertama.
2. Setelah kunci kendaraan diaktifkan dan engine berjalan lebih dari 300 rpm selama 15 detik, kompresor air conditioning diaktifkan selama 15 detik. Pada saat ini, beberapa kondisi harus terpenuhi, antara lain:
 - Switch tekanan tinggi dan rendah tidak menunjukkan kondisi di luar batas atau kerusakan.
 - Tidak ada pesan tekanan udara rendah yang diterima dari databus kendaraan.
 - Tegangan baterai yang terdeteksi oleh modul air conditioning berada dalam rentang 11 volt hingga 16 volt.
 - Tidak ada kode kerusakan yang tercatat yang dapat menghentikan operasi air conditioning, seperti masalah tekanan rendah, sirkuit clutch terbuka, atau sirkuit clutch hubungan singkat.

3. Kontrol kipas: Modul air conditioner membuat permintaan kipas ke ECM engine saat tekanan sisi tinggi melampaui 300 psi. Permintaan ini membuka switch tekanan tinggi dan mengaktifkan kipas secara langsung oleh ECM engine. Ketika tekanan tinggi berhenti dan switch tekanan tinggi menutup, modul AC meminta ECM untuk menjaga kipas aktif selama periode singkat sebelum berhenti. Durasi kipas yang sebenarnya tergantung pada program ECM engine.
4. Kendali clutch air conditioning: Modul air conditioner mengendalikan nyala dan mati clutch air conditioning berdasarkan sinyal input thermostat, dengan memperhatikan kondisi-kondisi berikut:
 - Data dari databus ke engine menunjukkan kecepatan engine lebih besar dari 300 rpm.
 - Siklus on/off clutch harus melebihi 15 detik.
 - Switch tekanan rendah tetap terbuka.
 - Jika switch tekanan tinggi terbuka, clutch air conditioning akan mati setelah beberapa waktu.
 - Tegangan baterai yang terdeteksi oleh sensor lokal berada di atas 11,0 volt.
 - Clutch air conditioning akan mati jika terdeteksi kondisi kelebihan atau kekurangan arus oleh modul air conditioning. Modul akan menunggu selama periode waktu tertentu dan kemudian mencoba menyalakan clutch lagi. Jika kondisi kelebihan atau kekurangan arus masih terjadi, modul akan mematikan sistem hingga siklus penyalaan berikutnya.

Soal Latihan

1. Apa fungsi sistem kelistrikan dalam sistem AC mobil?
2. Bagaimana komponen-komponen utama dalam sistem kelistrikan AC mobil bekerja secara bersama-sama?
3. Jelaskan prinsip kerja saklar tekanan rendah dan tekanan tinggi pada sistem kontrol AC mobil.
4. Apa peran modul pengendali AC dalam sistem kontrol AC mobil?

5. Bagaimana logika pengendalian AC bekerja pada sistem kendali elektronik dalam mobil?
6. Apa yang terjadi jika terjadi kerusakan pada sensor suhu evaporator pada sistem kontrol AC mobil?
7. Jelaskan peran sensor suhu luar dalam pengendalian suhu dalam sistem AC mobil.
8. Bagaimana sistem kontrol AC mobil dapat mendeteksi kelebihan atau kekurangan arus pada clutch kompresor?
9. Apa yang terjadi jika terjadi sirkuit terbuka pada sistem kontrol AC mobil?
10. Jelaskan prosedur penggantian komponen saklar tekanan tinggi pada sistem kontrol AC mobil.

BAB IV

PERALATAN DAN PROSEDUR SERVICE SISTEM PENGKONDISIAN UDARA

Capaian Pembelajaran

Setelah mengikuti kuliah ini mahasiswa diharapkan dapat :

1. Menjelaskan jenis-jenis peralatan service sistem pengkondisian udara.
2. Memahami prosedur servis AC
3. Mampu melakukan servis sistem AC

4.1 Safety pada Sistem AC

Tindakan pengamanan yang harus diikuti saat melakukan servis sistem pendingin udara, menggunakan peralatan pendingin udara, atau menangani refrigeran adalah sebagai berikut:

1. Kenakan kacamata pengaman: Melindungi mata dari kontak langsung dengan refrigeran yang dapat menyebabkan cedera serius.
2. Hindari penggunaan panas berlebihan: Jangan panaskan kontainer refrigeran secara berlebihan selama proses pengisian. Jangan pernah menggunakan panas langsung. Suhu sekitar tabung tidak melebihi 52°C (125°F).
3. Jangan membuang refrigeran ke atmosfer: Pembuangan refrigeran ke atmosfer dapat merusak lapisan ozon bumi. Pastikan untuk memperlakukan refrigeran dengan aman dan mengikuti prosedur pengolahan yang sesuai.
4. Bekerja di tempat yang berventilasi baik: Selalu pastikan Anda bekerja di area yang memiliki ventilasi yang baik. Menghirup refrigeran, bahkan dalam jumlah kecil, dapat menumpuk dan menyebabkan pusing. Refrigeran juga dapat menyebabkan iritasi pada mata, hidung, dan tenggorokan.
5. Hindari pengelasan atau pembersihan dengan pembersih uap: Hindari pengelasan atau pembersihan sistem pendingin udara dengan

pembersih uap (steam). Hal ini dapat menyebabkan bahaya dan kerusakan pada sistem.

6. Hindari campuran dengan udara saat menguji kebocoran: Jangan mencampurkan R-134a dengan udara saat melakukan pengujian kebocoran. Tekanan yang berlebihan dapat terjadi dalam sistem, dan campuran tersebut dapat menyebabkan ledakan.
7. Pastikan katup pengukur tekanan tinggi ditutup saat mengisi sistem: Saat mengisi sistem dengan menjalankan mesin, pastikan katup pengukur tekanan tinggi ditutup dengan benar untuk mencegah kebocoran dan masalah keamanan.

Selalu penting untuk mengikuti prosedur keselamatan yang disarankan oleh produsen, mengenali risiko yang terkait dengan bekerja dengan refrigeran, dan mematuhi peraturan dan standar keselamatan yang berlaku dalam industri tersebut.

Tindakan Keselamatan Pada Penanganan Refrigeran

Tindakan pengamanan berikut harus diikuti ketika bekerja dengan sistem pendingin udara, peralatan pendingin udara, atau penanganan refrigeran:

1. Hindari mengelas di dekat saluran AC, karena panas dapat menyebabkan peningkatan tekanan refrigeran yang berlebihan.
2. Jangan membawa refrigeran dalam kompartemen penumpang kendaraan.
3. Jangan meletakkan refrigeran dekat dengan api, tempat yang memiliki suhu tinggi, atau terkena sinar matahari langsung.
4. Selalu kenakan kacamata pengaman, karena kontak refrigeran dengan mata dapat menyebabkan cedera serius.
5. Jangan menggunakan panas berlebihan pada kontainer/tabung pendingin saat mengisinya. Jangan pernah menggunakan panas secara langsung. Gunakan tempat dengan suhu tidak melebihi 52°C (125°F).
6. Jangan membuang refrigeran ke atmosfer, karena selain berbahaya bagi lapisan ozon bumi, refrigeran tertentu seperti Refrigeran 12 dapat menghasilkan gas yang sangat berbahaya jika terbakar.

7. Selalu bekerja di tempat yang memiliki ventilasi baik. Menghirup refrigeran, bahkan dalam jumlah kecil, dapat menyebabkan pusing. Refrigeran juga dapat menyebabkan iritasi pada mata, hidung, dan tenggorokan.
8. Jangan mencampur R-134a dengan udara untuk tujuan pengujian kebocoran.
9. Pastikan katup pengukur tekanan tinggi ditutup saat mengisi sistem dengan menjalankan mesin.
10. Selalu waspada ketika mesin sedang hidup dan hindari komponen yang berputar.
11. Jangan melakukan pemulihan (recovery) atau transfer pendingin ke dalam tangki pembuangan.
12. Jangan mengisi tangki penyimpanan melebihi 80% dari berat kotor yang diijinkan.

