

MANUAL LATIHAN
**JURUTEKNIK SERVIS
PENYEJUKBEKUAN DAN
PENYAMAN UDARA (RAC)**

MANUAL LATIHAN JURUTEKNIK SERVIS PENYEJUKBEKUAN DAN PENYAMAN UDARA (RAC)

JABATAN ALAM SEKITAR
ARAS 4, PODIUM 3, MENARA PETRA
NO. 25, PERSIARAN PERDANA, PRESINT 4
62574, WILAYAH PERSEKUTUAN, PUTRAJAYA.

☎ TEL: 03 - 8871 2000

☎ FAKS: 03 - 8888 4151



www.doe.gov.my

ISBN 978-967-2845-42-3



9 789672 845423



JABATAN ALAM SEKITAR

MANUAL LATIHAN

JURUTEKNIK SERVIS PENYEJUKBEKUAN DAN PENYAMAN UDARA (RAC)

TERBITAN:

JABATAN ALAM SEKITAR

ARAS 4, PODIUM 3, MENARA PETRA
NO. 25, PERSIARAN PERDANA, PRESINT 4
62574, WILAYAH PERSEKUTUAN PUTRAJAYA.

SUSUNATUR & PERCETAKAN OLEH:

PIXEL & BORDERS SERVICES
(SA0519429-W)

ISBN 978-967-2845-42-3



9 789672 845423

PRAKATA

MALAYSIA telah meratifikasi Protokol Montreal pada tahun 1989. Protokol Montreal merupakan perjanjian antarabangsa yang bertujuan untuk melindungi lapisan ozon dengan mengawal penggunaan bahan pemusnah ozon (BPO). BPO seperti *Chlorofluorocarbon* (CFC) dan *Hydrochlorofluorocarbon* (HCFC) digunakan sebagai agen penyejuk atau refrigeran dalam sistem penyaman udara dan penyejukbekuan (RAC). Oleh yang demikian, pengendalian refrigeran secara teratur adalah amat penting bagi memastikan BPO tersebut tidak terbebas ke atmosfera khususnya semasa kerja-kerja penyelenggaraan alat penyaman udara dan penyejukbekuan dijalankan.

Program Pensijilan Juruteknik Servis atau *Certified Service Technician Program* (CSTP) merupakan salah satu inisiatif Kerajaan di bawah Protokol Montreal bagi mengurangkan penggunaan bahan pemusnah ozon dalam sektor penyelenggaraan penyaman udara dan penyejukbekuan. Peraturan-Peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Pengurusan Refrigeran) 2020 juga telah menetapkan syarat bahawa semua juruteknik servis bagi sistem RAC hendaklah mendapatkan pentauliahan CSTP yang diperakukan oleh Jabatan Alam Sekitar.



Manual Latihan Juruteknik Servis Penyejukbekuan dan Penyaman Udara (RAC) ini dibangunkan untuk digunakan sebagai bahan pembelajaran dalam kursus latihan CSTP. Manual Latihan ini juga dijadikan sebagai bahan rujukan dan panduan penting kepada semua juruteknik servis semasa mengendalikan refrigeran dengan betul serta mengamalkan '*good practices*' semasa menjalankan kerja-kerja penyelenggaraan alat RAC bagi mengelakkan pelepasan BPO ke udara.

Dengan harapan, hasil inisiatif-inisiatif yang telah dilaksanakan Kerajaan dan kerjasama daripada servis RAC, negara kita akan dapat memastikan bahawa semua obligasi negara kepada Protokol Montreal adalah sentiasa dipatuhi.

DATO' WAN ABDUL LATIFF
BIN WAN JAFFAR

Ketua Pengarah,
Jabatan Alam Sekitar Malaysia

ISI KANDUNGAN

PRAKATA	i
ISI KANDUNGAN	iii
SENARAI JADUAL	vi
SENARAI RAJAH	viii
SENARAI SINGKATAN	xiv
ANNEX	xvi
GLOSARI	xvi
PENGHARGAAN	xvi

KESAN PENGGUNAAN REFRIGERAN TERHADAP ALAM SEKITAR DAN KESIHATAN MANUSIA

1.1 Pengenalan	3
1.2 Undang-Undang yang Berkaitan di Malaysia	4
1.3 Lapisan Ozon	6
1.4 Proses Pemusnahan Ozon	8
1.5 Bahan Pemusnah Ozon (BPO)	10
1.6 Kesan Perubahan Iklim Akibat Penggunaan Sistem Penyaman Udara	12
1.7 Protokol Montreal	14

REFRIGERAN DAN SIFAT-SIFATNYA

2.1 Pengenalan	19
2.2 Jenis-Jenis Refrigen	19
2.3 Isu Refrigeran Alternatif	31
2.4 Luncuran Suhu (<i>Temperature Glide</i>)	32
2.5 Risiko Penggunaan Refrigeran	33
2.6 Pengendalian Refrigeran	33
2.7 Pemilihan Refrigeran	34
2.8 Aspek Keselamatan Refrigeran	35
2.9 Klasifikasi Refrigeran	35
2.10 Had Kemudahbakaran (<i>Flammability</i>) Refrigeran Mudah Terbakar	36
2.11 Sifat Asas Refrigeran yang Mudah Terbakar	37

KITARAN PENYEJUKAN

3.1 Pengenalan	41
3.2 Kitaran Penyejukan	42
3.3 Komponen Sistem Penyejukbekuan dan Penyaman Udara (RAC)	42
3.4 Minyak Refrigeran	44
3.5 Perbandingan Antara Minyak Mineral, Minyak Sintetik, Minyak <i>Polyalkyl Glycol</i> (PAG) & Minyak <i>Polyol Ester</i> (POE)	46
3.6 Tatacara Pemilihan Minyak	46

PERALATAN DAN PENYELENGGARAAN

4.1 Pengenalan	49
4.2 Senarai Peralatan	49
4.3 Penyelenggaraan Peralatan	59
4.4 Penyelenggaraan <i>Vacuum Pump</i>	60

PENUKARAN REFRIGERAN DI DALAM SISTEM PENYAMAN UDARA DAN SILINDER

5.1 Pengenalan	67
5.2 Perolehan	67
5.3 Kitar Semula	72
5.4 Pemuliharaan	72
5.5 Pelupusan dan Pemusnahan	73
5.6 Isu Keselamatan Silinder Refrigeran	73
5.7 Kewajipan Pengilang Kelengkapan Penyejukan atau Penyaman Udara	77
5.8 <i>Drop In</i>	77
5.9 <i>Retrofit</i>	77
5.10 Penukaran (<i>Conversion</i>)	78

06

PENGENDALIAN DAN PENYELENGGARAAN SISTEM PENYEJUKBEKUAN DAN PENYAMAN UDARA HCFC, HFC DAN REFRIGERAN MUDAH TERBAKAR

6.1	Pengenalan	81
6.2	Kaedah Pengendalian Refrigeran dan Langkah Berjaga-Jaga	82
6.3	Prosedur Operasi Tetap bagi Penyelenggaraan Sistem Penyejukbekuan dan Penyaman Udara (RAC)	97

07

AMALAN BAIK SEMASA PEMASANGAN DAN PENYELENGGARAAN

7.1	Pengenalan	121
7.2	Amalan Baik Semasa Pemasangan	121
7.3	Amalan Baik Semasa Penyelenggaraan	131
7.4	Amalan yang Boleh Menjejaskan Prestasi Sistem Penyejukbekuan dan Penyaman Udara (RAC)	132
7.5	Perkara yang Perlu Diberikan Perhatian	132
7.6	Pengurusan Penyelenggaraan	144
7.7	Kesan Sekiranya Tiada Penyelenggaraan Sistem	145
7.8	Peranan dan Tanggungjawab Majikan/Juruteknik	145
7.9	Menangani Aduan	145
7.10	Pelaburan Terbaik: Latihan	146

08

ALAT PENGESAN REFRIGERAN (REFRIGERANT IDENTIFIER - RI)

8.1	Pengenalan	149
8.2	Kesan Pencemaran Refrigeran	149
8.3	Silinder Refrigeran Tiruan	150
8.4	Kaedah Mengesan Refrigeran yang Tercemar	151
8.5	Refrigerant Identifier (RI)	151

SENARAI JADUAL

Jadual 1.1:	Sasaran Malaysia dalam Penghapusan HCFC	15
Jadual 2.1:	Jenis-Jenis Refrigeran	19
Jadual 2.2:	Sifat-Sifat R-11 dan R-12	21
Jadual 2.3:	Sifat-Sifat R-22	21
Jadual 2.4:	Sifat-Sifat R-123	22
Jadual 2.5:	Sifat-Sifat R-134a	22
Jadual 2.6:	Sifat-Sifat R-32	23
Jadual 2.7:	Sifat-Sifat R-290	24
Jadual 2.8:	Sifat-Sifat R-600a	24
Jadual 2.9:	Sifat-Sifat Karbon Dioksida (CO ₂)	25
Jadual 2.10:	Sifat-Sifat Ammonia (NH ₃)	27
Jadual 2.11:	Canon Opto (Malaysia) Sdn Bhd & Kato Manufacturing (Malaysia) Sdn Bhd	28
Jadual 2.12:	Komposisi Refrigeran Campuran	31
Jadual 2.13:	Keperluan Pengendalian Refrigeran Alternatif - Campuran HFC dan HC	32
Jadual 2.14:	Keperluan Pengendalian Refrigeran Alternatif - Karbon Dioksida dan Ammonia	32
Jadual 2.15:	Matriks ASHRAE 34 dengan Contoh Refrigeran	36
Jadual 2.16:	Senarai Refrigeran Mudah Terbakar	37
Jadual 2.17:	Penerangan Ciri-Ciri Refrigeran	38
Jadual 3.1:	Dua Kategori Utama Minyak Refrigeran	45
Jadual 3.2:	Keserasian Jenis Minyak Refrigeran	45
Jadual 4.1:	Keterangan mengenai <i>Manifold Gauge</i> dan Hos	49
Jadual 4.2:	Prosedur Operasi Tetap – Menukar Minyak <i>Vacuum Pump</i>	61
Jadual 5.1:	Prosedur Operasi Tetap untuk Perolehan Refrigeran (<i>Push and Pull</i>)	69
Jadual 6.1:	Had Mengecas Maksimum bagi R-32	84
Jadual 6.2:	Kedudukan Ketinggian Pemasangan <i>Indoor Unit</i> bagi R-32	85

Jadual 6.3:	Had Mengecas Maksimum bagi R-290	86
Jadual 6.4:	Kedudukan Ketinggian Pemasangan <i>Indoor Unit</i> bagi R-290	86
Jadual 6.5:	Prosedur Operasi Tetap bagi Penyelenggaraan Sistem RAC	97
Jadual 6.6:	Peralatan Perlindungan Diri (PPE)	98
Jadual 6.7:	Prosedur Pemeriksaan Alatan	98
Jadual 6.8:	Prosedur Uji Cuba dan Pemeriksaan (Sebelum)	100
Jadual 6.9:	Perolehan Semula Refrigeran HCFC atau HFC, dan HC	101
Jadual 6.10:	<i>Flushing</i> HCFC, HFC dan HC	106
Jadual 6.11:	Pembaikan/Penggantian <i>Filter Drier</i>	107
Jadual 6.12:	Ujian <i>Choking</i> dan Tekanan (<i>Choking and Pressure Test</i>)	108
Jadual 6.13:	Ujian Kebocoran	109
Jadual 6.14:	Vakum dan Menahan <i>Vacuum Hold</i> HCFC dan HC, HFC	111
Jadual 6.15:	Mengecas Refrigeran Wap dan Cecair	116
Jadual 6.16:	Prosedur Uji Cuba dan Pemeriksaan (Selepas)	117
Jadual 6.17:	Tutup Injap Servis	118
Jadual 7.1:	Carta Pemilihan Beban Penyejukan (<i>Cooling Load Table</i>)	122
Jadual 7.2:	Spesifikasi Kembangan (<i>Flare</i>)	134
Jadual 7.3:	Potensi Bahan Pelarut Alternatif	139
Jadual 7.4:	Mengesan Kebocoran dengan Menggunakan <i>Fluorescent Dyes</i>	141
Jadual 8.1:	Prosedur Operasi Tetap Pengendalian RI	153

SENARAI RAJAH

Rajah 1.1:	Lubang Ozon	3
Rajah 1.2:	Lapisan Ozon	6
Rajah 1.3:	Peranan Lapisan Ozon	7
Rajah 1.4:	Pembentukan Ozon	7
Rajah 1.5:	Proses Penipisan Ozon	8
Rajah 1.6:	Rantaian Makanan Laut	9
Rajah 1.7:	Kesan Terhadap Tumbuhan	9
Rajah 1.8:	Katarak dan Kulit Manusia Normal (Kiri) manakala Kulit Mengalami Sistem Imunisasi yang Lemah (Kanan)	10
Rajah 1.9:	Sinaran UV Mempercepat Proses Kerosakan Bahan Binaan	10
Rajah 1.10:	Sistem Penyaman Udara Bangunan dan Kenderaan	11
Rajah 1.11:	Penyaman Udara Bangunan Jenis Berpusat	11
Rajah 1.12:	Peti Sejuk dan Kabinet Penyejukbekuan Komersial	11
Rajah 1.13:	Alat Pemadam Api	11
Rajah 1.14:	Aerosol/Propelan	11
Rajah 1.15:	Panel yang Digunakan dalam Pembinaan Bumbung atau <i>Coldroom</i>	11
Rajah 1.16:	Pelarut	12
Rajah 1.17:	Racun Makhluk Perosak	12
Rajah 1.18:	Sumbangan Penyaman Udara kepada Perubahan Iklim	12
Rajah 1.19:	Kesan Rumah Kaca	13
Rajah 1.20:	Kehilangan Jisim Ais	13
Rajah 1.21:	Mitigasi terhadap Kemerosotan Alam Sekitar	14
Rajah 1.22:	Status Ratifikasi Protokol Montreal	15
Rajah 1.23:	Sasaran Penghapusan HFC	16
Rajah 2.1:	Kod Warna Silinder CFC	20
Rajah 2.2:	Kod Warna Silinder HCFC	21
Rajah 2.3:	Kod Warna Silinder HC	23

Rajah 2.4:	Projek Demo Sistem Penyejukkan Berasaskan CO ₂ di Jaya Grocer, PJ	25
Rajah 2.5:	Graf Entalpi, Tekanan dan Suhu bagi CO ₂	26
Rajah 2.6 :	Gambarajah dan Kitaran Utama CO ₂ – NH ₃	26
Rajah 2.7:	Contoh Loji Ammonia (NH ₃)	27
Rajah 2.8:	Renasas <i>Semiconductor</i> KL Sdn. Bhd. (July 2017) & TRX <i>Building</i> (7 units of R1233zd chillers)	29
Rajah 2.9:	Tekanan Suhu bagi Refrigeran Tunggal dan Azeotropik	30
Rajah 2.10:	Tekanan Suhu bagi Refrigeran Campuran dan Zeotropik	30
Rajah 2.11:	Luncuran Suhu	33
Rajah 2.12:	Kriteria Pemilihan Refrigeran	34
Rajah 2.13:	Had Kemudahbakaran bagi Refrigeran Mudah Terbakar	37
Rajah 3.1:	Proses Penyejatan	41
Rajah 3.2:	Proses Pemeluwapan	41
Rajah 3.3:	Kitaran Penyejukan	42
Rajah 3.4:	<i>Outdoor Unit</i>	42
Rajah 3.5:	<i>Indoor Unit</i>	43
Rajah 3.6:	Penapis Pengering (<i>Filter Drier</i>)	43
Rajah 3.7:	Injap Servis (<i>Service Valve</i>)	43
Rajah 3.8:	Penyerap Getaran (<i>Vibration Isolators</i>)	43
Rajah 3.9:	Kaca Cerap (<i>Sight Glass</i>)	44
Rajah 3.10:	Higroskopi daripada POE dan Mineral Minyak Refrigeran	46
Rajah 4.1:	<i>2-way Manifold Gauge</i>	50
Rajah 4.2:	Komponen <i>4-way Manifold Gauge</i>	51
Rajah 4.3:	Penyambungan <i>4-way Manifold Gauge</i>	51
Rajah 4.4:	Alat Pengesan Elektronik (<i>Electronic Leak Detector</i>)	52
Rajah 4.5:	Contoh <i>Recovery Machine</i> Tanpa Minyak	54
Rajah 4.6:	Komponen <i>Recovery Machine</i> Tanpa Minyak dan Aliran	54
Rajah 4.7:	Contoh <i>Recovery Machine</i> Jenis Minyak	55
Rajah 4.8:	Komponen <i>Recovery Machine</i> Jenis Minyak dan Alirannya	55

Rajah 4.9:	Sentiasa Menjalankan Ujian Kebocoran	56
Rajah 4.10:	Pam Vakum (<i>Vacuum Pump</i>)	56
Rajah 4.11:	Tolok Mikron (<i>Micron Gauge</i>)	57
Rajah 4.12:	<i>Clamp-on Meter</i>	58
Rajah 4.13:	Penimbang Pengecas Refrigeran (<i>Refrigerant Charging Scale</i>)	58
Rajah 4.14:	Termometer Digital (<i>Digital Thermometer</i>)	58
Rajah 4.15:	Valve Keselamatan (<i>Charging Adapter/Safety Valve Adapter</i>)	59
Rajah 4.16:	Keratan Rentas	59
Rajah 4.17:	Skrin Penapis Dalaman	60
Rajah 4.18:	Bacaan yang Sifar pada <i>Pressure Gauge</i>	60
Rajah 4.19:	Contoh Sijil Kalibrasi (<i>Calibration</i>) Penimbang Pengecas Refrigeran	64
Rajah 5.1:	Silinder Refrigeran yang Meletup	73
Rajah 5.2:	<i>Recovery Cylinder</i> Divakum sebelum Diisi dengan Refrigeran yang Berbeza	73
Rajah 5.3:	Jauh daripada Pancaran Terus Matahari dan Sumber Haba	74
Rajah 5.4:	Contoh Pengiraan Isian Refrigeran yang Selamat	74
Rajah 5.5:	Elakkan Silinder Terlebih Isi	75
Rajah 5.6:	<i>Safety Shut-Off Switch</i>	75
Rajah 5.7:	Silinder Pakai Buang yang Tidak Boleh Diisi Semula	76
Rajah 5.8:	<i>Recovery Cylinder</i> yang Boleh Diisi Semula	76
Rajah 5.9:	Ujian Kebocoran Mesti Kerap Dijalankan	77
Rajah 5.10:	Keadaan Operasi R-407C lwn. R-22 dan Operasi R-410A lwn. R-22	78
Rajah 6.1:	Refrigeran Alternatif Mudah Terbakar	81
Rajah 6.2:	Contoh Penggunaan HC	82
Rajah 6.3:	HCFC/HFC Boleh Menyebabkan Sesak Nafas	82
Rajah 6.4:	Reput Fros (<i>Frost Bite</i>)	83
Rajah 6.5:	Had Mengecas bagi R-32	84
Rajah 6.6:	Had Mengecas bagi R-290	85

Rajah 6.7:	Bahagian-Bahagian yang Perlu Diberi Perhatian dalam Sistem Refrigeran Mudah Terbakar	87
Rajah 6.8:	3 Elemen yang Menghasilkan Pembakaran	88
Rajah 6.9:	<i>Brazing Torch</i> , Mancis atau Pemetik Api	88
Rajah 6.10:	Sumber Percikan Elektrik	88
Rajah 6.11:	Elakkan Sambungan yang Longgar	89
Rajah 6.12:	Elakkan Elektrik Statik	89
Rajah 6.13:	Jauhkan daripada Api	89
Rajah 6.14:	Larangan Merokok	90
Rajah 6.15:	Kawasan Pengudaraan yang Baik	90
Rajah 6.16:	Bekas Air Tidak Melebihi 40 °C	90
Rajah 6.17:	Balut Tangki dengan Selimut Pemanas	91
Rajah 6.18:	Kebakaran Terhasil apabila Bercampur dengan Udara pada Tekanan 0.4 Bar dan Suhu 177 °C pada Kepekatan HFC Lebih Tinggi iaitu 60% Daripada Jumlah Isi Padu	91
Rajah 6.19:	Alat Pemadam Api yang Sesuai – Jenis Serbuk Kering	92
Rajah 6.20:	Contoh Kipas Pengudaraan	92
Rajah 6.21:	Langkah-Langkah Keselamatan di Kawasan Kerja	94
Rajah 6.22:	Peralatan Perlindungan Diri (PPE)	95
Rajah 6.23:	<i>Euro-flare</i>	95
Rajah 6.24:	<i>Swagelock</i>	96
Rajah 6.25:	<i>Lokring</i>	96
Rajah 6.26:	<i>Tightfit</i>	96
Rajah 6.27:	Silinder OFDN dan <i>Regulator</i> Tekanan Dua Peringkat	104
Rajah 6.28:	<i>Hexane/Methylene Dichloride</i> (MDC)	105
Rajah 6.29:	Penggunaan Udara Termampat Tidak Dibenarkan	105
Rajah 6.30:	Jangan Gunakan Petrol untuk Pembersihan	105
Rajah 6.31:	Berhati-Hati ketika Menjalankan Kerja Menanggalkan Komponen	106
Rajah 6.32:	Peralatan Vakum	110
Rajah 6.33:	Pengecasan Berlebihan	113

Rajah 6.34:	Label Pengilang	114
Rajah 6.35:	Peralatan Mengecas	114
Rajah 6.36:	Pengecasan dengan HFC Campuran	115
Rajah 6.37:	Pengecasan Mengikut Berat	115
Rajah 6.38:	Contoh Pelekat Servis	118
Rajah 7.1:	<i>Indoor Unit</i> Seharusnya Tidak Dipasang Terlalu Hampir dengan Perkakasan Elektronik	123
Rajah 7.2:	Lokasi Pemasangan <i>Outdoor Unit</i>	124
Rajah 7.3:	Susunan Secara Siri <i>Outdoor Unit</i>	124
Rajah 7.4:	Keperluan Pemasangan bagi <i>Outdoor Unit</i>	124
Rajah 7.5:	Pemasangan <i>Outdoor Unit</i> dengan Aliran Udara yang Terhad	125
Rajah 7.6:	<i>Outdoor Unit</i> Terdedah Secara Langsung kepada Matahari	125
Rajah 7.7:	Susunan <i>Outdoor Unit</i>	126
Rajah 7.8:	Pemasangan yang Salah	126
Rajah 7.9:	Paip Saliran Air Keluar	127
Rajah 7.10:	Kedudukan Paip Mestilah Condong Mengikut Arah Aliran Bendalir	127
Rajah 7.11:	Penebatan untuk Tiub Kapilari pada Salur <i>Indoor Unit</i>	128
Rajah 7.12:	Penebatan untuk Tiub Kapilari yang Dipasang pada <i>Outdoor Unit</i>	128
Rajah 7.13:	Perangkap-P	129
Rajah 7.14:	Kombinasi Perangkap-P dan Perangkap-S	129
Rajah 7.15:	Perangkap Songsang	130
Rajah 7.16:	Perbandingan Senario semasa Penyelenggaraan	131
Rajah 7.17:	Peralatan yang Betul	133
Rajah 7.18:	Pemotong Tiub	133
Rajah 7.19:	Membuang Gerigis	133
Rajah 7.20:	Alat Kembangan (<i>Flare</i>)	134
Rajah 7.21:	<i>Flare Gauge</i>	134

Rajah 7.22:	Peralatan <i>Swaging</i> yang Betul	135
Rajah 7.23:	Kaedah Lenturan Tiub	135
Rajah 7.24:	Keperluan dan Keadaan Proses <i>Brazing</i>	136
Rajah 7.25:	<i>Brazing</i> dengan Mengalirkan OFDN di dalam Tiub	136
Rajah 7.26:	<i>Brazing</i> yang Sempurna atau Sebaliknya	137
Rajah 7.27:	Jenis Nyalaan	137
Rajah 7.28:	Set Kimpalan Gas Oksiasetelina	138
Rajah 7.29:	Set Peralatan <i>Fluorescent Dyes</i>	140
Rajah 7.30:	Perbandingan <i>Vacuum Pump</i> dengan Pemampat Biasa	143
Rajah 7.31:	Latihan kepada Juruteknik Penyelenggaraan	146
Rajah 8.1:	Insiden yang Melibatkan Salah Guna daripada Refrigeran Tiruan	149
Rajah 8.2:	Kes di Amerika Utara	150
Rajah 8.3:	Kes di Amerika Selatan	150
Rajah 8.4:	Silinder Refrigeran Tiruan	150
Rajah 8.5:	<i>Refrigerant Identifier (RI)</i>	151
Rajah 8.6:	Gunakan Hos yang Betul	152
Rajah 8.7:	Jangan Halang Saluran Udara Masuk dan Keluar	152

SENARAI SINGKATAN

AB	Minyak Alkyl Benzena
AC	Penyaman Udara
AEL	<i>Allowable Exposure Limits</i>
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
AP	Permit Kelulusan / <i>Approved Permit</i>
BPO	Bahan Pemusnah Ozon
CDU	<i>Condenser Outdoor Unit</i>
Cu	Kuprum / <i>Copper</i>
CFC	Klorofluorokarbon
CH₄	Metana / <i>Methane</i>
CO₂	Karbon Dioksida
COP	Pekali Prestasi / <i>Coefficient of Performance</i>
CTC	Karbon Tetraklorida
Fe	Besi / <i>Iron</i>
GWP	Potensi Pemanasan Global / <i>Global Warning Potential</i>
HC	Hidrokarbon
HCFC	Hidroklorofluorokarbon
HCFO	Hidroklorofluoroolefin
HFC	Hidrofluorokarbon
HFO	Hidrofloroolefin
HPMP	Pelan Pengurusan Penghapusan HCFC / <i>Hydrochlorofluorocarbon Phase Out Management Plan</i>
ISO	Organisasi Antarabangsa Standard
JAS	Jabatan Alam Sekitar
LPG	<i>Liquified Petroleum Gas</i>
LFL	Had Bawah Kemudahbakaran / <i>Lower Flammability Limit</i>
MDC	<i>Methylene Dichloride</i>
MSDS	<i>Material Safety Data Sheet</i>
MO	<i>Mineral Oils</i>
NH₃	<i>Ammonia</i>
N₂O	<i>Nitrus Oxide</i> / Nitrus Oksida
OFDN	<i>Oxygen Free Dry Nitrogen</i>

ODP	Potensi Pemusnahan Ozon / <i>Ozone Depleting Potential</i>
PAO	Minyak <i>Poly Alpha Olefin</i>
PAG	Minyak <i>Poly Alkyl Glycol</i>
PAFT	<i>Programme for Alternatives Fluorocarbon Toxicity</i>
PCE	<i>Perchloroethylene</i>
PEL	<i>Permissible Exposure Levels</i>
PFC	Halokarbon dan Perfluorokarbon
POE	Minyak <i>Polyol Ester</i>
PT Chart	Jadual Suhu Tekanan / <i>Pressure Temperature Chart</i>
PPE	Peralatan Perlindungan Diri / <i>Personal Protective Equipment</i>
PVE	Minyak <i>Poly Viny Lether</i>
RAC	Penyejukbekuan dan Penyaman Udara / <i>Refrigeration and Air Conditioning</i>
RI	<i>Refrigerant Identifier</i>
SAE	Persatuan Jurutera Automotif
SF₆	Sulfur Hexafluorida
SOP	Prosedur Operasi Tetap
TCE	<i>Trichloroethylene</i>
TEWI	<i>Total Equivalent Warming Impact</i> / Jumlah Kesan Pemanasan Setaraf
TLV	<i>Threshold Limit Values</i>
UFL	Had Atas Kemudahbakaran / <i>Upper Flammability Limit</i>
UEL	Had Atas Letupan / <i>Upper Explosive Limit</i>
UV	Ultraviolet

ANNEX

GLOSARI

PENGHARGAAN

157

165

169

BAB

01

**KESAN PENGGUNAAN
REFRIGERAN TERHADAP
ALAM SEKITAR DAN
KESIHATAN MANUSIA**

KANDUNGAN

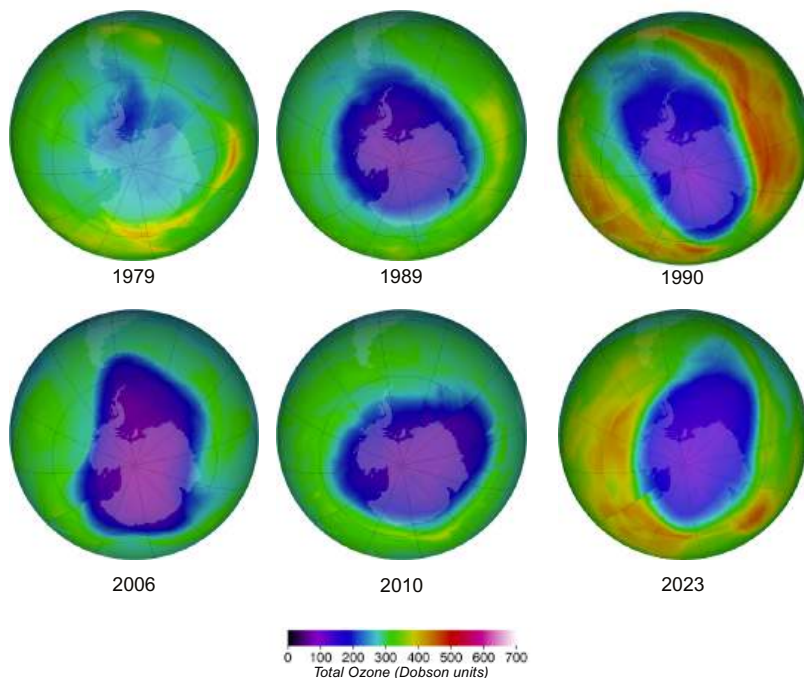
1.1	PENGENALAN	3
1.2	UNDANG-UNDANG YANG BERKAITAN DI MALAYSIA	4
	1.2.1 Kawalan Penggunaan dan Pengendalian Bahan Refrigeran	4
	1.2.2 Kawalan Import dan Eksport	5
1.3	LAPISAN OZON	6
1.4	PROSES PEMUSNAHAN OZON	8
1.5	BAHAN PEMUSNAH OZON (BPO)	10
1.6	KESAN PERUBAHAN IKLIM AKIBAT PENGGUNAAN SISTEM PENYAMAN UDARA	12
1.7	PROTOKOL MONTREAL	14

BAB 1

KESAN PENGGUNAAN REFRIGERAN TERHADAP ALAM SEKITAR
DAN KESIHATAN MANUSIA

1.1 PENGENALAN

Gaya hidup masa ini yang menggunakan tenaga secara intensif telah menyebabkan peningkatan drastik jumlah gas rumah kaca dan bahan-bahan pemusnah ozon di atmosfera. Isu ini secara langsung menyumbang kepada perubahan iklim dan pemanasan global. Pembebasan bahan pemusnah ozon (BPO) ke atmosfera menyebabkan penipisan lapisan ozon yang serius. Pada tahun 1970-an, saintis mendapati tahap penipisan ozon begitu ketara di stratosfera, lalu menghasilkan fenomena yang dikenali sebagai lubang ozon atau *ozone hole*. Pada tahun 1987, negara-negara di seluruh dunia bersetuju dengan inisiatif oleh Persatuan Bangsa-Bangsa Bersatu (PBB) untuk mewujudkan perjanjian Protokol Montreal sebagai satu cara untuk menangani cabaran alam sekitar yang berkaitan dengan isu penipisan ozon secara global.



Rajah 1.1: Lubang Ozon (Sumber: www.nasa.gov)

Malaysia telah meratifikasi Konvensyen Vienna mengenai Perlindungan Lapisan Ozon dan Protokol Montreal mengenai BPO pada Ogos 1989. Sehingga Oktober 2020, Malaysia telah meratifikasi semua pindaan dalam Protokol Montreal. Malaysia dikelaskan sebagai sebuah negara parti yang beroperasi di bawah Perenggan-1, Artikel-5 Protokol Montreal dan layak untuk mendapat bantuan teknikal dan kewangan, termasuk pemindahan teknologi melalui mekanisme kewangan Protokol Montreal. Sejak tahun 1990-an, Malaysia mengambil langkah-langkah proaktif seperti menjalankan projek penghapusan penggunaan BPO termasuk pemindahan teknologi, bantuan teknikal, latihan (*capacity building*), penyebaran maklumat, selain usaha untuk meningkatkan kesedaran dan memperkasakan perundangan tempatan.

Penggunaan awal BPO dalam sistem RAC adalah dengan menggunakan refrigeran jenis klorofluorokarbon (CFC). CFC dikenali sebagai "gas ajaib" kerana ia mempunyai ciri-ciri refrigeran yang sangat bagus dan tidak memberikan kesan terhadap kesihatan manusia sehingga para saintis menemui bahawa ia bahan utama yang menipiskan lapisan ozon. CFC diklasifikasikan sebagai bahan kawalan di bawah Annex A dan B dalam Protokol Montreal, dan penggunaannya telah dihapuskan sepenuhnya bermula pada 1 Januari 2010 bagi Negara Artikel 5. Malaysia berjaya mencapai obligasi Protokol Montreal yang berkenaan dengan CFC melalui pelaksanaan Pelan Penghapusan CFC Negara (NCFCP) dan perundangan tempatan.

Hidroklorofluorokarbon (HCFC) diklasifikasikan sebagai bahan kawalan di bawah Annex C Kumpulan-I Protokol Montreal dan tertakluk kepada jadual penghapusan yang ditetapkan bagi Negara Artikel-5 yang bermula pada tahun 2013. HCFC digunakan di Malaysia sebagai alternatif bagi CFC dalam pelbagai sektor industri seperti penyaman udara, peti sejuk, sektor busa, alat pemadam api dan bahan pelarut. Malaysia dan negara-negara parti Protokol Montreal melaksanakan Pelan Pengurusan Penghapusan HCFC (HPMP) dengan menggunakan teknologi alternatif di dalam sistem penyaman udara dan peti sejuk. Selain itu, tindakan perundangan dilaksanakan untuk mengawal pengimportan dan penggunaan HCFC dalam pembuatan dan penyelenggaraan peralatan RAC.

1.2 UNDANG-UNDANG YANG BERKAITAN DI MALAYSIA

1.2.1 Kawalan Penggunaan dan Pengendalian Bahan Refrigeran

Peraturan-Peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Pengurusan Refrigeran) 2020 (ANNEX 1) digazet pada 2 Mac 2020 dan berkuatkuasa mulai 1 Jun 2020. Peraturan ini diwujudkan bagi mengawal penggunaan dan pengendalian bahan refrigeran yang membahayakan alam sekeliling selaras dengan komitmen negara di bawah Protokol Montreal. Kesalahan-kesalahan di bawah peraturan tersebut boleh didenda tidak melebihi satu ratus ribu ringgit atau dipenjarakan selama tempoh dua tahun atau kedua-duanya.

Peraturan-peraturan yang perlu dipatuhi oleh juruteknik penyelenggaraan RAC adalah seperti yang berikut:

Peraturan 3: Larangan penggunaan refrigeran

1. Tiada seorang pun boleh menggunakan mana-mana refrigeran yang dinyatakan dalam Jadual Pertama dalam pengilangan atau pemasangan atau apa-apa kelengkapan penyejukan atau penyaman udara.
2. Tiada seorang pun boleh menggunakan mana-mana refrigeran yang dinyatakan dalam Jadual Kedua dalam pengilangan atau pemasangan apa-apa kelengkapan penyaman udara dengan 2.5 kuasa kuda (25,000 Btu/jam) dan ke bawah untuk kegunaan di Malaysia.

Peraturan 4: Penggunaan refrigeran tertakluk kepada kelulusan

1. Tiada seorang pun boleh menggunakan mana-mana refrigeran yang dinyatakan dalam Jadual Kedua dalam pengilangan atau pemasangan apa-apa kelengkapan penyaman udara dengan lebih daripada 2.5 kuasa kuda (25,000 Btu/jam) untuk digunakan sama ada di dalam atau di luar Malaysia tanpa mendapatkan kelulusan bertulis Ketua Pengarah terlebih dahulu.
2. Ketua Pengarah hanya boleh memberikan kelulusan di bawah subperaturan (1) jika Ketua Pengarah berpuas hati bahawa tidak terdapat benda alternatif lain yang sesuai untuk digunakan bagi jenis kelengkapan penyejukan atau penyaman udara tertentu itu melainkan mana-mana refrigeran yang dinyatakan dalam Jadual Kedua.

Peraturan 5: Syarat ke atas orang yang menggunakan refrigeran

1. Tiada seorang pun boleh membaiki atau menyelenggara apa-apa kelengkapan penyejukan atau penyaman udara, atau membaiki, menyelenggara atau melaras apa-apa sistem penyejukan atau penyaman udara sekiranya pembaikan, penyelenggaraan atau pelarasan itu melibatkan penggunaan refrigeran melainkan jika orang itu sudah dilatih dan telah menghadiri mana-mana kursus bagi pengendalian refrigeran yang diperaku oleh Ketua Pengarah.
2. Mana-mana orang yang menjalankan apa-apa pembaikan, penyelenggaraan atau pelarasan di bawah subperaturan (i) –
 - a. Hendaklah mematuhi dokumen panduan teknikal yang dikeluarkan oleh Ketua Pengarah.
 - b. Hendaklah memastikan bahawa apa-apa bekas atau produk yang mengandungi refrigeran dilabel mengikut jenisnya dan label itu dipamerkan dan boleh dilihat.
3. Mana-mana orang yang menjalankan apa-apa pemuliharaan atau kitar semula yang melibatkan penggunaan refrigeran hendaklah menggunakan mesin pemuliharaan dan kitar semula, mengikut mana-mana yang berkenaan, yang mengikut standard AHR1 740, ISO 11650 atau EN 35421, atau mana-mana standard antarabangsa lain atau standard Malaysia yang setara.

Peraturan 7: Larangan pelepasan refrigeran

1. Tiada seorang pun boleh melepaskan apa-apa refrigeran ke dalam alam sekeliling.

Peraturan 9: Pelupusan refrigeran

1. Tiada seorang pun boleh melupuskan apa-apa refrigeran kecuali di premis yang ditetapkan di bawah Perintah Kualiti Alam Sekeliling (Premis Yang Ditetapkan) (Kemudahan Pengolahan dan Pelupusan Buangan Terjadual) 1989 [PU(A) 140/1989].

Peraturan 11: Rekod hendaklah disimpan

1. Mana-mana orang yang menjalankan apa-apa perniagaan atau pemuliharaan, kitar semula atau pelupusan refrigeran hendaklah, selama tempoh sekurang-kurangnya tiga tahun dari tarikh menjalankan perniagaan, pemuliharaan, kitar semula atau pelupusan itu, menyimpan dan menyelenggara rekod tentang perniagaan, pemuliharaan kitar semula atau pelupusan itu dan mengemas kini inventori di dalam premis di tempat perniagaan pemuliharaan, kitar semula atau pelupusan itu dijalankan, dan rekod inventori itu hendaklah sedia untuk diperiksa oleh mana-mana pegawai yang diberikan kuasa.
2. Melainkan jika diarahkan selainnya oleh Ketua Pengarah, orang yang disebut dalam subperaturan (i) hendaklah menyediakan dan menemukakan laporan tentang inventori itu kepada Ketua Pengarah pada atau sebelum 31 Januari setiap tahun.

1.2.2 Kawalan Import dan Eksport

Jabatan Kastam Diraja Malaysia telah merangkumkan bahan CFC, Halon dan Karbon Tetraklorida (CTC) ke dalam Jadual Pertama, Perintah Kastam (Larangan Mengenai Import) dan Perintah Kastam (Larangan Mengenai Eksport) pada tahun 2010 yang menyatakan larangan mutlak terhadap pengimportan dan pengeksportan bahan-bahan tersebut.

