



Syamsuri Hasan, dkk.

SISTEM REFRIGERASI DAN TATA UDARA

JILID 2

untuk
Sekolah Menengah Kejuruan



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Sapto Widodo
Syamsuri Hasan

SISTEM REFRIGERASI DAN TATA UDARA JILID 2

SMK



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

SISTEM REFRIGERASI DAN TATA UDARA JILID 2

Untuk SMK

Penulis Utama : Sapto Widodo
Syamsuri Hasan
Editor : Winarso A. Sukarno
Perancang Kulit : Tim
Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

WID WIDODO, Sapto
r Sistem Refrigerasi dan Tata Udara Jilid 1 untuk SMK/oleh
Sapto Widodo, Syamsuri Hasan ---- Jakarta : Direktorat
Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal
Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen
Pendidikan Nasional, 2008.
xii. 169 hlm
Daftar Pustaka : LAMPIRAN A
Glosarium : LAMPIRAN B
ISBN : 978-979-060-032-4
978-979-060-034-8

Diterbitkan oleh
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2008

KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, telah melaksanakan kegiatan penulisan buku kejuruan sebagai bentuk dari kegiatan pembelian hak cipta buku teks pelajaran kejuruan bagi siswa SMK. Karena buku-buku pelajaran kejuruan sangat sulit di dapatkan di pasaran.

Buku teks pelajaran ini telah melalui proses penilaian oleh Badan Standar Nasional Pendidikan sebagai buku teks pelajaran untuk SMK dan telah dinyatakan memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para pendidik dan peserta didik SMK.

Buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Dengan ditayangkan *soft copy* ini diharapkan akan lebih memudahkan bagi masyarakat khususnya para pendidik dan peserta didik SMK di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri untuk mengakses dan memanfaatkannya sebagai sumber belajar.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para peserta didik kami ucapkan selamat belajar dan semoga dapat memanfaatkan buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, 17 Agustus 2008
Direktur Pembinaan SMK

PRAKATA

Buku ini disusun dengan maksud untuk memenuhi kebutuhan buku-buku teknik yang komprehensif, berorientasi pada masalah praktis, di bidang Teknik Refrijerasi dan Tata Udara pada level Teknisi atau level SMK. Walaupun begitu, buku ini dapat digunakan pula oleh kalangan lain yang berminat pada dunia refrijerasi dan tata udara.

Setiap topik bahasan didahului dengan pembahasan secara konseptual untuk meletakkan dasar yang kuat dari segi keilmuannya kemudian dilanjutkan ke segi praktisnya. Untuk memperdalam pokok permasalahan, adakalanya bahan kajian diberikan melalui contoh-contoh permasalahan yang aplikatif disertai dengan solusinya. Penggunaan hitungan matematis yang terlalu rumit dihindari, tetapi lebih menekankan pada penggunaan Tabel, grafik dan chart.

Pada keseluruhan pembahasan, diarahkan pada siklus refrijerasi kompresi uap, dan permasalahan yang dapat timbul pada setiap bagiannya. Setiap bagian dibahas secara komprehensif termasuk hubungannya dengan bagian lain yang ada pada sistem refrijerasi kompresi uap. Semoga bermanfaat.

DAFTAR ISI

	Hal
SAMBUTAN DIREKTUR PEMBINAAN SMK	
PRAKATA	i
DAFTAR ISI	ii
SINOPSIS	vii
DESKRIPSI KONSEP PENULISAN	ix
PETA KOMPETENSI	x
BUKU 1	
1. Gaya dan Energi yang terkandung pada Benda ..	1
1.1 Masa dan Berat Jenis	3
1.2 Gravitasi Spesifik dan Berat Jenis Relatif	5
1.3 Masa dan Volume Zat yang Mengalir	5
1.4 Velocitas dan Kecepatan Gerak Benda	7
1.5 Percepatan	8
1.6 Percepatan Gravitasi	9
1.7 Gaya	10
1.8 Gaya Gravitasi	10
1.9 Energi Kinetik Eksternal	11
1.10 Energi Potensial Eksternal	12
1.11 Energi Eksternal Total	13
1.12 Hukum Konservasi Energi	13
1.13 Energi Internal	14
1.14 Energi Kinetik Internal	15
1.15 Energi Potensial Internal	15
2. Energi Panas, Daya dan Perubahan Wujud	18
2.1 Energi Panas dan Daya	19
2.2 Metoda Pemindahan Panas	21
2.3 Perhitungan Energi Panas	28
2.4 Suhu	32
2.5 <i>Thermometer</i>	32
2.6 Suhu Absolut	35
2.7 Tekanan	36
2.8 Perubahan Wujud Benda	43
2.9 Saturasi, Panaslanjut, dan Superdingin	50

3. Sifat Udara dan Psikrometri	53
3.1 Komposisi Udara	54
3.2 Campuran Uap Air dan Udara Kering	56
3.3 Suhu Saturasi	61
3.4 Uap Panaslanjut	62
3.5 Cairan Superdingin	63
3.6 Efek Tekanan pada Suhu Saturasi	63
3.7 Evaporasi	64
3.8 Kondensasi	67
3.9 Suhu Titik Embun (<i>Dew-point</i>)	67
3.10 Kandungan Uap Air Maksimum	70
3.11 Kelembaban Absolut	71
3.12 Kelembaban Relatif	72
3.13 Kelembaban Spesifik	73
3.14 Suhu Bola Basah dan Suhu Bola Kering	74
3.15 Proses Transfer Panas	76
4. Psychrometric Chart	81
4.1 Pemetaan Psikrometrik <i>Chart</i>	82
4.2 Pengenalan Letak Garis Skala pada <i>Chart</i>	82
4.3 Definisi Istilah dan Pemetaan (<i>Plotting</i>) pada <i>Chart</i>	84
4.4 Cara Membaca <i>Chart</i>	86
4.5 Perubahan Kondisi Udara Ruang	88
4.6 Pemanasan Udara tanpa Penambahan Uap Air ..	88
4.7 Pemanasan dengan Penambahan Uap Air	91
4.8 Pendinginan tanpa Pengurangan Uap Air.	92
4.9 Pendinginan dengan Pengurangan Uap Air	94
4.10 Percampuran Udara	96
5. Refrigeran dan Sistem Kompresi Uap	98
5.1 Masalah Lingkungan	99
5.2 Klasifikasi Refrijeran	100
5.3 Refijeran yang Ramah Lingkungan	102
5.4 Sistem Refrijerasi	105
5.5 Pengontrolan Suhu Penguapan Refrijeran	106
5.6 Evaporasi Terus-menerus	108
5.7 Siklus Ulang Refrijeran	110
5.8 Tipikal Sistem Kompresi Gas	111
5.9 Service Valve	112
5.10 Pembagian Sistem	112
5.11 Kondensing Unit	113

5.12	Pengaruh Tekanan Liquid terhadap Suhu Evaporasi Refrijeran	114
5.13	Pengaruh Tekanan Gas terhadap Suhu Kondensasi refrijeran	115
5.14	Siklus Refrijeran	117
5.15	Tipikal Proses Aktual	121
6.	Diagram Siklus Refrijerasi	126
6.1	Diagram Siklus	127
6.2	P-H Diagram	128
6.3	Pengaruh Suhu Evaporasi terhadap Efisiensi Siklus	134
6.4	Pengaruh Suhu Kondensasi terhadap Efisiensi Siklus	137
6.5	Siklus Refrijerasi Aktual	140
7.	Aplikasi Sistem Refrigerasi Mekanik	146
7.1	Ruang Lingkup Industri	147
7.2	Klasifikasi	147
7.3	Pengawetan Makanan	153
7.4	Gudang Pendinginan	155
7.5	Cara Pembekuan	156
8.	Evaporator	157
8.1	Jenis Evaporator	158
8.2	Konstruksi Evaporator	158
8.3	<i>Bare Tube Evaporator</i>	158
8.4	<i>Plate Surface Evaporator</i>	160
8.5	<i>Finned Evaporator</i>	161
8.6	Kapasitas Evaporator	161
9.	Pengontrolan laju Aliran Refrijeran	164
9.1	Pengontrolan Laju Aliran Refrijeran	165
9.2	<i>Hand Expansion Valve</i>	165
9.3	<i>Automatic Expansion Valve</i>	166
9.4	<i>Thermostatic Expansion Valve</i>	168
9.5	Pipa Kapiler	173
JILID 2		
10.	Kondensor Dan Pemeliharaannya	175
10.1	Pendahuluan	176
10.2	Permasalahan Kondensor	176

10.3	Permukaan Kondensor Kotor	179
10.4	Pemeliharaan <i>Air-cooled Condensor</i>	180
10.5	Pemeliharaan <i>Water-cooled Condensor</i>	182
11.	Kompresor dan Pemeliharaannya	187
11.1	Fungsi Kompresor	188
11.2	Kompresor Torak	190
11.3	Piston (<i>Compressor</i>) <i>Displacement</i>	195
11.4	Efisiensi Volumetrik	196
11.5	Perbandingan Kompresi	197
11.6	Kontaminasi	198
11.7	Pengujian Kompresor	200
12.	Kontrol Komponen dan Rangkaian	204
12.1	Fungsi Pengontrol Sistem Refrijerasi dan Tata Udara	205
12.2	Fungsi Mengatur Kondisi Ruang	205
12.3	Fungsi Proteksi dan Perlindungan	205
12.4	Fungsi Operasi Ekonomis	206
12.5	Fungsi <i>Starting dan Stopping</i>	208
12.6	Fungsi Pengontrol Operasi	208
12.7	Fungsi pengontrol Kondisi Ruang	208
12.8	Fungsi Pengontrol Residential <i>AC</i>	209
12.9	Fungsi Pengontrol <i>AC</i> Komersial	210
12.10	Fungsi Pengontrol untuk <i>Central Station (AC)</i>	211
12.11	Sistem Kontrol Elektrik	212
12.12	Sistem Kontrol Pneumatik	213
12.13	Sistem Kontrol Elektronik	214
12.14	<i>Thermostat</i>	215
12.15	<i>Humidistat</i>	224
12.16	<i>Pressure Control</i>	225
12.17	<i>Oil differential Pressure Control</i>	231
12.18	<i>Evaporator Pressure Regulator</i>	232
12.19	<i>Crankcase Pressure Regulator</i>	234
12.20	<i>Capacity Regulator</i>	235
13.	Pengujian Sistem Refrijerasi Mekanik	238
13.1	Peralatan <i>Service</i>	239
13.2	Penggunaan <i>Service Manifold</i>	246
13.3	Pengujian Kebocoran dan Tekanan	249
13.4	Pemeriksaan Tekanan Kondensasi	256
13.5	Evakuasi	260
13.6	<i>Charging</i>	262

14. Pemipaan Sistem Refrijerasi	265
14.1 Jenis pipa	266
14.2 Pipa Tembaga	267
14.3 Pipa Alumunium	270
14.4 Pipa Baja	271
14.5 Pipa Fleksibel	272
14.6 Pipa Kapiler	274
14.7 <i>Soldering Fitting</i>	278
14.8 Alat Kerja Pipa	282
14.9 Pengerjaan Pemipaan Refrijerasi	289
14.10 Brazing dan Perlengkapan Las <i>Oxi-acetilin</i>	301
15. Motor Listrik dan Rangkaian Kontrol	313
15.1 Motor Listrik	314
15.2 Motor Satu Fasa	315
15.3 Motor Tiga Fasa	318
15.4 Rangkaian Kontrol Motor	322
16. AC Mobil	325
16.1 Pendahuluan	326
16.2 Operasi AC Mobil	327
16.3 Kapasitas Pendinginan	329
16.4 Tipikal Sistem dan Instalasi AC Mobil	330
16.5 <i>Magnetic Clutch</i>	332
16.6 Kompresor	334
16.7 Instalasi Sabuk Puli	336
16.8 Kondensor dan Evaporator	337
16.9 <i>Receiver-Dryer</i>	338
16.10 Katub Ekspansi	339
16.11 Pekerjaan <i>Service</i>	399
DAFTAR PUSTAKA	344
DAFTAR ISTILAH	345

SINOPSIS

Buku ini dimaksudkan untuk membuka wawasan siswa SMK yang akan menggeluti dunia refrijerasi dan tata udara. Untuk maksud itu, Buku ini membahas berbagai aspek yang ada di dunia refrijerasi dan Tata Udara (refrigeration & Air Conditioning), meliputi gejala fisik dan termodinamika, pentingnya refrijerasi dan tata udara, tantangan yang dihadapi dalam berbagai level pekerjaan, dan lingkup dunia industri refrijerasi dan tata udara.

Tidak dapat dibayangkan, bagaimana dalam fase kehidupan modern seperti saat ini, tanpa ada keterlibatan sistem Refrijerasi dan Tata Udara. Urusan bisnis dan urusan komersial lainnya, proses manufaktur di industri, penyimpanan dan pengawetan makanan, transportasi dan pengapalan serta urusan rumah tangga, mempunyai ketergantungan yang sangat tinggi terhadap kegiatan pengkondisian suhu dan kelembaban udara di dalam ruang.

Industri refrijerasi dan Tata Udara telah membantu dan membuka peluang terhadap segala keperluan perilaku kehidupan modern. Pada bidang refrijerasi, penanganan kegiatan pasca panen mengharuskan buah-buahan dan sayuran segera didinginkan agar kondisinya tetap segar dan kualitasnya tetap prima. Kemudian pada kegiatan penyimpanan produk di gudang pendingin (cold storage) dan pemasaran produk dalam skala besar di supermarket, seperti pendinginan dan pembekuan daging, pendinginan minuman memerlukan sentuhan sistem refrjerasi dan Tata Udara. Sistem Tata Udara telah meningkatkan efisiensi dan produktifitas dunia usaha dan industri ketika kenyamanan kerja, melalui pengkondisian suhu dan kelambaban udara ruang mulai dipertimbangkan. Banyak pabrik dan industri besar memanfaatkan Sistem Tata Udara untuk membantu proses produksi mereka.

Perencanaan atau desain peralatan, manufaktur atau pembuatan peralatan, penjualan, pemasangan dan pemeliharaan peralatan refrijerasi dan tata udara menyediakan banyak pekerjaan dan sekaligus tantangan. Tidak dapat dipungkiri, karena begitu banyaknya pengguna peralatan refrijerasi dan tata udara, maka menuntut siapa saja yang akan berkecimpung di dalam industri ini harus memiliki kemampuan dan pengetahuan tentang dasar pengkondisian udara serta proses refrijerasi.

Industri Refrijerasi dan Tata Udara pada umumnya dapat dibagi menjadi tiga kelompok industri, yaitu:

1. Domestik
2. Komersial
3. Industrial

Kelompok domestic diarahkan untuk memenuhi keperluan rumah tangga. Peralatan domestik yang banyak beredar di pasaran antara lain *home refrigerator*, *freezer* dan *air conditioner*, tipe *window* dan tipe *split*. Pada aplikasi komersial, peralatannya mencakup peralatan komersial yang lazim digunakan di supermarket, misalnya reach-in freezer, service case, dan produce sale case, water cooler, beverage cooler dan truck refrigeration system. Pada aplikasi industri, peralatannya meliputi central air conditioner, packing plant, cold storage dan pabrik es.

Industri Refrijerasi dan Tata Udara memerlukan dan membuka banyak peluang pekerjaan di berbagai jenjang dan level jabatan yaitu:

1. Level Pelaksana, tingkat Muda, Madya dan Utama.
2. Level Teknisi tingkat Muda, Madya dan Utama.
3. level Ahli dan Spesialis tingkat Muda, Madya dan Utama.

Lulusan SMK dapat mengisi pekerjaan pada level Pelaksana Utama dan Teknisi Muda, dalam hal pemasangan dan pemeliharaan peralatan refrijerasi dan tata udara untuk keperluan rumah tangga (domestik) dan komersial.

DESKRIPSI KONSEP PENULISAN

Buku Refrijerasi dan Tata Udara ini diharapkan dapat dijadikan sebagai buku teks dasar bagi para teknisi dan praktisi di dunia refrijerasi dan pengkondisian udara. Sebagai buku teks dasar bagi para teknisi lapangan pada level SMK, maka penyajian buku ini dibuat sederhana dimulai dengan gejala fisik dan hukum-hukum fisik yang berkaitan kemudian dilanjutkan dengan pembahasan praktis yang terjadi di lapangan pekerjaan.

Buku ini dibagi menjadi lima belas bagian, yang disajikan secara berurutan, dimulai dari yang mudah menuju ke yang lebih kompleks. Karena refrijerasi berkaitan dengan perpindahan energi panas maka masalah yang sangat krusial ini disajikan pada bagian pertama buku ini dengan harapan siswa akan mendapat pengetahuan dasar yang kuat tentang energi panas. Pada bagian selanjutnya disajikan masalah sifat-sifat udara dan berbagai proses pengkondisiannya.

Berikutnya disajikan aplikasi berbagai sistem refrijerasi dan permasalahannya. Yang pertama adalah masalah komponen yang digunakan dan pengaturannya, serta masalah pemeliharannya. Yang terakhir disajikan masalah pemipaan refrijerasi dan motor listrik yang digunakan sebagai penggerak kompresor.

PETA UNIT KOMPETENSI
BIDANG TEKNIK PENDINGIN DAN TATA UDARA

Kode Unit	Unit Kompetensi
U	KELOMPOK UMUM
TP-U1-OO-A	Melaksanakan pekerjaan secara aman (K -3)
TP-U2-OO-A	Mengukur Besaran Listrik dan Temperatur Tata Udara
TP-U3-OO-A	Memeriksa Fungsi dan Performansi Peralatan
TP-U4-OO-A	Membaca Gambar Sistem Pempaan Refrijeran Primer
TP-U5-OO-A	Membaca Gambar Sistem Pemipaan Refrijeran Sekunder
TP-U6-OO-A	Membaca Gambar Sistem Ducting Teknik Pendingin
TP-U7-OO-A	Membaca Gambar Pabrik Es/Refrijerasi Komersial
TP-U8-OO-A	Membaca gambar Cold Storage
TP-U9-OO-A	Membaca gambar Cold Storage Transportasi
TP-U10-OO-A	Membaca Gambar Ruang Retail
TP-U11-OO-A	Membaca Gambar Perencanaan AC Sentral
TP-U12-OO-A	Membaca gambar Ruang Bersih
TP-U13-OO-A	Mengisi Refrijeran Mesin pendingin kurang dari 2 PK
TP-U14-OO-A	Mengisi Refrijeran Mesin pendingin lebih dari 2 PK
TP-U15-OO-A	Mengisi Refrijeran sekuinder Mesin Pendingin Sentral.
TP-U16-OO-A	Mengganti Refrijeran (Retrofitting)

G	KELOMPOK MENGGAMBAR
TP-G1-OO-A	Menaggambar Instalasi Pemipaan Refrijeran Teknik Pendingn.
TP-G2-OO-A	Menggambar Sistem Pemipaan Refrijeran Sekunder Teknik Pendingin
TP-G3-OO-A	Menggambar Ducting Teknik Pendingin.
TP-G4-PE-A	Menggambar Pabrik Es/Refrijerasi Komersial
TP-G5-CS-A	Menggambar Sistem Cold Storage.
TP-G6-CS-A	Menggambar Cold Storage Transportasi Darat.
TP-G7-CS-A	Menggambar Cold Storage Transportasi Laut
TP-G8-TU-A	Menggabar Sistem Ruang Retail.
TP-G9-TU-A	Menggambar Sisten Tata Udara Industri/Produksi.
TP-G10-TU-A	Menggambar Sistem Tata Udara Sentral.

TP-G11-TU-A	Menggambar Sistem Tata Udara Ruang Bersih
TP-G12-OO-A	Menggambar Teknik Pendingin dengan Metode CAD

L	KELOMPOK MELAYANI MESIN
TP-L1-PE-A	Mengoperasikan Pabrik Es Komersial
TP-L2-CS-A	Mengoperasikan dan Melayani Cold Storage untuk Sayuran
TP-L3-CS-A	Mengoperasikan dan Melayani Cold Storage untuk Daging, Ikan dan Udang
TP-L4-CS-A	Melayani Cold Storage Transportasi Darat
TP-L5-CS-A	Melayani Cold Storage Transportasi Laut

R	KELOMPOK MERAWAT DAN MEMPERBAIKI
TP-R1-OO-A	Merawat peralatan Udara Ventilasi
TP-R2-OO-A	Merawat dan Memperbaiki Kompresor Mesin Pendingin
TP-R3-OO-A	Merawat dan Memperbaiki Alat Penukar Kalor
TP-R4-OO-A	Merawat dan Memperbaiki Mesin Listrik Teknik Pendingin
TP-R5-PE-A	Merawat dan Memperbaiki Mesin Pabrik Es (Refrijerasi)
TP-R6-CS-A	Merawat dan Memperbaiki Cold Storage
TP-R7-CS-A	Merawat dan Memperbaiki Cold Storage Transportasi Darat
TP-R8-CS-A	Merawat dan Memperbaiki Cold Storage Transportasi Laut
TP-R9-TU-A	Merawat dan Memperbaiki tata Udara Industri
TP-R10-OO-A	Merawat dan Memperbaiki Mesin Pendingin
TP-R11-TU-A	Merawat dan Memperbaiki Mesin Pendingin Mobil Pribadi
TP-R12-TU-A	Mengoperasikan dan Merawat Mesin Pendingin Rumah Tangga (Domestik)
TP-R13-OO-A	Merawat dan Memperbaiki Kontrol Mesin Pendingin Sentral
TP-R14-TU-A	Merawat dan Melayani Restoran dan Kelab Malam
TP-R15-TU-A	Merawat dan Memperbaiki Ruang Retail
TP-R16-TU-A	Merawat dan Memperbaiki Mesin Pendingin Sentral
TP-R17-TU-A	Merawat dan Memperbaiki Pengatur Kualitas Udara Indoor (KUI)
TP-R18-TU-A	Merawat dan memperbaiki Sistem Pendingin Ruang Bersih

P	KELOMPOK PEMASANGAN/PEMBANGUNAN
TP-P1-TU-A	Memilih Lokasi dan Pemasangan Outdoor Unit
TP-P2-PE-A	Membangun Pabrik Es (Mesin Refrijerasi) komersial
TP-P3-CS-A	Membangun Ruang Dingin (Cold Storage)
TP-P4-CS-A	Membangun Cold Storage Transportasi Darat
TP-P5-CS-A	Membangun Cold Storage transportasi Laut.
TP-P6-TU-A	Memasang Mesin Tata Udara Domestik
TP-P7-TU-A	Memasang Mesin Tata Udara Mobil.
TP-P8-TU-A	Membangun Tata Udara Industri
TP-P9-TU-A	Membangun Ruang Retail.
TP-P10-TU-A	Membangun Tata Udara Sentral
TP-P11-TU-A	Membangun Tata Udara Ruang Bersih

D	KELOMPOK MERENCANA/ODESAIN
TP-D1-OO-A	Merencana Instalasi Pemipaan Refrijeran Primer
TP-D2-OO-A	Merencana Instalasi Pemipaan Refrijeran Sekunder
TP-D3-OO-A	Merencana Instalasi Lorong (<i>ducting</i>) Udara
TP-D4-EPE-A	Merencana Pabrik Es Komersial
TP-D5-CS-A	Merencana Ruang Dingin (Cold storage)
TP-D6-CS-A	Merencana Cold Storage Transportasi Darat
TP-D7-CS-A	Merencana Cold Storage Transportasi Laut
TP-D8-TU-A	Merencana Ruang Retail
TP-D9-TU-A	Merencana Tata Udara Industri/Produksi
TP-D10-TU-A	Merencana tata Udara Gedung Sentral
TP-D11-TU-A	Merencana Ruang Bersih/Steril

KONDENSER DAN PEMELIHARAANNYA

10

Kerangka Isi

- 10.1 Pendahuluan
- 10.2 Permasalahan Kondensor
- 10.3 Permukaan Kondensor Kotor
- 10.4 Pemeliharaan Air-cooled Condensor
- 10.5 Pemeliharaan Water-cooled Condensor

10.1 Pendahuluan

Unit ini membahas tentang permasalahan yang dihadapi kondenser saat beroperasi dan selanjutnya solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pada sesi ini anda akan belajar tentang prosedur pemeliharaan kondenser.

Pada prinsipnya mesin refrigerasi mekanik terdiri dari 4 fungsi yaitu: Evaporasi, kompresi, Kondensasi dan ekspansi. Sesuai dengan fungsinya maka komponen sistem refrigerasi mekanik terdiri dari : Evaporator, Kompresor, Kondensor dan Katub ekspansi (katub pengontrol refrigerant). Disamping itu, agar keempat fungsi tersebut dapat beroperasi sesuai keinginan maka diperlukan sistem pengaturan (kontrol) baik secara elektrik, elektronik atau pneumatik.

Komponen utama mesin refrigerasi adalah kompresor, kondensor, refrigerant flow control dan evaporator (cooling coil). Disamping itu terdapat komponen bantu yang jenisnya tergantung dari aplikasi dan kapasitas mesinnya, antara lain pipa penghubung pada sisi tekanan rendah dan tekanan tinggi, strainer, dryer, heat exchanger, fan, pompa, katub, regulator dan protector dan cooling tower.

Bagian kontrol mesin refrigerasi terdiri dari berbagai komponen yang bekerja secara elektrik, pneumatik dan elektronik, antara lain : motor penggerak kompresor dan fan, kontaktor, relai, motor starter, over load protection, kapasitor, pressure switch, thermostat, humidistat, timer serta berbagai alat bantu lain yang berupa regulator dan protector.

10.2 Permasalahan Kondenser

Seperti telah diketahui, bahwa fungsi condenser di dalam sistem Refrigerasi Kompresi Gas adalah untuk merubah wujud refrigeran dari gas yang bertekanan dan bersuhu tinggi dari discharge kompresor menjadi cairan refrigeran yang masih bersuhu dan bertekanan tinggi. Pada saat gas bergerak dari sisi discharge kompresor masuk ke dalam condenser, ia mengandung beban kalor yang meliputi kalor yang diserap oleh evaporator untuk penguapan liquid refrigeran, kalor yang diserap untuk menurunkan suhu liquid

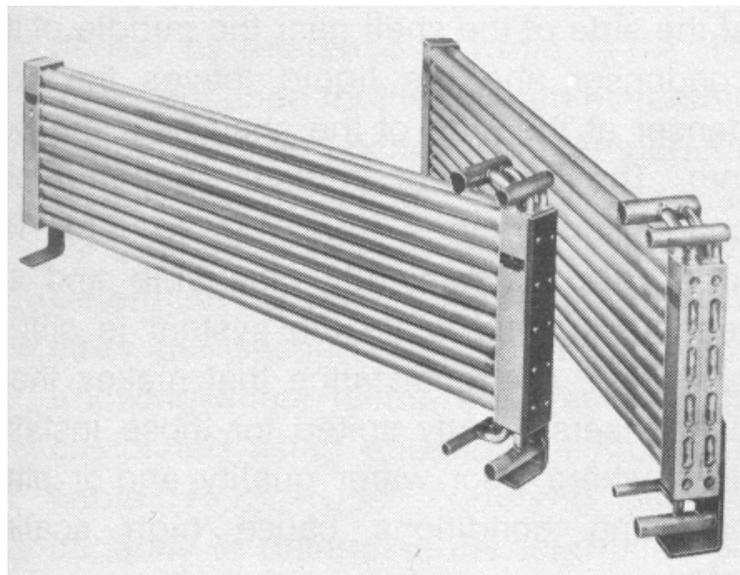
refrigeran dari suhu kondensing ke suhu evaporating, kalor yang dihisap oleh silinder chamber dan kalor yang dipakai untuk mengkompresi gas dari evaporator. Kondenser harus mampu membuang kalor tersebut ke cooling medium yang digunakan oleh kondensernya

Untuk membuang kalor yang dikandung refrigeran yang berada di dalam coil kondenser diperlukan cooling medium. Sesuai dengan jenis cooling medium yang digunakan maka kondenser dapat dibedakan menjadi 3, yaitu :

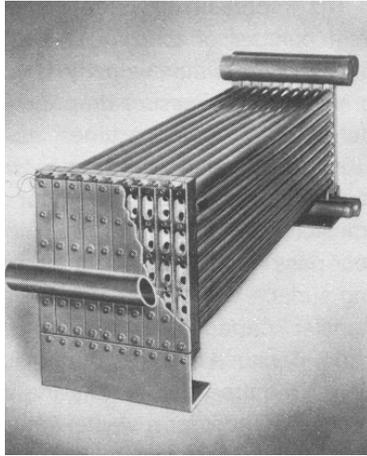
- (1) Air Cooled Condenser (menggunakan udara sebagai cooling medium),
- (2) Water Cooled Condenser (menggunakan air sebagai cooling medium dan
- (3) Evaporative Condenser (menggunakan kombinasi udara dan air)

Seperti telah diketahui, kondenser diletakkan di luar ruangan (out door). Sehingga permukaan coil kondenser tentu saja mudah sekali terkena kotoran baik oleh debu, uap air dan kotoran lainnya

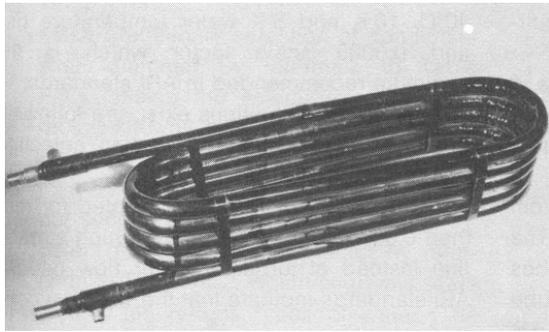
Agar pembuangan kalor tersebut dapat berlangsung dengan efektif secara terus menerus maka permukaan perpindahan panas pada kondenser harus selalu dalam kondisi bersih, bebas kotoran dan debu. Untuk itu kondenser harus selalu dibersihkan secara rutin.



Gambar 10.1 Tipikal Kondenser dengan pendinginan air



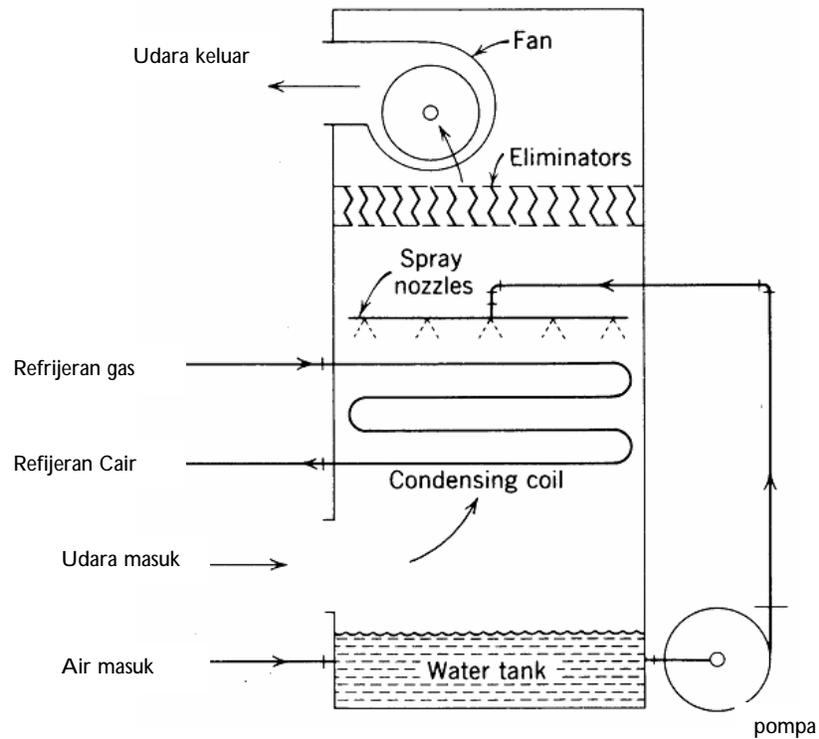
Gambar 10.2 Kondensor dengan pendinginan Air



Gambar 10.3 Tipikal kondenser dengan pendinginan air tube-in-tube



Gambar 10.4 Tipikal kondensor dengan pendinginan air, tube-in-tube



Gambar 10.5 Evaporative Condenser

10.3 Permukaan Kondenser Kotor

Untuk operasi cooling, maka kondenser selalu diletakkan di luar ruang. Jadi coil kondenser selalu berhubungan dengan udara luar yang kotor baik debu, kotoran lain dan serangga. Oleh karena itu permukaan coil kondenser cenderung kotor. Bila kotoran yang menempel pada permukaan coil kondenser tersebut semakin tebal maka akan dapat menimbulkan masalah terhadap siklus refrigeran di dalam unit air conditioner.

Seperti telah diketahui bahwa kondenser mempunyai tugas khusus yaitu membuang atau memindahkan kalor yang dikandung oleh gas refrigeran superheat akibat aksi kompresi oleh kompresor ke udara sekitarnya melalui permukaan dan fin coil kondenser. Bila proses perpindahan kalor ini berjalan lancar maka gas refrigeran tersebut

akan mengalami kondensasi dan berubah wujud menjadi liquid refrigeran pada outlet kondenser. Tetapi bila permukaan kondenser tertutup oleh debu dan kotoran lain maka proses perpindahan kalor tersebut tidak akan berjalan lancar akibatnya proses kondensasi juga terhambat dalam hal ini masih ada tidak semua gas dapat berubah wujud menjadi liquid. Akibatnya efek pendinginannya juga berkurang.

Gejala yang Timbul:

Gejala yang dapat ditimbulkan oleh gangguan block condenser adalah efek pendinginan kurang, tekanan kondensing atau tekanan pada sisi discharge di atas normal, tekanan evaporating atau tekanan pada sisi suction di atas normal, arus yang diambil oleh motor kompresor di atas normal dan overload protector untuk kompresor sering bekerja.

10.4 Pemeliharaan Air Cooled Condenser

Gangguan block condenser dapat terjadi bila unit air conditionernya tidak mendapat perawatan yang memadai. Untuk mencegah timbulnya blocked condenser maka setiap unit air conditioner harus dibersihkan atau dicuci (cleaning) secara rutin.

Prosedur Cleaning untuk AC window

1. Turunkan unit AC window dari tempat pemasangannya.
2. Lepaskan seluruh rangkaian kontrol berikut komponen listrik yang tidak kedap air dari unit.
3. Buat larutan pencuci dengan melarutkan $\frac{1}{4}$ kg soda api ke dalam 10 liter air bersih.
4. Siram permukaan koil kondenser dengan larutan tersebut hingga merata dan biarkan selama kurang lebih 30 menit.
5. Kemudian semprotkan air bersih (dengan menggunakan peralatan pompa) ke permukaan koil kondenser secara merata hingga seluruh kotoran dan karat terlepas dari permukaan koil kondenser.
6. Keringkan seluruh permukaan unit dari sisa-sisa air dengan menyemprotkan udara bertekanan dari kompresor udara.
7. Rakit kembali semua komponen dan rangkaian kontrolnya.
8. Lakukan pengujian, meliputi pengukuran arus yang diambil kompresor, suhu dingin yang keluar dari outlet grill evaporator. Dalam kondisi normal maka suhu dingin yang keluar dari evaporator berada di sekitar 10 atau 11 derajat celcius. Bila

suhunya di atas 15 derajat celsius maka lakukan pemeriksaan tekanan pada sisi suction atau sisi dischargenya dengan menggunakan process tube kit. Dalam kondisi normal takanan suction berada di sekitar 50 psi hingga 65 psi dan tekanan dischargenya sekitar 180 psi hingga 260 psi.

Prosedur Cleaning AC Split

1. Lakukan pump down pada unit AC Split yang akan dicuci dengan menutup saluran liquid yang menuju ke kondenser.
Caranya : Pasang manifold gauge pada katub service sisi tekanan rendah (pipa besar) kemudian atur posisi katub pada saluran liquid (pipa kecil) hingga mencapai posisi "Front Seat" (putar searah jarum jam). Semua kegiatan tersebut dilakukan pada saat AC split masih dalam kondisi running. Tunggu beberapa saat, penunjukkan meter tekanan akan turun, bila penurunan tekanan mencapai sekitar 5 psi, matikan kompresor. Pump down selesai. Pada hakekatnya pump down adalah kegiatan untuk mengumpulkan refrigeran ke dalam unit kondenser. Sehingga bila pipa yang menghubungkan unit in door dan out door dilepas maka tidak ada refrigeran yang terbangun.
2. Lepas sambungan pipa yang menuju ke condenser.
3. Proses pencucian kondenser sama seperti pada unit AC Window.
4. Bila sudah dirakit kembali, pasang kembali sambungan pipa ke kondenser.
5. Jangan lupa melakukan "purging" yaitu membuang udara yang ada di dalam pipa.
Caranya : Pasang terlebih dahulu sambungan pipa kecil pada tempatnya dan kencangkan flare nutnya. Kemudian pasang kembali sambungan pipa besar, ikatan flare nut agak dikendorkan. Selanjutnya buka sedikit posisi katub pada pipa kecil, sehingga ada aliran fefrigeran yang keluar dari pipa kecil menuju ke evaporator dan keluar lagi menuju ke sambungan flare nut pipa besar yang masih kendor. Biarkan kira-kira 15 hitungan dan kemudian kencangkan flare nut pada pipa besar. Purging selesai.
6. Atur kembali posisi service valve pada pipa kecil (berlawanan arah jarum jam) hingga mencapai posisi back seated.
Lakukan pengujian seperti halnya pada unit AC Window

10.5 Pemeliharaan Water Cooled Condenser

Metoda membersihkan (cleaning) unit pipa air condenser , tergantung pada kualitas air pendingin yang digunakan sebagai media pendingin, dan tergantung pada konstruksi condenser yang digunakan. Kualitas air yang digunakan sebagai pendingin mempunyai tingkat kekotoran yang berbeda-beda. Tergantung pada tingkat kekotoran air, maka tingkat pengendapan atau lapisan kerak/lumpur yang dapat menempel pada permukaan coil kondenser juga berbeda-beda. Endapan atau lapisan kerak/lumpur pada coil condenser dapat berpengaruh terhadap performa condensernya.

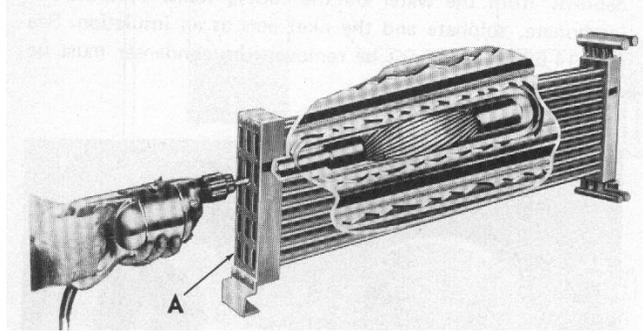
Condenser dengan heat yang dapat dilepas, memudahkan pekerjaan kita untuk membersihkan pipa - pipa airnya dengan menggunakan sikat baja. Setelah pipa-pipanya terbebas dari endapan/lapisan kerak/lumpur karena disikat dengan sikat baja, maka saluran pipa airnya diguyur atau disiram dengan menggunakan air bersih untuk membersihkan atau membuang sisa-sisa kotoran keluar dari saluran pipa air.

Bila endapan/lapisan kerak lumpur susah dihilangkan dengan disikat, maka perlu dibersihkan dengan cara lain, yaitu dengan menggunakan cairan kimia yang khusus disediakan untuk membersihkan kerak air. Pada saat menginstall condensing unit, ingatlah selalu, bahwa condensing unit perlu dibersihkan (cleaning) secara periodik. Maka perlu disediakan space ruang yang agak longgar pada removable heat-nya, untuk memudahkan pekerjaan cleaning.

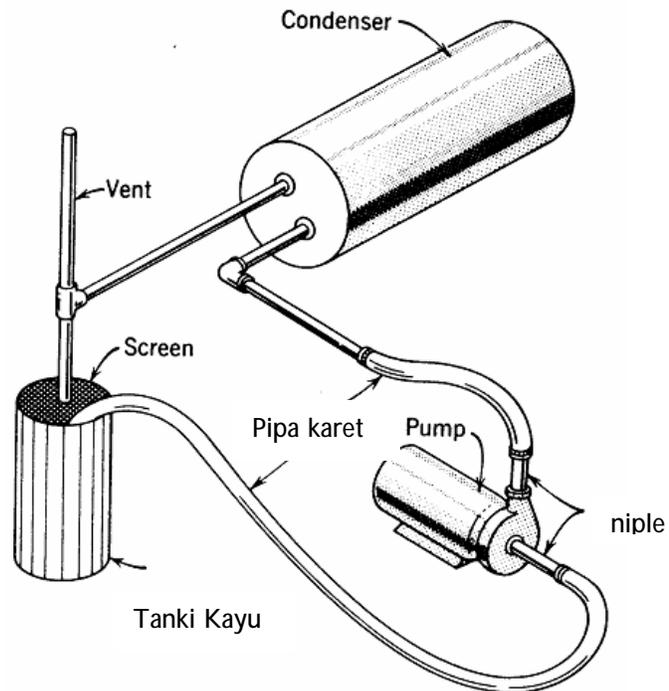
Setelah pekerjaan pencucian (cleaning) selesai dilakukan, maka pada saat merakit kembali, SELALU gunakan head gasket YANG BARU.

Cara yang paling efektif untuk membersihkan pipa air (water tube) adalah dengan menggunakan cairan kimia (tube cleaner) yang telah disediakan secara khusus untuk keperluan itu. Bila endapan/lapisan kerak lumpur tidak terlalu tebal, maka tidak perlu digunakan alat bantu lain untuk memasukkan cairan pembersih tersebut ke dalam pipa-pipanya, cukup dengan cara alami yang memanfaatkan grafitasi (grafitation circulation). Tetapi bila lapisan kerak air sangat tebal, maka untuk memasukkan cairan pembersih ke dalam pipa-

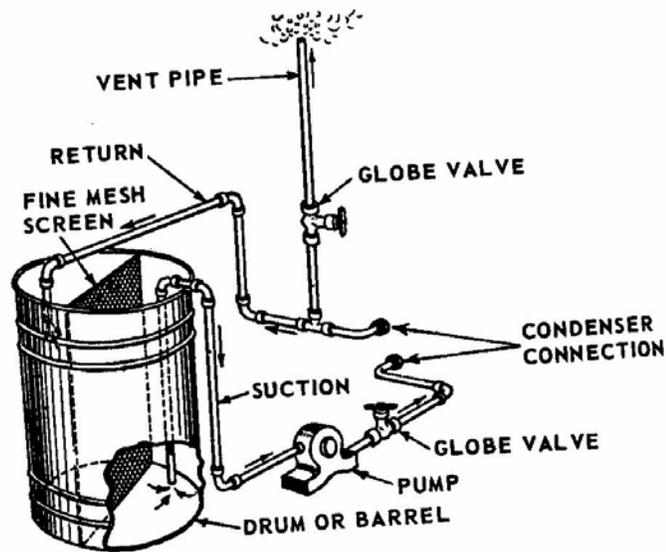
pipa air condenser, perlu menggunakan bantuan pompa air (forced circulation).



Gambar 10.6 Cara membersihkan pipa condenser, menggunakan sikat baja



Gambar 10.7 Membersihkan pipa pendingin Kondenser dengan menggunakan cairan pembersih yang disirkulasikan dengan menggunakan pompa air



Gambar 10.8. Cara lain yang dapat dilakukan untuk membersihkan kondenser dengan menggunakan cairan pembersih (liquid solvent)

Liquid Solvent

Berhati-hatilah pada saat bekerja dengan cairan kimia pembersih condenser. Cairan kimia tersebut dapat merusak pakaian dan tangan kita dan dapat pula merusak lapisan beton. Oleh karena itu, upayakan agar tidak terkena percikan cairan itu apalagi terkena tumpahannya. Selama proses pencucian dengan cairan kimia tersebut, maka akan dihasilkan gas buang yang akan keluar lewat pipa buang (vent pipe). Gas buang ini tidak berbahaya, tetapi berhati-hatilah terhadap adanya percikan cairan yang keluar lewat pipa tersebut.

Bila akan meramu sendiri cairan pembersihnya, maka dapat digunakan formula sebagai berikut :

- | | | |
|---------------------------|---|--------------------|
| 1. air | : | 78 % |
| 2. Comercial Hydrochloric | : | 22 % |
| 3. Grasseli powder no.3 | : | 0,27 oz per galon. |

Grasseli no.3 yang berbentuk powder, dimasukkan ke dalam larutan hydrochloric sesuai takaran yang dibuat dan diaduk hingga larut.

Tempat yang digunakan untuk meramu larutan tersebut sebaiknya terbuat dari kayu atau logam non galvanis.

Cara Menggunakan Liquid Solvent

Bila gravity Circulation yang digunakan untuk memasukkan cairan pembersih ke dalam pipa air kondenser, maka aturlah agar pemasukan cairannya tidak terlalu cepat, untuk memberi kesempatan vent pipe-nya membuang gasnya keluar. Bila pipa air condenser sudah tersisi dengan cairan tersebut, maka biarkan cairan tersebut bereaksi paling tidak satu malam.

Bila menggunakan forced circulation, maka katub pada vent pipe harus dibuka penuh, selama cairan pembersih dimasukkan ke dalam pipanya, tetapi harus segera ditutup bila pipa air condenser sudah terisi penuh dengan cairan pembersih. Selanjutnya pompa akan mensirkulasikan cairan tersebut.

Cleaning Time

Cairan pembersih harus dibiarkan bereaksi di dalam pipa air condenser atau terus disirkulasikan dengan oleh pompa selama semalaman. tetapi bila lapisan kerak lumpurnya sangat tebal, maka forced circulation dapat diteruskan hingga mencapai waktu tidak kurang dari 24 jam.

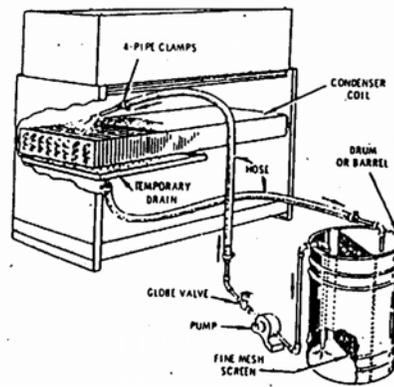
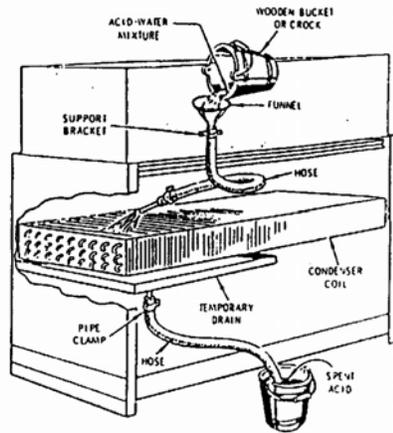
Pembilasan

Setelah waktu pembersihan selesai dilalui, maka cairan tersebut dapat dibuang atau dikeluarkan dari dalam pipa air kondenser dan selanjutnya dilakukan proses pembilasan dengan air bersih.