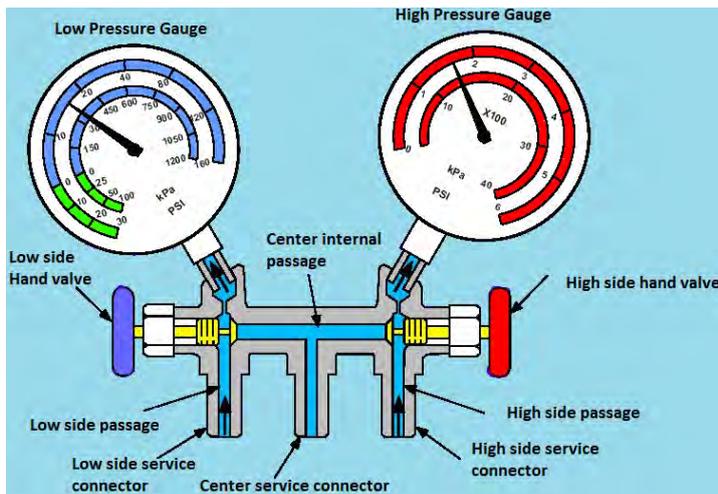
4.2 Manifold Gauge Set



Gambar 36. Manifold gauge set

Manifold gauge set pada AC adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan dan suhu dalam sistem pendingin udara. Fungsi utama dari manifold gauge set adalah sebagai berikut:

1. Mengukur tekanan sistem: Manifold gauge set dilengkapi dengan dua gauge, yaitu gauge tekanan tinggi dan gauge tekanan rendah. Gauge ini memberikan informasi tentang tekanan refrigeran pada bagian tinggi dan rendah sistem AC. Dengan informasi ini, teknisi dapat mengevaluasi kinerja sistem dan menentukan apakah tekanan berada dalam rentang yang aman.
2. Menyambung dan memisahkan sistem AC: Manifold gauge set dilengkapi dengan katup dan konektor yang memungkinkan penyambungan dan pemisahan yang aman antara manifold dan sistem AC. Hal ini memungkinkan teknisi untuk melakukan pengisian atau pengeluaran refrigeran, melakukan pengujian kebocoran, atau melakukan perawatan dan perbaikan pada sistem.



Gambar 37. Bagian-bagian manifold gauge set (autofun.co.id)

Berikut adalah penjelasan singkat tentang masing-masing komponen:

1. Gauge sisi rendah (Low-pressure gauge): Digunakan untuk mengukur tekanan refrigeran pada sisi rendah sistem AC, yaitu pada evaporator atau saat kompresor sedang menarik refrigeran ke dalam sistem.

2. **Manifold:** Merupakan bagian utama yang menghubungkan gauge dan katup-katup pada gauge set. Manifold ini memungkinkan pengukuran tekanan dan suhu secara bersamaan pada sisi rendah dan sisi tinggi sistem.
3. **Gauge sisi tinggi (High-pressure gauge):** Digunakan untuk mengukur tekanan refrigeran pada sisi tinggi sistem AC, yaitu pada kondensor atau saat kompresor sedang mendorong refrigeran ke kondensor.
4. **Katup tangan tekanan tinggi (High-pressure hand valve):** Digunakan untuk mengatur aliran refrigeran pada sisi tinggi sistem AC.
5. **Konektor hose sisi tekanan tinggi (High-pressure hose connector):** Menghubungkan manifold gauge set ke sistem AC pada sisi tekanan tinggi.
6. **Hose bagian tengah (Center hose):** Menghubungkan manifold gauge set ke sumber eksternal, misalnya tabung refrigeran, untuk pengisian atau pengeluaran refrigeran.
7. **Konektor hose sisi tekanan rendah (Low-pressure hose connector):** Menghubungkan manifold gauge set ke sistem AC pada sisi tekanan rendah.
8. **Katup tangan tekanan rendah (Low-pressure hand valve):** Digunakan untuk mengatur aliran refrigeran pada sisi rendah sistem AC.

4.3 *Electronic Leak Detector*



Gambar 38. *Electronic leak detector*

Electronic leak detector (detektor kebocoran elektronik) adalah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi kebocoran pada berbagai sistem, termasuk kebocoran refrigeran pada sistem AC. Detektor ini dirancang khusus untuk mengidentifikasi keberadaan gas refrigeran, seperti R134a, R410a, atau R22, yang umum digunakan dalam sistem pendingin udara dan pendingin.

Detektor kebocoran elektronik bekerja berdasarkan prinsip deteksi gas. Perangkat ini menggunakan sensor atau probe yang dapat merasakan keberadaan gas refrigeran dalam udara sekitar. Ketika detektor bersentuhan dengan gas refrigeran, detektor tersebut akan menghasilkan alarm berupa suara dan/atau indikator visual untuk memberi tahu pengguna tentang adanya kebocoran.

Detektor biasanya menggunakan baterai atau memiliki baterai isi ulang. Sebelum menggunakan detektor, pastikan baterainya terisi penuh atau pasang baterai baru. Beberapa detektor kebocoran elektronik memerlukan kalibrasi sebelum digunakan. Kalibrasi melibatkan penyesuaian sensitivitas detektor untuk memastikan deteksi yang akurat. Ikuti petunjuk kalibrasi dari pabrikan, jika diperlukan.

Sensor atau probe detektor ditempatkan di dekat sumber kebocoran yang dicurigai atau di sekitar komponen sistem AC. Hal ini bisa mencakup area seperti saluran refrigeran, fitting, katup, atau sambungan. Detektor diaktifkan, baik dengan menekan tombol atau sakelar, atau dengan mengikuti instruksi yang spesifik dari pabrikan. Setelah diaktifkan, detektor mulai menganalisis udara untuk mendeteksi keberadaan gas refrigeran.

Saat detektor memindai udara sekitar, detektor terus-menerus memantau tingkat gas refrigeran. Jika ada kebocoran terdeteksi, detektor akan menghasilkan alarm, seperti bunyi berdering atau indikator visual, untuk memberi tahu pengguna. Intensitas alarm mungkin akan meningkat ketika detektor mendekati sumber kebocoran. Ketika kebocoran terindikasi, penting untuk memverifikasi lokasi kebocoran dengan

menggunakan metode tambahan, seperti inspeksi visual atau menggunakan larutan berbusa untuk mengidentifikasi sumber kebocoran secara tepat.

Detektor kebocoran elektronik yang berbeda dapat memiliki tingkat sensitivitas dan kemampuan deteksi yang beragam. Beberapa detektor mungkin juga memiliki fitur tambahan, seperti pengaturan sensitivitas yang dapat disesuaikan. Ketika menggunakan detektor kebocoran elektronik, penting untuk mengikuti petunjuk dari pabrikan, memastikan pemeliharaan dan kalibrasi yang tepat, serta memahami batasan dan kondisi operasi dari perangkat yang digunakan.

4.4 Tabung refrigeran



Gambar 39. Tabung refrigeran (<https://www.sekolahotomasi.com/>)

Tabung/tangki refrigeran adalah wadah atau tabung yang digunakan untuk menyimpan refrigeran dalam sistem AC atau sistem pendingin lainnya. Tangki ini biasanya terbuat dari logam atau bahan bertekanan tinggi yang aman untuk menyimpan refrigeran. Fungsi utama tangki refrigeran adalah sebagai tempat penyimpanan dan penyaluran refrigeran. Ketika sistem AC perlu diisi atau diisi ulang dengan refrigeran, refrigeran cair dapat dituangkan ke dalam tangki melalui saluran pengisian. Selama operasi normal, refrigeran cair dapat ditarik atau dialirkan keluar dari tangki melalui saluran yang terhubung ke sistem.

Tangki refrigeran juga dapat dilengkapi dengan berbagai komponen tambahan, seperti katup pengisian dan pengeluaran, manometer untuk mengukur tekanan, dan pelindung kelebihan tekanan untuk menjaga tekanan dalam batas yang aman.