Kabinet Malaysia bersetuju pada 25 Mac 2011 untuk melaksanakan kawalan kuota pengimportan dan pengeksportan HCFC melalui mekanisme Permit Kelulusan (AP). Pindaan Baru Perintah Kastam 2012 P.U (A) 192/2012 diwartakan pada 31 Disember 2012 dengan memasukkan senarai HCFC ke dalam Jadual Kedua Perintah tersebut dan mula berkuatkuasa pada 1 Januari 2013.

Permit Kelulusan (AP) import dan eksport diproses oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS) bagi empat puluh (40) jenis HCFC. Bermula pada 1 Mac 2013, semua permohonan AP perlu dikemukakan secara dalam talian melalui sistem e-permit.

Perintah Duti Kastam telah dipinda dan dikemas kini pada tahun 2020 untuk mengambil kira kod "Harmonization Standard" (kod HS) bagi bahan-bahan HFC. Kawalan import dan eksport bagi HFC bermula pada 1 Mac 2020.

1.3 LAPISAN OZON

Lapisan ozon ditemui di lapisan stratosfera iaitu kira-kira 15 hingga 35 kilometer dari aras permukaan bumi. Walaupun ozon ialah bahagian yang sangat kecil di atmosfera kita, kehadirannya penting untuk kesejahteraan manusia. Ia menjadi perisai dan pelindung yang menyerap sebahagian daripada sinaran ultraviolet (UV) yang berbahaya daripada matahari yang boleh menyebabkan kanser kulit dan kerosakan pada tumbuh-tumbuhan.

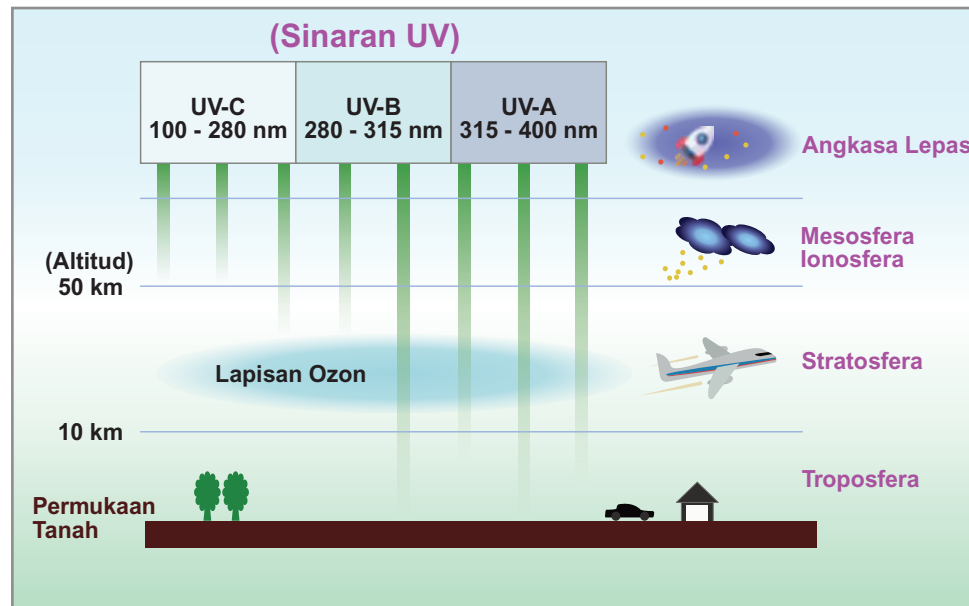


Rajah 1.2: Lapisan Ozon

Lapisan ozon adalah sangat penting bagi kehidupan manusia kerana ia menyerap sinaran radiasi UV yang berbahaya daripada matahari. Selain sinaran yang boleh dilihat, sinaran matahari yang sampai ke bumi mengandungi UV yang berbahaya terhadap hidupan di bumi. Lapisan ozon bertindak sebagai penapis yang menapis hampir kesemua sinaran UV yang berbahaya daripada sampai ke permukaan bumi.

Ahli-ahli sains mengklasifikasikan sinaran UV kepada 3 jenis seperti yang berikut:

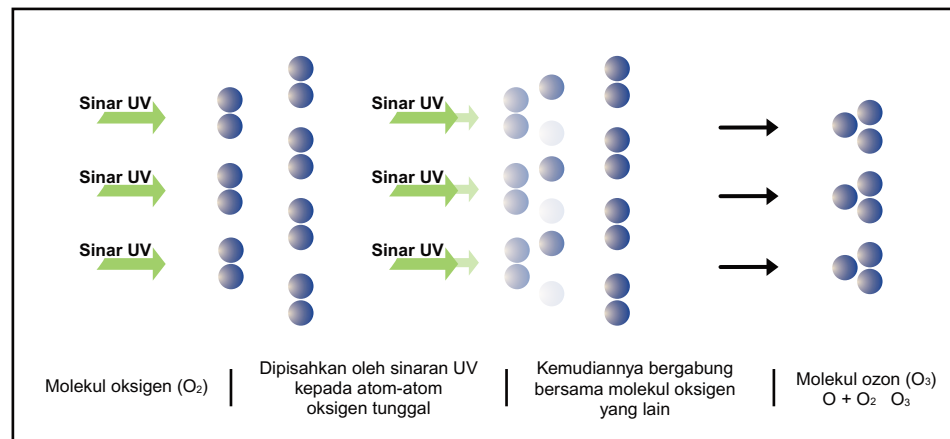
- a. **UV-A:** tidak diserap oleh lapisan ozon dan tidak berbahaya.
- b. **UV-B:** sebahagiannya diserap oleh lapisan ozon dan sinaran adalah berbahaya kepada kesihatan manusia dan alam sekitar.
- c. **UV-C:** diserap sepenuhnya oleh lapisan ozon dan sinaran boleh membawa maut.



Rajah 1.3: Peranan Lapisan Ozon

Molekul ozon terdiri daripada tiga atom oksigen. Molekul-molekul ozon mewujudkan lapisan ozon dalam stratosfera yang terletak di bahagian atas atmosfera. Lapisan ozon ialah perisai yang menghalang sinaran UV matahari. Oleh itu, ia penting bagi semua hidupan di bumi. Molekul ozon sentiasa dibentuk dan dimusnahkan di dalam lapisan ozon tersebut. Walau bagaimanapun, jumlah molekul kekal stabil. Ozon boleh juga terhasil secara semula jadi melalui cas elektrik di dalam petir. Di dalam lapisan ozon, molekul ozon dihasilkan dengan cara yang berikut:

- Tenaga matahari memecahkan satu molekul oksigen (O_2) kepada dua atom oksigen tunggal (O dan O).
- Salah satu atom oksigen tunggal bergabung dengan molekul oksigen untuk membentuk molekul ozon ($O + O_2 \rightarrow O_3$).

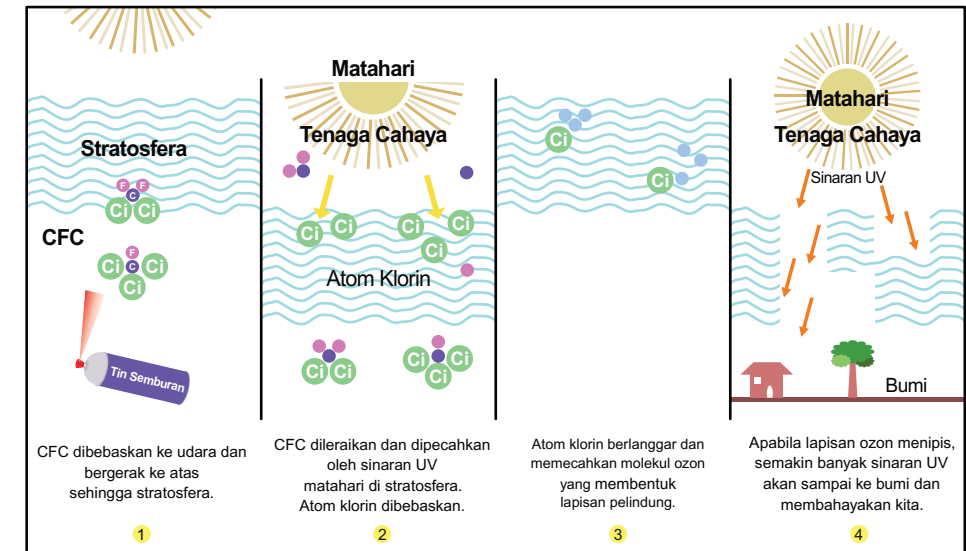


Rajah 1.4: Pembentukan Ozon

1.4 PROSES PEMUSNAHAN OZON

Ozon ialah molekul yang stabil. Ia tidak bertindak balas dengan mudah dengan bahan-bahan lain di dalam atmosfera. Oleh itu, molekul ozon yang terbentuk akan bergerak ke atas dan terkumpul di atas atmosfera.

BPO seperti CFC juga ialah molekul yang sangat stabil dan hanya dapat dipisahkan apabila terdedah kepada sinaran UV yang kuat. Apabila ini berlaku, molekul CFC membebaskan satu atom klorin dan menjadi atom radikal bebas yang menyerang molekul ozon, lalu menyebabkan kemusnahan molekul ozon. Satu atom klorin mempunyai jangka hayat selama 100 tahun. **Rajah 1.5** di bawah menunjukkan proses pemusnahan molekul ozon.



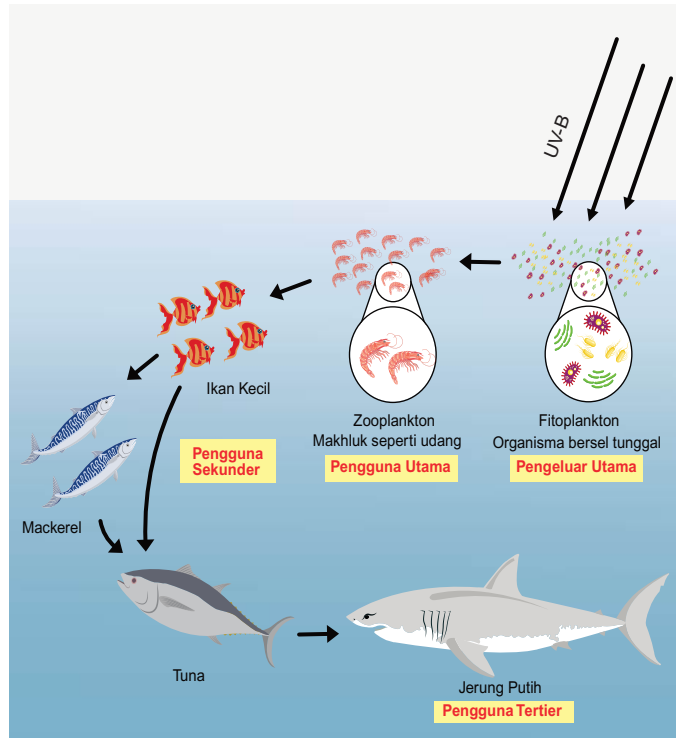
Rajah 1.5: Proses Penipisan Ozon

Kesan Pemusnahan Ozon

Pemusnahan molekul menyebabkan lapisan ozon yang merupakan perisai semula jadi bagi bumi menjadi nipis. Penipisan ini boleh mengakibatkan sinaran UV-B yang berbahaya sampai ke permukaan bumi lalu menyebabkan kesan buruk kepada semua hidupan di bumi. Pendedahan kepada sinaran UV yang tinggi boleh menyebabkan kesan yang serius terhadap manusia, haiwan dan tumbuh-tumbuhan. Berikut ialah kesan sinaran UV terhadap hidupan di bumi:

a) Kerosakan kepada Hidupan Laut

- Plankton (mikroorganisma pada lapisan permukaan lautan) terancam oleh peningkatan sinaran UV. Plankton merupakan organisma pertama dalam rantai makanan akuatik. Kekurangan plankton amat memberikan kesan kepada keseimbangan ekosistem marin.
- Pengurangan plankton boleh mengganggu rantai makanan air tawar dan air masin serta boleh menyebabkan kepupusan beberapa spesies dalam kehidupan akuatik.
- Kehilangan kepelbagaian biodiversiti di lautan, sungai dan tasik juga akan mengurangkan hasil tangkapan ikan.



Rajah 1.6: Rantaian Makanan Laut

b) Pengurangan Pengeluaran Bijirin dan Tanaman

Beberapa spesies tanaman utama di dunia yang terdedah kepada peningkatan sinaran UV memberikan impak terhadap ketahanan semula jadi pokok dan menyebabkan pertumbuhan terencat serta berpenyakit. Beberapa penyakit tanaman yang disebabkan oleh sinaran UV adalah seperti nekrosis dan lesi. Spesies tumbuhan yang terlibat adalah gandum, beras, barli, oat dan sebagainya.



Rajah 1.7: Kesan Terhadap Tumbuhan

c) Kesan Terhadap Kesihatan Manusia

- Kanser kulit
- Katarak, buta dan penyakit mata lain: Sinaran UV boleh merosakkan beberapa bahagian mata, termasuk kanta, kornea, retina dan konjunktiva
- Melemahkan sistem imunisasi manusia (*immunosuppression*)



Rajah 1.8: Katarak dan Kulit Manusia Normal (Kiri) manakala Kulit Mengalami Sistem Imunisasi yang Lemah (Kanan)

d) Kerosakan Bahan-Bahan Pembinaan

Kayu, plastik, getah, kain dan bahan pembinaan lain rosak akibat terdedah kepada sinaran UV.



Rajah 1.9: Sinaran UV Mempercepat Proses Kerosakan Bahan Binaan

1.5 BAHAN PEMUSNAH OZON (BPO)

Bahan kimia yang memusnahkan lapisan ozon stratosfera dipanggil Bahan Pemusnah Ozon (BPO) atau ODS (*Ozone Depleting Substances*). Bahan kimia ini ialah buatan manusia.

Jenis-jenis BPO yang utama adalah seperti yang berikut:

a. Klorofluorokarbon (CFC)

CFC ialah bahan yang hanya terdiri daripada atom-atom klorin, fluorin dan karbon sahaja. CFC telah wujud sejak tahun 1928 dan ia selamat, stabil, tidak mudah terbakar, ketoksikan rendah dan murah. CFC digunakan sebagai refrigeran (dalam peti sejuk, penyaman udara), sebagai bahan propelan di dalam penyembur aerosol, pelarut, agen pengembang busa dan digunakan dalam aplikasi kecil yang lain.

b. Hidroklorofluorokarbon (HCFC)

HCFC ialah bahan yang terdiri daripada atom hidrogen, klorin, fluorin dan karbon. Ia digunakan secara meluas dalam peti sejuk, busa, pelarut, aerosol dan alat pemadam api dan juga sebagai pengganti CFC pada tahun 1990-an. HCFC juga digunakan sebagai bahan mentah dalam pengeluaran bahan kimia lain.

c. Halon

Halon digunakan dalam sistem pemadaman api bangunan, kapal terbang, jet pejuang, kapal selam dan tempat-tempat sensitif seperti *substation* TNB dan *safe deposit bank* untuk mencegah terjadinya kebakaran dan mengurangkan

kerusakan yang disebabkan oleh kebakaran. Namun, kandungan di dalam Halon seperti bromin dan klorin berpotensi untuk merosakkan lapisan ozon dengan cara merosakkan molekul ozon dan menipiskan lapisan ozon apabila dilepaskan ke atmosfera. Oleh itu, penggunaan Halon telah dilarang di Malaysia sebagai sebahagian daripada komitmen negara dalam mematuhi Protokol Montreal dan melindungi lapisan ozon.

d. Metil Bromida

Metil bromida digunakan sebagai racun makhluk perosak dalam fumigasi tanah, rawatan kuarantin pra-perkapalan dan penyelenggaraan rumput di padang golf. Malaysia melalui Jabatan Pertanian telah mengambil langkah-langkah untuk memperlakan dan menghapuskan penggunaan metil bromida sepenuhnya dengan menggunakan florida sulfurik sebagai bahan alternatif untuk menggantikan metil bromida.

BPO digunakan dalam pelbagai aplikasi harian seperti yang berikut:

Penggunaan BPO dalam Pelbagai Aplikasi Harian	
a. Sistem Penyaman Udara  Rajah 1.10: Sistem Penyaman Udara Bangunan dan Kenderaan  Rajah 1.11: Penyaman Udara Bangunan Jenis Berpusat	
b. Sistem Penyejukbekuan  Rajah 1.12: Peti Sejuk dan Kabinet Penyejukbekuan Komersial	c. Sistem Pemadam Api  Rajah 1.13: Alat Pemadam Api
d. Aerosol/Propelan  Rajah 1.14: Aerosol/Propelan	e. Agen Pengembang dalam Industri Pembuatan Busa  Rajah 1.15: Panel yang Digunakan dalam Pembinaan Bumbung atau Coldroom

f. Pelarut



Rajah 1.16: Pelarut

g. Racun Makhluk Perosak



Rajah 1.17: Racun Makhluk Perosak

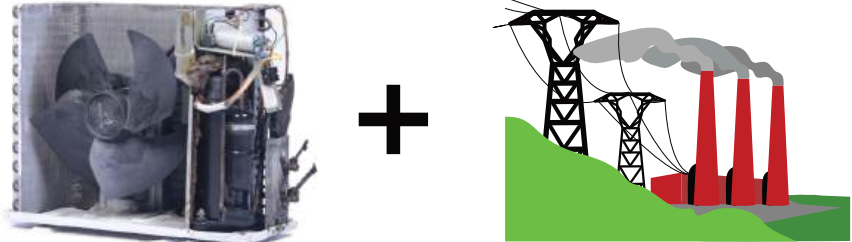
1.6 KESAN PERUBAHAN IKLIM AKIBAT PENGGUNAAN SISTEM PENYAMAN UDARA

Tenaga yang diperoleh daripada bahan api fosil ialah penyumbang langsung kepada pembebasan gas rumah kaca terutamanya gas karbon dioksida (CO₂).

Penggunaan tenaga bagi sistem peralatan RAC menyumbang kepada kesan rumah kaca. Selain itu, refrigeran yang dilepaskan ke udara juga menyebabkan kesan rumah kaca kerana ia mempunyai Potensi Pemanasan Global (*Global Warming Potential - GWP*) yang tinggi.

Penggunaan tenaga dan pelepasan refrigeran diambil kira sebagai TEWI (*Total Equivalent Warming Impact - Jumlah Kesan Pemanasan Setaraf*).

Sepanjang kitaran hidup peralatan RAC, sejumlah besar elektrik akan digunakan untuk pengeluaran elektrik intensif karbon, pelepasan dianggarkan sekitar 1 kg daripada CO₂ per kWh.



CO₂ dilepaskan daripada penjaan elektrik.

Pelepasan Refrigeran:
Pemasangan/Penyelenggaraan + Kebocoran + Kegagalan + Rosak

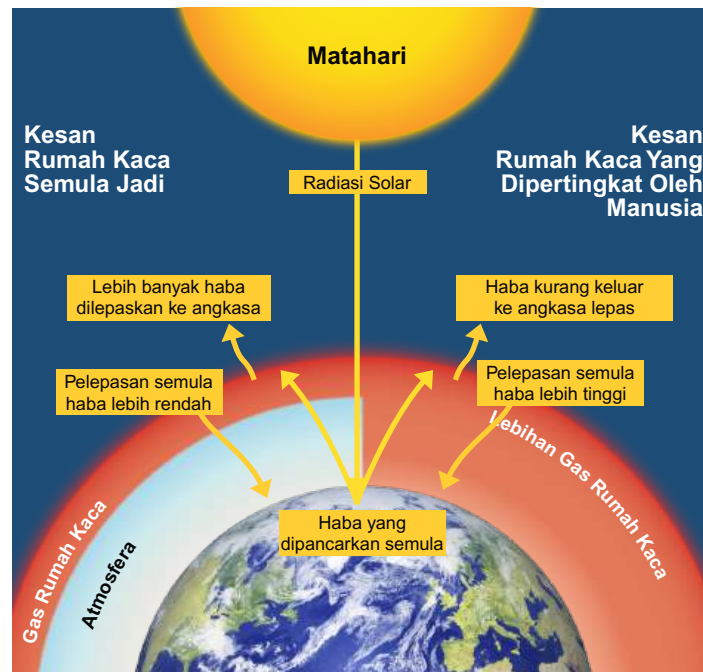
Pelepasan CO₂ disebabkan oleh tenaga yang dihasilkan untuk menjalankan pemanasan, penyejukan dan penyaman udara.

1 kg R-22 =	1,820 kg CO ₂
1 kg R-134a =	1,430 kg CO ₂
1 kg R-410a =	2,088 kg CO ₂
1 kg R-404a =	3,922 kg CO ₂

Rajah 1.18: Sumbangan Penyaman Udara kepada Perubahan Iklim

Pemanasan Global

Satu lagi kesan refrigeran kepada alam sekitar yang berkaitan dengan fenomena pemanasan global juga dikenali sebagai "Kesan Rumah Kaca".



Rajah 1.19: Kesan Rumah Kaca

Nilai Pemanasan Global pada had tertentu diperlukan oleh hidupan di bumi. Walau bagaimanapun, sebahagian daripada gas-gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), nitrus oksida (NO), sulfur hexafluorida (SF_6), Halokarbon dan Perfluorokarbon (PFC) pada dasarnya dihasilkan melalui aktiviti manusia. Pelepasan gas rumah kaca mempercepat pemanasan global yang memberikan ancaman kepada semua benda hidup di bumi.

Sejak ratusan tahun dahulu, suhu purata global telah meningkat daripada 0.3°C kepada 0.6°C . Akibatnya, air laut telah bertambah dan kawasan ais terutamanya di Kutub Utara mula mencair. Kejadian ini menyebabkan peningkatan paras air laut. Peningkatan sebanyak 4-10 inci bagi paras air laut dunia telah dilaporkan sejak 100 tahun yang lalu. Peningkatan ini juga memberikan kesan kepada corak taburan hujan pada bahagian tertentu di dunia dan mempengaruhi keseimbangan keseluruhan ekosistem.



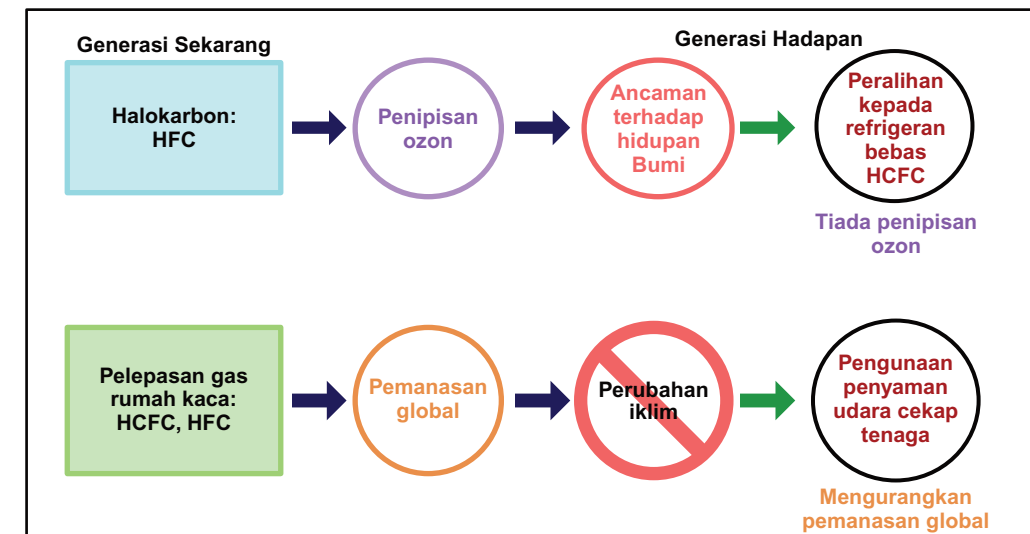
Rajah 1.20: Kehilangan Jisim Ais

Potensi Pemanasan Global (GWP)

GWP ialah ukuran relatif berkenaan jumlah haba yang terperangkap di atmosfera melalui gas rumah kaca. Ia membandingkan jumlah haba yang terperangkap oleh jisim gas yang berkenaan kepada jumlah haba yang terperangkap dalam jisim gas karbon dioksida yang sama. GWP dikira sepanjang selang masa tertentu, biasanya 20, 100 atau 500 tahun.

GWP dinyatakan sebagai faktor asas gas karbon dioksida (nilai GWP 1). Sebagai contoh, nilai 20 tahun GWP metana ialah 86, yang bermaksud jika jisim metana dan karbon dioksida yang sama berada di dalam atmosfera, keupayaan metana untuk memerangkap haba ialah 86 kali lebih daripada karbon dioksida itu dalam tempoh 20 tahun akan datang.

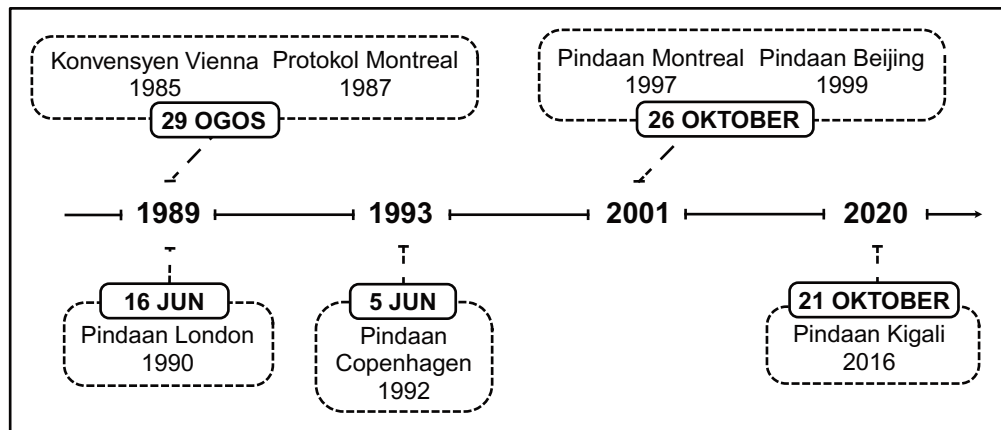
HCFC dan HFC merupakan gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global. Oleh itu, penggunaan refrigeran dengan cara yang betul perlu ditekankan. Pertimbangan yang dibuat pada hari ini boleh memberikan kesan yang besar kepada generasi akan datang.



Rajah 1.21: Mitigasi terhadap Kemerosotan Alam Sekitar

1.7 PROTOKOL MONTREAL

Protokol Montreal merupakan satu perjanjian antarabangsa. Ia mengawal pengeluaran dan penggunaan BPO bagi melindungi dan memulihkan lapisan ozon. Sehingga kini, 198 negara telah meratifikasi Protokol Montreal ke atas bahan pemusnah lapisan ozon. Malaysia meratifikasi Protokol tersebut pada 29 Ogos 1989 dan yang terbaru telah meratifikasi Pindaan Kigali pada 21 Oktober 2020 seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah 1.22.



Rajah 1.22: Status Ratifikasi Protokol Montreal

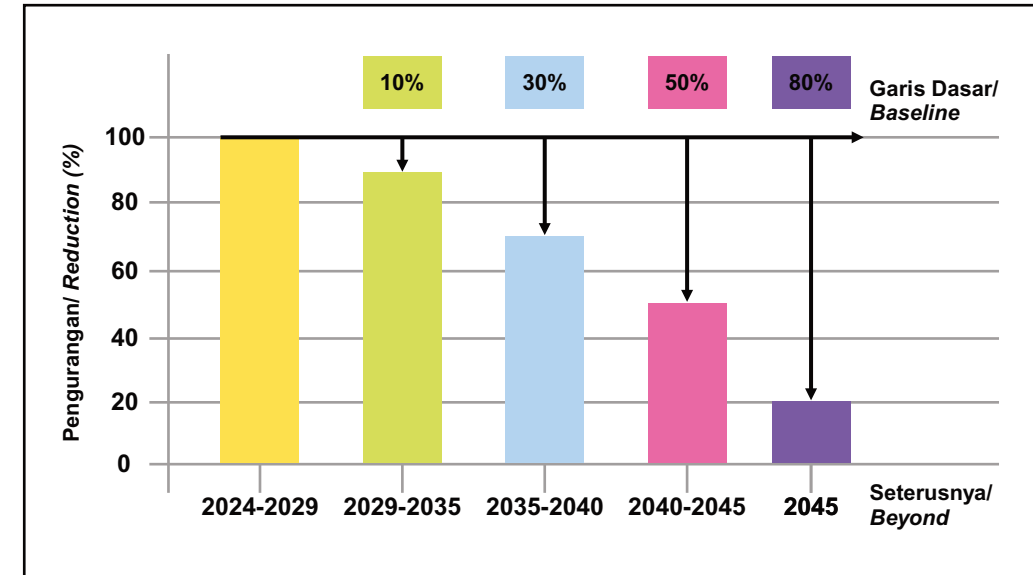
Malaysia berjaya mencapai obligasi Protokol Montreal dengan menghapuskan sepenuhnya bagi penggunaan CFC, Halon dan Karbon Tetraklorida (CTC) sejak 1 Januari 2010. Obligasi seterusnya bagi Malaysia adalah penghapusan sepenuhnya penggunaan HCFC menjelang tahun 2040 seperti yang ditunjukkan di dalam **Jadual 1.1**.

Jadual 1.1: Sasaran Malaysia dalam Penghapusan HCFC

Sasaran	Tahap Penggunaan Maksimum (ODP tan)
1 Januari 2013	515.8
1 Januari 2015	464.2
1 Januari 2020	335.3
1 Januari 2025	167.6
1 Januari 2030	12.89 (Hanya untuk servis)
1 Januari 2040	0 (Larangan import mutlak)

Pindaan Kigali telah dipersetujui oleh semua negara parti di bawah Protokol Montreal bagi mengawal pengeluaran dan penggunaan HFC yang merupakan gas rumah kaca yang mempunyai GWP yang tinggi. HFC digunakan secara meluas sebagai alternatif kepada CFC dan HCFC. Penggunaan HFC telah dibekukan pada garis dasar bermula pada 1 Januari 2024 dan sasaran menjelang tahun 2045, penggunaan HFC akan dikurangkan sebanyak 80% daripada garis dasar seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 1.23**.

Sebagai Negara Artikel 5 (Kumpulan 1), Malaysia akan mula membekukan penggunaan HFC pada garis dasar bermula pada tahun 2024. Pindaan Kigali memerlukan Malaysia untuk mengurangkan penggunaan HFC sebanyak 80% secara berperingkat menjelang penghujung tahun 2045. Persediaan strategi pengurangan penggunaan HFC telah mula dirancang bagi mematuhi obligasi terhadap Protokol Montreal. Adalah menjadi satu keperluan untuk bertukar kepada refrigeran rendah GWP, teknologi cekap tenaga dan seterusnya mengurangkan potensi berlakunya kebocoran refrigeran semasa pengendalian dan penyelenggaraan. Pengurangan penggunaan HFC di bawah Pindaan Kigali dijangkakan boleh mengelakkan peningkatan 0.5°C suhu global menjelang tahun 2100.



Rajah 1.23: Sasaran Penghapusan HFC

BAB

02

REFRIGERAN DAN SIFAT-SIFATNYA

KANDUNGAN

2.1	PENGENALAN	19
2.2	JENIS-JENIS REFRIGERAN	19
2.2.1	Klorofluorokarbon (CFC)	20
2.2.2	Hidroklorofluorokarbon (HCFC)	21
2.2.3	Hidrofluorokarbon (HFC)	22
2.2.4	Hidrokarbon (HC)	23
2.2.5	Inorganik	25
2.2.6	Hidrofluoroolefin (HFO)	28
2.2.7	Hidroklorofluoroolefin (HCFO)	28
2.2.8	Refrigeran Campuran	29
2.3	ISU REFRIGERAN ALTERNATIF	31
2.4	LUNCURAN SUHU (<i>TEMPERATURE GLIDE</i>)	32
2.5	RISIKO PENGGUNAAN REFRIGERAN	33
2.6	PENGENDALIAN REFRIGERAN	33
2.7	PEMILIHAN REFRIGERAN	34
2.8	ASPEK KESELAMATAN REFRIGERAN	35
2.9	KLASIFIKASI REFRIGERAN	35
2.10	HAD KEMUDAHBAKARAN (<i>FLAMMABILITY</i>) REFRIGERAN MUDAH TERBAKAR	36
2.11	SIFAT ASAS REFRIGERAN YANG MUDAH TERBAKAR	37

BAB 2

REFRIGERAN DAN SIFAT-SIFATNYA

2.1 PENGENALAN

Refrigeran ialah bahan kimia yang digunakan dalam mekanisme penyejukan, seperti sistem RAC, sebagai pemindah haba yang berubah daripada wap ke cecair dan kembali kepada wap dalam kitaran penyejukan. Adalah penting untuk mempertimbangkan keadaan operasi pada kedua-dua tekanan rendah dan tinggi dalam sistem.

Di bawah Protokol Montreal, penghapusan HCFC memberikan laluan kepada refrigeran alternatif yang lebih mesra ozon. Ia termasuk hidrofluorokarbon (HFC), hidrokarbon (HC), ammonia (NH₃), karbon dioksida (CO₂) dan refrigeran-refrigeran lain.

2.2 JENIS-JENIS REFRIGERAN

Jadual 2.1 menunjukkan jenis-jenis refrigeran, nama kimia, nilai Potensi Pemusnahan Ozon (ODP), nilai GWP dan penggunaannya dalam sektor RAC.

Jadual 2.1: Jenis-Jenis Refrigeran

Nombor Refrigeran	Jenis Refrigeran	Nama Kimia	CDP	GWP*	Aplikasi
R-11	CFC	Trichlorofluoromethane	1	400	Centrifugal compressors. Loji komersial besar
R-12	CFC	Dichlorodifluoromethane	1	10,900	Reciprocating compressors. Unit kecil (contoh: peti sejuk)
R-22	HCFC	Tetrafluoroethane	0.05	1,820	Penggunaan secara meluas dalam sektor RAC (heat pump)
R-123	HCFC	Pentafluoropropane	0.02	93	Chiller kegunaan industri alternatif kepada R11
R-32	HFC	Difluoromethane	0	675	AC
R-125	HFC	Pentafluorodimethyl ether	0	3,500	Komponen dalam refrigeran campuran
R-134a	HFC	Tetrafluoroethane	0	1,430	Self-contained AC, mobile AC, chillers, domestic commercial/ industrial/ transport refrigeration
R-143a	HFC	1,1,1-Trifluoroethane	0	4,470	Komponen dalam refrigeran campuran
R-152a	HFC	1,1-Difluoroethane	0	142	Komponen dalam refrigeran campuran
R-404A	HFC	R-125/R-143a/R-134a (44.0/52.0/4.0)	0	3,922	Penyejukbekuan pada suhu rendah dan sederhana, ships AC
R-407A	HFC	R-32/R-125/R-134a (29.0/40.0/40.0)	0	2,107	Penyejukbekuan
R-407C	HFC	R-32/R-125/R-134a (44.0/40.0/16.0)	0	1,774	Medium temp refrigeration, chiller, AC in mass transit systems (trains)
R-407F	HFC	R-32/R-125/R-134a (30.0/30.0/40.0)	0	1,825	Replacement for R-404A and R-507A in low- and medium-temp refrigeration, AC for data centres
R-410A	HFC	R-32/R-125 (50.0/50.0)	0	2,088	AC, chillers
R-417A	HFC/HC	R-125/R-134a/R-600 (46.6/50.0/3.4)	0	2,346	Retrofit of R-22 in heat pumps, cooling system in ships
R-427A	HFC	R-32/R-125/R-143a/R-134a (15.0/25.0/10.0/50.0)	0	2,138	Retrofit of R-22 in low, medium and high-temp refrigeration
R-438A	HFC/HC	R-32/R-125/R-134a/R-600/R-601a (8.5/45.0/44.2/1.7/0.6)	0	2,265	Retrofit of R-22 in AC
R-448A	HFC/HFO	R-32/R-125/R-1234yf/R-134a/R-1234ze(E) (26.0/26.0/20.0/21.0/7.0)	0	1,386	Suhu rendah dan sederhana (penggantian untuk R-404A)

Nombor Refrigeran	Jenis Refrigeran	Nama Kimia	CDP	GWP*	Aplikasi
R-452A	HFC/HFO	R-32/R-125/R-1234yf (11.0/59.0/30.0)	0	2,140	Suhu rendah dan sederhana (penggantian untuk R-404A), transport refrigeration
R-452B	HFC/HFO	R-32/R-125/R-1234yf (67.0/7.0/26.0)	0	698	AC, chillers (penggantian untuk R-410A)
R-454A	HFC/HFO	R-32/R-1234yf (35.0/65.0)	0	239	Penyejukbekuan pada suhu rendah dan sederhana (penggantian untuk R-404A)
R-454B	HFC/HFO	R-32/R-1234yf (68.9/31.1)	0	467	AC (penggantian untuk R-410A)
R-507A	HFC	R-125/R-143a (50.0/50.0)	0	3,985	Penyejukbekuan pada suhu rendah dan sederhana, chillers
R-508B	HFC/PFC	R-23/R-116 (46.0/54.0)	0	14,300	Ultra low temp refrigeration
R-290	HC	Propane	0	3	Peti sejuk komersial
R-600a	HC	Isobutane	0	3	Peti sejuk domestik
R-454C	HC	R-32/R-1234yf (21.5/78.5)	0	148	AC (penggantian untuk R-410A)
R-455A	HC	R-744/R-32/R-1234yf (3.0/21.5/75.5)	0	148	Penyejukbekuan pada suhu rendah, sederhana dan tinggi (penggantian untuk R-404A)
R-123yf	HFO	Tetrafluoropropane	0	4	Penggantian untuk R-134a
R-123ze	HFO	1,3,3,3-Tetrafluoropropene	0	7	Penggantian untuk R134a pada suhu sederhana bagi sistem RAC
R-1233zd	HFO	trans-1,1,1,4,4,4-hexafluoro-2-butene	0	4.5	Centrifugal chillers

Nota: Penetapan refrigeran perlu menggunakan kelas atau "R" di hadapan angka contohnya CFC-11 atau R-11, atau kedua-duanya contohnya HCFC R-22.

Sumber: American Society Of Heating, Refrigeration And Air Conditioning Engineers (ASHRAE)
Laman sesawang: <https://www.ashrae.org/technical-resources/standards-and-guidelines/ashrae-refrigerant-designations>

GWP*: Climate Change 2007, the Fourth Assessment Report (AR4) of the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

2.2.1 Klorofluorokarbon (CFC)

Molekul CFC terdiri daripada atom-atom seperti klorin, fluorin dan karbon. Refrigeran ini sangat stabil dan **TIDAK** mudah terurai apabila dilepaskan ke atmosfera. CFC mempunyai ODP yang tinggi iaitu 1.0. Satu atom klorin tunggal boleh memusnahkan 100,000 molekul ozon.

Rajah 2.1 menunjukkan jenis-jenis refrigeran CFC, dan **Jadual 2.2** menunjukkan sifat-sifat refrigeran R-11 dan R-12.



Rajah 2.1: Kod Warna Silinder CFC

Jadual 2.2: Sifat-Sifat R-11 dan R-12

R-11	R-12
- Digunakan di dalam sistem <i>chiller</i> yang bertekanan rendah. - Langkah keselamatan perlu dititikberatkan semasa mengendalikan refrigeran ini. - Sebatian yang sangat stabil, jangka hayat di atmosfera 45 ke 90 tahun atau lebih lama. - Nilai ODP yang tinggi. - Nilai GWP yang tinggi.	- Digunakan di dalam sistem penyamanan udara automotif, sistem RAC yang kecil, sederhana dan sistem <i>chiller</i> besar tertentu. - Sebatian yang sangat stabil, hayat atmosfera 75 ke 120 tahun atau lebih lama. - Nilai ODP yang tinggi. - Nilai GWP yang tinggi.