Membersihkan Evaporative Kondenser

Cara terbaik yang dapat digunakan untuk mencegah menumpuknya kerak/lumpur pada permukaan pipa air evaporative condenser, adalah menjaga kualitas air yang digunakan sebagai media pendingin. Bila kualitas airnya jelek, maka akan mudah terbentuk endapan kerak/lumpur pada permukaan coil fin. Bila kualitas air bakunya jelek, maka perlu disediakan perlengkapan lain untuk menjernihkan airnya (water treatment).

Cara sederhana untuk menghilangkan adanya endapan kerak/lumpur pada coil condenser, adalah dengan menggunakan cairan pembersih seperti telah diuraikan di atas.



Gambar 10.9. Cara Membersihkan Evaporative Condenser

KOMPRESOR DAN PEMELIHARAANNYA

11

Kerangka Isi

- 11.1 Fungsi Kompresor
- 11.2 Kompresor Torak
- 11.3 Piston (compressor) Displacement
- 11.4 Efisiensi Volumetrik
- 11.5 Perbandingan Kompresi
- 11.6 Kontaminasi
- 11.7 Pengujian Kompresor

11.1 Fungsi Kompresor

Dalam pembahasan siklus refrigeran pada sistem refrigerasi kompresi gas telah diketahui operasi kompresor. Maksud dari operasi kompresor adalah untuk memastikan bahwa suhu gas refrigeran yang disalurkan ke kondenser harus lebih tinggi dari suhu condensing medium.

Bila suhu gas refrigeran lebih tinggi dari suhu condensing medium (udara atau air) maka energi panas yang dikandung refrigeran dapat dipindahkan ke condensing medium. akibatnya suhu refrigeran dapat diturunkan walaupun tekanannya tetap. Oleh karena itu kompresor harus dapat mengubah kondisi gas refrigeran yang bersuhu rendah dari evaporator menjadi gas yang bersuhu tinggi pada saat meninggalkan saluran discharge kompresor. Tingkat suhu yang harus dicapai tergantung pada jenis refrigeran dan suhu lingkungannya.

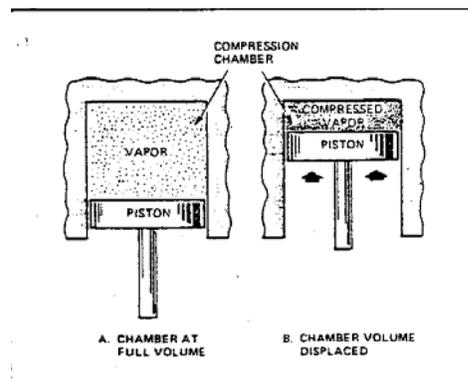
Dilihat dari prinsip operasinya, maka kompresor dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

a. Mechanical Action

Yang termasuk dalam jenis ini adalah :

- ⇒ Kompresor Torak
- ⇒ Kompresor Rotary
- ⇒ Kompresor Sekrup

Pada mechanical action compressor, efek kompresi gas diperoleh dengan menurunkan volume gas secara reciprocating.

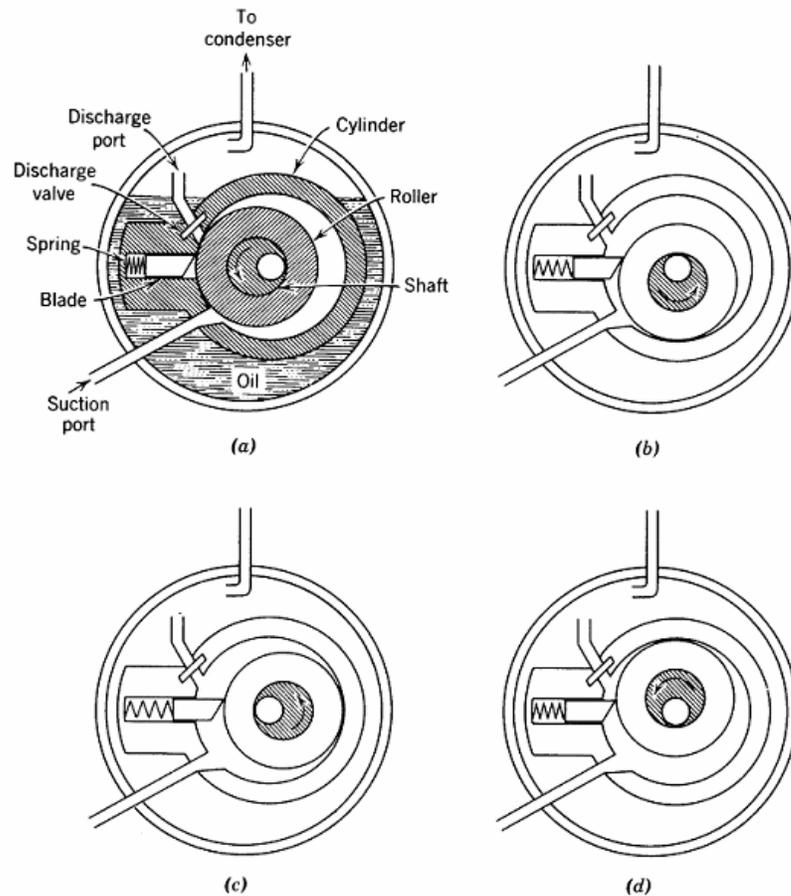


Gambar 11.1 Mechanical Action

Kompresor didesain dan dirancang agar dapat memberikan pelayanan dalam jangka panjang walaupun digunakan secara terus menerus dalam sistem refrigerasi kompresi gas. Untuk dapat melakukan performa seperti yang diharapkan maka kompresor harus bekerja sesuai kondisi yang diharapkan, terutama kondisi suhu dan tekanan refrigeran pada saat masuk dan meninggalkan katub kompresor.

b. Rotary Action

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



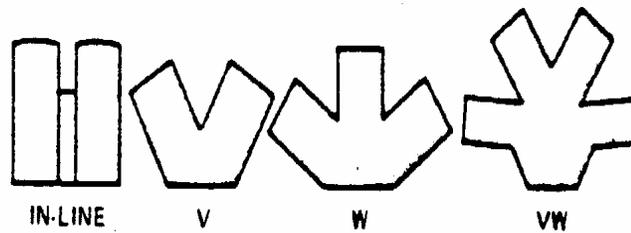
Gambar 11.2 Aksi Mekanik Rotary Compressor

11.2 Kompresor Torak

Sesuai dengan namanya, kompresor ini menggunakan torak atau piston yang diletakkan di dalam suatu tabung silinder. Piston dapat bergerak bebas turun naik untuk menimbulkan efek penurunan volume gas yang berada di bagian atas piston. Di bagian atas silinder diletakkan katub yang dapat membuka dan menutup karena mendapat tekanan dari gas.

Jumlah silinder yang digunakan dapat berupa silinder tunggal misalnya yang banyak diterapkan pada unit domestik dan dapat berupa multi silinder. Jumlah silinder dapat mencapai 16 buah silinder yang diterapkan pada unit komersial dan industrial. pada sistem multi silinder maka susunan silinder dapat diatur dalam 4 formasi, yaitu :

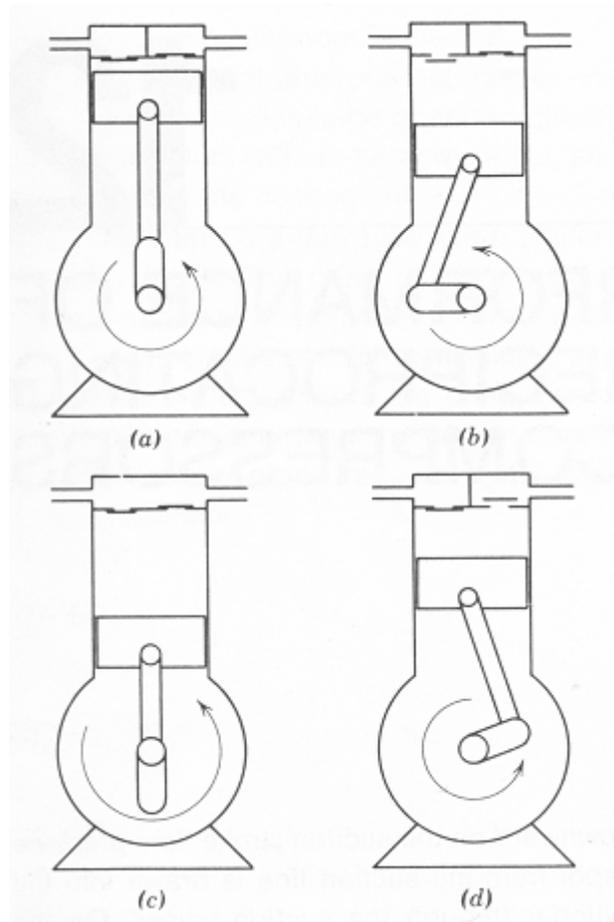
- a. Paralel
- b. Bentuk V
- c. Bentuk W
- d. Bentuk VW



Gambar 11.3 Formasi Silinder kompresor

Operasi Piston dan Siklus Diagram

Gambar 11.4 memperlihatkan hubungan antara posisi piston(torak) dengan operasi katub-katub kompresor (katub hisap dan katub tekan).



Gambar 11.4 Siklus Operasi Kompresor

Katub Kompresor

Katub kompresor yang digunakan pada kompresor refrigerasi lebih cenderung ke : Pressure Actuated daripada ke : Mechanical Actuated.

Perhatikan lagi gambar 11.4 tentang siklus operasi kompresor torak. Pergerakan katub-katub kompresor baik katub pada sisi tekanan rendah (suction) dan katub pada sisi tekanan tinggi (discharge) semata-mata dipengaruhi oleh variasi tekanan yang bekerja pada kedua sisi tekanan tersebut.

Gambar 11.4 a, torak pada posisi titik mati atas, kedua katub menutup, karena tekanan pada ruangan silinder sama dengan tekanan discharge.

Gambar 11.4 b, saat piston mencapai posisi tertentu di mana tekanan pada ruang silinder lebih rendah dari pada tekanan suction, maka katub hisap akan membuka, dan refrigeran masuk ke ruang silinder.

Gambar 11.4 c, piston mulai bergerak dari titik mati bawah, bila tekanan ruang silinder lebih besar dari pada dengan tekanan suction maka katub hisap menutup.

Gambar 11.4 d, Ketika piston mencapai posisi tertentu, tekanan ruang silinder lebih besar dari tekanan discharge, maka katub tekan membuka, menyalurkan refrigeran ke condensor.

Bandingkan sistem kompresi pada silinder motor bensin. Pergerakan katub-katubnya lebih ke mechanical actuated daripada pressure actuated. Demikian pula pada sistem kompresi kompresor udara biasa.

Jadi katub kompresor refrigerasi memang berbeda dengan katub kompresor pada umumnya dilihat dari actingnya. Oleh karena itu ada tuntutan khusus yang harus dipenuhi oleh katub kompresor refrigerasi.

A. Karakteristik Ideal

1. Dapat memberikan efek pembukaan katub yang maksimum dengan sedikit hambatan untuk menimbulkan throttling gas
2. Katub dapat terbuka dengan menggunakan tenaga yang ringan
3. Katub harus dapat terbuka atau tertutup secara cepat untuk mengurangi kebocoran.
4. Katub tidak mempunyai efek menambah clearance volume
5. Katub harus kuat dan tahan lama

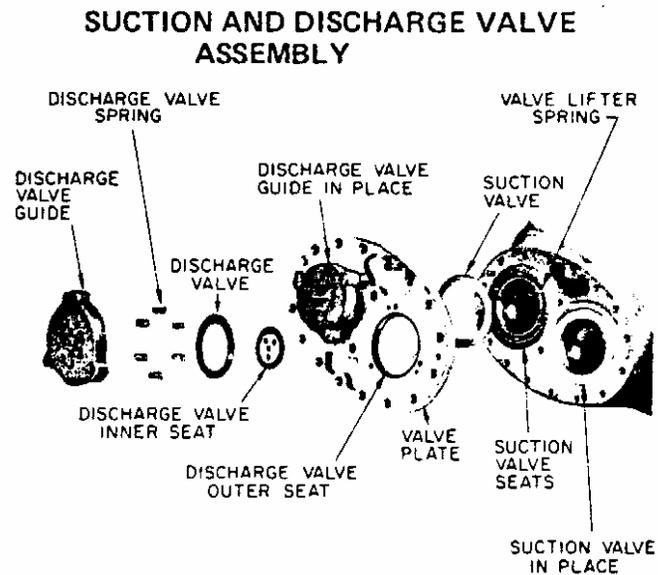
B. Jenis Katub

Untuk memenuhi karakteristik tersebut di atas maka telah didesain dan dirancang secara khusus beberapa jenis katub yaitu :

1. Katub Plat Ring (Ring Plate Valve / Disk Valve)

Gambar 3.5 memperlihatkan katub kompresor dari jenis *ring plate valve*. Katub ini terdiri dari kedudukan katub (valve seat), satu atau lebih plat ring (ring plate), satu atau lebih pegas katub (valve spring) dan retainer. Plat ring-nya dicekam kuat oleh kedudukan katub melalui pegas katub, yang juga berfungsi lain membantu mempercepat penutupan katub. Sedang fungsi retainer adalah memegang pegas katub pada selalu pada posisi yang benar dan membatasi pergerakannya.

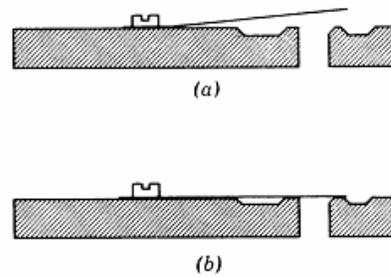
Katub plat ring ini dapat digunakan untuk kompresor kecepatan tinggi dan rendah. Dapat pula digunakan sebagai katub suction dan discharge.



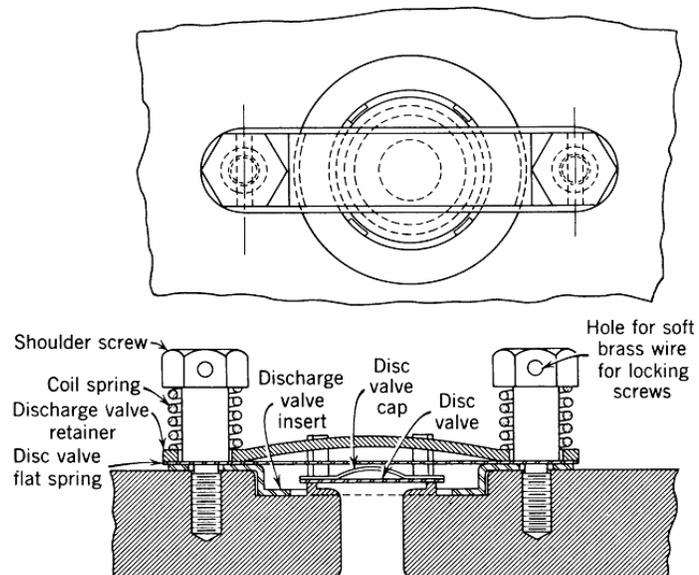
Gambar 11.5 Perakitan Katub Plat Ring untuk Discharge

2. Flexing Valve

Desain flexing valve yang digunakan pada kompresor ukuran kecil adalah yang lazim disebut sebagai *flapper valve*. Katub flapper ini terbuat dari lempengan baja tipis, yang dicekap kuat pada salah satu ujungnya sedang ujung lainnya ditempatkan pada dudukan katub tepat di atas lubang katubnya (port valve). Di mana ujung katub yang bebas akan bergerak secara flexing atau flapping untuk membuka dan menutup katub. Seperti diperhatikan dalam gambar 3.6

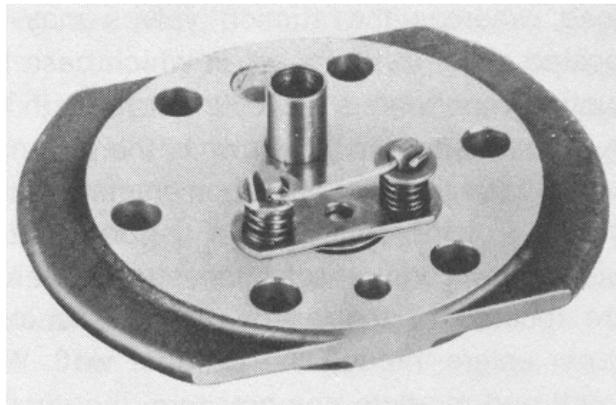


Gambar 11.6 Prinsip Katub Flexing dari jenis Flapper



Gambar 11.7 Perakitan Katub Flapper untuk Katub Discharge

Seperti dilihatkan dalam gambar 10.7, desain flapper biasanya digunakan untuk katub discharge dan sering disebut sebagai *beam valve*. Plat katubnya dipasang di atas lubang (port) melalui sebuah pegas yang terasang di tengah katub platnya sehingga plat katubnya dapat bergerak ke atas (membuka lubang katub). Gerakan turun dari plat katubnya semata-mata karena gaya pegas. Pegas katub ini juga berfungsi sebagai pengaman untuk mencegah bila ada cairan atau kotoran yang masuk ke lubang katub.



Gambar 11.8 Konstruksi Katub Flapper

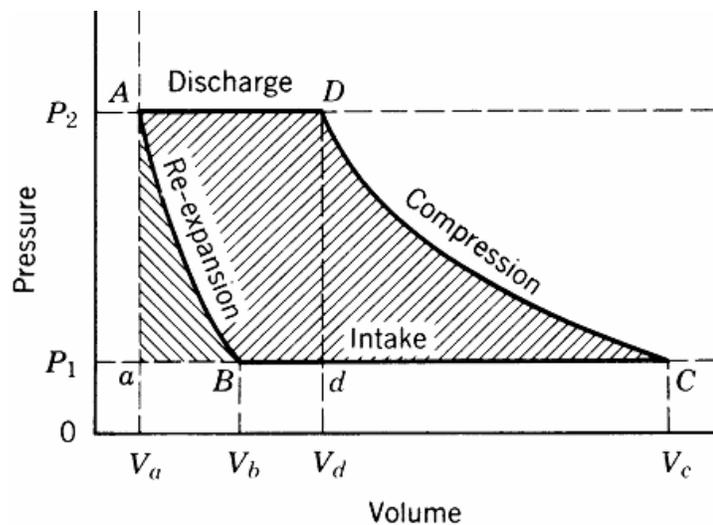
11.3 Compressor Displacement

Compressor Displacement adalah istilah yang diberikan untuk menentukan jumlah gas refrigeran yang dapat dikompresi dan dipindahkan oleh torak pada saat toraknya melangkah dari BDC ke TDC. Secara matematis ditulis :

$$V_p = \pi R^2 L N n$$

Di mana :

- V_p : Compressor displacement
- R : Jari-jari piston
- L : Langkah Piston
- N : Jumlah piston
- n : putaran per detik



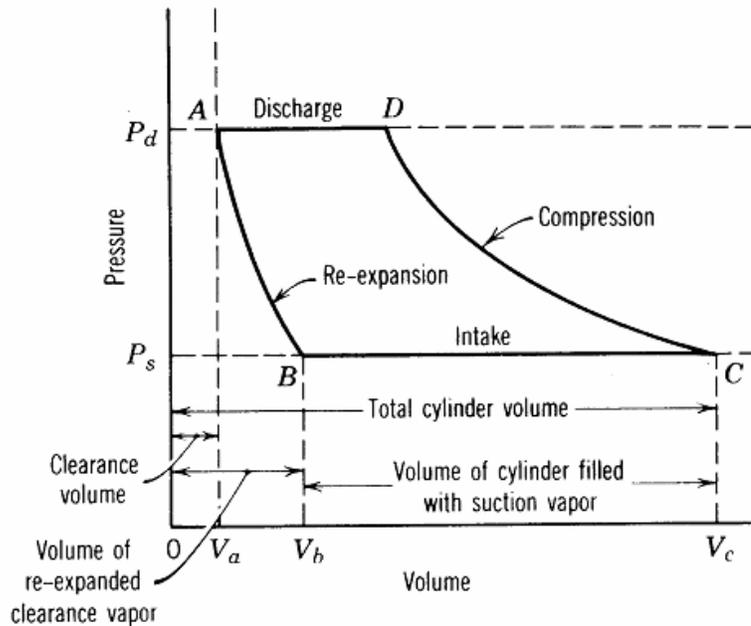
Gambar 11.8 Siklus Langkah Kompresor

11.4 Efisiensi Volumetrik

Karena efek ruang sisa (clearance volume) yaitu celah antara piston pada titik mati atas dan katub kompresor, maka mengakibatkan sebagian ekspansi gas tertahan di bagian atas silinder, sehingga jumlah gas riil (aktual) yang dapat dikompresi oleh torak kompresor lebih kecil daripada kemampuan kompresor sebenarnya sesuai dengan volume langkah piston (kompresor displacement). Volume Langkah piston sering disebut juga sebagai jumlah gas teoritis.

Efisiensi Volumetrik didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah gas riil dan jumlah gas teoritis. Secara matematis ditulis sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi Volumetrik (} V_E \text{)} = \frac{\text{volume riil}}{\text{volume teoritik}} \times 100$$



Gambar 11.9 Grafik Perbandingan Volume Gas Kompresi

11.5 Perbandingan Kompresi

Faktor lain yang berpengaruh terhadap efisiensi volumetrik adalah hubungan antara tekanan suction dan tekanan discharge. Untuk memperoleh efek refrigerasi yang memuaskan, maka suhu evaporasi dan suhu kondensasi harus dijaga pada tingkatan tertentu. Seperti diketahui bahwa suhu evaporasi dan suhu kondensasi berbanding lurus dengan tekanan suction dan tekanan discharge. Selanjutnya perbandingan tekanan discharge dan tekanan suction secara absolut disebut perbandingan kompresi.

$$\text{Perbandingan Kompresi (Rc)} = \frac{\text{Tekanan Discharge (absolut)}}{\text{Tekanan Suction (absolut)}}$$

Pengaruh perbandingan kompresi terhadap efisiensi volumetrik diberikan dalam tabel 1.1

Tabel 11.1 Efisiensi Volumetrik

Perbandingan Kompresi	Efisiensi Volumetrik
2	87,3
2,2	86
2,4	84,9
2,6	83,5
2,8	82
3	80,8
3,2	79,5
3,4	78,3
3,6	77,2
3,8	76
4	74,9
4,2	73,7
4,4	72,5
4,6	71,3
4,8	70,1
5	69,0
6	63,3
7	58,2
8	53,5
9	49,0
10	44,9

11.6 Kontaminasi

Permasalahan yang dihadapi oleh kompresor torak adalah masalah Efisiensi Kompresi dan masalah Kontaminasi. Uap air atau moisture merupakan musuh utama sistem refrigerasi. Masuknya uap air ke dalam sistem dapat disebabkan oleh pekerjaan perakitan atau repair yang tidak bagus. Uap air yang masuk ke dalam sistem akan bercampur dengan refrigerant dan lubricant. Selanjutnya bila ketiga bahan tersebut bercampur dan mendapat pemanasan maka akan menghasilkan senyawa acid yang sangat korosif.

Bila terjadi demikian maka yang fungsi oli refrigeran yang ada di dalam crankcase kompresor akan terganggu, disamping itu akumulasi acid yang berlebihan pada kompresor akan berdampak timbulnya kerak acid yang menempel pada katub kompresor sehingga dapat mengakibatkan turunnya efisiensi kompresi. Bila

terjadi demikian maka efek pendinginan juga akan berkurang atau tidak optimal.

Untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu dilakukan serangkaian pengujian untuk mengetahui efisiensi kompresi dan kebocoran katub dan setiap 5 tahun oli kompresor harus diganti, pada saat melakukan pekerjaan overhaul.

Soal Latihan

1. Jelaskan fungsi kompresor pada sistem refrigerasi ?
2. Sebutkan jenis kompresor menurut cara bekerjanya dan berikan contohnya ?
3. Gambarkan formasi silinder pada sistem multi silinder ?
4. Buat siklus diagram kompresor torak dan jelaskan ?
5. Sebutkan 4 karakteristik yang dimiliki katub kompresor yang ideal ?
6. Jelaskan cara kerja ring type valve ?

11.7 Pengujian Kompresor

Tujuan

Setelah melaksanakan tugas praktek ini diharapkan petarar mampu melakukan pemeriksaan katub kompresor.

Petunjuk

Setelah kompresor selesai diperbaiki, misalnya penggantian katub atau perbaikan motor penggeraknya (untuk sistem hermetik) maka harus dilakukan serangkaian pemeriksaan dan pengujian terhadap adanya kebocoran dan efisiensi kompresi.

Kegiatan ini dapat dibedakan dalam 3 jenis pekerjaan yaitu :

- Pengujian inward leak
- Pengujian Outward leak
- Pengujian Efisiensi kompresi

Alat & Bahan

1. Gauge manifold.
2. kompresor
3. Kunci pas
4. Trainer Set

A. Pengujian inward Leak

1. Pendahuluan

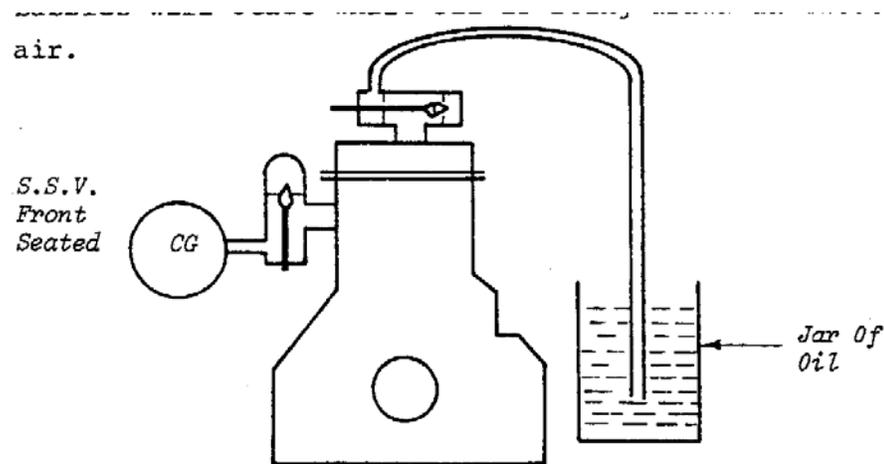
Pengujian inward leak adalah pengujian kebocoran pada sisi tekanan rendah kompresor, misalnya kebocoran gasket, suction service valve atau pada seal poros.

2. Prosedur

1. Front seat SSV dan pasang gauge manifold.
2. Front seat DSV dan pasang housing (cooper line)
3. Operasikan kompresor dan tunggu sampai compoun gauge menunjukkan vacuum tinggi. Kemudian ujung housing dimasukkan ke tanki oli refrigeran. Adanya bubbles yang muncul pada ujung housing menunjukkan adanya kebocoran pada sisi tekanan rendah kompresor. Bila tidak ada kebocoran maka buble akan berhenti setelah kompresor distarting.

4. Untuk melokalisir letak kebocoran, letakkan oli pada suatu titik sambungan. Bila ada udara bocor melalui titik tersebut maka akan muncul gelembung udara (bubbles).

Gambar Kerja



B. Pengujian Outward Leak

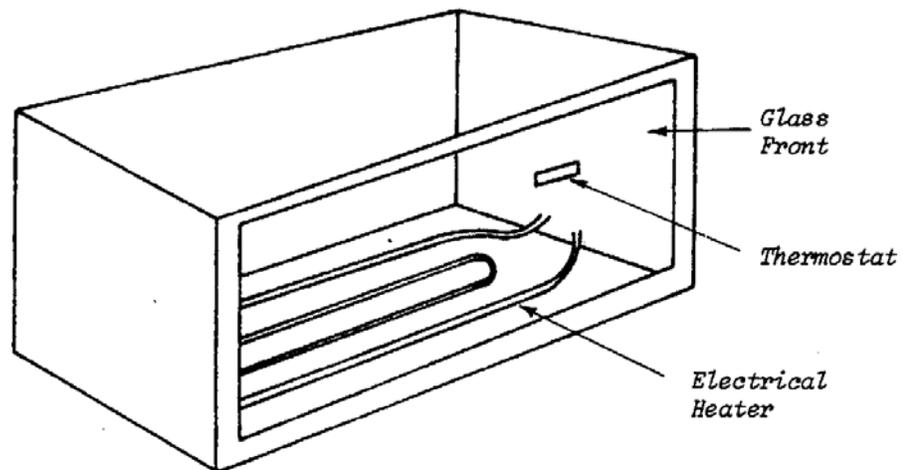
1. Pendahuluan

Pengujian outward leak adalah pengujian kebocoran yang dilakukan secara pasif yaitu kompresornya tidak beroperasi (off).

2. Prosedur

1. Hubungkan tanki nitrogen kering ke SSV. Dan lakukan pengisian nitrogen kering ke dalam kompresor hingga tekanannya mencapai : 400 sampai 500 Kpa, agar tiak merusak katub kompresor.
2. Masukkan kompresor ke dalam tanki air hangat dan biarkan kira-kira 10 menit. Adanya kebocoran akan ditunjukkan dengan keluarnya gelembung-gelembung udara.
3. Lakukan pengujian outward leak dengan mengisikan refrigerannya ke dalam kompresor sampai tekanannya mencapai 400 - 500 Kpa dan cari kebocoran dengan menggunakan Leak detector.

4. Gambar Kerja



C. Pengujian Efisiensi Kompresi

1. Pendahuluan

Kompresor yang mempunyai kompresi bagus akan dapat melakukan :

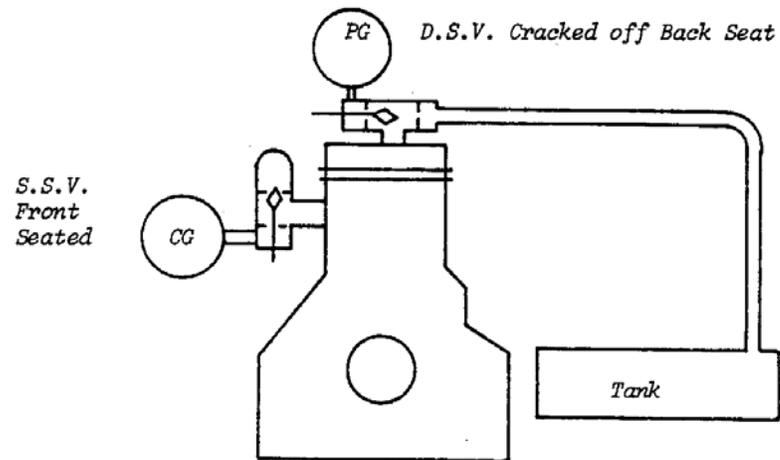
1. Memompa gas hingga mencapai tekanan tertentu
2. Memvacum hingga tekanan minus tertentu
3. Menjaga kondisi kedua tekanan tersebut pada saat kompresor off.

2. Prosedur

1. Pasangkan compound gauge ke SSV .
2. Pasang High pressure gauge ke DSV. Kemudian hubungkan DSV ke Silinder refrigeran dengan menggunakan penyambung sependek mungkin.
3. Operasikan kompresor dan biarkan kompresor menghisap udara dan memampatkannya ke tabung silinder hingga tekanan tertentu.

4. Pada saat kompresor masih berjalan front SSV. Amati penunjukan meter.

3. Gambar Kerja



Untuk Kompresor Semi hermetic dan Kompresor Open Type

KOMPONEN DAN RANGKAIAN KONTROL

12

Kerangka Isi

- 12.1 Fungsi Pengontrol Sistem Refrijerasi dan Tata Udara
- 12.2 Fungsi Pengatur kondisi ruang
- 12.3 Fungsi Proteksi dan perlindungan
- 12.4 Fungsi Operasi ekonomis
- 12.5 Fungsi Starting dan Stopping
- 12.6 Fungsi Pengontrol Operasi
- 12.7 Fungsi pengontrol Kondisi Ruang
- 12.8 Fungsi Pengontrol residential AC
- 12.9 Fungsi Pengontrol AC Komersial
- 12.10 Fungsi Pengontrol untuk central station (AC)
- 12.11 Sistem Kontrol Elektrik
- 12.12 Sistem Kontrol Pneumatik
- 12.13 Sistem Kontrol Elektronik
- 12.14 Thermostat
- 12.15 Humidistat
- 12.16 Pressure Control
- 12.17 Oil differential Pressure Control
- 12.18 Evaporator Pressure Regulator
- 12.19 Crankcase Pressure Regulator
- 12.20 Capacity regulator

12.1 Fungsi Pengontrol Sistem Refrigerasi dan Tata Udara

Suatu unit air conditioning memerlukan sistem pengontrolan secara otomatis agar dapat beroperasi dengan efektif dan aman serta ekonomis sesuai kebutuhan. Pada prinsipnya sistem pengontrolan ini harus mampu memenuhi persyaratan yang diperlukan untuk keperluan otomatisasi proses meliputi tiga kategori fungsi sebagai berikut, yaitu (i) fungsi mengatur dan mengontrol kondisi ruang (space), (ii) fungsi proteksi dan perlindungan dan (iii) fungsi operasi yang ekonomis.

12.2 Fungsi Pengatur kondisi ruang

Agar sistem pengontrolan yang digunakan dapat melaksanakan fungsi ini maka diperlukan alat deteksi dan aktuasi yang akan memonitor kondisi ruang setiap saat melalui berbagai alat deteksi yang digunakan dan kemudian mengadakan pengaturan seperlunya untuk mencapai kondisi yang diinginkan melalui peralatan aktuasi yang digunakan. Peralatan deteksi dan aktuasi tersebut antara lain thermostat, humidistat, damper, katub dan relai). Peralatan tersebut dapat beroperasi secara elektrik dengan menggunakan energi listrik, dapat pula secara pneumatik menggunakan kekuatan udara tekan dan secara elektronik dengan menggunakan bahan semi konduktor dan mikroelektronik berbasis komputer.

Peralatan deteksi dan aktuasi yang digunakan akan berkolaborasi untuk menjaga kondisi suhu dan kelembaban udara ruang senantiasa tetap berada pada titik tertentu sesuai keinginan dan perencanaan. Variable yang dideteksi dan dikontrol meliputi suhu, tekanan, jumlah udara dan kualitas udara, refrigeran dan uap air. Selain itu juga harus dapat mengontrol siklus kompresor ,burner (boiler) atau heater secara pasti (ON/OFF) sesuai kebutuhan beban.

12.3 Fungsi Proteksi dan Perlindungan

Sistem pengontrolan yang digunakan harus mampu memberikan fungsi proteksi dan pengaman untuk mencegah mesinnya sedini mungkin terhadap bahaya kerusakan fatal. Dalam hal ini sistem kontrol yang digunakan harus mampu mencegah terjadinya suhu tinggi atau suhu yang berlebihan dan bahaya kebakaran. Sebagai

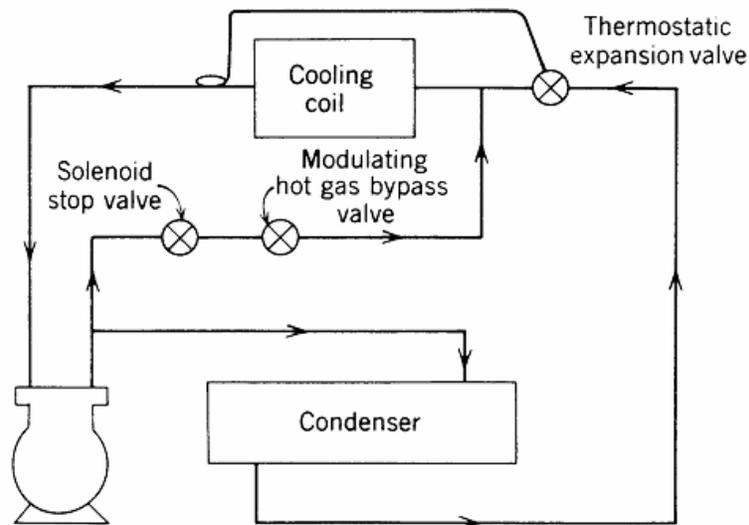
contoh Oil pressure control, Suction pressure regulator, limit switch, motor overload protection dan smoke detector.

12.4 Fungsi Operasi Ekonomis

Sistem kontrol yang digunakan harus mampu menjaga operasi mesin pada tingkat yang paling ekonomis dengan mengatur konsumsi energi yang digunakan pada waktu ke waktu disesuaikan dengan kebutuhan beban. Misalnya konsumsi air, bahan bakar atau tenaga listrik yang dikonsumsi pada saat beban air conditioning turun di bawah desain nominalnya. Untuk itu kompresornya harus dilengkapi dengan sistem kontrol kapasitas misalnya dengan menggunakan alat yang disebut : Hot gas Bypass, Auto Unloader dan multispeed kompresor atau kompresor parallel

Sistem Hot gas bypass

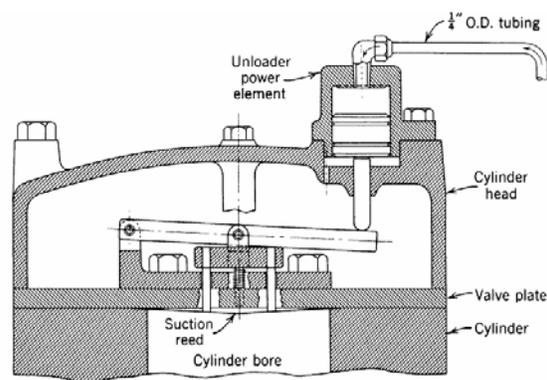
Gambar 12.1 memperlihatkan tipikal pengontrolan kapasitas dengan hot gas. Pada system ini, untuk menurunkan kapasitas kompresor, gas panas dari kondensor langsung disalurkan ke evaporator melalui saluran bypass yang dikontrol oleh solenoid stop valve dan modulating hot gas bypass valve.



Gambar 12.1 Tipikal Pengontrolan kapasitas dengan Hot gas Bypass

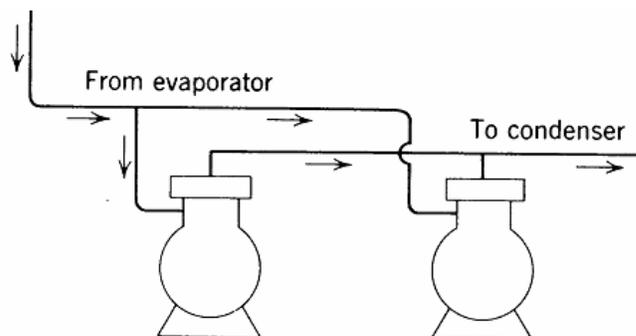
Penggunaan Auto Unloader

Untuk menurunkan kapasitas kompresor, digunakan piranti khusus yang disebut auto unloader. (Gambar 12.2). Auto unloader adalah system mekanik tambahan yang diletakkan pada mekanik katub kompresor. Dalam operasinya maka unloader kompresor akan mengangkat katub sauction kompresor secara otomatis, sehingga walupun piston kompresor bergerak naik-turun, tetapi tidak menghasilkan efek kompresinya. Pada saat piston bergerak turun akan menghisap refrijeran, dan pada saat piston bergerak naik maka refrijeran gas yang sudah dipampatkan oleh piston akan disalurkan lagi ke saluran suction.



Gambar 12.2 Sistem Auto Unloader

Sistem Kompresor Ganda



Gambar 12.3 Tipikal Kompresor Parallel, Yang dapat bekerja secara bergantian, sesuai kapasitas yang diinginkan

Pada gedung-gedung bertingkat tinggi untuk pemakaian komersial sering menggunakan sistem kontrol dengan mikrokontroler yang berbasis komputer (Building Automation System) untuk keperluan peningkatan upaya konservasi (hemat) energi.

Kontrol yang terprogram melalui perangkat komputer (misalnya dengan PLC atau Programmable Logic Control) sering digunakan untuk mengontrol dan memonitor kondisi ruang demi ruang setiap saat untuk menghasilkan operasi sistem yang ekonomis tanpa mengurangi kebutuhan kualitas yang diperlukan.

Menurut aksi spesifik yang dilakukan maka fungsi sistem kontrol dapat diklasifikasikan sebagai berikut yaitu sebagai pengontrol Starting, pengontrol operasi dan pengontrol kondisi ruang.

12.5 Fungsi Starting/Stopping

Pengontrol starting dapat berupa sistem kontrol tunggal (operasi on/off) tidak tergantung sistem lainnya atau dapat berupa operasi sekuen yang melibatkan lebih dari sistem aktuasi (misalnya motor kompresor, pompa air dan fan) secara interlock.

12.6 Fungsi Pengontrol Operasi

Pengontrol operasi pada prinsipnya mengontrol operasi mesin pada tingkat yang paling efektif dan aman. Sistem kontrol ini dapat mencegah mesin dari bahaya kerusakan fatal dengan melindunginya terhadap adanya suhu dan tekanan yang berlebihan dan bahaya kebakaran. Sistem kontrol ini dapat berfungsi sebagai pengontrol kapasitas pada saat mesin sedang bekerja atau pada saat starting sehingga diperoleh operasi yang ekonomis. Misalnya High - Low Pressure control, time delay relay, freeze protection, temperature limit control dan compressor capacity control.

12.7 Fungsi Pengontrol Kondisi Ruang

Pengontrol ini berfungsi sebagai pengatur kondisi ruang. Sistem kontrol yang digunakan harus mampu mendeteksi kondisi di dalam

ruang dari waktu ke waktu meliputi suhu, tekanan dan kelembaban udara dalam ruang dan selanjutnya melakukan berbagai pengaturan untuk menjaga kondisi ruang tetap berada pada batas-batas perencanaannya.

12.8 Sistem Pengontrol untuk residential AC

Air conditioner untuk keperluan rumah tinggal (residential system) biasanya hanya memerlukan sistem kontrol yang sederhana, yaitu switch manual yang dipadu dengan room thermostat dan timer switch untuk mengontrol suhu ruang. Peralatan kontrol lainnya baik untuk starting maupun untuk operasional biasanya merupakan bagian integral dari unitnya sesuai desain pabrikannya. Unit kontrol untuk starting diatur oleh thermostat yang akan mengoperasikan suatu relai atau kontaktor. Relai atau kontaktor tersebut kemudian akan memberi penguatan kepada unit aktuasinya misalnya kompresor, fan, katup dan pompa. Sedang unit kontrol operasinya akan memberikan fungsi proteksi terhadap adanya suhu dan tekanan yang abnormal baik pada sisi tekanan rendah atau tekanan tingginya.

Ada pula peralatan kontrol lain yang kadangkala ditambahkan oleh pabrikannya yang bertujuan lebih memberikan fungsi kenyamanan dan kemudahan pemakainya. Berikut ini diberikan beberapa konfigurasi sistem kontrol yang banyak digunakan :

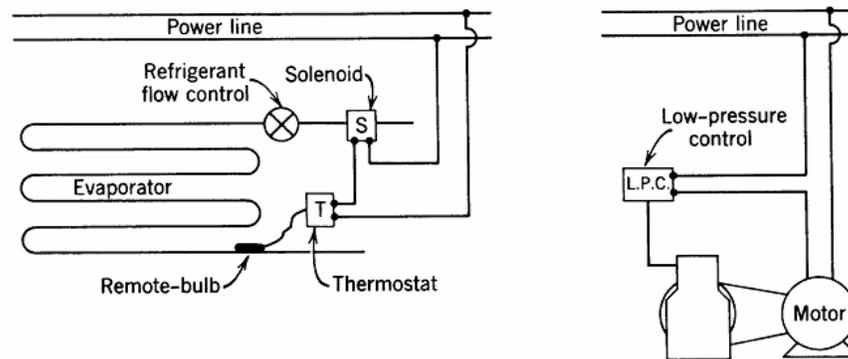
(i) Kombinasi sistem kontrol untuk operasi cooling dan heating yang diterapkan pada unit AC Split dengan menggunakan selector switch manual. Thermostatnya dilengkapi dengan timer switch agar dapat mengontrol operasi sistem sesuai waktu yang diinginkan misalnya pada waktu malam hari (night set back) dan selanjutnya dapat kembali ke operasi day time.

(ii) Kombinasi sistem kontrol yang lebih lengkap untuk operasi cooling dan heating yang menggunakan pengaturan 3 posisi, yaitu "On - Off - Auto".

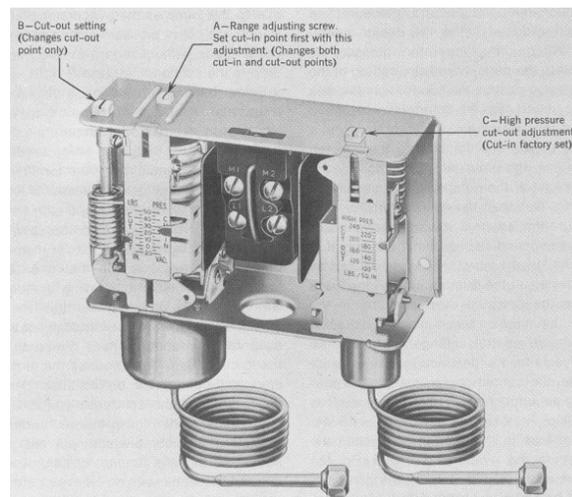
(iii) Humidistat yang dikombinasikan dengan humidifyer untuk menjaga tingkat kelembaban relatif udara tetap berada pada batas-batas perencanaannya.

12.9 Sistem Pengontrol AC Komersial

Seperti halnya pada AC residential, unit AC komersial berskala rendah dan sedang yang umumnya didesain dalam bentuk unit paket (packaged system) juga menggunakan switch manual yang dipadu dengan thermostat untuk mengontrol operasi cooling dan heating. Unit kontrol operasinya terdiri dari High - Low Pressure Protection, Motor Winding Protection, Time Delay Relay, Head Pressure Control dan Burner Control.