4.5 Unit recovery



Gambar 40. Peralatan Evakuasi dan Pengisian Refrigeran

Unit *recovery-evacuate-recharge* AC adalah perangkat atau sistem yang digunakan untuk mengambil refrigeran dari sistem AC yang ada, mengevakuasi udara dan kelembapan dari sistem, dan mengisi ulang atau mengisi kembali sistem AC dengan refrigeran yang tepat. Proses ini biasa dilakukan saat melakukan perawatan atau perbaikan pada sistem AC, seperti mengganti komponen yang rusak, melakukan pemeliharaan rutin, atau mengisi ulang refrigeran yang hilang.

Berikut adalah langkah-langkah umum dalam proses *recovery-evacuate-recharge* AC:

1. *Recovery* (Pemulihan): Unit recovery digunakan untuk mengambil refrigeran yang ada dalam sistem AC. Ini dilakukan dengan menghubungkan unit recovery ke sistem dan menarik refrigeran dari unit AC ke dalam tangki penyimpanan pada unit recovery. Tujuannya adalah untuk mengeluarkan refrigeran yang ada secara aman dan memisahkannya untuk pengolahan lebih lanjut.
2. *Evacuate* (Pengisian Udara dan Kelembapan): Setelah refrigeran diambil, langkah berikutnya adalah mengevakuasi udara dan kelembapan dari sistem AC. Ini dilakukan dengan menggunakan pompa vakum yang kuat untuk menciptakan tekanan rendah dalam

sistem. Proses pengisian udara dan kelembapan ini penting karena udara dan kelembapan dapat mengganggu kinerja dan keandalan sistem AC.

3. *Recharge* (Pengisian Ulang): Setelah sistem AC dikosongkan dan dievakuasi, langkah terakhir adalah mengisi ulang atau mengisi kembali sistem dengan refrigeran yang sesuai. Ini dilakukan dengan menghubungkan tabung refrigeran yang tepat ke sistem AC dan memasukkan refrigeran ke dalam sistem dengan menggunakan katup pengisian yang terkontrol. Jumlah dan jenis refrigeran yang digunakan harus sesuai dengan spesifikasi pabrik dan panduan produsen.

Penting untuk menggunakan unit recovery-evacuate-recharge AC yang sesuai dan mengikuti panduan produsen serta peraturan yang berlaku dalam melakukan proses ini. Hal ini untuk memastikan keamanan, kualitas kerja, dan kinerja optimal sistem AC.

4.6 Vacuum Pump



Gambar 41. Pompa vakum

Pompa vakum AC, juga dikenal sebagai pompa vakum refrigeran, adalah perangkat yang digunakan dalam sistem AC untuk menghilangkan udara dan kelembapan dari sistem. Pompa vakum menciptakan tekanan rendah di dalam sistem AC, memungkinkan udara dan kelembapan terhisap keluar melalui saluran vakum.

Pompa vakum digunakan untuk mengosongkan sistem AC dari udara dan kelembapan. Udara dan kelembapan yang terperangkap dalam sistem dapat mengganggu kinerja dan keandalan AC. Menghilangkan udara dan

kelembapan penting untuk mencapai vakum yang tinggi dalam sistem sebelum mengisi ulang dengan refrigeran.

Pompa vakum bekerja dengan prinsip dasar bahwa gas akan bergerak dari daerah dengan tekanan tinggi ke daerah dengan tekanan rendah. Ketika pompa vakum diaktifkan, ia menciptakan ruang hampa atau tekanan rendah di dalam sistem AC. Udara dan kelembapan yang ada dalam sistem kemudian terhisap oleh pompa vakum melalui saluran vakum dan dikeluarkan dari sistem.

Pompa vakum AC umumnya digunakan dalam situasi berikut:

- Ketika menginstal sistem AC baru: Sebelum mengisi refrigeran ke dalam sistem yang baru diinstal, pompa vakum digunakan untuk menghilangkan udara dan kelembapan dari sistem.
- Ketika melakukan perawatan dan perbaikan: Pompa vakum digunakan saat mengganti komponen, memperbaiki kebocoran, atau melakukan perawatan pada sistem AC untuk mengosongkan sistem dari udara dan kelembapan sebelum mengisi ulang dengan refrigeran.
- Ketika melakukan pengisian ulang refrigeran: Setelah sistem AC diperbaiki atau diperiksa, pompa vakum dapat digunakan untuk menghilangkan udara dan kelembapan yang mungkin masuk ke dalam sistem saat melakukan pengisian ulang refrigeran.
- Semua refrigerant harus dievakuasi dari dalam sistem sebelum menghubungkan pompa vakum.

4.7 Timbangan Pengisian Refrigerant



Gambar 42. Skala (timbangan) pengisian refrigerant

Timbangan refrigeran, juga dikenal sebagai timbangan charging, adalah perangkat yang digunakan dalam sistem AC untuk mengukur dan mengontrol jumlah refrigeran yang ditambahkan ke dalam sistem. Timbangan ini membantu memastikan bahwa jumlah refrigeran yang dimasukkan sesuai dengan spesifikasi pabrik dan tidak melebihi batas yang ditentukan.

Timbangan refrigeran digunakan untuk mengukur berat refrigeran yang ditambahkan atau dihapus dari sistem AC. Ini memungkinkan teknisi untuk mengisi ulang refrigeran dengan jumlah yang tepat sesuai dengan spesifikasi produsen. Hal ini penting untuk menjaga kinerja dan efisiensi sistem AC serta mencegah kerusakan yang disebabkan oleh kekurangan atau kelebihan refrigeran.

Timbangan refrigeran umumnya menggunakan teknologi digital untuk memberikan pembacaan yang akurat. Mereka dilengkapi dengan sensor beban yang dapat mendeteksi berat refrigeran yang ditempatkan di atasnya. Ketika refrigeran ditambahkan atau dihapus dari sistem, timbangan akan memberikan pembacaan berat yang terkait.

Ketika melakukan pengisian ulang refrigeran pada sistem AC yang bocor atau yang membutuhkan penambahan refrigeran, timbangan refrigeran digunakan untuk mengukur jumlah refrigeran yang ditambahkan dengan tepat. Demikian juga ketika melakukan pemindahan refrigeran dari satu wadah ke wadah lain, timbangan refrigeran digunakan untuk memastikan bahwa jumlah refrigeran yang dipindahkan sesuai dengan kebutuhan.

Soal Latihan

1. Sebutkan bagian-bagian dari manifold gauge set!
2. Jelaskan fungsi dari moisture indicator pada mesin AC!
3. Mengapa udara harus dievakuasi dari sistem sebelum dilakukan pengisian?
4. Jelaskan cara menggunakan leak detector elektronik!
5. Jelaskan alasan mengapa tangki refrigerant tidak boleh diisi lebih dari 80 % kapasitas maksimumnya?

6. Mengapa penggunaan vacuum pump penting dalam proses pengisian refrigeran pada AC?
7. Bagaimana cara menggunakan alat vacuum gauge dalam memeriksa tekanan vakum pada sistem AC?
8. Mengapa penggunaan vacuum pump penting dalam proses pengisian refrigeran pada AC?

BAB V

UJI KINERJA SISTEM PENGKONDISIAN UDARA

Capaian Pembelajaran

Setelah mengikuti kuliah ini mahasiswa diharapkan dapat :

1. Memahami cara melakukan uji kinerja mesin AC.
2. Dapat mendemonstrasikan uji kinerja mesin AC

5.1. Inspeksi Visual Saat Mesin Mati

Pemeriksaan visual pada AC saat mesin mati dapat melibatkan beberapa langkah berikut:

1. Periksa kondisi fisik komponen:

Periksa kondisi fisik komponen AC seperti kondensor, evaporator, selang-selang, dan pipa-pipa untuk memastikan tidak ada kerusakan fisik seperti retak, kebocoran, atau kerusakan struktural lainnya.