2.2.2 Hidroklorofluorokarbon (HCFC)

HCFC ialah refrigeran yang mengandungi atom-atom seperti hidrogen, klorin, fluorin dan karbon. HCFC bukan gas semula jadi. Ia bahan kimia buatan manusia. HCFC yang biasa digunakan dalam sektor RAC dikenali sebagai R-22 dan R-123. Ia refrigeran yang digunakan secara meluas di dalam industri RAC. **Rajah 2.2** menunjukkan kod warna bagi refrigeran HCFC.



Rajah 2.2: Kod Warna Silinder HCFC

A. R-22

R-22 ialah refrigeran yang popular dalam kalangan semua HCFC yang biasa digunakan dalam pelbagai sistem RAC termasuk di dalam kediaman, komersial dan industri seperti yang ditunjukkan di dalam **Jadual 2.3**.

Jadual 2.3: Sifat-Sifat R-22

Ciri-ciri	Formula: CHClF_2 Jisim molar: 86.45 g/mol Ketumpatan: 3,65 kg/m ³ Takat didih: -40.81 °C Klasifikasi keselamatan: A1 Nilai GWP: 1,810
-----------	--

B. R-123

Jadual 2.4 menunjukkan sifat bagi R-123. R-123 ialah refrigeran HCFC bagi pengubahsuaian (*retrofit*) R-11 di dalam sistem *centrifugal chiller* yang bertekanan rendah (*low-pressure centrifugal chillers*). Penggunaan R-123 di dalam *centrifugal chiller* menghasilkan alat yang cekap tenaga dan mempunyai ODP yang rendah.

Jadual 2.4: Sifat-Sifat R-123

Ciri-ciri	Formula: CHCl_2CF_3 Jisim molar: 152.9 g/mol Ketumpatan: - Takat didih: 27.82 °C Klasifikasi keselamatan: B1 Nilai GWP: 77
-----------	---

2.2.3 Hidrofluorokarbon (HFC)

HFC mengandungi atom-atom hidrogen, fluorin dan karbon. Refrigeran HFC yang sering digunakan ialah R-134a, R-32, R-125 dan R-143a. Refrigeran R-134a dan R-32 sering digunakan di dalam sektor RAC. Refrigeran R-125 dan R-143a pula kebanyakannya wujud di dalam campuran seperti R-404A, R-407C, R-410A dan lain-lain.

HFC digunakan dalam skala yang besar sejak tahun 1990-an dalam aplikasi yang asalnya menggunakan CFC dan HCFC, termasuk penyejukbekuan domestik dan komersial, penyimpanan sejuk beku, penyaman udara kenderaan, refrigeran pengangkutan, penyaman udara tetap dan *chiller*. HFC merupakan bahan kimia yang stabil. Walau bagaimanapun, ia tidak sesuai digunakan sebagai pelincir, maka minyak sintetik yang tertentu perlu digunakan.

A. R-134a

R-134a ialah refrigeran alternatif untuk R-12. Ia digunakan di dalam sistem penyejukbekuan komersial yang bersuhu sederhana dan tinggi, juga di dalam sistem *chiller* serta peti sejuk seperti di dalam **Jadual 2.5**. Di samping itu, ia boleh digunakan untuk membuat proses pengubahsuaian bagi sistem RAC. R-134a juga merupakan piawaian global untuk penyaman udara kenderaan yang baru dan boleh mengubah suai sistem penyaman udara kenderaan R-12 yang sedia ada.

Jadual 2.5: Sifat-Sifat R-134a

Ciri-ciri	Formula: CH_2FCF_3 Jisim molar: 102.0 g/mol Ketumpatan: 4,34 kg/m ³ Takat didih: -26.07 °C Klasifikasi keselamatan: A1 Nilai GWP: 1,430
-----------	---

B. R-32

HFC-32 (*difluoromethane*) atau R-32 ialah sejenis bahan organik daripada jenis *dihalogenoalkane*. Struktur kimia R-32 adalah berasaskan struktur kimia metana. Dua daripada empat atom hidrogen digantikan oleh dua atom fluorin. Oleh itu, formula R-32 ialah CH_2F_2 berbanding CH_4 untuk metana biasa.

R-32 ialah refrigeran yang mempunyai nilai ODP sifar. R-32 dikelaskan sebagai refrigeran A2L, iaitu ia sedikit mudah terbakar mengikut standard ASHRAE 34. Walaupun ia mempunyai nilai ODP sifar, ia mempunyai nilai GWP 675. Refrigeran R-32 dilihat sebagai alternatif kepada R-22 dan tekanan kerjanya 50% lebih tinggi daripada R-22. R-32 bukan satu alternatif *drop-in* untuk R-22. Kelebihan utama R-32 ialah ia mempunyai GWP yang agak rendah.

R-32 ialah refrigeran komponen tunggal, maka refrigeran ini tiada risiko luncuran suhu (*temperature glide*). Walau bagaimanapun, R-32 mempunyai suhu nyahcas 20°C yang lebih tinggi daripada R-410A. **Jadual 2.6** menunjukkan sifat dan ciri-ciri R-32.

Jadual 2.6: Sifat-Sifat R-32

Ciri-ciri	Formula: CH_2F_2 Jisim molar: 52.02 g/mol Ketumpatan: 2,19 kg/m ³ Takat didih: -51.65°C Klasifikasi keselamatan: A2L Nilai GWP: 675
-----------	---

2.2.4 Hidrokarbon (HC)

HC ialah bahan semula jadi tahap ketoksikan kelas A, mempunyai nilai GWP yang rendah dan ODP sifar. Ia digunakan sebagai alternatif kepada refrigeran CFC (R-12), HCFC (R-22) dan HFC (R-134a). Ia selamat untuk digunakan sekiranya dikendalikan dengan baik serta ekonomi dan sangat berkesan untuk sistem RAC yang baru.

Operasi pemasangan dan penyelenggaraan RAC yang menggunakan HC perlu merujuk kepada *Malaysian Standard 2678 (Flammable Refrigerant System-Code of Practice)*. **Jadual 2.7** dan **Jadual 2.8** menunjukkan sifat-sifat dan ciri-ciri HC, sementara **Rajah 2.3** menunjukkan kod warna silinder bagi HC.



Rajah 2.3: Kod Warna Silinder HC

A. R-290 (Propana)

Refrigeran propana R-290 berupaya menghasilkan kapasiti penyejukan menghampiri R-22 dengan saiz *compressor* yang sama. Pekali Prestasi (*Coefficient of Performance, COP*) bagi sistem yang menggunakan R-290 adalah sangat hampir dengan sistem R-22. Sekiranya sistem ini diseimbangkan dan dicaj dengan kuantiti refrigeran yang betul, kos penyelenggaraan sistem ini adalah lebih rendah.

R-290 ialah refrigeran komponen tunggal dengan takat didih normal pada -42.2°C . Tekanan wap R-290 adalah jauh lebih rendah daripada refrigeran lain. Ia digunakan secara meluas dalam sistem penyaman udara domestik dan *chiller*. Penggunaan R-290 juga semakin meningkat dalam sistem penyejukan komersial dan *chiller*.

Jadual 2.7: Sifat-Sifat R-290

Ciri-ciri	Formula: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ Jisim molar: 44.10 g/mol Ketumpatan: 1,86 kg/m ³ Takat didih: -42.11°C Klasifikasi keselamatan: A3 Nilai GWP: 3
-----------	--

B. R-600a (Isobutene)

Refrigeran isobutene, R-600a digunakan untuk menggantikan refrigeran lain yang mempunyai impak kepada alam sekitar dalam sistem penyejukan domestik. Ia mempunyai nilai ODP sifar dan GWP yang sangat rendah. Tambahan pula ia sebahagian daripada gas petrol daripada sumber semula jadi.

Jadual 2.8: Sifat-Sifat R-600a

Ciri-ciri	Formula: $\text{CH}(\text{CH}_3)_3$ Jisim molar: 58.12 g/mol Ketumpatan: 2,49 kg/m ³ Takat didih: -11.75°C Klasifikasi keselamatan: A3 Nilai GWP: 3
-----------	---

Isu-isu Hidrokarbon (HC)

- Untuk refrigeran hidrokarbon, *flammability* menjadi kebimbangan utama. Oleh itu, proses pembuatan dan reka bentuk yang selamat perlu dipatuhi.

- b. Oleh sebab HC mudah terbakar, komponen dan alat elektrik yang berdekatan dengan sistem mestilah tidak menghasilkan percikan api dan ditebat sepenuhnya.
- c. Ketumpatan cecair HC adalah jauh lebih rendah berbanding dengan HCFC. Oleh itu, kuantiti pengecasan HC mengikut berat adalah lebih rendah berbanding daripada HCFC.
- d. Untuk HC, amalan keselamatan semasa pembuatan dan penyelenggaraan perlu dititikberatkan.
- e. Juruteknik perlu dilatih secara khusus bagi pengendalian sistem tersebut.

2.2.5 Inorganik

A. Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon dioksida (CO₂) atau R-744 mengandungi atom karbon dan oksigen. Sejak penghujung tahun 1990, penggunaan CO₂ semakin meningkat dalam industri penyejukan, penyimpanan sejuk beku, penyejukan komersial dan *heat pump*. CO₂ ialah gas mesra ozon dan mempunyai nilai GWP yang rendah.

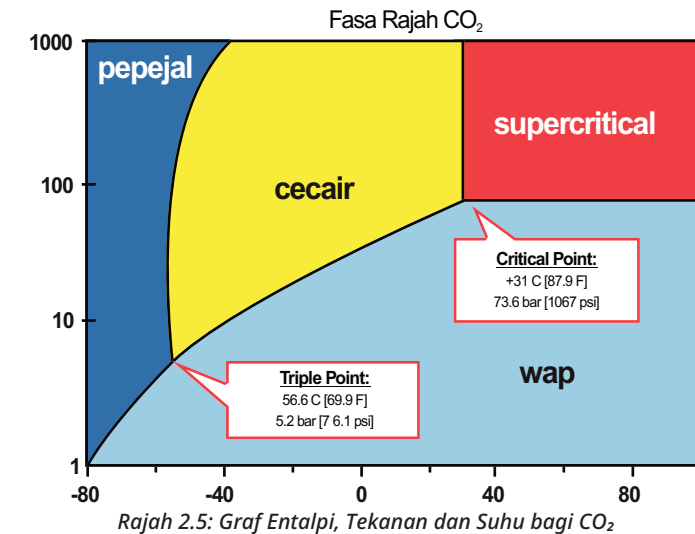
R-744 juga mempunyai ciri-ciri termodinamik yang sangat baik dan penggunaan tenaga yang rendah. Oleh itu, ia sesuai untuk pelbagai aplikasi dalam sistem penyaman udara kenderaan, penyejukan komersial dan *industrial heat extraction*. **Jadual 2.9** menunjukkan sifat-sifat dan ciri-ciri karbon dioksida.

Jadual 2.9: Sifat-Sifat Karbon Dioksida (CO₂)

Ciri-ciri	Formula: CO₂ Jisim molar: 44.01 g/mol Ketumpatan: 1,84 kg/m³ Takat didih: -62.89 °C Klasifikasi keselamatan: A1 Nilai GWP: 1
 OCU - CR2001MVF Jaya Grocer Mutiara Tropicana store	

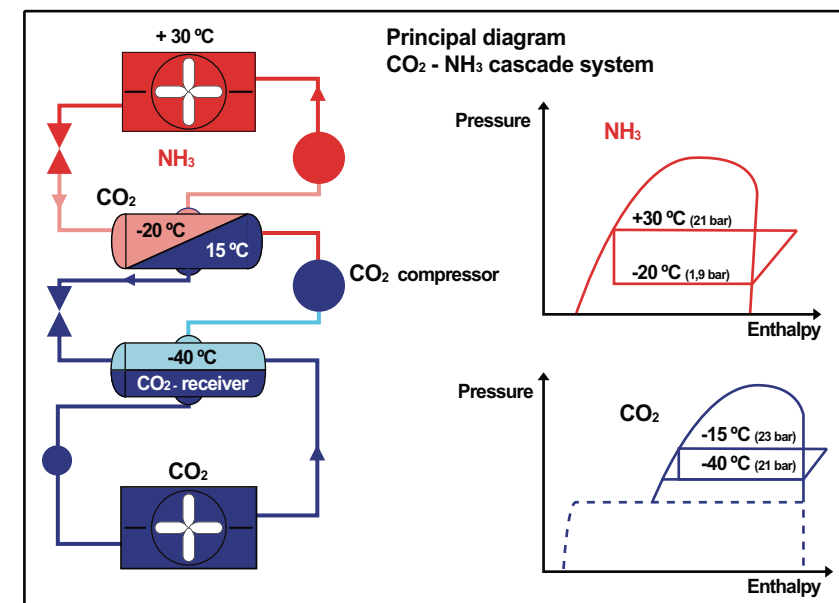
Rajah 2.4: Projek Demo Sistem Penyejukan Berasaskan CO₂ di Jaya Grocer, PJ

Di samping itu, ia mempunyai suhu kritikal yang rendah. Apabila suhu sekitar (*ambien*) melebihi 30.8 °C, reka bentuk khas diperlukan bagi sistem tersebut. R-744 diklasifikasikan sebagai refrigeran A1 (ketoksikan lebih rendah dan tidak mudah terbakar). R-744 adalah murah dan boleh didapati secara meluas daripada pembekal khas. Sila rujuk **Rajah 2.5** bagi entalpi CO₂.



Rajah 2.5: Graf Entalpi, Tekanan dan Suhu bagi CO₂

Sistem penyejukan suhu rendah (-40 °C) menggunakan CO₂ sebagai penyejuk perubahan fasa dalam sistem lata (*cascade*) dengan ammonia pada bahagian tekanan tinggi. Sistem CO₂ ialah sistem pengedaran pam dengan CO₂ cecair yang dipam dari penerima ke penyejat (*evaporator*), seterusnya sebahagiannya melalui penyejatan sebelum ia kembali kepada penerima. CO₂ yang terpeluwap dimampatkan di dalam pemampat (*compressor*) CO₂ dan melalui penyejatan dalam penukar haba CO₂ - NH₃. Penukar haba berfungsi sebagai *evaporator* di dalam sistem NH₃.



Rajah 2.6: Gambarajah dan Kitaran Utama CO₂ - NH₃

B. Ammonia (NH₃)

NH₃ telah digunakan sebagai refrigeran di dalam loji penyejukkan industri selama lebih daripada satu abad. Ia tidak menipiskan ozon dan tiada impak langsung terhadap pemanasan global. Kecekapan penyejukan NH₃ adalah baik seperti R-22. Di samping itu, harganya adalah sangat murah. Ia mempunyai kapasiti penyejukan per unit berat yang paling tinggi dalam kalangan refrigeran.

NH₃ sesuai digunakan dalam pemasangan sistem yang besar seperti loji penyejukkan untuk bilik simpanan sejuk (*cold storage*). Walau bagaimanapun, kelemahan bahan ini ialah ketoksikan, mudah terbakar dan hanya sesuai digunakan bersama *stainless steel*.

Ammonia (NH₃) ialah sebatian yang terdiri daripada atom nitrogen dan atom hidrogen. Ammonia (R-717) sesuai digunakan di dalam loji penyejukkan (*refrigeration plant*) yang besar. **Rajah 2.7** dan **Jadual 2.10** menunjukkan sifat-sifat dan ciri-ciri bagi NH₃.



Rajah 2.7: Contoh Loji Ammonia (NH₃)

Jadual 2.10: Sifat-Sifat Ammonia (NH₃)

Ciri-ciri	Formula: NH₃ Jisim molar: 17.03 g/mol Ketumpatan: 0,716 kg/m³ Takat didih: -33.32 °C Klasifikasi keselamatan: B2L Nilai GWP: 0
-----------	--

2.2.6 Hidrofluoroolefin (HFO)

- Dua refrigeran HFO yang popular ialah HFO-1234yf dan HFO-1234ze. Kedua-duanya mempunyai ODP dengan GWP yang sangat rendah. Oleh sebab nilai GWP yang rendah, refrigeran-refrigeran ini mempunyai jangka/kitaran hayat yang pendek di dalam atmosfera.
- Kedua-dua refrigeran HFO diklasifikasikan sebagai keselamatan A2L, yang bermaksud ia mempunyai tahap ketoksikan yang rendah tetapi mudah terbakar.
- HFO-1234yf ialah pengganti GWP rendah untuk R-134a yang bertujuan untuk digunakan dalam sistem penyaman udara (RAC) di dalam industri automotif. Kebanyakan pengeluar kereta Eropah dan beberapa tempat di Amerika Syarikat menggunakan HFO-1234yf di dalam industri automotif mereka.
- Walaupun refrigeran ini diklasifikasikan sebagai sedikit mudah terbakar oleh ASHRAE, beberapa tahun ujian oleh Persatuan Jurutera Automotif (SAE) telah membuktikan HFO-1234yf tidak boleh dinyalakan dalam keadaan yang biasanya dialami oleh sebuah kenderaan.
- HFO-1234ze bertujuan untuk menggantikan R-410A dalam penggunaan penyaman udara dan pam haba di kediaman dan komersial kerana ia dapat mengurangkan sebanyak 75% dalam GWP. Ia boleh digunakan dalam penyejuk udara dan penyejuk air di pasar raya dan bangunan komersial. Ia juga dapat digunakan untuk mesin layan diri, peti sejuk, *dispenser* minuman, pengering udara dan sistem lata karbon dioksida dalam penyejukan komersial.
- R513A ialah campuran azeotropik tidak mudah terbakar (tanpa *temperature glide*) yang terdiri daripada R1234yf (56%) dan R134a(44%), dengan GWP = 573. Ia digunakan sebagai pengganti penyejuk R134a dalam kedua-dua sistem yang sedia ada dan baharu.
- R514A ialah campuran azeotropik yang terdiri daripada R-1336mzz(Z)/R1130(E) (74.7%/25.3%). Ia dianggap sebagai refrigeran gantian untuk R123.

Jadual 2.11: Canon Opto (Malaysia) Sdn Bhd & Kato Manufacturing (Malaysia) Sdn Bhd

Refrigerant	Composition	Safety	GWP [AR5 2014]	GWP [AR6 2021]
R1234yf	-	A2L	<1	0.501
R1234ze	-	A2L	<1	1.37
R513A	R-1234yf/134a (56.0/44.0)	A1	573	673
R514A	R-1336mzz(Z)/R1130(E) (74.7%/25.3%)	B1	2	3

2.2.7 Hidroklorofluoroolefin (HCFO)

- HCFO 1233zd atau *hydrochlorofluoroolefins* ialah olefin rantai pendek tak tepu. Ia digunakan sebagai alternatif kepada hidrofluorokarbon tepu sebagai refrigeran kerana potensi pemanasan globalnya yang sangat rendah.
- HCFO-1233zd(E) ialah penyejuk kelas 1. Ia tidak mudah terbakar. Menurut Laporan Penilaian Ke-4 Panel Antara Kerajaan tentang Perubahan Iklim (IPCC), HCFO-1233zd(E) mempunyai GWP ultra rendah sebanyak 4.5.
- Walaupun sebatian ini boleh menyebabkan penipisan ozon stratosfera tempatan, kadarnya sangat rendah disebabkan oleh jangka hayat atmosfera yang pendek. Ia juga tidak terkumpul di atmosfera.
- Disebabkan oleh GWP yang sangat rendah, sifatnya yang tidak mudah terbakar dan ia cekap tenaga, HCFO-1233zd menjadi refrigeran pilihan untuk penyejuk besar.



Rajah 2.8: Renesas Semiconductor KL Sdn. Bhd. (July 2017) & TRX Building (7 units of R1233zd chillers)

2.2.8 Refrigeran Campuran

Refrigeran campuran ialah campuran dua atau lebih bahan kimia di dalam refrigeran. Refrigeran campuran boleh dipasarkan atas nama dan jenama perdagangan, tetapi setiap campuran perlu dikenal pasti daripada nombor refrigeran (R) dan komposisinya perlu mengikut *Number Designation* mengikut Standard ASHRAE 34.

Apabila menggunakan refrigeran campuran, suhu tekanan dikemukakan dalam cara yang tidak normal. Dua tekanan disenaraikan untuk setiap suhu bagi Tekanan Titik Embun (*Dew Point Pressure*) dan Tekanan Buih Embun (*Bubble Point Pressure*).

Dew Point Pressure digunakan untuk menentukan tekanan sistem apabila refrigeran berada dalam keadaan wap tepu (*saturated*).

Bubble Point Pressure digunakan untuk menentukan tekanan sistem apabila refrigeran berada dalam bentuk cecair tepu.

Refrigeran campuran ialah campuran bahan refrigeran yang ditentukan untuk memberikan padanan kepada sesetengah sifat refrigeran asal yang digunakan. Campuran ini telah dikaji dan dibangunkan sejak isu penghapusan BPO timbul dan banyak dihasilkan oleh syarikat pembuatan kimia.

Refrigeran campuran boleh mempunyai 2, 3 atau 4 komponen dan boleh mempunyai komponen utama daripada HFC, HC, HFO, HCFO dan CO₂. Dalam kebanyakan kes, campuran tersebut terdiri daripada gabungan bahan kimia ini. Sifat-sifat lazim refrigeran campuran adalah seperti yang berikut:

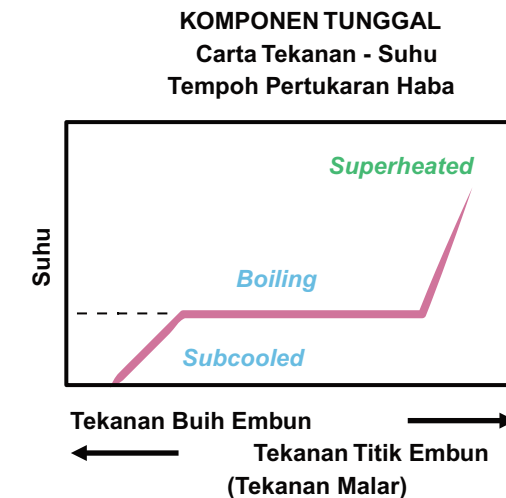
- Hampir sama dengan sifat asal CFC, HCFC dan HFC.
- Dihasilkan untuk mencapai tahap kecekapan dan prestasi yang maksimum.

Terdapat beberapa refrigeran campuran yang biasa digunakan. Sebahagian daripada campuran dipanggil *Ternary* yang bermaksud gabungan tiga bahan. Campuran *Ternary* digunakan bersama dengan minyak sintetik *alkyl benzene*.

A. Refrigeran Azeotropik

Campuran azeotropik bertindak seperti refrigeran komponen tunggal bagi keseluruhan julat suhu dan tekanan. Campuran azeotropik tidak mempunyai *temperature glide*. **Rajah 2.9** menunjukkan *Pressure Temperature Chart* (PT Chart) refrigeran bagi komponen tunggal.

Contoh: R-500 (HCFC), R-502 (CFC), R-507 (HFC).

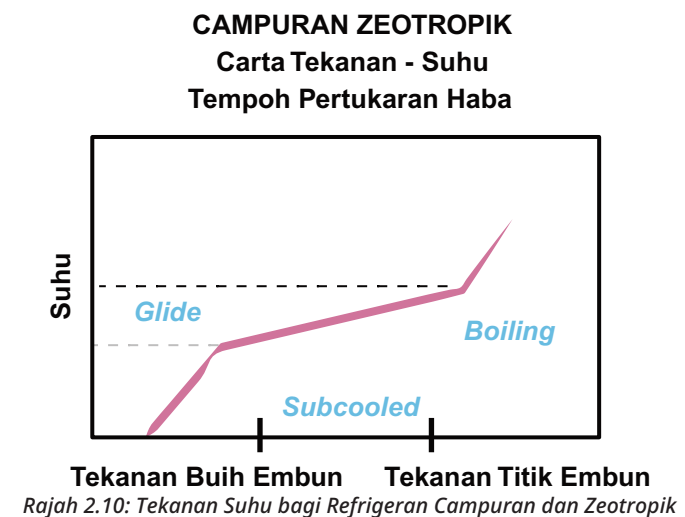


Rajah 2.9: Tekanan Suhu bagi Refrigeran Tunggal dan Azeotropik

B. Refrigeran Zeotropik

Campuran dua atau tiga refrigeran yang berbeza dan **TIDAK** mempunyai tekanan yang spesifik bagi keadaan wap dan cecair pada suhu tertentu. Campuran zeotropik mempunyai sifat pemecahan dan *temperature glide*. **Rajah 2.10** menunjukkan *PT Chart* bagi campuran zeotropik.

Contoh: R410A (HFC), R407C (HFC), R404A (HFC).



Rajah 2.10: Tekanan Suhu bagi Refrigeran Campuran dan Zeotropik

Pemecahan (*Fractination*) Refrigeran Campuran Zeotropik

Pemecahan ialah perubahan dalam komposisi campuran kerana satu atau lebih komponen hilang atau dikeluarkan lebih cepat daripada yang lain. **Jadual 2.12** menunjukkan komposisi refrigeran campuran. Perhatian perlu diberikan kepada perkara-perkara yang berikut:

- Campuran zeotropik bukan sebatian tulen, tetapi menghampiri campuran azeotropik.
- Setiap refrigeran campuran mempunyai ciri-ciri molekul yang berbeza.
- Setiap refrigeran di dalam campuran mempunyai tekanan wap yang berbeza. Oleh itu, sistem refrigeran perlu dicas pada keadaan cecair dengan ukuran berat yang tepat. Jika berlaku kebocoran yang ketara pada sistem yang mengandungi refrigeran campuran serta terdapat penurunan prestasi yang ketara pada sistem, aktiviti perolehan secara mekanikal perlu dibuat. Punca kebocoran perlu dikenal pasti dan dibaiki. Akhirnya sistem perlu dicas semula sepenuhnya dengan refrigeran baru.

Jadual 2.12: Komposisi Refrigeran Campuran

Nombor	Komposisi Refrigeran (Mass%)
R-401A	R-22/152a/123 (53.0/12.0/34.0)
R-407A	R-32/125/134a (20.0/40.0/40.0)
R-407B	R-32/125/134a (10.0/70.0/20.0)
R-407C	R-32/125/134a (23.0/25.0/52.0)
R-407D	R-32/125/134a (15.0/15.0/60.0)
R-407E	R-32/125/134a (25.0/15.0/60.0)
R-407F	R-32/125/134a (30.0/30.0/40.0)
R-410A	R-32/125 (50.0/50.0)

2.3 ISU REFRIGERAN ALTERNATIF

A. HFC Campuran dan HC

- Campuran berasaskan HFC ialah penyelesaian untuk menggantikan HCFC. **Jadual 2.13** menunjukkan keperluan pengendalian refrigeran alternatif.
- Prosedur penyelenggaraan alat HFC adalah lebih rumit kerana HFC tidak azeotropik dan mempunyai ciri mudah terbakar. Juruteknik harus dilatih dan perlu mematuhi prosedur pengendalian HFC yang betul.
- Lebih sukar untuk mengganggu jumlah haba lampau dan sub-dingin semasa operasi atau penyelenggaraan sistem.
- Kebocoran dari sistem dan pengisian semula akan membawa perubahan secara beransur-ansur pada komposisi refrigeran dan menjejaskan prestasi sistem.
- Juruteknik perlu menitikberatkan keselamatan diri semasa mengendalikan HC kerana ia mudah terbakar.
- Pengeluar perlu menyediakan reka bentuk yang lebih selamat.

- Juruteknik mesti mengikut amalan penyelenggaraan yang baik. Juruteknik perlu menyertai latihan atau bengkel untuk meningkatkan kemahiran dalam mengendalikan refrigeran ini.

Jadual 2.13: Keperluan Pengendalian Refrigeran Alternatif - Campuran HFC dan HC

Campuran HFC	Hidrokarbon (HC)
- Minyak refrigeran POE mempunyai higroskopik yang tinggi. - Latihan amalan pembuatan dan penyelenggaraan yang lebih baik diperlukan. - Latihan diperlukan.	- Memerlukan reka bentuk yang selamat. - Amalan pembuatan dan penyelenggaraan yang lebih baik. - Pengetahuan dalam peraturan dan standard yang berkaitan dengan refrigeran mudah terbakar. - Pengetahuan dan kemahiran terperinci dalam pengendalian refrigeran mudah terbakar seperti berikut: PPE, silinder, mengemas, mengesan kebocoran, perolehan dan penghapusan. - Latihan diperlukan.

B. Karbon Dioksida (CO₂) dan Ammonia (NH₃)

- CO₂ dan NH₃ ialah refrigeran semula jadi tetapi memerlukan pengendalian yang khas seperti yang ditunjukkan di dalam **Jadual 2.14**.
- CO₂ memerlukan tekanan operasi yang tinggi dan juruteknik penyelenggaraan perlu melalui latihan khas.
- NH₃ juga mempunyai kelemahan yang sama iaitu suhu singkiran tinggi. Juruteknik terlatih perlu berhati-hati semasa melakukan kerja-kerja penyelenggaraan.
- NH₃ ialah refrigeran yang sesuai digunakan dalam pemasangan sistem yang besar. Walau bagaimanapun, kelemahan bahan ini ialah ketoksikannya, ia mudah terbakar dan tidak sesuai digunakan bersama tembaga.

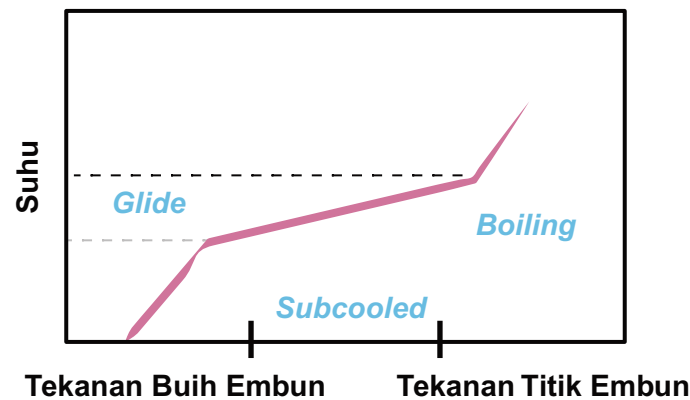
Jadual 2.14: Keperluan Pengendalian Refrigeran Alternatif - Karbon Dioksida dan Ammonia

CO ₂	NH ₃
- Refrigeran bertekanan tinggi. - Amalan pembuatan dan penyelenggaraan yang lebih baik. - Memerlukan reka bentuk yang lebih selamat. - Latihan diperlukan.	- Memerlukan reka bentuk yang lebih selamat. - Suhu nyahcas tinggi. - Amalan pembuatan penyelenggaraan yang lebih baik. - Latihan diperlukan.

2.4 LUNCURAN SUHU (TEMPERATURE GLIDE)

Perbezaan suhu yang berlaku pada keadaan wap dan cecair semasa proses penyejatan atau pemeluwapan pada tekanan malar, sebagai contoh suhu dalam *evaporator* dan pemeluwap (*condenser*) adalah tidak sekata. *Temperature glide* berlaku pada campuran hampir azeotropik contohnya R410A dan campuran zeotropik seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 2.11**.

CAMPURAN ZEOTROPIK Carta Tekanan - Suhu Tempoh Pertukaran Haba



Rajah 2.11: Luncuran Suhu

2.5 RISIKO PENGGUNAAN REFRIGERAN

Bahaya refrigeran adalah seperti yang berikut:

- Kekurangan oksigen (*oxygen deprivation*). Refrigeran adalah lebih berat daripada udara dan boleh menggantikan oksigen. Ia menyebabkan sakit dada, kesukaran bernafas dan juga kematian.
- Refrigeran yang dipanaskan boleh bertukar menjadi gas *phosgene* yang beracun dan boleh membunuh dengan cepat.
- Refrigeran adalah amat sejuk dan apabila terdedah boleh menyebabkan radang bakar beku (*frostbites*).
- Gas refrigeran boleh menyebabkan keradangan mata.
- Refrigeran disimpan di dalam bekas tekanan tinggi. Sedikit kesilapan pun boleh menyebabkan letupan.
- Refrigeran dialirkan di dalam sistem yang bertekanan dan suhu lampau. Keselamatan perlu diambil kira bagi mengelakkan kecederaan.

2.6 PENGENDALIAN REFRIGERAN

Refrigeran perlu dikendalikan dengan betul seperti yang berikut:

- Semua refrigeran mesti disimpan, dikendalikan dan digunakan dengan cara yang betul.
- DILARANG** mendedahkan bekas kepada api.
- Pembakaran refrigeran mewujudkan gas beracun.
- JANGAN** mengenal pasti silinder berdasarkan warna sahaja.
- DILARANG** mencampurkan refrigeran.

2.7 PEMILIHAN REFRIGERAN

Rajah 2.12 menunjukkan kriteria yang perlu dipertimbangkan apabila menggantikan HCFC kepada refrigeran alternatif. Pemilihan refrigeran alternatif hendaklah berdasarkan kepada kriteria yang berikut:

- Ia mesti mempunyai ODP sifar dan GWP yang minimum.
- Prestasi refrigeran baru.
- Hendaklah ada di pasaran dan kos yang efektif.
- Sebaik-baiknya harus mempunyai sifat tidak toksik dan tidak mudah terbakar.
- Ia perlu serasi dengan semua bahan yang digunakan di dalam sistem RAC.
- Refrigeran mestilah tidak bertindak balas dengan bahan atau komponen di dalam sistem. Ini termasuklah bahan yang digunakan untuk paip logam dan komponen lain, minyak pemampat dan *additive* yang berkaitan, bahan motor plastik, elastomer seperti *seal*, 'O' ring - di dalam injap dan kelengkapan dan bahan pengering (*desiccants*) di dalam *filter drier*.
- Walaupun semua kriteria yang dinyatakan adalah sukar untuk dipenuhi oleh satu refrigeran, kita haruslah sentiasa memilih refrigeran yang paling sesuai dengan persekitaran kerja dan mematuhi peraturan negara masing-masing.



Rajah 2.12: Kriteria Pemilihan Refrigeran

2.8 ASPEK KESELAMATAN REFRIGERAN

Kebanyakan bahan kimia termasuk refrigeran boleh mendatangkan mudarat jika digunakan dengan tidak betul. Tiga kategori utama aspek kesihatan dan keselamatan yang perlu dipertimbangkan ialah ketoksikan, kebolehbakaran dan anjakan oksigen (risiko kelelahan).

Satu kumpulan pengeluar refrigeran antarabangsa, melalui Program untuk Ujian Ketoksikan Alternatif Fluorokarbon (**Program for Alternatives Fluorocarbon Toxicity - PAFT**), telah menjalankan pelbagai ujian toksikologi terhadap refrigeran HCFC dan HFC. Hasil ujian tersebut, pengeluar mengesyorkan kepekatan yang boleh diterima oleh manusia dalam masa yang diberikan tanpa kesan berbahaya, dinamakan sebagai **Allowable Exposure Limits (AEL)**. Nilai-nilai ini dinyatakan dalam unit bahagian per juta (*parts per million-ppm*), iaitu jumlah maksimum refrigeran yang boleh diterima dengan selamat. Petunjuk ketoksikan lain termasuk **Threshold Limit Values (TLV)** dan **Permissible Exposure Levels (PEL)**.

Pengeluar refrigeran menunjukkan nilai AEL, TLV dan PEL bahan refrigeran pada Dokumen Data Keselamatan Bahan (*Material Safety Data Sheet-MSDS*). ASHRAE Standard 34, nombor gelaran dan Pengelasan Keselamatan Refrigeran (*Number Designation and Safety Classification of Refrigerants*) mengklasifikasikan tahap ketoksikan sesuatu bahan.

2.9 KLASIFIKASI REFRIGERAN

Piawai ASHRAE 34 mengklasifikasikan setiap refrigeran mengikut sifat mudah terbakar. Secara amnya, kelas-kelasnya adalah seperti yang berikut:

KELAS 1: Refrigeran yang tidak menunjukkan penyebaran nyalaan/api apabila diuji di dalam udara pada suhu 21 °C dan tekanan 101 kPa.

KELAS 2L: Refrigeran yang mempunyai had kemudahbakaran yang lebih rendah (LFL) lebih daripada 0.10 kg/m³ jika refrigeran tersebut tidak mempunyai LFL pada 23.0 °C dan 101.3 kPa.

KELAS 2: Refrigeran yang mempunyai had kemudahbakaran yang lebih rendah (LFL) lebih daripada 0.10 kg/m³ pada 21 °C dan 101 kPa, serta haba pembakaran kurang daripada 19 kJ/kg.

KELAS 3: Refrigeran yang sangat mudah terbakar, seperti yang ditakrifkan oleh had kemudahbakaran yang kurang daripada atau sama dengan 0.10 kg/m³ pada 21 °C dan 101 kPa atau haba pembakaran yang lebih besar daripada atau sama dengan 19 kJ/kg.

KELAS A: Refrigeran dengan tahap ketoksikan yang lebih rendah, nilai *Threshold Limit Value* (TLV) per masa yang lebih tinggi daripada 400 ppm.

KELAS B: Refrigeran dengan tahap ketoksikan yang lebih tinggi, nilai *Threshold Limit Value* (TLV) per masa kurang daripada 400 ppm. **Jadual 2.15** menunjukkan matriks ASHRAE 34 bersama contoh-contoh refrigeran.

Jadual 2.15: Matriks ASHRAE 34 dengan Contoh Refrigeran

FLAMMABILITY		3	R-600a (isabutane) R-290 (propane)	R-1140 (Vinyl Chloride)
		2	HFC-143a HFC-152a	
		2L	HFC-32 HFO-1234yf HFO- 1234ze	R-717 (Ammonie)
		1	HFC-11 CFC-12 HCFC-22 HFC-125 HFC-134a HFC-410A	HCFC-123
CATEGORY		A Lower Toxicity		B Higher Toxicity
		TOXICITY		
ASHRAE Standard 34 Matrix with some Refrigerant Examples				

Rujukan nota: ANSI / ASHRAE 34 (2016) Designation and Safety Classification of Refrigerants

2.10 HAD KEMUDAHBAKARAN (FLAMMABILITY) REFRIGERAN MUDAH TERBAKAR

Rajah 2.13 menunjukkan had *flammability* refrigeran mudah terbakar. Refrigeran mudah terbakar apabila bercampur dengan udara yang mencukupi dan dinyalakan. Penyalaan cecair mudah terbakar lebih cenderung berlaku di dalam oksigen tulen atau di persekitaran yang mempunyai kandungan oksigen yang tinggi.

Had Bawah Kemudahbakaran (*Lower Flammability Limit-LFL*) atau Had Bawah Letupan (*Lower Explosive Limit-LEL*) merupakan kepekatan terendah peratusan gas atau wap di dalam udara yang boleh menyebabkan kebakaran apabila sumber pencucuhan arka, api dan haba wujud.