Gambar 12.4 Ilustrasi penggunaan thermostat dan Low Pressure control pada unit komersial



Gambar 12.5 Tipikal Double Pressure Switch

12.10 Sistem Pengontrol untuk Central Station

Untuk menangani kebutuhan ruang yang dikondisi pada bangunan besar dan bertingkat biasanya lebih ekonomis bila menggunakan Central Station. Suatu central station dapat dibangun baik dengan sistem langsung (direct expansion refrigerant) atau dengan sistem tak langsung (chilled water) untuk memenuhi kebutuhan operasi coolingnya. Pada sistem ini biasanya dilengkapi pula dengan boiler yang memproduksi uap untuk keperluan heating ataupun untuk keperluan humidifying.

Operasi cooling dan heating dapat dikontrol secara manual ataupun otomatis bahkan full automatic, terprogram yang berbasis komputer. Air Handling Unit (AHU) yang mengatur distribusi udara ke ruang dilengkapi dengan damper untuk mengatur jumlah aliran udara, baik udara kembali atau udara luar dan dilengkapi pula dengan berbagi katub untuk mengatur chilled water atau uap.

Damper dan katub dikontrol oleh alat deteksi suhu yang terletak di dalam ruang atau di dalam duct. Biasanya kompresornya dilengkapi dengan sistem pengontrol kapasitas yang berupa sistem auto Unloader atau dengan sistem Hot Gas Bypass. Semua peralatan kontrolnya bekerja secara interlock untuk menghasilkan operasi otomatis. Biasanya peralatan kontrolnya dipilhkan dari sistem pnumatik yang menggunakan udara tekan sebagai tenaga penggerakannya.

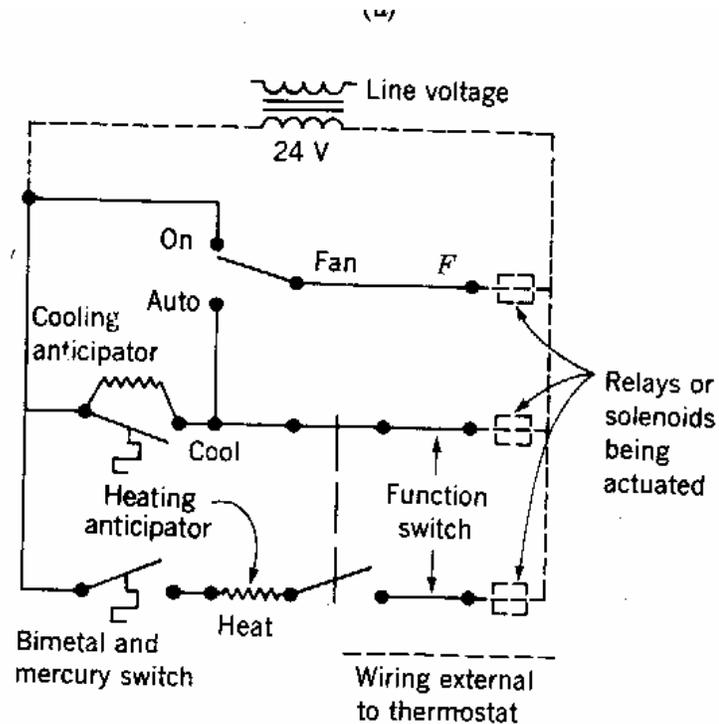
Dilihat dari cara peralatan kontrol itu bekerja dan dari jenis tenaga yang digunakan, maka peralatan kontrol dapat dibedakan menjadi 4 klasifikasi, yaitu:

- (i) sistem kontrol elektrik,
- (ii) sistem kontrol pnumatik,
- (iii) sistem kontrol elektronik dan
- (iv) sistem kontrol fluidik.

Banyak sistem kontrol yang menggunakan kombinasi dari sistem tersebut di atas. Misalnya sistem pendeteksiannya menggunakan sistem elektronik sedang sistem aktuasinya menggunakan sistem elektrik untuk mengontrol damper atau katub. Atau adapula suatu controller yang menggunakan sistem fluidik dan aktuasi damper menggunakan sistem pnumatik. Kontrol starting dan sebagian besar kontrol operasi banyak menggunakan sistem elektrik.

12.11 Sistem Kontrol Elektrik

Peralatan kontrol yang digunakan pada sistem kontrol elektrik bekerja bila mendapat penguatan tenaga listrik. Untuk alasan keamanan operator atau pemakai maka digunakan jala-jala bertegangan rendah (24 volt). Sistem ini mendeteksi kondisi ruang, misalnya suhu dan tekanan fluida atau laju aliran berbagai medium untuk keperluan transfer panas.

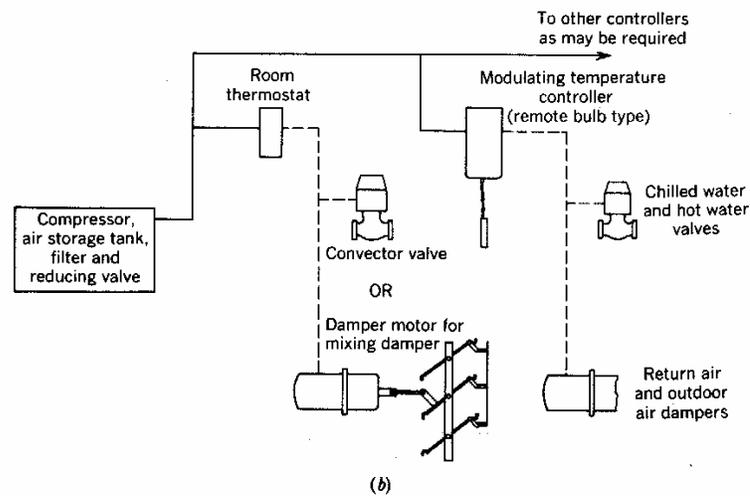


Gambar 12.6 Sistem Kontrol Elektrik

Peralatan kontrol ini akan menggerakkan suatu switch atau relai yang terhubung ke sistem kontrol starting atau sistem kontrol operasi untuk mengontrol motor, boiler/burner, damper atau katub/solenoid. Banyak unit AC residential dan AC komersial yang menggunakan sistem kontrol elektrik. Sistem kontrol elektrik lebih simpel sehingga lebih murah dan lebih mudah perawatannya.

12.12 Sistem Kontrol Pnumatik

Berbagai peralatan deteksi dan aktuasi dapat dirancang dengan menggunakan sistem pnumatik yang menggunakan udara tekan dari kompresor udara sebagai tenaga penggerak. Tekanan kerja udara tekan dari kompresor yang diijinkan untuk keperluan kontrol pnumatik adalah 15 psi dan pendistribusiannya dilakukan melalui pipa tembaga.



Gambar 12.7 Sistem Kontrol Pnumatik

Ada 4 jenis komponen kontrol yang telah dirancang oleh pabrikannya untuk keperluan kontrol air conditioning yaitu:

- (i) Controllers (misalnya : Thermostat, pressure Regulator dan Humidistat)
- (ii) Controlled Devices (misalnya : Katub dan damper)
- (iii) Sistem distribusi udara
- (iv) Kompresor udara yang dilengkapi dengan filter, dryer dan stasiun penurun tekanan.

Gambar 1.2 memperlihatkan beberapa komponen yang digunakan dalam sistem kontrol pnumatik. Room thermostat mendeteksi kebutuhan cooling di dalam ruangan. Bila terpenuhi maka akan membuka katubnya secara proportional sehingga memungkinkan udara tekan dari kompresor (dengan variasi tekanan antara 3

sampai 13 psi) mengalir ke dan sekaligus mengoperasikan alat Convectur Valve atau Mixing Damper Motor. Sedang remote bulb thermostat akan mendeteksi suhu chilled water dan kemudian mengontrol alat Mixing Valve atau mengoperasikan Damper Motor untuk mengontrol campuran udara.

12.13 Sistem Kontrol Elektronik

Pada prinsipnya peralatan kontrol yang digunakan pada sistem kontrol elektrik, pneumatik dan elektronik adalah sama. Perbedaannya hanya pada tenaga yang digunakan untuk menggerakannya. Peralatan kontrol yang digunakan pada sistem kontrol elektronik menggunakan instrumen elektronik yang menghasilkan sinyal digital ataupun sinyal analog. Sinyal yang dihasilkan ini masih terlalu lemah untuk dapat menggerakkan suatu alat aktuasi (relay). Oleh karena itu perlu dilengkapi dengan suatu sistem penguat sinyal (amplifier) yang akan menguatkan sinyal deteksi tersebut sehingga akhirnya dapat digunakan untuk mengontrol peralatan aktuasi yang digunakannya.

Komponen kontrol yang telah dirancang oleh pabrikannya antara lain:

- (i) Controllers (misalnya : Thermostat, pressure regulator dan humidistat termasuk sirkit jembatan dan amplifiernya)
- (ii) Controoled device (misalnya : damper dan katub)
- (iii) Operator (misalnya motor penggerak dan katub operator)
- (iv) Elemen deteksi atau sensor (probe)

Kelebihan sistem kontrol elektronik adalah kemampuan mengukur dan mendeteksi secara cepat dan akurat (presisi). Komponen elektronik ini terbuat dari bahan semi konduktor (solid state) sehingga memudahkan untuk digabungkan dengan sistem kontrol dengan menggunakan mikroelektronik yang berbasis komputer (mikroprosesor chip). Sehingga memungkinkan membuat sistem kontrol secara terprogram misalnya dengan menggunakan PLC (Programmable Logic Control).

12.14 Thermostat

Mesin refrigerasi dirancang agar dapat menghasilkan atau menyediakan efek pendinginan untuk menurunkan dan menjaga suhu ruang tetap berada pada batas yang direncanakan dengan tepat. Untuk dapat menghasilkan kondisi ruang seperti itu, maka mesin refrigerasi harus mempunyai kapasitas yang sama atau sedikit lebih besar dari pada kapasitas pendinginan rata-rata yang dipikulnya.

Tetapi bila mesin pendingin bekerja terus-menerus maka suhu ruang akan turun tak terkendali. Oleh karena itu dibutuhkan suatu peralatan kontrol yang dapat mengontrol siklus operasi sistem yang disebut thermostat. Pada unit tertentu penggunaan thermostat dikombinasikan dengan pengontrol waktu (timer switch).

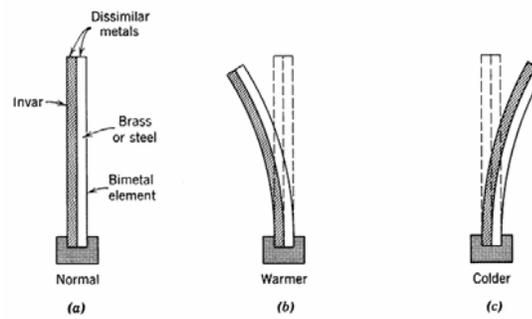
Thermostat dapat diletakkan di dalam ruang atau di dalam duct untuk mendeteksi suhu udara dan dapat pula diletakkan di dalam pipa untuk mendeteksi suhu air (chilled water). Bila thermostat diletakkan di dalam ruang maka ketinggiannya kurang lebih 4 atau 5 kaki dari lantai.

Terdapat banyak jenis thermostat yang telah dirancang oleh pabrikannya baik untuk keperluan kontrol elektrik, kontrol pneumatik dan kontrol elektronik. Thermostat dapat digunakan untuk operasi cooling atau pun operasi heating.

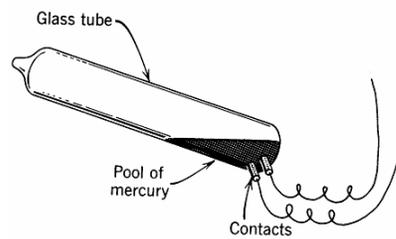
Electric Thermostat

Electric Thermostat adalah thermostat yang digunakan pada sistem kontrol elektrik. Thermostat ini terdiri dari bimetal coil yang didesain sedemikian rupa sehingga bila ada perubahan suhu dapat menggerakkan bimetalnya (melengkung) dan kemudian gerakan bimetal ini digunakan untuk mengontrol mekanik membuka dan menutup kontak switch.

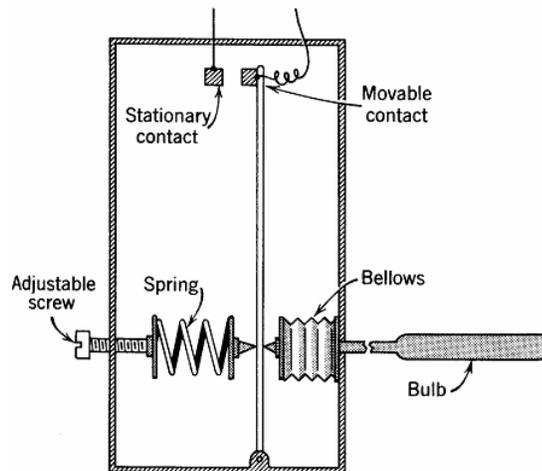
Ada pula yang menggunakan bulb sebagai sensor suhu. Heating thermostat akan membuka kontakannya bila suhu ruang naik, sedang cooling thermostat akan membuka kontak switch bila suhu ruang turun. Untuk membantu pergerakan bimetal yang lebih signifikan maka bimetalnya dilengkapi dengan sebuah elektrik heater. Switch untuk thermostat yang bekerja pada tegangan rendah (24 volt) biasanya merupakan mercury switch.



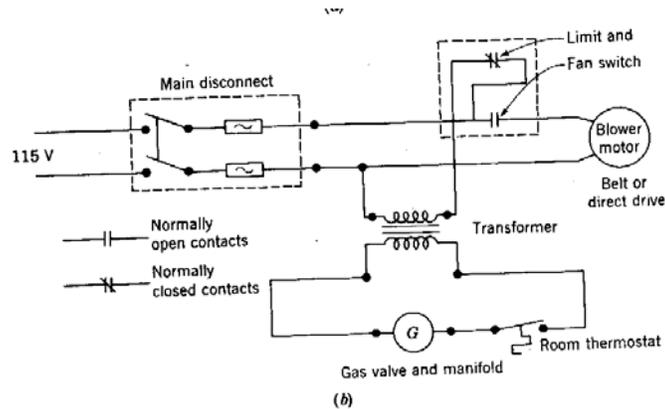
Gambar 12.8 Elemen deteksi suhu, jenis bimetal



Gambar 12.9 Elemen deteksi suhu, mercury

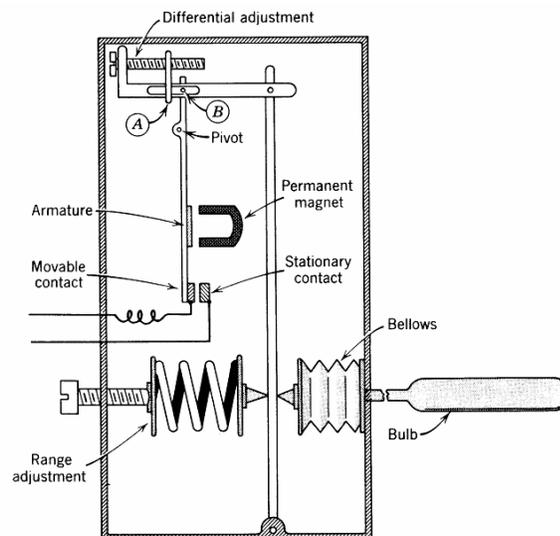


Gambar 12.10 Rangkaian kontrol thermostatik



Gambar 12.11 Skematik Diagram Sistem Kontrol Elektrik

Gambar 12.4 memperlihatkan skematik diagram tipikal sistem kontrol elektrik yang menggunakan electric thermostat. Thermostat ini akan mengontrol penguatan relay atau solenoid yang digunakan untuk mengontrol sistem. Titik pengaturan suhu yang dilakukan thermostat dibedakan menjadi dua yaitu "Cut In" dan "Cut Out" temperature.

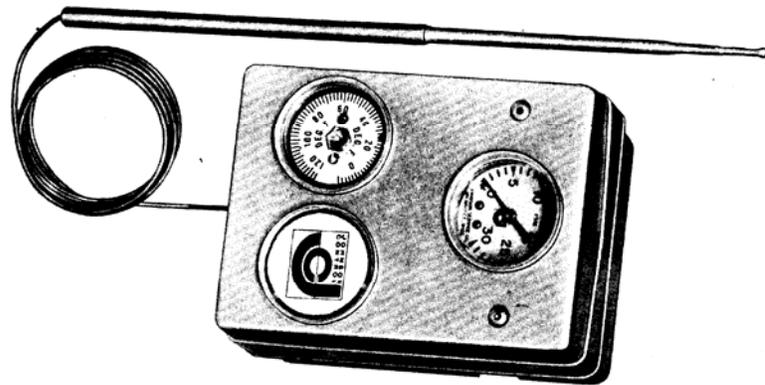


Gambar 12.12 Konstruksi Tipikal Elektrik Thermostat

Kerja pengatur suhu (thermostat) dipengaruhi oleh perubahan suhu yang diterima oleh alat sensor suhu (bulb) gas akan mengembang sebanding dengan suhunya. Perubahan suhu tersebut dapat menyebabkan gas, uap atau cairan di dalam pipa dan bulb mengembang atau menyusut, sehingga dapat menimbulkan tekanan pada bellow (diafragma) yang berubah-ubah. Perubahan tekanan di dalam bellow diubah menjadi gerakan linear untuk menggerakkan suatu kontak untuk membuka atau menutup. Di atas bellow ditempatkan pegas yang melawan tekanan bellow. Tekanan pegas dapat diatur melalui tombol yang ada di atasnya. Sehingga tekanan bellow pun akan mengikutinya yang berarti temperatur dari bulb yang dapat diatur.

Pnumatik Thermostat

Pnumatik thermostat juga menggunakan elemen bimetal sebagai sensor suhu. Pada desain lain kadang digunakan bulb yang berisi liquid refrigeran. Tenaga gerak yang ditimbulkan oleh elemen deteksinya digunakan untuk mengontrol port (katub) udara yang ada di dalam suatu sistem pemipaan udara tekan, sehingga udara tekan dari kompresor dapat mengalir secara proportional ke suatu alat aktuasi atau operator.

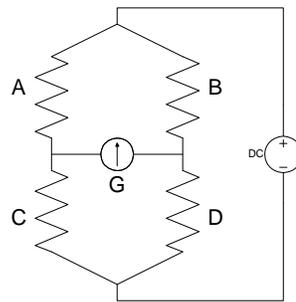


Gambar 12.13 Pnumatik Thermostat

Electronic Thermostat

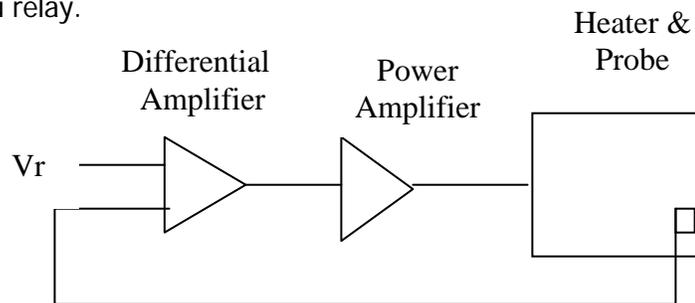
Electronic Thermostat menggunakan resistance thermometer untuk mendeteksi suhu. Resistance thermometer adalah elemen resistansi yang sensitif terhadap perubahan suhu. Nilai resistansinya akan berubah bila suhu juga berubah. Elemen resistansi tersebut dihubungkan ke salah satu kaki sirkuit jembatan Wheat Stone.

Gambar 12.7 memperlihatkan sirkuit jembatan Wheat Stone. Jembatan Wheat Stone terdiri dari 4 resistor yang dihubungkan sedemikian sehingga membentuk sirkuit jembatan.



Gambar 12.14 Sirkuit Jembatan Wheat Stone

Bila perbandingan keempat resistansinya : $A / B = C / D$ sama, maka tegangan outputnya menjadi nol. Dalam hal ini dikatakan jembatan dalam keadaan seimbang. Bila nilai resistansi A (elemen resistance thermometer) berubah akibat ada perubahan suhu maka menyebabkan jembatan tidak seimbang lagi dan akan muncul sinyal tegangan pada output sirkuit jembatannya. Tegangan sinyal output ini masih sangat lemah sehingga perlu mendapat penguatan (amplifier) terlebih dahulu sebelum ia dapat digunakan untuk menggerakkan suatu relay.



Gambar 12.15 Blok Diagram tipikal electronic thermostat

Pengaturan (setting) Thermostat

Thermostat mempunyai batas cut in dan cut out tertentu. Perbedaan antara batas cut in dan cut out tergantung dari pengaturan differensialnya. Besar kecilnya differensial tergantung pada penggunaan dan lokasi alat sensor suhu (bulb).

Dalam banyak hal, bila bulb dijepitkan pada evaporator, sehingga temperatur pendinginan dideteksi secara langsung oleh temperatur evaporator, maka dalam kasus ini pengaturan differensial harus besar untuk menjaga adanya "Short Cycling" pada kopresor. Biasanya differensial diatur $8^{\circ} - 10^{\circ}\text{C}$. Untuk kasus lain bisa $1^{\circ} - 2^{\circ}\text{C}$ atau $4^{\circ} - 5^{\circ}\text{C}$, tergantung penempatan bulb.

Pengaturan thermostat ada 3 macam : (I) pengaturan range dan (ii) pengaturan diferensial.

Pengaturan Range

Mengatur range adalah cara pengaturan cut in dan cut out thermostat yang menghasilkan daerah pengaturan amplitudo. Cut on dan cut off akan kembali bersamaan tetapi dengan differensial yang tetap sama. Biasanya pada baut pengaturan range ada petunjuk arah putaran baut pengatur range yang memberikan pengaturan sebagai berikut :

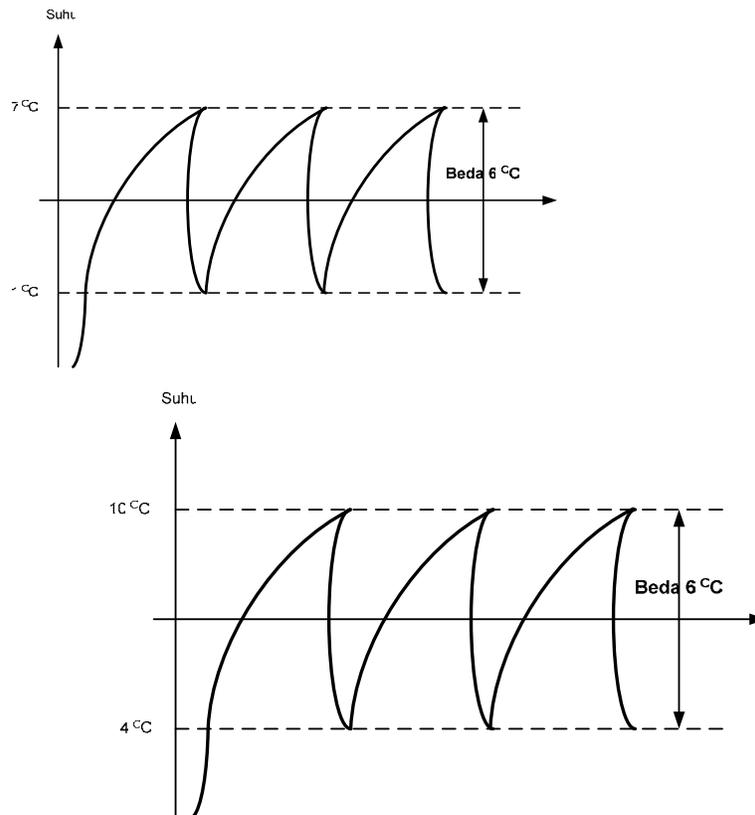
- (i) Memutar baut searah jarum jam -- suhu kerja naik
- (ii) Memutar baut rangge melawan jarum jam -- suhu kerja turun
- (iii) Memutar baut range satu putaran akan mengubah suhu kerja antara $5^{\circ} - 8^{\circ}\text{C}$

Pengaturan Diferensial

Fungsi utama thermostat adalah menjalankan motor kompresor baik suhu pendinginan meningkat (naik) pada batas tertentu. Batas ini disebut "Cut in" temperatur setting dan menghentikan motor kompresor saat suhu pendinginan mencapai titik terendah sesuai pengaturannya titik suhu terendah ini disebut "Cut on" temperatur setting. Mengatur differensial adalah mengatur kerja thermostat atau mengatur perbedaan titik cut in dan titik cut out. Perbedaan (differensial) ini tergantung pada aplikasi atau kondisi pendinginannya. Meskipun begitu perlu berhati-hati waktu melakukan pengaturan ini sebab bila perbedaan ini terlalu kecil maka sistemnya akan dapat mengalami "short cycle".

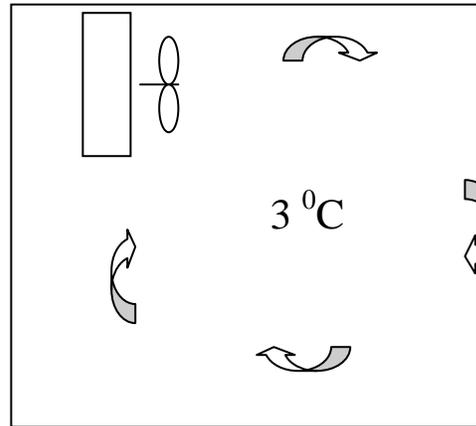
Short cycle adalah selang waktu cut ini dan cut out yang sangat singkat sehingga kerja kompresor terputus-putus. Hal ini dapat membahayakan kompresor. Namun bila perbedaan ini terlalu besar maka temperatur pendinginan akan meningkat menjadi tinggi sebelum terjadi cut in. Hanya dengan banyak berlatih maka akan dapat menentukan differensial yang tepat sesuai keinginan pada setiap kondisi yang berbeda. Memutar baud differensial ke dalam, differensial makin kecil dan memutar baud differensial ke luar, differensial makin besar.

Thermostat diatur pada cut ini + 7°C dan 1°C cut out dengan differensial 6 K. Thermostat ini dapat diubah rangnya menjadi lebih tinggi atau lebih rendah sesuai keinginan kita, misalnya diubah menjadi + 10°C cut in dan + 4°C cut out tanpa merubah differensialnya.



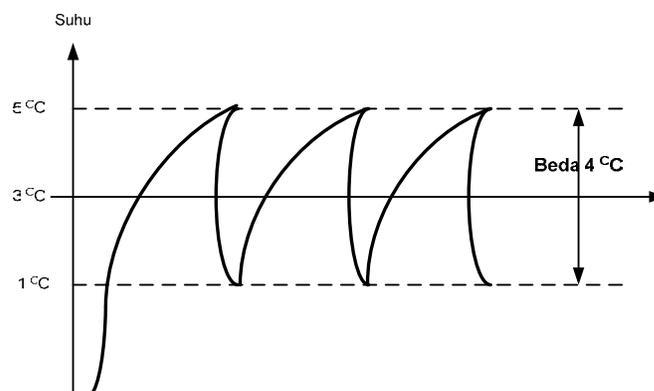
Gambar 12.16 Grafik Pengaturan Suhu

Berikut ini diberikan suatu contoh kasus dari suatu unit tata udara, sebagai berikut:



Dalam suatu ruangan khusus diharapkan mempunyai suhu yang konstan $+3^{\circ}\text{C}$ dengan perbedaan suhu pada alat kontrolnya sebesar 4 K maka untuk memenuhi keperluan tersebut, thermostat harus diatur untuk :
cut in pada suhu $+5^{\circ}\text{C}$ dan
cut out pada suhu 1°C .

Penentuan setting thermostat dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan temperatur rata-rata yang harus dipertahankan tetap konstan dan juga keinginan atau keperluan untuk mempunyai temperatur maksimum dan minimum yang dikehendaki. Bila hal ini sudah didapatkan maka differensial dapat dihitung. Sebaliknya bila differensialnya yang diketahui, maka untuk menghitung setting thermostatnya (cut in) dapat dilakukan dengan membagi dua nilai differensial tersebut dan kemudian menambahkannya dengan temperatur rata-rata yang diinginkan dan kemudian mengurangkannya untuk menentukan cut out temperaturnya.



Gambar 12.17 Grafik pengaturan Suhu

Faktor-faktor lain yang perlu diperhatikan saat menentukan pengaturan thermostat adalah : (I) Jenis evaporator yang dipakai, (ii) Perbedaan temperatur yang diinginkan antara evaporator dan ruangan yang didinginkan (TD) dan (iii) Jenis atau cara detrost

Berikut ini diberikan tabel perbedaan temperatur evaporator dan ruangan yang didinginkan (TD).

Jenis Evaporator	T D
Bare Tube	16 K
Cross Fin	14 K
Forced Draft	8 K
Flooded	3 K

Pemilihan Thermostat

Pemilihan Thermostat hendaknya memperhatikan faktor-faktor berikut ini:

- (i) Temperatur maksimum dan minimum yang dapat dicapai
- (ii) Jenis medium pendinginan misalnya udara, air, minuman
- (iii) Differensial yang dibutuhkan.

Bila ketiga faktor ini sudah diketahui maka tinggal mencari spesifikasi yang sesuai di dalam katalog yang ada. Pilihlah thermostat yang karakteristik pengaturannya mendekati kondisi temperatur yang diharapkan.

Misalnya, Sebuah ruangan ingin dipertahankan mempunyai suhu 3°C .

Dimana :
 cut in thermostat = 4°C
 cut out thermostat = -6°C
 differensial = 10 K

maka pilihlah thermostat yang ada dikatalog yang mendekati harga-harga tersebut diatas yaitu : thermostat RT₂ (lihat katalog).

Range = $-25^{\circ}\text{C} + 15^{\circ}\text{C}$
 Diff = 5 K sampai 18 K

Pemasangan Thermostat

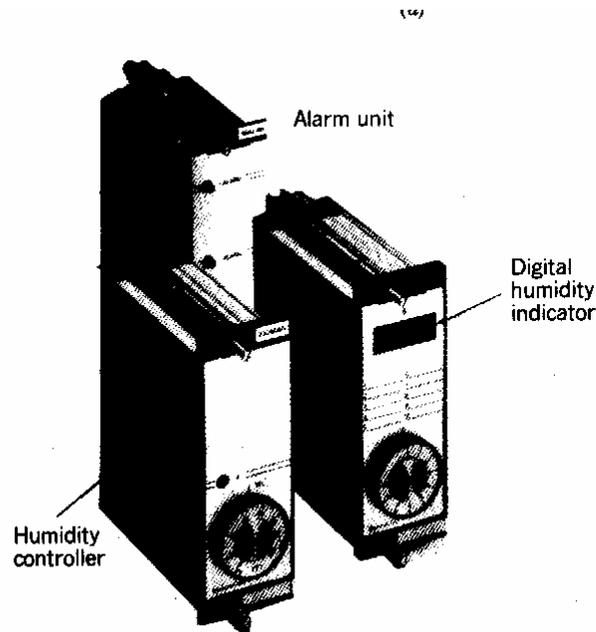
Ada 2 hal yang perlu diperhatikan dalam pemasangan thermostat, yaitu pemasangan thermo switchnya dan pemasangan sensor suhunya. Pada prinsipnya pemasangan thermostatnya dapat diletakkan di mana saja asal memudahkan operator untuk mencapainya. Kontak thermo switch-nya terdiri dari kontak NO (normally open) dan NC (normally closed). Untuk keperluan kontrol operasi biasanya digunakan kontak NO.

Sensor thermonya diletakkan di dalam ruang cabinet dengan ketinggian 1 atau 1,5 meter. Usahakan meletakkannya pada lokasi di mana produk yang disimpan diletakkan.

12.15 Humidistat

Humidistat adalah peralatan pengontrol kelembaban udara (humidity). Prinsip kerja alat ini sama seperti thermostat tetapi peralatan sensornya lebih peka terhadap perubahan kelembaban udara dari pada perubahan temperatur. Perubahan kelembaban udara akan menyebabkan terjadinya perubahan panjang dari elemen sensor yang digunakan. Alat sensor humidistats biasanya digunakan : rambut, kertas, kayu, nylon atau zat lain yang mempunyai sifat peka terhadap kelembaban udara.

Selanjutnya perubahan panjang yang diakibatkan oleh perubahan kelembaban udara digunakan untuk menggerakkan kontak listrik membuka atau menutup untuk sistem kontrol elektrik dan menggerakkan mekanik pembuka/penutup port udara pada sistem kontrol pneumatik serta merubah nilai resistansi dari elemen sensor yang digunakan pada sistem kontrol elektronik.. Peralatan pengontrol humidistats digunakan dalam sistem tata udara untuk mengatur kelembaban udara di dalam ruangan.



Gambar 12.18 Humidistat

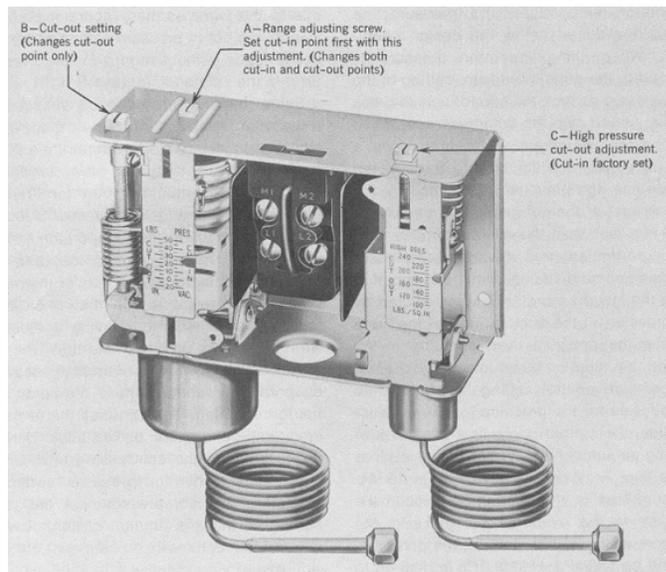
12.16 Pressure Control

Seperti telah diketahui bahwa sistem pengontrolan yang digunakan harus mampu memberikan fungsi proteksi dan pengaman untuk mencegah mesin (sedini mungkin) terhadap bahaya kerusakan fatal. Dalam hal ini sistem kontrol yang digunakan harus mampu mencegah terjadinya suhu tinggi atau suhu yang berlebihan dan bahaya kebakaran. Sebagai contoh High - Low Pressure Control, Oil pressure control, Suction pressure regulator, limit switch, motor overload protection dan smoke detector.

Pengontrolan motor untuk keperluan proteksi dengan memanfaatkan tekanan refrigerant dalam unit pendingin dibedakan :

- (i) Low Pressure Control (LPC), untuk memberi perlindungan terhadap adanya tekanan rendah yang berlebihan dan
- (ii) High Pressure Control (HPC), untuk memberi perlindungan terhadap adanya tekanan tinggi yang berlebihan.

Kedua jenis alat kontrol ini berfungsi seperti thermostat yaitu menjalankan dan menghentikan kompresor pada saat operasi normal atau pada saat terjadi tekanan yang abnormal. Hanya cara kerjanya yang berbeda. Kalau pada thermostat alat sensornya menggunakan sensor duhu sedang pada pressure control menggunakan sensor tekanan. Pada thermostat pergerakan diafragma diakibatkan oleh tekanan gas dari sensing bulb, sedangkan pada pressure control untuk menggerakkan diafragma ini memanfaatkan tekanan dari saluran tekan atau saluran hisap kompresor.



Gambar 12.19 Dual Pressure Control Switch, Tekanan tinggi dan tekanan rendah

Seperti thermostat, pressure control juga mempunyai titik cut in dan cut out. LPC digunakan untuk menjalankan dan menghentikan kompresor pada kondisi yang normal. Disamping itu dapat juga berfungsi sebagai pengaman kompresor bila terjadi tekanan yang tidak normal. Sedang HPC digunakan sebagai pengaman kompresor untuk melindungi terjadinya tekanan lebih. Pada unit pendingin berskala besar High Pressure Control dapat berfungsi pula sebagai alat pengontrol motor fan kondensor pada beban pendingin yang variable.

Kombinasi dari Low Pressure Control dan High Pressure Control sering pula digunakan pada suatu sistem pengontrolan yang digunakan sebagai pengaman. Meskipun begitu Dual Pressure Control dapat pula digunakan sebagai alat pengontrol kompresor (Operating Switch).

Low Pressure Control

Low Pressure Control digunakan sebagai pengontrol temperatur sekaligus pula sebagai alat pengaman. Bila digunakan sebagai pengaman, LPC ini akan memutuskan rangkaian dan menghentikan kompresor pada saat tekanan hisap (suction pressure) menjadi terlalu rendah. Hal ini bisa disebabkan unit pendingin kekurangan refrigerant, bocor terjadinya bunga es yang tebal di evaporator. Bila tekanan dari saluran hisap ini kembali normal, LPC akan menutup rangkaian dan kompresor akan bekerja kembali. Beberapa LPC dilengkapi dengan reset manual untuk menjaga adanya short cycling karena gangguan pada sistem.

Low Pressure Control dapat pula digunakan sebagai alat pengontrol kompresor pada saat tekanan refrigerant meningkat atau menghentikan kompresor pada saat tekanan hisap meningkat. Jenis ini disebut : Reverse Acting Low Pressure Control, jenis ini biasa digunakan sebagai alat pengaman pada unit dengan suhu yang rendah yang menggunakan electric deposite, untuk memutuskan elemen pemanas (electric heater) setelah pencairan bunga es (deposite) selesai. Jenis ini dapat juga digunakan sebagai alat kontrol Forced Draft Cooled Fan pada "Cool Rooms", on dan off pada saat temperatur "Cool Rooms" terlalu tinggi.

LPC biasa digunakan sebagai alat pengontrol temperatur pada unit pendingin komersial. Setiap perubahan suhu pada evaporator akan berubah pula tekanan pada saluran hisap kompresor. Jadi LPC dapat digunakan sebagai pengontrol suhu pada ruangan yang didinginkan dengan mengontrol temperatur evaporator.

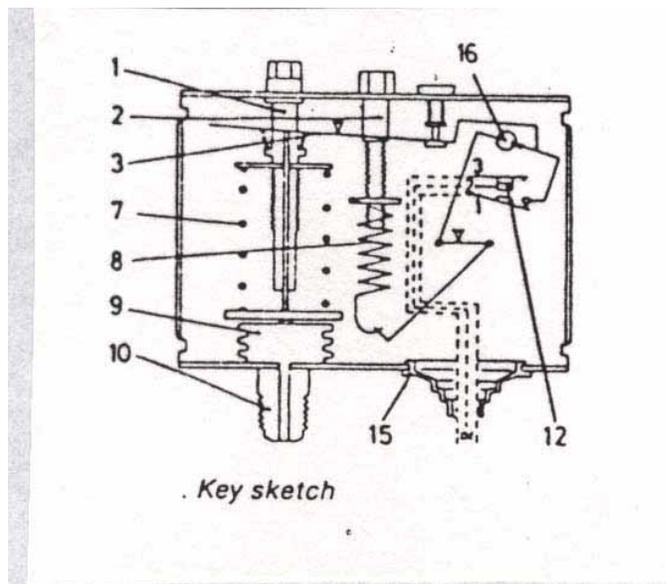
Misalkan :

Sebuah cool room diinginkan mempunyai suhu 3°C dengan perbedaan 8°TD antara evaporator dan ruangan refrigerant yang digunakan R - 12. Temperatur minimum ruangan diharapkan 2°C .
Hitunglah : Cut in dan cut out point.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Cut in} &= 4^{\circ}\text{C} \\ \text{Temperatur rata-rata ruangan} &= 3^{\circ}\text{C} \\ &= 3^{\circ} - \text{TD} \\ &= 3^{\circ} - (- 8 \text{ K}) \\ &= - 5^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

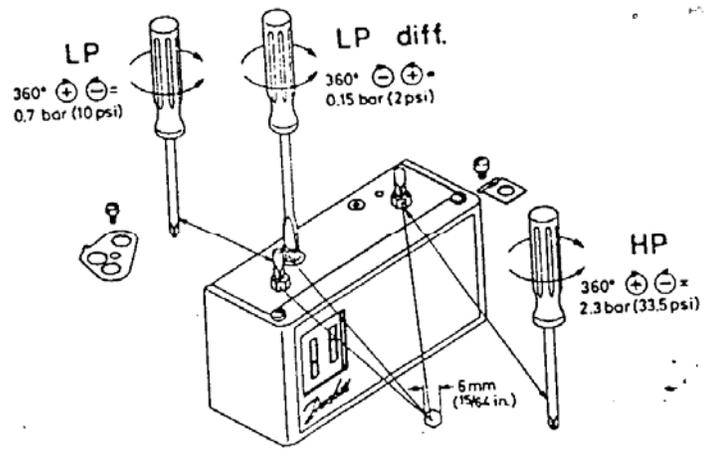
$$\begin{aligned} \text{Cut out} &= \text{temperatur rata-rata evaporator} - \text{TD} \\ &= - 5^{\circ}\text{C} - 8 \text{ K} = - 13^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$



Gambar 12.20 Low Pressure Control

Karena adanya penurunan tekanan pada saluran hisap, maka tekanan pada saluran hisap masuk kompresor lebih rendah dari pada tekanan evaporator. Penurunan tekanan ini harus diperhitungkan dalam menentukan cut out pressure. Sedangkan cut in pressure tidak dipengaruhi oleh penurunan tekanan ini, karena penurunan tekanan pada saluran hisap ini merupakan fungsi dari kecepatan aliran refrigerant.

Karena LPC ini berfungsi untuk mengatur suhu evaporator, maka akan sangat ideal sekali bila digunakan pada sistem yang menggunakan "Off cycle deposing". Pada ruangan yang bersuhu di atas 0°C, suhu evaporator akan meningkat dengan cepat pada saat "Off cycle". (Pada saat *defrost*).



Gambar 12.9 Pengaturan Setting Pressure Control

High Pressure Control

HPC biasanya digunakan sebagai alat pengaman kompresor pada saat terjadi gangguan tekanan yang berlebihan. HPC akan menghentikan kompresor pada saat tekanan pada saluran tekan terlalu tinggi. Hal ini dilakukan untuk melindungi katup-katup kompresor dan juga untuk melindungi motor dari beban yang berlebihan.

Bila tekanan saluran tekan (discharge) meningkat melebihi tekanan yang diizinkan, HPC akan terbuka dan memutuskan rangkaian sehingga kompresor berhenti. Bila tekanan turun kembali ke harga normal, HPC tertutup dan kompresor bekerja kembali.

Beberapa jenis HPC dilengkapi dengan tombol reset manual sehingga kompresor tidak dapat bekerja kembali sebelum tombol reset ditekan. Hal ini digunakan sebagai pengaman. Jadi Anda jangan melakukan reset sebelum mengetahui penyebab terjadinya tekanan lebih pada saluran tekan.

HPC biasa digunakan pada sistem komersial dan juga industri. Karena suhu kondensing dan tekanan kondensing untuk bermacam-macam refrigerant berlainan, maka cut in dan cut out pressure tergantung dari refrigerant yang digunakan, jenis kondensor dan ambient temperatur dari sistem. Disamping untuk mengontrol kompresor, HPC dapat juga digunakan sebagai pengontrol Fan Condensor, pompa air condensor dan selenoid valve. Reverse acting HPC akan menutup kontakannya pada saat tekanan meningkat. Sedangkan HPC akan membuka kontakannya pada saat tekanan meningkat. Reverse acting HPC digunakan untuk menjaga suhu condensing yang minimum. Sistem pengontrolan ini biasanya diterapkan pada area dimana ambient temperatur di bawah condensing temperatur.

Catatan :

Bila menggunakan HPC sebagai alat pengaman, maka setting controlnya jangan terlalu tinggi. Misal suatu unit pendingin udara menggunakan R-12 dengan ambient temperatur 40°C dengan TD : 20 K.

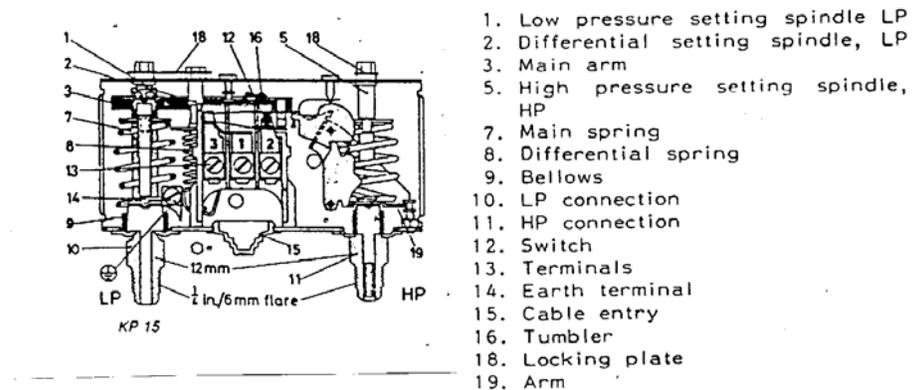
$$\begin{aligned} \text{Maka Condensing temperatur} &= \text{TD} + \text{AT} \\ &= 20 + 40 \\ &= 60^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Jadi setting control = 1420 Kpa.

Dual Pressure Control

Dual Pressure Control adalah kombinasi antara LPC dan HPC yang diletakkan dalam suatu unit. Jadi pada piranti kontrol ini terdapat dua set kontak, masing-masing untuk LPC dan HPC. Pada operasinya, kontak LPC yang normally closed akan terbuka bila terjadi penurunan tekanan suction di bawah harga settingnya. Sedangkan kontak HPC yang juga normally closed akan terbuka bila terjadi kenaikan tekanan pada sisi discharge-nya melebihi harga setting-nya.

Pada piranti ini terdapat dua buah bellow (diafragma) yang masing-masing terhubung ke sisi tekanan rendah dan sisi tekanan tinggi. Kedua diafragma tersebut dihubungkan secara mekanik untuk menggerakkan satu set kontak switch.