2. Periksa kebersihan komponen: Pastikan komponen-komponen seperti kondensor dan evaporator tidak terlalu kotor atau terhalang oleh kotoran atau debu yang dapat menghambat aliran udara. Bersihkan jika diperlukan.

3. Penggerak kompresor belt mungkin rusak atau longgar. Sabuk penggerak yang telah rusak harus diganti. Saat memasang sabuk baru atau menyetel sabuk yang longgar, gunakan alat pengukur ketegangan sabuk

4. Periksa kondisi kabel dan sambungan: Periksa kondisi kabel-kabel dan sambungan elektrik pada AC untuk memastikan tidak ada kabel yang terkelupas, rusak, atau sambungan yang longgar.

5. Periksa keberadaan kelembaban atau korosi: Periksa apakah ada tanda-tanda kelembaban yang berlebihan atau korosi pada komponen-komponen AC, terutama di sekitar konektor dan sambungan elektrik. Kelembaban berlebih atau korosi dapat menunjukkan adanya kebocoran atau masalah lain dalam sistem.

6. Periksa level refrigeran: Jika Anda memiliki akses ke bagian tangki refrigeran, periksa level refrigeran untuk memastikan bahwa ada cukup refrigeran dalam sistem.
7. Periksa kebersihan blower. Evaporator blower atau kipas hanya dapat berfungsi secara efektif ketika saluran udaranya bersih. Kondensasi dapat menyebabkan kotoran dan debu menempel di sisi blower evaporator. Kotoran dan debu tersebut membentuk lapisan yang menghambat aliran udara di evaporator. Lapisan ini perlu dibersihkan.
8. Periksa sirkulasi udara segar dan filter udara. Jika diperlukan, bersihkan atau ganti filter.
9. Periksa motor blower untuk memastikan operasinya yang baik. Uji motor blower pada semua kecepatan. Jika diperlukan, nyalakan saklar kunci untuk memberikan daya pada motor blower. Perbaiki jika aliran udara tidak meningkat ketika posisi kontrol/saklar dipindahkan dari kecepatan rendah ke tinggi. Perbaiki juga jika motor berisik atau gagal beroperasi pada beberapa kecepatan.
10. Periksa semua saluran udara dan kontrol/louver. Pastikan bahwa kontrol dapat bergerak dengan bebas tanpa ada hambatan atau kekakuan yang mengganggu.

5.2 Pemeriksaan pada Saat Operasi

Berikut ini adalah langkah-langkah pemeriksaan AC pada saat mesin hidup:

1. Nyalakan mesin mobil dan pastikan AC dalam kondisi aktif.
2. Periksa suhu udara yang keluar dari ventilasi AC. Pastikan udara yang keluar memiliki suhu yang sesuai dengan pengaturan AC. Jika udara terasa tidak cukup dingin atau tidak ada udara yang keluar sama sekali, ada kemungkinan ada masalah pada sistem AC.
3. Perhatikan suara yang dihasilkan oleh kompresor AC. Pastikan tidak ada suara berisik atau tidak normal yang berasal dari kompresor. Jika ada suara yang mencurigakan, perlu diperiksa lebih lanjut oleh teknisi AC.

4. Perhatikan apakah AC mengeluarkan bau yang tidak sedap. Bau yang tidak normal bisa menjadi tanda adanya masalah pada sistem AC, seperti kebocoran refrigeran atau bakteri yang berkembang dalam sistem. Jika ada bau yang mencurigakan, sebaiknya periksa oleh teknisi AC.
5. Periksa apakah AC mengembun atau bocor di dalam kendaraan. Jika ada tanda-tanda kelembaban berlebih atau air yang bocor di dalam kendaraan, hal ini dapat menunjukkan adanya masalah dengan sistem drainase atau kondensasi AC.
6. Perhatikan apakah AC menghasilkan getaran yang tidak normal. Getaran yang kuat atau tidak normal dapat menunjukkan adanya masalah pada komponen AC, seperti kipas blower atau kompresor.
7. Periksa pengaturan AC dan pastikan semua tombol, sakelar, atau kontrol berfungsi dengan baik. Pastikan AC dapat diatur sesuai dengan keinginan, termasuk pengaturan suhu, kecepatan kipas, dan mode AC (misalnya, AC atau sirkulasi udara).
8. Amati apakah AC menurunkan suhu secara efektif dan membuat kendaraan terasa nyaman. Perhatikan perbedaan temperatur antara udara yang keluar dari saluran udara AC dan udara ambien (lingkungan sekitar).

Tabel 2. Hubungan suhu lingkungan dengan perbedaan minimal

Suhu Lingkungan (C°)	Perbedaan Minimal (C°)
< 24	11
24-32	14
> 32	17

Perbedaan temperatur yang diukur memberikan indikasi tentang kinerja pendinginan AC. Jika perbedaan temperatur tidak memenuhi persyaratan minimal seperti yang disebutkan di atas, mungkin ada masalah pada sistem AC, seperti kekurangan refrigeran, masalah pada kompresor, atau masalah lainnya yang perlu diperiksa dan diperbaiki.

5.3 Pemeriksaan Menggunakan Manifold Gauge Set

Berikut ini adalah langkah-langkah pemeriksaan AC menggunakan gauge set:

1. Pasang gauge set pada sistem AC. Pastikan koneksi antara gauge set dan sistem AC terpasang dengan benar.
2. Hidupkan mesin kendaraan dan naikkan kecepatan mesin menjadi sekitar 1000 rpm.
3. Hidupkan sistem pendingin udara (AC) di dalam kendaraan.
4. Pindahkan pengatur temperatur AC ke posisi maksimum.
5. Pindahkan switch kipas ke posisi TINGGI untuk mengatur kecepatan kipas AC.
6. Biarkan AC beroperasi selama 10-15 menit untuk mencapai kondisi stabil.
7. Tingkatkan kecepatan mesin menjadi 1300-1400 rpm dan lakukan pemeriksaan AC.
8. Bandingkan tekanan buangan (*discharge*) dan tekanan hisap (*suction*) pada set manifold gauge dengan rentang tekanan yang terdapat pada Tabel 3 untuk menentukan apakah sistem berfungsi dengan benar untuk suhu lingkungan saat ini.

Tabel 3. Range tekanan tinggi dan rendah untuk R134a

Temperatur sekitar C° F°)	Tekanan Tinggi kPa (psi)	Tekanan Rendah kPa (psi)
21°C (70°F)	820 - 1300 (120 - 190)	70 - 138 (10 - 20)
27°C (80°F)	950 - 1450 (140 - 210)	70 - 173 (10 - 25)
32°C (90°F)	1175 - 1650 (170 - 240)	105 - 210 (15 - 30)
38°C (100°F)	1300 - 1850 (190 - 270)	105 - 210 (15 - 30)
43°C (110°F)	1450 - 2075 (210 - 300)	105 - 210 (15 - 30)

5.4 Praktek Uji Kinerja AC

Praktek uji kinerja bisa dilakukan dengan alat simulasi AC atau langsung ke unit sesungguhnya. Berikut ini adalah beberapa poin yang perlu diperiksa dalam pemeriksaan sistem operasi AC.

1. Hubungkan sistem AC ke manifold gauge set tanpa menghidupkan AC terlebih dahulu.
2. Periksa tekanan pada sisi pengukur tinggi (gauge merah).
3. Periksa tekanan pada sisi pengukur rendah (gauge biru).

Menyalakan unit mesin:

1. Pasang AC ke sumber listrik 220 volt.
2. Nyalakan kunci switch.
3. Nyalakan switch daya AC evaporator.
4. Nyalakan kipas kondensor.
5. Nyalakan unit evaporator AC.
6. Atur pengaturan suhu ke posisi maksimum.
7. Atur kontrol kecepatan motor blower ke posisi tinggi.
8. Operasikan selama 5 menit.
9. Periksa pembacaan tekanan pada sisi tinggi gauge.
10. Periksa pembacaan tekanan pada sisi rendah gauge.
11. Bandingkan dengan tekanan yang tertera pada buku panduan servis.
12. Periksa suhu jalur refrigeran dari kondensor ke tabung *orifice*.