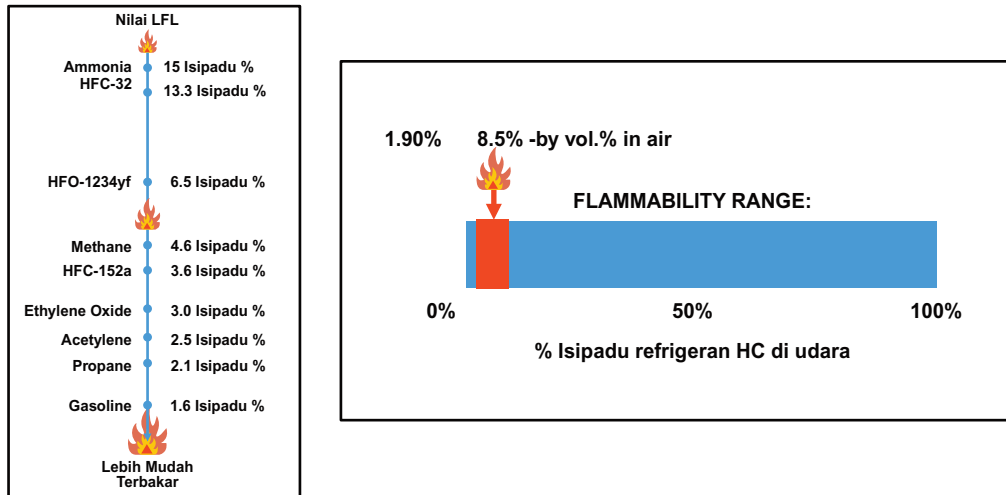
Had Atas Kemudahbakaran (*Upper Flammability Limit-UFL*) atau Had Atas Letupan (*Upper Explosive Limit-UEL*) merupakan kepekatan tertinggi peratusan gas atau wap di dalam udara yang boleh menyebabkan kebakaran apabila sumber pencucuhan arka, api dan haba wujud.

Kepekatan yang lebih tinggi daripada UFL atau UEL menjadikannya terlalu pekat untuk terbakar. Julat *flammability* ditandakan dengan had atas dan bawah *flammability*. Di luar julat campuran udara/wap ini, campuran tersebut tidak akan menghasilkan nyalaan (melainkan jika suhu dan tekanan meningkat).

Julat pertengahan ialah julat yang mudah terbakar (dalam had ini, apa-apa campuran cecair dengan udara akan terbakar). Wap atau gas dengan had *flammability* yang luas adalah lebih berbahaya.

Contoh julat *flammability* HC: propana (2.1% hingga 9.5%); butana (1.9% hingga 8.5%); *Propylene* (2.0% hingga 11.1%); *acetylene* (2.5% kepada 81%); ammonia (16% kepada 25%) dan untuk pentana (1.5% hingga 7.8%).

Secara amnya, LFL untuk HC boleh diambil sebagai 2% dan UFL kira-kira 10% di udara.



Rajah 2.13: Had Kemudahbakaran bagi Refrigeran Mudah Terbakar

2.11 SIFAT ASAS REFRIGERAN YANG MUDAH TERBAKAR

Jadual di bawah menyenaraikan refrigeran mudah terbakar yang selalu digunakan.

Jadual 2.16: Senarai Refrigeran Mudah Terbakar

Refrigeran		Ketumpatan Gas kg/m ³	Ketumpatan Keselamatan	LFL kg/m ³	LFL%	Suhu Penyalaan Auto, °C	PL kg/m ³	GWP
Kumpulan	Jenis							
HC	R600a	2.48	A3	0.038	1.8	460	0.011	3
	R290	1.86	A3	0.038	2.1	470	0.008	3
	R1270	1.77	A3	0.047	2.1	455	0.008	3
HFO	R1234ze	4	A2L	0.299	6.5	405	0.06	6
HFO	R1234yf	37.6	A2L	0.299	6.2	405	0.058	4
HFC	R32	1.86	A2L	0.307	14.4	648	0.061	550

Jadual 2.17: Penerangan Ciri-Ciri Refrigeran

Istilah	Penerangan
Ketumpatan wap (Density of vapour), kg/m³	Ketumpatan wap menunjukkan sama ada gas tersebut lebih tumpat (nilai melebihi satu) atau kurang tumpat (nilai kurang daripada satu) berbanding dengan udara. Ketumpatan akan mempengaruhi penyimpanan kontena dan keselamatan kakitangan.
Kumpulan Keselamatan (Safety group)	Kumpulan keselamatan adalah seperti yang disenaraikan di dalam EN378-1.
LFL, kg/m³	LFL (kg/m) ialah <i>Lower Flammability Limit</i> (had bawah <i>flammability</i>) seperti yang disenaraikan di dalam EN378-1.
LFL, %	LFL (%) ialah <i>Lower Flammability Limit</i> (had bawah kemudahbakaran) seperti yang disenaraikan dalam ISO817:2009.
Suhu penyalaan auto (Auto ignition temp), °C	Suhu penyalaan auto ialah suhu minimum yang diperlukan untuk menyalakan gas atau wap di udara tanpa kehadiran percikan api atau api.
PL, kg/m³	PL ialah <i>Practical Limit</i> (had praktikal) seperti yang disenaraikan di dalam EN378-1.
GWP	GWP ialah <i>Global Warming Potential</i> (potensi pemanasan global) seperti yang disenaraikan di dalam EN378-1.



BAB 03

KITARAN PENYEJUKAN

KANDUNGAN

3.1	PENGENALAN	41
3.1.1	Penyejatan (<i>Evaporation</i>)	41
3.1.2	Pemeluwapan (<i>Condensation</i>)	41
3.2	KITARAN PENYEJUKAN	42
3.3	KOMPONEN SISTEM PENYEJUKBEKUAN DAN PENYAMAN UDARA (RAC)	42
3.4	MINYAK REFRIGERAN	44
3.4.1	Minyak Refrigeran	44
3.4.2	Sifat-Sifat Minyak Refrigeran yang Baik	44
3.4.3	Jenis-Jenis Minyak Refrigeran	45
3.5	PERBANDINGAN ANTARA MINYAK MINERAL, MINYAK SINTETIK, MINYAK <i>POLYALKYL GLYCOL (PAG)</i> & MINYAK <i>POLYOL ESTER (POE)</i>	46
3.6	TATACARA PEMILIHAN MINYAK	46

BAB 3 KITARAN PENYEJUKAN

3.1 PENGENALAN

Kitaran penyejukan merupakan proses kitaran yang berterusan di mana refrigeran menyerap haba dari ruang dalaman dan kemudian memindahkan haba ke udara persekitaran.

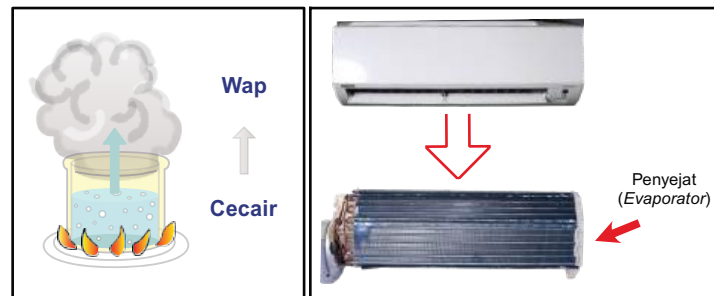
Operasi tersebut merangkumi empat proses yang berikut:

- Penyejatan (*Evaporation*)
- Mampatan (*Compression*)
- Pemeluwapan (*Condensation*)
- Pengembangan (*Expansion*)

Kitaran penyejukan asas terdiri daripada dua fasa pertukaran iaitu cecair ke wap dan wap ke cecair.

3.1.1 Penyejatan (*Evaporation*)

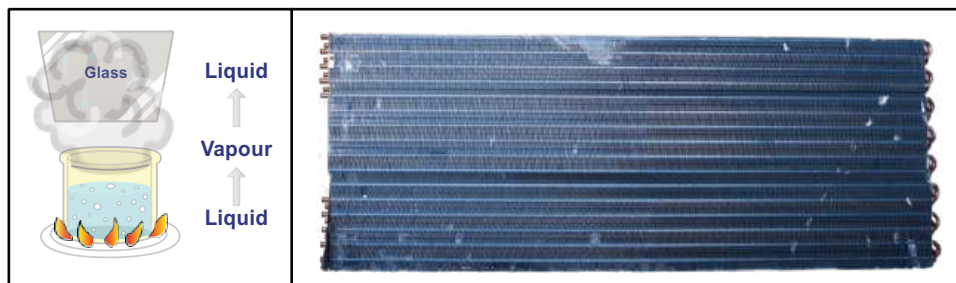
Evaporation berlaku apabila haba yang mencukupi menyebabkan cecair berubah kepada wap, sebagai contoh pendidihan air. Keadaan ini berlaku dalam sistem RAC. **Rajah 3.1** menunjukkan proses penyejatan.



Rajah 3.1: Proses Penyejatan

3.1.2 Pemeluwapan (*Condensation*)

Condensation ialah proses perubahan keadaan jirim daripada wap kepada cecair apabila haba dilepaskan daripada bahan tersebut (disejukkan). Perubahan wap kepada cecair ialah proses *condensation* dan ditunjukkan di dalam **Rajah 3.2**.

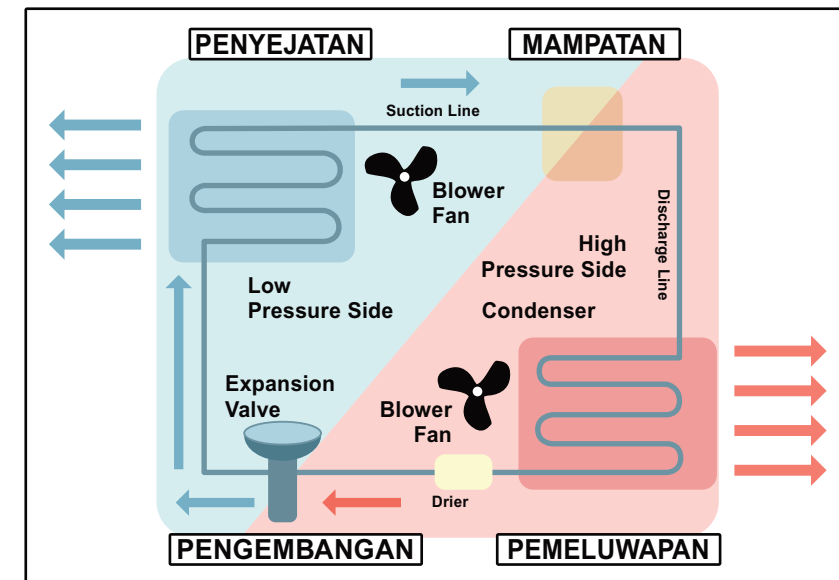


Rajah 3.2: Proses Pemeluwapan

3.2 KITARAN PENYEJUKAN

Wap refrigeran dengan suhu dan tekanan rendah bergerak ke bahagian *compressor*. Wap refrigeran tersebut kemudian dimampatkan dan bergerak ke *condenser*. Refrigeran tersebut kini bertekanan tinggi dan bersuhu tinggi. Apabila refrigeran melepaskan haba, refrigeran tersebut melalui proses *condensation* dan menjadi cecair.

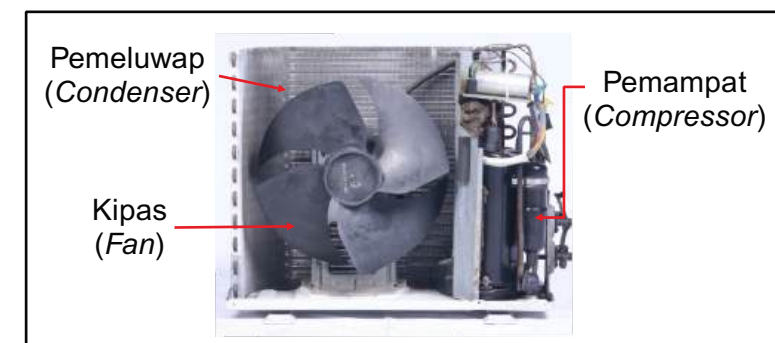
Cecair refrigeran yang bertekanan tinggi kemudiannya dihantar ke peranti pemeteran (*metering device*) yang menyebabkan pengurangan tekanan dan seterusnya mengurangkan suhu tepu di dalam sistem. Refrigeran mengalir ke *evaporator* dan haba diserap oleh *evaporator* lalu menyebabkan refrigeran berubah daripada cecair kepada wap dan kitaran penyejukan berulang semula. Kitaran penyejukan adalah seperti **Rajah 3.3**.



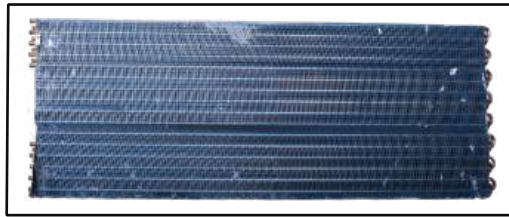
Rajah 3.3: Kitaran Penyejukan

3.3 KOMPONEN SISTEM PENYEJUKBEKUAN DAN PENYAMAN UDARA (RAC)

Kitaran penyejukbekuan mengandungi empat komponen asas, iaitu *evaporator*, *condenser*, *metering device* dan *compressor*. **Rajah 3.4** dan **3.5** menunjukkan unit luaran (*outdoor unit*) dan unit dalaman (*indoor unit*) penyaman udara.



Rajah 3.4: Outdoor Unit



Rajah 3.5: Indoor Unit

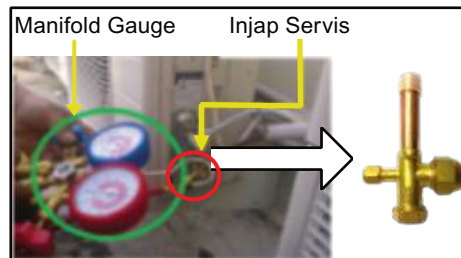
Kitaran penyejukan juga mengandungi komponen lain seperti yang berikut:

- a. Penapis pengering (*filter drier*) seperti di dalam **Rajah 3.6** berfungsi untuk menapis asid, lembapan dan kotoran lain daripada refrigeran.



Rajah 3.6: Penapis Pengering (Filter Drier)

- b. Injap servis (*service valve*) merupakan tempat penyambungan hos tolok manifold (*manifold gauge*) bagi kerja-kerja penyelenggaraan sebagaimana yang ditunjukkan di dalam **Rajah 3.7**.



Rajah 3.7: Injap Servis (Service Valve)

- c. Penyerap getaran (*vibration isolators*) seperti di dalam **Rajah 3.8** digunakan untuk menyerap dan menebat getaran *compressor* dan mengurangkan tekanan dan ketegangan pada tiub penyambungan.



Rajah 3.8: Penyerap Getaran (Vibration Isolators)

- d. Kaca cerap (*sight glass*) seperti di dalam **Rajah 3.9** dipasang sebelum *metering device* bagi menunjukkan kewujudan kelembapan.



Rajah 3.9: Kaca Cerap (Sight Glass)

3.4 MINYAK REFRIGERAN

3.4.1 Minyak Refrigeran

Terdapat pelbagai jenis minyak refrigeran di pasaran. Pengeluar *compressor* sentiasa menetapkan jenis minyak yang akan digunakan di dalam *compressor* mereka. Juruteknik perlu menyemak dan memastikan jenis minyak refrigeran yang betul sebelum melaksanakan sebarang kerja penyelenggaraan bagi mencegah kerosakan pada sistem yang disebabkan oleh minyak refrigeran yang tidak serasi dengan bahan refrigeran dan komponen sistem yang lain.

- a. Di dalam sistem yang menggunakan *compressor*, minyak refrigeran berkedudukan rapat dengan belitan motor elektrik (*electrical motor winding*). Minyak refrigeran mesti mempunyai keserasian yang baik dan ciri-ciri kestabilan terma yang tinggi.
- b. Walaupun majoriti minyak refrigeran akan kekal di dalam *compressor*, sejumlah kecil akan disalurkan ke seluruh saluran pendingin.
- c. Minyak refrigeran mesti dapat menahan kedua-dua suhu tinggi pada injap keluaran *compressor* dan suhu rendah pada *metering device*. Ia mestilah boleh larut dengan refrigeran itu sendiri untuk dikembalikan semula ke *compressor* supaya minyak tidak berkurangan, yang boleh membawa kepada kegagalan mekanikal.
- d. Mengurangkan kehausan, geseran dan bunyi.
- e. Memindahkan haba daripada komponen yang bergerak di dalam *compressor*.

3.4.2 Sifat-Sifat Minyak Refrigeran yang Baik

Sifat-sifat minyak refrigeran yang baik adalah seperti yang berikut:

- a. **Kandungan lilin (*wax*) rendah** - Pengasingan lilin daripada campuran minyak refrigeran boleh menyebabkan tiub tersumbat.
- b. **Kestabilan termal yang baik** - Ia tidak sepatutnya membentuk karbon keras yang terkumpul dalam *compressor*, seperti dalam injap keluaran tekanan tinggi.
- c. **Kestabilan kimia yang baik** - Tiada atau hanya sedikit tindak balas kimia dengan refrigeran atau bahan-bahan yang biasa ditemui di dalam sistem.
- d. **Titik curahan rendah** - Keupayaan minyak untuk kekal dalam keadaan cecair pada suhu yang paling rendah di dalam sistem.
- e. **Kebolehcampuran dan kelarutan yang baik** - Kebolehcampuran yang baik

dapat memastikan minyak dikembalikan ke *compressor*, walaupun kelarutan yang terlalu tinggi boleh menyebabkan minyak refrigeran mengalir ke bahagian sistem yang bergerak.

f. **Indeks kelikatan yang rendah** - Keupayaan minyak refrigeran untuk mengekalkan sifat minyak yang baik pada suhu yang tinggi dan sifat kebendaliran yang baik pada suhu rendah dan untuk menyediakan minyak refrigeran yang baik pada setiap masa.

g. **Kekuatan dielektrik** - Rintangan relatif minyak terhadap elektrik untuk arus elektrik.

3.4.3 Jenis-Jenis Minyak Refrigeran

Terdapat dua kategori utama minyak refrigeran seperti di dalam Jadual 3.1:

Jadual 3.1: Dua Kategori Utama Minyak Refrigeran

Minyak Mineral	Minyak Sintetik
- Paraffinic - Naphthenic - Aromatics	- Minyak Alkyl Benzene (AB) - Minyak Polyol Ester (POE) - Minyak Poly Alpha Olefin (PAO) - Minyak Poly Alkyl Glycol (PAG) - Minyak Poly Viny Lether (PVE)

Jadual 3.2 menunjukkan keserasian jenis minyak bagi refrigeran yang berbeza.

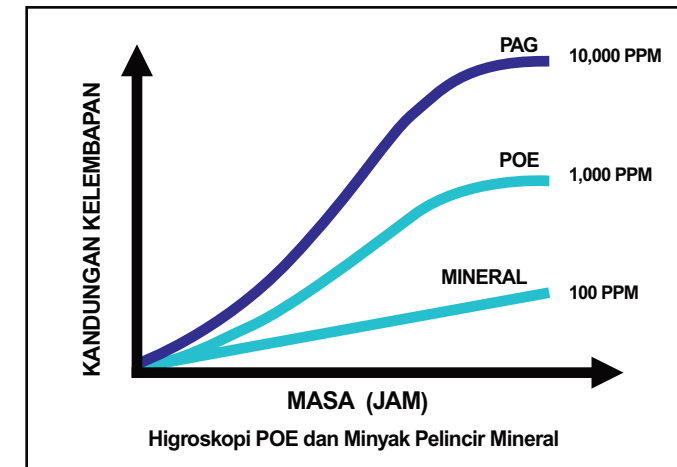
Jadual 3.2: Keserasian Jenis Minyak Refrigeran

Refrigerant	Appropriate Oil					
	Mineral Oil (MO)	Alkyl Benzene (AB)	Polyol Ester (POE)	Poly Alpha Olefin (PAO)	Poly Alkyl Glycol (PAG)	Poly Viny Lether (PVE)
CFC-11	✓	✗	□	□	✗	✗
CFC-12	✓	✓	□	□	✗	✗
R-502	✓	✓	□	□	✗	✗
HCFC-123	✓	✓	□	□	✗	✗
HFC-123a	✗	✗	✓	✗	□	✗
HFC-32	✗	✗	✗	✗	✗	✓
HFC-404A	✗	✗	✓	✗	□	✗
HFC-407C	✗	✗	✓	✗	□	✗
HFC-410A	✗	✗	✓	✗	□	✗
HFC-507A	✗	✗	✓	✗	□	✗
HC-600a	✓	□	✓	✓	□	✗
HC-290	✓	□	✓	✓	□	✗
R-717(NH ²)	✓	□	✗	✓	□	✗
R-744(CO ²)	□	□	✓	✓	✓	✗

Indicator:

✓ Good Suitability	□ Application with Limitations	✗ Not Suitable
-----------------------	-----------------------------------	-------------------

3.5 PERBANDINGAN ANTARA MINYAK MINERAL, MINYAK SINTETIK, MINYAK POLYALKYL GLYCOL (PAG) & MINYAK POLYOL ESTER (POE)



Rajah 3.10: Higroskopi daripada POE dan Mineral Minyak Refrigeran

- Minyak PAG dan POE adalah lebih higroskopi berbanding minyak mineral seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 3.10**. Ia tepu pada anggaran 1,000 ppm daripada kelembapan atmosfera, berbanding 100 ppm untuk minyak mineral.
- Minyak pelincir POE dianggap kurang higroskopi berbanding minyak refrigeran PAG.
- Higroskopi tinggi menyebabkan masalah jangka hayat minyak pelincir refrigeran dan isu-isu servis RAC.

3.6 TATACARA PEMILIHAN MINYAK

Keserasian refrigeran dan minyak refrigeran adalah sangat penting. Oleh itu, perkara berikut perlu diambil kira:

- Kenal pasti jenis refrigeran, minyak dan komponen yang hendak digunakan. Sila rujuk spesifikasi unit.
- Pastikan minyak serasi dengan refrigeran.
- Pastikan refrigeran serasi dengan komponen peralatan.
- Pastikan mesin perolehan (*recovery machine*) bersesuaian dengan refrigeran dan minyak.

BAB 04

PERALATAN DAN PENYELENGGARAAN



KANDUNGAN

4.1	PENGENALAN	49
4.2	SENARAI PERALATAN	49
4.2.1	Tolok Manifold (<i>Manifold Gauge</i>)	49
4.2.2	Alat Pengesan Elektronik (<i>Electronic Leak Detector</i>)	52
4.2.3	Mesin Perolehan (<i>Recovery Machine</i>)	53
4.2.4	Silinder Perolehan (<i>Recovery Cylinder</i>)	55
4.2.5	Pam Vakum (<i>Vacuum Pump</i>)	56
4.2.6	Tolok Mikron (<i>Micron Gauge</i>)	57
4.2.7	Clamp-on Meter	57
4.2.8	Penimbang Pengecas Refrigeran (<i>Refrigerant Charging Scale</i>)	58
4.2.9	Termometer Digital (<i>Digital Thermometer</i>)	58
4.2.10	Valve Keselamatan (<i>Charging Adapter/Safety Valve Adapter</i>)	58
4.3	PENYELENGGARAAN PERALATAN	59
4.3.1	Pengenalan	59
4.3.2	Cara Penyelenggaraan <i>Recovery Machine</i> yang Betul	59
4.4	PENYELENGGARAAN <i>VACUUM PUMP</i>	60
4.4.1	Prosedur Operasi Tetap (SOP) - Penyelenggaraan <i>Vacuum Pump</i>	61
4.4.2	Prosedur Operasi Tetap (SOP) - Penyelenggaraan <i>Refrigerant Charging Scale</i>	63
4.4.3	Menyelenggara <i>Refrigerant Charging Scale</i>	64

BAB 4

PERALATAN DAN PENYELENGGARAAN

4.1 PENGENALAN

Peralatan yang berkualiti adalah penting untuk menghasilkan kerja yang berkualiti. Penggunaan peralatan yang betul dalam kerja-kerja penyelenggaraan menghasilkan kerja yang berkualiti serta menjamin keselamatan juruteknik servis. Seorang juruteknik yang berwibawa perlu melabur dalam pembelian peralatan yang berkualiti bagi menjamin kualiti kerja dan mengurangkan risiko keselamatan pekerjaan.

4.2 SENARAI PERALATAN

4.2.1 Tolok Manifold (*Manifold Gauge*)

Manifold gauge amat penting dalam kerja-kerja penyelenggaraan penyaman udara. Ia mempunyai dua *manifold* yang digabungkan iaitu tolok tekanan tinggi (*high pressure gauge*) dan tolok tekanan rendah (*low pressure gauge*). Ia amat penting dalam kerja-kerja pemasangan dan pembaikan unit penyaman udara serta kerja-kerja menyelenggara. Antara skop kerja yang berkaitan adalah seperti yang berikut:

- Membaca tekanan tinggi dan tekanan rendah pada sistem RAC
- Membaca suhu sepadan
- Memvakum sistem RAC
- Mengecas refrigeran
- Menambah minyak refrigeran
- Melakukan kerja-kerja *pump down* sistem
- Menguji kebocoran

Jadual 4.1: Keterangan mengenai Manifold Gauge dan Hos

Bil.	Bahagian	Warna	Fungsi	Jenis Manifold
1.	Tolak tekanan tinggi	Merah	Membaca tekanan tinggi dan suhu sepadan di dalam sistem	2-way / 4-way
2.	Tolak tekanan rendah	Biru	Membaca tekanan rendah dan suhu sepadan di dalam sistem	2-way / 4-way
3.	Injap tekanan tinggi	Merah	Mengawal kadar aliran refrigeran semasa kerja penyelenggaraan	2-way / 4-way
4.	Injap tekanan rendah	Biru	Mengawal kadar aliran refrigeran semasa kerja penyelenggaraan	2-way / 4-way
5.	Injap vakum	Hitam	Mengawal kadar aliran semasa proses memvakum	4-way
6.	Injap utiliti / REF	Kuning	Mengawal kadar aliran refrigeran atau nitrogen	4-way
7.	Hos tekanan tinggi	Merah	Mengalirkan refrigeran pada bahagian tekanan tinggi	2-way / 4-way
8.	Hos tekanan rendah	Biru	Mengalirkan refrigeran pada bahagian tekanan rendah	2-way / 4-way
9.	Hos utiliti/servis	Kuning	Disambungkan kepada silinder refrigeran, silinder nitrogen dan <i>vacuum pump</i> (<i>two way</i>) bagi kerja penyelenggaraan	2-way / 4-way
10.	Hos utiliti/servis	Hitam	Disambungkan kepada <i>vacuum pump</i>	4-way

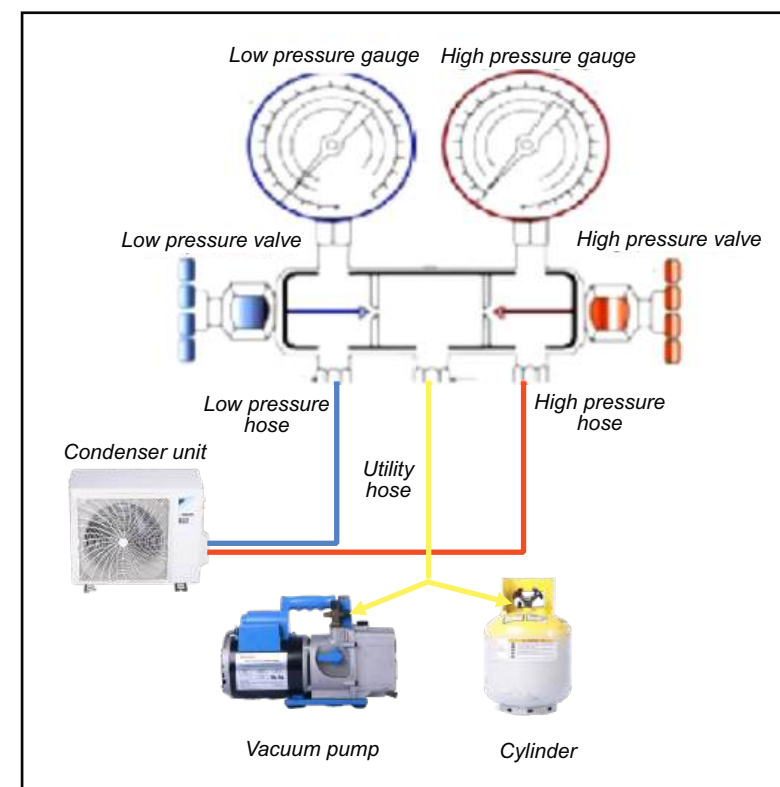
Secara asasnya, terdapat dua jenis *manifold gauge* di pasaran iaitu:

- 2-way manifold gauge
- 4-way manifold gauge

a. 2-way Manifold Gauge

2-way manifold gauge seperti **Rajah 4.1** berfungsi seperti yang berikut;

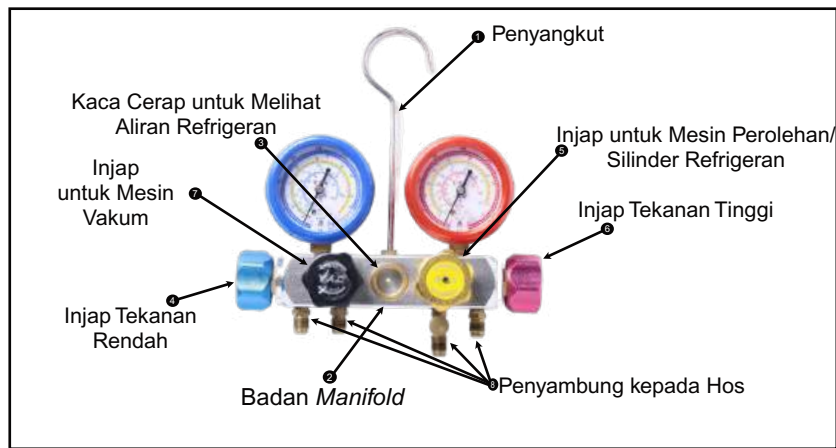
- Tombol sebelah kanan (tekanan tinggi-warna merah) mengawal aliran sehingga bahagian tengah dan bahagian sebelah kiri (tekanan rendah-warna biru) pada kedudukan yang terbuka.
- Sekiranya aliran yang diperlukan hanya melalui bahagian tengah (garisan kuning), tutup tombol biru (tekanan rendah).
- Bahagian tekanan rendah (biru) beroperasi dengan cara yang sama seperti tekanan tinggi (merah). *Pressure gauge* dan *compound gauge* diwarnakan dengan kod yang sewajarnya. Tolok menunjukkan sama ada ia berada pada keadaan vakum atau bertekanan bergantung pada tombol yang berada pada kedudukan yang terbuka atau tertutup.



Rajah 4.1: 2-way Manifold Gauge

Nota: Penyambungan kepada bahagian tekanan tinggi bergantung pada kuasa kuda sistem.

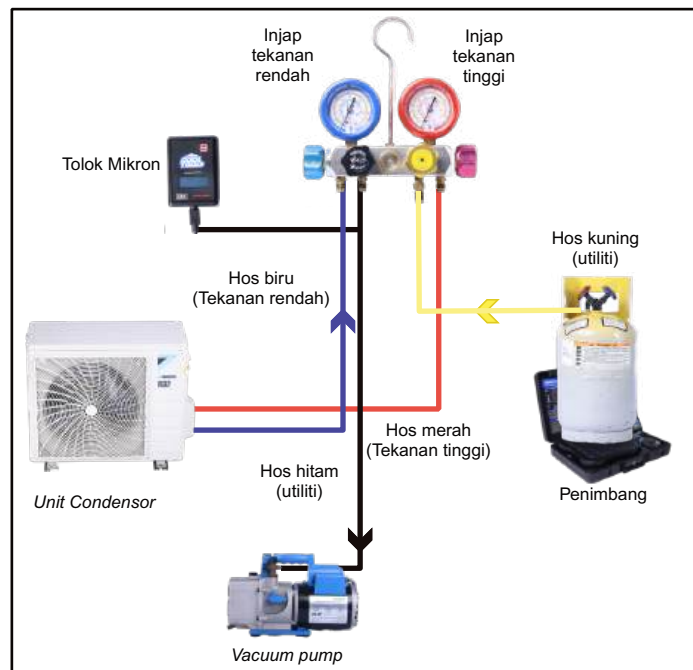
b. 4-way Manifold Gauge



Rajah 4.2: Komponen 4-way Manifold Gauge

4-way manifold gauge seperti **Rajah 4.3** mempunyai beberapa injap penyambungan yang menyambungkan pam vakum (*vacuum pump*), silinder mengecas refrigeran dengan alat penimbang pengecas refrigeran (*refrigerant charging scale*) dan tolok vakum (*vacuum gauge*). Ia lebih padat dan kalis bocor.

Penggunaan 4-way manifold gauge menjimatkan masa kerana penyambungan semula hos tidak perlu dibuat bagi proses yang berbeza. Bahagian tekanan rendah, tekanan tinggi, *vacuum pump* dan alat mengecas boleh disambung terus pada peringkat permulaan kerja. 4-way manifold gauge mempunyai pusat kawalan yang membolehkan kawalan aliran yang berasingan.



Rajah 4.3: Penyambungan 4-way Manifold Gauge

Nota: Penyambungan kepada bahagian tekanan tinggi bergantung pada kuasa kuda sistem.

4.2.2 Alat Pengesan Elektronik (*Electronic Leak Detector*)

Electronic leak detector dicipta supaya dapat mengesan kebocoran pada sistem dengan lebih berkesan. Alat ini merupakan yang terbaik dari segi keberkesanan dalam menguji kebocoran sistem.

Ia terdiri daripada alat pengesan yang diletakkan di satu tempat yang digerakkan oleh kuasa bateri dan alat pelaras bunyi. Terdapat juga satu kabel lembut yang panjang yang digunakan sebagai pengesan. Apabila alat pengesan dihidupkan, satu bunyi akan kedengaran dan bunyi ini hendaklah dilaraskan dengan alat pelaras bunyi.

Halakan kabel lembut (bahagian hujungnya) ke tempat yang disyaki bocor. Bunyi akan kedengaran pada pengesan apabila kebocoran dikesan. Sebelum alat ini digunakan, pastikan tempat ujian bebas daripada bau bahan pendingin.

Alat ini akan sentiasa berbunyi apabila terdapat kebocoran refrigeran di udara. Kadar sensitif mengesan bahan pendingin yang tinggi, menjadikan alat ini sebagai pengesan kebocoran yang paling baik.

Rajah 4.4: Alat Pengesan Elektronik (*Electronic Leak Detector*)Mengeskan Kebocoran dengan Menggunakan *Electronic Leak Detector*

Electronic leak detector mengandungi elemen sensitif terhadap bahan kimia tertentu di dalam refrigeran. Alat ini menggunakan bateri atau kuasa AC dan mempunyai pam untuk menyedut campuran gas dan udara. Isyarat bunyi "berdetik" atau lampu pancar yang kelihatan apabila bertambahnya kekerapan dan refrigeran yang sedang dianalisis oleh penderia dalam sesuatu kawasan. Keadaan ini boleh membantu juruteknik untuk mencari lokasi kebocoran.

Kebanyakan peralatan pengesan refrigeran mempunyai pelbagai julat sensitif yang boleh dilaraskan. Pengesan refrigeran yang moden mempunyai suis pemilih bagi setiap jenis refrigeran yang cuba dikesan, contohnya HCFC, HFC atau HC. Ketika menggunakan pengesan refrigeran jenis elektronik di dalam bengkel, pastikan ada pengudaraan yang sempurna kerana kadangkala ia memberikan isyarat yang salah kerana ia telah mengesan refrigeran lain di persekitarannya.

Prosedur Operasi Tetap *Electronic Leak Detector*

- a. Tekan butang *ON/OFF*. Tunggu seketika bagi tujuan kalibrasi seterusnya laraskan had sensitif di kedudukan tinggi untuk permulaan.
- b. Tempat kebocoran kebiasaannya berada di penyambungan pada paip refrigeran. Ia membolehkan kebocoran dikesan pada lokasi yang mempunyai kandungan refrigeran di udara. Gunakan kaedah "pemeriksaan berulang" untuk mengesan kebocoran yang telah dijumpai daripada pertukaran kepekatan refrigeran tadi.
 - i. Pegang alat pengesan pada satu tangan. Tangan yang sebelah lagi membawa hujung pengesan pada jarak 3/8 inci daripada laluan refrigeran.
 - ii. Gerakkan hujung pengesan melalui paip refrigeran pada kadar yang tidak melebihi 3 inci/saat.
 - iii. Apabila pengesan menunjukkan kebocoran refrigeran, tandakan bahagian tersebut dan teruskan laluan sehingga melepasi kawasan yang berpotensi untuk bocor.
 - iv. Gerakkan hujung alat pengesan ke belakang sehingga kawasan yang telah ditandakan bocor. Apabila isyarat kebocoran berbunyi hampir pada kawasan permulaan, buat tanda semula. Kebocoran mungkin terletak pada pertengahan di antara dua tempat yang telah ditanda tadi.

NOTA: Operasi ini mungkin berbeza bergantung kepada spesifikasi pengeluar alat.

AMARAN: *Electronic leak detector* yang biasa dengan pengesan haba tidak sesuai untuk refrigeran jenis HC kerana ia boleh menyebabkan letupan.

4.2.3 Mesin Perolehan (*Recovery Machine*)

Recovery machine akan memperoleh refrigeran dengan menggunakan *compressor*. Wap akan bertukar kepada cecair di dalam *condensor* sebelum ia masuk ke dalam silinder perolehan (*recovery cylinder*).

Recovery cylinder berasingan perlu digunakan untuk perolehan refrigeran yang berbeza.

Perolehan refrigeran HCFC/HFC perlu dibuat untuk mengurangkan pelepasan refrigeran yang boleh menyebabkan penipisan lapisan ozon dan perubahan iklim.

Jenis *Recovery Machine*

Terdapat dua jenis *compressor* yang berbeza yang digunakan pada *recovery machine*:

- a. *Compressor* tanpa minyak
- b. *Compressor* jenis minyak dengan pemisah minyak

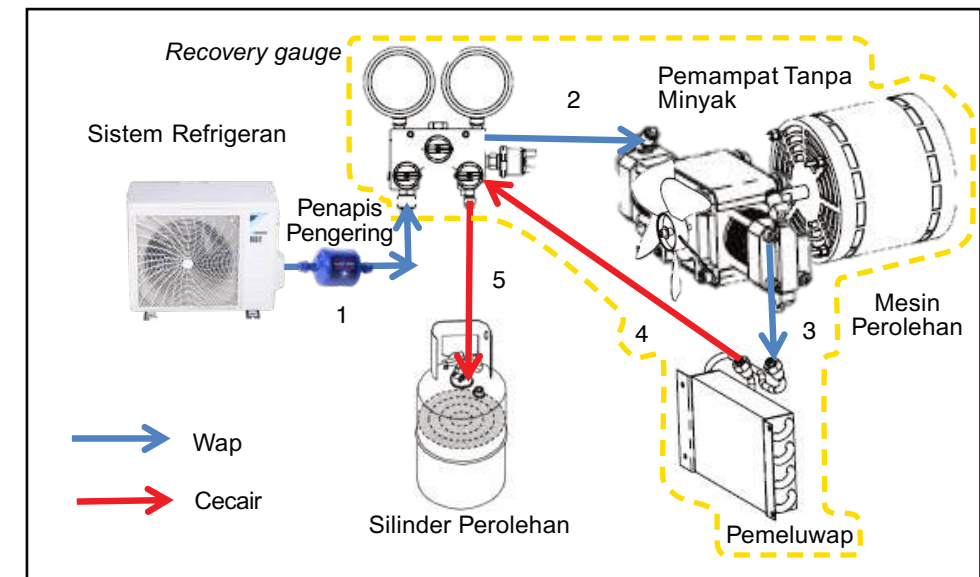
a. *Compressor* Tanpa Minyak

Recovery machine tanpa minyak ialah pilihan yang baik kerana ia tidak mempunyai risiko pencemaran minyak terhadap sistem. **Rajah 4.5** menunjukkan contoh *recovery machine* tanpa minyak. Refrigeran yang diperolehi (dalam keadaan wap) dari sistem dan melalui *filter drier* untuk menyerap kelembapan dan mengasingkan asid, klorida serta zarah yang terkandung di dalam refrigeran.