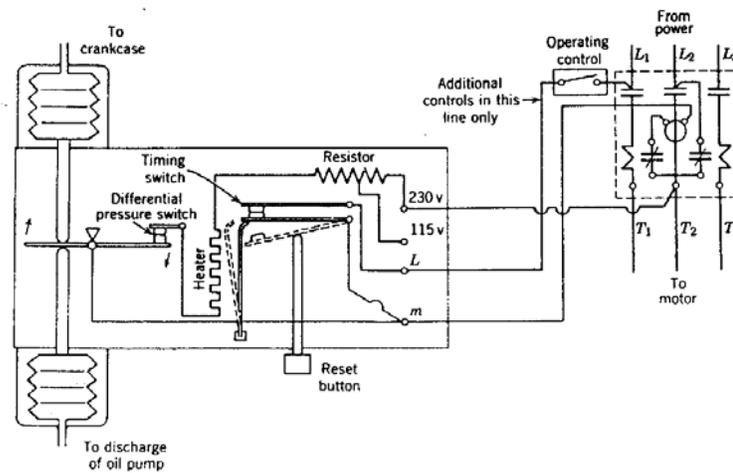
Gambar 12.21 Dual Pressure Control

12.17 Oil Difference Pressure Control

Oil Differential Pressure Control adalah alat proteksi terhadap sistem pelumasan kompresor. Bila terjadi tekanan oli pelumas kompresor turun di bawah harga yang aman, maka alat proteksi tekanan ini akan menghentikan (stop) kompresor setelah beberapa saat kemudian. (Biasanya setelah terjadi penurunan tekanan oli selama 45 detik. Release time selama 45 detik adalah waktu yang diberikan oleh alat proteksi tersebut bagi kompresornya sejak mulai terjadinya penurunan tekanan oli.

Pemasangan :

Salah satu sisinya dihubungkan ke crankcase kompresor. Jangan dihubungkan ke suction manifold atau tempat lain yang mempunyai tekanan berbeda dengan tekanan crankcase. Sisi lainnya dihubungkan ke sistem pelumasan di mana diinginkan tekanan minimum pada saat kompresor bekerja. Biasanya ditempatkan pada sisi pengiriman oli atau pada sisi outlet sistem pelumasan. Sambungan harus dibuat sedemikian rupa sehingga sambungan pipa pressure control-nya tidak tersumbat.



Gambar 12.22 Oil Different Pressure Control

12.18 Evaporator Pressure Regulator

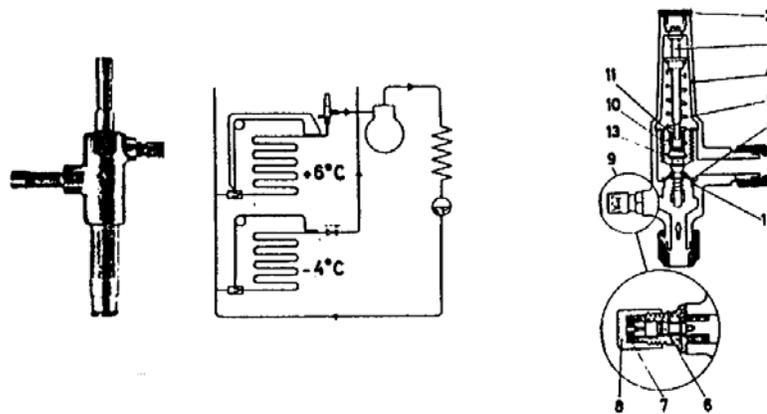
Evaporating Pressure Regulator adalah alat yang digunakan untuk :

- (i) Memelihara suhu evaporasi konstan dan sekaligus juga memelihara suhu permukaan evaporator konstan.
- (ii) Mencegah terjadinya tekanan evaporasi yang terlalu rendah.

Regulator ini menutup pada saat tekanan di dalam evaporator jatuh pada harga di bawah nilai setelannya (setting-nya) Dan regulator ini akan terbuka secara penuh selama periode pull-down.

Pemasangan :

Alat kontrol/proteksi tekanan ini dipasang pada suction line, setelah evaporator. Regulator tekanan ini akan membuka bila ada kenaikan tekanan pada sisi inletnya, yaitu pada saat tekanan evaporator mencapai nilai setting-nya. Regulator akan mengatur aliran sesuai tekanan inlet-nya. Variasi tekanan pada sisi outlet-nya tidak akan berpengaruh pada tingkat pembukaan katubnya karena regulator ini telah dilengkapi dengan membran penyama tekanan (10). Area efektif membran tergantung pada posisi valve-nya.



Gambar 12.23 Evaporator Pressure Regulator

Disamping itu, regulator ini dilengkapi juga dengan peralatan pulsation damping (11) untuk mengimbangi adanya pulsasi tekanan pada sistemnya, sehingga dapat mencegah regulator dari kerusakan, tanpa mengganggu keakuratannya.

Regulator ini dilengkapi juga dengan self closing pressure gauge (9) yang dapat digunakan untuk memasang pressure gauge tanpa perlu mengevakuasi evaporator suction terlebih dahulu.

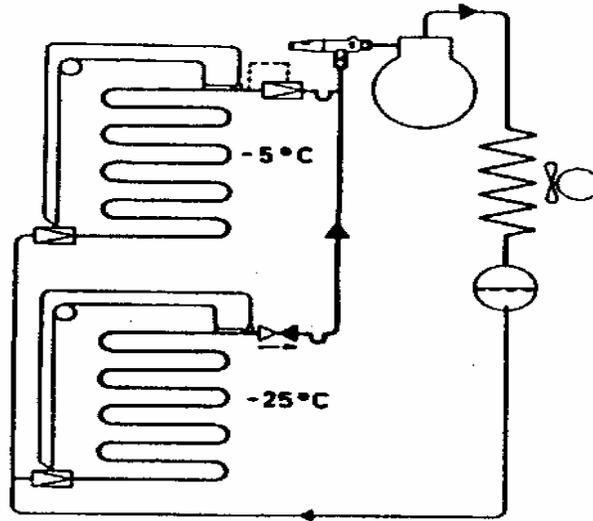
12.19 Crankcase Pressure Regulator

Crankcase Pressure Regulator digunakan untuk :

(i) Menbatasi tekanan maksimum dari suction kompresor. Hal ini dimaksudkan untuk melindungi motor kompresor terhadap pembebanan yang berlebihan karena tekanan suction yang tinggi pada saat start-up atau setelah selesainya periode defrost.

(ii) Memelihara Pre-set differential yang konstan antara suhu ruang dan suhu evaporasi selamam proses cooling. Dalam hal ini dapat mencegah terjadinya penurunan kandungan uap air di udara sehingga dapat mengurangi kerusakan produk.

Crankcase Pressure Regulator dipasang pada suction line sebelum kompresor.



Gambar 12.24 Crankcase Pressure Regulator

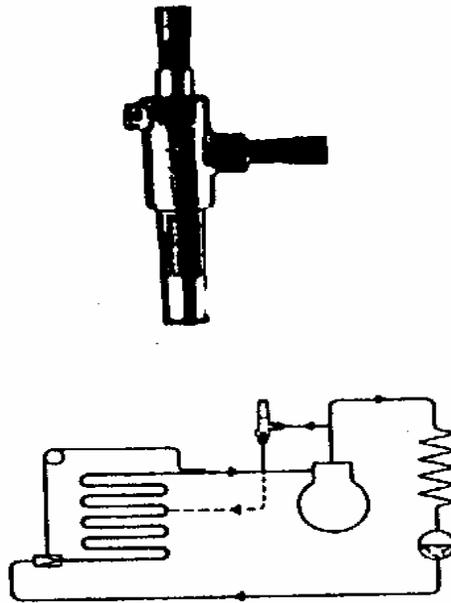
12.20 Capacity Regulator :

Capacity Regulator digunakan untuk :

(i) Pengaturan Kapasitas. Fungsi ini didapat dengan memasang capacity regulator pada by pass line antara sisi discharge dan sisi suction sistem, untuk menyamakan kapasitas kompresor dengan kapasitas evaporator yang aktual. Asesoris ini digunakan pada sistem refrigerasi di mana diperlukan untuk menjaga kapasitas kompresornya selalu konstan. Bila beban evaporator dan juga beban kompresor turun, maka akan dimasukkan beban palsu yang berupa hot gas dari sisi tekanan tinggi ke evaporator.

(ii) Membatasi tekanan suction pada harga minimumnya. Hal ini untuk memastikan, bahwa tekanan minimum kompresor yang diijinkan tidak akan terlampaui.

Pemasangan Capacity Regulator sebagai berikut :



Gambar 12.25 Pemasangan Capacity Regulator

Permasalahan

Thermostat

1. Hitunglah setting cut in dan cut out thermostat untuk menjaga temperatur ruang 6°C dengan perbedaan 4 K.
2. Hitunglah setting cut in dan cut out thermostat dengan sensing bulb yang ditempelkan di evaporator, untuk mempertahankan suhu sebesar 3°C , jenis evaporator Forced draft, dimana perbedaan suhu antara evaporator dan ruang 8 K.
3. Tentukan setting thermostat dengan sensing bulb yang ditempelkan di evaporator dari jenis fin Natural draft. Temperatur ruang dipertahankan 2°C dengan perbedaan yang minimum.
4. Carilah setting cut in dan cut out temperatur dari suatu thermostat untuk mengontrol suhu water chiller. Sensing bulb dicelupkan di tangki air, untuk menjaga temperatur air konstan 3°C . Perbedaan minimum thermostat : 8 K. Air tidak boleh membeku di dalam tangki.
5. Lihat buku katalog dan carilah thermostat yang cocok untuk keperluan ini.

Pressure Control

1. Hitunglah setting cut in dan cut out dari sebuah LPC yang digunakan untuk memelihara suhu cabinet (almari pendingin) : 6°C . Evaporatornya dari jenis cross fin evaporator (TD = 14 K), dengan sistem air off cycle pada saat defrost. Refrigerant R - 12 dengan perbedaan suhu kabinet : 4 K.
2. Carilah cut in dan cut out setting dari suatu freezer yang bersuhu -10°C konstan evaporator dari jenis Bare Tube, R - 12.
Perbedaan temperatur dalam cabinet 4 K.

Oil Pressure Control

1. Tentukan tekanan kerja dari oil pressure control pada suatu kompresor yang mempunyai data sebagai berikut : suction pressure 240 kPa, oil pump discharge pressure 600 kPa, refrigeran yang digunakan R12
2. Tentukan pula setting cut ini dan cut out pressure dari soal di atas
3. Apa akibatnya bila suhu evaporator naik menjadi 12 0C. Tentukan suction pressure, tekanan kerja oil pressure.
4. Jelaskan, apa fungsi heater pada oil control?

PENGUJIAN SISTEM REFRIJERASI MEKANIK

13

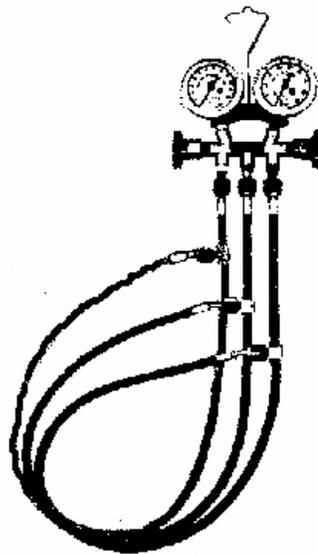
Kerangka Isi

- 13.1 Peralatan Service
- 13.2 Penggunaan Service Manifold
- 13.3 Pengujian Kebocoran dan tekanan
- 13.4 Pemeriksaan Tekanan Kondensasi
- 13.5 Evakuasi
- 13.6 Charging refrigerant

13.1 Peralatan Service

Peralatan service adalah peralatan yang digunakan untuk keperluan pengujian atau pengukuran yang digunakan oleh seorang mekanik atau serviceman ketika melakukan pekerjaan service atau pemeliharaan. Peralatan yang terpenting adalah Gauge Manifold atau sering pula disebut sebagai Service Manifold.

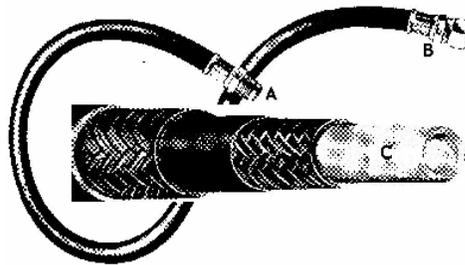
Service Manifold mempunyai sepasang pressure gauge, masing-masing untuk mengukur tekanan pada sisi tekanan rendah (biasanya dengan warna biru) dan sisi tekanan tinggi (dengan warna merah). Pada setiap sisi gauge dilengkapi dengan katub manual (Hand Valve) yang berfungsi untuk membuka dan menutup tiga macam saluran yang ada pada manifold-nya. Pada ketiga saluran ini dilengkapi dengan tiga buah house (selang) yang fleksibel, yaitu warna biru untuk saluran tekanan rendah, warna merah untuk saluran tekanan tinggi dan kuning untuk saluran yang terdapat ditengahnya. Gambar 13.1. memperlihatkan Gauge Manifold lengkap dengan house-nya (selang).



Gambar 13.1 Manifold Gauge lengkap dengan Housing-nya

Ketiga 'flexible house' tersebut terbuat dari selang karet kualitas tinggi dilengkapi dengan 'flare fitting' berukuran $\frac{1}{4}$ inchi. Pada flare

fitting tersebut terdapat gasket penahan kebocoran terbuat dari bahan karet sintetik sehingga sambungan dengan flare fitting tersebut dapat menahan tekanan tinggi hanya walaupun pengencangan hanya dengan menggunakan kekuatan jari tangan. Gambar 13.2 memperlihatkan desain dan konstruksi selang fleksibel . Ujung yang bertanda A merupakan sambungan dengan eksternal flare yang harus dipasangkan ke saluran pada service manifold, sedang ujung bertanda B dipasang pada katub service kompresor. Potongan konstruksi dinding selang diperlihatkan pada ujung bertanda C. Personil mekanik atau serviceman harus memahami bagaimana cara menggunakan gauge dan service manifold ini dengan baik.

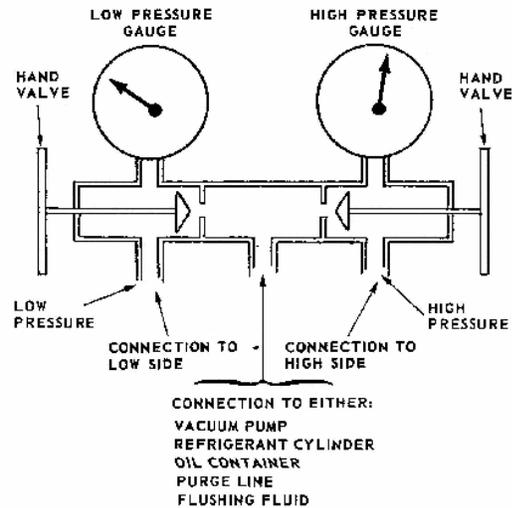


Gambar 13.2 Konstruksi Flexible Housing Line

Untuk keperluan service dan pengujian (pengukuran) tekanan, service manifold ini lazimnya dipasangkan pada katub service kompresor untuk memperoleh tekanan sistem refrigerasi pada sisi tekanan rendah dan sisi tekanan tinggi. Disamping itu, dapat digunakan pula untuk keperluan service lainnya seperti membuang dan menambah refrigeran ke dalam sistem, membuang udara dari dalam sistem dan by- passing tekanan dari sisi tekanan tinggi ke tekanan rendah. Gambar 13.3 memperlihatkan gambar skematik service manifold.

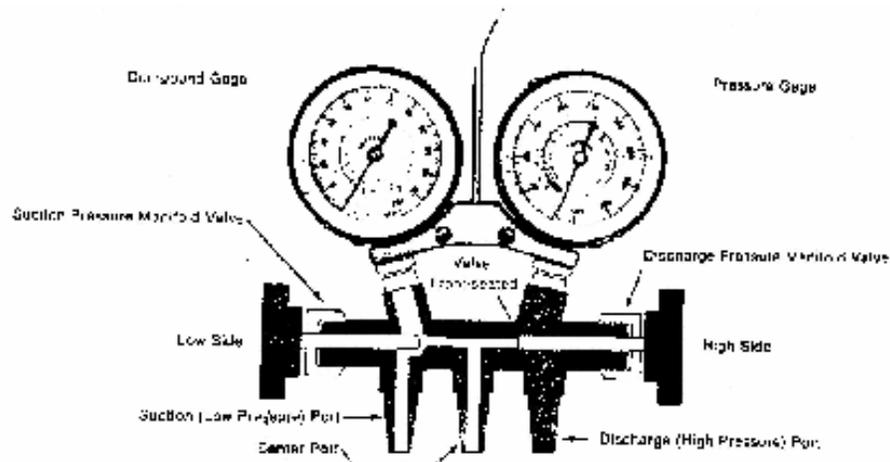
Pada dasarnya Service manifold terdiri dari compound gauge pressure dan high pressure gauge yang terpasang pada suatu manifold yang dilengkapi dengan hand valve yang berfungsi untuk mengisolir saluran tengah manifold atau membuka saluran yang terdapat di kiri dan kanan manifold. Desain konstruksi seperti ini memungkinkan aliran refrigeran secara penuh ke pressure gauge

setiap saat. Gambar 13.4 memperlihatkan konstruksi Service Manifold.



Gambar 13.3 Gambar Skematik Servive Manifold

Low Pressure Compound Gauge, memiliki skala positif dan skala negatif (di bawah tekanan atmosfer). Pressure gauge ini digunakan untuk mengukur tekanan pada sisi evaporator atau dipasang pada sisi Suction Service Valve (SSV). Sedang High pressure gauge digunakan untuk mengukur tekanan pada sisi kondenser atau dipasang pada Discharge Service Valve (DSV).



Gambar 13.4 Konstruksi Service Manifold.

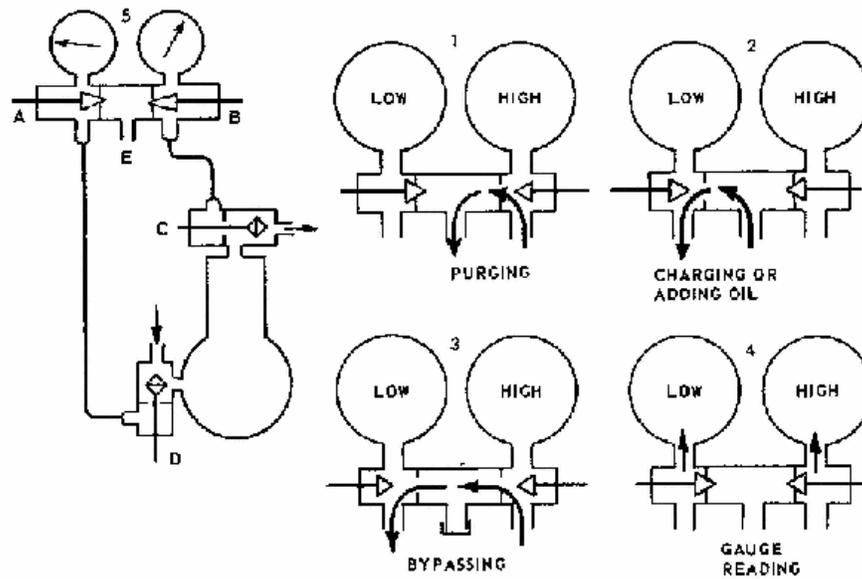
Untuk dapat memasang service manifold dengan prosedur yang benar maka diperlukan pemahaman tentang konstruksi dan pengaturan service valve.

Ada tiga macam service valve, yaitu :

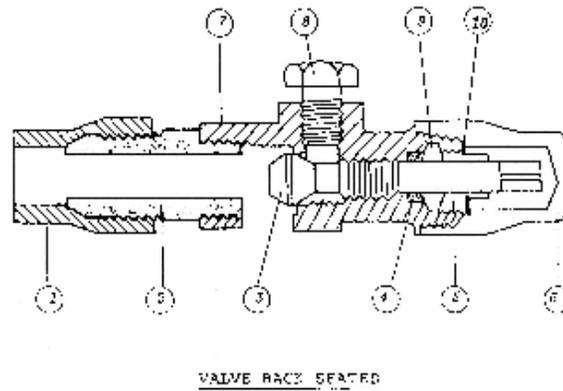
1. Suction Service Valve (SSV) yang dipasang pada sisi Suction kompresor
2. Discharge Service Valve (DSV) yang dipasang pada sisi Discharge kompresor
3. Liquid Receiver Service Valve (LRSV) yang dipasang pada sisi liquid receiver.

Suction dan Discharge service valve mempunyai sepasang pengaturan katub yang lazim disebut sebagai "front seating" dan "back seating" sehingga memungkinkan service manifold dipasang pada service valve tersebut. Sedang liquid receiver service valve biasanya hanya mempunyai satu pengaturan katub. Gambar 13.5 memperlihatkan diagram skematik untuk katub service kompresor.

Pada prakteknya hampir semua katub service didesain dengan rangka dari kuningan dan spindel pengaturan katub dari baja. Spindle baja ini cenderung berkarat sehingga dapat merusak pakingnya. Oleh karena itu setiap kali akan memutar atau mengatur spindle stem, selalu bersihkan permukaannya dan dianjurkan sebelum dan sesudahnya selalu memberi pelumasan dengan oli refrigeran. Oli refrigeran yang digunakan harus sesuai dengan oli refrigeran yang digunakan pada sistem refrigerasinya. Pada prakteknya, setelah digunakan beberapa waktu lamaya maka katub service ini akan bocor sehingga perlu diganti baru. Gambar 3.6 memperlihatkan posisi pengaturan katub service kompresor.



Gambar 13.5 Gambar Skematik Katub Service Kompresor

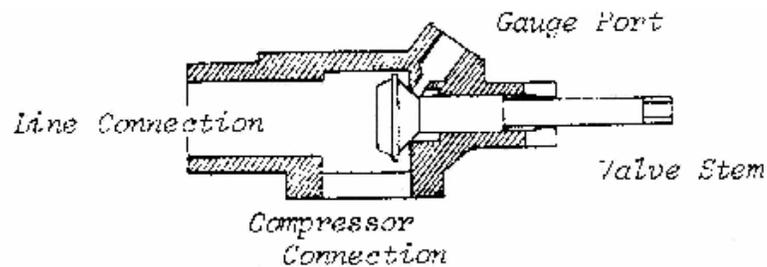


Keterangan :

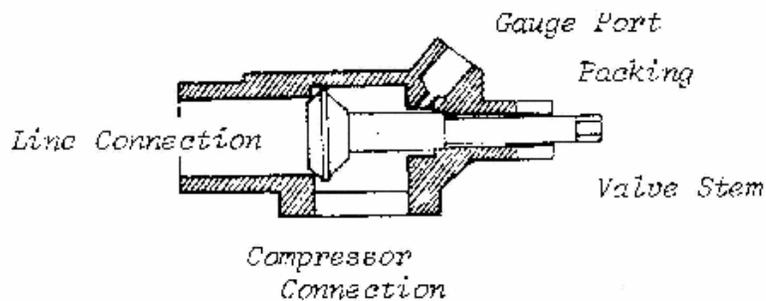
- | | |
|-----------------|---------------------|
| 1. Flare Nut | 6. Seal Cap |
| 2. Union | 7. Valve Body |
| 3. Spindle | 8. Gauge |
| 4. Gland Washer | 9. Washer Packing |
| 5. Gland Nut | 10. Seal Cap Washer |

Gambar 13.6 Konstruksi Katub Service Kompresor

Gambar 13.7 berikut ini memperlihatkan konstruksi katub service kompresor, di mana katubnya berada pada posisi back seated.



(a) VALVE BACK SEATED



(b) VALVE FRONT SEATED

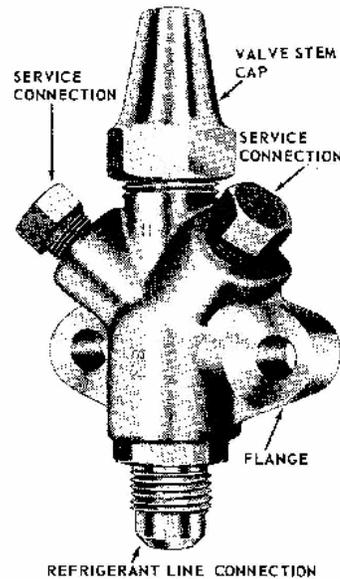
Gambar 13.7 Pengaturan Posisi Katub service Kompresor

Karena katub service ini begitu penting bagi seorang serviceman, maka perlu penanganan yang ekstra hati-hati untuk menjaga katub dari kerusakan, antara lain:

- Sebelum memutar 'valve stem', kendorkan sedikit baut paking (5)
- Gunakan kunci ratchet yang sesuai.
- Jangan menekan spindle katub (3) padaudukannya terlalu keras hingga dapat merusakkannya.
- Beri oli refrigeran yang sesuai pada 'valve stem'-nya.
- Jangan lupa mem-back seat katub service sebelum melepas service manifold.
- Bila selesai jangan lupa mengencangkan kembali baut paking (5).

Gambar 13.8 memperlihatkan konstruksi liquid receiver service valve. Liquid receiver service valve biasanya merupakan 'angle

valve' dan hanya mempunyai satu posisi pengaturan. Tetapi untuk sistem berkapasitas besar liquid receiver service valve mempunyai tiga saluran seperti halnya katub service kompresor sehingga memungkinkan serviceman melakukan pengisian liquid refrigeran melalui katub ini.



Gambar 13.8 Konstruksi Liquid Receiver Service Valve

Soal Latihan

1. Pada saat posisi spindle katub service kompresor berada pada "back seated, saluran apa yang terbuka?
2. Sebutkan jumlah posisi pengaturan katub service kompresor?
3. Jelaskan skala pada compound pressure gauge?
4. Gambarkan secara skematik service manifold
5. Mengapa flexible housing harus bebas dari udara atau uap air?
6. Sebutkan tiga macam katub service dan fungsinya?
7. Kerusakan apa yang dapat terjadi pada katub service?

13.2 Penggunaan Service Manifold

Petunjuk:

1. Ambil service manifold, kalibrasi lagi posisi jarum pada angka nol.
2. Pelajari sistem skalanya pada kedua pressure gauge.
3. Periksa hand valve-nya, yakinkan dalam keadaan baik
4. Ikuti prosedur yang berlaku

Alat & Bahan

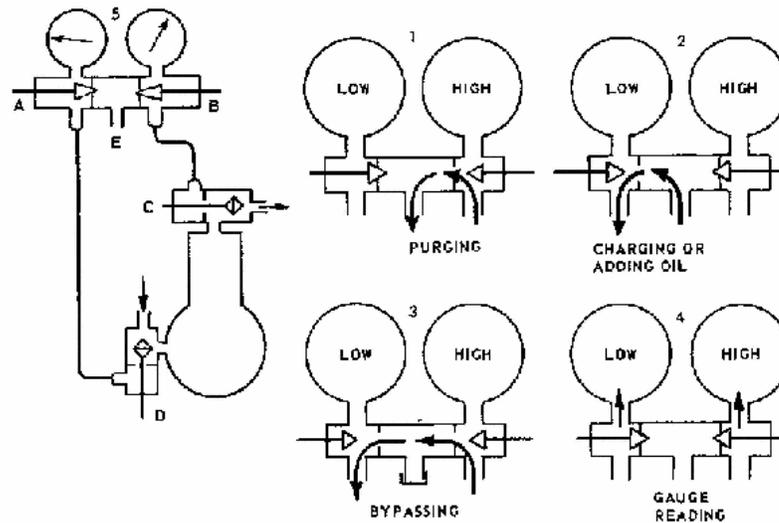
1. Service Manifold
2. Ratchet spanner
3. Kunci Pas
4. Commercial Refrigeration Trainer set

Prosedur Memasang Service Manifold:

1. Periksa posisi spindle katub, yakinkan bahwa posisi katub pada back seated.
2. Buka tutup gauge plug
3. Sebelum service manifold dipasang pada gauge port, yakinkan bahwa posisi kedua hand valve tertutup
4. Pasang baut flare fitting pada selang warna biru ke suction service valve dengan kekuatan jari tangan, biarkan sedikit kendor dan baut flare fitting pada selang warna merah ke discharge service valve. Baut flare fitting pada selang warna kuning di pasang ke tabung refrigeran.
5. Buka katub pada tabung refrigeran dua putaran, dan buka hand valve service manifold (2 putaran) biarkan udara yang ada di dalam selang dihalau keluar beberapa saat (7 detik) oleh refrigeran, melalui ujung baut flare fitting yang kendor dan kemudian kencangkan bautnya.
6. Putar spindle katub service SSV dua putaran maju (crack) sehingga muncul tekanan pada compound pressure gauge.
7. Putar spindle katub service DSV dua putaran maju (crack) sehingga muncul tekanan pada high pressure gauge.
8. Pemasangan service manifold selesai

Prosedur Melepas Service Manifold:

1. Back seated kedua katub service kompresor
2. buka baut flare fitting pada SSV dan DSV. Hati-hati terhadap senburan sisa refrigeran yang ada di dalam selang. Bila perlu gunakan kaos tangan.
3. Pasang kembali tutup gauge plug
4. Pasang kembali baut flare fitting merah dan biru pada posisi penyimpanannya.



Gambar 13.9

Prosedur berbagai pekerjaan service setelah service manifold terpasang pada sistem refrigerasi.

1. Memeriksa tekanan kerja sistem
Tutup katub (hand valve) A dan katub B
Cracking open katub C (SSV) dan katub D (DSV)
2. Mengisi gas refrigeran ke dalam sistem
Hubungkan tabung refrigeran ke port E
Buka katub A dan tutup katub B
Crack open katub D perlahan-lahan

3. Membuang udara yang terjebak di dalam kondeser
 - Tutup katub A dan buka katub B
 - Cracking open katub C

4. Mengisi liquid refrigeran ke dalam sistem
 - Hubungkan silinder refrigeran (dibalik) ke E
 - Tutup katub A dan buka tutup B
 - Mid seated katub C

5. Pengujian kebocoran
 - Tutup port E dengan seal cup
 - Buka katub A dan katub B
 - Back seated katub C kemudian cracking
 - Mid seated katub D

6. Menambah oli refrigeran ke dalam kompresor
 - Hubungkan cuplai oli ke port E
 - Buka katub A dan tutup katub B
 - Putar katub D

13.3 Pengujian Kebocoran dan Tekanan

Seperti telah kita ketahui, untuk memperoleh efek refrigerasi diperlukan sebuah sistem refrigerasi. Sistem Kompresi uap mempunyai efisiensi tinggi. Oleh karena itu sistem kompresi gas lebih banyak pemakainya. Sistem Kompresi uap merupakan mesin refrigerasi yang berisi fluida penukar kalor (refrigeran) yang bersirkulasi terus menerus. Selama bersirkulasi di dalam unitnya maka refrigeran tersebut akan selalu mengalami perubahan wujud dari gas ke liquid dan kembali ke gas akibat proses perubahan suhu dan tekanannya karena adanya efek kompresi, kondensasi, ekspansi dan evaporasi refrigeran.

Sesuai dengan proses yang terjadi di dalam siklus refrigerasinya maka sistem refrigerasi kompresi uap mempunyai 4 komponen yang saling berinteraksi satu sama lain, yaitu : (i) Evaporator untuk proses evaporasi liquid refrigeran. (ii) Kompresor untuk meningkatkan tekanan gas refrigeran dari sisi tekanan rendah kompresor (kompresi). (iii) Kondenser untuk proses kondensasi gas refrigeran. (iv) Katub ekspansi untuk menurunkan tekanan liquid refrigeran yang akan di masuk ke evaporator. Adanya gangguan pada salah satu komponen dapat menggagalkan efek refrigerasi. Misalnya adanya kebocoran pada salah satu bagian sistem atau adanya saluran buntu dapat dapat menggagalkan kerja sistem.

Besarnya tekanan liquid refrigeran pada sistem kompresi gas akan menentukan besarnya suhu liquid mencapai titik pengannya. Oleh karena itu dalam sistem kompresi gas penentuan besarnya tekanan liquid refrigeran yang disalurkan ke bagian evaporator memegang peranan penting dalam upaya memperoleh suhu evaporasi yang diinginkan. Dalam sistem kompresi gas pengaturan tekanan liquid refrigeran yang akan di kan di evaporator dilakukan melalui katub ekspansi. Untuk mengetahui hubungan tekanan dan suhu refrigeran dalam kondisi saturasi dapat dilihat dalam Tabel 1.

Kebocoran pada pemipaan

Bocor pada sistem pemipaan refrigerasi merupakan penyebab gangguan yang dapat menggagalkan kerja sistem dan yang paling banyak dialami oleh unit refrigerasi/Ac. Tanpa menghiraukan bagaimana dan penyebab terjadinya kebocoran pada sistem, yang sudah pasti, adalah bahaya yang dapat timbul yang disebabkan oleh bocornya unit refrigerasi/ac, yaitu :

- a. Hilangnya sebagian atau bahkan mungkin seluruh isi refrigeran charge.
- b. Memungkinkan udara dan uap air masuk ke dalam sistem pemipaan refrigerasi.

Tabel 13.1 Hubungan antara Suhu dan Tekanan Refrigeran dalam kondisi Jenuh

Suhu OC	R12 PSI	R22 PSI	R502 PSI
- 30	-0,3	9	14
- 20	7,2	21	28
- 18	9,0	24	31
- 16	11	27	34
- 14	13	30	38
- 12	15	33	41
- 10	17	37	45
- 6	29	44	50
0	30	57	68
5	38	70	82
6	40	73	85
7	41	75	88
10	47	84	97
15	57	100	114
20	68	117	133
25	80	137	154
30	93	158	177
36	111	187	207
40	125	208	229
45	146	242	264
50	162	267	290
55	188	308	332
60	207	337	363

Udara dan uap air merupakan gas kontaminan yang sangat serius dan merupakan barang haram yang sangat berbahaya. Sebab disamping dapat mencemari kemurnian oli refrigeran juga berkontribusi terhadap timbulnya lumpur dan korosi. Dilain pihak uap air yang ada di dalam sistem dapat menjadi beku atau freeze-

up pada saat mencapai katub ekspansi. Oleh karena adanya kebocoran harus dapat dideteksi secara dini.

Ada dua metoda yang dapat digunakan untuk memeriksa kebocoran, yaitu

- a. Pressure Test Method
- b. Buble Test method
- c. Vacuum Method

Pressure Test Method

Pada dasarnya, metoda melacak kebocoran menggunakan Pressure Test Method adalah mengisi inert gas ke dalam sistem refrigerasi hingga mencapai tekanan tertentu dan kemudian melacak lokasi kebocoran dengan alat pendeteksi kebocoran. Gas yang digunakan untuk Pressure Test adalah refrigerant yang sesuai dengan sistemnya tetapi untuk ekonomisnya maka dapat dilakukan dengan menggunakan gas nitrogen kering atau campuran antara refrigeran dan gas nitrogen kering.

Pemeriksaan atau uji kebocoran dengan pressure test ini harus dilakukan khususnya untuk unit baru yang telah selesai dirakit atau unit lama yang baru selesai diperbaiki atau diganti salah satu komponen utamanya. Pressure Test harus dilakukan sebelum sistemnya diisi refrigeran.

Untuk melakukan pressure test ini ada beberapa ketentuan yang harus diikuti dengan benar dan perlu mendapat perhatian khusus.

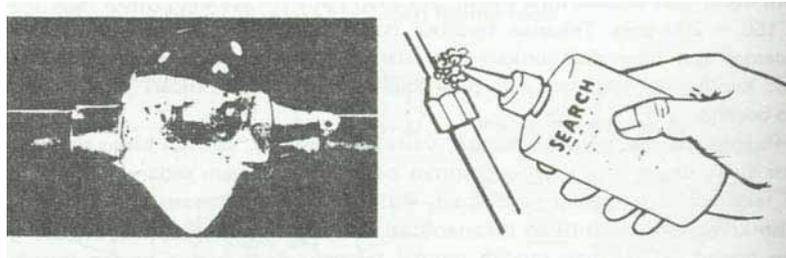
Perhatian :

- a. Untuk unit refrigerasi yang kompresornya jenis open type, maka tekanan gas yang diberikan atau diisikan ke dalam sistem tidak boleh melebihi 400 Kpa (60 PSI)
Hal ini dilakukan untuk mencegah agar seal crankcase kompresor tidak rusak.
- b. Untuk kompresor yang dilengkapi dengan service valve di kedua sisi inlet dan outletnya, maka pressure test dapat dilakukan hingga mencapai tekanan 150 PSI.

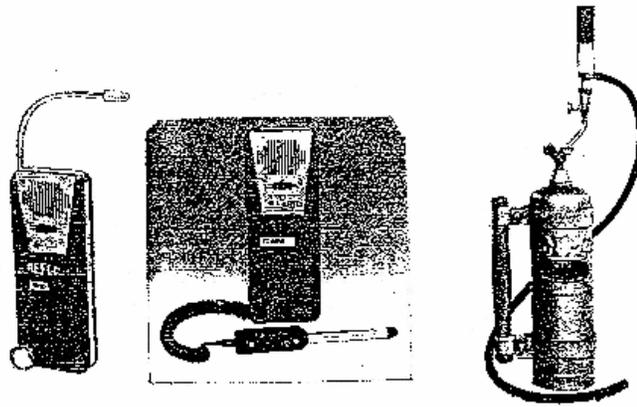
- c. Bila menggunakan gas nitrogen kering maka harus melalui regulator. Karena tekanan tabung gas nitrogen dapat mencapai 2000 PSI.
Selanjutnya bila sistemnya telah terisi dengan gas maka pelacakan kebocoran dapat dilakukan dalam tiga cara, yaitu :
 - a. Bubble Halide Method
 - b. Halide Leak Detector
- d. Electronic Leak Detector

Bubble test method

Bubble test method adalah pelacakan lokasi kebocoran dengan menggunakan busa sabun. Halide Leak Detector adalah alat pelacak kebocoran dengan menggunakan halide torch. Biasanya halide torch ini menggunakan gas buatan yang berwarna biru. Bila ia mencium adanya gas bocor maka warnanya berubah menjadi kehijau-hijauan. Electronic leak detector adalah pelacak kebocoran secara elektronik. Bila ia mendeteksi adanya kebocoran gas maka ada indikator yang akan menunjukkan dapat berupa suara atau secara visual.



Gambar 13.10 Pengujian Kebocoran dengan busa sabun



Gambar 13.11 Leak Detektor

Setelah pekerjaan pressure test selesai dikerjakan dan kebocoran yang terjadi juga sudah diperbaiki, maka pekerjaan pemeriksaan dilanjutkan dengan vacuum testing.

Vaccum Test Method

Kalau pada pressure test, uji kebocoran dilakukan dengan memberi tekanan positif ke dalam sistem maka pada vacuum test sistemnya dibuat menjadi bertekanan negatif (vacuum). Untuk membuat vacuum, digunakan alat khusus yang disebut : pompa vacuum atau vacuum pump. Pompa vakum ini akan menghisap gas yang ada didalam sistem sampai mencapai tingkat kevakuman tinggi. Kemudian sistemnya dibiarkan dalam keadaan tersebut selama lebih kurang 12 jam. Adanya kebocoran dalam salah satu lokasi akan menyebabkan tingkat kevakumannya turun.

Bila menjumpai keadaan seperti itu maka sistemnya harus diperiksa dengan metoda pressure test lagi untuk memastikan lokasi bocornya. Selanjutnya bila sistemnya sudah terbebas dari gangguan bocor, maka pekerjaan dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya yaitu dehidrasi dan charging refrigerant.

Pengujian Tekanan (Pressure Test Method)

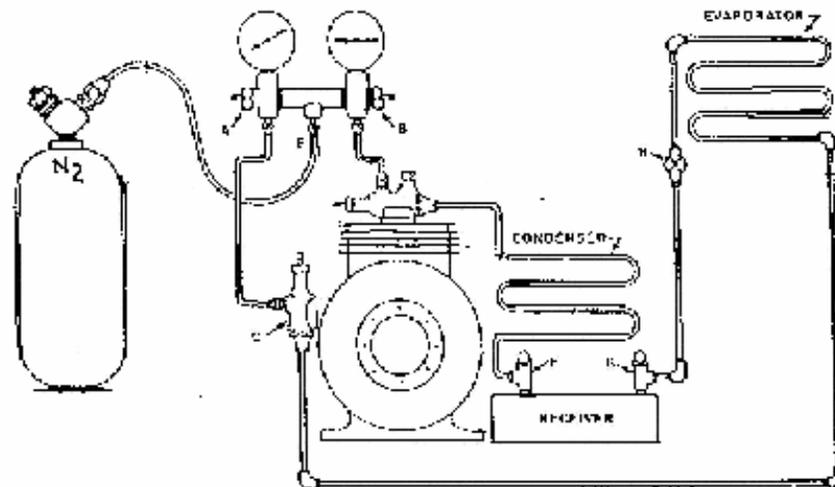
Petunjuk:

1. Siapkan alat & bahan yang diperlukan
2. Periksa service manifold, kalibrasi posisi jarum pada angka nol.
3. Periksa pula peralatan lainnya.
4. Ikuti prosedur yang berlaku dan bekerja dengan hati-hati.
5. Jangan sampai tertukar dengan tabung oksigen. Akibatnya sangat berbahaya.

Alat & Bahan

1. Service Manifold
2. Ratchet spanner
3. Kunci Pas
4. Gas Nitrogen
5. Refrigeran R134a
6. Pompa vacuum
7. Commercial Refrigeration Trainer set
8. Leak Detector

Gambar Kerja



Prosedur Pressure Test

1. Sebelum melakukan pressure test, yakinkan bahwa piranti dan komponen lain yang tidak perlu di-test harus dilepas. Karena kompresor tidak termasuk komponen yang harus di-test maka pastikan bahwa katub service kompresor pada sisi suction dan sisi discharge sudah berada pada posisi front seated.
2. Pastikan katub service pada liquid receiver sudah dalam posisi terbuka, demikian juga posisi katub bantu pada sisi hot gas dan liquid line.
3. Hubungkan silinder nitrogen kering ke gauge port katub service kompresor pada sisi discharge.
4. Karena tekanan gas nitrogen yang ada di dalam silinder dapat mencapai 2000 psi pada kondisi suhu ruang maka pemasukan gas nitrogen ke dalam sistem harus melalui gauge manifold.
5. Setel tekanan regulator pada tabung nitrogen pada posisi 150 psi. Buka shutoff valve pada tabung nitrogen demikian juga hand valve pada service manifold. Biarkan nitrogen masuk ke dalam sistem hingga tekanan di dalam sistem naik hingga 150 psi. Kemudian tutup hand valve service manifoldnya.
6. Pukul-pukul dengan tekanan secukupnya dengan menggunakan palu karet pada setiap sambungan yang ada baik sambungan dengan brazing maupun sambungan dengan flare nut untuk memastikan kekuatan sambungan tersebut.
7. Kemudian lakukan pelacakan kebocoran pada setiap sambungan pipa dengan teliti secara menyeluruh baik menggunakan alat atau indera kita. Untuk itu periksa tekanan di alam sistem. Bila tekanan di dalam sistem cenderung turun, berarti terjadi kebocoran yang cukup serius. Gunakan pula indera pendengaran untuk mengetahui adanya suara desis yang ditimbulkan oleh kebocoran sambungan yang serius. Kebocoran yang relatif lebih kecil, dapat dideteksi dengan menggunakan busa sabun. Bil perlu campur air sabun dengan cairan gliserin untuk meningkatkan aksi gelembungnya.
8. Setelah selesai melakukan uji kebocoran, tutup shutoff valve pada silinder nitrogen. Kemudian buang gas nitrogen yang ada di dalam sistem melalui saluran tengah service manifold.
9. Bila ditemukan kebocoran, perbaiki dahulu kebocorannya dengan mengulang pekerjaan pemipaannya dan kemudian lakukan pressure test ulang.
10. Bila sistemnya sudah terbebas dari kebocoran, maka isi kan refrigeran ke dalam sistem hingga 15 psi. Kemudian isikan nitrogen kering ke dalam sistem hingga tekanan di dalam sistem

naik menjadi 150 psi. Kemudian sekali lagi lakukan uji kebocoran dengan menggunakan peralatan leak detector.

11. Tahap akhir dari pressure test adalah biarkan sistem berada dalam tekanan 150 psi selama 24 jam. Ingat tekanan di dalam sistem dapat berubah dengan berubahnya suhu ruangnya. Tekanan di dalam sistem dapat berubah sebesar 3 psi pada perubahan suhu ruangan sebesar 10 °F.

13.4 PEMERIKSAAN TEKANAN KONDESING

Bila gas refrigeran didinginkan maka akan terjadi perubahan wujud atau kondensasi ke bentuk liquid. Tetapi yang perlu mendapat perhatian kita adalah titik suhu embun atau kondensasi gas refrigeran tersebut juga ditentukan oleh tekanan gasnya.

Pada sistem kompresi gas, maka gas refrigeran dari sisi hisap dikompresi hingga mencapai tekanan discharge pada titik tertentu dengan tujuan bahwa gas panas lanjut (superheat) tersebut dapat mencapai titik embunnya dengan pengaruh suhu ambien di sekitarnya. Misalnya almari es. Untuk sistem yang berskala besar maka untuk mendinginkan gas superheat ini digunakan air atau campuran air dan udara paksa.

Gas refrigeran yang keluar dari sisi tekan kompresor disalurkan ke kondenser. Gas tersebut mempunyai suhu dan tekanan tinggi dalam kondisi superheat. Selanjutnya saat berada di kondenser gas panas lanjut tersebut mengalami penurunan suhu akibat adanya perbedaan suhu antara gas dan medium lain yang ada disekitarnya, yang dapat berupa udara atau air. Penurunan suhu gas refrigeran tersebut diatur sampai mencapai titik embunnya. Akibatnya refrigerannya akan merubah bentuk dari gas menjadi liquid yang masih bertekanan tinggi.

Dari pengalaman, agar diperoleh performa yang optimal dari mesin refrigerasi kompresi gas maka suhu kondensasinya diatur agar mempunyai harga 6 sampai 17 derajat celsius di atas suhu ambien, tergantung dari suhu evaporasinya.

Tabel 13.2 memperlihatkan penentuan tekanan kondensasi untuk berbagai kondisi suhu evaporasi.

Tabel 13.2 Patokan Penentuan Suhu Kondensasi

Suhu Evaporasi	Suhu Kondensasi (Air Cooled Condenser)	Suhu Kondensasi (Water Cooled Condenser)
- 18 sampai -23	Suhu ambien + 9 °C	Suhu air + 6 °C
- 10 sampai -17	Suhu ambien + 11 °C	Suhu air + 8 °C
- 4 sampai - 9	Suhu ambien + 14 °C	Suhu air + 11 °C
di atas - 3	Suhu ambien + 17 °C	Suhu air + 14 °C

Berdasarkan patokan di atas, maka suhu dan tekanan kondensasi dapat ditentukan dengan cepat dan akurat.