Pemeriksaan ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem pendinginan AC beroperasi dengan benar. Pengetahuan tentang hubungan antara tekanan dan suhu sangat penting untuk menentukan apakah ada perbedaan tekanan pada kedua sisi tabung *orifice*. Hasil pemeriksaan akan menjadi indikasi awal apakah sistem pendinginan berfungsi dengan baik.

Soal Latihan

1. Bagaimana suhu pada jalur kondensasi ke *orifice*?
2. Bagaimana suhu jalur pendingin dari tabung *orifice* ke evaporator.
3. Jelaskan mengapa ada perbedaan suhu tersebut.
4. Bagaimana hasil uji tekanan dan temperature yang telah dilakukan?
5. Mengapa tekanan sama saat unit AC mati?

BAB VI

TES KEBOCORAN DAN PENGISIAN REFRIGERAN

Capaian Pembelajaran

Setelah mengikuti kuliah ini mahasiswa dapat :

1. Memahami prosedur tes kebocoran dan pengisian refrigerant
2. Melakukan vakum dan tes kebocoran dengan benar
3. Melakukan pengisian refrigeran kedalam system AC dengan prosedur yang benar.

6.1 Test Kebocoran Pada Sistem AC Mobil

Siklus pendingin AC merupakan suatu rangkaian tertutup. oleh sebab itu kebocoran sekecil apapun akan dapat mengurangi kinerja dari sistem tersebut. Pengetesan kebocoran paska pengisian merupakan prosedur yang sangat lazim dilakukan untuk memberikan pelayanan yang optimal bagi pelanggan. Tes kebocoran AC biasanya dilakukan untuk memeriksa apakah sistem AC mengalami kebocoran refrigeran. Berikut adalah beberapa metode umum yang digunakan untuk tes kebocoran AC:

Penggunaan detektor kebocoran elektronik:

Detektor kebocoran elektronik adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi kebocoran refrigeran dalam sistem AC. Alat ini mendeteksi adanya partikel refrigeran yang terlepas ke udara dan menghasilkan sinyal suara atau visual untuk mengindikasikan kebocoran. Detektor ini digunakan dengan mengarahkannya ke area yang mungkin mengalami kebocoran, seperti konektor pipa, katup, atau sambungan.

Berikut adalah langkah-langkah umum untuk menggunakan detektor kebocoran elektronik dalam tes kebocoran AC:

1. Pastikan detektor kebocoran elektronik dalam kondisi yang baik dan terkalibrasi dengan benar sesuai petunjuk produsen.

2. Pastikan sistem AC mati dan tidak beroperasi. Hal ini penting untuk menghindari interferensi dan mendapatkan pembacaan yang akurat.
3. Nyalakan detektor kebocoran elektronik dan biarkan alat menghangat selama beberapa menit sesuai petunjuk produsen.
4. Atur sensitivitas detektor sesuai kebutuhan. Biasanya, sensitivitas dapat disesuaikan untuk mendeteksi kebocoran yang lebih kecil atau lebih besar. Ikuti petunjuk produsen untuk mengatur sensitivitas dengan benar.
5. Mulailah dengan memeriksa area-area yang rentan terhadap kebocoran, seperti sambungan pipa, katup, atau bagian lain yang mungkin memiliki celah atau retakan. Arahkan ujung detektor ke area tersebut dengan hati-hati.
6. Perlahan-lahan pindahkan detektor kebocoran di sekitar area yang sedang diperiksa. Pastikan untuk mengarahkan ujung detektor ke permukaan yang diharapkan ada kebocoran, dan jaga jarak yang tepat sesuai dengan petunjuk produsen.
7. Perhatikan tanda-tanda indikasi kebocoran pada detektor kebocoran elektronik. Ini bisa berupa perubahan suara atau sinyal visual seperti lampu indikator atau layar yang menunjukkan keberadaan refrigeran.
8. Jika detektor kebocoran elektronik menunjukkan indikasi kebocoran, perhatikan area yang terduga dengan lebih cermat. Bisa jadi ada retakan kecil atau celah yang menyebabkan kebocoran refrigeran.
9. Setelah selesai, matikan detektor kebocoran elektronik dan pastikan untuk membersihkan dan menyimpan alat dengan baik sesuai petunjuk produsen.

Penggunaan sabun busa

Metode ini melibatkan pengaplikasian larutan sabun busa pada area yang dicurigai mengalami kebocoran, seperti sambungan pipa atau katup. Jika ada kebocoran, gelembung sabun akan terbentuk di area tersebut.



Gambar 43. Tes kebocoran dengan busa (wikihow.com)

6.2 Pengisian Refrigeran Pada Sistem AC Mobil

Refrigeran (Zat Pendingin)

Refrigeran atau zat pendingin adalah zat yang digunakan dalam sistem pendingin untuk menyerap panas dan mengalami perubahan wujud dari cair menjadi gas. Refrigeran yang banyak digunakan saat ini dan lebih ramah terhadap lapisan ozon serta memiliki efektivitas pendinginan yang baik adalah HFC 134a.

Pelumas Kompresor

Pelumas kompresor digunakan untuk melumasi bantalan dan permukaan yang saling bersekesan dalam kompresor. Pelumas ini beredar bersama dengan refrigeran dalam sistem. Diperlukan jenis oli khusus yang dirancang untuk digunakan dalam kompresor.

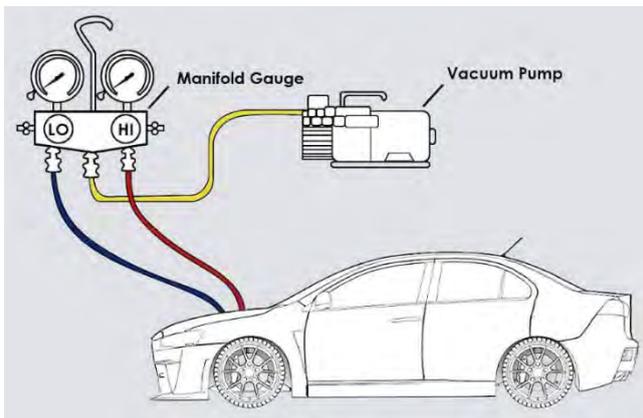
Oli kompresor memiliki berbagai jenis dan tingkatan yang diolah sedemikian rupa untuk menghindari pembentukan busa atau kerusakan akibat sulfur. Jenis dan jumlah oli kompresor yang digunakan tergantung pada jenis refrigeran yang digunakan. Secara umum, untuk refrigeran HFC 134a, digunakan pelumas PAG (Poly Alkylene Glycol) atau pelumas ester.

Jumlah oli kompresor yang diperlukan dapat bervariasi tergantung pada situasinya. Sebagai contoh, ketika pemasangan baru, diperlukan sekitar 100 cc oli kosong. Untuk penggantian komponen seperti receiver

drier, kondensor, atau evaporator, jumlah oli yang diperlukan berkisar antara 10-50 cc, tergantung pada komponen yang diganti.

6.3 Pengosongan sistem AC

Sebelum mengisi Refrigeran sistem rangkaian harus dalam keadaan kosong. tidak ada udara ataupun uap air yang tersisa didalamnya. Untuk mengosongkan sistem rangkaian ini lakukanlah langkah pengosongan dengan menggunakan alat vacuum pump.