Recovery machine dengan pemampat tanpa minyak (*oil-less*) yang dilengkapi dengan *filter drier* di injap masuk refrigeran. Penapis tambahan dipasang di dalam injap salur masuk. Refrigeran masuk ke saluran sedutan *compressor* dan keluar ke *condensor*. Cecair yang terhasil dikumpulkan dalam *recovery cylinder* seperti di dalam **Rajah 4.6**.



Rajah 4.5: Contoh *Recovery Machine* Tanpa Minyak



Rajah 4.6: Komponen *Recovery Machine* Tanpa Minyak dan Aliran

b. *Compressor* Jenis Minyak Dengan Pemisah Minyak

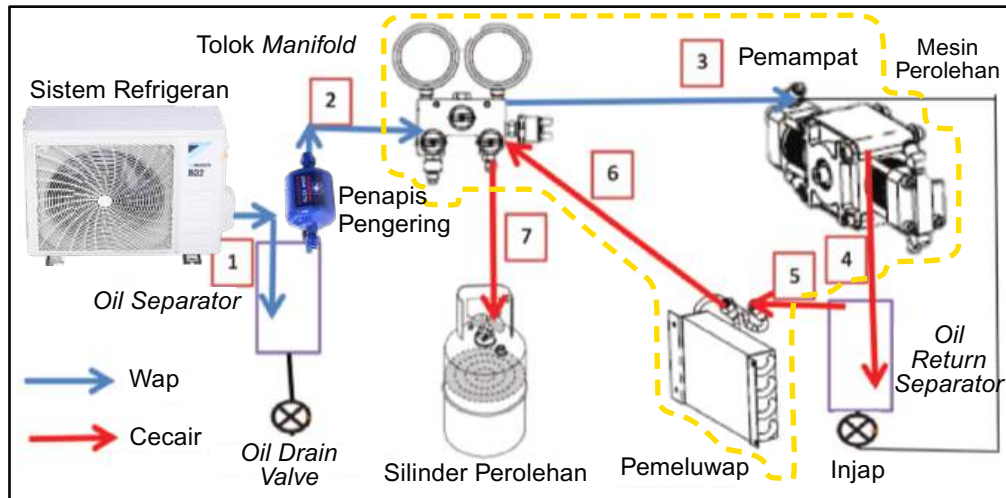
Refrigeran yang diperolehi (dalam keadaan wap) daripada sistem akan melalui pemisah minyak terlebih dahulu untuk memisahkan minyak di dalam refrigeran.

Dalam proses perolehan, refrigeran juga membawa minyak dari *compressor* di *recovery machine*. Minyak ini akan dipisahkan di pemisah minyak kedua dan kembali ke *compressor*. Jika langkah ini tidak dilakukan, *compressor* akan kekurangan minyak dan mengalami kerosakan. Refrigeran cecair keluar dari *condensor* dan dikumpulkan di dalam *recovery cylinder*.

Gambar rajah skematik perolehan aliran tunggal dan mesin kitar semula adalah seperti di dalam **Rajah 4.7**.



Rajah 4.7: Contoh Recovery Machine Jenis Minyak



Rajah 4.8: Komponen Recovery Machine Jenis Minyak dan Alirannya

4.2.4 Silinder Perolehan (Recovery Cylinder)

Recovery cylinder bertujuan khusus untuk menyimpan refrigeran yang telah dikeluarkan daripada sistem RAC. Refrigeran yang diperolehi boleh digunakan semula, ditebus guna atau dilupuskan.

Silinder perolehan digunakan untuk satu jenis refrigeran sahaja. Peraturan ini perlu dipatuhi kerana:

1. Jika refrigeran berbeza dicampurkan, ia tidak lagi boleh dipisahkan untuk digunakan semula. Jika dua atau lebih refrigeran dicampur, ia boleh menyebabkan tekanan yang tidak normal.
2. Silinder isi semula boleh didapati dalam pelbagai saiz daripada 30 lbs hingga 132.3 lbs.

- a. Gunakan hanya silinder bersih yang bebas daripada pencemaran minyak, asid dan kelembapan.
- b. Jangan melebihi 80% daripada kadar kapasiti silinder mengikut isi padu pada suhu 38 °C.
- c. Jangan campurkan refrigeran.
- d. Sentiasa labelkan *recovery cylinder* dengan mencatatkan jumlah refrigeran, nama, berat dan tarikh.
- e. Hanya guna silinder yang diluluskan khusus untuk perolehan.

Pemeriksaan *Recovery Cylinder* dan Ujian Semula

Silinder mesti diperiksa dan diuji semula pada selang masa tertentu berdasarkan standard antarabangsa yang berkenaan. Hakisan dan kerosakan mekanikal biasanya disebabkan oleh pengendalian silinder yang tidak betul. *Recovery cylinder* hendaklah dikembalikan kepada pembekal mengikut tempoh masa yang ditetapkan. Tempoh masa tersebut boleh dirujuk pada silinder berkenaan.

Injap perlu diperiksa secara berkala, terutama injap pelega (*relief valve*). Pastikan tiada apa-apa yang menghalang *relief valve* dan tiada kemerosotan visual atau kerosakan. Jika ada kerosakan, hantar silinder untuk dibaiki. Jangan gunakan silinder dengan injap pelega tekanan yang rosak atau yang ada masalah struktur yang jelas.



Rajah 4.9: Sentiasa Menjalankan Ujian Kebocoran

4.2.5 Pam Vakum (Vacuum Pump)

Proses vakum (*deep vacuum*) perlu dijalankan bagi menyingkirkan kelembapan kerana sifat higroskopik minyak POE (minimum 500 mikron atau rendah) dengan menggunakan pam vakum dua peringkat (*double stage vacuum pump*) yang mampu menarik vakum antara 20 hingga 50 mikron. Penggunaan tolok mikron (*micron gauge*) yang mampu membaca antara 5 hingga 5,000 mikron diperlukan bagi mendapat bacaan yang tepat. **Rajah 4.10** menunjukkan pam *vacuum pump*.



Rajah 4.10: Pam Vakum (Vacuum Pump)

Udara dan lembapan yang bercampur dengan refrigeran akan menghasilkan asid yang akan menghakis tiub kuprum dan membentuk enap cemar (*sludge*) yang menyebabkan sistem tersumbat. Gas yang tidak terpeluwap menyebabkan suhu dan tekanan di dalam pemeluwap menjadi lebih tinggi dan boleh menyebabkan tindak balas kimia di dalam tiub kuprum.

Sebelum melakukan proses vakum, pastikan kedudukan aras minyak pada *vacuum pump* adalah sesuai menerusi kaca penglihatan dan beroperasi dengan baik. Minyak *vacuum pump* yang telah lama digunakan berubah warna atau tercemar. Ini menunjukkan campuran kelembapan di dalam minyak adalah tinggi dan ia perlu ditukar.

Vacuum pump terdiri daripada dua jenis iaitu:

- Operasi satu peringkat (*single stage operation*) mempunyai keupayaan proses vakum yang rendah dan masa yang lama.
- Operasi dua peringkat (*dual stage operation*) mempunyai keupayaan proses vakum yang tinggi dan masa yang cepat. *Vacuum pump* boleh melakukan proses vakum di bawah daripada paras tekanan atmosfera.

4.2.6 Tolok Mikron (*Micron Gauge*)

Rajah 4.11 menunjukkan alat *micron gauge* yang memberikan bacaan dalam unit mikron dalam proses vakum. Pastikan *micron gauge* yang digunakan berupaya untuk mengukur skala 5 hingga 5,000 mikron. *Vacuum pump* jenis analog dan digital mempunyai fungsi yang sama.



Rajah 4.11: Tolok Mikron (*Micron Gauge*)

4.2.7 Clamp-on Meter

Clamp-on meter juga dikenali sebagai *amprobe*. *Clamp-on meter* digunakan untuk menguji atau mengukur Arus (A), Voltan (V), Rintangan (Ω), Frekuensi (Hz) dan Faktor Kuasa. Namun, kebiasaannya ia digunakan untuk mengukur Arus (A). *Clamp-on meter* mempunyai fungsi *peak hold* yang menunjukkan bacaan yang stabil. *Clamp-on meter* terbahagi kepada dua jenis iaitu jenis analog dan digital.

Langkah-langkah keselamatan:

- Pastikan *clamp-on meter* tiada air, habuk atau minyak yang melekat terutama pada bahagian klipnya.
- Pastikan jari tidak terkena klip semasa bacaan diambil.
- Elakkan hentakan, gegaran, suhu yang melampau atau medan magnet yang tinggi.



Rajah 4.12: *Clamp-on Meter*

4.2.8 Penimbang Pengecas Refrigeran (*Refrigerant Charging Scale*)

Refrigerant charging scale berskala tinggi diperlukan untuk mengukur jumlah refrigeran dengan tepat. Ketepatan yang diperlukan ialah ± 5 g.



Rajah 4.13: Penimbang Pengecas Refrigeran (*Refrigerant Charging Scale*)

4.2.9 Termometer Digital (*Digital Thermometer*)

Digital thermometer digunakan untuk menyukat suhu. *Digital thermometer* yang baik mestilah dilengkapi dengan paparan tunggal elektronik yang tepat, paparan penunjuk suhu antara julat suhu -50 hingga 70 °C dan mempunyai *probe* yang cukup panjang seperti di dalam **Rajah 4.14**. *Probe* boleh dimasukkan ke dalam jeriji penyaman udara untuk mendapatkan bacaan suhu dalam *Fahrenheit* / *Celsius*.

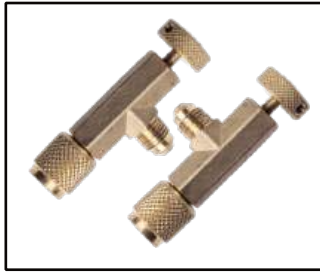


Rajah 4.14: *Termometer Digital (Digital Thermometer)*

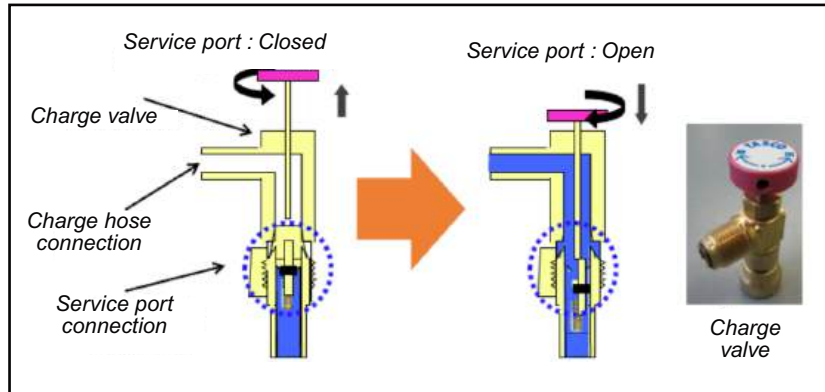
4.2.10 Valve Keselamatan (*Charging Adapter/Safety Valve Adapter*)

Safety valve adapter digunakan untuk mengurangkan pelepasan refrigeran ke udara dan seterusnya menjamin keselamatan juruteknik semasa mengendalikan refrigeran, khususnya semasa memasang dan menanggalkan hos pada sistem RAC.

Adapter ini membolehkan kawalan aliran refrigeran di dalam sistem. Ini diperlukan semasa mengisi semula refrigeran atau menguji sistem. Pengawalan yang tepat terhadap aliran refrigeran penting untuk prestasi unit.



Rajah 4.15: Valve Keselamatan (Charging Adapter/Safety Valve Adapter)



Rajah 4.16: Keratan Rentas

4.3 PENYELENGGARAAN PERALATAN

4.3.1 Pengenalan

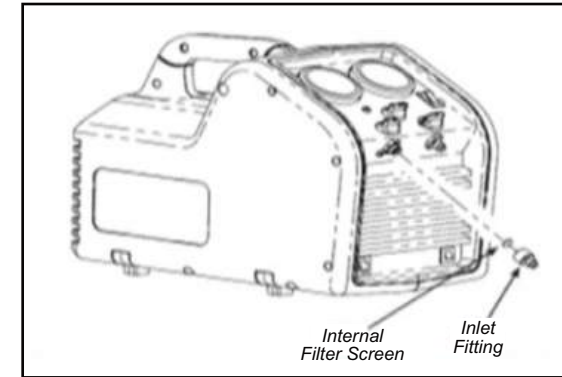
Penyelenggaraan berkala boleh memelihara jangka hayat peralatan. Penyelenggaraan yang tidak sempurna akan mendatangkan kesan seperti yang berikut:

- Jangka hayat peralatan menjadi pendek.
- Kualiti kerja menjadi tidak sempurna.
- Prestasi peralatan kurang baik.
- Masa yang lama untuk menyiapkan kerja.

4.3.2 Cara Penyelenggaraan Recovery Machine yang Betul

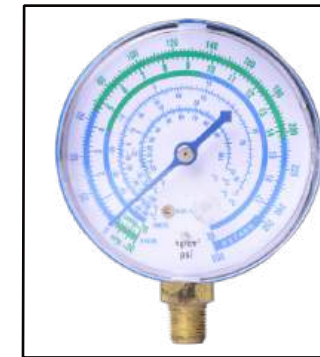
Untuk mendapatkan prestasi yang optimum bagi *recovery machine*, langkah-langkah yang berikut perlu diikuti:

- Bersihkan *condenser* dengan kerap bagi mengelakkan pengumpulan habuk.
- Sambungan *filter drier* perlu ditutup apabila ia tidak digunakan. *Filter drier* perlu diganti mengikut spesifikasi pengeluaran.
- Skrin penapis dalaman (*internal filter screen*) hendaklah sentiasa dicuci dengan kerap bagi mengelakkan penyedutan refrigeran yang lemah.



Rajah 4.17: Skrin Penapis Dalaman

- Pastikan bacaan *pressure gauge* ialah sifar. Jika perlu, laraskan skru mengikut arah jam atau lawan jam dalam keadaan tanpa tekanan. Dilarang mengeluarkan jarum dan mengubah suai *pressure gauge*.



Rajah 4.18: Bacaan yang Sifar pada Pressure Gauge

- Pastikan tiada minyak di dalam pemisah minyak (*oil separator*).
- Buang sisa refrigeran yang terdapat di dalam mesin dan singkirkan sisa dengan menggunakan nitrogen kering sebelum mesin disimpan dalam tempoh masa yang lama. Pelarut atau produk gasolin tidak dibenarkan untuk pembersihan kerana ia boleh merosakkan penutup plastik dan mudah terbakar.
- Pastikan injap salur masuk (*inlet*) dan salur keluar (*outlet*) dilindungi dan dijaga dengan baik dan ditutup dengan penutup selepas digunakan.
- Sentiasa periksa keadaan hos dan hos gasket supaya tiada kerosakan dan masalah tersumbat (*choke*).
- Apabila prestasi mesin mengalami penurunan yang ketara, lakukan pemeriksaan *compressor seals* dan lakukan penggantian jika perlu.

4.4 PENYELENGGARAAN VACUUM PUMP

Vacuum pump sangat penting untuk mengeluarkan gas tidak terpeluwap dan lembapan daripada sistem RAC.

Penyelenggaraan yang betul dan berkala penting bagi memastikan kerja-kerja vakum dapat beroperasi pada jangka hayat yang maksimum, serta menjimatkan kos dan masa.

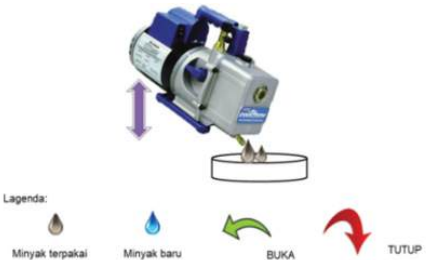
Penyelenggaraan yang tidak sempurna boleh menyebabkan:

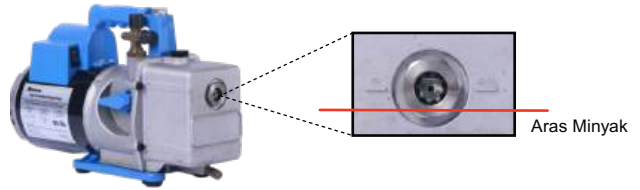
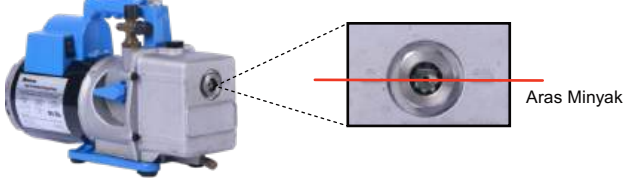
- Masa yang lebih lama diperlukan untuk mencapai bacaan *vacuum micron* yang dikehendaki.
- Proses menyingkirkan kelembapan akan terjejas serta akan memberikan kesan kepada prestasi sistem.

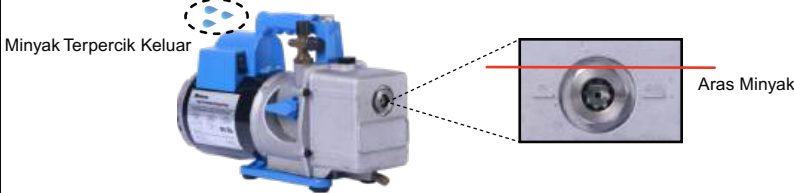
4.4.1 Prosedur Operasi Tetap (SOP) – Penyelenggaraan *Vacuum Pump*

Prosedur Operasi Tetap (SOP) bagi setiap proses dan langkah penyelenggaraan adalah seperti di dalam **Jadual 4.2**

Jadual 4.2: Prosedur Operasi Tetap – Menukar Minyak *Vacuum Pump*

Langkah	PROSES	
	SOP: Menukar Minyak <i>Vacuum Pump</i>	
1.	a.	Hidupkan (<i>switch on</i>) pam vakum selama 3 minit sahaja. -Langkah ini untuk merendahkan kelikatan minyak untuk memudahkan minyak mengalir keluar.
	b.	Buka penutup alir keluar minyak. -Minyak boleh dipaksa keluar dari pam dengan membuka saluran udara masuk dan kemudian menyekat sebahagian saluran udara keluar dengan kain. Hidupkan semula <i>vacuum pump</i> tidak melebihi 20 saat dengan menggunakan kaedah ini.
	Amalan Baik: Perlu mengetahui sepenuhnya prestasi sistem sebelum memulakan proses servis atau pembaikan. 	
2.	Apabila aliran minyak telah berhenti, condongkan <i>vacuum pump</i> ke hadapan untuk mengalirkan baki minyak. 	

3.	a.	Tutup semula penutup alir keluar minyak.
	b.	Buka penutup isian minyak dan isi takungan dengan minyak <i>vacuum pump</i> baru sehingga minyak kelihatan di bawah tanda aras kaca pelihatan.
		
4.	Periksa Paras Minyak	
	a.	Pastikan injap masuk ditutup semula. Hidupkan <i>vacuum pump</i> dan biarkan ia berjalan selama satu minit.
	b.	Periksa tahap minyak. Jika minyak adalah di bawah garis paras minyak (<i>oil level</i>) kaca pelihatan. Tambah minyak perlahan-lahan (semasa pam beroperasi) sehingga minyak mencecah garis paras minyak.
	c.	Tutup semula penutup isian minyak, tutup penutup <i>inlet</i> dan ketatkan penutup <i>outlet</i> .
		

5.	Jika Pencemaran Minyak Teruk, Anda Mungkin Perlu Mencuci (Flush) Vacuum Pump.	
	a.	Buka penutup alir keluar <i>vacuum pump</i> dan hidupkannya (<i>switch on</i>).
	b.	Tuang minyak <i>vacuum pump</i> baru secara perlahan-lahan ke dalam bahagian salur masuk isian minyak. Ulangi prosedur ini sehingga minyak kotor dikeluarkan sepenuhnya.
		
6.	Kuantiti Minyak yang Tepat	
	a.	Kekurangan kuantiti minyak akan mengurangkan prestasi <i>vacuum pump</i> .
	b.	Jika had isian berlebihan, ia boleh menyebabkan minyak terpercik keluar melalui saluran keluar udara.
		

4.4.2 Prosedur Operasi Tetap (SOP) – Penyelenggaraan *Refrigerant Charging Scale*

Kesan terhadap *refrigerant charging scale* yang tidak diselenggara dengan baik adalah seperti yang berikut:

- Kurang cas refrigeran:** Prestasi penyejukan menurun dan meningkatkan penggunaan tenaga elektrik.
- Terlebih cas refrigeran:** Tekanan menjadi tinggi lalu menyebabkan prestasi penyejukan menurun dan meningkatkan penggunaan tenaga elektrik.

Untuk mengekalkan cas yang tepat, proses kalibrasi (*calibration*) *refrigerant charging scale* perlu dilaksanakan sekurang-kurangnya setahun sekali. Rujuk **Rajah 4.19**.



Rajah 4.19: Contoh Sijil Kalibrasi (Calibration) Penimbang Pengecas Refrigeran

4.4.3 Penyelenggara *Refrigerant Charging Scale*

Salur masuk dan keluar pada *refrigerant charging scale* mempunyai penapis skrin berjejaring halus untuk mencegah kotoran atau habuk daripada memasuki injap dan menyebabkan injap tersumbat (*choking*).

Sekiranya berlaku aliran wap yang perlahan atau telah membuat proses perolehan refrigeran yang kotor atau tercemar, penapis ini perlu dibersihkan.

- Untuk membersihkan penapis: Hidupkan unit (*ON*), tekan *SET*; masukkan nilai cas, tekan *SET* dan kemudian tekan kekunci *GO* untuk membuka injap.
- Sambungkan sumber nitrogen kering kepada KELUARAN injap (disyorkan pada tekanan 80-100 psi).
- AMARAN:** Pastikan injap salur **MASUK** dijauhkan daripada anggota badan juruteknik. Kemudian alirkan nitrogen kering dan biarkan nitrogen kering melalui injap selama beberapa saat.

BAB

05

PENUKARAN REFRIGERAN DI DALAM SISTEM PENYAMAN UDARA DAN SILINDER

KANDUNGAN

5.1	PENGENALAN	67
5.2	PEROLEHAN	67
5.2.1	Prosedur Perolehan Mengikut ISO 11650	68
5.2.2	Perolehan dalam Mod Wap	68
5.2.3	Kaedah Perolehan (<i>Push/Pull</i>)	68
5.2.4	Amalan Baik untuk Perolehan Refrigeran	71
5.3	KITAR SEMULA	72
5.4	PEMULIHGUNAAN	72
5.4.1	Aliran Proses Pemuliharaan	72
5.5	PELUPUSAN DAN PEMUSNAHAN	73
5.6	ISU KESELAMATAN SILINDER REFRIGERAN	73
5.6.1	Langkah-Langkah Keselamatan	73
5.6.2	Penyingkiran Gas (<i>Purge</i>) Tidak Terkondensasi daripada <i>Recovery Cylinder</i>	75
5.6.3	Jenis-Jenis Silinder Refrigeran	76
5.6.4	Pemeriksaan <i>Recovery Cylinder</i> dan Ujian Semula	76
5.6.5	Langkah-Langkah Semasa Memindahkan <i>Recovery Cylinder</i>	77
5.7	KEWAJIPAN PENGILANG KELENGKAPAN PENYEJUKAN ATAU PENYAMAN UDARA	77
5.8	<i>DROP IN</i>	77
5.9	<i>RETROFIT</i>	77
5.10	PENUKARAN (<i>CONVERSION</i>)	78

BAB 5

PENUKARAN REFRIGERAN DI DALAM SISTEM PENYAMAN UDARA DAN SILINDER

5.1 PENGENALAN

Perolehan bahan refrigeran seperti HCFC dan HFC akan mengurangkan pelepasan ke alam sekitar. Di dalam bab ini, kita akan membincangkan isu-isu yang berikut:

- Perolehan dan faedahnya
- Kaedah perolehan
- Kitar semula
- Pemuliharaan
- Drop In, Retrofit & Conversion*
- Jenis-jenis silinder perolehan

5.2 PEROLEHAN

Proses menyingkirkan refrigeran dari sistem RAC, seterusnya menyimpan di dalam *recovery cylinder* tanpa sebarang ujian atau proses.

Terdapat banyak faedah untuk alam sekitar dan ekonomi apabila proses perolehan, kitar semula dan tebus guna dilakukan.

Manfaat utama termasuk:

- Meminimumkan pelepasan ke atmosfera dan mengurangkan kesan terhadap alam sekitar.
- Memperluas peluang pemasaran untuk refrigeran terpakai.
- Mengurangkan kos yang melibatkan pematuhan kepada alam sekitar.
- Mengurangkan permintaan bekalan refrigeran baru.
- Dengan menyingkirkan bahan tercemar di dalam sistem RAC, mampu meningkatkan jangka hayat unit.

Perolehan refrigeran melibatkan pemindahan refrigeran dari sistem yang sedia ada dan menyimpannya ke dalam *recovery cylinder*. Proses perolehan:

- Dijalankan setiap kali juruteknik menanggalkan atau melupuskan unit penyejukbekuan dan penyaman udara.
- Melibatkan penyingkiran wap refrigeran untuk menghasilkan tahap vakum bagi memaksimumkan jumlah refrigeran yang diperolehi serta mengurangkan pelepasan. Contoh reka bentuk *recovery machine* / kitar semula telah dimasukkan ke dalam *Underwriters Laboratories (UL) 1963*, dan spesifikasi prestasi telah disenaraikan dalam *Air Conditioning and Heating Refrigeration Institute AHRI 740*.
- Melibatkan pengusaha kilang (*manufacturer*), juruteknik penyelenggaraan, operator peralatan dan fasiliti pelupusan.

5.2.1 Prosedur Perolehan Mengikut ISO 11650

Elakkan penggunaan refrigeran terpakai yang dikeluarkan daripada sistem *compressor burnt out* atau daripada unit lama yang rosak atau terbiar. Hal ini biasanya diuji secara fizikal dengan memerhatikan warna kehitaman atau bau yang berasid daripada minyak atau refrigeran.

Jika keadaan refrigeran yang melalui proses perolehan adalah baik, ia boleh digunakan semula, seperti ketika memperbaiki kebocoran atau untuk menggantikan injap (ini boleh dilakukan untuk refrigeran tunggal sahaja). Jika tahap bahan cemar berlebihan, refrigeran biasanya dihantar untuk dilupuskan. Kit ujian yang digunakan untuk mengesahkan kualiti refrigeran boleh didapati di pasaran.

5.2.2 Perolehan dalam Mod Wap

Refrigeran dapat diperolehi dengan kaedah perolehan wap seperti yang ditunjukkan dalam **Langkah 4: Prosedur Perolehan (Bab 6)**. Di dalam sistem penyejukan yang lebih besar, proses perolehan memerlukan masa yang lebih lama. Pastikan pemampat tidak menyedut refrigeran dalam bentuk cecair kerana ia akan menyebabkan kerosakan yang serius.

Hos sambungan antara unit perolehan, sistem dan *recovery cylinder* perlu pendek dan mempunyai ukur lilit sebesar yang mungkin mengikut kesesuaian. **Langkah 4: Prosedur Perolehan (Bab 6)** menerangkan prosedur operasi tetap untuk perolehan refrigeran (mod wap). Juruteknik dinasihatkan untuk memastikan penyaman udara dalam keadaan tidak beroperasi sebelum melakukan prosedur perolehan.

Alatan yang diperlukan untuk prosedur perolehan ialah *4-way manifold gauge*, tolok mikron, pam vakum, penapis pengering, mesin perolehan, silinder perolehan, penimbang pengecas refrigeran dan *valve* keselamatan.

5.2.3 Kaedah Perolehan (Push/Pull)

Untuk sistem yang mengandungi lebih daripada 15 lbs atau 6.8 kg refrigeran, perolehan perlu dilakukan dengan kaedah perolehan *push/pull*.

Kaca pelihatan (*sight glass*) digunakan sebagai kaedah untuk menentukan kandungan kelembapan dan kualiti refrigeran di dalam sistem.

PERHATIAN: Apabila melaksanakan kaedah *push/pull* dalam proses perolehan, keadaan sifon yang berlaku akan menyebabkan silinder terlebih isi (*overfilling*) walaupun silinder memiliki *float level sensor*. Keadaan sifon akan berterusan walaupun unit perolehan telah dimatikan. Anda mesti menutup injap pada silinder dan unit perolehan untuk mengelakkan perkara ini berlaku.

Jadual 5.1: Prosedur Tetap Operasi untuk Perolehan Refrigeran (Push and Pull)

LANGKAH	PROSES
1	Kedah perolehan <i>push and pull</i> untuk kandungan refrigeran 6.8 kg ke atas
	a. Sambungkan hos servis dengan mengikuti rajah di bawah. Pastikan semua sambungan betul dan ketat (menggunakan tangan). Letakkan <i>recovery cylinder</i> di atas penimbang untuk mengelakkan pengisian melebihi had maksimum.
	b. Pusingkan injap <i>recover/purge</i> ke posisi <i>recover</i> .
	c. Buka injap pada <i>recovery cylinder</i> .
	d. Buka injap <i>outlet</i> pada <i>recovery machine</i> .
	e. Tekan suis <i>ON</i> pada <i>recovery machine</i> .

LANGKAH	PROSES
2	Kedah perolehan <i>push and pull</i> untuk kandungan refrigeran 6.8 kg ke atas
	a. Buka injap <i>inlet</i> pada <i>recovery machine</i> secara perlahan-lahan.
	b. Tutup injap <i>inlet</i> pada <i>recovery machine</i> apabila bacaan pada penimbang berhenti meningkat. Kemudian, tutup injap cecair pada <i>recovery cylinder</i> .
	c. Tekan suis <i>OFF</i> pada <i>recovery machine</i> .

LANGKAH	PROSES
3	Kedah perolehan <i>push and pull</i> untuk kandungan refrigeran 6.8 kg ke atas
	a. Tutup injap wap pada <i>recovery cylinder</i> .
	b. Tutup injap <i>outlet</i> pada <i>recovery machine</i> .
	c. Teruskan kepada perolehan kaedah wap.

5.2.4 Amalan Baik untuk Perolehan Refrigeran

Amalan baik untuk perolehan refrigeran adalah seperti yang berikut:

- Dilarang melepaskan refrigeran yang dikawal ke atmosfera.
- Gunakan kaedah perolehan untuk memperoleh semula refrigeran daripada unit RAC.

- Jika motor *compressor* sistem RAC terbakar, refrigeran harus diperoleh dan disimpan di dalam *recovery cylinder* perolehan, dan refrigeran tersebut tidak boleh digunakan lagi. Ia perlu dihantar untuk proses pemuliharaan atau pelupusan.

Refrigeran yang diperoleh daripada sistem RAC boleh digunakan semula bergantung pada ekstrak minyak daripada unit perolehan, Uji keasidan dengan menggunakan kit ujian asid dan uji kelembapan dengan menggunakan kit ujian lembapan. Had yang diterima untuk keasidan ialah 0.2 TAN (*Total Acid Number*) dan kelembapan ialah 100 ppm (*part per million*).

5.3 KITAR SEMULA

Kitar semula adalah untuk mengurangkan bahan cemar dalam refrigeran terpakai dengan mengasingkan minyak, mengeluarkan gas yang tidak terkondensasi serta mengurangkan kelembapan, keasidan, klorida dan zarah-zarah dengan menggunakan alat seperti *filter drier*. Piawaian refrigeran kitar semula hendaklah merujuk kepada Panduan Industri Kitar Semula (*Industry Recycling Guide-IRG-2*) yang ditubuhkan oleh AHRI 740 Standard. Bagi mengukur prestasi peralatan kitar semula dan *recovery machine*, rujuk Organisasi Antarabangsa Standard (ISO) 11650 atau Persatuan Jurutera Automotif (SAE) J1990.

5.4 PEMULIHGUNAAN

Pemuliharaan merupakan pemprosesan refrigeran yang terpakai sehingga mencapai spesifikasi refrigeran tulen yang melalui proses penyulingan. Analisis kimia refrigeran diperlukan untuk menentukan spesifikasi yang sesuai.

Pemuliharaan biasanya digambarkan dengan penggunaan proses atau prosedur yang hanya terdapat di fasiliti pengeluaran. Spesifikasi prestasi mesin pemuliharaan hendaklah merujuk kepada *Air Conditioning and Heating Refrigeration Institute - AHRI 700*.

5.4.1 Aliran Proses Pemuliharaan

- Mesin pemuliharaan boleh menerima refrigeran dalam keadaan cecair atau wap.
- Campuran minyak dan refrigeran berubah menjadi suhu yang tinggi dengan halaju yang tinggi disebabkan oleh haba daripada pelepasan *compressor*.
- Refrigeran kemudian memasuki kebuk pemisahan (*separation chamber*) besar dan unik yang halatujunya dikurangkan kepada hampir sifar. Semasa fasa ini, serpihan tembaga, karbon, minyak, asid, air dan semua bahan cemar lain turun ke bawah kebuk ini. Ia boleh dikeluarkan semasa operasi pengeluaran minyak. Proses ini juga membolehkan anda menentukan dengan tepat jumlah minyak yang dikeluarkan daripada sistem pemuliharaan.
- Wap yang bersuhu tinggi akan melalui *heat exchanger* dan ke *compressor*, kemudian berubah kepada cecair selepas melalui *air-cooled condenser*.
- Cecair akan melalui kebuk simpanan. Di dalam kebuk ini, penyejat berkumpul termasuk *thermal expansion valves* yang sesuai dengan jenis refrigeran *sub-cools* (20 hingga 40 °F / -6.7 hingga 4.4 °C) bergantung pada beberapa pemboleh ubah semasa operasi penyejukan.
- Sepasang *filter drier* yang boleh ditukar ganti dipasang dalam litar ini untuk membuang sisa kelembapan semasa proses pembersihan.
- Penyejukan refrigeran juga memudahkan pemindahan refrigeran kepada mana-mana silinder luar atau sistem pada suhu persekitaran.

5.5 PELUPUSAN DAN PEMUSNAHAN

Refrigeran yang tidak boleh dikitar semula atau dipulih guna perlu dihantar ke pusat pelupusan yang diluluskan oleh Jabatan Alam Sekitar untuk proses pelupusan dan pemusnahan, seperti Kualiti Alam Sdn Bhd, Negeri Sembilan.

5.6 ISU KESELAMATAN SILINDER REFRIGERAN

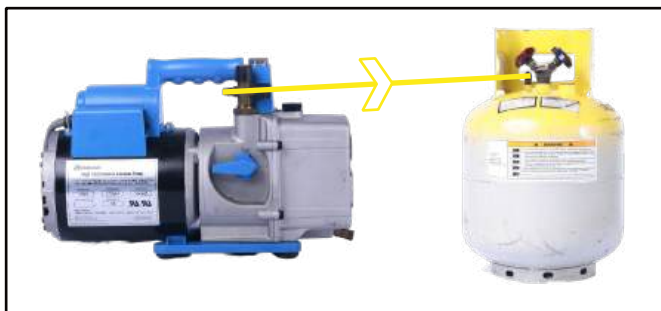
Maklumat Keselamatan dan Garis Panduan Operasi perlu dititikberatkan semasa mengendalikan silinder refrigeran untuk mengelakkan sebarang kemalangan. **Rajah 5.1** menunjukkan silinder yang rosak akibat letupan.



Rajah 5.1: Silinder Refrigeran yang Meletup

5.6.1 Langkah-Langkah Keselamatan

- AWAS:** JANGAN gunakan silinder pakai buang untuk isian semula refrigeran. HANYA guna *recovery cylinder* yang dibenarkan untuk isian semula. Refrigeran mesti diangkut hanya di dalam bekas yang memenuhi spesifikasi Jabatan Pengangkutan, Amerika Syarikat (DOT) mengikut spesifikasi 4BW atau 4BA.
- AMARAN:** JANGAN melebihi had tekanan operasi (*working pressure*) setiap *recovery cylinder*. *Recovery cylinder* direka untuk pelbagai tekanan yang berbeza. *Recovery machine* tidak dibekalkan dengan *recovery cylinder*. Ia memerlukan penggunaan *recovery cylinder* dengan sekurang-kurangnya tekanan operasi 350 psi. **NOTA:** Penggunaan *recovery cylinder* 400 psi adalah wajib semasa perolehan R-410A dan R-32.
- Recovery cylinder* dan *filter drier* harus digunakan untuk satu jenis refrigeran sahaja. Sebelum menggunakan *recovery cylinder*, anda harus mengosongkan *recovery cylinder*, vakum dan bersihkan *recovery cylinder* dengan menggunakan OFDN, dan ulangi proses tersebut beberapa kali untuk memastikan segala kotoran telah dikeluarkan sepenuhnya. **Rajah 5.2** menunjukkan *recovery cylinder* divakum sebelum diisi dengan refrigeran yang berbeza.



Rajah 5.2: Recovery Cylinder Divakum sebelum Diisi dengan Refrigeran yang Berbeza

- Sentiasa simpan silinder refrigeran di tempat yang sejuk dan kering. Elakkan pancaran matahari dan pastikan berada jauh daripada sumber haba.

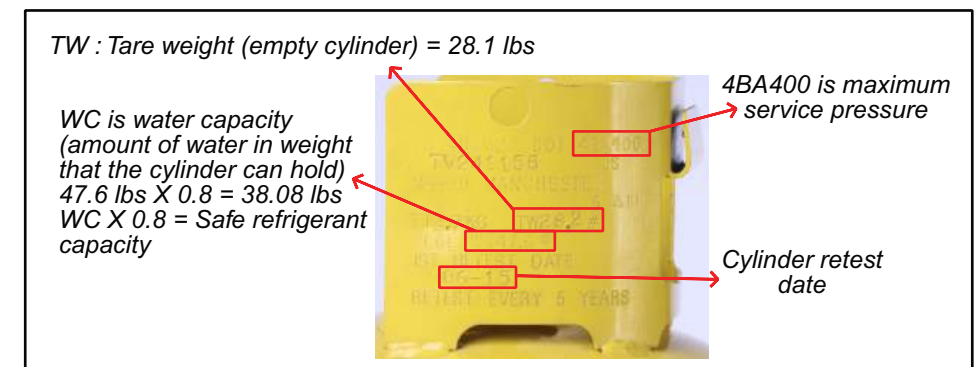


Rajah 5.3: Jauh daripada Pancaran Terus Matahari dan Sumber Haba

- Pastikan refrigeran tidak bercampur di dalam satu silinder. Setiap jenis refrigeran mestilah mempunyai *recovery cylinder* sendiri dan *filter drier*.
- Sentiasa tutup sambungan injap-injap dengan penutup demi keselamatan dan mengelakkan refrigeran daripada kebocoran.
- Jangan ubah suai injap silinder.
- Pastikan kapasiti refrigeran yang selamat. Juruteknik hendaklah memastikan *recovery cylinder* yang spesifik digunakan dan melabelkannya seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 5.4**.
- Semasa bengkel penyejukbekuan, dinasihatkan untuk menyimpan jumlah *recovery cylinder* refrigeran mudah terbakar pada kuantiti yang minimum.