Contoh :

Suatu frozen cabinet dengan R-12, mempunyai suhu evaporasi - 18°C. Suhu ambiennya 25°C. Maka berdasarkan tabel 2, suhu kondensasinya harus dapat mencapai 25°C + 9 °C = 34°C. Sehingga tekanan kondensasinya harus dapat mencapai 7,05 barg.

Formula :

Suhu Kondensasi = suhu ambien + beda suhu yang diijinkan

Pemeriksaan Tekanan Kondensing

Petunjuk:

1. Siapkan alat & bahan yang diperlukan
2. Periksa service manifold, kalibrasi posisi jarum pada angka nol.
3. Periksa pula peralatan lainnya.
4. Ikuti prosedur yang berlaku

Alat & Bahan

5. Service Manifold
6. Ratchet spanner
7. Kunci Pas
8. Thermometer
9. Commercial Refrigeration Trainer set

Prosedur

1. Jalankan unit refrigerasi
2. Setelah 20 menit, amati data pengukuran dan isi data sesuai nilai yang diperoleh.
3. Lakukan analisa data sesuai prosedur
4. Buat kesimpulan akhir tentang kondisi tekanan kondensing.
Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut
 - Bila suhu kondensing hasil pengukuran sama dengan hasil analisis teoritis berarti sistemnya normal.
 - Bila suhu kondensing hasil pengukuran lebih kecil daripada hasil analisis teoritis berarti sistemnya mengalami over condensing
 - Bila suhu kondensing hasil pengukuran lebih besar daripada hasil analisis teoritis berarti sistemnya mengalami under condensing

Data Pengukuran:

No	Parameter Yang diamati	Hasil pengukuran
1	Jenis refrigeran yang digunakan	
2	Sistem Pendinginan Kondenser	
3	Suhu udara sekeliling (Untuk Air Cooled)	
4	Suhu air masuk kondenser (Untuk water Cooled)	
5	Suhu air keluar kondenser (Untuk water Cooled)	

6	Suhu Evaporasi	
7	Tekanan kondensasi	
8	Suhu kondensasi	

Analisa Data

Suhu Evaporasi :

Kenaikan suhu kondenser :

Suhu kondensing ideal:

Tekanan kondensing ideal :

Kesimpulan :

Tekanan kondensing Sistem Refrigerasi : (Pilih salah satu)

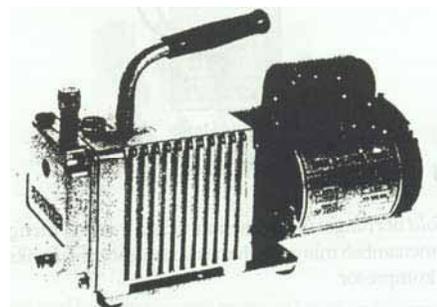
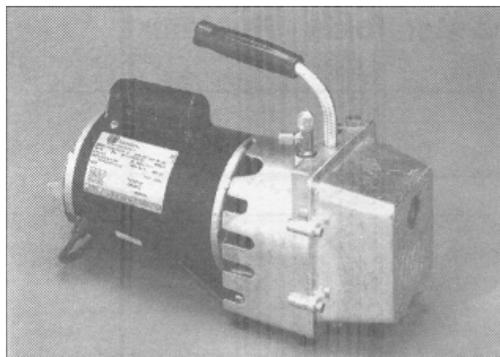
1. Over Condensing
2. Under Condensing
3. Normal atau Optimal

13.5 Evakuasi

Bila sistem pemipaan refrigerasi sudah selesai dirakit maka mutlak perlu mengevakuasi keseluruhan sistem pemipaannya dari udara dan uap air serta gas lain yang sempat masuk ke dalam sistem pemipaan refrigerasi. Untuk keperluan itu digunakan alat bantu yang disebut vacuum pump. Vacuum Pump digunakan untuk mengevakuasi atau mengeluarkan udara dan uap air yang terjebak di dalam sistem pemipaannya.

Dampak adanya udara dan uap air di dalam sistem:

- (i) Uap air dapat mengakibatkan terjadinya pemblokiran di saluran pipa kapiler atau dryer bila membeku menjadi es.
- (ii) Udara yang terjebak di saluran bertekanan tinggi di kondenser dapat menyebabkan kenaikan tekanan kondensing yang membahayakan kompresor.
- (iii) Uap air dapat bereaksi dengan refrigerant bila mendapat pemanasan. Hasilnya adalah senyawa asam hidrofluorik dan hidroklorik yang mengakibatkan kontaminasi pada sistemnya.
- (iv) Uap air dapat bereaksi dengan lubricant sehingga mengubah karakteristik lubricant karena oksidasi dan acidic.
- (v) Uap air menyebabkan terjadinya oksidasi.
- (vi) Uap air dapat mempertebal lapisan pipa bagian dalam, sehingga menyebabkan efek penyempitan pipa.
- (vii) Uap air akan menyebabkan hidrolisis bila bereaksi dengan bahan isolasi sistetis.



Gambar 13.12 Vacuum Pump

Vacuum Pump

Agar pekerjaan mengevakuasi sistem ini dapat berhasil dengan baik maka diperlukan peralatan bantu yang tepat. Peralatan standard yang digunakan untuk mengevakuasi sistem adalah Vacuum Pump. Dalam keadaan darurat sementara personil menggunakan kompresor hermetik sebagai vacuum pump. Tetapi masalahnya kompresor hermetik tidak akan sanggup melakukan evakuasi hingga mencapai tekanan yang sangat rendah seperti yang dipersyaratkan oleh pabrikan peralatan refrigerasi. Di lain pihak bila dipaksakan maka motor kompresor hermetik akan mengalami overheat yang dapat menyebabkan terbakar motor. Saat ini telah tersedia banyak jenis dan type vacuum pump yang ada di pasaran yang mudah dibawa dan ringan (portable).

Metode Triple – Evacuation

Pada prinsipnya evakuasi dapat dilakukan melalui sisi suction atau melalui dua sisi yaitu sisi suction dan sisi discharge. Pada umumnya peralatan refrigerasi berskala rendah hanya dilengkapi dengan process tube pada sisi tekanan rendah (suction). Tetapi beberapa pabrikan merekomendasikan evakuasi melalui kedua sisi yaitu sisi suction dan sisi discharge sehingga memasang process tube pada kedua sisinya.

Biasanya hanya dengan melakukan dua kali evakuasi hingga mencapai 1 mbar seperti diperlihatkan dalam gambar di atas sudah mencukupi kebutuhan pada perakitan peralatan baru atau bahkan pada saat melakukan perbaikan. Tetapi kadangkala pada pelaksanaan perbaikan di lapangan maka untuk mencapai vacuum hingga 1 mbar susah dicapai. Oleh karena itu dianjurkan untuk melakukan evakuasi dengan metode triple-evakuasi. Maksud dan tujuan memberi tekanan ekualisasi dengan memasukkan refrigerant ke dalam sistem dan evakuasi yang berulang-ulang (3X) adalah agar pengeluaran gas dan uap air dari dalam sistem dapat lebih efisien sehingga persentase gas dan uap air yang ada di dalam sistem menjadi sangat minimum.

Prosedur :

- (i) Evakuasi dengan menggunakan vacuum pump untuk mencapai stable vacuum tidak kurang dari 10 mbar.
- (ii) Masukkan refrigerant R12 ke dalam sistem hingga mencapai tekanan atmosfer.
- (iii) Ulang evakuasi sistem hingga mencapai 1 mbar
- (iv) Masukkan refrigerant R12 ke dalam sistem hingga mencapai tekanan atmosfer.
- (v) Ulang evakuasi sekali lagi.

13.6 Charging

Charging refrigerant ke dalam sistem bukan masalah berat bila telah tersedia peralatan untuk charging yang memadai dan memenuhi standard. Pekerjaan charging refrigerant akan menjadi lebih mudah bila kita mempunyai satu set peralatan charging yang disebut : Charging Board. Charging Board telah dilengkapi dengan Vacuum Pump, Glass kalibrasi, peralatan ukur tekanan (Pressure Gauge) serta katub-katub yang memenuhi standard.

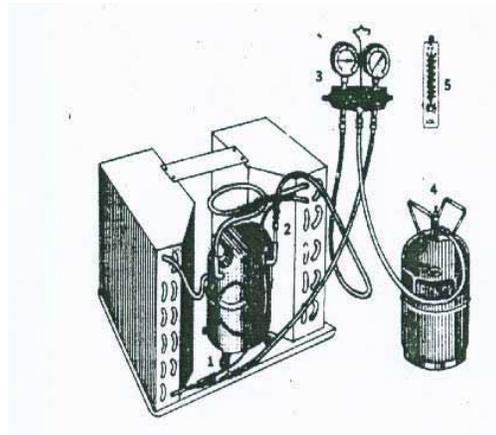
Masalah yang sering muncul di kalangan teknisi refrigerasi adalah berapa banyak refrigerant yang harus dimasukkan ke dalam sistem. Yang perlu selalu diingat oleh para personil yang sedang menangani perbaikan peralatan refrigerasi dengan sistem pipa kapiler adalah :

Sistem refrigerasi dengan pipa kapiler sering disebut sebagai *equilibrium system* artinya pada saat mesinnya dimatikan maka kedua sisi sistem, sisi suction dan sisi discharge akan mempunyai tekanan yang sama setelah beberapa saat kemudian. Bila keseimbangan tekanan ini tidak tercapai setelah beberapa menit maka berarti ada gangguan. Untuk mendapatkan keseimbangan sistem ini maka syarat yang harus dipenuhi adalah : refrigerant yang dimasukkan ke dalam sistem harus tepat, sesuai desain pabrikannya.

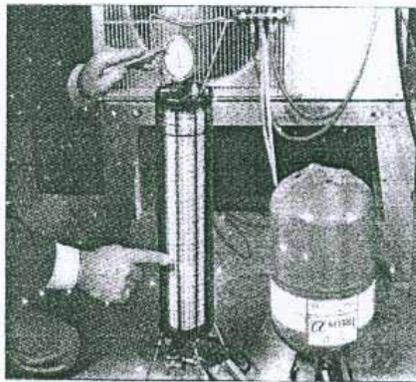
Cara yang paling mudah adalah mengikuti anjuran pabrikannya. Biasanya isi (biasanya diukur dalam satuan berat) dan jenis refrigerant telah dicantumkan oleh pabrikannya. Ikuti saja petunjuk pabrikan dengan mengisi refrigerant ke dalam sistem secara gradual hingga mencapai berat yang dianjurkan oleh pabrikannya.

Dan kemudian observasi suhu di evaporator harus uniform. Untuk keperluan charging ini ada alat khusus yang disebut : Dial-A-Charge charging cylinder. Dial-A-Charge charging silinder didesain untuk dapat mengukur jumlah refrigeran tertentu dalam satuan berat. Pada dinding silinder terdapat skala yang sudah dikalibrasi untuk beberapa variasi tekanan dan suhu, sehingga pengukuran jumlah refrigeran dapat lebih presisi.

Charging refrigerant ke dalam sistem dilakukan melalui sisi tekanan rendah (suction). Dalam hal ini charging dilakukan dalam bentuk gas. Bila charging dilakukan dalam bentuk liquid harus dilakukan melalui sisi tekanan tinggi pada outlet kondenser.



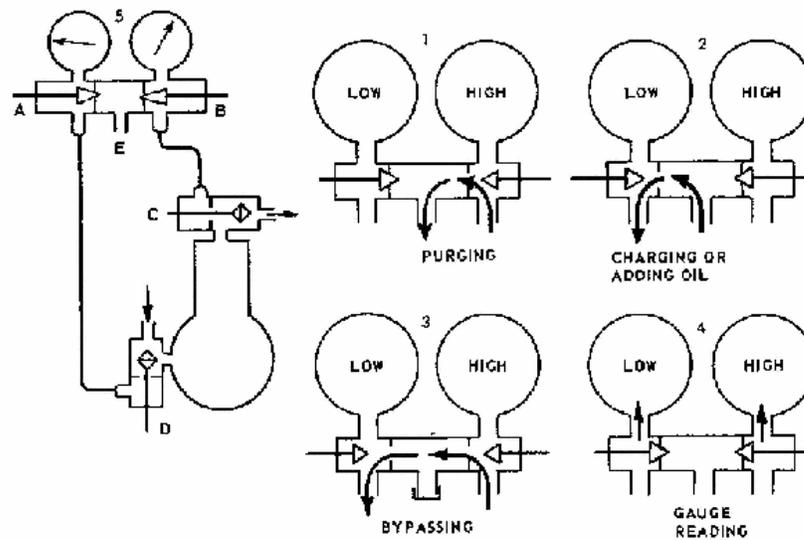
Gambar 13.13 Pengisian Refrijeran gas melalui sisi tekanan rendah



Gambar 13.14 Pengisian refrijeran cair melalui sisi tekanan tinggi

Prosedur Charging Refrigeran

1. Mengisi gas refrigeran ke dalam sistem
 Hubungkan tabung refrigeran ke port E
 Buka katub A dan tutup katub B
 Crack open katub D perlahan-lahan
2. Membuang udara yang terjebak di dalam kondenser
 Tutup katub A dan buka katub B
 Cracking open katub C
3. Mengisi liquid refrigeran ke dalam sistem
 Hubungkan silinder refrigeran (dibalik) ke E
 Tutup katub A dan buka tutup B
 Mid seated katub C



Gambar 13.15 Sketsa berbagai jenis pekerjaan service

PEMIPAAN REFRIJERASI

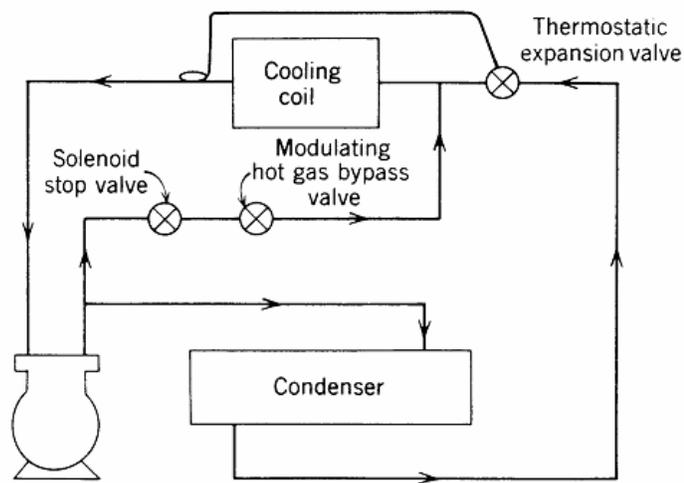
14

Kerangka Isi

- 14.1 Jenis pipa
- 14.2 Pipa Tembaga
- 14.3 Pipa Alumunium
- 14.4 Pipa Baja
- 14.5 Pipa Fleksibel
- 14.6 Pipa Kapiler
- 14.7 Soldering Fitting
- 14.8 Alat Kerja Pipa
- 14.9 Pengerjaan pemipaan Refrijerasi
- 14.10 Brazing dan Perlengkapan Las Oxi-acetilin

14.1 Jenis Pipa

System refrijerasi kompresi uap, terdiri dari empat komponen utama, yaitu kompresor, kondensor, katub ekspansi dan evaporator. Kempat komponen utama tersebut saling dihubungkan dengan menggunakan pipa.



Gambar 14.1 Pemipaan pada system refrigerasi

Pekerjaan pemipaan refrijerasi adalah pekerjaan utama dalam perakitan atau pemeliharaan peralatan refrijerasi. Ada empat prinsip yang harus dijadikan acuan oleh setiap teknisi, yaitu

- (1) Mengetahui apa yang akan dilakukan
- (2) Memilih alat dan bahan dengan tepat
- (3) Menjaga alat dan baha dalam kondisi bersih dan kering
- (4) Mengutamakan dan mengikuti prosedur keselamatan kerja

Bab ini dipersiapkan untuk memberikan pengetahuan yang diperlukan oleh setiap personil dan teknisi yang bergerak di bidang refrijerasi dan tata udara.

Sebagai contoh, pekerjaan yang harus dilakukan adalah menyambung pipa dengan pengelasan. Agar penyembunag dapat dilakukan dengan bagus, maka pengetahuan tentang pipa dan pengelasan pipa harus dikuasaidengan baik.

Masalah Pipa

Pipa yang banyak digunakan dalam peralatan refrijerasi dan tata udara adala pipa tembaga. Pipa lain yang sering digunakan adalah pipa alumunium, pipa baja, pipa baja tahan karat, dan pipa plastik.

Pemilihan ukuran pipa yang digunakan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Drop tekanan harus sekecil mungkin
- Dapat mengalirkan bahan refrigerant sesuai dengan perencanaan atau kecepatan sirkulasi refrigerannya sesuai.

Kalau pipa yang digunakan terlalu kecil akan mengakibatkan :

- Kerugian gesekan
- Bunyi yang keras dan bising karena kecepatan yang tidak sesuai

Kalau pipa yang digunakan ukurannya terlalu besar akan mengakibatkan :

- Kegagalan pengembalian minyak/oli kompresor
- Pengeringan minyak/oli kompresor yang akhirnya kompresor menjadi macet

14.2 Pipa Tembaga

Pipa tembaga adalah pipa yang paling sering digunakan untuk keperluan mesin pendingin yang menggunakan bahan refrigeran jenis R.11, R.12, R.22, dan R.502.

Pipa tembaga yang dipergunakan pada mesin pendingin adalah pipa tembaga khusus yang disebut ACR TUBING (*Air Conditioning and Refrigeration Tubing*) yang telah dirancang dan memenuhi persyaratan/karakteristik khusus untuk mesin pendingin.

Bagian dalam pipa untuk keperluan mesin pendingin harus dijaga agar tetap kering dan biasanya dibersihkan dengan menggunakan

nitrogen. Ujung-ujung pipa jangan dibiarkan terbuka dan harus ditutup agar tidak terkontaminasi udara luar (uap air) atau kotoran lainnya dengan cara digepengkan ataupun ditutup dengan penutup khusus.

Pipa tembaga pada umumnya dibagi menjadi 2 (dua) jenis, yaitu :

1. Pipa tembaga lunak (*Soft*)
2. Pipa tembaga keras (*Hard*)

Beda kedua jenis pipa tersebut terletak pada ketebalan dindingnya. Untuk memudahkan identifikasinya, Pabrikan memberikan kode dengan type K, L, dan M seperti tertera pada table 11.1 berikut ini :

Tabel 14.1 Ukuran pipa tembaga

Ukuran Nominal (inchi)	Diameter Luar (OD) (inchi)	Ketebalan		
		K	L	M
¼ "	0,375	0,035	0,030	-
3/8"	0,500	0,049	0,035	-
½ "	0,625	0,049	0,040	-
5/8"	0,750	0,049	0,042	-
¾ "	0,875	0,065	0,045	-
1"	1,125	0,065	0,050	-
1.1/4"	1,375	0,065	0,055	0,042
1.1/2"	1,625	0,072	0,060	0,049
2"	2,125	0,083	0,070	0,058
2.1/2"	2,625	0,095	0,080	0,065
3"	3,125	0,109	0,090	0,072
3.1/2"	3,625	0,120	0,100	0,083
4"	4,125	0,134	0,110	0,095
5"	5,125	0,160	0,125	0,109
6"	6,125	0,192	0,140	0,122
8"	8,125	0,271	0,200	0,170
10"	10,125	0,338	0,250	0,212
12"	12,125	0,405	0,280	0,254

Pipa Tembaga Lunak

Pipa tembaga lunak biasanya digunakan pada mesin-mesin pendingin jenis domestic dan komersial. Pipa tembaga ini memiliki sifat kekerasan tertentu yang disebut "*Annealed Copper Tubing*", yaitu, pipa dipanaskan kemudian dibirakan mendingin sendiri. Hal ini membuat pipa tembaga menjadi lunak dan mudah dibentuk.

Pipa tembaga lunak mempunyai sifat khusus. Jika pipa dibengkokkan berulang kali maka pipa tersebut akan menjadi keras dan kaku, sehingga mudah rusak, retak atau patah.

Sifat ini dapat diperbaiki dengan cara memanaskan pipa tersebut sampai warnanya berubah menjadi merah atau ungu dan didinginkan secara perlahan-lahan di udara, selanjutnya pipa dapat dengan mudah dibentuk seperti semula. Pekerjaan ini dinamakan Proses "*ANNEALING*".

Penyambungan pipa tembaga ini dapat dilakukan dengan dua cara , yaitu (1) pengelasan (brasing), (2) tanpa pengelasan, tetapi menggunakan flare fitting yang disebut sebagai flare nut, yaitu baut khusus untuk keperluan penyambungan secara cepat (flaring).

Pipa tembaga lunak ini biasanya diperjualbelikan di pasaran dalam bentuk rol dengan panjang yang bervariasi mulai dari 25 feet, 50 feet dan 100 feet dengan diameter luar (OD) dalam satuan inchi.

Ukuran yang tersedia di pasaran adalah $\frac{3}{16}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{5}{16}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{7}{16}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{5}{8}$ dan $\frac{3}{4}$ inchi. Ketebalan pipa tergantung pada diameter luar pipa. Misalnya, pipa $\frac{1}{4}$ memiliki ketebalan 0,03 inchi. Pipa $\frac{3}{4}$ inchi, 0,35 inchi.

Pipa Tembaga Keras

Pipa tembaga keras biasanya digunakan pada mesin pendingin untuk keperluan komersial, dimana sifat pipa tembaga ini kaku dan keras, jadi pada saat pemasangan pipa tersebut harus dipasang klem atau penyangga sebagai tumpuan dan pengikatnya, apalagi jika ukuran diameter pipa yang digunakan ukurannya besar.

Pipa tembaga keras tidak dapat dibengkokkan, jadi harus menggunakan elbow bila diperlukan bengkokan. Penyambungan

pipa hanya dilakukan dengan sistem pengelasan dengan las perak (silver brazing) atau menggunakan flare fitting. Penyolderan hanya dilakukan untuk saluran tekanan rendah. Pipa tembaga keras ini diperjualbelikan di pasaran dalam bentuk batangan, dimana setiap batangnya mempunyai panjang kurang lebih 7 meter.

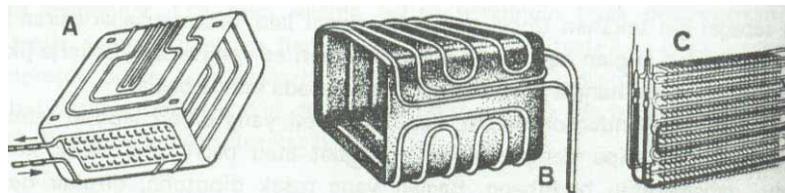
14.3 Pipa Aluminium

Pipa Aluminium banyak dipergunakan sebagai bahan evaporator. Daya hantar panas pipa aluminium ini tidak begitu baik jika dibandingkan dengan daya hantar panas pipa tembaga, dan harganya pun relatif lebih mahal.

Penyambungan atau pengelasan pipa aluminium tidak semudah penyambungan pipa tembaga, dimana harus menggunakan las khusus yang disebut las MIG, atau bisa juga dengan menggunakan kawat las Platinum 52 dengan campuran boraks atau fluks 52 dengan nyala api yang teratur, dimana apinya tidak boleh bersentuhan secara langsung dengan fluks 52 yang telah dioleskan, disinipun diperlukan keterampilan las secara khusus.

Kerusakan atau kebocoran evaporator pada mesin pendingin seringkali terjadi. Untuk mengatasinya jika kebocorannya tidak terlalu besar kebocorannya bisa ditutup dengan menggunakan lem APOXY atau HARDEX. Karena tekanan pada bagian evaporator adalah rendah, jadi dengan system pengeleman saja sudah cukup tanpa perlu pengelasan.

Gambar berikut menunjukkan bentuk evaporator yang ada di pasaran dengan kapasitas bermacam-macam.



Gambar 14.2 Model evaporator yang ada di pasaran

14.4 Pipa Baja

Pipa baja juga banyak sekali dipergunakan pada mesin pendingin untuk keperluan domestic, seperti halnya pada kondensor lemari es.

Ada beberapa pipa baja dengan ketebalan dinding tertentu yang biasa digunakan pada mesin pendingin, adapun ukuran diameter pipa baja tersebut sama dengan ukuran diameter pipa tembaga, sedangkan cara penyambungan dari pipa baja adalah dengan system brasing dan ada pula yang menggunakan ulir.

Pipa tembaga atau kuningan tidak dapat digunakan pada system pendingin yang menggunakan bahan refrigeran amoniak (R.717), dimana sifat pipa tembaga ini mudah bereaksi jika terkena amoniak, jadi untuk mesin pendingin yang menggunakan bahan refrigerannya amoniak harus menggunakan pipa baja. Adapun ukuran-ukuran pipa baja yang ada di pasaran adalah sebagaimana tertera pada table berikut :

Tabel 14.2 Ukuran pipa Baja

Diameter luar							
Pecahan	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4
Decimal	0,25	0,375	0,500	0,625	0,750	1,0	1,25
mm	6,35	9,52	12,7	15,87	19,05	25,4	31,75

Pipa Baja Stainless

Pipa Baja stainless pada umumnya mempunyai fungsi yang sama dengan pipa refrigeran lainnya, dimana pipa baja stainless ini sangat kuat terhadap korosi dan sangat mudah dalam melakukan penyambungannya, dimana bisa menggunakan brasing maupun menggunakan ulir.

Pipa baja stainless No.304 sering sekali digunakan pada mesin pendingin untuk Food Processing, Manufacture Ice Cream, Milk Cool Storage dan yang lainnya, karena pipa baja stainless ini mempunyai

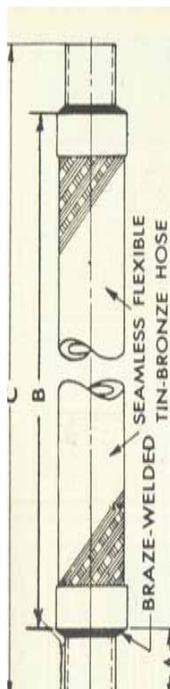
kadar karbon (C), Nickel (Ni), dan Chromium (Cr) yang sangat rendah sekali.

14.5 Pipa Fleksibel

Getaran-getaran yang diakibatkan oleh bekerjanya kompresor dapat mengakibatkan kerusakan pada sambungan pipa, khususnya sambungan pipa ke kompresor. Untuk mengatasi hal tersebut maka pada bagian tersebut perlu dipasang pipa fleksibel yang dapat meredam getaran.

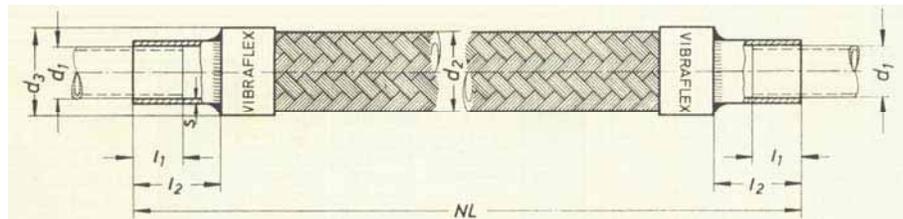
Bahan konstruksi dari pipa fleksibel terbuat dari selang perunggu fleksibel yang dilapisi dengan anyaman pita rambut perunggu dan disambungkan dengan pipa tembaga sebagai ujung-ujungnya. Pipa fleksibel ini dapat digunakan pada mesin pendingin yang menggunakan bahan refrigerant R12, R13, R22, R24, R114, R502 atau yang sejenisnya kecuali untuk NH_3 (*Amoniak*). Pipa fleksibel ini di desain untuk nominal tekanan 25 atg, dan temperature pada kisaran -70°C sampai dengan $+200^{\circ}\text{C}$. Ukuran pipa fleksibel yang ada dipasaran bermacam-macam seperti yang tertera pada tabel 11.3

Tabel 14.3 Data teknik pipa fleksibel

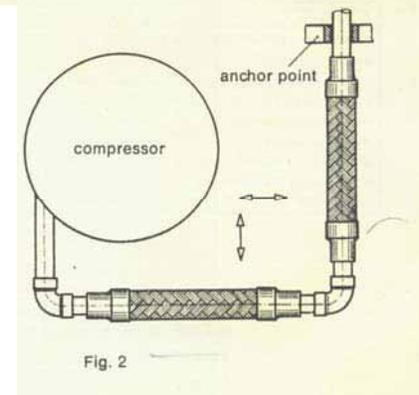
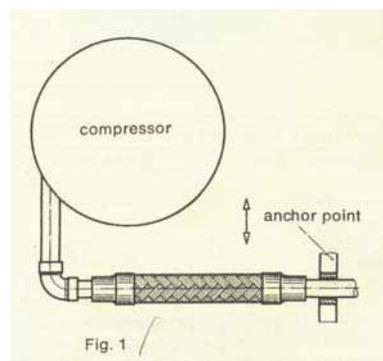


TO FIT COPPER TUBING HAVING		ID FLEXIBLE HOSE	A LENGTH OF COPPER TUBE END	B LENGTH OF FLEXIBLE HOSE	C OVERALL LENGTH
ACTUAL OD	NOMINAL ID				
1/4"	1/8"	3/16"	1/2"	6"	7"
1/4"	1/8"	1/4"	1/2"	6 1/2"	7 1/2"
3/8"	1/4"	5/16"	5/8"	7"	8 1/4"
1/2"	3/8"	3/8"	3/4"	7 1/2"	9"
5/8"	1/2"	1/2"	7/8"	8"	9 3/4"
3/4"	5/8"	1/2"	1"	8"	10"
3/4"	5/8"	3/4"	1-1/8"	9"	11 1/4"
7/8"	3/4"	3/4"	1 1/4"	9"	11 1/2"
1-1/8"	1"	1"	1 1/2"	10"	13"
1-3/8"	1 1/4"	1 1/4"	1-5/8"	11 1/2"	14 3/4"
1-5/8"	1 1/2"	1 1/2"	2"	13"	17"
2-1/8"	2"	2"	2 1/2"	15"	20"
2-5/8"	2 1/2"	2 1/2"	3"	18"	24"
3-1/8"	3"	3"	3 1/2"	20"	27"
3-5/8"	3 1/2"	3 1/2"	4"	24"	32-5/8"
4-1/8"	4"	4"	4 1/2"	24"	33-3/8"
5-1/8"	5"	5"	5 1/2"	30"	41"
6-1/8"	6"	6"	6 1/2"	36"	49"

Tabel 14.4 Data teknik pipa fleksibel



NOM. DIA.	CONNECTION FOR OD OF TUBE d ₁		s mm	BRAZING LENGTH l ₁		l ₂ mm	d ₂ mm	d ₃ mm	NOM. LENGTH ±6 mm
	ins	mm		ins	mm				
6	¼	6,4	1	5/16	8	14	11,7	14	180
8	3/8	9,5	1	5/16	8	16	14,3	17	200
10	½	12,7	1	3/8	10	20	16,7	20	220
12	5/8	15,9	1	½	13	22	19,3	22	250
16	¾	19,1	1	5/8	16	25	23,8	26	250
20	7/8	22,2	1	¾	19	32	28,7	32	280
25	1-1/8"	28,6	1,5	29/32	23	36	35,2	38	320
32	1-3/8	34,9	1,5	31/32	25	40	44,0	48	360
40	1-5/8	41,3	1,5	1-3/32	28	50	62,3	66	450
50	2-1/8	54,0	2	1-11/32	34	63	75,0	80	500



Gambar 14.3 Pemasangan pipa fleksibel

14.6 Pipa kapiler (Capillary tube)

Juga disebut : *Impedance tube, Restrictor tube atau choke tube*. Pipa kapiler dibuat dari pipa tembaga dengan lubang dalam yang sangat kecil. Panjang dan lubang pipa kapiler dapat mengontrol jumlah bahan pendingin yang mengalir ke evaporator.

Pipa kapiler memiliki fungsi sebagai berikut :

1. Menurunkan tekanan refrigerant cair yang mengalir di dalamnya
2. Mengatur jumlah refrigerant cair yang mengalir melaluinya
3. Membangkitkan tekanan bahan pendingin di kondensor

Pipa kapiler terdiri dari berbagai macam ukuran. Yang diukur bagian diameter dalam (*inside diameter/ID*) dari pipa, lain halnya dengan pipa tembaga yang diukur adalah diameter luar (*Outside diameter/OD*)

Pipa kapiler tidak boleh dibengkok terlalu tajam, karena dapat menyebabkan tersumbatnya lubang pipa. Pipa kapiler menghubungkan saringan (*filter dryer*) dan evaporator, merupakan batas antara sisi tekanan tinggi dan tekanan rendah dari system. Pada bagian tengahnya sepanjang mungkin dilekatkan dengan saluran hisap dan disolder. Bagian yang disolder ini dinamakan Penukar Kalor (*heat Exchanger*).

Jika kita tidak mempunyai ukuran panjang dan ID pipa kapiler yang tepat untuk lemari es yang hendak diperbaiki, kita dapat memakai Daftar pemakaian pipa kapiler pada tabel 11.5

Table 14.5 Daftar pemakaian pipa kapiler

D.K.	Bahan pen-dingin	Kon-den-sor*	Untuk dipakai pada suhu:		
			Rendah -23 s/d -15°C I.D. x meter	Sedang -15 s/d -6.5°C I.D. x meter	Tinggi -6.7 s/d +1.7°C I.D. x meter
1/20	R-12	S-F	0.026 x 4.88	0.026 x 3.05	
1/12	R-12	S-F	0.026 x 3.62	0.031 x 3.62	
1/9	R-12	S	0.026 x 3.62	0.031 x 3.62	
1/9	R-12	F	0.026 x 3.05	0.031 x 3.05	
1/8	R-12	S-F	0.026 x 3.05	0.031 x 3.05	
1/6	R-12	S	0.031 x 3.62	0.036 x 3.62	
1/6	R-12	F	0.031 x 3.05	0.036 x 3.05	0.036 x 2.44
1/5	R-12	S	0.031 x 3.05	0.036 x 3.05	
1/5	R-12	F	0.031 x 2.44	0.036 x 2.44	0.044 x 2.29
1/4	R-22	S	0.036 x 3.62		
1/4	R-12	F	0.036 x 3.05	0.044 x 4.57	0.044 x 2.59
1/3	R-22	F	0.036 x 3.05	0.044 x 4.57	
1/3	R-12	F	0.044 x 3.77	0.050 x 3.96	0.050 x 3.36
1/2	R-22	F	0.044 x 4.57	0.044 x 2.74	
1/2	R-12	F	0.055 x 3.36	0.055 x 2.74	0.055 x 2.29
3/4	R-22	F	0.055 x 3.36	0.055 x 2.74	
3/4	R-12	F	0.055 x 2.29	0.070 x 3.62	0.080 x 3.05
1	R-22	F	0.064 x 3.05	0.070 x 3.62	
1	R-12	F	0.070 x 3.05	2(0.055 x 3.36)	2(0.055 x 2.29)
1½	R-22	F		2(0.055 x 2.29)	2(0.064 x 2.44)

Semua ukuran ID (*Inside Diameter*) x panjang pipa kapiler di atas, hanya dipakai sebagai perkiraan saja, apabila kita tidak mengetahui ukuran dan panjang pipa kapiler yang harus dipakai. Pada pelaksanaannya dapat diadakan perubahan, untuk disesuaikan dengan keperluannya.

Panjang dan ID dari setiap pipa kapiler di atas dapat diubah dan disesuaikan dengan ID pipa kapiler yang telah kita miliki, dengan memakai Daftar Perbandingan Panjang Pipa Kapiler pada tabel 11.6

Tabel 14.6 Daftar perbandingan panjang pipa kapiler

Tube ID	.026 ID	.031 ID	.036 ID	.042 ID	.044 ID	.050 ID	.055 ID	.064 ID	.070 ID
.024	1.44								
.025	1.20								
.026	1.00	2.24							
.028	.72	1.59							
.030	.52	1.16							
.031	.45	1.00	2.00						
.032		.86	1.75						
.033		.75	1.54						
.034		.65	1.35						
.035		.58	1.16	2.31					
.036		.50	1.00	2.10					
.037		.45	.90	1.79	2.22				
.038		.39	.80	1.59	1.92				
.039		.35	.71	1.41	1.75				
.040		.31	.62	1.25	1.55				
.041		.28	.56	1.12	1.38	2.50			
.042		.25	.50	1.00	1.24	2.23			
.043		.23	.45	.87	1.11	1.98			
.044		.20	.39	.81	1.00	1.79			
.045			.35	.73	.90	1.60			
.046			.32	.67	.82	1.47	2.27		
.047				.59	.74	1.31	2.06		
.048				.54	.67	1.20	1.87		
.049				.49	.61	1.09	1.69		
.050				.45	.56	1.00	1.56		
.051				.41	.51	.93	1.44		
.052					.47	.85	1.32		
.053					.43	.78	1.20		
.054					.39	.70	1.09	2.18	
.055					.36	.64	1.00	2.00	
.056						.60	.94	1.85	
.057						.55	.87	1.72	
.058						.51	.80	1.56	
.059						.47	.73	1.44	2.18
.060						.43	.67	1.33	2.04
.064						.32	.50	1.00	1.50
.070							.33	.67	1.00
.075								.48	.73
.080									.54
.085									
.090									
.095									
.100									
.105									

Cara pembacaan tabel 14.6 :

1. Letakan ukuran ID (inside Diameter) pipa kapiler yang telah diketahui pada lajur paling kiri
2. Tarik garis mendatar ke kanan sampai memotong lajur ukuran ID pipa kapiler di atas yang hendak kita pakai. Kita

mendapatkan factor pengali. Pilihlah beberapa factor pengali yang berada dalam kurung.

3. Kalikan panjang pipa kapiler baru yang diketahui dengan factor yang diperoleh pada langkah 2. Untuk lemari es pilihlah lemari es dengan panjang minimum 1,5 meter dan maksimum 4,5 meter.
4. Hasilnya kita mendapatkan pipa kapiler dengan ID yang baru dan panjang yang tertentu, dengan tahanan dan sifat yang sama dengan pipa kapiler sebelumnya.

Contoh 1

Lemari es dengan kompresor 1/6 PK, kondensor statis, direncanakan untuk dipakai pada suhu rendah -20°C . Berapa ukuran pipa kapiler yang diperlukan?

Dengan melihat **tabel 1.5** (*Daftar pemakaian pipa kapiler*), kompresor 1/6 PK dengan kondensor statis untuk suhu evaporator -20°C , harus memakai pipa kapiler 0.031 ID dengan panjang 3.62 meter.

Contoh 2

Pipa kapiler 0.040 ID panjang 3 meter, hendak ditukar dengan pipa kapiler lain ID yang dapat memberikan karakteristik yang sama.

Dengan melihat **tabel 1.6** (*Daftar perbandingan panjang pipa kapiler*), pada lajur paring kiri dari 0.040 tarik garis mendatar ke kanan, akan mendapatkan beberapa factor :

- Di bawah 0.036 ID didapat factor 0.62
- Di bawah 0.042 ID didapat factor 1.25

Kalikan panjang pipa kapiler yang telah diketahui *3 meter* dengan factor yang diperoleh.

Dengan pipa kapiler 0.036 ID – $0.62 \times 3 \text{ m} = 1.86 \text{ meter}$

Pipa kapiler pengganti (0.036 ID, panjang 1.86 m) dapat memberikan tahanan yang sama seperti kapiler 0.040 ID panjang 3 meter.

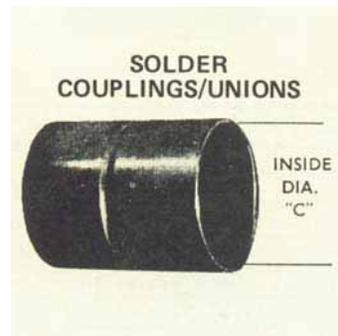
14.7 Soldering Fitting

Soldering fitting adalah accessories pemipaan yang berguna untuk membantu melakukan sambungan dan pencabangan dengan cara pengelasan.

Beberapa jenis soldering fitting yang sering digunakan adalah :

Socket (coupling)

Socket adalah salah satu jenis accessories pemipaan, dimana fungsi dari socket ini adalah untuk membantu melakukan penyambungan 2 buah pipa yang berdiameter sama. Ukuran socket mengikuti ukuran pipa tembaga lunak tetapi dinyatakan dengan ukuran diameter dalam atau ID.



Gambar 14.4

Reducing Socket

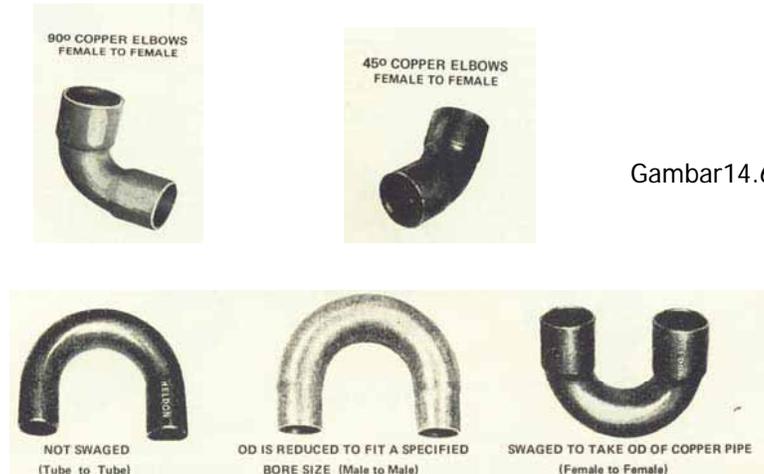
Reducing socket adalah salah satu jenis aksesoris pemipaan, dimana fungsi dari reducing socket ini untuk membantu melakukan penyambungan 2 (dua) buah pipa yang diameternya berbeda. Ukuran reducing socket sama seperti ukuran pipa tembaga.



Gambar14.5

Bengkokan pipa (Elbows)

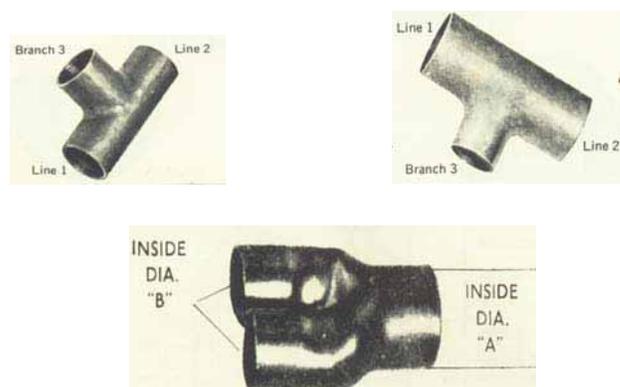
Di pasaran elbow tersedia dengan berbagai jenis, diantaranya ada elbow 45° , 90° , dan ada pula yang radius bengkokannya 180° .



Gambar14.6

Socket Cabang T

Untuk membuat pencabangan pipa saluran mesin pendingin baik itu untuk menempatkan alat ukur tekanan rendah maupun tekanan tinggi atau pemasangan pentil atau komponen lainnya, maka disini diperlukan suatu alat accessories yang disebut dengan socket cabang T.

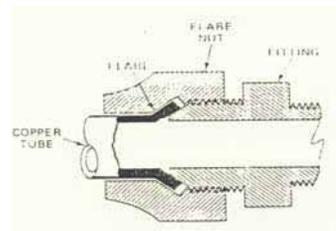
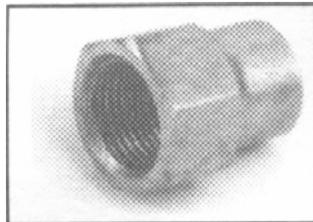


Gambar14.7

Flare Fitting

Flare fitting adalah salah satu accessories pemipaan yang berfungsi untuk membantu melakukan penyambungan pipa yang tidak permanent, baik itu sambungan pipa dengan pipa, maupun pipa dengan komponen yang lainnya seperti halnya dengan filter dryer, sight glasses, solenoid, atau stop kran.

Perbedaan flare fitting dan soldering fitting adalah terletak pada proses pengerjaannya saja, dimana soldering fitting proses pengerjaannya dengan alat Bantu las (brasing) sedang flare fitting tanpa pengelasan.



Gambar 14.8 Flare fitting

Flare nuts

Flare nuts adalah salah satu accessories pemipaan yang merupakan pasangan dari double flare dan mempunyai bentuk menyerupai Mur (Nuts), dimana fungsinya sama seperti flare fitting.

Adapun jenis-jenis dari flare nuts yang ada di pasaran adalah sebagai berikut :

1. flare nuts – Plain
2. flare nuts – Short Barrel
3. flare nuts – Frost Proof
4. flare nuts – Frost Proof Grooved
5. flare nuts – Plain Reducing
6. flare nuts – Frost Proof Reducing
7. flare nuts – Frost Proof Grooved Reducing

Double Fitting

Double Fiting adalah salah satu bagian dari flare fitting, doble fitting ini tidak selamanya berbentuk doble fitting khusus akan tetapi bisa berupa stop kran, filter dryer, dan sebagainya.

Adapun bentuk-bentuk atau jenis-jenis dari doble fitting yang khusus adalah sebagai berikut :

Double fitting bentuk lurus

Double fitting jenis ini adalah sebagai berikut :

1. Doble fitting
2. Doble fitting reducing
3. Male flare to male flare
4. Male flare to Female Flare
5. Male flare to Paralel male BSP
6. Male flare to female BSP
7. Female flare to female BSP
8. Female flare to female flare
9. Female BSP to Female flare
10. Female Flare to Female BSP
11. Male BSP to solder
12. Female BSP to solder
13. Male flare to solder

Double flare bentuk elbows ini berfungsi untuk membantu melakukan pembuatan sambungan pada belokan dengan menggunakan jenis sambungan flaring fitting.