Gambar 44. Pemasangan manifold gauge ke pompa vakum (sekolahkami.com)

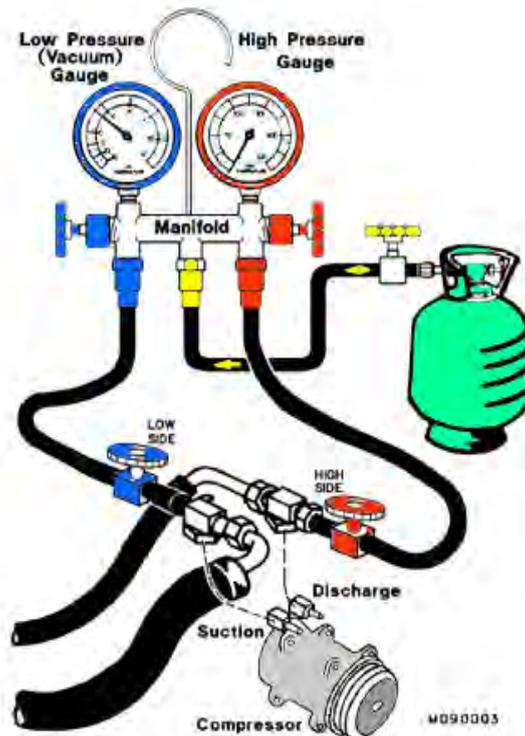
Prosedur Pengosongan:

1. Tutup kedua katup pada Manifold Gauge.
2. Pasang Manifold Gauge ke kompresor dengan selang merah ke nipel tekanan tinggi, selang biru ke nipel tekanan rendah, dan selang kuning ke pompa Vacuum. (lihat gambar)
3. Buka salah satu katup pada Manifold Gauge dan hidupkan pompa Vacuum.
4. Perhatikan pembacaan pada vakum gauge, pastikan angkanya mencapai -600 mmHg (23,62 inHg, 80 kPa).
5. Perhatikan kembali pembacaan pada vakum gauge, pastikan sistem bebas dari udara dan uap air dengan angka penunjuk pada -750 mmHg (29.53 inHg, 99,98 kPa).
6. Biarkan pompa Vacuum tetap beroperasi selama sekitar 30 menit.

7. Tutup kedua katup pada Manifold Gauge sebelum mematkan pompa vacuum.
8. Tunggu selama sekitar 15 menit dan perhatikan angka penunjuk meteran. Jika ada penurunan angka, ini menandakan masih terjadi kebocoran dalam sistem rangkaian.
9. Gunakan alat deteksi kebocoran untuk mencari dan memperbaiki kebocoran yang ditemukan.

6.4 Prosedur pengisian refrigerant

Pastikan APD (Alat Pelindung Diri) yang sesuai digunakan. Pastikan Anda memakai perlengkapan keamanan yang tepat, seperti kacamata pelindung, sarung tangan, dan pakaian pelindung.



Gambar 45. Skema pemasangan alat saat proses pengisian (<https://alatberat1985.blogspot.com/>)

Langkah persiapan pengisian adalah sebagai berikut :

1. Pastikan rangkaian sistem masih terpasang dengan benar.
2. Pastikan refrigeran yang sesuai dengan jenis dan jumlah yang direkomendasikan oleh produsen kendaraan atau peralatan.
3. Pastikan tidak ada alat lain di sekitar mesin untuk mencegah kecelakaan.
4. Pastikan tabung refrigeran menghadap ke atas agar refrigeran keluar dalam bentuk gas. Jika tersedia, letakkan tabung refrigerant diatas timbangan untuk mengetahui berat refrigerant yang akan dimasukkan kedalam sistem.
5. Pasang selang merah (tekanan tinggi) dan biru (tekanan rendah) pada tabung refrigeran seperti yang ditunjukkan dalam gambar.
6. Sambungkan selang warna kuning ke tabung refrigeran.
7. Sebelum memasang selang ke manifold, buang udara yang ada di dalam slang dengan cara membuka katub tabung refrigerant dan membiarkan refrigerant mendorong udara dalam slang terbuang keluar. Setelah udara keluar (ditandai dengan keluarnya refrigeran), pasang ujung selang yang dari tabung refrigerant ke manifold bagian tengah. Udara adalah kontaminan dalam sistem AC sehingga tidak boleh ada udara yang ikut masuk pada saat pengisian refrigerant.

Langkah Pengisian system

1. Pastikankedua hand valve manifold gauge tertutup rapat, baik tekanan rendah dan tinggi.
2. Nyalakan mesin 1500 – 1700 rpm dan biarkan beberapa menit untuk pemanasan.
3. Hidupkan switch AC, dan perhatikan pengukur tekanan pada manifold gauge. Tanda merah harus menunjukkan tekanan tinggi dan tanda biru harus menunjukkan tekanan rendah, tetapi bukan vakum.
4. Perlahan-lahan isi refrigeran ke dalam sistem dengan mengendalikan aliran menggunakan katup pada manifold gauge set. Jaga agar tekanan rendah berada dibawah 40 psi. Besar atau kecilnya pembukaan akan mempengaruhi jumlah refrigeran yang mengalir dalam sistem.

5. Sambil mengisi refrigeran, pantau timbangan dan tekanan pada manifold gauge set dan pastikan tekanan mencapai tingkat yang direkomendasikan.

Tabel 4. Range tekanan tinggi dan rendah untuk R134a

Temperatur sekitar C° F°)	Tekanan Tinggi kPa (psi)	Tekanan Rendah kPa (psi)
21°C (70°F)	820 - 1300 (120 - 190)	70 - 138 (10 - 20)
27°C (80°F)	950 - 1450 (140 - 210)	70 - 173 (10 - 25)
32°C (90°F)	1175 - 1650 (170 - 240)	105 - 210 (15 - 30)
38°C (100°F)	1300 - 1850 (190 - 270)	105 - 210 (15 - 30)
43°C (110°F)	1450 - 2075 (210 - 300)	105 - 210 (15 - 30)

6. Isikan refrigerant sesuai dengan kapasitas mesin (spesifikasi). Jika kapasitas tidak diketahui, perhatikan nilai tekanan. Isi refrigerant sampai tekanan tinggi dan tekanan rendah mencapai spesifikasinya. Perhatikan indikator kaca dan ketika jumlah gelembung semakin sedikit dan lembut, itu menunjukkan bahwa pengisian sudah cukup.
7. Setelah mencapai tekanan yang tepat, tutup katup pada tabung refrigeran dan pada manifold gauge set.
8. Matikan sistem AC dan lepaskan manifold gauge set dari sistem.

Soal Latihan

1. Praktekkan cara mengisi Refrigeran dengan urutan yang benar.
2. Lakukan test kebocoran dengan menggunakan peralatan yang memungkinkan.

BAB VII

TROUBLESHOOTING PADA SISTEM AC

Capaian Pembelajaran

Setelah mengikuti kuliah ini mahasiswa memahami permasalahan dalam kinerja mesin AC, dapat menyebutkan ciri-ciri siklus pendingin yang tidak normal, penyebab dan pemecahannya.

7.1 Refrigerant Kurang

Pada kondisi ini, terlihat gejala sebagai berikut:

1. Udara yang keluar dari sistem pendingin tidak terlalu dingin
2. Pada kaca pengintai terlihat banyak gelembung/buih.
3. Pemeriksaan pada manifold gauge menunjukkan nilai tekanan yang lebih rendah dari spesifikasi baik yang ada di sisi tekanan tinggi maupun tekanan rendah.

Kemungkinan penyebabnya dari sistem AC kurang refrigerant adalah terdapat kebocoran pada siklus pendinginan.

Pemecahannya:

Untuk mengatasi kekurangan refrigerant terlebih dulu perlu pemeriksaan kebocoran dengan menggunakan detektor kebocoran. Perlu dilakukan inspeksi visual pada seluruh sistem AC untuk mencari tanda-tanda kebocoran seperti bekas oli atau bercak basah. Jika ditemukan kebocoran, perbaiki kebocoran tersebut dengan mengganti komponen yang rusak atau melakukan perbaikan yang diperlukan. Setelah perbaikan, lakukan pengisian refrigeran yang sesuai.

Jika kebocoran tidak terdeteksi secara visual, dapat dilakukan menggunakan detektor kebocoran elektronik yang sensitif untuk mencari kebocoran yang lebih kecil. Ikuti petunjuk penggunaan detektor kebocoran dengan benar untuk mendapatkan hasil yang akurat.