Formula untuk menentukan isian refrigeran yang selamat adalah seperti yang berikut:

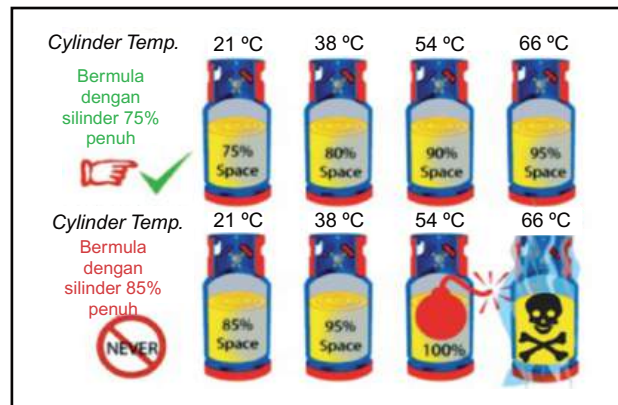
Kandungan air x 80% = had kapasiti refrigeran yang selamat



Rajah 5.4: Contoh Pengiraan Isian Refrigeran yang Selamat

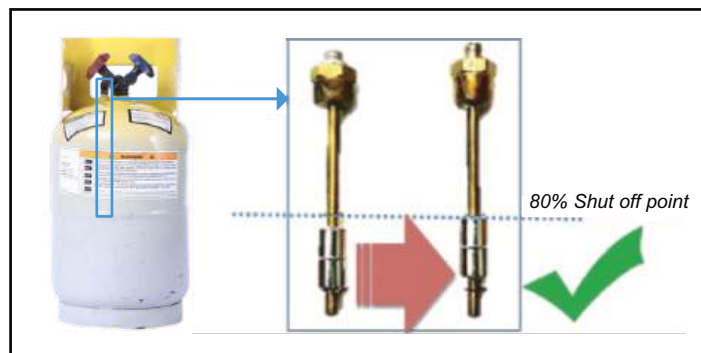
Refrigeran mengembang apabila ia menjadi panas dan boleh menyebabkan silinder meletup. Untuk mengelakkan kemalangan, kita tidak boleh mengisi semula silinder lebih daripada 80% daripada isipadunya pada suhu 38 °C (suhu berkadar terus dengan ruang yang dipenuhi oleh refrigeran) seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 5.5**.

Kod Keselamatan mengesyorkan silinder tertutup tidak perlu diisi lebih 80% daripada jumlah refrigeran cecair. Baki 20% dipanggil sebagai ruang kelegaan atau ruang keselamatan (*head pressure room*).



Rajah 5.5: Elakkan Silinder Terlebih Isi

- Untuk mengelakkan melebihi 80% daripada kapasiti maksimum *recovery cylinder*, sangat digalakkan untuk menggunakan skala refrigeran untuk memantau kapasiti *recovery cylinder*.
- Kebiasaannya, pihak pengeluar *recovery cylinder* telah memasang *safety shut-off switch* untuk memantau kapasiti *recovery cylinder*. Aliran refrigeran akan terputus apabila pengisian refrigeran mencapai 80% seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 5.6**.



Rajah 5.6: Safety Shut-Off Switch

5.6.2 Penyingkiran Gas (Purge) Tidak Terkondensasi daripada *Recovery Cylinder*

- Biarkan silinder tanpa gangguan selama 24 jam. Ia membolehkan udara naik ke atas.
- Sambungkan *manifold gauge* ke *recovery cylinder*, dan baca jumlah tekanan di dalam *recovery cylinder*.
- Tentukan suhu persekitaran dalam ruangan atau bilik penyimpanan *recovery cylinder*.
- Dapatkan bacaan tekanan berpandukan bacaan suhu persekitaran mengikut *PT Chart*. Bandingkan tekanan silinder dengan bacaan tekanan pada *PT Chart*.
- Jika bacaan tekanan *pressure gauge* lebih tinggi daripada nilai tekanan yang ditunjukkan pada carta, buka injap servis wap dengan perlahan-lahan (meminimumkan pergolakan di dalam silinder), dan perhatikan tekanan pada *pressure gauge* (menurun). Untuk mengelakkan pelepasan, tambahkan 4-5 psi pada tekanan yang ditunjukkan di carta. Apabila bacaan *pressure gauge* setara dengan tekanan carta, tutup injap servis wap.

- Biarkan silinder tanpa gangguan selama 10 minit dan periksa tekanan sekali lagi.
- Ulangi proses sekali lagi jika perlu.

5.6.3 Jenis-Jenis Silinder Refrigeran

Refrigeran diisi sama ada di dalam silinder pakai buang atau guna semula. Ia ialah silinder bertekanan dan ini tertakluk kepada peraturan-peraturan di negara masing-masing. Silinder direka untuk gas bertekanan dan cecair, dan diberikan label mengikutnya. Terdapat dua jenis silinder refrigeran di pasaran:

- Silinder pakai buang boleh didapati dalam pelbagai saiz. Silinder jenis ini tidak dibenarkan untuk kegunaan perolehan seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 5.7**.



Rajah 5.7: Silinder Pakai Buang yang Tidak Boleh Diisi Semula

- Recovery cylinder* yang boleh diisi semula seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 5.8**.



Rajah 5.8: Recovery Cylinder yang Boleh Diisi Semula

5.6.4 Pemeriksaan *Recovery Cylinder* dan Ujian Semula

Recovery cylinder biasanya tertakluk kepada peraturan-peraturan yang ditetapkan bagi reka bentuk, fabrikasi dan ujiannya. Hakisan dan kerosakan mekanikal biasanya disebabkan oleh pengendalian silinder yang tidak betul. *Recovery cylinder* mesti diperiksa dan diuji semula pada tempoh masa tertentu seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 5.9**.

Tempoh masa adalah berbeza dan perlulah dihantar semula kepada pembekal silinder/ syarikat pengujian yang bertauliah untuk melakukan pemeriksaan semula sebelum tarikh tamat tempoh. Begitu juga dengan injap. Ia perlu diperiksa secara berkala, terutamanya *relief valve*. Pastikan tiada apa-apa yang menghalang *relief valve* dan kurang keupayaan operasi atau kerosakan. Jika terdapat kerosakan, kosongkan silinder dan sediakan silinder untuk dibaiki. Dilarang menggunakan silinder dengan injap yang rosak atau dengan kerosakan struktur yang jelas.



Rajah 5.9: Ujian Kebocoran Mesti kerap Dijalankan

5.6.5 Langkah-Langkah Semasa Memindahkan Recovery Cylinder

- Elakkan kemungkinan kesan tergores atau tercalar.
- Pastikan semua silinder mematuhi peraturan semasa.
- Jangan biarkan silinder longgar dan tidak disusun rapi.
- Sentiasa simpan pada kedudukan tegak.

5.7 KEWAJIPAN PENGILANG KELENGKAPAN PENYEJUKAN ATAU PENYAMAN UDARA

Peraturan 6

Peraturan-Peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Pengurusan Refrigeran) 2020

Penggunaan refrigeran untuk tujuan penaiktarafan dengan mengeluarkan refrigeran daripada kelengkapan penyejukbekuan atau penyaman udara dan mengubah suai kelengkapan itu supaya kelengkapan itu boleh dikendalikan dengan refrigeran alternatif, pengilang kelengkapan penyejukbekuan atau penyaman udara itu hendaklah menyediakan program latihan yang mencukupi kepada orang yang menjalankan penaiktarafan kelengkapan penyejukbekuan atau penyaman udara pengilang dan hendaklah memastikan bahawa orang yang dilatih perlu dimaklumkan tentang reka bentuk dan fungsi sistem kelengkapan penyejukbekuan atau penyaman udara itu.

5.8 DROP IN

Penggantian refrigeran dengan kaedah *drop in* ialah satu istilah yang merujuk kepada bahan refrigeran gantian yang dimasukkan ke dalam sistem penyejukbekuan tertentu tanpa menukar sebarang komponen lain di dalam sistem tersebut termasuk minyak refrigeran. Walau bagaimanapun dalam keadaan biasa, apabila minyak sintetik digunakan, *seal* dan seumpamanya perlu diganti untuk keserasian dan istilah *drop in* tidak terpakai lagi.

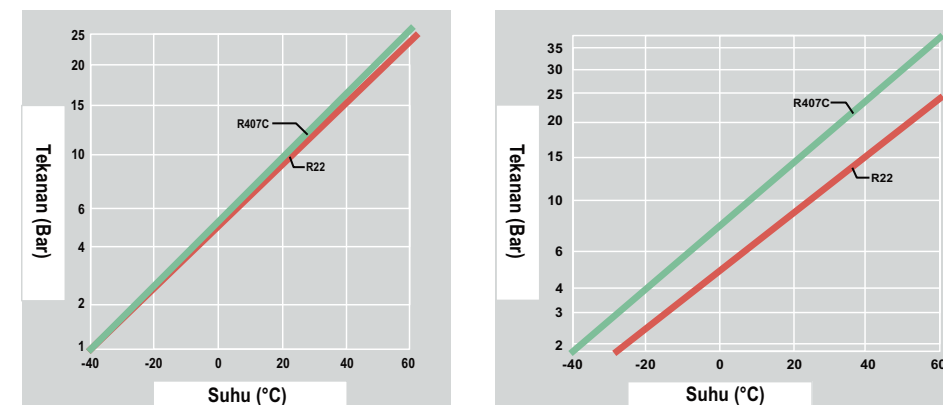
Drop in retrofit merupakan satu lagi istilah yang digunakan untuk menggambarkan penggunaan refrigeran gantian dengan perubahan yang minimum pada sistem. Namun, seperti yang dijelaskan di atas, ia bukanlah *drop in* atau *direct drop in*.

5.9 RETROFIT

Penggantian refrigeran yang memerlukan perubahan minyak refrigeran atau perubahan komponen pada sistem diklasifikasikan sebagai refrigeran *retrofit*. Refrigeran *retrofit* boleh menyebabkan kos yang tinggi kerana komponen pemampat atau *evaporator* perlu diganti.

R-407C adalah sesuai untuk digunakan dalam *retrofit* pada sistem penyejukbekuan yang menggunakan refrigeran R-22. Prestasi dan kecekapannya adalah hampir sama dengan R-22. Keserasian boleh dicapai dengan ciri-ciri R-22 dari segi tekanan, aliran jisim, ketumpatan wap dan pencapaian terhadap kapasiti isipadu refrigeran. **Rajah 5.10** menunjukkan keadaan operasi sistem R-407C dan R-22 adalah serupa. Walau bagaimanapun, minyak refrigeran juga perlu ditukar mengikut jenis refrigeran yang digunakan (Rujuk **Bab 3, Jadual 3.2**).

Merujuk kepada **Rajah 5.10**, keadaan operasi R-410A menunjukkan 50% lebih kapasiti penyejukan berbanding R-22. Pada suhu kondensasi yang tinggi, COP bagi penggunaan tenaga adalah kurang baik berbanding R-22.



Rajah 5.10: Keadaan Operasi R-407C lwn. R-22 dan Operasi R-410A lwn. R-22

5.10 PENUKARAN (CONVERSION)

Apabila menggunakan refrigeran mudah terbakar pada sistem yang lazimnya menggunakan refrigeran tidak mudah terbakar, terma "penukaran" digunakan. Apabila menukar daripada satu refrigeran tidak mudah terbakar (seperti R-22) kepada refrigeran HC (seperti R-290), beberapa faktor perlu diambil kira.

Ia termasuk mengenal pasti sama ada HC boleh digunakan dalam keadaan tertentu dari perspektif keselamatan, dan menjalankan perubahan yang diperlukan terhadap peralatan tersebut bagi mengurangkan risiko kebakaran. Penukaran refrigeran tidak mudah terbakar kepada refrigeran mudah terbakar perlu dipertimbangkan dari segi penukaran keseluruhan peralatan dan bukan penukaran refrigeran semata-mata.

Peringatan:

- Juruteknik yang terlibat dengan penukaran refrigeran mudah bakar mestilah terlatih dan bertauliah untuk menggunakan refrigeran mudah bakar.
- Tukar sistem hanya dengan kebenaran daripada pemilik bangunan.
- Guna peralatan servis yang sesuai untuk refrigeran HC.
- Jumlah refrigeran yang banyak dalam sistem RAC adalah tidak sesuai untuk ditukarkan kepada refrigeran HC.
- Sistem penyejukbekuan dengan paip yang banyak dan *evaporator* berganda adalah tidak sesuai untuk ditukarkan kepada sistem HC.
- Disarankan untuk mengalihkan peralatan daripada kedudukan yang sedia ada ke persekitaran yang lebih terkawal untuk membolehkan kerja dilaksanakan dengan lebih selamat.

BAB

06

**PENGENDALIAN DAN
PENYELENGGARAAN
SISTEM PENYEJUKBEKUAN
DAN PENYAMAN UDARA
HCFC, HFC DAN REFRIGERAN
MUDAH TERBAKAR**

KANDUNGAN

6.1	PENGENALAN	81
6.2	KAEDAH PENGENDALIAN REFRIGERAN DAN LANGKAH BERJAGA-JAGA	82
6.2.1	Keselamatan Umum semasa Mengendalikan HCFC dan HFC	82
6.2.2	Had Praktikal Selamat untuk Mengendalikan Refrigeran Mudah Terbakar	83
6.2.3	Isu Penguraian (<i>Decomposition</i>)	89
6.2.4	Isu <i>Flammability</i> Refrigeran HFC	91
6.2.5	Pengendalian dan Penyimpanan Silinder Mudah Terbakar	92
6.2.6	Langkah-Langkah Keselamatan Silinder Mudah Terbakar	93
6.2.7	Keselamatan di Kawasan Kerja	94
6.2.8	Peralatan Perlindungan Diri (PPE)	95
6.2.9	Kaedah Sambungan Alternatif	95
6.3	PROSEDUR OPERASI TETAP BAGI PENYELENGGARAAN SISTEM PENYEJUKBEKUAN DAN PENYAMAN UDARA (RAC)	97

BAB 6

PENGENDALIAN DAN PENYELENGGARAAN PENYEJUKBEKUAN DAN PENYAMAN UDARA HCFC, HFC DAN REFRIGERAN MUDAH TERBAKAR

6.1 PENGENALAN

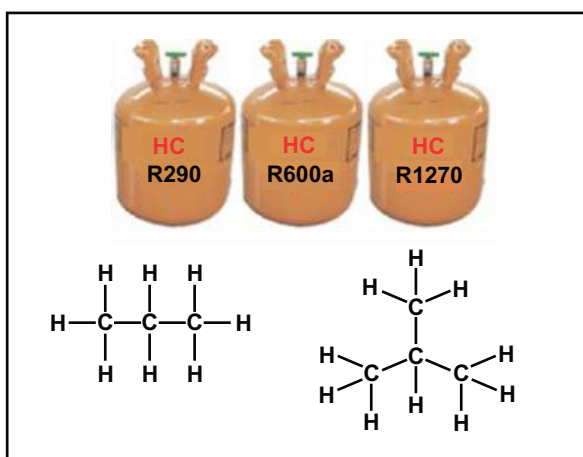
Penggunaan refrigeran *Hydrochlorofluorocarbon* (HCFC) dan *Hydrofluorocarbon* (HFC) adalah meluas di dalam alat penyaman udara domestik dan komersial. Walau bagaimanapun HCFC perlu dihapuskan penggunaannya bermula pada tahun 2030. HFC ialah salah satu refrigeran alternatif kepada HCFC.

Pengendalian HCFC dan HFC perlu mengikut prosedur yang betul bagi memastikan refrigeran tersebut selamat semasa disimpan dan semasa digunakan.

Antara contoh refrigeran HCFC dan HFC yang biasa digunakan adalah seperti yang berikut:

- HCFC: R-22 dan R-123
- HFC tulen: R-134a dan R-32
- Campuran HFC: R-407C, R-410A dan R-404A

Berikutan impak kepada persekitaran terutamanya penipisan lapisan ozon dan pemanasan global yang disebabkan oleh pembebasan HCFC dan HFC. Penggunaan refrigeran alternatif yang mesra ozon dan rendah GWP adalah bersifat mudah terbakar dan digunakan secara meluas di dalam sistem RAC. Antara contoh refrigeran alternatif adalah seperti di dalam **Rajah 6.1**.



Rajah 6.1: Refrigeran Alternatif Mudah Terbakar

HC merupakan bahan semula jadi yang terdiri daripada atom hidrogen dan karbon serta bersifat mudah terbakar. Contohnya, Gas Petroleum Cecair (*Liquified Petroleum Gas* - LPG) akan mudah terbakar sekiranya tidak dikendalikan dengan betul.

Refrigeran mudah terbakar selamat digunakan jika pengguna mematuhi semua langkah keselamatan berpandukan **MS 2678:2017** dan dilaksanakan dengan amalan yang betul. **Rajah 6.2** menunjukkan contoh penggunaan HC.



Rajah 6.2: Contoh Penggunaan HC

HC sebagai refrigeran alternatif boleh dipertimbangkan atas sebab-sebab yang berikut:

- Meningkatkan kecekapan sistem
- Mengurangkan impak terhadap alam sekitar
- Penjimatan kos berbanding refrigeran yang lain
- Pilihan refrigeran alternatif mesra alam yang terhad

6.2 KAEDAH PENGENDALIAN REFRIGERAN DAN LANGKAH BERJAGA-JAGA

6.2.1 Keselamatan Umum semasa Mengendalikan HCFC dan HFC

- HCFC dan HFC tidak berbau dan mempunyai jisim yang lebih berat jika dibandingkan dengan udara. Jika berlakunya pelepasan dalam ruang yang tertutup, ia boleh menyebabkan individu yang berada di dalam ruang tersebut sesak nafas. Individu tersebut perlu dipindahkan ke kawasan yang terbuka, dan rawatan perubatan mungkin diperlukan.



Rajah 6.3: HCFC/HFC Boleh Menyebabkan Sesak Nafas

- HCFC/HFC boleh berkumpul di kawasan yang lebih rendah seperti di bahagian bawah peralatan (*chest cooler/freezer*) atau bahagian bawah ruang bangunan. Oleh itu, kawasan pengendaliannya harus mempunyai pengudaraan yang baik untuk membebaskan refrigeran jika berlaku kebocoran pada sistem.

- c. Jangan sentuh refrigeran semasa ia berada dalam keadaan cecair kerana ia boleh menyebabkan reput fros (*frost bite*). Bagi mengelakkan keadaan tersebut, pengendali refrigeran harus menggunakan PPE yang bersesuaian seperti menggunakan sarung tangan yang sesuai, *safety goggles* dan pakaian yang meliputi badan. Contohnya, semasa mengecas, mendapatkan bacaan tekanan dan perolehan refrigeran. **Rajah 6.4** menunjukkan kesan daripada reput fros (*frost bite*).



Rajah 6.4: Reput Fros (Frost Bite)

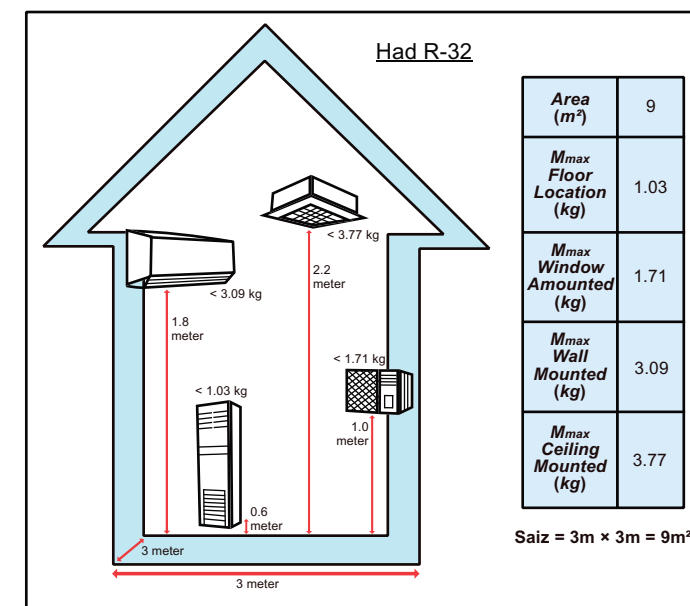
6.2.2 Had Praktikal Selamat untuk Mengendalikan Refrigeran Mudah Terbakar

Had mengecas yang dibenarkan untuk refrigeran mudah terbakar bergantung pada beberapa faktor seperti yang berikut:

- Kumpulan refrigeran yang mudah terbakar: HFC-32 (Kumpulan 2L) and R-290 (Kumpulan 3) mempunyai sifat mudah terbakar yang berbeza, lalu ia akan menentukan had mengecas di dalam sistem RAC.
- Klasifikasi penghunian: Klasifikasi penghunian ialah tahap sekatan bagi bilangan orang yang boleh berada di dalam sesebuah bilik atau sebahagian bangunan. Ia dibahagikan kepada penghunian umum, penghunian diselia dan penghunian dibenarkan.
- Kedudukan sistem RAC: Had mengecas juga bergantung pada lokasi pemasangan seperti ruang berpenghuni, bilik mesin (ruang tertutup atau ruang dengan pengudaraan mekanikal), ruang terbuka atau pengudaraan tertutup.

Had Praktikal bukanlah kuantiti cas untuk mematuhi keperluan sistem RAC tetapi ini adalah kuantiti refrigeran maksimum yang dibenarkan cas dalam sistem RAC ini adalah untuk memastikan tiada kebakaran berlaku disebabkan oleh kebocoran refrigeran. Cara pengiraan boleh dirujuk daripada ISO 5149-4:2022 atau AS/NZS 60335.2.40.

Had mengecas bukanlah berat cas yang sebenar dalam sistem tetapi berat maksimum yang dibenarkan berdasarkan lokasi dan aktiviti di tempat sistem RAC tersebut boleh digunakan dengan selamat. Pengiraan had mengecas tersebut boleh dirujuk daripada ISO 5149-4 atau AS/NZS 60335.2.40.



Rajah 6.5: Had Mengecas bagi R-32

Jadual 6.1: Had Mengecas Maksimum bagi R-32

AREA (m ²)	M_{max} FLOOR LOCATION (kg)	M_{max} WINDOW AMOUNTED (kg)	M_{max} WALL MOUNTED (kg)	M_{max} CEILING MOUNTED (kg)
9	1.03	1.71	3.09	3.77
12	1.19	1.98	3.56	4.35
15	1.33	2.21	3.98	4.87
18	1.45	2.42	4.36	5.33
21	1.57	2.62	4.71	5.76
24	1.68	2.80	5.04	6.16
27	1.78	2.97	5.34	6.53
30	1.88	3.13	5.63	6.88
33	1.97	3.28	5.91	7.22
36	2.06	3.43	6.17	7.54
39	2.14	3.57	6.42	7.85
42	2.22	3.70	6.66	8.15
45	2.30	3.83	6.90	8.43
48	2.37	3.96	7.12	8.71
51	2.45	4.08	7.34	8.98
54	2.52	4.20	7.56	9.24
57	2.59	4.31	7.76	9.49
60	2.66	4.43	7.97	9.74

Nota: Jadual 6.2 hanya sesuai untuk kedudukan pemasangan *indoor unit* pada ketinggian yang minimum seperti yang berikut:

Jadual 6.2: Kedudukan Ketinggian Pemasangan Indoor Unit bagi R-32

h_o	= Height factor in m, based upon the method of mounting the appliance
•	0.6 metres for floor location
•	1.0 metres for window mounted
•	1.8 metres for wall mounted
•	2.2 metres for ceiling mounted

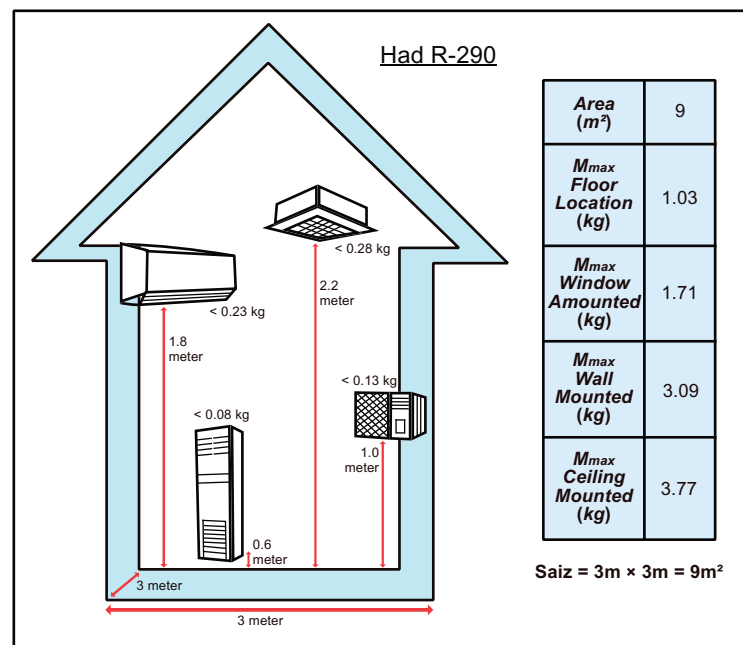
Langkah-langkah pengiraan had mengecas untuk sistem R-32 adalah seperti yang berikut:

- Dapatkan saiz bilik pemasangan penyaman udara dalam unit m^2 panjang x lebar.
- Rujuk jadual had mengecas R-32 untuk mendapatkan kuantiti had mengecas bagi jenis penyaman udara yang berkenaan.

Contoh pengiraan had mengecas:

- Lebar bilik : 3 m
- Panjang bilik : 3 m
- Saiz bilik : $3\text{ m} \times 3\text{ m} = 9\text{ m}^2$

Merujuk kepada jadual had mengecas R-32, cas maksimum yang dibenarkan untuk *floor unit* ialah 1.03 kg, 1.71 kg untuk *window type*, 3.09 kg untuk *wall mounted type* dan 3.77 kg untuk *ceiling type*. Oleh itu, bagi mengelakkan kebakaran berlaku (disebabkan oleh kebocoran refrigeran mudah terbakar), setiap jenis penyaman udara tidak boleh dicas lebih daripada had mengecas seperti di atas.



Rajah 6.6: Had Mengecas bagi R-290

Jadual 6.3: Had Mengecas Maksimum bagi R-290

Area (m^2)	M_{max} Floor Location (kg)	M_{max} Window Amounted (kg)	M_{max} Wall Mounted (kg)	M_{max} Ceiling Mounted (kg)
9	0.08	0.13	0.23	0.28
12	0.09	0.15	0.26	0.32
15	0.10	0.16	0.29	0.36
18	0.11	0.18	0.32	0.39
21	0.12	0.19	0.35	0.42
24	0.12	0.21	0.37	0.45
27	0.13	0.22	0.39	0.48
30	0.14	0.23	0.41	0.51
33	0.14	0.24	0.43	0.53
36	0.15	0.25	0.45	0.55
39	0.16	0.26	0.47	0.58
42	0.16	0.27	0.49	0.60
45	0.17	0.28	0.51	0.62
48	0.17	0.29	0.52	0.64
51	0.18	0.30	0.54	0.66
54	0.18	0.31	0.55	0.68
57	0.19	0.32	0.57	0.70
60	0.19	0.32	0.58	0.71

Nota: Jadual ini hanya sesuai untuk kedudukan pemasangan *indoor unit* pada ketinggian yang minimum seperti yang berikut:

Jadual 6.4 : Kedudukan Ketinggian Pemasangan Indoor Unit bagi R-290

h_o	= Height factor in m, based upon the method of mounting the appliance
•	0.6 metres for floor location
•	1.0 metres for window mounted
•	1.8 metres for wall mounted
•	2.2 metres for ceiling mounted

Langkah-langkah pengiraan had mengecas untuk sistem R-290 adalah seperti berikut:

- Dapatkan saiz bilik pemasangan penyaman udara dalam unit m^2 panjang x lebar.
- Rujuk jadual had mengecas R-20 untuk mendapatkan kuantiti had mengecas bagi jenis penyaman udara yang berkenaan.

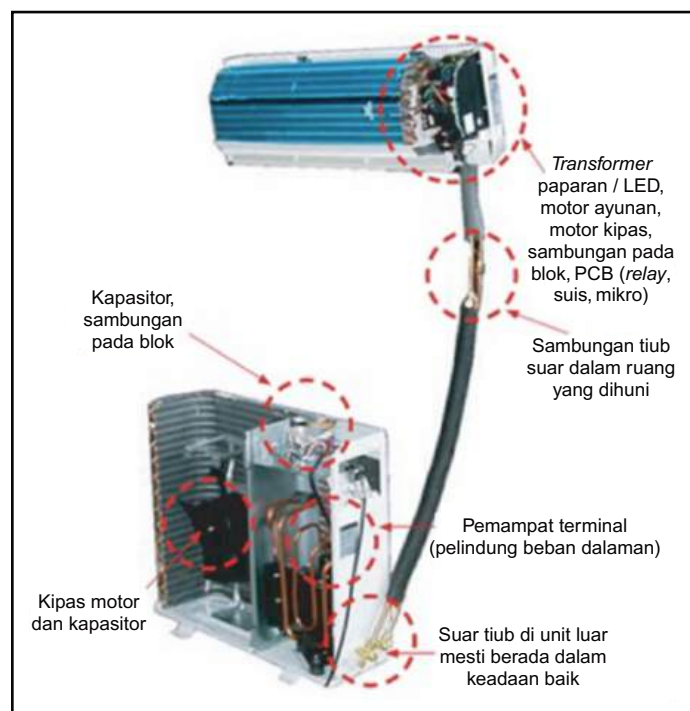
Contoh pengiraan had mengecas:

- Lebar bilik : 3 m
- Panjang bilik : 3 m
- Saiz bilik : $3\text{ m} \times 3\text{ m} = 9\text{ m}^2$

Merujuk kepada jadual had mengecas R-290, cas maksimum yang dibenarkan untuk *floor unit* ialah 0.08 kg, 0.13 kg untuk *window type*, 0.23 kg untuk *wall mounted type* dan 0.28 kg untuk *ceiling type*. Oleh itu, bagi mengelakkan kebakaran berlaku (disebabkan oleh kebocoran refrigeran mudah terbakar), setiap jenis penyaman udara tidak boleh dicas lebih daripada had mengecas seperti di atas.

Langkah-Langkah Keselamatan semasa Pengendalian Refrigeran Mudah Terbakar

Langkah-langkah keselamatan perlu diberikan perhatian semasa mengendalikan refrigeran mudah terbakar. Bahagian sistem yang memerlukan perhatian tambahan adalah seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 6.7**.

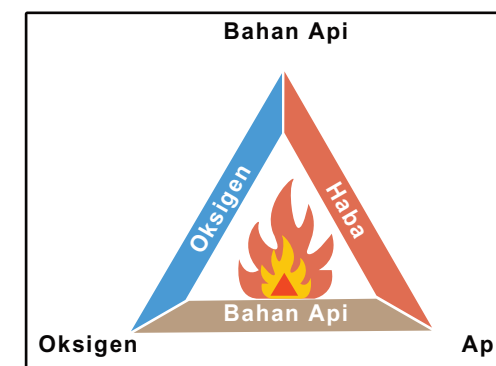


Rajah 6.7: Bahagian-Bahagian yang Perlu Diberikan Perhatian dalam Sistem Refrigeran Mudah Terbakar

Refrigeran mudah terbakar tidak terbakar secara spontan apabila terdedah kepada udara. Pembakaran **HANYA** akan berlaku dengan kehadiran tiga elemen di bawah. **Rajah 6.8** menunjukkan elemen-elemen yang menyebabkan pembakaran.

- Bahan api - Refrigeran yang mudah terbakar perlu dilepaskan.
- Oksigen - Perkadaran udara yang betul perlu bercampur dengan refrigeran mudah terbakar.
- Api - Terdapat sumber pencucuhan yang melebihi suhu 598 °C.

Oleh itu, kita boleh mengelakkan kebakaran dengan mengambil langkah-langkah yang berikut: Langkah pertama adalah dengan mengelakkan kebocoran gas. Kedua, pastikan campuran yang mudah terbakar tidak terbentuk dengan memastikan kawasan tersebut mempunyai pengudaraan yang baik. Ketiga, singkirkan sebarang sumber pencucuhan di kawasan penyelenggaraan tersebut.



Rajah 6.8: 3 Elemen yang Menghasilkan Pembakaran

Sumber Pencucuhan

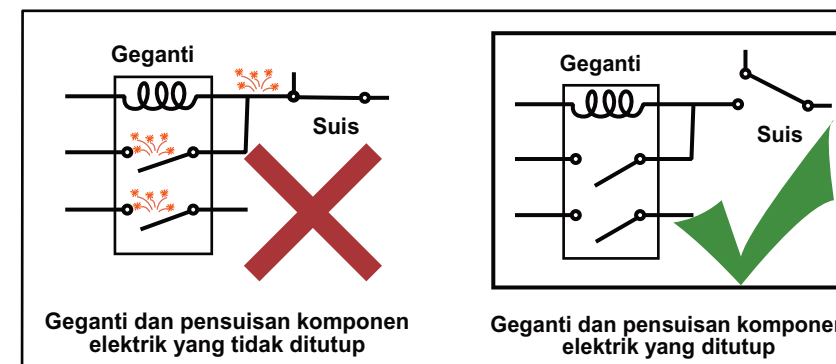
Rajah 6.9 menggambarkan pelbagai sumber pencucuhan yang mungkin berlaku semasa penyelenggaraan sistem.

- Nyalaan yang disebabkan oleh *brazing torch*, mancis atau pemetik api.



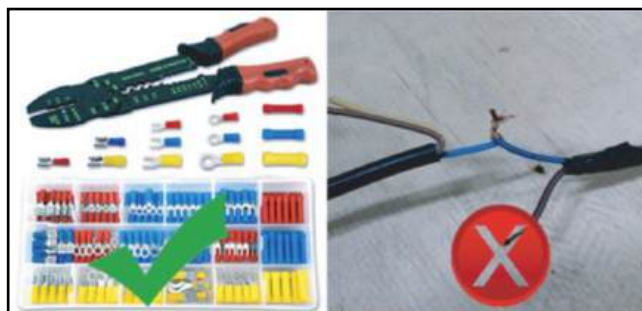
Rajah 6.9: Brazing Torch, Mancis atau Pemetik Api

- Percikan api daripada komponen elektrik tidak ditutup seperti geganti (*relays*) dan pensuisan.



Rajah 6.10: Sumber Percikan Elektrik

- Wayar longgar pada kapasitor. Lug kabel mesti digunakan dalam penyambungan wayar.



Rajah 6.11: Elakkan Sambungan yang Longgar

- d. Elakkan elektrik statik.



Rajah 6.12: Elakkan Elektrik Statik

6.2.3 Isu Penguraian (Decomposition)

Refrigeran HFC akan terurai apabila dikenakan haba yang tinggi dan HFC akan membentuk asid hidrofluorik. Asid hidrofluorik adalah berasid dan sangat berbahaya.

Sebagai juruteknik, anda perlu mematuhi prosedur seperti yang berikut:

- a. Jangan panaskan silinder dengan api atau elemen pemanas elektrik.



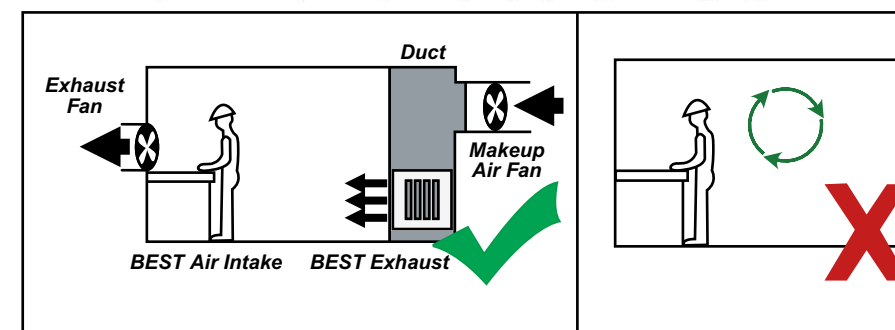
Rajah 6.13: Jauhkan daripada Api

- b. Jangan merokok semasa mengendalikan refrigeran.



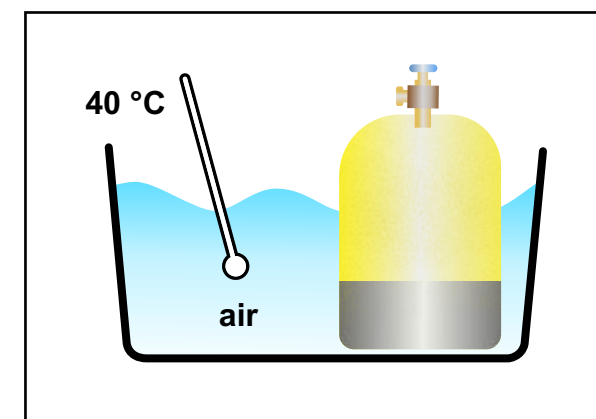
Rajah 6.14: Larangan Merokok

- c. Sentiasa pastikan tempat kerja mempunyai pengudaraan yang baik.



Rajah 6.15: Kawasan Pengudaraan yang Baik

- d. Jika dinding silinder menjadi sejuk atau membeku semasa proses mengecas gas dilakukan, jangan sesekali memanaskan dengan gunakan api. Cara yang terbaik untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan meletakkan silinder di dalam besen dengan air yang bersuhu kurang daripada 40 °C atau balut tangki dengan selimut pemanas.



Rajah 6.16: Bekas Air Tidak Melebihi 40 °C

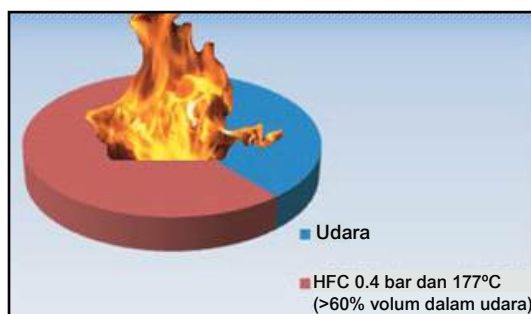


Rajah 6.17: Balut Tangki dengan Selimut Pemanas

6.2.4 Isu Flammability Refrigeran HFC

Refrigeran HFC tidak mudah terbakar pada suhu persekitaran dan pada tekanan atmosfera. Walau bagaimanapun, HFC masih boleh terbakar dalam keadaan tertentu. Contohnya, R-134a boleh terbakar pada tekanan 0.4 bar dan suhu 177 °C apabila bercampur dengan udara pada kepekatan yang tinggi (melebihi 60% daripada isi padu udara).

Pada kepekatan yang lebih rendah, suhu yang lebih tinggi boleh menyebabkan pembakaran. Letupan mungkin berlaku sekiranya R-134a dicas ke dalam sistem atau silinder yang mengandungi tekanan udara yang lebih tinggi daripada tekanan atmosfera.



Rajah 6.18: Kebakaran Terhasil apabila Bercampur dengan Udara pada Tekanan 0.4 Bar dan Suhu 177 °C pada Kepekatan HFC Lebih Tinggi iaitu 60% Daripada Jumlah Isi Padu

Bagi memastikan keselamatan, prosedur berikut perlu dipatuhi:

- Jangan lakukan ujian kebocoran dengan udara atau campuran udara dan R-134a bertekanan tinggi.
- Sebelum memindahkan silinder atau suatu sistem penyejukbekuan, sisa refrigeran perlu disingkirkan dengan menggunakan *recovery machine*.
- Sistem penyejukbekuan dan silinder perlu dikosongkan sepenuhnya sebelum diisi/dicas semula dengan refrigeran.
- Tekanan akhir di dalam silinder atau sistem tidak boleh melebihi 20.6 bar.
- Sentiasa pakai PPE sebagai langkah berjaga-jaga.
- Simpan bahan refrigeran yang mudah terbakar dalam jumlah yang minimum di kawasan kerja penyimpanan.
- Gunakan alat pemadam api jenis serbuk kering sahaja.



Rajah 6.19: Alat Pemadam Api yang Sesuai – Jenis Serbuk Kering

- Kipas pengudaraan perlu digunakan apabila bekerja di dalam kawasan yang tidak mempunyai pengaliran udara yang mencukupi.

Contoh kipas pengudaraan adalah seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 6.20** yang mempunyai motor kipas ekzos dan kabel sambungan sekurang-kurangnya 5 meter supaya kipas boleh dihidupkan sekurang-kurangnya 2 meter dari kawasan kerja.