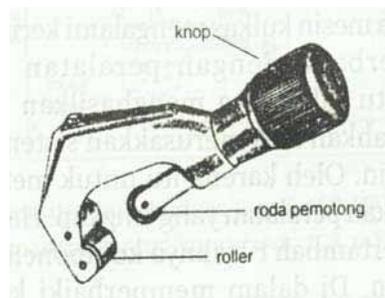
Dimana jenis-jenis daripada doble flare bentuk elbows ini adalah sebagai berikut:

1. Doble flare
2. Male BSP to Male BSP
3. Male flare to solder
4. Male flare to female flare
5. Female BSP to male BSP
6. Male Flare to female BSP
7. Female BSP to Female BSP
8. Doble flare reducing
9. Male flare to female BSP
10. Male BSP to solder

14.8 Alat Kerja pipa

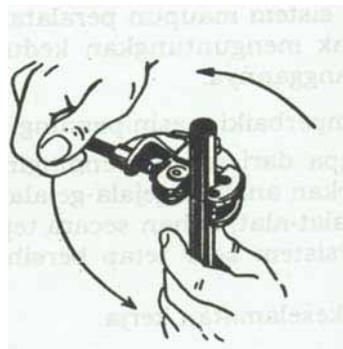
1. Pemotong pipa (*tubing cutter*)

Alat pemotong pipa ada 2 macam yaitu tubing cutter dan gergaji (hacksaw). Yang perlu diperhatikan pada saat memotong pipa adalah jangan sampai kotoran-kotoran masuk dalam system waktu memotong pipa. Untuk memotong pipa dengan tubing cutter, pipa dimasukan antara *roller* dan *cutting wheel*. Tightening knob berfungsi untuk menyesuaikan dengan diameter pipa yang dipotong.



Gambar 14.9 Tubing Cutter

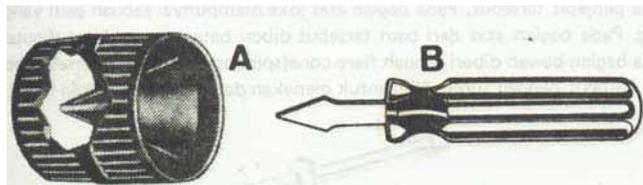
Bila roda pemotong ditukar dengan roda penekan yang tumpul, maka fungsi tubing cutter akan berubah menjadi memperkecil ujung diameter pipa, sehingga dapat disambung dengan pipa yang lebih kecil.



Gambar 14.10 Cara memotong pipa

2. Reamer dan Deburrer

Pipa tembaga setelah dipotong ujungnya tidak rata pada bagian dalam maupun bagian luarnya. Harus diratakan dengan *reamer*. Pengerjaan membersihkan ujung pipa setelah dipotong sangat penting sebelum pipa dikembangkan (*flare*) atau dibesarkan (*swage*). Pisau pada reamer dan deburrer dibuat dari baja yang dikeraskan. Dipakai untuk meratakan ujung pipa yang telah dipotong. Dapat untuk meratakan ujung pipa dari 3/16 s.d. 1.1/2 " pada bagian dalam dan bagian luarnya. Pemotong pipa ada juga yang dilengkapi dengan pisau reamer (*reamer blade*) dan kikir.

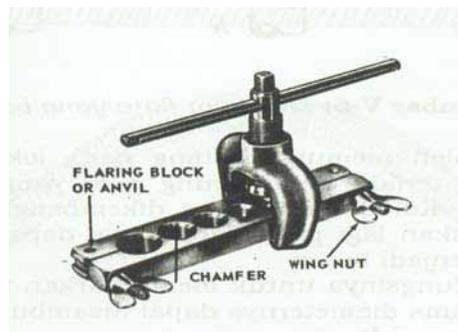


Gambar 14.12 Reamer (A), deburrer (B)

3. Flaring/Swaging Tool

Flaring Tool

Alat ini berfungsi untuk mengembangkan diameter ujung pipa agar dapat disambungkan dengan sambungan berulir (*flare fitting*). Flaring tool terdiri dari 2 buah block yang disatukan dengan baut dan mur kupu-kupu (*wing nut*). Kedua penjepit ini diberi lubang dari beberapa ukuran pipa 3/16" s.d. 5/8". Sebuah joko ujungnya bercabang dapat diselipkan pada penjepit tersebut. Pada bagian atas joko mempunyai sebuah baut yang panjang. Pada bagian atas baut diberi batang pemutar dan pada bagian bawah diberi sebuah *flare cone* (spinner). Flare cone tersebut berbentuk kerucut dengan sudut 45° untuk menekan dan mengembangkan ujung pipa.



Gambar 14.13 Flaring Tool

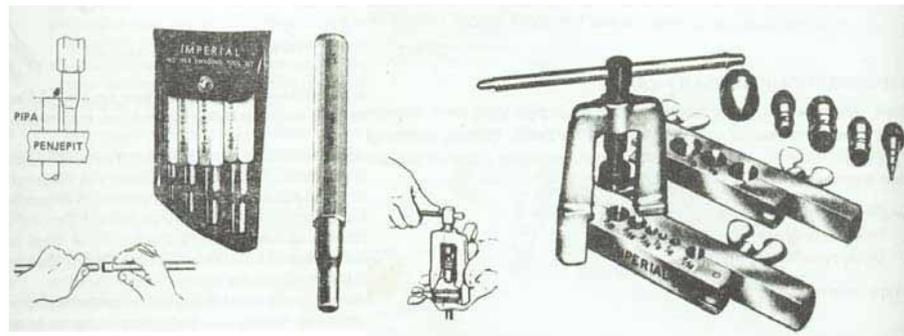
Swaging Tool

Untuk membesarkan ujung pipa, agar dua buah pipa yang sama diameternya dapat disambung dengan solder timah atau las perak. Panjang sambungan untuk tiap pipa berbeda, pada umumnya diambil sepanjang diameter dari pipa yang akan disambung.

Swaging tool ada 2 macam :

1. Model dipukul (*Punch type*)
2. Model diputar (*Screw type*)

Pemakaiannya hampir sama dengan flaring tool. Di sini *flare cone* ditukar dengan *swaging punch* (swaging dies atau swage adaptor).



Gambar 14.14.a Punch Type Swaging Tool

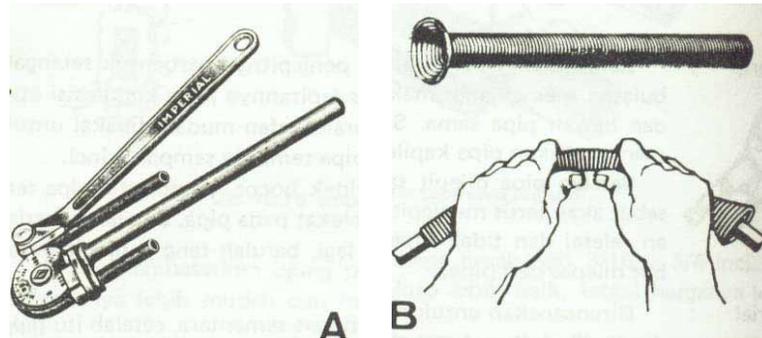
Gambar 14.14.b Screw Type Swaging Tool

4. Pembengkok pipa (*Tube Bender*)

Untuk membengkok pipa tembaga lunak. Pipa $\frac{3}{16}$ " dan $\frac{1}{4}$ " dapat dibengkok dengan tangan tanpa memakai alat, tetapi dengan mempergunakan alat pembengkok pipa akan diperoleh hasil bengkakan yang tepat dan rapi. Alat pembengkok pipa juga dapat menghindarkan pipa menjadi gepeng dan rusak.

Alat pembengkok pipa ada 2 macam :

1. Dengan rol dan tuas (Lever type tube bender)
2. Dengan pegas (Spring type tube bender)



Gambar 14.15 Lever type bender (A), Spring type bender (B)

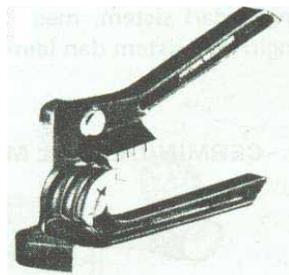
Pembengkok pipa dengan pegas

Pembengkok pipa tersebut ada 2 macam : Lilitan pegas di luar (*Outside spring*) dan lilitan pegas di dalam (*Inside spring*). Yang pertama pipa dimasukan ke dalam pegas dan untuk yang kedua pegas dimasukan ke dalam pipa. *Inside spring* hanya dapat dipakai untuk membengkokkan ujung pipa, sedangkan *Outside spring* dapat dipakai untuk membengkokkan semua bagian dari pipa.

Pembengkok pipa dengan rol dan tuas

Alat pembengkok type ini dapat membuat bengkakan pipa dengan radius tertentu sesuai dengan diameter dari rol, dapat membengkok pipa tepat pada tempatnya dan dapat membuat sudut bengkakan dengan akurat dengan hasil bengkakan sangat baik. Dapat membengkokkan pipa dari 0 – 180°.

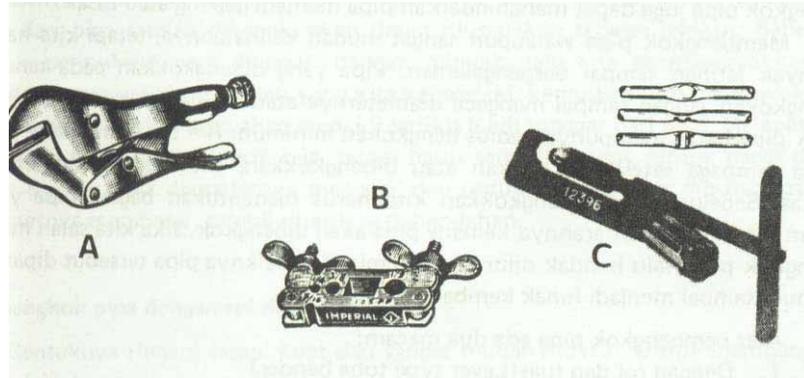
Alat pembengkok pipa pada gambar 4.8 A hanya dapat membengkok satu macam ukuran pipa saja, sedangkan alat pembengkok pipa kecil pada gambar 4.9 memiliki 3 atau 4 rol yang disatukan. Dapat untuk membengkok pipa untuk berbagai ukuran diameter pipa, untuk pipa 3/16", 1/4", 5/16" dan 3/8".



Gambar 14.16 multi Lever bender

5. Alat Pembuntu pipa (Pinch-Off tool)

Alat ini dipakai untuk membuntukan ujung pipa. Pembuntu pipa dibuat oleh beberapa pabrik dengan bermacam-macam model, bentuk, dan sifat.



Gambar 14.16 Pinch-Off tool

1. **Vise-Grip (Gb.11.16. A)** : Bentuknya seperti tang penjepit yang berbentuk setengah bulatan memanjang. Sangat praktis dan mudah dipakai untuk membuntukan pipa kapiler dan pipa tembaga sampai $\frac{1}{2}$ ". Setelah pipa dijepit sampai tidak bocor, pembuntu pipa tersebut akan terus menjepit dan melekat pada pipa. Setelah pekerjaan selesai, barulah vise-grip tersebut dilepas dari pipa.
2. **Imperial (Gb.11.16.B)**: Direncanakan untuk membuntukan sementara, setelah itu pipa dapat dibulatkan kembali. Pipa dijepit seperti pada flaring tool. Alat tersebut juga dilengkapi lubang-lubang untuk membuka dan membulatkan kembali pipa yang gepeng. Dapat dipakai untuk pipa ukuran : $\frac{1}{4}$ ", $\frac{5}{16}$ ", $\frac{3}{8}$ ", dan $\frac{1}{2}$ ".
3. **Robinair (Gb.11.16.C)** : Pipa ditekan sampai menjadi satu. Dari bawah berbentuk dua garis melintang dan dari atas diantara kedua garis tersebut terdapat bulatan. Hasil jepitannya sangat kuat. Setelah dibuntukan pipa tidak dapat

dibulatkan kembali. Dapat dipakai untuk membuntukan pipa kapiler dan pipa tembaga sampai dengan 3/8

6. Dental Mirror

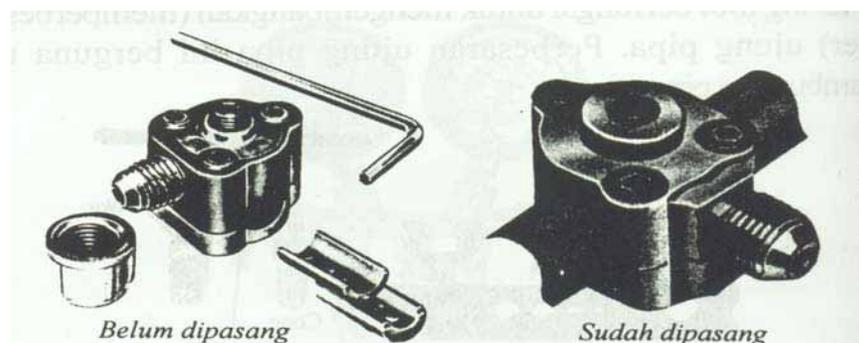
Dental mirror biasanya digunakan oleh dokter gigi, berguna untuk melihat dan memeriksa bagian-bagian yang terlindung atau sukar dilihat, demikian halnya pada pemeriksaan bagian-bagian komponen mesin pendingin. Untuk memeriksa hasil pengelasan atau mencari kebocoran pada tempat yang sukar dilihat. Alat ini ada yang dilengkapi lampu battery sehingga bisa memeriksa bagian yang gelap.



Gambar 14.17 Dental mirror

7. Tubing Piercing Valve (Line Tap Valve)

Alat ini berfungsi untuk membuat lubang saluran pada pipa. Alat ini dipasang pada pipa dengan mur dan dilengkapi lubang yang dipakai untuk membuat lubang ke pipa. Lubang ini berguna untuk pengisian, pemeriksaan, dan pembersihan system pendingin.



Gambar 14.18 Piercing Valve

8. Kompor (Torch) atau Brander

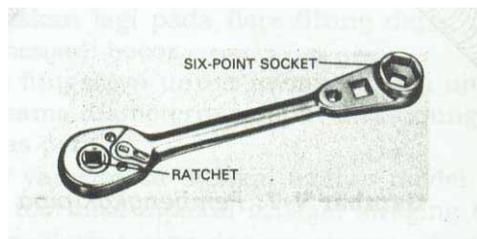
Perlengkapan ini berfungsi untuk membakar (memanaskan) pada saat melepas atau menyambung sambungan pipa dengan solder timah atau las perak. Brander atau kompor tersebut ada yang memakai bahan bakar dari : elpiji, minyak tanah, juga ada yang memakai oksigen dengan karbit (acetylene) atau gas elpiji.



Gambar 14.19 Brander

9. Kunci –kunci

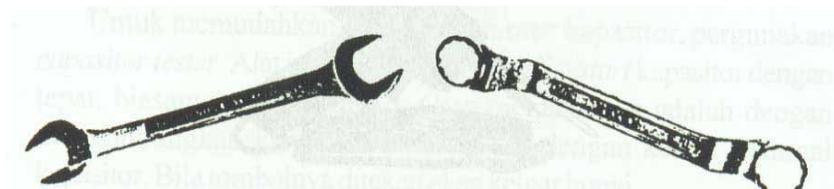
Fungsinya untuk melepas atau mengeraskan mur, baut dan lain-lain. Untuk memperbaiki system komersial biasanya menggunakan kunci inggris (*adjustable wrench*) dan *ratchet wrench*.



Gambar 14.20 Ratchet Wrench



Gambar 14.21 Adjustable Wrench



Gambar 14.22 Kunci Pas dan Kunci ring

14.9 Pengerjaan Pemipaan Refrgerasi

Dalam pekerjaan pemipaan seorang teknisi selain diharuskan memiliki peralatan yang lengkap juga harus memiliki skill dan menguasai teknik pemipaan, dari mulai memotong pipa, membengkok, menyambung, hingga ke perakitan system. Karena mesin pendingin kalau kita amati secara langsung terdiri dari susunan pipa-pipa yang menghubungkan komponen mesin pendingin.

Seperti telah diterangkan dalam bahan sebelumnya, bahwa mesin pendingin kalau kita lihat secara langsung, maka yang kita lihat hanya merupakan susunan atau instalasi pipa-pipa yang menghubungkan setiap komponen mesin pendingin. Sudah barang tentu di dalam penginstalasian pipa-pipa tersebut seorang teknisi dihadapkan ke berbagai permasalahan, seperti halnya :

- Bagaimana cara memotong pipa yang baik dan benar ?
- Bagaimana cara membengkok pipa ?
- Bagaimana cara menyambung pipa

Untuk menjawab permasalahan tersebut di atas, maka pada bagian ini akan dibahas mengenai cara-cara atau teknik pengerjaan pipa.

Pemotong pipa

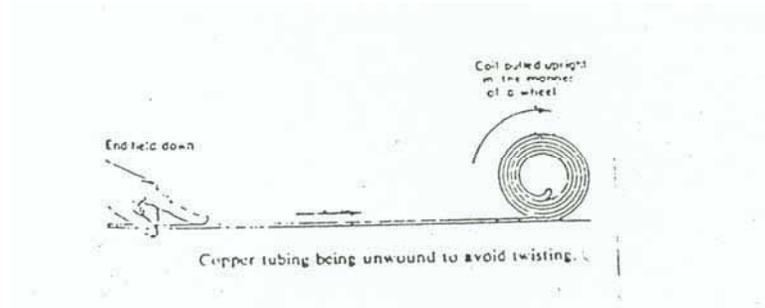
Karena di dalam pekerjaan yang kita hadapi adalah pipa-pipa yang lunak, maka dalam mengerjakannya harus ekstra hati-hati, dimana waktu kita memotong pipa harus teliti dan tidak boleh sembarangan, karena dengan pekerjaan yang ceroboh bukannya memperoleh hasil pekerjaan yang baik malahan sebaliknya akan menambah kerusakan pada system

Untuk mendapatkan hasil potongan pipa yang baik, kita harus menggunakan alat yang sesuai, dalam hal ini alat pemotong pipa khusus yaitu *tubing cutter*, seperti yang terlihat pada gambar berikut ini :

Walaupun sudah ada alat khusus untuk memotong pipa ini, kalau cara penggunaannya kurang tepat maka hasil pemotongannya akan jelek dan rusak.

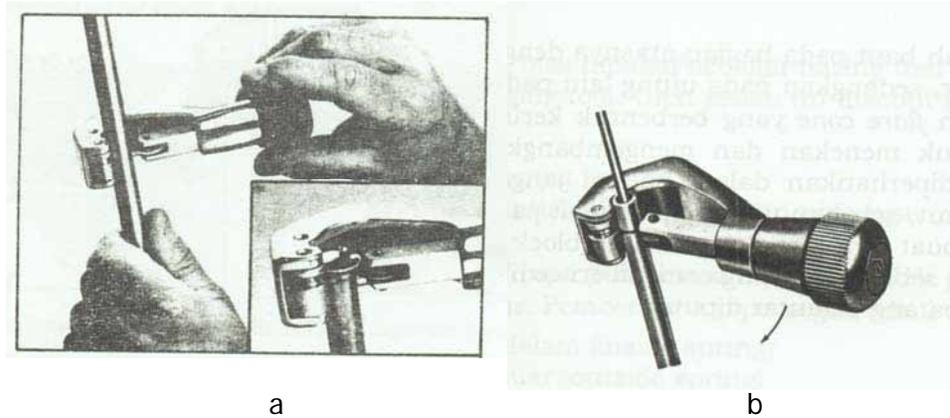
Prosedur Pemotongan Pipa

1. Luruskanlah pipa yang masih dalam bentuk rol/gulungan seperti diperlihatkan pada gambar 4.2 berikut ini.



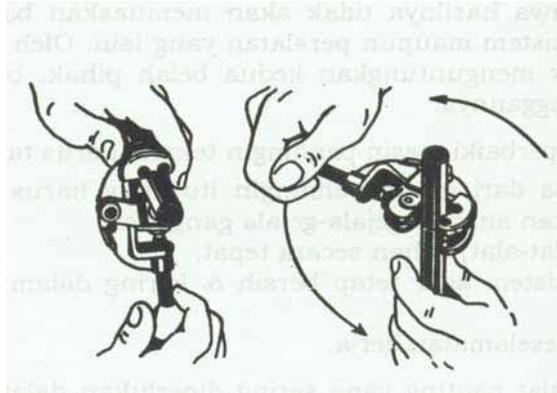
Gambar 14.23 Cara meluruskan pipa

2. Ukurlah panjang pipa yang akan dipotong dan beri tanda yang jelas.
3. Letakan pipa yang akan dipotong tersebut pada rol beralur yang ada pada tubing cutter seperti pada gambar 11.24 a, putarlah knob pengatur tekanan pisau sehingga pisau pemotong menyentuh pipa dan tepat pada tanda ukuran yang telah dibuat diperlihatkan pada gambar 11.24 b



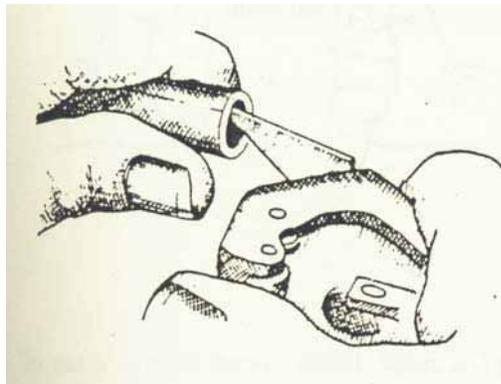
Gambar 14.24 cara menempatkan pipa pada rol

- Putarlah pemotong pipa ini secara mengelilingi pipa sampai putaran terasa ringan, setelah itu putarlah knob pengatur tekanan pisau $\frac{1}{4}$ atau $\frac{1}{2}$ putaran seperti diperlihatkan pada gambar 11.25 a, setelah itu putarkanlah pemotong pipa seperti diperlihatkan pada gambar 11.25 b.



Gambar 14.25 cara mengatur posisi pisau

- Ulangi langkah 4 tadi sampai pipa tadi selesai dipotong, setelah pipa terpotong selanjutnya bersihkanlah kedua ujung pipa tadi dari serbuk-serbuk pipa atau permukaannya tidak rata atau tajam dengan menggunakan reamer atau dengan kikir



Gambar 14.26 cara membersihkan ujung pipa

Pembengkok Pipa

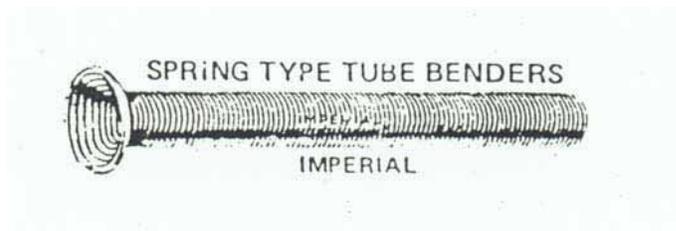
Untuk mendapatkan efek bengkokan, dapat digunakan dua cara yaitu menggunakan elbow atau dengan cara membengkokkan pipa. Cara untuk mendapatkan bengkokan yang baik, kita bisa menggunakan elbow, akan tetapi harga elbow yang sudah jadi relative lebih mahal jika dibandingkan dengan kita membuat sendiri, dimana untuk membuat bengkokan pipa tersebut kita menggunakan alat pembengkok pipa.

Alat pembengkok yang ada di pasaran untuk sementara ini hanya ada 2 (dua) type yaitu :

1. Type bending spring
2. Type lever bender

Bending spring (pembengkok pipa spiral)

Bending spring ini adalah alat pembengkok pipa yang konvensional, dimana hasil bengkokannya tidak dapat serapih mungkin dibanding dengan pembengkok type lever bender. 11.27

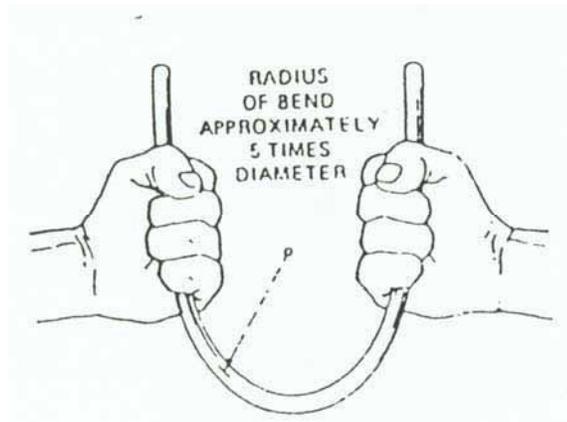


Gambar 14.27 Pembengkok pipa spiral

Pembengkok pipa type ini banyak dijual dipasaran dengan bermacam-macam ukuran, disesuaikan dengan ukuran pipa yang ada. Diameter luar dan diameter dalam dari pembengkok pipa type spiral ini dapat dipergunakan untuk membengkokkan 2 (dua) macam ukuran pipa yang berdiameter tertentu, sebagai contoh :

Pembengkok pipa spiral untuk ukuran diameter pipa $\frac{1}{4}$ " dapat juga digunakan untuk membengkok pipa yang berukuran $\frac{1}{2}$ ". Caranya adalah kalau pipa yang dibengkokkan berukuran $\frac{1}{4}$ " maka pipa yang akan dibengkok dimasukkan ke dalam pembengkoknya, tetapi jika pipa yang akan dibengkokkan berukuran $\frac{1}{2}$ " maka pembengkoknya dimasukkan ke dalam lubang pipanya. Dan biasanya pembengkok pipa spiral ini digunakan hanya untuk membuat bengkokan yang dekat dengan ujung pipa yang dibuat flaring.

Cara untuk membuat bungkakan dengan menggunakan pembengkok spiral adalah seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini :



Gambar 14.28 Membengkok pipa

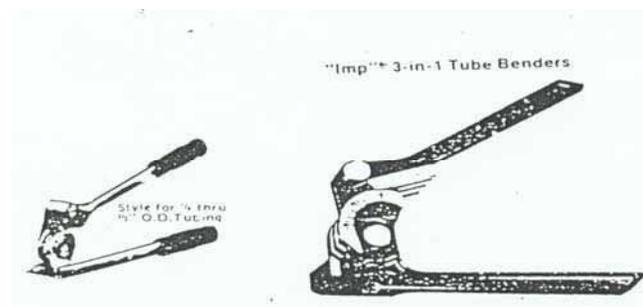
Adapun langkah-langkah pembuatannya adalah sebagai berikut :

1. Berilah tanda ukuran pipa yang akan dibengkokan
2. Masukkan pipa yang akan dibengkokan ke lubang pembengkok spiral
3. Letakan pembengkok spiral itu, sehingga tengah-tengah pembengkok itu kira-kira berada pada tanda ukuran pipa yang akan dibengkokan
4. Peganglah kedua ujung pembengkok itu seperti gambar di atas
5. Lakukanlah penekanan secara perlahan-lahan kearah bagian dalam, sampai membentuk bungkakan yang diharapkan. Dengan catatan radius bungkakan tidak boleh kurang dari 5 kali diameter pipa
6. Perbaikilah hasil bungkakan itu dengan cara memijit-mijitnya dengan ibu jari secara perlahan
7. Jika pekerjaan pembengkokan pipa telah selesai cabutlah pembengkok spiralnya.

Lever Bender

Pembengkok pipa type ini adalah alat pembengkok pipa yang akurat, dimana pembengkok ini dapat membengkokkan pipa dengan radius bengkokan yang relative kecil dan membuat sudut bengkokan sesuai dengan yang diharapkan, karena dilengkapi dengan ukuran sudut bengkokan. Dengan demikian hasil bengkokan akan lebih baik dan rapi

Pembengkok pipa type ini banyak sekali jenisnya, diantaranya ada yang bentuk single dan triple, seperti diperlihatkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 14.29 lever bender

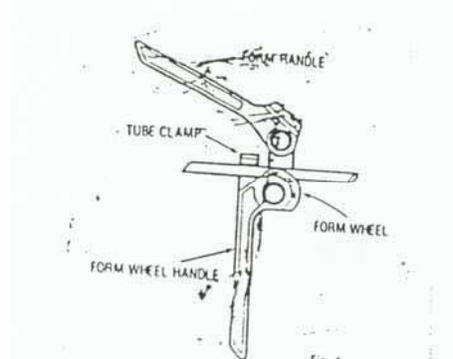
Pembengkok pipa ini dapat digunakan untuk membengkokkan pipa tembaga, aluminium, baja dan baja stainless. Kedua jenis pembengkok ini banyak sekali di pasaran dengan ukuran sebagai berikut (tabel 11.7)

TUBE O.D	CENTRE RADIUS
3/16"	7/16"
1/4"	9/16"
5/16"	11/16"
3/8"	15/16"
1/2"	1.1/2"
5/8"	2.1/4"
3/4"	3"
7/8"	3"
1"	3.1/2"

Tabel 14.7 Radius rata-rata Lever bender

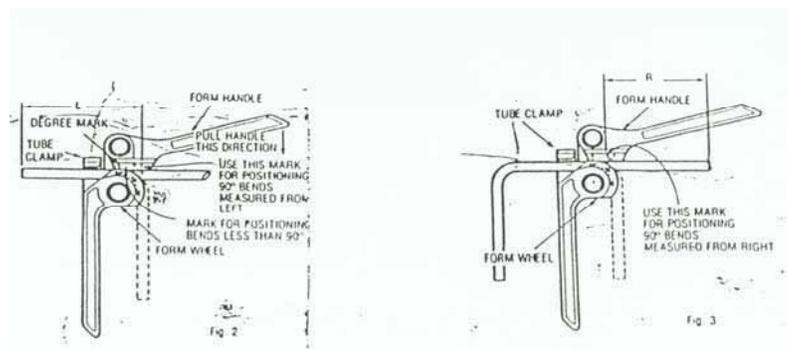
Prosedur menggunakan alat lever bender :

1. Berilah tanda ukuran pipa yang akan dibengkokan
2. Pilihlah pembengkok pipa yang sesuai dengan ukuran pipa yang akan dibengkokan
3. Letakan pipa yang akan dibengkokan pada alur yang telah tersedia pada pembengkok pipa, seperti gambar berikut :



Gambar 14.30 posisi pipa sebelum dibengkok

4. Aturlah posisi pipa sehingga tanda tadi benar-benar tepat pada tanda penyidik (skala), dimana jika ukuran yang ditentukan anda tempatkan di sebelah kiri maka tanda ukuran tadi harus anda tempatkan tepat garis bertanda **L** pada handle pembengkok tersebut, jika sebaliknya maka ukuran tadi harus anda tempatkan tepat tanda garis **R** pada handle pembengkok atau seperti diperlihatkan pada gambar berikut :



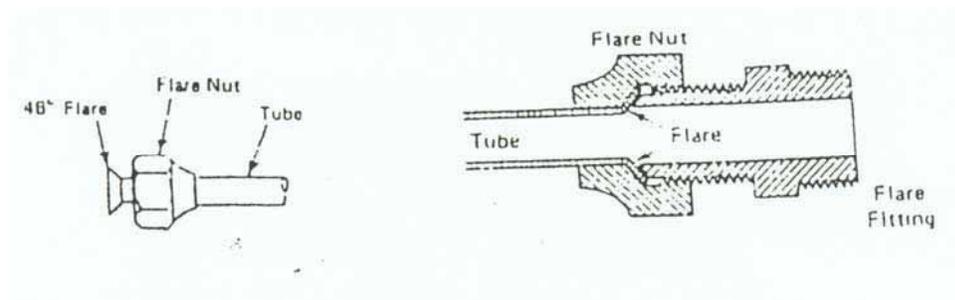
Gambar 14.31 ukuran panjang pipa pada skala handle

5. Putarlah handle pembengkok secara perlahan-lahan sambil memperhatikan skala tanda sudut bengkokan
6. Jika skala tanda sudut bengkokan telah mencapai sudut bengkokan yang diminta, maka berhentilah menekan handle, lalu dengan perlahan angkatlah handle tadi.
7. Ambilah pipa yang telah dibengkokkan tadi dari pembengkok pipa tersebut
8. Proses pembengkokan pipa telah selesai

Penyambungan pipa

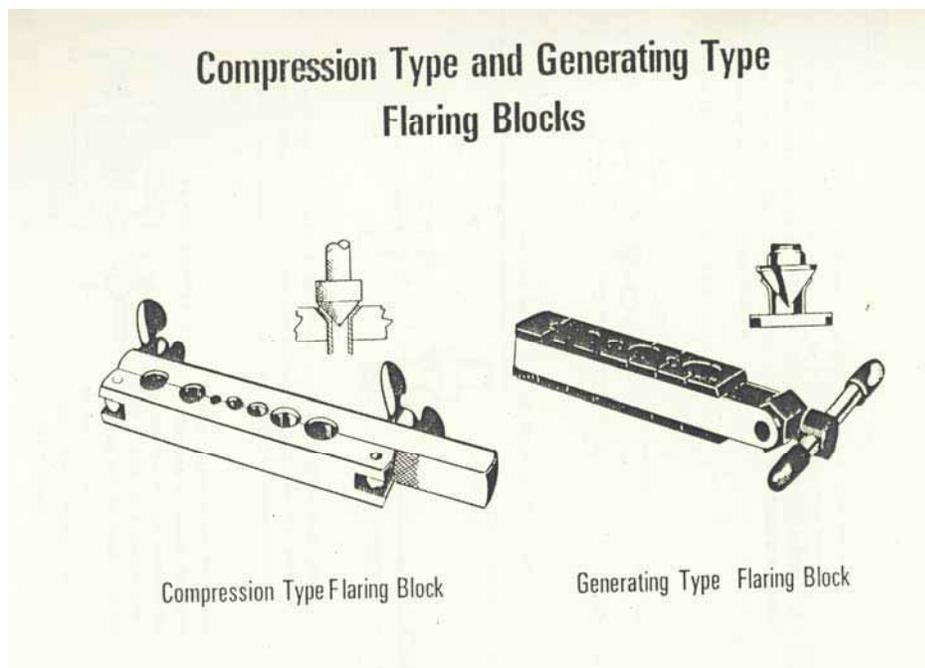
Penyambungan pipa Sistem flaring

Sambungan dengan system flaring adalah salah satu cara system penyambungan pipa dengan system penjepitan bibir pipa yang telah dikembangkan dengan fitting dengan menggunakan flare nuts. Seperti halnya diperlihatkan pada gambar berikut ini



Gambar 14.32 Sistem flaring

Untuk melakukan penyambungan pipa dengan system flaring terlebih dahulu ujung pipa harus dibuat mengembang dengan menggunakan *flaring tool*.

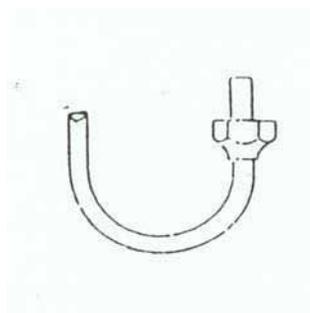


Gambar 14.33 Sistem flaring

Prosedur penggunaan flaring tool

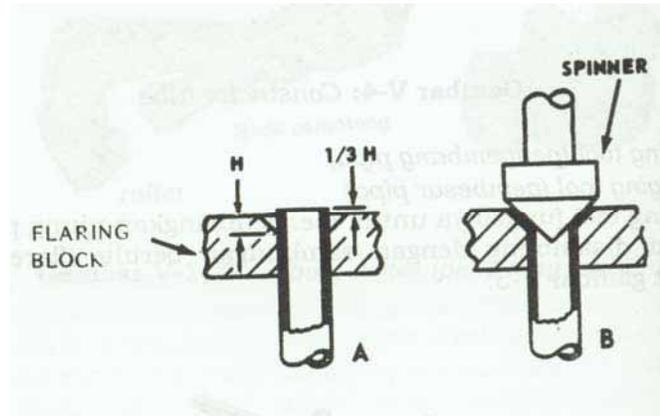
Untuk mendapatkan hasil flaring yang baik ada beberapa langkah yang harus diikuti, sebagai berikut :

1. Masukkan flare nuts terlebih dahulu pada ujung pipa yang akan diflaring, dan diperiksa kembali apakah ujung pipa yang akan di flaring sudah dibersihkan atau belum, jika belum bersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan reamer atau kikir. Seperti diperlihatkan pada gambar berikut



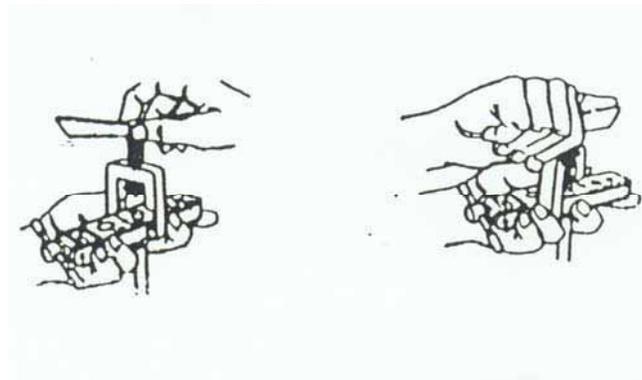
Gambar 14.34 Memasang Flaring Nuts

2. Letakan pipa pada blok penjepit. Sebelum dikerakan aturlah ujung pipa tersebut sehingga ujung pipa tadi menonjol keluar kira-kira $\frac{1}{3}$ dari kedalaman lubang miring dari lubang blok flaring atau sekitar 3 mm di atas block, seperti gambar berikut :



Gambar 14.35 Membuat flare yang baik

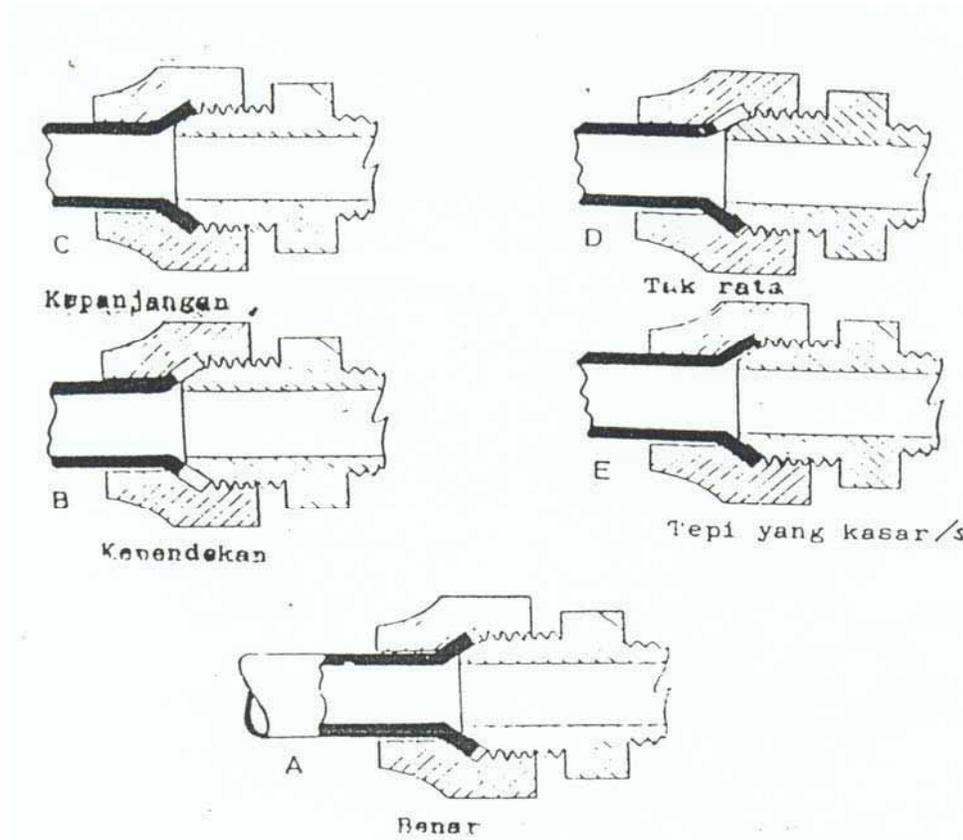
3. Keraskanlah mur kupu-kupu (wing nuts) yang ada pada blok flaring, secukupnya sehingga dapat memegang pipa dengan kokoh.
4. Sebelum yoke (kaki) flaring dipasangkan di atas blok flaring terlebih dahulu berilah sedikit minyak kompresor pada kerucutnya (cone), dengan demikian akan mengurangi gesekan kerucut dengan dinding pipa, setelah itu masukan yokenya, seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 14.36 Memasukan Cone

5. Putarlah handle pemutar batang cone secara perlahan-lahan sampai menyentuh ujung pipa, setelah itu putarlah kira-kira $\frac{1}{4}$ atau $\frac{1}{2}$ putaran lalu kendorkan lagi, lakukanlah cara tersebut berulang-ulang hingga proses pembuatan flaring selesai
6. Periksa hasil dari pembuatan flaring tersebut, jika hasilnya kurang baik akan mengakibatkan terjadinya kebocoran pada system.

Berikut ini diberikan contoh hasil pembuatan flaring yang biasa terjadi, diperlihatkan pada gambar berikut :

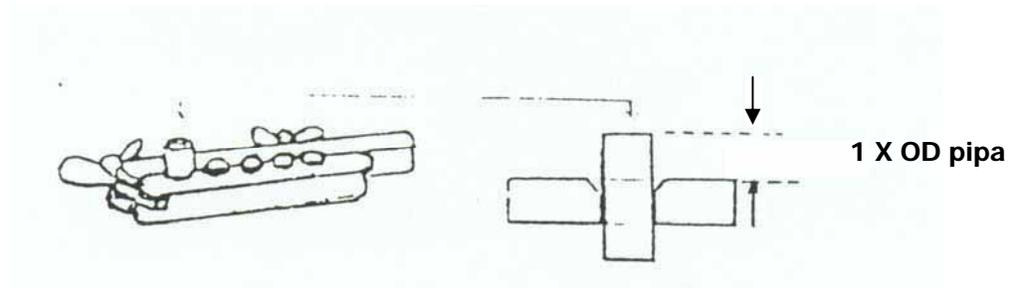


Gambar 14.37 Hasil pengerjaan flaring

Sistim Brasing (Penyolderan)

Penyambungan pipa dengan sistim brasing dilakukan dengan menggunakan accessories pipa yang disebut socket atau coupling, dan dengan membuat fungsi socket sendiri melalui pekerjaan yang disebut swage dengan alat swagging tool, sebenarnya alat ini masih merupakan kesatuan dengan flaring tool hanya mengganti cone (kerucut) dengan Punch (plag).

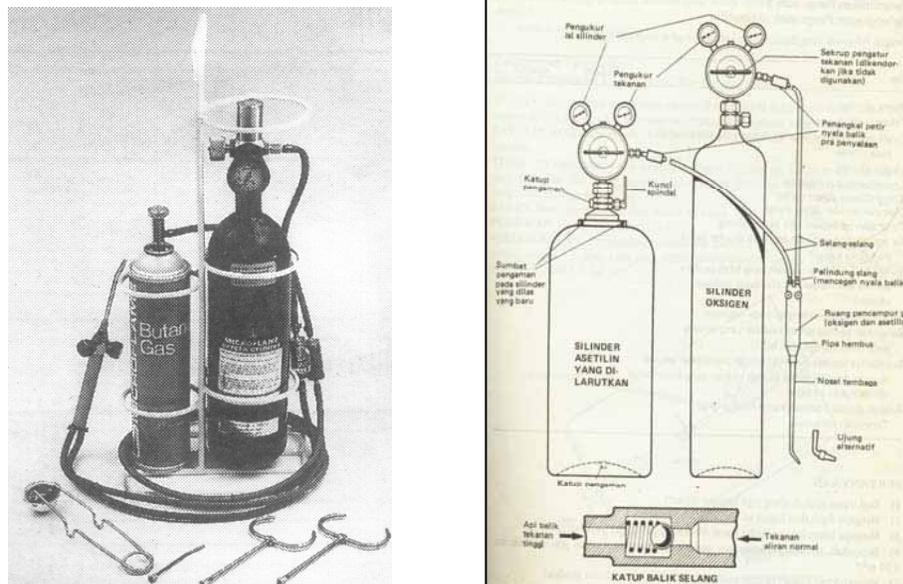
Cara penggunaannya sama seperti flaring tool, akan tetapi yang berbeda hanya pada langkah nomor 2, dimana ujung pipa harus dikeluarkan di atas blok penjepit sekitar 1 (satu) kali diameter pipa yang akan di swagging, seperti halnya diperlihatkan pada gambar berikut :



Gambar 14.38 Teknik swaging

14.10 Brazing dan Perlengkapan Las Asetilin

Brasing adalah penyambungan dua buah logam atau lebih, baik itu logam sejenis maupun tidak sejenis dengan menggunakan bahan tambah yang titik cairnya jauh lebih rendah dibanding dengan titik cair logam yang akan disambung dengan menggunakan temperature yang rendah. Brasing dapat pula disebut soldering. Welding adalah penyambungan dua buah logam atau lebih baik itu logam sejenis maupun yang tidak sejenis dengan menggunakan alat pemanas yang temperturnya sangat tinggi sehingga dapat mencairkan kedua logam tersebut dan dapat menyatukan kedua logam tersebut.



Gambar 14.39 Perlengkapan las Oksiasetilin

Perlengkapan untuk brasing maupun untuk welding pada dasarnya sama, hanya berbeda pada proses pengerjaannya saja, karena yang banyak dihadapi dalam pekerjaan mesin pendingin adalah pekerjaan brasing maka untuk kesempatan ini kita mencoba membahas bagaimana cara-cara melakukan proses brasing tersebut. Dimana cara penyambungan pipa dengan system brasing ini akan relatif lebih murah jika dibandingkan dengan istem flaring,

terlebih jika pipa yang akan dikerjakan/disambung berdiameter di atas $\frac{3}{4}$ ", dimana untuk ukuran ini system flaring sudah tidak praktis lagi untuk digunakan.

Pada umumnya sumber panas yang digunakan untuk brasing maupun welding adalah sama yang berasal dari hasil pembakaran bahan campuran Oksigen – Asetilin (*Oxigen-acetylene*) yang dikemas dalam tabung yang berbeda, sebagaimana diperlihatkan pada gambar berikut :

Hal yang harus diperhatikan/dipahami adalah mengetahui fungsi-fungsi dan langkah-langkah pengoperasian dari alat-alat tersebut di atas. Perlengkapan Las oksiasetilin terdiri dari:

a. Silinder Asetilin

Silinder asetilin adalah tabung yang terbuat dari logam baja yang didalamnya selain berisi gas asetilin juga berisi bahan berpori seperti kapas, sutra tiruan, atau asbes yang berfungsi sebagai penyerap aseton yang merupakan bahan dimana asetilin dapat larut dengan baik dan aman dibawah pengaruh tekanan.