Kebocoran refrigerant juga bisa terjadi secara sangat lambat yang disebut sebagai kebocoran tahunan (*annual leakage rate (%)*). Berikut data

kebocoran tahunan dari *The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Good Practice Guidelines*:

Tabel 5. Kebocoran tahunan sistem AC

Domestic Refrigeration	0,1 – 0,5 %
Refrigerasi transportasi darat	15 %
Marine transport refrigeration	39 %
Mobil AC	10 – 20% %

7.2 Pengisian Refrigerant Berlebihan

Tekanan freon yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi arus listrik yang mengarah ke magnet clutch. Ketika pipa AC mengalami tekanan tinggi, arus listrik akan terputus secara otomatis. Hal ini terjadi karena ada high pressure switch yang membatasi tekanan maksimum. Sistem AC akan bekerja dengan lebih baik jika tekanannya sesuai range spesifikasinya sehingga arus listrik dapat mengalir dengan lancar. Beban mesin akan meningkat saat tekanan freon terlalu tinggi, terutama pada kompresor AC. Hal ini dapat dirasakan saat menyalakan AC, dimana mesin akan terasa berat. Beban mesin yang meningkat akan menyebabkan boros bahan bakar

Meskipun telah mengisi refrigeran baru, AC mungkin tidak menghasilkan udara dingin jika tekanan dalam sistem terlalu tinggi. Ini bisa menimbulkan dugaan adanya masalah pada sistem AC. Tekanan freon yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan kondensor AC cepat panas. Ini dapat mengakibatkan kerusakan pada kondensor dan komponen lain dalam sistem AC, yang berpotensi meningkatkan biaya perbaikan.

Pada kondisi ini, terlihat gejala sebagai berikut:

1. Pendinginan tidak maksimum
2. Pemeriksaan pada Manifold Gauge menunjukkan nilai tekanan rendah dan tekanan tinggi melebihi spesifikasi.

Kemungkinan penyebabnya adalah salah prosedur pada saat melakukan pengisian refrigerant. Untuk mengatasinya adalah dengan mengeluarkan refrigerant melalui manifold gauge. Jika refrigerant dikurangi maka

tekanan pada kedua sisi akan turun. Lakukan pengurangan sehingga tekanan sisi tinggi dan sisi rendah masuk spesifikasi dari system AC

7.3 Terdapat Udara di Dalam Siklus

Udara adalah kontaminan dalam sistem AC. Adanya udara dapat mengurangi kinerja pendinginan. Berikut adalah beberapa ciri-ciri adanya udara dalam sistem AC yang dapat diamati:

1. Suara berisik dapat didengar saat AC dioperasikan, yang disebabkan oleh udara yang terjebak dalam komponen sistem AC dan mengganggu aliran refrigerant.
2. Stabilitas suhu terganggu, dengan fluktuasi suhu yang tidak stabil atau ketidakmampuan AC untuk mencapai suhu yang diinginkan, yang dapat disebabkan oleh kehadiran udara dalam sistem AC.
3. Penurunan kinerja AC terjadi karena udara yang terperangkap mengganggu sirkulasi refrigerant, mengurangi efisiensi pendinginan, dan menyebabkan ruangan tidak terasa sejuk seperti seharusnya.
4. Tekanan pada manifold gauge set menunjukkan fluktuasi yang tidak stabil atau tidak normal, yang menandakan adanya udara yang terperangkap dalam sistem AC.

Adanya udara dalam sistem AC dapat disebabkan oleh beberapa faktor berikut:

1. Kebocoran: Kebocoran pada pipa, sambungan, atau komponen AC dapat memungkinkan udara masuk ke dalam sistem. Udara yang terperangkap ini dapat mengganggu sirkulasi refrigeran yang lancar.
2. Pengisian Refrigeran yang Tidak Tepat: Jika proses pengisian refrigeran dilakukan dengan tidak benar, seperti tidak mengosongkan udara dari sistem sebelumnya atau tidak mengisi refrigeran dengan jumlah yang tepat, udara dapat terperangkap dalam sistem AC.
3. Perawatan atau Perbaikan yang Tidak Benar: Jika perawatan atau perbaikan pada sistem AC dilakukan dengan kurang hati-hati atau tidak mengikuti prosedur yang benar, udara dapat terperangkap dalam sistem sebagai hasil dari kesalahan pemasangan atau kebocoran yang tidak terdeteksi.

4. Pengisian Ulang Refrigeran yang Tidak Tepat: Saat mengisi ulang refrigeran pada sistem AC, jika prosedur yang benar tidak diikuti atau jika terdapat masalah pada alat pengisi refrigeran, udara dapat masuk ke dalam sistem bersamaan dengan refrigeran.
5. Penggunaan Komponen yang Rusak: Komponen yang rusak seperti katup ekspansi yang bocor atau katup yang tidak berfungsi dengan baik dapat menyebabkan udara terperangkap dalam sistem AC.

Pemecahannya:

Untuk mengatasi adanya udara dalam sistem AC, langkah-langkah berikut dapat diikuti:

1. Identifikasi Sumber Udara: Periksa sistem AC secara menyeluruh untuk menemukan sumber udara yang masuk ke dalamnya. Hal ini dapat meliputi pemeriksaan kebocoran pada pipa, sambungan yang longgar, atau komponen yang rusak.
2. Evakuasi Sistem: Gunakan pompa vakum untuk mengosongkan udara dari sistem AC. Langkah ini penting untuk menghilangkan udara yang terperangkap dan menciptakan kondisi hampa udara yang optimal dalam sistem.
3. Perbaiki Kebocoran: Jika terdapat kebocoran yang ditemukan, perbaiki dengan mengganti atau memperbaiki komponen yang rusak. Pastikan semua sambungan pipa dan fitting terpasang dengan rapat dan tidak ada kebocoran udara yang terjadi.
4. Isi Ulang Refrigeran: Setelah sistem dievakuasi dan kebocoran diperbaiki, isi ulang sistem dengan refrigeran yang sesuai sesuai dengan spesifikasi produsen. Pastikan mengikuti prosedur pengisian yang benar dan menggunakan jumlah refrigeran dan oli yang tepat sesuai rekomendasi.
5. Pembersihan dan Pengeluaran Udara: Lakukan prosedur pengeluaran udara dari sistem AC setelah pengisian ulang. Hal ini akan membantu mengeluarkan udara yang masih terperangkap dalam sistem.
6. Uji Kinerja: Setelah langkah-langkah di atas selesai, uji kinerja sistem AC untuk memastikan bahwa udara telah dihilangkan sepenuhnya dan

sistem berfungsi dengan baik. Periksa suhu keluaran udara, tekanan, dan stabilitas operasi secara keseluruhan.

7.4 Terdapat Uap Air Dalam Siklus AC

Sebagaimana udara, uap air juga merupakan kontaminan dalam sistem AC. Adanya uap air menyebabkan masalah dengan gejala kadang dingin kadang tidak. Gejala yang lain adalah warna indikator kelembaban sudah berubah menjadi merah muda. Hal ini terjadi karena uap air akan membeku menjadi kristal es ketika melewati katup ekspansi atau *orifice*. Kristal ini akan menyumbat lubang *orifice*. Penyebab adanya uap air dalam sistem adalah ikut terbawa oleh udara yang masuk ketika proses pengisian yang kurang tepat. Kondisi ini juga dapat disebabkan oleh *dryer* yang sudah rusak dan tidak bisa menyerap uap air.