Rajah 6.20: Contoh Kipas Pengudaraan

6.2.5 Pengendalian dan Penyimpanan Silinder Mudah Terbakar

Refrigeran yang mudah terbakar hendaklah dikendalikan dan disimpan dengan betul, sama seperti LPG atau gas mudah terbakar yang lain. Refrigeran mudah terbakar boleh didapati dalam pelbagai saiz silinder, isian semula atau tidak, bergantung pada spesifikasi pengeluaran. Kebanyakan silinder isian semula dilengkapi dengan *pressure relief valves*, dan terdapat sesetengah silinder yang mempunyai sambungan khas (unik) bagi membezakannya daripada silinder refrigeran lain bagi mengurangkan potensi berlakunya percampuran. Terdapat juga silinder yang menggunakan injap aliran automatik berlebihan pada aliran injap cecair, yang akan menutup injap jika refrigeran dicas pada kadar alir yang tinggi (contohnya, jika hos refrigeran terputus). Kebanyakan keperluan ini ditentukan oleh peraturan di sesebuah negara.

Berikut ialah beberapa garis panduan umum dalam pengendalian selamat silinder refrigeran:

- Jangan alih atau tutup label rasmi pada silinder.
- Sentiasa tutup penutup injap silinder apabila tidak digunakan.
- Periksa keadaan bebenang dan pastikan ia bersih dan tidak rosak.
- Jangan dedahkan silinder kepada sumber haba langsung seperti stim atau radiator elektrik.
- Jangan baiki atau ubah suai silinder atau injap silinder.
- Sentiasa gunakan troli untuk mengalihkan silinder walaupun untuk jarak yang dekat (elakkan menggulingkan silinder di atas lantai).
- Elakkan minyak, air dan bahan asing daripada memasuki silinder.
- Jika ada keperluan untuk memanaskan silinder gas, gunakan medium seperti air atau udara sahaja, dengan suhu tidak melebihi 40 °C.
- Sentiasa timbang berat silinder untuk mengesahkan kuantiti refrigeran. Bacaan tekanan bukan petunjuk yang tepat mengenai jumlah refrigeran yang ada dalam silinder.
- Gunakan silinder perolehan yang khusus semasa menjalankan perolehan semula refrigeran mudah terbakar.
- Sentiasa pastikan silinder diperiksa mengikut jadual pemeriksaan keselamatan atau ujian tekanan yang ditetapkan.
- Pastikan silinder tidak digunakan untuk refrigeran jenis yang lain selain daripada yang telah ditetapkan.

Penyimpanan silinder refrigeran mudah terbakar biasanya dikawal oleh peraturan-peraturan nasional negara asal. Secara amnya, panduan penyimpanan seperti yang berikut:

- Silinder harus disimpan di tempat yang khusus atau berpagar, sebaik-baiknya di luar, tetapi di kawasan yang kering dan mempunyai pengudaraan yang baik serta jauh daripada risiko kebakaran.
- Akses kepada kawasan penyimpanan seharusnya dihadkan kepada orang yang diberikan kuasa sahaja, dan tempat-tempat tersebut mesti ditandakan dengan notis larangan merokok dan penggunaan api secara terbuka.
- Silinder harus disimpan pada aras tanah, dan bukan di bilik bawah tanah.
- Akses kepada silinder mestilah tidak terhalang.
- Jangan sekali-kali menyimpan silinder di premis kediaman.
- Guna dan simpan silinder pada kedudukan menegak.
- Jumlah kuantiti yang disimpan biasanya dihadkan (contohnya, 70 kg di UK).
- Pengumpulan elektrik statik harus dielakkan.

6.2.6 Langkah-Langkah Keselamatan Silinder Mudah Terbakar

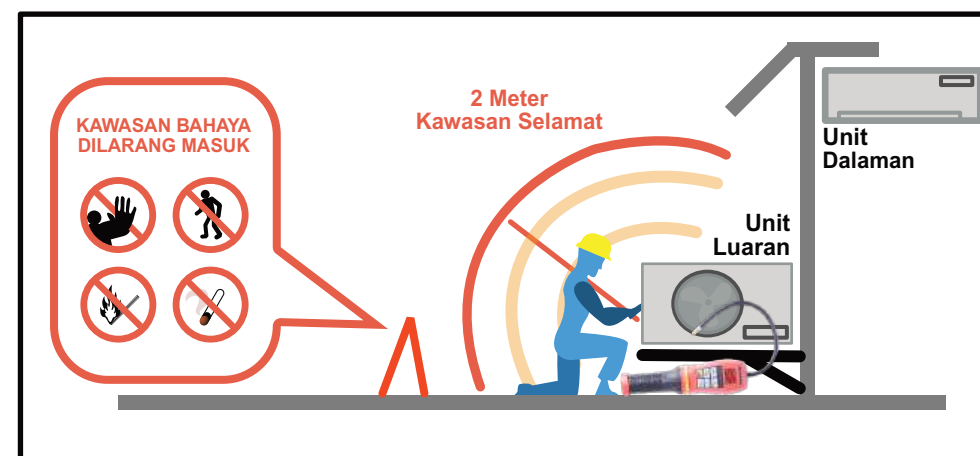
Pengangkutan silinder juga biasanya dikawal di bawah peraturan-peraturan negara berkaitan. Kawalan bagi silinder refrigeran mudah terbakar biasanya sama dengan kawalan yang terpakai bagi LPG, propana dan butana yang digunakan sebagai bahan

bakar dan lain-lain. Berikut ialah senarai peraturan yang diguna pakai di kebanyakan negara:

- Membawa maklumat bertulis yang memberikan butiran bahan yang dibawa (seperti data keselamatan bahan atau yang bersamaan dengannya); maklumat ini perlu dirujuk semasa kecemasan, maka ia harus diletakkan pada kedudukan yang mudah dilihat dan diakses, khususnya kenderaan yang membawa gas mudah terbakar.
- Mengetahui dan memahami risiko keselamatan serta prosedur kecemasan semasa mengendalikan refrigeran mudah terbakar.
- Menyediakan alat pemadam api serbuk kering dengan kapasiti sekurang-kurangnya 2 kg. Disarankan pemandu kenderaan dilatih berkenaan penggunaan praktikal alat pemadam api tersebut.
- Silinder mesti diletakkan pada kedudukan menegak dengan injap pada kedudukan tertinggi dan ditutup rapat.
- Pastikan pengudaraan yang mencukupi di dalam kenderaan. Pengubahsuaian diperlukan sekiranya kenderaan yang tertutup digunakan.
- Paparkan tanda amaran gas mudah terbakar di bahagian belakang kenderaan. Pastikan tiada pembakaran terbuka, dan dilarang merokok di dalam kenderaan.
- Jangan sekali-kali meninggalkan silinder tanpa pengawasan di dalam kenderaan tertutup.
- Pembekal perlu dirujuk untuk mengetahui peraturan khusus bagi pengendalian refrigeran mudah terbakar bagi negara tertentu.

6.2.7 Keselamatan di Kawasan Kerja

Kawasan tertutup perlu dielakkan semasa mengendalikan refrigeran mudah terbakar. Kerja-kerja perlu dilakukan di kawasan yang mempunyai pengudaraan yang baik dan perlu diasingkan dengan jarak 2 meter untuk mengelakkan kejadian yang tidak diingini. *Electronic leak detector* perlu disediakan untuk mengesan sekiranya terdapat kebocoran refrigeran mudah terbakar. Rujuk **Rajah 6.21**.



Rajah 6.21: Langkah-Langkah Keselamatan di Kawasan Kerja

6.2.8 Peralatan Perlindungan Diri (PPE)

Refrigeran beroperasi pada tekanan tinggi dengan perubahan suhu, maka pelepasan refrigeran boleh menyebabkan kegatalan mata dan keradangan sekiranya bersentuh terus dengan kulit. Oleh itu, prosedur keselamatan perlu diikuti untuk mengelakkan kemalangan. Refrigeran mudah terbakar adalah tidak toksik sekiranya tersedut tetapi pada kepekatan yang tinggi, ia boleh mendatangkan kesan kepada sistem saraf pusat seperti pening, mengantuk, sakit kepala dan simptom narkotik yang berkaitan dalam jangka pendek. PPE seperti sarung tangan, cermin mata dan penutup hidung digalakkan untuk dipakai semasa membuat penyelenggaraan seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 6.22**.



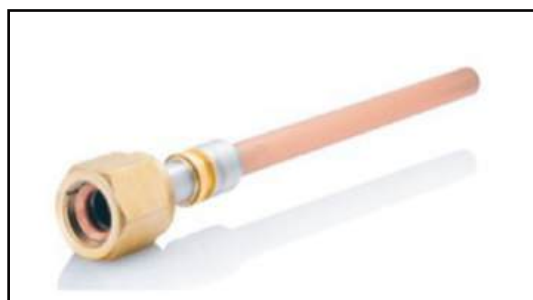
Rajah 6.22: Peralatan Perlindungan Diri (PPE)

6.2.9 Kaedah Sambungan Alternatif

Sambungan *flare* konvensional mempunyai potensi yang lebih tinggi untuk bocor. Oleh itu, sambungan *brazed* adalah lebih baik untuk mengurangkan kebocoran gas pada penyambungan antara paip.

Sekiranya *brazing* tidak dibenarkan, sambungan mekanikal yang lain boleh dipertimbangkan seperti yang berikut:

- i. **Euro-flare.** Euro-flare yang juga dikenali sebagai *solder nut* atau *brazing stud* merupakan salah satu pilihan apabila sambungan skru diperlukan (contohnya, sistem RAC *outdoor/indoor* unit, sambungan sedutan/cecair). Pemasangan *flare* ini terdiri daripada *brazing adapter* (tiub pemasangan), nut dan penutup tembaga. Semasa pembaikan, hanya penutup tembaga yang perlu ditukar, dan terdapat pelbagai sambungan yang berbeza.



Rajah 6.23: Euro-flare

- ii. **Ferrule compression joints (swagelock)** merupakan sambungan mekanikal yang kekal. Ia berfungsi dengan memampat dan mengeraskan bahan logam ke dalam nut pada paip untuk menghasilkan penutupan gas yang ketat dan rintangan terhadap getaran. Sambungan ini biasanya digunakan untuk sistem tekanan yang sangat tinggi dan sangat kukuh.



Rajah 6.24: Swagelock

- iii. **Press joints (lokring).** Kaedah ini adalah sangat tahan lama dan kukuh bagi menyambung tiub dan membuat sambungan di antara sistem. Ia memerlukan penggunaan alatan khas dan komponen yang berkaitan (kebiasaannya 1.6 - 35 mm diameter luaran nominal), dan sesuai dipakai untuk penyejukan domestik, komersial dan sistem penyaman udara. Pelbagai kelengkapan yang berbeza boleh didapati di pasaran termasuk penyambung, *elbow*, *tee*, pengurang, injap dan *filter drier*.



Rajah 6.25: Lokring

- iv. **Tightfit.** Pemasangan *tightfit* boleh disiapkan dalam masa 5 minit, memastikan pemasangan yang pantas dan betul dibuat dengan secepat mungkin. Pemasangan ini boleh dilakukan dengan mudah ketika hujung minggu atau pada waktu malam, dan ia bergantung pada saiz pemasangan bagi memastikan operasi di sekelilingnya tidak terganggu.



Rajah 6.26 : Tightfit

6.3 PROSEDUR OPERASI TETAP BAGI PENYELENGGARAAN SISTEM PENYEJUKBEKUAN DAN PENYAMAN UDARA (RAC)

Prosedur operasi tetap seperti di bawah perlu diikuti semasa penyelenggaraan sistem RAC yang berasaskan HCFC, HFC dan HC.

Jadual 6.5: Prosedur Operasi Tetap bagi Penyelenggaraan Sistem RAC

BIL	LANGKAH	KETERANGAN	CATATAN
1	Peralatan Perlindungan Diri (PPE)	Memakai peralatan keselamatan dengan betul dan selamat sebelum menjalankan kerja-kerja di lapangan.	Sistem HC memerlukan persediaan keselamatan yang lebih terperinci
2	Prosedur Pemeriksaan Alatan	Memeriksa peralatan dalam keadaan baik dan selamat untuk digunakan.	Memastikan <i>electronic leak detector</i> dan pam vakum adalah bersesuaian dengan jenis refrigeran
3	Prosedur Uji Cuba dan Pemeriksaan (Sebelum)	Menjalankan alat dan memeriksa prestasi alat tersebut.	-
4	Perolehan Semula Refrigeran (HCFC, HFC dan HC)	Perolehan semula refrigeran ke dalam silinder dengan menggunakan <i>recovery machine</i> . Jika tiada injap servis, gunakan injap <i>piercing</i> .	- HC tidak perlu perolehan - <i>Recovery machine</i> berbeza
5	Pembersihan dan Pencucian (<i>Flushing</i>)	Cuci dan bersihkan sistem refrigeran dengan menggunakan nitrogen dan bahan kimia.	Tekanan nitrogen 2-10 bar
6	Pembaikan/Penggantian <i>Filter Drier</i>	Perpaipan dan komponen tidak harus terdedah untuk tempoh yang lama.	XH-7 atau XH-9
7	Ujian <i>Choking</i> dan Tekanan (<i>Choking and Pressure Test</i>)	Ujian tekanan: <i>Flushing</i> menggunakan OFDN tanpa oksigen bagi memastikan OFDN boleh mengalir keluar dari penyedut tiub servis.	Tekanan nitrogen 5-10 bar
8	Ujian Kebocoran	Ujian kebocoran dengan nitrogen dan semburkan <i>spray leak detector</i> .	Tekanan nitrogen: 20 bar (HC & HCFC); 43 bar (HFC)
9	Vakum dan Menahan Tekanan Vakum (<i>Vacuum Hold</i>) (HCFC, HFC dan HC)	Kosongkan sistem mengikut spesifikasi pengilang. Periksa <i>vacuum hold</i> .	<i>Vacuum hold</i> : 500 mikron (HCFC & HC); 200 mikron (HFC)
10	Mengecas Refrigeran (Wap dan Cecair)	Cas HCFC, HFC atau campuran HFC.	Kaedah mengecas dalam bentuk cecair bagi refrigeran zeotropik (refrigeran campuran)
11	Prosedur Uji Cuba dan Pemeriksaan (selepas)	Pasang unit dan periksa prestasi alat.	-
12	Tutup Injap Servis	<i>Pinch</i> dan <i>seal</i> kedua-dua injap servis	-

LANGKAH 1: Peralatan Perlindungan Diri (PPE)

Langkah-langkah keselamatan perlu dititikberatkan bagi melindungi juruteknik daripada insiden yang tidak dijangka daripada bahan pendingin berkepekatan tinggi.

Peralatan perlindungan diri atau PPE mesti dipakai sepanjang masa bagi mengelakkan risiko seperti masalah kulit, kerengsaan mata, pening, kelesuan, sakit kepala, lemas dan radang dingin.

Peralatan perlindungan diri termasuk topi keledar keselamatan, *safety goggles*, *respirator*, sarung tangan, jaket lengan panjang, kasut keselamatan dan *vest* keselamatan.

Jadual 6.6: Peralatan Pelindungan Diri (PPE)

LANGKAH 1: PERALATAN PERLINDUNGAN DIRI (PPE)

Peralatan perlindungan diri termasuk topi keledar keselamatan, <i>safety goggles</i>, <i>respirator</i>, sarung tangan, jaket lengan panjang, kasut keselamatan dan jaket keselamatan.

LANGKAH 2: Prosedur Pemeriksaan Alatan

Sebelum memulakan sebarang prosedur servis, juruteknik mesti terlebih dahulu melakukan pemeriksaan alatan bagi item-item yang berikut:

Jadual 6.7: Prosedur Pemeriksaan Alatan

LANGKAH 2: PROSEDUR PEMERIKSAAN ALATAN	
MANIFOLD GAUGE 	- Gunakan <i>manifold gauge</i> yang sesuai dengan refrigeran. - Periksa jarum dan kalibrasi jika perlu. - Pastikan kaca <i>manifold</i> atau skrin tidak pecah. - Periksa keadaan <i>hose rating</i>, <i>hose seal</i> dan <i>valve nipple</i>. Pastikan ia berfungsi dengan baik.
ELECTRONIC LEAK DETECTOR 	- Periksa keadaan <i>electronic leak detector</i> untuk memastikan tiada keretakan atau pecah. <i>Electronic leak detector</i> mesti berfungsi dengan baik dan dapat mengesan kebocoran bahan pendingin semasa prosedur ujian kebocoran. Gunakan <i>Combustible Leak Detector</i> bagi Refrigeran HC

RECOVERY MACHINE 	1. Periksa tolak tekanan <i>recovery machine</i>, injap, dan keadaan unit perolehan untuk memastikan tiada keretakan atau pecah. 2. <i>Recovery machine</i> mesti berfungsi dengan baik dan dapat melakukan proses perolehan. 3. Jarum <i>recovery machine</i> perlu ditentukan apabila perlu. Tiada Penggunaan Mesin Perolehan Bagi Refrigeran HC
VACUUM PUMP 	1. Periksa <i>vacuum pump</i> untuk memastikan tiada keretakan atau pecah. 2. Periksa minyak <i>vacuum pump</i> merujuk kepada spesifikasi pembuatan. 3. Pam mesti berfungsi dengan baik dan boleh mengosongkan sistem serta memenuhi spesifikasi keperluan. Gunakan Spark Proof Vacuum Pump Bagi Refrigeran HC
MICRON GAUGE 	1. Periksa keadaan <i>micron gauge</i> untuk memastikan tiada retak atau pecah. 2. Semua <i>cable</i>, <i>seal</i> dan <i>nipple</i> berada dalam keadaan baik. 3. <i>Micron gauge</i> mesti berfungsi dengan baik dan dapat mengukur status vakum untuk memenuhi spesifikasi keperluan.
REFRIGERANT CHARGING SCALE 	1. Periksa keadaan <i>refrigerant charging scale</i> untuk memastikan tiada keretakan atau pecah. 2. Penimbang yang ditentukan dengan baik akan menunjukkan bacaan 0 apabila dalam keadaan tanpa beban. 3. Penimbang mesti berfungsi dengan baik dan dapat mengukur berat bahan pendingin mengikut keperluan.
RECOVERY CYLINDER 	1. Periksa keadaan <i>recovery cylinder</i> untuk memastikan tiada karat dan retak. 2. Semua injap hendaklah dalam keadaan baik. Periksa pelabelan <i>recovery cylinder</i>, dan pastikan jenis penyejuk adalah sama dengan sistem yang akan dipulihkan untuk mengelakkan pencemaran campuran. 3. Proses vakum perlu dijalankan ke atas <i>recovery cylinder</i> yang kosong. 4. Periksa suhu silinder dan carta tekanan untuk memastikan silinder tidak tercemar dengan udara atau gas tidak terkondensasi. <i>Purge recovery cylinder</i> jika ia tercemar dengan udara. 5. Timbang berat <i>recovery cylinder</i> dan lakukan pengiraan untuk mengelakkan melebihi kapasiti silinder 80% semasa proses perolehan.

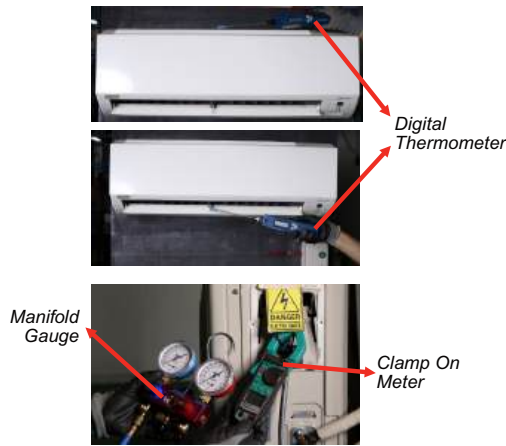
CLAMP ON AMMETER 	1. Periksa keadaan <i>clamp on ammeter</i> untuk memastikan tiada retak atau pecah. 2. Pastikan <i>clamp on ammeter</i> berfungsi dengan baik dan dapat mengukur arus larian dan arus permulaan sistem.
DIGITAL THERMOMETER 	1. Periksa keadaan <i>digital thermometer</i> untuk memastikan tiada keretakan atau pecah. 2. Pastikan <i>digital thermometer</i> berfungsi dengan baik dan dapat mengukur bacaan suhu. 3. Gunakan <i>thermocouple type K</i>.

LANGKAH 3: Prosedur Uji Cuba dan Pemeriksaan (Sebelum)

Sebelum memulakan penyelenggaraan, kita perlu mengetahui keadaan unit dengan mengumpul data yang berkaitan. Untuk amalan penyelenggaraan yang baik, Prosedur Uji Cuba dan Pemeriksaan untuk menyelenggara sistem RAC hendaklah dipatuhi.

Alat yang diperlukan untuk Prosedur Uji Cuba dan Pemeriksaan ialah *digital thermometre (thermocouple type K)*, *4-way manifold gauge*, *clamp on ammeter* dan *safety valve adapter*.

Jadual 6.8: Prosedur Uji Cuba dan Pemeriksaan (Sebelum)

LANGKAH 3: PROSEDUR UJI CUBA DAN PEMERIKSAAN (SEBELUM)
Penyaman udara harus dihidupkan (ON) sekurang-kurangnya 15 minit dan ambil bacaan suhu udara <i>return</i> dan suhu udara <i>supply</i>.
Ambil bacaan tekanan rendah (bagi mengelakkan pencemaran silang, hos tekanan rendah hendaklah divakum sebelum <i>safety valve adapter</i> dilaraskan).
Ambil bacaan arus kendalian <i>compressor</i>.
 The photos show the application of the tools: the top photo shows a digital thermometer on a unit; the middle photo shows a manifold gauge connected to the unit; the bottom photo shows a clamp on meter around a pipe on the unit.

LANGKAH 4: Perolehan Semula Refrigeran (HCFC atau HFC)

Untuk membuat perolehan HCFC dan HFC, berikut ialah langkah-langkah yang perlu dipatuhi.

Juruteknik dinasihatkan untuk memastikan penyaman udara berada dalam keadaan mati (OFF) sebelum melakukan prosedur perolehan.

Alatan yang diperlukan untuk prosedur perolehan ialah 4-way manifold gauge, micron gauge, vacuum pump, filter drier, recovery machine, recovery cylinder, refrigerant charging scale dan safety valve adapter.

Nota : Langkah 4 mempunyai dua prosedur yang berbeza antara HCFC atau HFC dan HC			
HCFC atau HFC		HC	

Jadual 6.9: Perolehan Semula Refrigeran HCFC atau HFC, dan HC

LANGKAH 4: PEROLEHAN SEMULA REFRIGERAN HCFC ATAU HFC

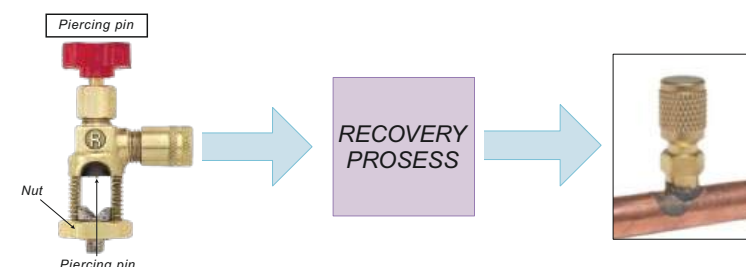
Jika injap servis penyaman udara tersedia, sambungkan semua hos berdasarkan rajah di atas, dan mulakan prosedur perolehan. Jika injap servis tidak tersedia, rujuk langkah A dan B.

Langkah A:

Gambar menunjukkan penggunaan *piercing plier* pada tiub tembaga. Pastikan *piercing plier* diketatkan sepenuhnya supaya tiada kebocoran refrigeran. *Access valve* hendaklah di-*brazing* semasa proses pembaikan.

Langkah B:

Gambar menunjukkan penggunaan *piercing valve*. Pastikan *nut* diketatkan sepenuhnya supaya tiada kebocoran refrigeran. *Access valve* hendaklah di-*brazing* semasa proses pembaikan.

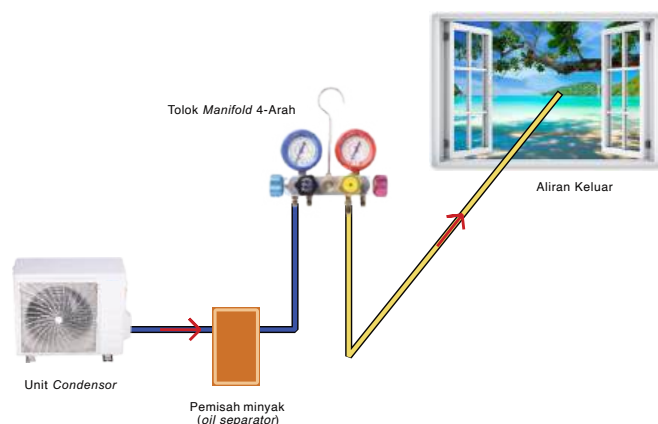


Prosedur Perolehan

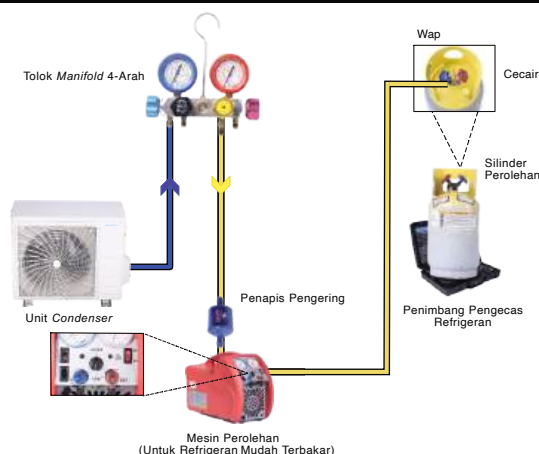
- Sebelum memulakan prosedur perolehan, pastikan semua sambungan adalah betul dan ketat.
- ON *vacuum pump*.
- ON *micron gauge*.
- BUKA valve "VAC" manifold gauge.
- BUKA valve "REF" manifold gauge.
- Pastikan bacaan *micron gauge* mencapai minimum 1,000 mikron, dan pastikan injap pada tangki pemulihan berada dalam kedudukan TUTUP. Prosedur ini adalah untuk meminimumkan pencemaran bersilang dan untuk menghilangkan kelembapan di dalam hos.
- Selepas mencapai 1,000 mikron, TUTUP semua valve manifold gauge ("VAC" dan "REF") dan kemudian OFF *micron gauge* dan *vacuum pump*.
- Sambungkan *recovery machine* ke bekalan kuasa dan pastikan bekalan kuasa ON.
- BUKA injap *low side* pada manifold gauge.
- BUKA injap REF pada manifold gauge.
- Laraskan injap *inlet recovery* pada kedudukan *liquid* sehingga jarum tolok menunjukkan bacaan tekanan.
- Laraskan injap *outlet recovery* pada kedudukan "OPEN".
- BUKA injap *vapor* pada *recovery cylinder*.
- Pusingkan valve *INPUT* secara perlahan-lahan ke kedudukan "RECOVERY".
- Tekan butang *START*.
- Jika tiada bunyi getaran, putar sepenuhnya injap masuk daripada kedudukan "LIQUID" kepada kedudukan "OPEN".
- Tunggu sehingga gauge tekanan masuk *recovery machine* mencapai 0 psig. *Recovery machine* akan berhenti secara automatik.
- TUTUP semua valve manifold gauge.
- TUTUP valve masuk *recovery machine*.
- Pusingkan valve *INPUT* secara perlahan-lahan ke kedudukan "PURGE".
- Tekan butang *START* pada *recovery machine*.
- Tunggu sehingga gauge tekanan masuk *recovery machine* mencapai 0 psig. *Recovery machine* akan berhenti secara automatik.
- Rekodkan kuantiti refrigeran yang diperoleh.
- TUTUP valve keluar *recovery machine*.
- TUTUP valve wap tangki pemulihan.
- Tekan butang OFF dan tanggalkan sambungan bekalan kuasa mesin pemulihan.

Nota: Prosedur ini merujuk kepada penggunaan *recovery machine* RG5410A. Bagi jenama atau model lain, sila rujuk manual yang dibekalkan.

LANGKAH 4: PEROLEHAN SEMULA REFRIGERAN HC

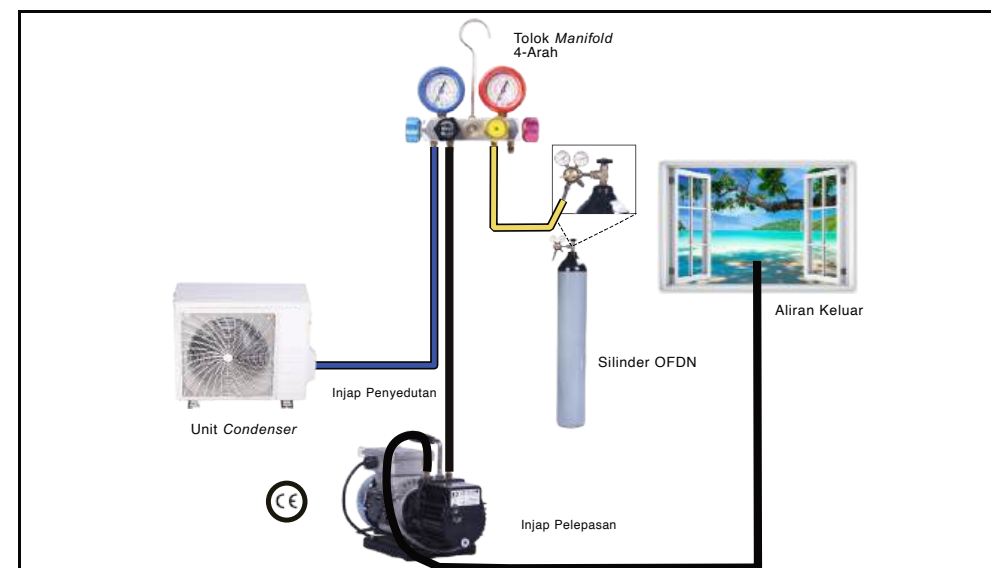


Langkah A:
Jika sistem menggunakan refrigeran yang tidak memerlukan perolehan, sila lakukan sambungan dan proses seperti gambarajah di atas. Pastikan semua refrigeran mudah terbakar dikeluarkan sehingga 0 psi. Lakukan langkah C sebelum menanggalkan komponen-komponen di dalam sistem RAC.



PERINGATAN
Silinder perolehan harus diletakkan pada penimbang untuk mengelakkan silinder daripada terlebih isi dan sambungan mestilah kepada injap wap (vapour valve).

Langkah B:
Jika sistem menggunakan refrigeran yang memerlukan perolehan, sila lakukan sambungan dan proses seperti gambarajah diatas. Pastikan semua refrigerant mudah terbakar dikeluarkan sehingga 0 psi. Lakukan langkah C sebelum menanggalkan komponen-komponen di dalam sistem RAC.



Langkah C:
1. Pastikan semua refrigeran mudah terbakar telah dikeluarkan dengan menggunakan *vacuum pump* sebelum sebarang komponen ditanggalkan.
2. Masukkan nitrogen (<2 psi) ke dalam sistem supaya sistem tidak dibiarkan dalam keadaan vakum untuk mengelakkan udara atmosfera (kelembapan dan debu) masuk ke dalam sistem semasa ia dibuka.

LANGKAH 5: Pembersihan dan Pencucian (*Flushing*)

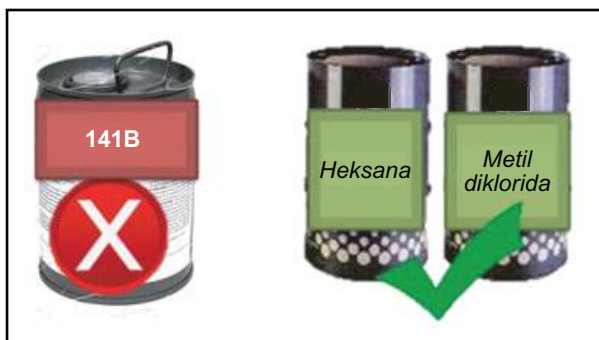
Flushing ialah langkah penting bagi amalan penyelenggaraan sistem RAC. Komponen yang diperlukan untuk prosedur ini ialah *condenser*, *evaporator* dan *oxygen free dry nitrogen (OFDN)*. Prosedur *flushing* seperti yang berikut:

a. Sentiasa menggunakan OFDN pada tekanan 5-10 bar. Silinder OFDN mestilah dipasang dengan *regulator* tekanan dua peringkat seperti di dalam **Rajah 6.27**.



Rajah 6.27: Silinder OFDN dan Regulator Tekanan Dua Peringkat

b. Gunakan *hexane/methylene dichloride (MDC)* seperti di dalam **Rajah 6.28** sekiranya pembersihan kimia diperlukan. Dilarang menggunakan R141b kerana ia merupakan bahan pemusnah ozon. Pastikan tiada lagi cecair pembersihan di dalam sistem.



Rajah 6.28: Hexane/Methylene Dichloride (MDC)

- c. Penggunaan udara termampat untuk pencucian perlu dielakkan sama sekali bagi sistem RAC yang berasaskan HCFC dan HFC kerana udara termampat mengandungi kelembapan yang boleh memudaratkan sistem.



Rajah 6.29: Penggunaan Udara Termampat Tidak Dibenarkan

- d. Petrol mengandungi kotoran yang boleh mencemarkan sistem. Jangan gunakan petrol untuk kerja pembersihan.



Rajah 6.30: Jangan Gunakan Petrol untuk Pembersihan

- e. Bagi sistem yang berasaskan R-32, langkah berjaga-jaga perlu diambil semasa proses menanggalkan komponen sama seperti sistem yang menggunakan refrigeran mudah terbakar.



Rajah 6.31: Berhati-Hati ketika Menjalankan Kerja Menanggalkan Komponen

Jadual 6.10: Flushing HCFC, HFC dan HC

LANGKAH 5: PEMBERSIHAN DAN PENCUCIAN (FLUSHING)
PROSEDUR CONDENSOR 1. Sambungkan silinder OFDN ke kanister dengan hos. 2. Sambungkan kanister ke <i>condenser</i>. 3. Sentiasa gunakan pelarut dan OFDN semasa prosedur. 4. Silinder OFDN mesti dipasang dengan pengatur tekanan dua peringkat dengan keperluan tekanan antara 5-10 bar. 5. Penggunaan heksana atau MDC adalah wajib semasa langkah ini. 6. Sebelum melengkapkan prosedur ini, juruteknik dinasihatkan untuk memeriksa dan memastikan tiada kesan cecair heksana atau MDC selepas pembersihan dilakukan.

Gunakan OFDN dengan dua peringkat regulator pada tekanan kira-kira 5 bar

Bekas hexamethyldisiloxane (MDC)

Silinder OFDN

Evaporator

Bekas sisa hexamethyldisiloxane (MDC)

PERINGATAN
Pencucian sistem tanpa sambungan pada compressor

PROSEDUR EVAPORATOR

1. Sambungkan silinder OFDN ke kanister dengan hos.
2. Sambungkan kanister evaporator.
3. Sentiasa gunakan pelarut dan OFDN semasa prosedur.
4. Silinder OFDN mesti dipasang dengan pengatur tekanan dua peringkat dengan keperluan tekanan antara 5-10 bar.
5. Penggunaan heksana atau MDC adalah wajib semasa langkah ini.
6. Sebelum melengkapkan prosedur ini, juruteknik dinasihatkan untuk memeriksa dan memastikan tiada kesan cecair heksana atau MDC selepas pembersihan dilakukan.

LANGKAH 6: Pembaikan/Penggantian Penapis Pengering (Filter Drier)

Lakukan pembaikan atau buat penggantian yang perlu terhadap sistem sebagai contoh penggantian *filter drier*. Hanya *filter drier* jenis XH-7 atau XH-9 boleh digunakan untuk sistem RAC kerana *filter drier* jenis ini mengandungi gred saringan molekul yang khas. **Jadual 6.7** menunjukkan prosedur bagi penyelenggaraan peralatan HCFC/HFC bagi pembaikan atau pembaikpulihan.

Jadual 6.11: Pembaikan/Penggantian Filter Drier

LANGKAH 6: PEMBAIKAN/PENGANTIAN FILTER DRIER

Compressor

Suction Line

Discharge Line

Condenser

Expansion Valve

Filter Drier

Baiki sistem atau menukar *filter drier*.
HCFC dan HC – Silika gel
HFC – XH -7 atau XH-9

LANGKAH 7: Ujian *Choking* dan Tekanan (*Choking and Pressure Test*)

Selepas proses pembaikan, tekanan sistem perlu diuji untuk memastikan tiada *choking* atau tersumbat akibat *brazing* yang tidak betul, terutamanya pada hujung tiub kapilari.

Gunakan OFDN untuk memberikan tekanan kepada sistem pada 5-10 bar. Sekiranya tiada *choking* dikesan, tingkatkan tekanan kepada 10 bar selama sekurang-kurangnya 10 minit. Lepaskan tekanan apabila tiada *choking*.

Jadual 6.12: Ujian *Choking* dan Tekanan (*Choking and Pressure Test*)

LANGKAH 7: UJIAN CHOKING DAN TEKATAN (CHOKING AND PRESSURE TEST)

HCFC/HFC	2-10 Bar (10min)
HC	5 bar

2-10 bar OFDN

OPEN

Tolak Manifold 4-Arah

Compressor

Suction Line

Discharge Line

Condenser

Expansion Valve

Pastikan OFDN bebas mengalir

Masukkan OFDN pada kadar 2-10 bar dan pastikan OFDN bebas mengalir untuk memastikan sambungan penapis atau *condensor* tidak tersumbat disebabkan oleh proses *brazing* pada tiub kapilari.

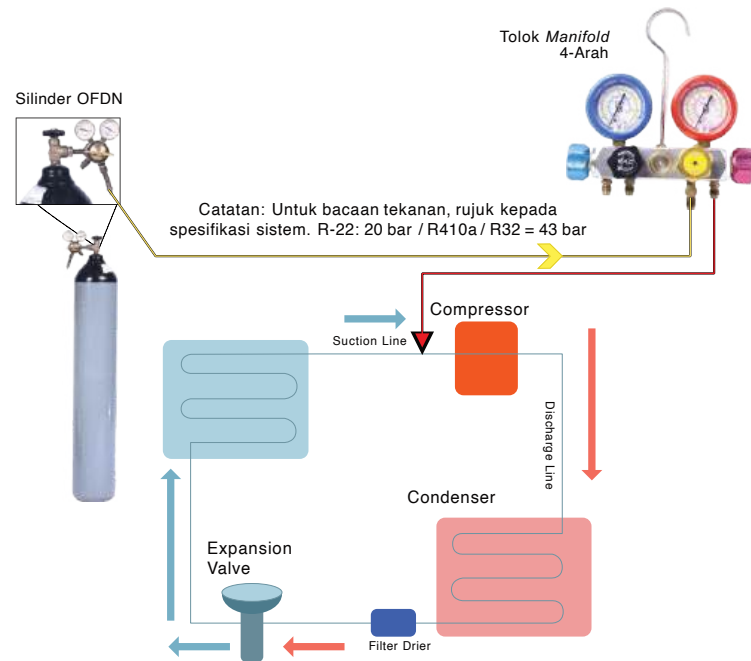
Langkah 8: Ujian Kebocoran

Sistem RAC direka untuk beroperasi secukupnya dengan cas tetap refrigeran. Jika sistem mempunyai cas refrigeran yang tidak mencukupi, sistem mesti diperiksa untuk kebocoran, dibaiki dan dicas semula.

Selepas proses pembaikan dan penyelenggaraan, ujian kebocoran mesti dilakukan terhadap sistem RAC.