Botol ini dapat berisi antara 40-60 liter gas asetilin. Bentuk botol pendek gemuk. Tekanan isinya mencapai 15 kg/cm. Untuk membuka katupnya digunakan kunci sok. Baut dan mur pengikatnya menggunakan system ulir kiri. Warna botol merah

Petunjuk dalam praktek :

1. Hindarkan botol asetilin ini dari botol oksigen
2. Lindungi botol asetilin ini dari terik matahari dan panas
3. Usahakan jangan sampai jatuh atau kejatuhan benda lain
4. Hindarkan dari tempat-tempat yang berminyak
5. Pemakaian gas harus selalu melalui regulator
6. Bukalah regulatornya bila tidak digunakan
7. Jangan merubah tanda-tanda yang ada pada regulator
8. Tempatkan silinder ini berdiri tegak
9. Bila silinder asetilin tiba-tiba menjadi panas, segeralah tutup katup silindernya, kemudian siramlah dengan air sampai dingin
10. Dilarang merokok selama berdekatan dengan asetilin

b. Silinder oksigen

Silinder oksigen terbuat dari bahan baja. Bentuknya tinggi langsing. Mempunyai tekanan isi maksimum 150 kg/cm. Baut serta mur pengikatnya adalah ulir kanan. Botol ini berisi zat asam (O_2) sekitar 40 – 60 liter. Warna botol biru atau hitam.

Petunjuk dalam praktek :

1. Jauhkan silinder oksigen dengan silinder asetilin
2. Tutuplah katup silinder oksigen ini, buang gasnya hingga manometer tekanan kerja menunjukkan angka nol, bila pengelasan telah selesai atau istirahat.
3. Ikatlah silinder oksigen ini dengan kokoh pada kereta dorong waktu dipindah-pindahkan
4. Bukalah dahulu regulatornya dari silinder oksigen, Bila terpaksa memindahkan oksigen tanpa kereta
5. Bersihkanlah tempat kerja pada radius kurang lebih 8 meter sebelum memulai kegiatan mengelas
6. Tempatkan alat pemadam kebakaran pada tempat yang mudah dicapai.

c. Regulator silinder gas

Regulator merupakan perlengkapan silinder las dan pengatur tekanan isi menjadi tekanan kerja yang tetap besarnya sesuai yang dikehendaki oleh operator las.

Pada regulator terdapat 2 (dua) buah alat pengukur tekanan : manometer tekanan isi dan manometer tekanan kerja.

Tekanan isi sampai 30 kg/cm

Tekanan kerja sampai 3 kg/cm



Gambar 14.40 Regulator oksigen



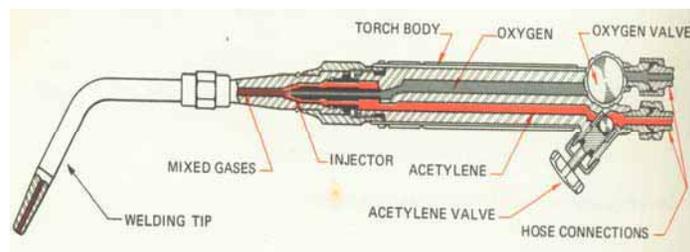
Gambar 14.41 Regulator asetilin

Petunjuk dalam praktek :

1. Jangan memegang regulator dengan sarung tangan berminyak
2. Pegang regulator pada badannya jangan pada manometernya
3. Sebelum membuka katup silinder, tutuplah dahulu katup regulator dengan memutar baut pengatur berlawanan jarum jam hingga terasa longgar
4. Putarlah baut pengatur perlahan-lahan searah putaran jarum jam ketika mengatur tekanan kerja
5. Berdirilah di samping, jangan dimuka manometer ketika mengatur tekanan kerja
6. Apabila regulator rusak segera diganti dengan yang baik.

d. Brander las

Brander las adalah alat untuk mencampur gas asetilin dengan zat asam serta alat pengatur pengeluaran hasil campuran gas tersebut ke mulut brander.



Gambar 14.42 Brander Las

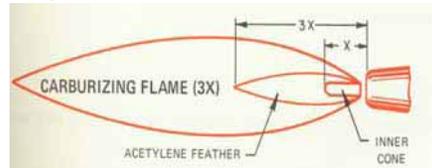
Petunjuk dalam praktek :

1. Jangan memegang pembakar dengan sarung tangan berminyak
2. mulut pembakar jangan digunakan untuk memukul-mukul atau mencungkil sesuatu
3. Bila lubang mulut tersumbat, tusuklah dengan alat penusuk khusus yang pas ukurannya
4. Untuk membersihkan bibir mulut pembakar, gosokkanlah pada balok kayu yang bersih sambil katup zat asam dibuka agar tidak tersumbat
5. Matikan pembakar bila tidak dipakai
6. Jangan membiasakan menggantungkan pembakar pada silinder las

e. Nyala api las

Memilih atau menentukan nyala api las yang dipergunakan merupakan bagian yang penting pada pengelasan dengan asetilin. Pembakaran yang telah terjadi dapat menimbulkan nyala api yang berbeda beda bentuk dan warnanya. Pada praktek pengelasan ada 3 (tiga) jenis nyala api yang dipergunakan, yaitu :

1. Nyala karburasi



Gambar 14.43 Nyala Karburasi

Nyala karburasi adalah nyala api las yang berlebihan asetilannya. Nyala api ini dipergunakan pada proses pengelasan batang- batang permukaan yang keras.

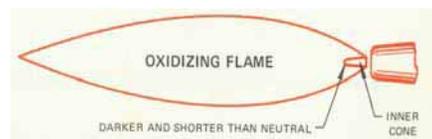
2. Nyala Netral



Gambar 14.44 Nyala Netral

Nyala api dimana pengaturan pengeluaran oksigen dan asetilin seimbang. Nyala api ini sering dipergunakan pada pengelasan : baja, baja tahan karat, aluminium dan tembaga.

3. Nyala oksidasi



Gambar 14.45 Nyala oksidasi

Nyala api las yang berlebihan zat asamnya. Nyala oksidasi ini dapat terjadi dengan mengurangi pengeluaran asetilin setelah nyala netral. Nyala api ini biasa dipergunakan untuk pengelasan kuningan atau perunggu

Perlengkapan Las

Perlengkapan las Oxy – Acetylene tekanan tinggi yang terdiri dari

1. Tabung asetilin
2. Tabung Oksigen
3. Pipa hembus dengan pipa pancarnya
4. Regulator tekanan asetilin
5. Regulator tekanan oksigen
6. Pipa karet atau selang (*house*)
7. Satu set kunci ring/kunci sok
8. Kaca mat alas
9. Pemantik/penyulut api (*flint lighter*)
10. Batang kawat las
11. Fluks (borak)
12. Trolley (roda dorong)

Perakitan peralatan Las dan Pengoperasiannya

1. Simpanlah kedua tabung pada roda secara tegak lurus, dimana tabung hitam adalah tabung Oksigen dan tabung berwarna merah bata adalah tabung asetilin
2. Pasanglah ujung-ujung pipa karet/slang pada pipa hembus dan ujung yang lainnya pasangkan pada regulator. Ikatlah dengan menggunakan klem pengikat, dimana selang yang berwarna merah untuk asetilin dan selang berwarna hitam atau hijau untuk saluran oksigen.
3. Bersihkan permukaan ulir cylinder valve dan regulator yang akan disambung dari kotoran oli atau gemuk
4. Bukalah kran pada tabung oksigen sedikit saja untuk mengeluarkan kotoran yang ada pada saluran, begitu pula untuk tabung asetilin lalu tutup kembali
5. Pasanglah regulator oksigen pada tabung oksigen dengan catatan bahwa ulir sekrup regulator oksigen adalah ulir kanan
6. Pasanglah regulator asetilin pada tabung asetilin dengan catatan bahwa ulir sekrup regulator asetilin adalah ulir kiri
7. Keraskan dengan menggunakan kunci, lalu periksalah semua kran atau valve semuanya harus dalam keadaan tertutup
8. Pasanglah pipa pancar sesuai kebutuhan.
9. Bukalah kran tabung secara perlahan-lahan satu putaran saja, agar tidak merusak meter regulator, ini berlaku untuk kedua tabung tersebut, maka disini akan terlihat meter regulator menunjukkan isi/volume tabung itu sendiri

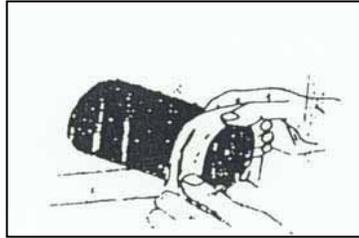
10. Aturilah kran regulator asetilin maupun oksigen secara perlahan-lahan sehingga didapatkan tekanan yang sesuai dengan kebutuhan dengan melihat meter tekanan saluran keluar. Untuk kran regulator oksigen maupun asetilin untuk membuka saluran arah putaran kanan dan menutup arah putaran kiri.
11. Bukalah kran asetilin dan oksigen yang ada pipa hembus (*blow pipe*) sedikit saja, lalu nyalakan dengan menggunakan penyulut api
12. Setelah menyala aturlah nyala apinya dengan mengatur lagi kran yang ada di pipa hembus, sehingga didapatkan nyala api yang sesuai dengan kebutuhan. Adapun bentuk nyala api yang ada pada sistem pengelasan adalah ada 3 (tiga) jenis, sebagai berikut : Nyala oksidasi, Nyala Netral dan Nyala karburasi.
13. Pengelasan siap untuk dikerjakan dan jangan lupa memakai kaca mata las untuk pengaman
14. Jika pengelasan telah selesai, matikanlah nyala api dengan menutup kran asetilin yang ada pada pipa hembus terlebih dahulu setelah itu baru tutup kran oksigen
15. Tutuplah keran yang ada pada kedua tabung, lalu bukalah kran yang ada pada pipa hembus untuk mengeluarkan asetilin dan oksigen yang tersisa.
16. Tutuplah semua kran yang ada
17. Bukalah regulator dari tabungnya
18. Gulung kembali selang supaya rapih dan simpan semua peralatan pada tempatnya.

Cara Pengelasan (brasing)

Brasing (penyolderan) adalah salah satu cara penyambungan 2 (dua) buah logam atau banyak yang sejenis maupun tidak sejenis dengan menggunakan bahan tambah yang titik cairnya jauh lebih rendah dibanding logam yang akan disambungannya, jadi brasing dapat juga disebut pengelasan dengan alat pemanas dengan temperature rendah. Untuk pengelasan pipa tembaga bahan tambah yang digunakan adalah kawat las silver, untuk pengelasan penyambungan besi atau baja misalnya untuk kondensor digunakan kawat las kuningan, untuk menyambung bahan aluminium digunakan kawat las platinum 52.

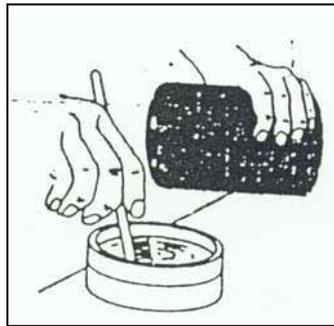
Cara pengelasan pipa:

1. Bersihkanlah kedua ujung bagian pipa yang akan disambung dari kotoran baik itu oli dan kotoran lainnya dengan menggunakan kertas ampelas dan kain kering, seperti gambar berikut ini.



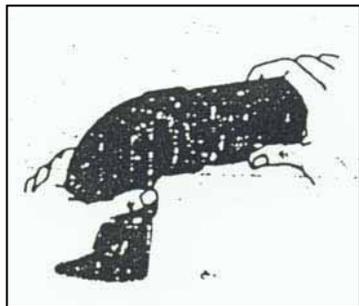
Gambar 14.46

2. Ujung pipa yang telah dibersihkan tadi taburlah dengan borak/fluks yang sesuai dengan jenis bahan tambah/kawat las yang akan dipergunakan.



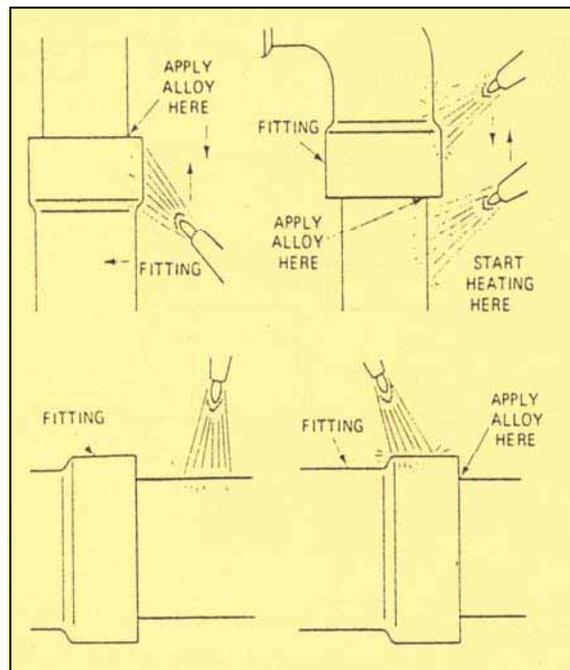
Gambar 14.47

3. Masukkanlah ujung pipa yang telah dilapur tadi ke dalam lubang pipa yang satunya (socket) secara tepat dan benar-benar lurus seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut.



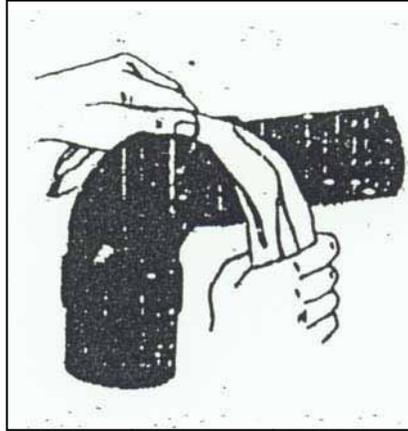
Gambar 14.48

4. Lakukan pengelasan dengan nyala api yang sesuai. Untuk penyambungan pipa tembaga digunakan nyala netral (*netral flame*), adapun cara pemanasannya dimana nyala apinya jangan terlalu dekat dengan benda yang akan di las kira-kira 1 s.d. 2 cm dengan sudut kemiringan kira-kira 30 s.d. 40 derajat dari benda kerja. Lakukanlah pemanasan yang merata pada semua bidang. Jika pemanasannya sudah merata (*ditandai perubahan warna pipa tembaga menjadi berpijar kemerah-merahan*) berilah bahan tambah pada salah satu titik saja di tepi sambungan. Dimana jika pemanasannya baik maka bahan tambah tadi akan mengalir ke seluruh bidang yang akan dilas. Khusus untuk penyambungan aluminium dengan bahan tambah platinum 52, fluks yang telah dilaburkan pada permukaan ujung pipa yang akan di las tidak boleh terkena nyala api (*flame*) secara langsung, dan dipergunakan nyala api dengan suhu yang rendah dengan menggunakan pipa hembus yang kecil. Atau pembakarnya bisa diganti dengan menggunakan *Brander torch*.



Gambar 14.49

5. Setelah selesai pengelasan dinginkan pipa dengan menggunakan kain basah dan bersihkanlah dengan menggunakan kain lap seperti halnya diperlihatkan dibawah ini.



Gambar 14.50

Keselamatan Dalam Pekerjaan Welding

Pekerjaan welding melibatkan gas yang mudah terbakar, logam yang sangat panas, dan factor lain yang mana diperlukan pengkajian/pemahaman aturan dasar keselamatan dan karenanya hal yang berbahaya bagi seseorang harus kita hindari yang dapat menimbulkan kerugian dan kerusakan pada peralatan.

Ketika suatu kecelakaan terjadi saat melakukan pengelasan peralatan, berkaitan dengan operator yang teledor/kurang hati-hati dalam menangani suatu pekerjaan.

Prosedur yang harus dilakukan saat mengelas adalah :

1. Gunakan kacamata las



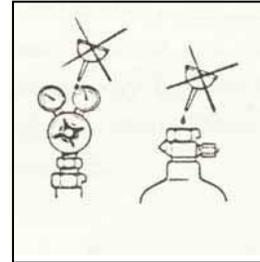
Gambar14.51

2. Nyalakan mulut brander menggunakan penyulut api/batu api secara hati-hati dengan tidak bersentuhan langsung.



Gambar 14.52

3. Jangan meneteskan minyak pelumas di atas silinder atau regulator, ini dapat menimbulkan ledakan.



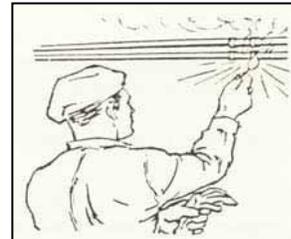
Gambar 14.53

4. Selalu memelihara peralatan dalam keadaan baik. *Gantilah pipa karet yang sudah rusak*, memakai peralatan yang dalam keadaan rusak sangat berbahaya.



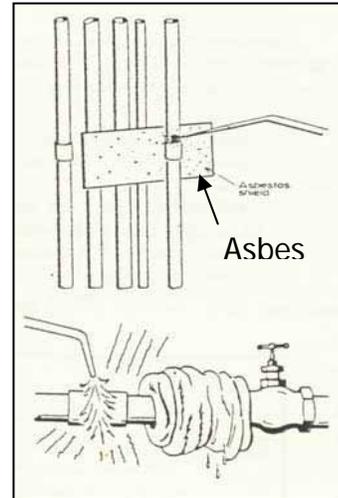
Gambar 14.54

5. Meyakinkan semua komponen adalah baik dan melihat kemungkinan kebocoran gas. *Jangan menggunakan nyala api untuk menguji kebocoran.*



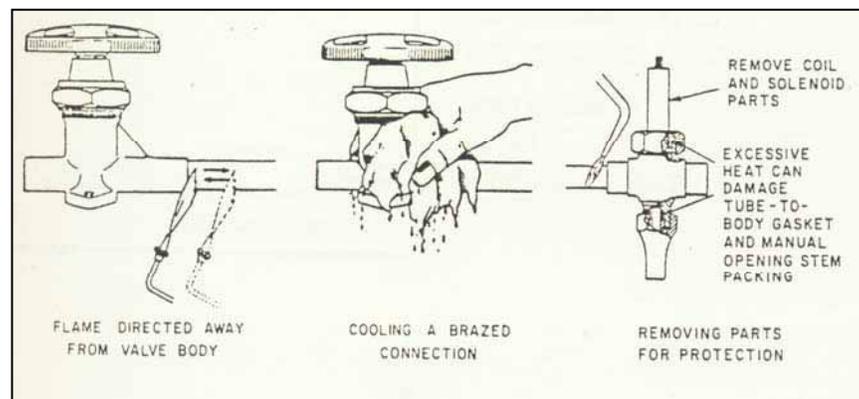
Gambar 14.55

6. Tidak menggunakan tekanan gas oksigen untuk membersihkan debu yang menempel pada pakaian atau benda kerja.
7. Memastikan bahwa daerah kerja cukup berventilasi, meskipun demikian tidak diperlukan sirkulasi udara berlebihan
8. Jika mungkin, lindungilah material lain di sekitarnya dengan menggunakan asbes atau kain basah.



Gambar 14.56

Dikarenakan temperature tinggi diperlukan pada saat pengelasan dengan perak (silver), nyala api harus diarahkan jauh dari solenoida, shutt-off valves, driers dan peralatan lainnya yang dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan tersebut akibat pemanasan berlebih. Lepaskan terlebih dahulu komponen-komponen yang sensitive/mudah rusak akibat pemanasan tersebut.



Gambar 14.57

MOTOR LISTRIK DAN RANGKAIAN KONTROL MOTOR

15

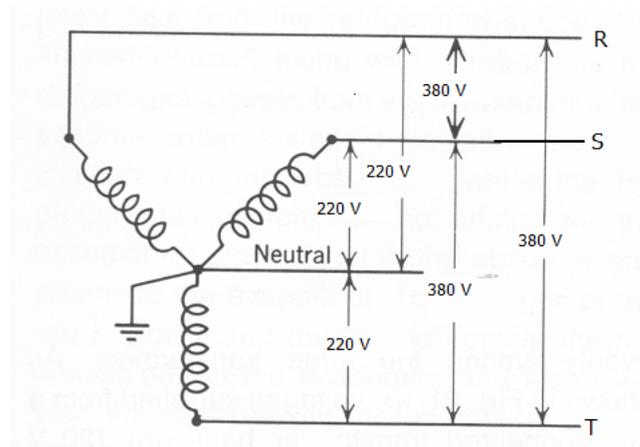
Kerangka Isi

- 15.1 Motor Listrik
- 15.2 Motor Satu Fasa
- 15.3 Motor Tiga Fasa
- 15.4 Rangkaian Kontrol Motor

15.1 Motor Listrik

Dalam industri refrijerasi, motor listrik digunakan sebagai penggerak kompresor. Dilihat dari sumber listrik yang digunakan, motor listrik dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu (1) motor listrik satu fasa, dan (2) motor listrik tiga fasa. Seperti namanya motor listrik satu fasa memerlukan sumber tegangan satu fasa agar dapat bekerja, sedang motor listrik tiga fasa memerlukan sumber tegangan tiga fasa.

Di Indonesia sumber tegangan satu fasa yang disediakan oleh PLN antara kabel fasa dan kabel netral bertegangan 220 volt dengan frekuensi 50 Hz. Sedangkan sumber tegangan tiga yang disediakan oleh PLN antar fasa adalah 380 volt.



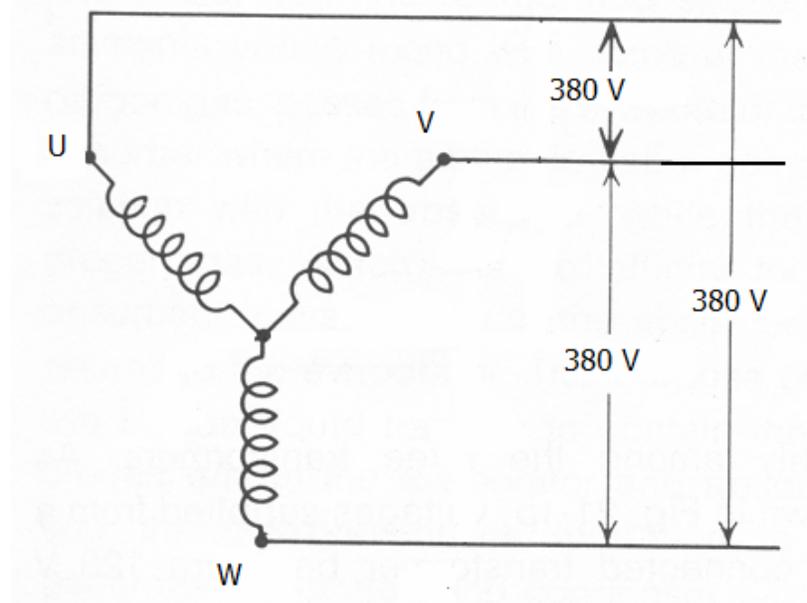
Gambar 15.1 Sistem tegangan di Indonesia

Motor Listrik satu fasa banyak digunakan pada peralatan refijerasi untuk keperluan rumah tangga dan komersial. Daya motor satu fasa yang tersedia di pasaran mulai dari 35 watt sampai 7,5 kilowatt. Motor tiga fasa biasanya hanya digunakan pada unit komersial dan industrial, daya motor paling kecil adalah 250 watt.

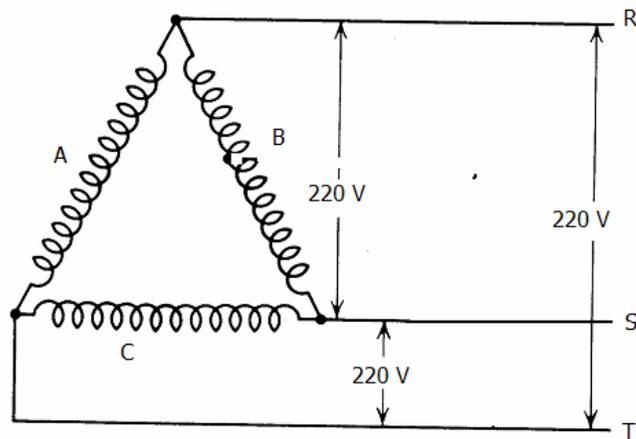
Motor satu fasa dan motor tiga fasa adalah motor indk sedangkan rotornya tidak. Rotor mendapatkan tegangan karena induksi. Rotor motor induksi berupa rotor sangkar. Rotor sangkar dapat berputar sendiri adanya medan putar yang dibangkitkan oleh belitan stator.

15.2 Motor Tiga Fasa

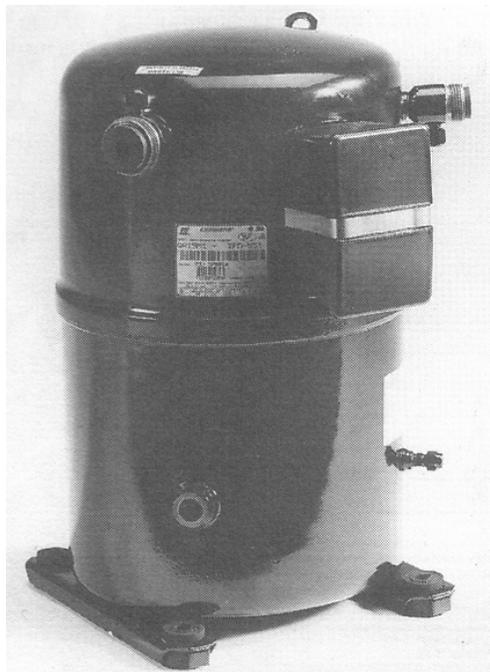
Motor tiga fasa adalah motor induksi yang mempunyai torsi starting paling tinggi dibandingkan dengan motor satu fasa. Belitan stator motor tiga fasa terdiri dari tiga belitan fasa yang sama (memiliki kemampuan tegangan sama, misalnya 220 V), tetapi posisi di alur stator berbeda fasa sebesar 120 derajat listrik. Ketiga belitan fasa tersebut biasanya diberi kode $u - x$, $v - y$, dan $w - z$. Dalam pemakaiannya ketiga belitan fasa tersebut dapat dihubungkan dalam hubungan bintang (star) atau dalam hubungan segitiga (delta). Gambar 15.2 memperlihatkan sambungan belitan motor dalam hubungan bintang dan gambar 15.3 dalam hubungan segitiga. Dalam hubungan bintang, maka tegangan yang harus diberikan ke motor adalah 380 V, tetapi dalam hubungan segitiga, tegangan yang harus diberikan ke motor adalah 220 V.



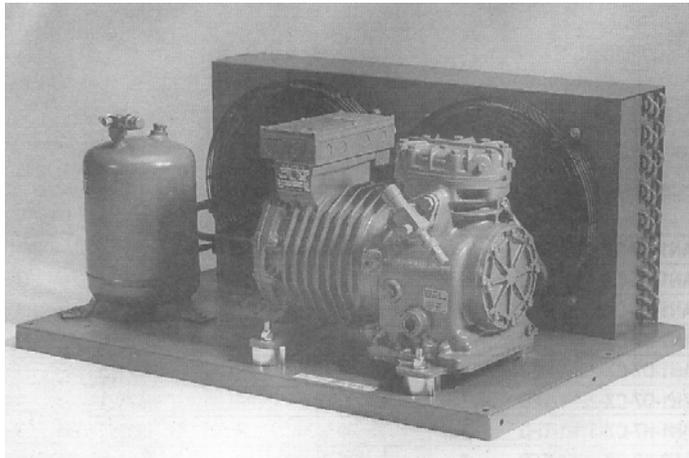
Gambar 15.2 Hubungan bintang.
Salah satu ujung belitan fasa dijadikan satu dan ujung lainnya dihubungkan ke sumber tegangan 380 V



Gambar 15.3 Hubungan dalam Segitiga.
Masing-masing belintang fasa saling dihubungkan, dan titik sambungannya dihubungkan ke sumber tegangan 220 V



Gambar 15.4 Motor Kompresor Hermetik 3 fasa



Gambar 15.5 Kondensing unit, Semi hermetik, tiga fasa

Medan Putar

Bila ketiga belitan fasa pada motor tiga fasa dihubungkan ke sumber tegangan maka di dalam stator akan timbul medan putar. Medan putar berputar dengan kecepatan sinkron sebesar 3000 r/m jika pengkutuban dua, dan 1500 r/m bila pengkutubannya empat. Karena adanya medan putar ini maka rotor yang mendapat tegangan induksi dari medan putar ini dapat langsung berputar.

Rotor Motor tiga fasa selalu berputar dengan kecepatan di bawah putaran sinkron. Sebab bila putaran rotor menyamai putaran sinkron, tidak ada lagi perpotongan garis gaya magnet, sehingga tegang induksi rotor menjadi nol. Oleh karena itu putaran rotor akan selalu di bawah putran sinkronnya. Misalnya motor berkutub dua, akan berputar di bawah 3000 r/m, misalnya 2850 r/m. Motor berkutub empat akan berputar di bawah putaran sinkron 1500 r/m, misalnya 1450 r/m.

Biasanya, motor tiga fasa digunakan sebagai penggerak kompresor yang berkapasitas di atas 2,5 HP.

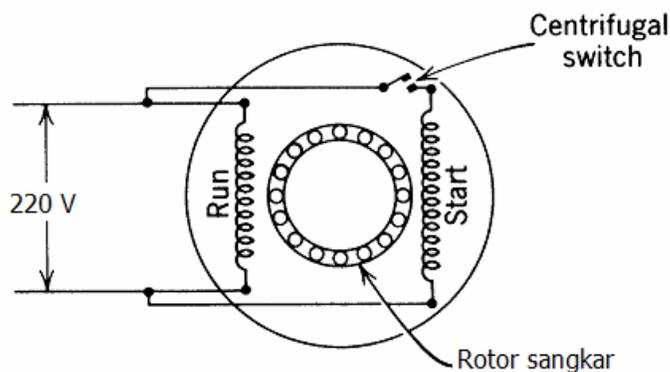
15.3 Motor Satu Fasa

Motor satu fasa yang sering digunakan dalam industri refrigerasi adalah (1) motor split phase, (2) motor capacitor start, (3) motor capacitor start, capacitor run, (4) motor split capacitor, dan (5) motor shaded pole. Kelima motor tersebut termasuk motor induksi dengan rotor sangkar. Prinsip kerja semua motor induksi sama, yaitu karena adanya medan putar stator.

Kalau motor tiga fasa mempunyai tiga belitan fasa, maka motor satu fasa mempunyai satu belitan fasa yang disebut belitan utama (run). Tetapi dengan hanya satu belitan, maka medan magnet yang ditimbulkan oleh belitan ini tidak berputar, melainkan hanya bolak-balik, setiap saat. Agar dapat menimbulkan efek medan putar maka perlu ditambah satu belitan lagi. Belitan ini sering disebut sebagai belitan bantu (start). Dalam pemakaiannya kedua belitan ini disambung paralel.

Motor Split phase

Gambar 15.6 memperlihatkan prinsip sambungan motor split phase. Belitan motor ini terdiri dari dua belitan, yaitu Run dan Start. Setelah motor berputar, maka belitan bantu tidak diperlukan lagi. Belitan bantu hanya diperlukan untuk awal jalan saja. Motor ini dilengkapi dengan saklar sentrifugal (centrifugal switch) untuk memutuskan hubungan belitan bantu (start) dari jala-jala 220 V, setelah putaran motor mencapai 70%. Torsi start motor ini rendah, tidak dapat untuk memikul beban tinggi.

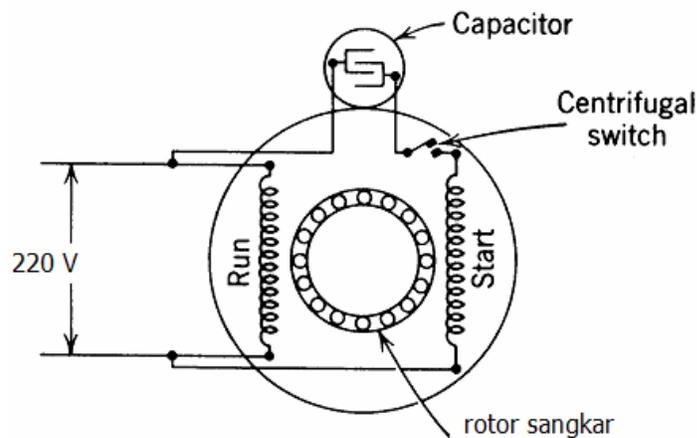


Gambar 15.6 Prinsip sambungan motor split phase.

Motor Capacitor Start

Gambar 15.7 memperlihatkan prinsip sambungan motor capacitor start. Sama seperti motor split phase, belitan motor ini terdiri dari dua belitan, yaitu Run dan Start. Namun untuk meningkatkan torsi startnya, pada rangkaian belitan bantu di seri dengan kapasitor. Setelah motor berputar, maka belitan bantu tidak diperlukan lagi, maka dilengkapi juga dengan sakelar sentrifugal.

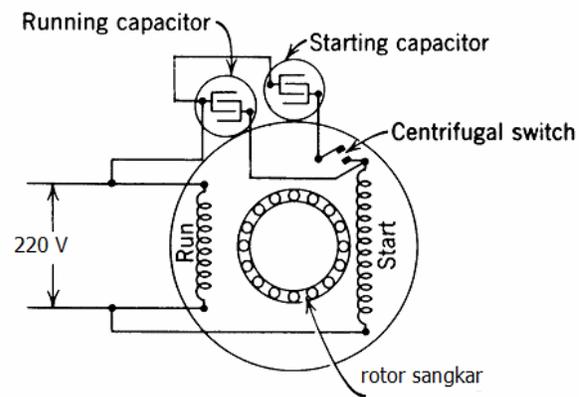
Torsi Start motor ini tinggi, maka sesuai untuk menggerakkan kompresor dengan beban tinggi, seperti pada room AC.



Gambar 15.7 Motor Capacitor Start

Motor Capacitor Start dan Run

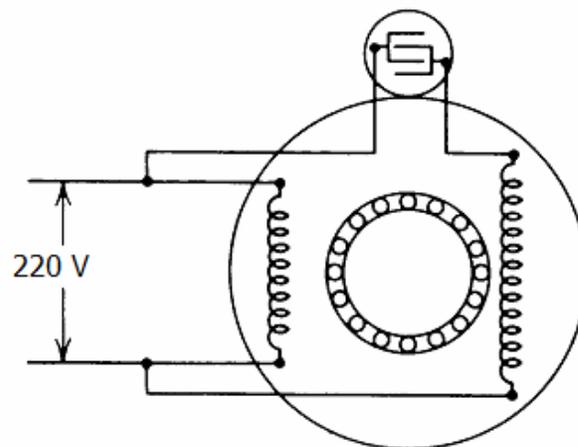
Gambar 15.8 memperlihatkan prinsip sambungan motor capacitor start dan Run. Sama seperti motor capacitor start, belitan motor ini terdiri dari dua belitan, yaitu Run dan Start. Namun untuk meningkatkan torsi startnya, pada rangkaian belitan bantu di seri dengan dua jenis kapasitor, yaitu capacitor start dan capacitor run. Capacitor start hanya bekerja saat starting, capacitor run bekerja terus-menerus. Setelah motor berputar, maka capacitor start tidak diperlukan lagi, maka dilengkapi juga dengan sakelar sentrifugal.



Gambar 15.8 Motor Capacitor Start dan capacitor run

Motor Split Capacitor

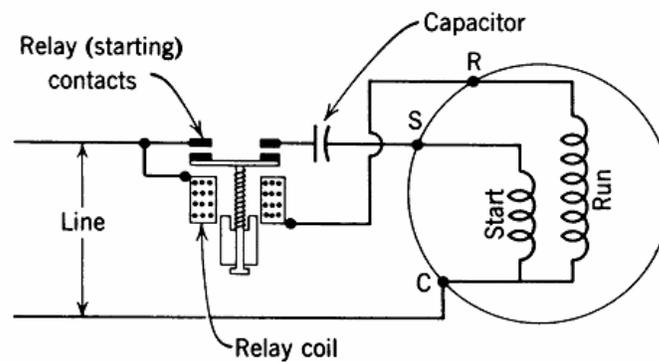
Gambar 15.9 memperlihatkan prinsip sambungan motor split capacitor. Belitan motor ini terdiri dari dua belitan, yaitu Run dan Start. Namun untuk meningkatkan factor kerjanya, pada rangkaian belitan bantu di seri dengan kapasitor. Capacitornya bekerja terus-menerus. Tidak dilengkapi dengan sakelar sentrifugal.



Gambar 15.9 Motor Split Capacitor

Relay starting

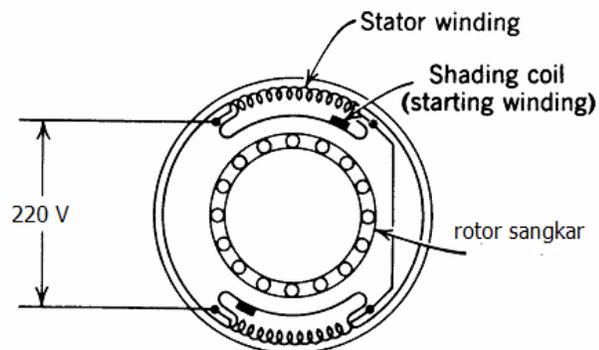
Pada refrigerator dan freezer domestic, sebagai pengganti saklar sentrifugal, digunakan piranti. khusus yang disebut relay starting. Gambar 15.10 memperlihatkan prinsip rangkaian dengan relay starting pada motor Start capacitor.



Gambar 15.10 Prinsip rangkaian dengan relay starting.

Motor Shaded Pole

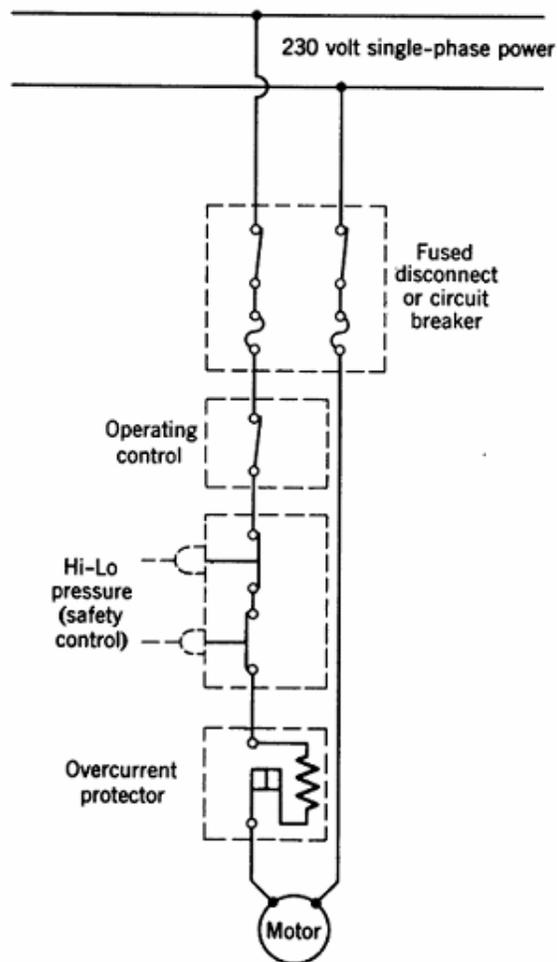
Belitan stator motor shaded pole, diberi belitan khusus yang disebut sebagai belitan shading coil. Tujuan pemberian belitan ini sama yaitu untuk menimbulkan efek medan putar pada stator. Torsi start motor ini rendah, hanya untuk beban ringan seperti fan.



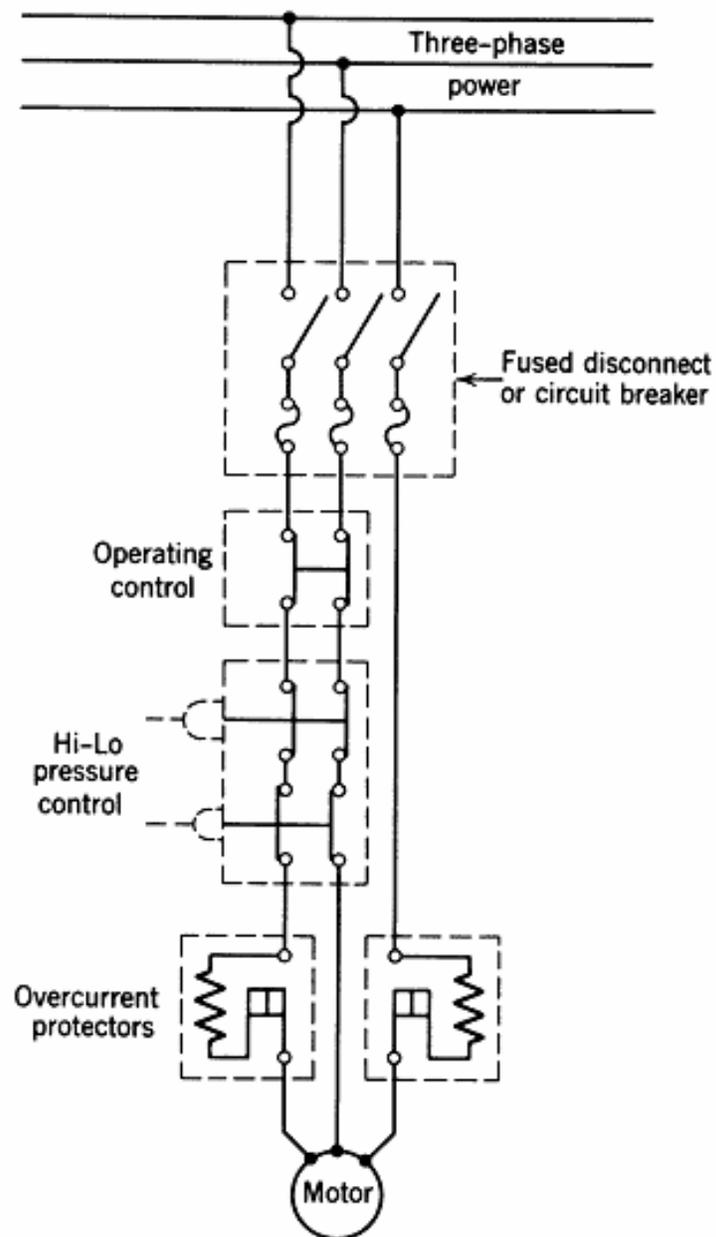
Gambar 15.11 Motor Shaded pole

15.4 Rangkaian Kontrol Motor

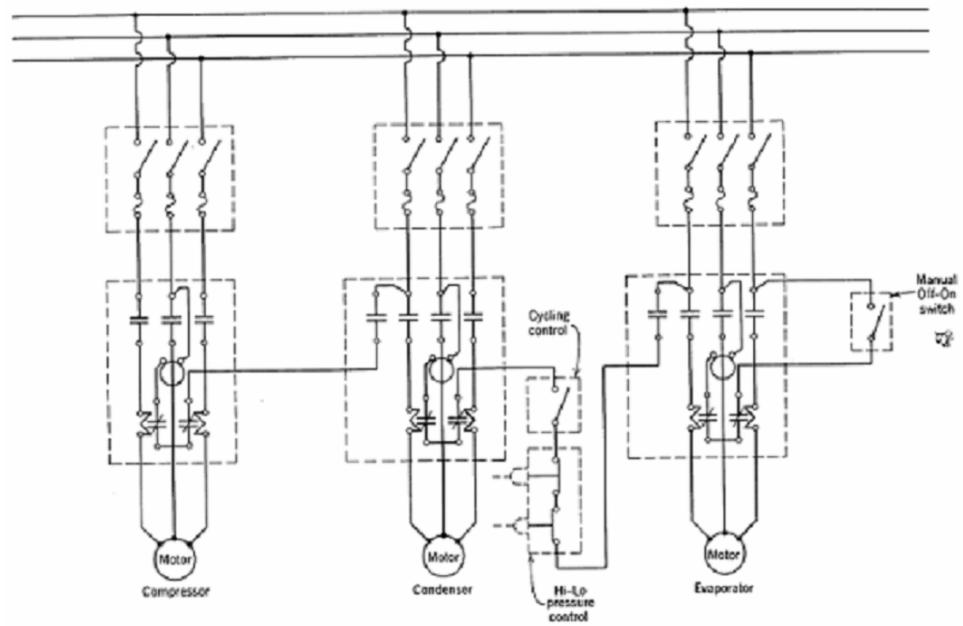
Pada hakekatnya rangkaian kontrol pada sistem refrijerasi kompresi uap berfungsi mengontrol kerja motor penggerak kompresor. Motor kompresor dikontrol oleh berbagai piranti kontrol, antara lain (1) thermostat, (2) Hi-lo pressure safety control (HPC/LPC), over current relay dan fuse. Bila ada salah satu piranti kontrol tersebut aktif, maka motor kompresor tidak akan bekerja. Gambar 15.12 memperlihatkan tipikal rangkaian kontrol motor satu fasa. Gambar 15.13 Tipikal rangkaian kontrol motor tiga fasa.



Gambar 15.12 Tipikal rangkaian kontrol motor kompresor satu fasa



Gambar 15.13 Tipikal rangkaian kontrol motor tiga fasa



Gambar 15.14 Tipikal rangkaian kontrol tiga motor tiga fasa, yaitu motor kompresor, motor fan kondenser dan motor fan evaporator.

AC MOBIL

16

Kerangka Isi

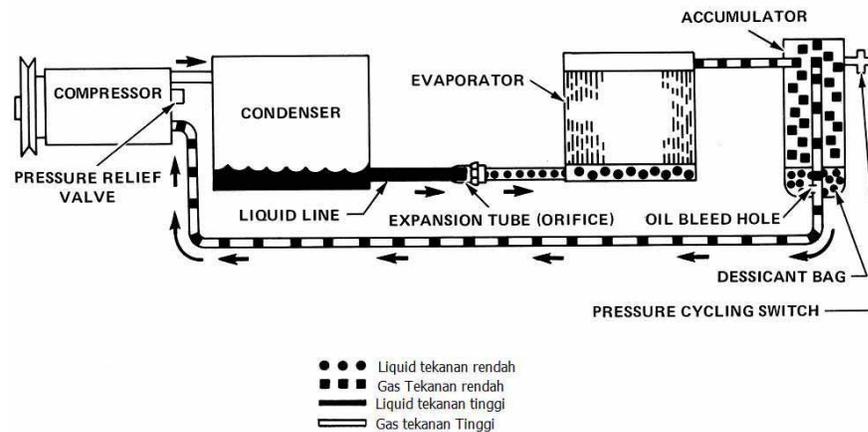
- 16.1 Pendahuluan
- 16.2 Operasi AC Mobil
- 16.3 Kapasitas Pendinginan
- 16.4 Tipikal Sistem dan Instalasi AC Mobil
- 16.5 Magnetic Clutch
- 16.6 Kompresor
- 16.7 Instalasi Sabuk Puli
- 16.8 Kondensor dan Evaporator
- 16.9 Receiver-Dryer
- 16.10 Katub Ekspansi
- 16.11 Pekerjaan Service AC

16.1 Pendahuluan

Dilihat dari aplikasinya, AC Mobil memiliki beberapa keunikan dibandingkan dengan Residential AC. AC Mobil mempunyai masalah yang tidak dijumpai pada system refrigerasi dan Tata Udara lainnya. Proses pengkondisian udara pada AC Mobil meliputi proses pendinginan dengan pengurangan kandungan uap air dan proses pemanasan dengan penambahan uap air. Tetapi untuk daerah tropis, AC mobil yang digunakan hanya untuk keperluan pendinginan dan pengurangan kandungan uap air.