Pemecahannya:

1. Ganti Receiver/Dryer
2. Lakukan pemompaan kevakuman, untuk membuang uap air perhatikan jumlah Refrigerant yang sesuai dalam pengisian

7.5 Ekspansi Valve Tidak Bekerja Dengan Baik

Gejala yang dapat terjadi jika expansion valve tidak berfungsi dengan baik adalah sebagai berikut:

1. Suhu udara yang keluar dari sistem AC tidak sesuai dengan pengaturan atau tidak cukup dingin.
2. Tekanan pada sisi tinggi sistem AC terlalu tinggi.
3. Tekanan pada sisi rendah sistem AC terlalu rendah.
4. Efisiensi pendinginan menurun, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai suhu yang diinginkan.
5. Akselerasi pendinginan yang lambat saat AC dihidupkan.

Jika kondisi ini dibiarkan dan berlangsung lama, komponen lain pada sistem AC seperti kompresor dan evaporator dapat mengalami kerusakan akibat tekanan yang tidak sesuai. Beberapa kemungkinan penyebab utama masalah ini adalah :

1. Periksa Expansion Valve, bila rusak ganti

2. Kerusakan atau penyumbatan pada expansion valve.
3. Expansion Valve rusak atau pemasangan Heat Sensitizing salah Periksa pemasangan Heat Sensitizing jika kurang tepat dan kurang kontak dengan pipa evaporator
4. Penyetelan aliran tidak baik
5. Ada Evaporator terlalu banyak Refrigerant dalam bentuk cair

Pemecahannya: |

Solusi untuk mengatasi masalah ini adalah dengan melakukan perbaikan heat sensing bulb atau melakukan penggantian expansion valve yang rusak atau melakukan perbaikan pada bagian yang mengalami penyumbatan.

7.6 Tidak Ada Kompresi Pada Kompresor

Kompresi adalah masalah yang paling penting dalam siklus AC. Jika kompresi tidak tercapai maka udara yang dikeluarkan dari AC tidak dingin atau hanya sedikit dingin. Pengukur tekanan rendah pada manifold gauge menunjukkan tekanan yang tinggi dan tidak normal. Pengukur tekanan tinggi pada manifold gauge menunjukkan tekanan yang rendah dan tidak normal.

Kemungkinan penyebab utama dari masalah ini adalah:

1. Kompresor yang mengalami kerusakan atau kegagalan. Jika kompresor tidak berfungsi dengan baik, tidak ada kompresi yang cukup untuk menghasilkan pendinginan udara.
2. Katup kompresor yang rusak atau bermasalah. Jika katup kompresor tidak berfungsi dengan baik, aliran refrigeran dalam kompresor terganggu, menghambat proses kompresi.

Untuk memecahkan masalah ini, langkah-langkah berikut dapat diambil:

1. Periksa dan perbaiki kompresor: Lakukan pemeriksaan menyeluruh pada kompresor untuk mengidentifikasi kerusakan atau kegagalan. Jika ada komponen yang rusak, perbaiki atau ganti sesuai kebutuhan.
2. Ganti kompresor: Jika kompresor tidak dapat diperbaiki, gantilah dengan kompresor baru yang sesuai dengan tipe dan kapasitas yang sama.

Soal Latihan

1. Apa yang mungkin menjadi penyebab AC tidak mengeluarkan udara dingin?
2. Bagaimana cara mengidentifikasi kebocoran refrigeran dalam sistem AC?
3. Apa yang harus dilakukan jika pengukuran tekanan rendah pada manifold gauge menunjukkan tekanan yang terlalu tinggi?
4. Apa yang harus diperiksa jika AC mengeluarkan bau tidak sedap?
5. Bagaimana cara mengecek apakah kompresor AC berfungsi dengan baik?
6. Apa yang menjadi penyebab AC mengeluarkan suara berisik atau berdengung?
7. Bagaimana cara memeriksa dan membersihkan filter udara AC yang kotor?
8. Apa yang harus dilakukan jika AC mengeluarkan udara yang tidak sejuk meskipun sudah diatur pada suhu yang rendah?
9. Apa yang perlu diperiksa jika AC tidak berfungsi sama sekali?
10. Bagaimana cara mengidentifikasi dan memperbaiki masalah dengan blower motor AC yang tidak berfungsi?

DAFTAR PUSTAKA

1. Air Conditioning System, Caterpillar Inc. Illinois. 2003.
2. Automotive Air Conditioning Training Manual. Air International Pty. Lid. Melbourne. 2000.
3. McQuiston, Parker, and Spitler. Heating, Ventilation, and Air Conditioning - Analysis and Design - 6th Edition. John Wiley & Sons, Inc. 2005.
4. Service Manual Toyota seri K, PT Toyota-Astra Motor, Jakarta. 1993.
5. Training Manual. Heater & Air Conditioning System PT Toyota-Astra Motor. Jakarta. 1993.
6. Trott and Welch. Refrigeration and Air-Conditioning, 3rd edition. Butterworth-Heinemann. Oxford. 2000.
7. Wang, S.K. and Layan, Z. "Air-Conditioning and Refrigeration" Mechanical Engineering Handbook Ed. Frank Kreith Boca Raton: CRC Press LLC. 1999.
8. Anonim. Fungsi Expansion Valve: Komponen dan Cara Kerjanya. Diakses dari <https://www.suzuki.co.id> pada Juli 2023.
9. Anuj Bhatia, HVAC System for Cars and Automotive Vehicles, Continuing Education and Development, Inc., 2020

INDEX

A

Accumulator · 105

B

Beku · 106
Blower · 105

E

ECM · 3, 65, 66, 67, 106
External equalizer · 105

F

Filter · 105

H

High pressure · 106

I

Indicator · 105, 106
Inline dryer · 105
Internal Equalizer · 105

K

Kabel · 105
Kapasitor · 105
Katub ekspansi · 105

Kipas · 55, 62, 106
Kompresor · 105
Kondensor · 105
Konduksi · 2, 6, 106
Konveksi · 2, 7, 8, 106

L

Latin heat · 105
Low pressure · 105

M

Magnetic · 3, 53, 54, 106
Manifold gauge · 105
Modul · 3, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67,
106
Moisture · 3, 58, 59, 105
Motor · 3, 53, 55, 104, 105

O

Orifice · 105
Ozon · 105

P

Pengembunan · 106
Penguapan · 15, 106

R

R134 · 105
R22 · 105
Radiasi · 2, 9, 106
Reed valve · 31, 32, 106

Refrigeran · 2, 4, 18, 19, 22, 24, 30, 36,
38, 40, 70, 71, 77, 88, 90, 95, 99,
100, 105

S

Saklar · 105
Sensible heat · 105
Sensor · 3, 57, 75, 106
Switch · 105

T

Termometer · 105
Thermostatic · 105
Titik didih · 106

V

Vacuum · 3, 79, 91, 92, 106

SISTEM PENGKONDISIAN **UDARA**

TEGUH SUPRIANTO

Dalam bidang otomotif dan alat berat, *Air Conditioning (AC)* memainkan peran sangat penting dalam memberikan kenyamanan dan dapat mengurangi kelelahan bagi pengemudi dan operator. Hal ini berdampak pada meningkatkan produktivitas kerja. Buku ini adalah panduan komprehensif yang dirancang untuk mahasiswa Teknik Mesin maupun siapa saja yang ingin mendalami pengkondisian udara. Dengan pendekatan yang mendalam namun mudah dipahami, buku ini memberikan pemahaman yang kuat tentang dasar-dasar perangkat dan sistem pengkondisian udara, termasuk prinsip-prinsip kerja yang mendasarinya. Dari teori hingga praktik, pembaca akan dibimbing melalui topik-topik seperti komponen utama, kontrol suhu, dan praktek perawatan dan perbaikan. Buku ini merupakan sumber pengetahuan yang sangat baik untuk membantu menguasai dan memahami tentang pengkondisian udara. Buku ini akan membantu memahami konsep dan aplikasi pengkondisian udara dengan jelas.



Penerbit Poliban Press

Redaksi :

Politeknik Negeri Banjarmasin, Jl. Brigjen H. Hasan Basry,
Pangeran, Komp. Kampus ULM, Banjarmasin Utara

Telp : (0511)3305052

Email : press@poliban.ac.id

ISBN 978-623-5259-07-9 (PDF)