Dibandingkan dengan gedung, interior mobil relative kecil. Walau begitu, bila mobil bergerak dengan kecepatan tinggi di hari yang panas, ia harus dapat memberikan efek pendinginan yang cukup untuk mempertahankan suhu interior pada kondisi yang nyaman. Demikian juga bila mobil bergerak lambat di jalanan yang ramai, AC Mobil juga harus dapat memberikan kenyamanan bagi penumpangnya. Inilah bagian yang paling krusial yang harus dipertimbangkan pada aplikasi AC Mobil.

AC Mobil menggunakan system refrijerasi yang digerakkan oleh mesin mobil atau engine, untuk mendapatkan kenyamanan interior, dengan mengatur suhu dan mengurangi kelembabannya. Pengontrolan otomatis yang digunakan pada AC mobil terdiri dari tiga jenis, yaitu pengontrolan suhu, tekanan dan vacuum. Gambar 16.1 memperlihatkan dasar system refrijerasi yang diterapkan pada AC Mobil.

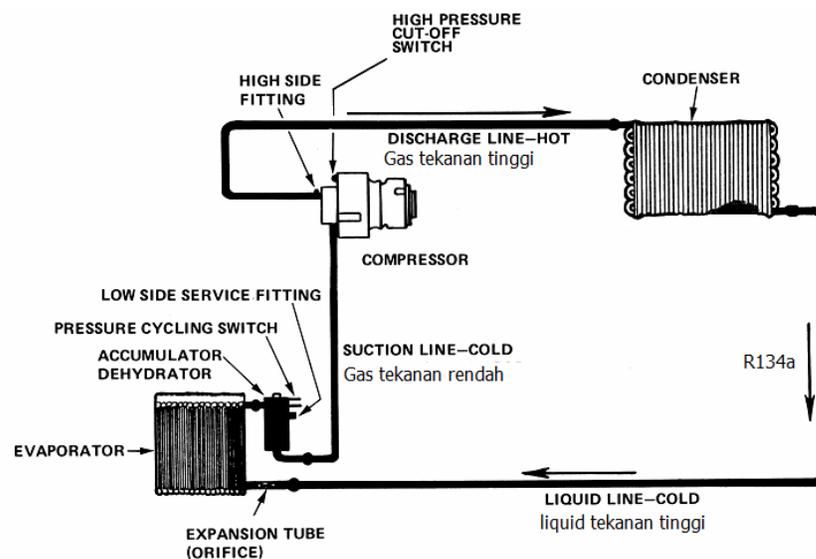


Gambar 16.1 Kondisi wujud refijeran di dalam system refrijerasi

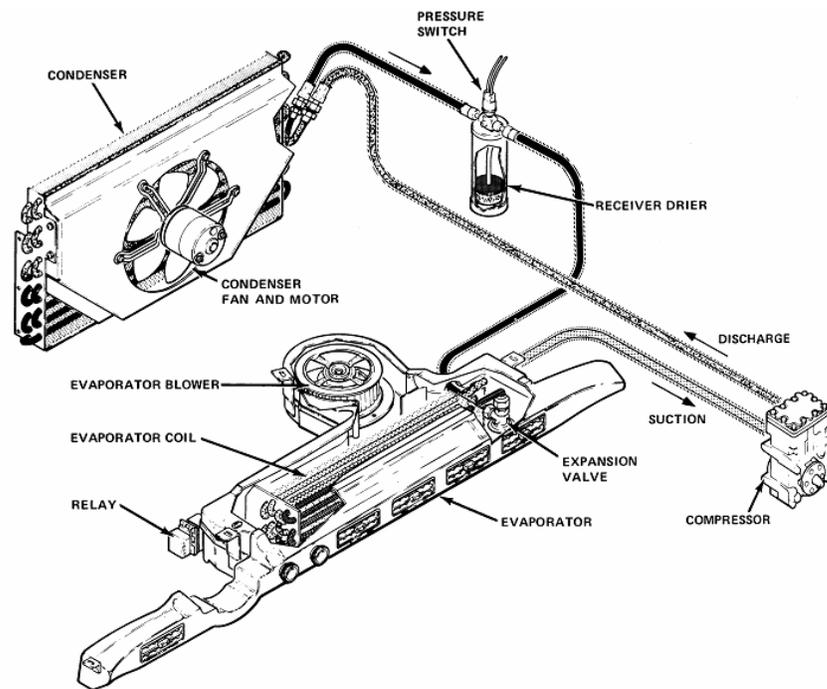
16.2 Operasi AC Mobil

Refrigeran gas bertekanan rendah dihisap oleh kompresor melalui saluran suction line-cold. Refrigeran gas masuk ke silinder dan kemudian dipampatkan oleh piston kompresor. Refrigeran gas bertekanan tinggi disalurkan ke kondensor melalui saluran discharge line-hot. Energi panas hasil kompresi dan panas laten penguapan yang diserap refrigeran dipindahkan ke udara sekitar kondensor. Akibatnya refrigeran berubah wujud menjadi liquid.

Refrigeran cair mengalir dari kondensor menuju ke liquid receiver, di sini refrigeran cair mengalami penyaringan dan pengeringan. Selanjutnya, Refrigeran cair mengalir ke evaporator melalui katub ekspansi. Di evaporator refrigeran cair menguap dan menyerap panas. Refrigeran gas mengalir ke pipa hisap kompresor. Blower yang dipasang di evaporator akan mendistribusikan udara dingin keseluruhan interior. Gambar 16.2 memperlihatkan siklus refrigeran pada AC Mobil.



Gambar 16.2 Tipikal Siklus refrigeran pada AC Mobil



16.3 Instalasi Pemipaan AC Mobil

Tipikal instalasi pemipaan AC Mobil untuk keperluan pendinginan diperlihatkan dalam gambar 16.3. Pada instalasi tersebut, kompresor dipasang pada mesin mobil melalui transmisi magnetic clutch dan sabuk puli. Kondensor dipasang di depan radiator mobil. Antara kondensor dan katub ekspansi (expansion valve) dipasang receiver-dryer-Stariner, yang mempunyai tiga fungsi, yaitu sebagai penyaring, pengering dan sekaligus menampung liquid refrijeran dari kondensor. Katub ekspansi dipasang di evaporator. Evaporator dipasang di dalam interior mobil dilengkapi dengan blower.

Karena kompresor AC mobil digerakkan oleh mesin mobil, maka pada saat mobil berjalan, maka AC mobil juga akan bekerja terus-menerus. Oleh karena itu suhu interior akan semakin turun hingga melewati batas kenyamanan, disamping itu permukaan koil evaporator juga akan terjadi penumpukan bunga es (frost). Bila suhu evaporator turun hingga nol derajat atau dibawahnya dalam waktu yang lama, permukaan koil evaporator akan tertutup oleh palisan bunga es. Bila akumulasi bunga es pada permukaan koil

evaporator cukup tebal, maka akan menghalangi sirkulasi udara. Di lain pihak kondisi operasi seperti itu akan menghasilkan kompresi basah, yaitu kompresor menghisap refrigeran cair. Kondisi operasi seperti ini akan dapat merusak katub kompresor, dan bila derjalan dalam waktu lama akan menyebabkan kompresor terbakar. Untuk menghindari hal itu, pada AC mobil digunakan magnetic clutch. Magnetic clutch dikontrol oleh thermostat, yang akan memutuskan rangkaian arus ke coil magnetic clutch. Sehingga roda puli penggerak kompresor tetap akan berputar tetapi piston kompresor tidak bergerak atau tetap diam.

16.3 Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendinginan pada AC mobil sangat variatif, tergantung kecepatan mobil. Karena kompresor digerakkan mesin mobil melalui transmisi sabuk puli, maka kecepatan kompresor akan mengikuti kecepatan mesin mobil (engine speed). Pada saat mobil berjalan dengan kecepatan tinggi maka kompresor juga akan bekerja dengan kecepatan tinggi. Bila mobil berjalan dengan kecepatan rendah, atau malahan berhenti pada saat jalanan macet, maka kompresor juga akan bekerja dengan kecepatan rendah. Kondisi cuaca juga akan berpengaruh terhadap kapasitas pendinginan. Apapun kondisinya, maka AC mobil harus dapat memberikan efek pendinginan yang mencukupi agar kenyamanan di dalam mobil tetap terjaga.

Kapasitas AC mobil bervariasi antara satu hingga empat ton refrigerasi atau berkisar antara 12.000 Btu/hr hingga 48.000 Btu/hr. Kapasitas tersebut disesuaikan dengan ukuran mobil. Bila ukuran mobil tidak sesuai dengan kapasitas pendinginan AC mobil maka akan timbul masalah. Kapasitas yang terlalu kecil akan mengurangi efek pendinginan. Kapasitas yang terlalu besar menjadi tidak ekonomis dan akan terjadi short cycling. AC mobil pada umumnya didesain untuk dapat mempertahankan suhu interior sekitar 8 sampai 11 derajat celcius di bawah suhu sekitarnya ketika mobil melaju dengan kecepatan 30 mil per jam.

Ketika laju kecepatan mobil meningkat maka kapasitas pendinginan juga akan meningkat, sebaliknya bila laju kecepatan mobil turun, kapasitas pendinginan juga turun.

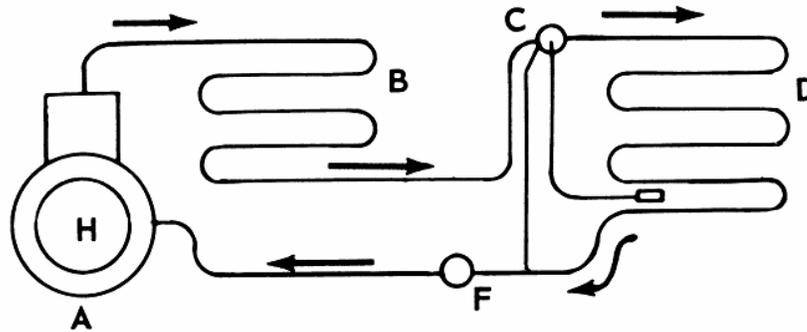
16.4 Tipikal Sistem dan Instalasi AC Mobil

Pada kenyatannya ada tiga jenis siklus dasar yang digunakan pada AC mobil, yaitu:

1. Pengontrolan Siklus dengan regulator pada sisi Tekanan Rendah
2. Pengontrolan Siklus dengan Hot gas bypass
3. Pengontrolan Siklus dengan Solenoid valve Hot gas Bypass.

Pengontrolan Siklus dengan Evaporator Pressure Control

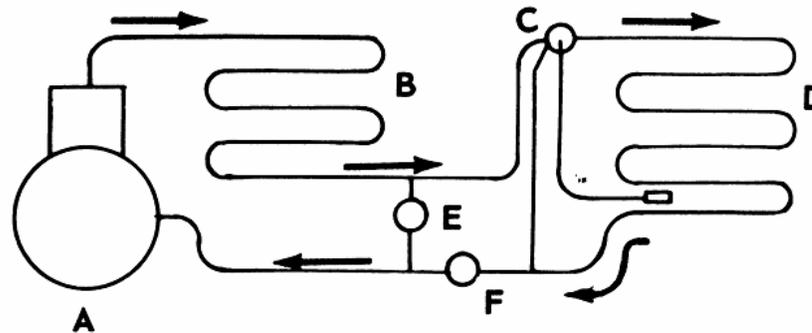
Pada sistem ini, sebuah katub regulator pengontrol tekanan evaporasi dipasang di saluran suction. Fungsi katub ini adalah untuk mempertahankan tekanan konstan pada sisi evaporator. Katub akan menutup ketika tekanan evaporasi cenderung turun dibawah harga yang telah ditentukan. Dengan demikian suhu dan tekanan evaporasi akan selalu terjaga pada titik tertentu. Gambar 16.4 memperlihatkan sistem tersebut.



Gambar 16.4 Sistem pengontrolan sisi Tekanan Rendah.
A-Kompresor, B-Kondensor, C-Katub ekspansi, D-Evaporator,
F-Evaporator pressure Control, H-Magnetic clutch

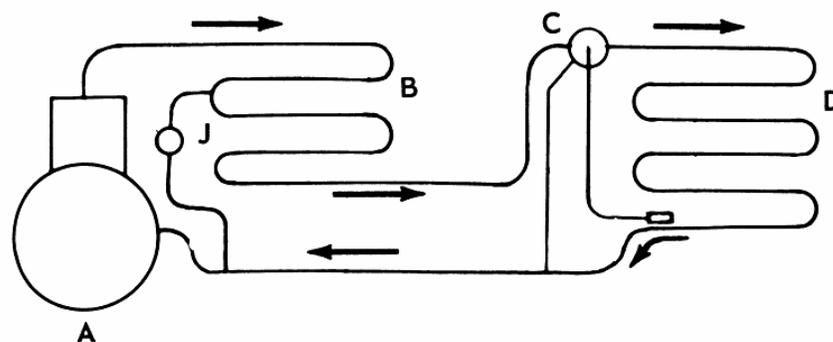
Sistem kontrol tekanan pada sisi tekanan rendah menggunakan evaporator pressure control seringkali menyebabkan kompresor bekerja pada kondisi vacuum pada saat kecepatan tinggi. Hal ini dapat menyebabkan kompresor kekurangan oli pelumas.

Untuk mengatasi masalah kevakuman ini, maka beberapa pabrikan menggunakan piranti tambahan yang disebut automatic expansion valve bypass. Katub ini memiliki lubang bleeder kecil pada mulut orifice-nya yang memungkinkan refrigeran dapat mengalir masuk ke saluran suction untuk mencegah terjadinya kevakuman menjadi terlalu tinggi. Gambar 16.5 memperlihatkan sistem tersebut. Dengan sistem ini, maka kompresor tetap dapat terus bekerja tanpa menimbulkan masalah yang membahayakan.



Gambar 16.5 Sistem pengontrolan sisi Tekanan Rendah yang dilengkapi dengan katub bypass. A-Kompresor, B-Kondensor, C-Katub ekspansi, D-Evaporator, E-Low side Pressure operated bypass, F-Evaporator pressure Control, H-Magnetic clutch

Pengontrolan sistem Hot gas Bypass Valve



Gambar 16.6 Sistem pengontrolan sisi Tekanan tinggi dengan dengan katub Hot gas bypass. A-Kompresor, B-Kondensor, C-Katub ekspansi, D-Evaporator, J-Hot gass bypass Valve.

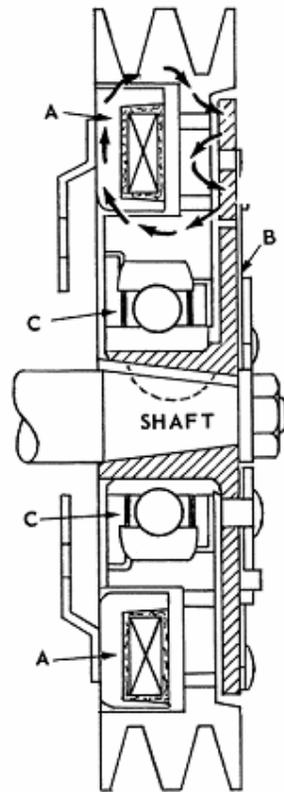
Gambar 16.6 memperlihatkan sistem pengontrolan dengan menggunakan piranti kontrol yang disebut Hot gas Bypass Valve. Pada sistem ini katub bypass dipasang diantara sisi tekanan tinggi kompresor (discharge line) dan sisi tekanan rendah (suction line). Katub ini diset akan membuka katubnya pada saat perbedaan antara tekanan tinggi dan tekanan rendah sudah mencapai harga tertentu sesuai titik pengaturan katubnya (setting). Katub akan membuka pada saat tekanan evaporasi mencapai titik rendah yang membahayakan, dan akan menutup bila tekanan suction sudah naik kembali pada harga yang aman. Dalam hal ini gas panas (hot gas) disalurkan ke evaporator untuk menjaga tekanan evaporator tetap konstan pada titik tertentu.

Hot gas Bypass dengan menggunakan Solenoid

Pada prinsipnya sistem ini sama seperti sistem dengan katub bypass, tetapi piranti yang digunakan untuk menyalurkan gas panas menggunakan solenoid valve. Di sini, katub solenoid dioperasikan oleh thermostat. Thermostat yang dipasang di evaporator akan membuka solenoid valve untuk mem-bypass gas panas dari sisi tekanan tinggi ke sisi tekanan rendah bila suhu evaporasi turun hingga mencapai 33°F atau 0,5°C. Thermostat dilengkapi dengan sensing bulb yang dipasang pada sisi outlet evaporator. Kelemahan sistem ini tidak menghasilkan efek throttling seperti bila menggunakan katub bypass hot gas (Gambar 16.6)

16.5 Magnetic Clutch

Pada AC mobil dilengkapi dengan sistem mekanik yang memungkinkan kompresor tidak bekerja walaupun mesin mobil masih terus bekerja. Dalam hal ini magnetic clutch yang akan melepas ikatan transmisi penggerak roda puli kompresor dengan crankshaft atau poros engkol kompresor. Magnetic clutch dilengkapi dengan piringan cekam yang digerakan oleh kumparan magnet (solenoid). Piringan clutch ini yang akan mengkopel dan melepas kopling antara roda puli dan poros engkol kompresor. Gambar 16.7 memperlihatkan gambar potongan suatu magnetic clutch dengan koil magnetik tetap yang dioperasikan oleh thermostat.



Gambar 16.7 Gambar potongan puli kompresor dengan koil magnet tetap.

- A. Koil electromagnet
- B. Clutch disk
- C. Bearing

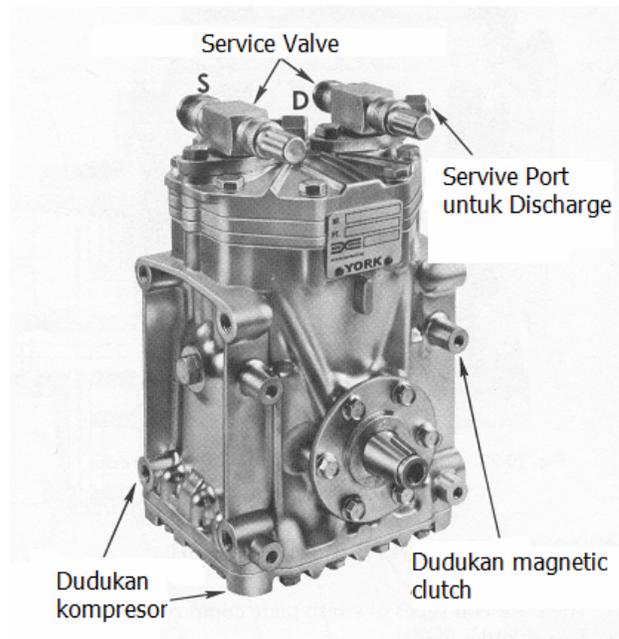
Bila suhu evaporasi turun hingga titik tertentu sesuai pengaturannya, maka thermostat akan membuka rangkaian arus ke magnetic clutch, sehingga roda puli akan terlepas ikatannya dengan poros engkol kompresor, dan kompresor akan berhenti bekerja.

Di pasaran, tersedia magnetic clutch dengan berbagai tipe seperti berikut, 2,7 – 3,3 A pada tegangan 12 volt DC, 2,7 – 3,1 A pada tegangan 12 volt DC, dan 2,9 – 3,3 A pada tegangan 12 volt DC.

Biasanya magnetic clutch didesain dengan menggunakan dua buah sabuk atau belt.

16.6 Kompresor

Ada dua jenis kompresor yang digunakan pada AC mobil, yaitu (1) sistem kompresor torak seperti halnya yang digunakan pada sistem refrigerasi dan Tata Udara biasa, dan (2) Swash Plate Compressor. Gambar 16.8 memperlihatkan tipikal kompresor AC Mobil yang jenisnya sama seperti kompresor yang digunakan pada sistem refrijerasi biasa.

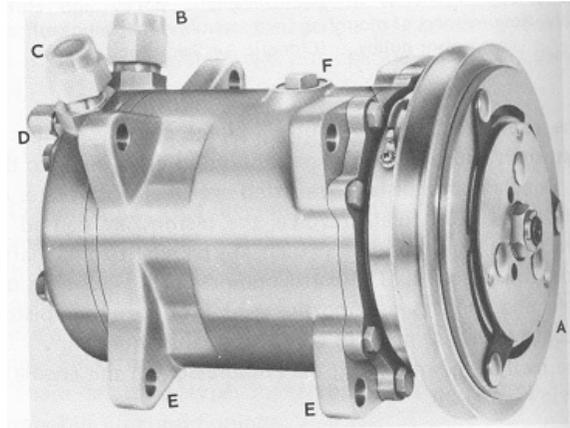


Gambar 16.8 Tipikal Kompresor AC Mobil, system resiprokasi dua Silinder

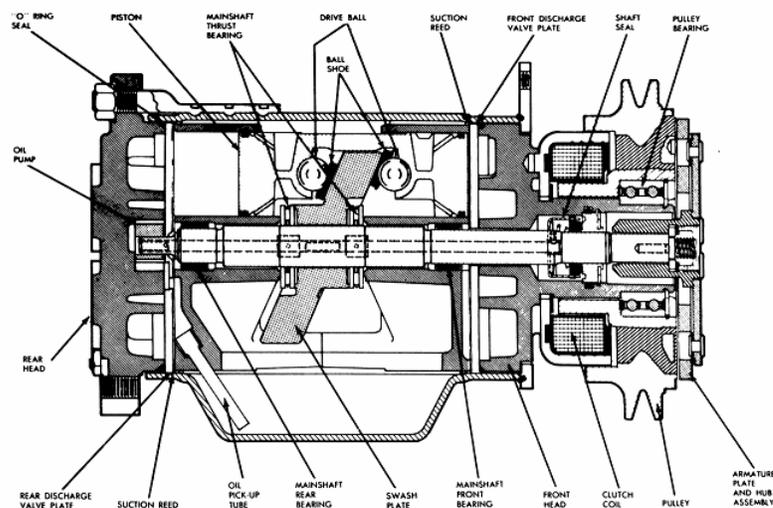
Gambar 16.8 memperlihatkan sebuah Kompresor Torak (Resiprokasi) dua silinder, dengan dudukan variatif, yang memungkinkan untuk dipasang secara vertikal dan horisontal. Konstruksi kompresor tersebut sama seperti kompresor yang digunakan pada sistem refrijerasi biasa. Menggunakan oli refrijerasi dengan viskositas 500, dengan volume oli berkisar tiga sampai tujuh ons sesuai kapasitas kompresor. Bila oli pelumas kurang dapat menyebabkan bantalan, seal dan katub menjadi rusak.

Gambar 16.9 memperlihatkan kompresor AC Mobil tipe Swash Plate Compressor. Kompresor ini biasanya terdiri dari lima atau enam silinder. Seluruh pistonnya terhubung pada batang torak (connecting rod), diikat kuat ke suatu plat khusus yang disebut

swash plate melalui ball joint. Kompresor ini dilengkapi dengan sambungan standar SAE flare connection atau Roto-lock connection. Menggunakan oli viskositas 500, sebanyak tujuh ons, 4 ons tetap berada di kompresor dan tiga ons ikut bersirkulasi pada saat kompresor bekerja.



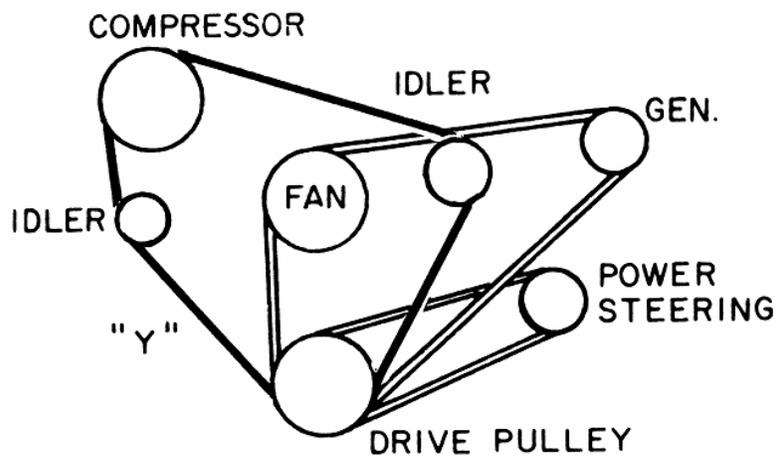
Gambar 16.9 Swash Plate Kompresor, lima silinder. A-Magnetic clutch, B- Suction line connection, C-Discharge line connection, D-Discharge service port, E-mounting Flange, F-Oil Filter plug.



Gambar 16.10 Gambar potongan Swash Plate Kompresor, enam silinder

16.7 Instalasi Sabuk puli

Pada umumnya penggerak sabuk (belt drive) pada kompresor AC mobil terdiri dari satu atau dua sabuk. Sabuk dipasang pada roda puli magnetic clutch. Magnetic clutch digerakkan oleh puli yang terpasang pada engine cranksahft. Untuk mempertahankan kekencangan sabuk, biasanya digunakan roda puli khusus yang disebut idler pulley. Agar umur sabuk dapat bertahan lama, maka kekencangan sabuk harus tepat. Gambar 16.11 memperlihatkan instalasi roda puli dan sabuk pada mobil.



Gambar 16.11 Tipikal Instalasi Penggerak Belt pada Mobil

Untuk sabuk baru, kekencangan sabuk diatur hingga mencapai 140 pounq sampai 145 pound. Untuk mendapatkan kekencangan sabuk yang tepat, dapat digunakan alat ukur khusus yang disebut belt tension gauge. Sebaiknya, kekencangan sabuk baru, diperiksa ulang setelah digunakan satu atau dua hari kemudian setelah dipasang.

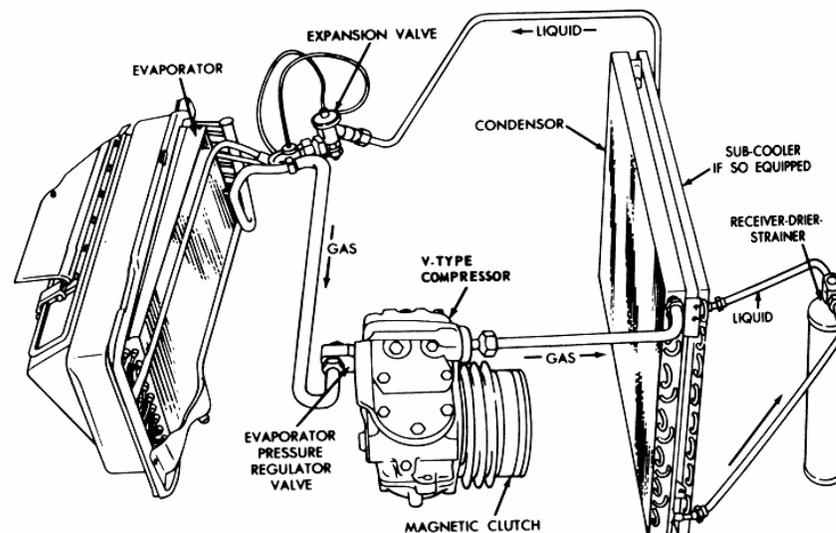
Kekencangan sabuk dapat pula diperiksa dengan menggunakan tangan. Pada saat mesin berhenti, Tekan sabuk tepat di tengah-tengahnya, periksa andongan sabuk. Bila kekencangan sabuk tepat, maka andongan sabuk berkisar $\frac{1}{2}$ inchi.

16.8 Kondensor dan Evaporator

Kondensor biasanya dipasang di depan radiator mobil. Saluran pipa gas panas dari kompresor (discharge) hingga ke kondensor biasanya mengalami vibrasi atau getaran tinggi, oleh karena itu biasanya dilengkapi dengan peredam khusus yang disebut vibration absorber. Ada pula yang menggunakan pipa fleksibel atau lazim disebut house. Pipa ini dapat menahan getaran dengan baik. Sistem penyambungan pemipanya menggunakan sistem flaring, yaitu dengan menggunakan flare fitting, O-ring fitting, dan hose clamp fitting. Lihat Gambar 16.12.

Pipa fleksibel yang digunakan pada AC mobil adalah:

1. Liquid line, untuk menyalurkan refrigeran cair dari liquid receiver ke katub ekspansi.
2. Suction line, untuk menyalurkan refrigeran gas dari evaporator ke kompresor.
3. Discharge line, menyalurkan gas panas dari kompresor ke kondensor.
4. Liquid line, untuk menyalurkan refrigeran cair dari kondensor ke liquid receiver.



Gambar 16.12 tipikal instalasi pemipaan V-type compressor

Ukuran pipa fleksibel atau hose berkisar 3/8 inchi hingga 5/8 inchi tergantung pada kapasitas mesin. Ukuran pipa untuk saluran refrijern gas lebih besar dari pada pipa saluran liquid refrijeran.

Pipa refrijeran harus mempunyai bengkokan yang lebar, dan harus ditopang atau diikat atau diklem dengan kuat untuk mencegah sentuhan dengan badan mesin yang bersuhu tinggi.

Kondensor AC mobil dapat terdiri dari satu, dua atau tiga lapis pipa yang dilengkapi dengan sirip-sirip fin, terbuat dari tembaga atau alumunium.

Evaporator biasanya diletakkan di dalam suatu kontainer yang disebut plenum chamber. Plenum chamber tersebut dipasang di dalam kompartemenn atau di dashboard. Evaporator AC mobil merupakan finned evaporator, dengan tipe forced convection, ditempatkan pada suatu container dari metal atau palstik, dilengkapi dengan saluran pembuangan air kondesat.

16.9 Receiver-dryer

Pada umumnya, AC mobil menggunakan receiver-dryer yang dipasang antara kondensor dan evaporator. Fungsi receiver-dryer adalah untuk menampung refrijeran selama dilakukan pekerjaan pemeliharaan atau service.

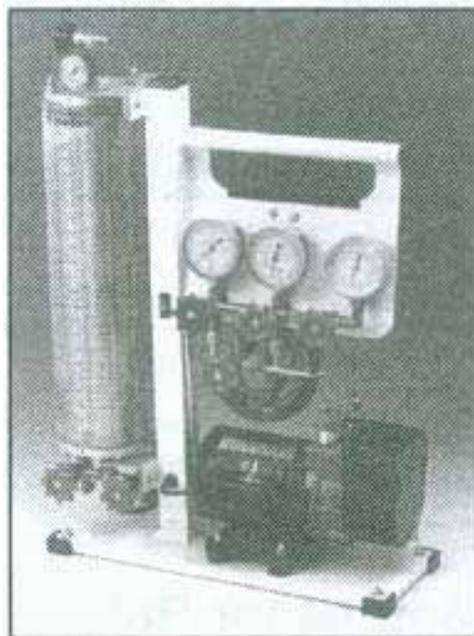
Pada umumnya, Receiver dilengkapi dengan bahan pengering kimiawi. Bahan pengering kimia ini (desiccant) akan menyerap uap air dan menyimpannya, sehingga refrijeran yang masuk ke katub ekspansi sudah terbebas dari uap air. Receiver dilengkapi juga dengan kasa baja untuk menyaring debu dan kotoran masuk ke katub ekspansi. Biasanya, untuk alasan keamanan, Liquid receiver dilengkapi dengan safety fusible plug, yang akan terbuka pada saat suhunya mencapai 177°C.

16.10 Katub Ekspansi

Seperti halnya pada sistem refrijerasi kompresi uap pada umumnya, AC mobil juga dilengkapi dengan katub ekspansi thermostatik, untuk menurunkan secara gradual liquid refrijeran tekanan tinggi dari kondensor menjadi liquid tekanan rendah yang akan dimasukkan ke evaporator. Beberapa katub ekspansi yang digunakan pada AC mobil dapat diatur setting superheat-nya, beberapa lagi tidak dapat diatur. Pada umumnya setting superheat katub ekspansi thermostatik ini adalah 8 derajat Celcius.

Kapasitas katub ekspansi thermostatik harus sesuai dengan kapasitas unit AC mobil. Bila kapasitas katub terlalu kecil, maka akan menurunkan kapasitas unit AC mobil, dan bila terlalu besar dapat menyebabkan evaporator mengalami kelebihan rerijeran cair. Pada umumnya katub ekspansi thermostatik pada AC mobil dilengkapi dengan saluran equalizer, untuk menjaga kestabilan tekanan evaporasi.

16.11 Pekerjaan Service AC



Gambar 16.13
Charging Station,
peralatan standar
untuk pengisian
refrijeran ke dalam
system.

AC mobil memerlukan perawatan rutin. Biasanya kegiatan perawatan atau service dilakukan bila ada keluhan dari pemilik mobil. Keluhan tersebut antara lain:

1. Tidak dingin atau no cooling
2. Timbul suara bising atau noise
3. Pendinginan terputus-putus atau intermitent cooling
4. timbul getaran atau vibrasi

Ada berbagai penyebab yang dapat menimbulkan keluhan pemakai seperti tersebut di atas. Untuk melacak penyebab gangguan diperlukan pemeriksaan yang teliti dan ditunjang dengan peralatan service yang memadai.

Peralatan service yang diperlukan untuk men-service AC mobil antara lain:

1. Charging station, yang terdiri dari manifold gauge, pompa vacuum dan dial charge. (Gambar 16.13).
2. Peralatan tangan atau hand tool.
3. Leak detector
4. Safety goggles.

Untuk dapat melacak lokasi gangguan maka diperlukan pengetahuan tentang operasi normal dari unit AC mobil. Tabel 16.1 memperlihatkan berbagai kondisi operasi AC mobil pada berbagai suhu.

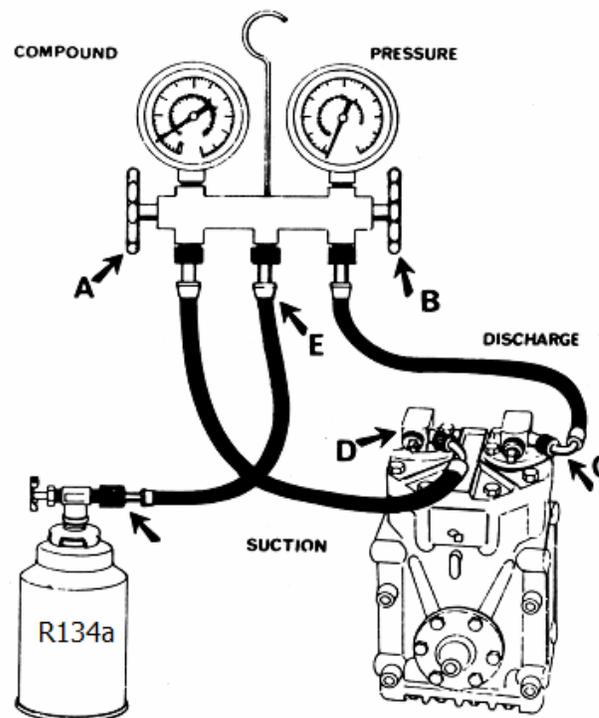
Tabel 16.1 Tabel unjuk kerja AC mobil pada berbagai suhu

Suhu udara luar	22°C	27°C	32°C	38°C
Tekanan tinggi psi	135-170 psi	170-205	205-245	245-285
Tekanan rendah psi	23 - 28	23-29	26-35	31-40
Suhu udara dingin	1-6 °C	1-6 °C	5-9 °C	9-11 °C

Tabel 16.1 dapat digunakan sebagai petunjuk dasar dalam memeriksa unjuk kerja unit AC mobil. Pemeriksaan pertama yang harus dilakukan adalah mengetahui tekanan kerja dan suhu kerja dari unit AC mobil tersebut. Tabel 16.2 menunjukkan langkah-langkah pemeriksaan dan observasi yang wajib dilakukan ketika sedang melakukan service AC mobil, dengan berpedoman Gambar 16.14.

Tabel 16.2

Observasi tekanan kerja unit AC	<ul style="list-style-type: none"> - Katub A – Tertutup - Katub B – Tertutup - Katub C – Crack open Back seated - Katub D – Crack open Back seated
Mengisi Refrijeran ke dalam unit AC	<ul style="list-style-type: none"> - Hubungkan tanki R134a ke E - Katub A – Terbuka - Katub B – Tertutup - Katub C – Crack open Back seated - Katub D – Crack open Back seated
Membuang udara dari receiver	<ul style="list-style-type: none"> - Hubungkan saluran purge ke E - Katub A – Tertutup - Katub B – Terbuka - Katub C – Crack open Back seated
Mengevakuasi unit AC	<ul style="list-style-type: none"> - Katub A – Terbuka - Katub B – Tertutup - Katub C – Crack open Back seated - Katub D – Mid seated - Hubungkan hose E ke Vacuum pump



Gambar 16.14 Prosedur memeriksa Tekanan Kerja Unit AC Mobil

Pengaturan Kekencangan Sabuk Puli

Pada umumnya sabuk puli yang terdapat pada suatu mobil terdiri dari beberapa jenis sabuk puli. Yang pertama, sabuk untuk menggerakkan generator, kemudian, sabuk untuk menggerakkan pompa power steering dan idler pulley dan yang terakhir untuk menggerakkan kompresor AC. Kekencangan sabuk harus selalu diperiksa, kira-kira 75 pound atau 34 kg. Sabuk harus dalam kondisi kering tidak berminyak. Sabuk yang kurang kencang dapat menyebabkan slip, sehingga menurunkan unjuk kerja unit AC.

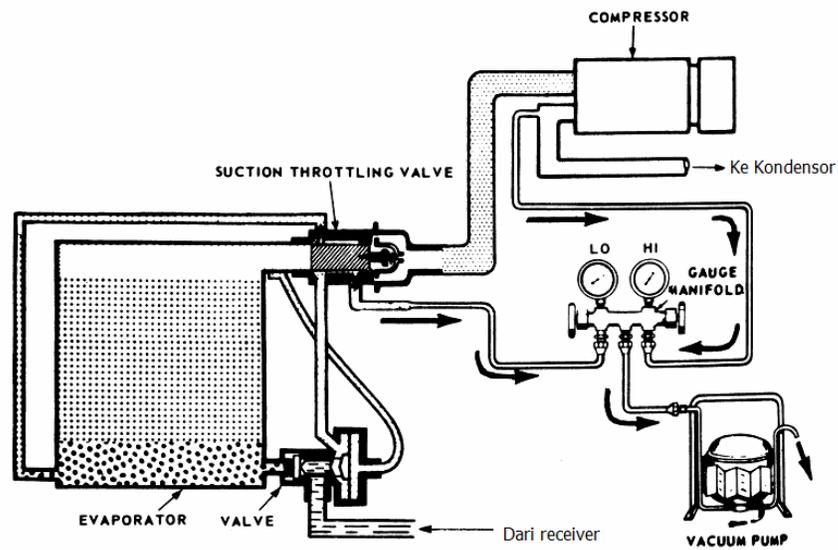
Pengujian Kebocoran

Pemeriksaan unit dari gangguan saluran bocor, atau sambungan kendor dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan pencari kebocoran standar, misalnya halide torch, electronic leak detector atau menggunakan busa sabun. Pemeriksaan kebocoran dapat dilakukan pada saat melakukan evakuasi. Pada saat evakuasi sedang berlangsung dan telah mencapai vacuum tinggi, tutup vacuum valve pada manifold. Bila jarum meter tekanan naik kembali dengan cepat ke angka nol, berarti ada kebocoran di dalam sistem pemipanya.

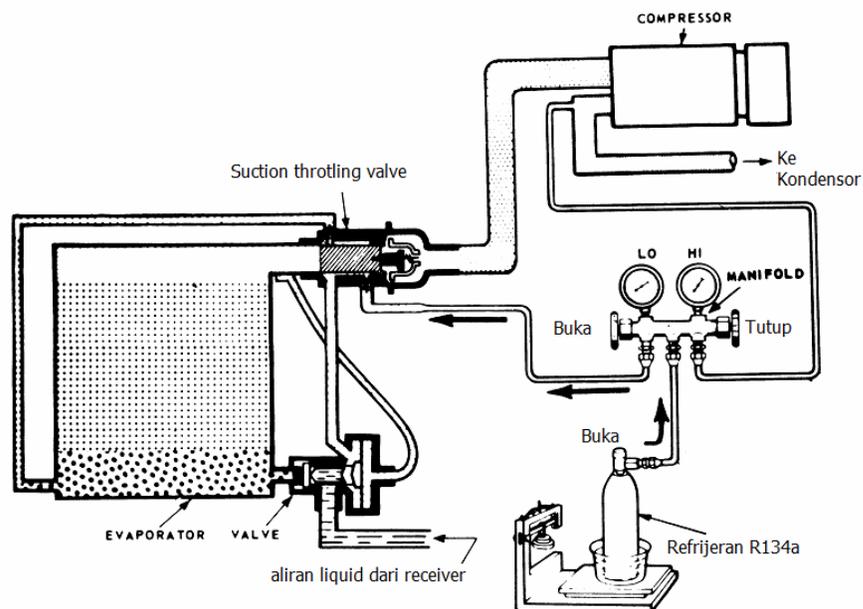
Pencarian letak kebocoran dapat dilakukan dengan mengisi sistem dengan refrigeran, kemudian letak kebocorannya dicari menggunakan piranti leak detector. Bila sudah ketemu lokasinya, cari penyebabnya, mungkin kendor atau pipa rusak, dan perbaiki.

Pengujian Kompresi Kompresor

Kompresor harus mempunyai kompresi yang efisien. Bila kapasitas kompresi kompresor menurun karena kerusakan katub, maka pendinginan tidak akan maksimal. Kompresor yang baik harus dapat memompa hingga tekanan 200 psi dengan cepat pada saat discharge service valve ditutup, front seated. Atau kompresor harus dapat memompa hingga mencapai tekanan vacuum 15 in hg dalam waktu singkat, pada tekanan kondensing normal. Untuk pengujian kompresi, Jalankan mesin mobil beberapa waktu hingga tekanan tinggi naik, kemudian stop mesin, atur service valve pada posisi front seated. Bila tekanan turun maka katub discharge bocor.



Gambar 16.15 Instalasi vacuum pump pada pekerjaan evakuasi



Gambar 16.16 Instalasi Tabung refrijeran pada pekerjaan pengisian refrijeran ke dalam unit AC.

DAFTAR PUSTAKA

Althouse, Turnquist, Bracciano, 2003, *Modern Refrigeration & Air Conditioning, Instructor Manual with answer Key*, The Goodheard-Willcox Company, USA

Althouse, Andrew D., 2003, *Modern Refrigeration & Air Conditioning*, The Goodhard-Willcox Company, USA

Dossat, Roy J., 1980, *Principles of Refrigeration, Second Edition, SI Version*, Jonh wiley & Son Inc., New York, USA

Goliber, Paul F., 1986, *Refrigeration Servicing*, Bombay, D.B. Taraporevala Son & Co Private L.td

Harris, 1983, *Modern Air Conditioning Practice, Third Edition*, Mc.Graw - Hill International Book Company

John Tomczyk, *Troubelshooting & Servicing Modern Refrigeration & Air Conditioning System*.

McQuiston, Parker and Spitler, *Heating Ventitalting, and Air Conditioning: Analysis and Design*, 2005, 6th Ed., John Wiley & Sons, Inc.

....., *Basic Servicing*, 1986, Box Hill College, Melbourne, Australia

["http://en.wikipedia.org/wiki/Refrigerator"](http://en.wikipedia.org/wiki/Refrigerator)

DAFTAR ISTILAH

Refrijerasi	Pendinginan (refrigeration)
Tata Udara	Proses pengkondisian udara ruang (air conditioning)
Refrijeran	Fluida penukar kalor yang digunakan pada sistem refrijerasi
Sistem Absorpsi	Refrijerasi yang diperoleh melalui penyerapan refrijeran oleh suatu zat kimiawi
Sistem Kompresi Uap	Sistem refrijerasi mekanik, menggunakan kompresor untuk memampatkan uap refrijeran.
Kelembaban Absolut	Kandungan uap air di udara yang dinyatakan dalam satuan gr/kg.
Kelembaban Relatif	Perbandingan (ratio) antara jumlah kandungan uap air di udara dan jumlah uap air maksimal yang mungkin terjadi pada suhu yang sama
Tekanan Absolut	Tekanan gauge ditambah dengan tekanan atmosfer
Tekanan gauge	Tekanan yang diperoleh dari pengukuran menggunakan meter tekanan (gauge)
Kompresor Hermetik	kompresor dan motor penggeraknya dikemas dalam suatu kontainer yang kedap udara.
Condensing Unit	Istilah yang dikenakan pada susunan kompresor, kondensor dan liquid receiver yang dikemas menjadi satu kesatuan atau unit yang utuh.
Udara kering	kandungan udara atmosfer yang tidak dapat dikondensasikan di dalam sistem refrijerasi.

Lampiran : B

Uap air	kandungan udara atmosfer yang dapat dikondensasikan atau diembunkan.
Gas Panaslanjut	kondisi refrijeran dalam fasa gas, dengan suhu diatas suhu saturasi (superheat vapor)
Cairan Superdingin	kondisi refrijeran dalam fasa cair, dengan suhu di bawah suhu saturasi (subcooled liquid)
Kompresor Hermetik	gabungan kompresor yang langsung dikopel dengan motor penggeraknya dan ditempatkan dalam satu kontainer kedap udara.
Kenyamanan Hunian	kondisi udara yang bagus untuk kesehatan dan kenyamanan kerja manusia.
Evakuasi	Mengeluarkan udara dari dalam sistem dengan menggunakan pompa vaccum.
Dehidrasi	Mengeringkan uap air yang ada di dalam sistem, dengan menurunkan tekanan sampai vacuum tinggi, agar uap air dapat menguap pada suhu kamar.
Service Manifold	Peralatan ukur tekanan yang didesain khusus untuk keperluan service

ISBN 978-979-060-032-4
ISBN 978-979-060-034-8

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 15.202,00