Jadual 6.13: Ujian Kebocoran

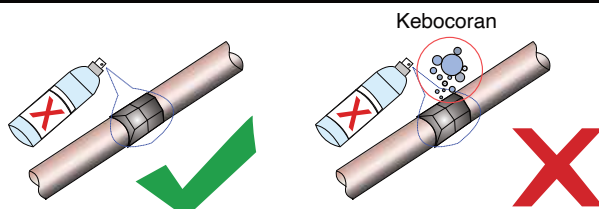
LANGKAH 8: UJIAN KEBOCORAN



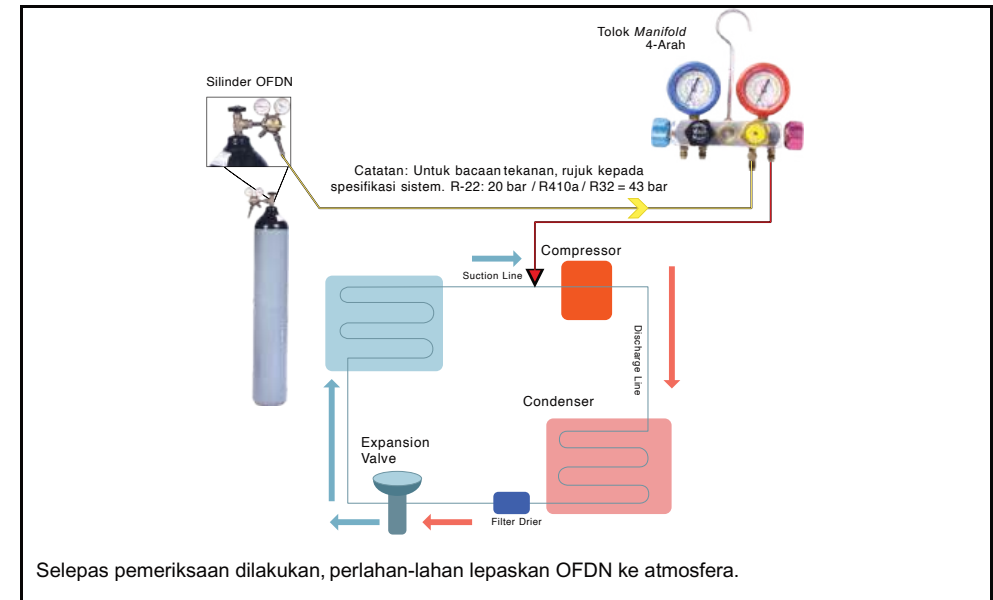
Prosedur yang perlu dipatuhi oleh setiap juruteknik untuk penyelenggaraan:

- HCFC dan HC - 20 bar
- HFC - 43 bar

Masukkan OFDN secara berperingkat daripada 10 bar kepada sistem RAC dan tunggu selama 10 saat. Sekiranya tiada kebocoran, tingkatkan tekanan sehingga mencapai tekanan OFDN yang diperlukan seperti di atas.



Gunakan *spray leak detector* pada sambungan perpaipan untuk memeriksa kebocoran. Jika terdapat gelembung buih, ia menunjukkan berlakunya kebocoran.



LANGKAH 9: Vakum dan Menahan *Vacuum Hold* HCFC, HFC dan HC

Proses vakum sangat penting untuk menyingkirkan gas tidak terkondensasi dan kelembapan. Sistem HCFC/HC memerlukan vakum pada 500 mikron atau lebih rendah, manakala sistem HFC memerlukan vakum pada 200 mikron kerana sifat higroskopik minyak *polyolester* (POE).

Proses ini memerlukan pam vakum dua peringkat yang mampu mewujudkan vakum 20-50 mikron seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 6.32** dan *micron gauge* yang mampu membaca 5-5,000 mikron.



Rajah 6.32: Peralatan Vakum

Prosedur Operasi Tetap (SOP) bagi proses vakum. Terdapat dua cara untuk mewujudkan vakum di dalam sistem dengan betul:

- HCFC/HC tanpa OFDN
- HFC dengan OFDN

Sebagai contoh, OFDN perlu digunakan kerana sistem R410A/R32 memerlukan 200 mikron vakum di dalam sistemnya.

Nota: Langkah 9 mempunyai dua proses yang berbeza antara HCFC dan HC , dan HFC			
HCFC dan HC		HFC	

Jadual 6.14: Vakum dan Menahan Vacuum Hold HCFC dan HC, HFC

LANGKAH 9: VAKUM DAN MENAHAN TEKANAN VAKUM (VACUUM HOLD) HCFC DAN HC

PERINGATAN

Kaedah mengemas dalam bentuk cecair bagi refrigeran zeotropik (refrigeran campuran). Sebagai contoh R410A atau R404A.

Sambung semua hos seperti gambarajah di atas dan injap dilaras pada kedudukan yang betul. Tekan ON pada vacuum pump dan micron gauge.

500 microns

Tutup injap pada pam vakum apabila mencapai 500 mikron atau lebih rendah. Pantau tekanan supaya tidak melebihi 1,000 mikron (lebih rendah lebih baik). Ia menunjukkan tiada kelembapan dan kebocoran di dalam sistem RAC.

LANGKAH 9: VAKUM DAN MENAHAN TEKANAN VAKUM (VACUUM HOLD) HFC

- Sambung semua hos seperti gambarajah di atas dan injap dilaras pada kedudukan yang betul. Tekan ON pada vacuum pump dan micron gauge.
- Tutup injap vakuum (injap manifold gauge VAC hitam) apabila mencapai 1,000 mikron.
- Buka injap silinder OFDN untuk memecahkan keadaan vakum di dalam sistem dengan mengisi OFDN hingga 14 psi/1 bar.
- Bebaskan OFDN ke atmosfera dan vakum sehingga 500 mikron.
- Buka injap silinder OFDN untuk memecahkan keadaan vakum di dalam sistem dengan mengisi OFDN hingga 14 psi/1 bar.

- Bebaskan OFDN ke atmosfera dan sambungkan hos pada silinder refrigeran.
- Vakum sehingga 200 mikron.
- Tutup injap pada vacuum pump apabila mencapai 200 mikron atau lebih rendah. Pantau tekanan supaya tidak melebihi 1,000 mikron (lebih rendah lebih baik). Ia menunjukkan tiada kelembapan dan kebocoran di dalam sistem RAC.

LANGKAH 10: Mengecas Refrigeran (Wap dan Cecair)

a. Kepentingan Pengecasan yang Tepat

Pengecasan refrigeran yang tepat adalah sangat penting bagi sistem RAC. Kesan baik terhadap sistem RAC termasuk:

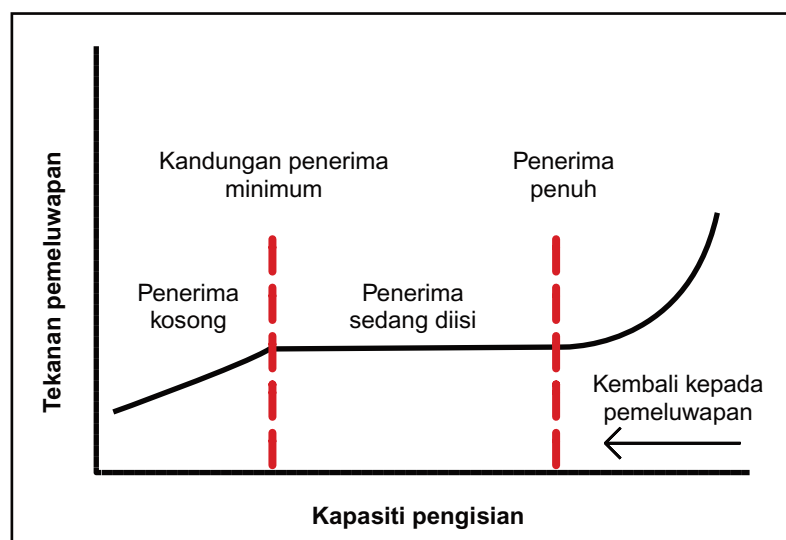
- Meningkatkan prestasi penyejukan yang baik dan penggunaan tenaga yang rendah.
- Memanjangkan jangka hayat sistem RAC.
- Mengurangkan dan meminimumkan pelepasan refrigeran ke alam sekitar.

b. Kurang Cas (*Undercharge*)

Cas yang tidak mencukupi akan menjejaskan prestasi penyejukan dan menjejaskan reputasi juruteknik.

c. Lebihan Cas (*Overcharge*) pada Sistem RAC yang Mempunyai Tangki Penerima Cecair (*Liquid Receiver*)

Tekanan *condensor* yang tinggi boleh menyebabkan prestasi penyejukan yang lemah dan menambahkan bebanan di *compressor* yang akan meningkatkan kos penggunaan tenaga. Butiran terperinci seperti di dalam **Rajah 6.33**.



Rajah 6.33: Pengecasan Berlebihan

d. Pengecasan Refrigeran yang Tepat Mengikut Berat

Pengilang sentiasa mereka bentuk sistem RAC dengan kuantiti cas refrigeran yang tertentu. Kita mesti merujuk kepada label pengilang seperti di dalam **Rajah 6.34** untuk mendapatkan spesifikasi yang betul.

PENYAMAN UDARA

MODEL	CU-S10RKH-1
KAPASITI PENYEJUKAN	2.80 kW
VOLTAN / FREKUENSI	230V - 50Hz
ARUS	3.6 A
KUASA BEKALAN	760 W
REFRIGERAN / BERAT (g)	R410A 740 g

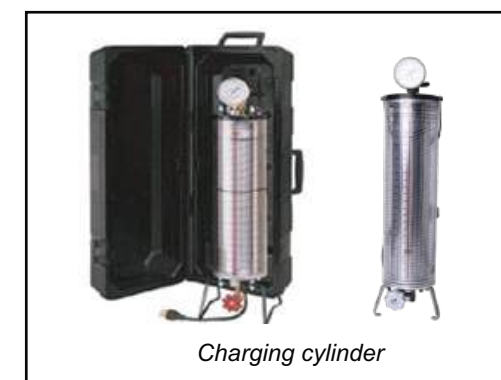
Rajah 6.34: Label Pengilang

e. Kaedah Pengecasan

Peralatan mengecas yang betul mesti digunakan untuk mengecas refrigeran dengan tepat.

Silinder pengecas mempunyai penunjuk tahap cecair tiub kaca yang membolehkan juruteknik untuk memindahkan refrigeran ke dalam suatu sistem sambil mengukur kuantiti pada skala silinder. Sesetengah silinder dipanaskan dengan alat pemanas elektrik untuk meningkatkan dan mengekalkan tekanan di dalam silinder. Peralatan pengecas adalah seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 6.35**.

Sistem tersebut mempunyai *pressure gauge* dan injap tangan di bahagian bawah untuk pengecasan cecair. Injap di bahagian atas digunakan untuk mengecas gas (wap).

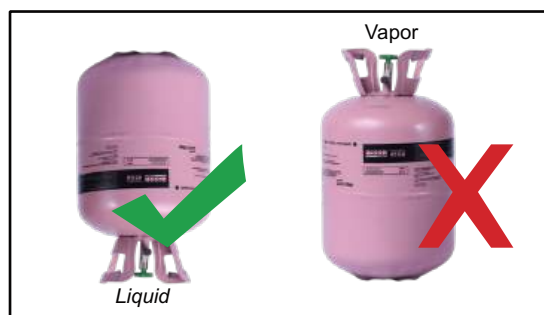


Rajah 6.35: Peralatan Mengecas

f. Pengecasan dengan Campuran HFC (Mengikut Berat)

Refrigeran campuran mengandungi campuran komponen refrigeran yang berbeza. Ia perlu dicas dalam bentuk cecair untuk menjamin campuran tersebut berada pada komposisi yang diperlukan. Refrigeran campuran boleh dicas secara terus ke injap cecair. Namun, sekiranya dicas dalam bentuk wap, komposisi refrigeran campuran adalah tidak seimbang dan berpotensi membawa kepada isu-isu keselamatan dan menjejaskan prestasi sistem RAC.

Oleh itu, refrigeran campuran perlu dicas dalam bentuk cecair sahaja. Walau bagaimanapun, langkah berjaga-jaga perlu diambil iaitu dengan tidak menghidupkan unit serta-merta selepas ia dicas. Kita harus memberikan masa untuk refrigeran yang baru dimasukkan untuk cecairnya memeluwap di dalam sistem tersebut sebelum menghidupkan sistem. Bagi pengecasan cecair, juruteknik digalakkan untuk menggunakan injap servis keselamatan (*safety service valve*) untuk mengelakkan pelepasan kepada alam sekeliling.



Rajah 6.36: Pengecasan dengan HFC Campuran

Apabila refrigeran campuran melalui *sight-glass*, ia akan terpancar dalam kaca yang berkapasiti besar. Walau bagaimanapun, ia akan kembali sebagai cecair campuran selepas melaluinya. Oleh itu, jangan mengecas HFC dengan hanya berpandukan pada pandangan visual di *sight-glass* yang jelas tidak bermakna refrigeran adalah mencukupi. Sekiranya gelembung kecil dapat dilihat di *sight-glass*, ia tidak bermakna sistem tersebut kurang cas. **Rajah 6.37** menunjukkan langkah terbaik bagi mengecas refrigeran adalah dengan mengikut berat yang ditetapkan oleh pengeluar.

Cara terbaik untuk mengecas refrigeran adalah mengikut berat.



Rajah 6.37: Pengecasan Mengikut Berat

g. Prosedur Tetap Mengecas Refrigeran

Amalan baik semasa mengecas:

- Isi refrigeran pada sistem yang telah di vakum sepenuhnya.
- Pengecasan melalui injap servis tekanan rendah (*low side service valve*) perlu dilakukan secara perlahan-lahan untuk mengelakkan cecair masuk ke dalam *compressor*.
- Pengecasan perlu dilakukan dengan kaedah menimbang secara tepat berat refrigeran berpandukan spesifikasi pengeluar.
- Jika terlebih cas, cas lebihan tersebut tidak boleh dilepaskan. Keseluruhan refrigeran di dalam sistem tersebut perlu diperoleh semula dengan menggunakan *recovery machine* dan dicas semula selepas proses vakum.
- Cas refrigeran ke dalam sistem dengan kuantiti yang dicadangkan oleh pengeluar untuk memastikan prestasi penyejukan yang bagus dan penggunaan tenaga yang efisien.

Jadual 6.15: Mengecas Refrigeran Wap dan Cecair



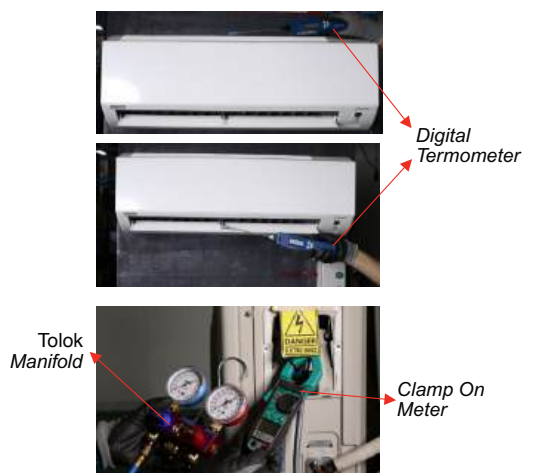
LANGKAH 11: Prosedur Uji Cuba dan Pemeriksaan (Selepas)

Pemeriksaan Kesempurnaan Operasi: Sebagai langkah terakhir, sistem RAC tersebut perlu dihidupkan dan parameter berikut perlu disahkan untuk memastikan operasi yang sempurna. **Jadual 6.16** menunjukkan prosedur bagi ujian prestasi selepas penyelenggaraan atau pembaikan dijalankan.

Perbandingan data yang diperoleh sebelum dan selepas kerja-kerja penyelenggaraan dapat memastikan sistem RAC beroperasi dengan sempurna mengikut spesifikasi pengeluar.

Peralatan yang diperlukan untuk Ujian Prestasi ialah *digital thermometer (thermocouple type K)*, *4-way manifold gauge*, *clamp on ammeter*, dan *safety service valve*.

Jadual 6.16: Prosedur Uji Cuba dan Pemeriksaan (Selepas)

LANGKAH 11: PROSEDUR UJI CUBA DAN PEMERIKSAAN (SELEPAS)
Sistem RAC harus dihidupkan (ON) sekurang-kurangnya 15 minit dan ambil bacaan suhu udara <i>return</i> dan suhu udara <i>supply</i> .
Ambil bacaan tekanan rendah.
Ambil bacaan arus kendalian <i>compressor</i> mengikut piawai umum (rujuk spesifikasi pengeluar).
Catatkan data pada pelekatservis.
 Digital Thermometer Tolak Manifold Clamp On Meter

Pelekatservis (Service Sticker)

Penggunaan pelekatservis ialah salah satu amalan baik untuk juruteknik servis terlatih. Pelekat/label akan mengingatkan pelanggan mengenai janji temu servis yang akan datang atau jadual penyelenggaraan.

Sistem RAC yang diselenggara dengan baik akan memastikan prestasi optimum dan menyumbang kepada kelestarian alam sekitar.

Installation / Service Sticker	
NOTICE: USE ENVIRONMENT FRIENDLY REFRIGERANT ONLY AND SERVICE AIR-CONDITIONER ONCE PER YEAR	
INSTALLATION / SERVICE DATE:	
REFRIGERANT TYPE	
FLAMMABILITY	
REFRIGERANT CHARGE	g
RETURN AIR TEMPERATURE	°C
SUPPLY AIR TEMPERATURE	°C
HIGH PRESURE	psi
LOW PRESURE	psi
RUNNING AMP	AMP
DONE BY	
CERTIFICATE NO	
NEXT SERVICE	
NEXT SERVICE DATE	
 Flammable Refrigerant STICKER NO: 123456	

Rajah 6.38: Contoh Pelekat Servis

LANGKAH 12: Tutup Injap Servis

Setelah selesai mengecas, injap servis harus ditutup. Pengelim (*pinch off*) perlu dilakukan dua kali dalam arah serenjang, dan alat pengelim perlu kekal pada batang injap sehingga injap tersebut ditutup melalui proses *brazing*. *Brazing* boleh dilakukan dengan menggunakan gas *oxyacetylene* atau gas LPG.

Untuk sistem RAC, sentiasa tutup injap servis dengan betul. Selepas menutup injap, periksa kebocoran pengesan kebocoran semburan/pengesan kebocoran elektronik seperti yang ditunjukkan di dalam **Jadual 6.17**.

Jadual 6.17: Tutup Injap Servis

LANGKAH 12 : TUTUP INJAP SERVIS

Selepas proses mengecas, tutup injap ke kedudukan asal.

Periksa kebocoran dengan menggunakan <i>spray leak detector</i> . (Sila guna <i>flammable leak detector</i> jika menggunakan sistem HC atau R32).

BAB

07

AMALAN BAIK SEMASA PEMASANGAN DAN PENYELENGGARAAN

KANDUNGAN

7.1	PENGENALAN	121
7.2	AMALAN BAIK SEMASA PEMASANGAN	121
7.2.1	Pemilihan Sistem Penyaman Udara yang Sesuai	121
7.2.2	Rujuk Manual Pemasangan Penyaman Udara	122
7.2.3	Menentukan Lokasi <i>Indoor Unit</i> Penyaman Udara	122
7.2.4	Menentukan Lokasi <i>Outdoor Unit</i> Penyaman Udara	123
7.2.5	Paip Saliran Air Keluar	126
7.2.6	Susun Atur Pemasangan Perpaipan Refrigeran	127
7.2.7	Ujian Tekanan, Vakum dan Cas Refrigeran	130
7.2.8	Ujian Prestasi	130
7.2.9	Kesedaran Pengguna	131
7.3	AMALAN BAIK SEMASA PENYELENGGARAAN	131
7.4	AMALAN YANG BOLEH MENJEJASKAN PRESTASI SISTEM PENYEJUKBEKUAN DAN PENYAMAN UDARA (RAC)	132
7.5	PERKARA YANG PERLU DIBERIKAN PERHATIAN	132
7.5.1	Peralatan yang Baik	132
7.5.2	Pemotong Tiub dan Alat Pembuang Gerigis (<i>Deburring</i>)	133
7.5.3	<i>Flaring</i>	134
7.5.4	<i>Swaging</i>	135
7.5.5	Pembengkok Tiub	135
7.5.6	<i>Brazing</i>	135
7.5.7	<i>Flushing</i>	138
7.5.8	Ujian Kebocoran	139
7.5.9	Vakum	143
7.5.10	Pengukuran/Menahan Vakum	143
7.5.11	Mengecas Refrigeran	144
7.5.12	Pencemaran dan Pencemaran Bersilang	144
7.6	PENGURUSAN PENYELENGGARAAN	144
7.7	KESAN SEKIRANYA TIADA PENYELENGGARAAN SISTEM	145
7.8	PERANAN DAN TANGGUNGJAWAB MAJIKAN/JURUTEKNIK	145
7.9	MENANGANI ADUAN	145
7.10	PELABURAN TERBAIK: LATIHAN	146

BAB 7

AMALAN BAIK SEMASA PEMASANGAN DAN PENYELENGGARAAN

7.1 PENGENALAN

Amalan baik dalam pemasangan dan penyelenggaraan sistem RAC memainkan peranan penting dalam melindungi lapisan ozon dan mengatasi perubahan iklim. Oleh itu, pemasangan dan penyelenggaraan sistem RAC merupakan perkara yang penting dan perlu dititikberatkan.

Hal ini kerana pemasangan dan penyelenggaraan yang tidak betul boleh memendekkan jangka hayat unit, meningkatkan penggunaan tenaga dan menyebabkan unit tersebut tidak beroperasi dengan sempurna.

Sebelum pemasangan sistem RAC, lokasi pemasangan yang betul perlu dipilih dengan mengambil kira faktor penggunaan tenaga, kekemasan, mudah untuk diselenggara, lakaran perpaipan dan keperluan pengguna.

7.2 AMALAN BAIK SEMASA PEMASANGAN

Pemasangan yang berkualiti dapat memberikan kepuasan kepada pengguna. Langkah ini penting bagi membina imej dan reputasi yang baik dalam industri. Selain itu, ia juga dapat memastikan prestasi sistem berfungsi dengan sempurna dan seterusnya dapat memanjangkan jangka hayat sistem tersebut.

Berikut merupakan perkara yang perlu diberikan perhatian semasa pemasangan unit penyaman udara:

- Pemilihan sistem penyaman udara yang sesuai
- Rujuk manual pemasangan penyaman udara
- Menentukan lokasi unit dalaman (*indoor unit*) penyaman udara
- Menentukan lokasi unit luaran (*outdoor unit*) penyaman udara
- Paip saluran air keluar
- Susun atur pemasangan perpaipan refrigeran
- Ujian tekanan, vakum dan cas refrigeran
- Ujian prestasi
- Kesedaran pengguna

7.2.1 Pemilihan Sistem Penyaman Udara yang Sesuai

Beban penyejukan perlu dikira bagi memastikan sistem penyaman udara yang dipilih sesuai untuk kegunaan ruangan.

Jadual 7.1: Carta Pemilihan Beban Penyejukan (Cooling Load Table)

Applications	Room Total Btuh / sq ft			Grand Total Btuh / sq ft		
	LO	AVG	HI	LO	AVG	HI
APARTMENTS (FLATS)	20	30	50	30	40	60
AUDITORIUMS, THEATERS	45	55	70	60	80	120
EDUCATIONAL FACILITIES						
CLASSROOMS	35	50	65	45	60	80
LABORATORIES	35	45	65	45	60	75
CAFETERIA-COFFEE HOUSE	35	60	75	55	80	110
FACTORIES	30	60	85	50	80	130
PUBLIC AREAS	40	60	80	60	80	120
LIGHTING MANUFACTURING	80	120	160	120	150	200
HEAVY MANUFACTURING	40	50	70	60	85	120
HOSPITAL						
PATIENT ROOMS	20	40	55	60	120	165
PUBLIC AREAS	15	20	40	30	45	100
LABORATORIES	30	55	70	45	70	100
LIBRARIES	25	35	55	30	45	70
DOCTOR CLINICS	25	45	65	40	60	80
OFFICES						
PRIVATE	30	55	80	40	75	90
GENERAL-PERIMETER	25	40	75	30	50	85
GENERAL-INTERIOR	20	25	35	25	30	40
CONFERENCE ROOMS	40	65	90	60	85	120
RESTAURANTS	40	50	70	60	85	120
SHOPPING CENTRES						
BEAUTY & BARBER SHOPS	30	40	60	50	60	80
DEPARTMENT STORES -BASEMENT	25	35	50	35	45	60
-MAIN FLOOR	30	40	50	40	50	60
-UPPER FLOORS	20	30	50	30	40	50
SPECIALITY SHOPS	30	40	50	40	50	60

7.2.2 Rujuk Manual Pemasangan Penyaman Udara

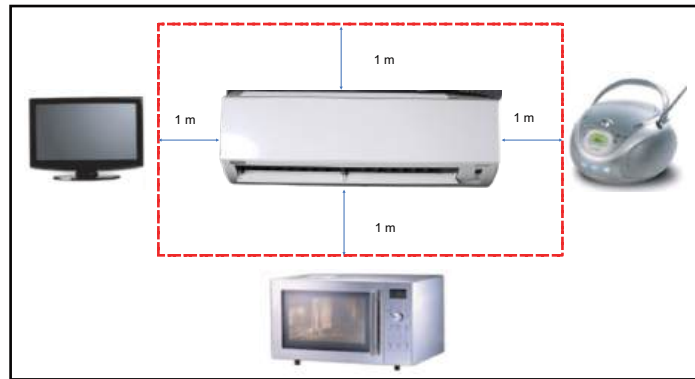
Juruteknik hendaklah merujuk manual panduan pemasangan sebelum membuat pemasangan untuk memastikan ukuran dan saiz unit. Di samping itu, juruteknik juga perlu mengetahui kegunaan alat kawalan jauh dan memberikan penerangan kepada pengguna tentang cara unit beroperasi.

7.2.3 Menentukan Lokasi Indoor Unit Penyaman Udara

Syarat-syarat untuk pemasangan unit dalaman (*indoor unit*) ialah:

- Kawasan yang sesuai dan mudah untuk penyambungan dengan *indoor unit*.
- Tempat yang sesuai dan mudah untuk membuat saluran kondensasi (paip alir keluar).
- Pastikan udara masuk dan keluar bebas daripada sebarang halangan.
- Lekapkan unit pada dinding yang kukuh bagi menampung berat unit dan mengelakkan getaran.

5. *Indoor unit* tidak boleh dipasang berdekatan peralatan elektronik yang lain contohnya ketuhar gelombang mikro, TV, radio atau alat elektronik lain kerana ia boleh menyebabkan sistem penyaman udara boleh rosak disebabkan oleh bunyi bising atau gelombang elektronik dengan voltan tinggi yang dihasilkan oleh perkakas tersebut. Pastikan jarak lebih kurang 1 m atau lebih daripada *indoor unit*. (**Rujuk Rajah 7.1**).



Rajah 7.1: Indoor Unit Seharusnya Tidak Dipasang Terlalu Hampir dengan Perkakasan Elektronik

6. Jangan pasang berhampiran punca haba seperti pintu atau tingkap.
7. Gunakan *stud finder* dan *induction detector* bagi mengelakkan halangan yang terdapat pada dinding seperti besi dan wayar.
8. *Indoor unit* harus dipasang pada dinding pada ketinggian 2.0 meter atau lebih dari lantai.
9. *Indoor unit* hendaklah dipasang minimum 15 cm daripada siling.
10. Sebarang perubahan pada panjang paip mungkin memerlukan pelarasan pada cas refrigeran (panjang paip mengikut spesifikasi model unit).
11. Elakkan daripada pancaran matahari secara terus. Hal ini kerana cahaya matahari akan memberikan kesan kepada rupa luaran terutamanya kabinet plastik. Sekiranya perlu, pasang langsir untuk mencegah pancaran cahaya matahari.

7.2.4 Menentukan Lokasi Outdoor Unit Penyaman Udara

Merujuk **Rajah 7.2**, tempat atau ruangan yang sesuai untuk pemasangan unit luaran (*outdoor unit*) adalah seperti yang berikut:

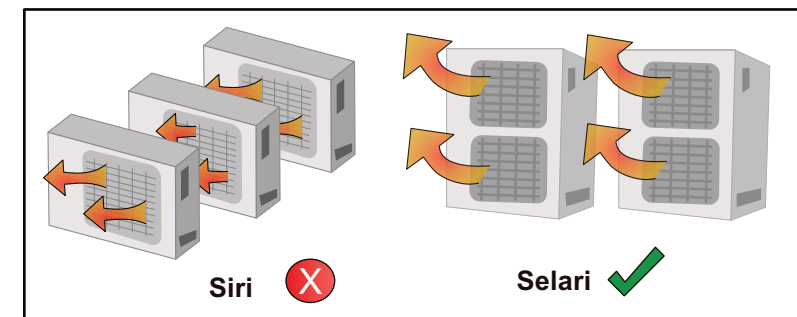
1. Kawasan pengudaraan serta peredaran udara yang baik.
2. Tempat yang tidak terdedah kepada hujan atau cahaya matahari.
3. Keluaran udara daripada *outdoor unit* tidak melawan arah angin. Contohnya, penyaman udara yang dipasang di bangunan tepi pantai.
4. Pasang bumbung pada *outdoor unit* bagi mengelakkan pancaran cahaya matahari secara terus dan hujan.
5. Pastikan ada ruang di belakang *outdoor unit* melebihi jarak 30 cm semasa pemasangan dilakukan.
6. Bahagian depan unit harus mempunyai kelapangan lebih 200 cm, dan sisi sambungan (sebelah kanan) harus mempunyai lebih daripada 60 cm.

7. Pastikan tempat yang dipilih sesuai bagi menampung berat penyaman udara dan mengelakkan isu getaran dan bunyi bising yang terhasil daripada penyaman udara tidak mengganggu pengguna lain.

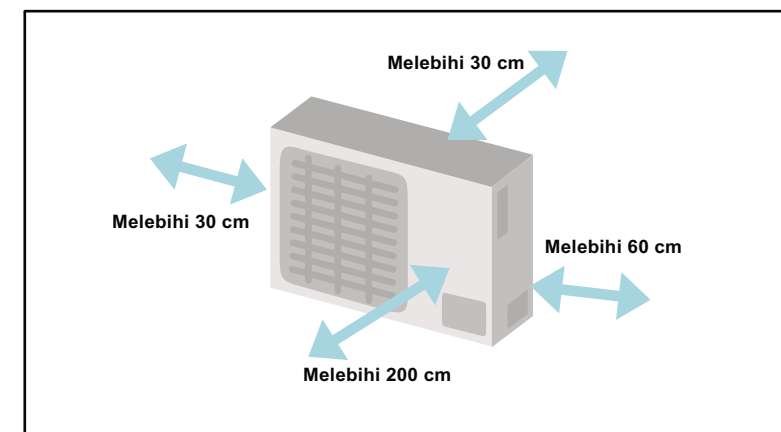


Rajah 7.2: Lokasi Pemasangan Outdoor Unit

8. Jangan pasang *outdoor unit* secara bersiri kerana ia akan menyebabkan peredaran udara yang tidak baik ke *condenser* lain. Ia akan membawa kepada tekanan tinggi dan akhirnya lebih banyak tenaga yang digunakan. Keluaran udara panas daripada satu unit tidak boleh mengalir masuk melalui *outdoor unit* yang bersebelahan. **Rajah 7.3** dan **Rajah 7.4** menunjukkan susun atur *outdoor unit*.



Rajah 7.3 : Susunan Secara Siri Outdoor Unit

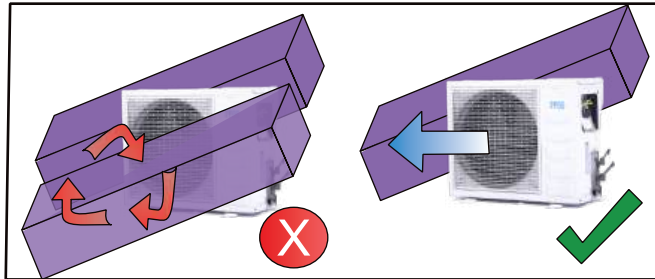


Rajah 7.4: Keperluan Pemasangan bagi Outdoor Unit

CONTOH PEMASANGAN YANG BETUL DAN SALAH

Outdoor Unit dengan Aliran Udara yang Terhad

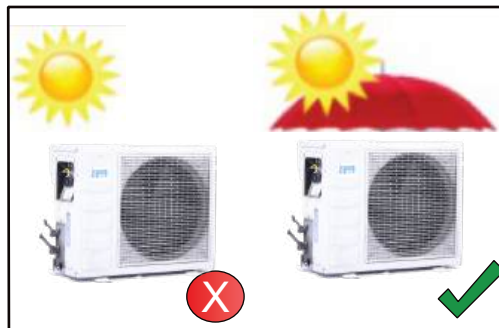
Pemasangan *outdoor unit* dengan aliran udara yang terhad akan menyebabkan proses *condensation* yang lemah. Keadaan ini juga menyumbang kepada penggunaan tenaga yang tinggi. Semasa pemasangan, pastikan terdapat jarak minimum sebanyak 300 mm antara dinding dengan *outdoor unit* untuk mendapatkan aliran pengudaraan yang sempurna dan supaya sistem dapat beroperasi pada penggunaan tenaga yang optimum. **Rajah 7.5** menunjukkan pemasangan *outdoor unit* dengan aliran udara yang terhad.



Rajah 7.5: Pemasangan Outdoor Unit dengan Aliran Udara yang Terhad

Outdoor Unit Terdedah Secara Langsung kepada Matahari

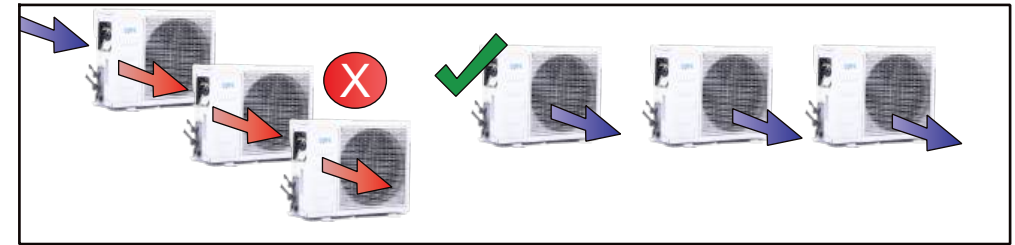
Rajah 7.6 menunjukkan *outdoor unit* yang terdedah kepada matahari. Pemasangan *outdoor unit* pada kedudukan yang terdedah secara langsung kepada matahari akan menyebabkan proses penyingkiran haba yang lemah dan mengakibatkan penggunaan tenaga yang tinggi. Sentiasa letakkan *outdoor unit* di tempat yang terlindung daripada cahaya matahari ataupun dipasang dengan *awning*. Keadaan ini boleh membantu proses *condensation* dan memastikan penggunaan tenaga yang optimum.



Rajah 7.6: Outdoor Unit Terdedah Secara Langsung kepada Matahari

Susunan Outdoor Unit

Pemasangan *outdoor unit* berlapis antara satu dengan yang lain akan menyebabkan penyingkiran haba yang tidak sempurna dan tekanan sistem menjadi tinggi lalu mengakibatkan penggunaan tenaga yang lebih banyak. Sentiasa pastikan setiap *outdoor unit* disusun dengan aliran udara persekitaran yang bebas tanpa halangan ataupun tiada udara panas daripada *outdoor unit* lain di sekitarnya seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 7.7**.



Rajah 7.7: Susunan Outdoor Unit

Tindakan Semasa Pemasangan

Pemasangan yang tidak betul boleh mendedahkan risiko terhadap juruteknik dan unit penyaman udara yang dipasang. **Rajah 7.8** menunjukkan contoh pemasangan yang salah.



Rajah 7.8: Pemasangan yang Salah

Kesan Pemasangan yang Salah

Aliran Udara: Udara panas daripada *outdoor unit* boleh menyebabkan haba ditiup ke dinding, pintu dan tingkap.

Peredaran Udara: Udara panas akan dikitar semula dan tidak dilepaskan dengan sempurna. Keadaan ini boleh mengurangkan kecekapan proses *condensation* serta meningkatkan tekanan dan penggunaan tenaga.

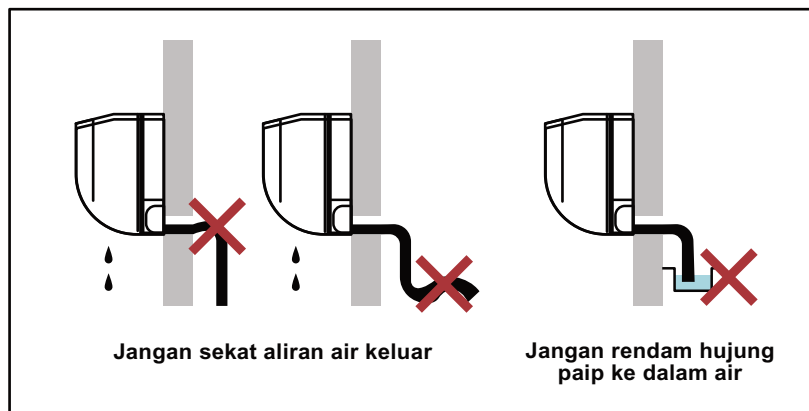
Pemasangan di tempat yang salah akan menyebabkan kesukaran semasa kerja-kerja penyelenggaraan. Pemasangan paip yang tidak sempurna menyebabkan berlaku getaran dan kebocoran gas yang kerap lalu mengakibatkan kerosakan alat. Semua ini akan meningkatkan kos penyelenggaraan dan menyebabkan pelepasan gas rumah kaca (pemanasan global).

7.2.5 Paip Saliran Air Keluar

Paip alir keluar (kondensasi) mesti dipasang pada kedudukan condong bagi membolehkan air mengalir keluar daripada *indoor unit* dengan mudah mengikut graviti. Untuk mengalirkan air kondensasi dengan mudah, hos saliran perlu dilaraskan ke bawah. **Rajah 7.9** menunjukkan kelemahan saliran paip air keluar yang disebabkan oleh pemasangan saliran paip keluar yang tidak sempurna.

Jika hujung paip saluran berdekatan dengan sisa takungan air, bau yang tidak diinginkan boleh berpindah ke dalam bilik yang didinginkan melalui kipas penyejat. Masalah ini boleh dielakkan dengan membuat Perangkap-U di akhir paip alir keluar. Perangkap-U mengumpul air kondensasi dan menyekat bau yang tidak diinginkan.

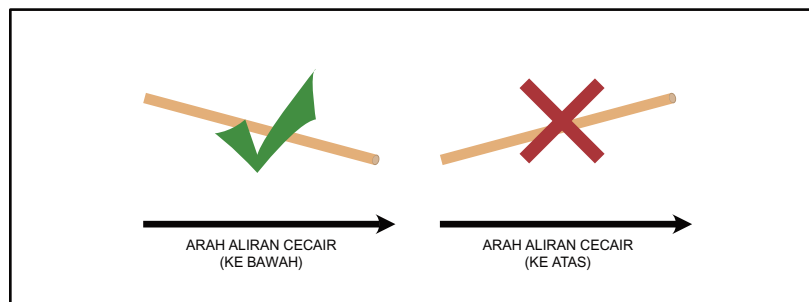
- Memasang pendakap pada setiap 1 m atau kurang.
- Paip tersebut tidak sepatutnya dibiarkan tergantung dengan tidak disokong oleh penyambungan kepada unit. Kaedah terbaik adalah dengan mengikat paip pada dinding, bingkai atau sokongan lain yang dekat dengan unit.
- Buat sambungan yang kemas untuk mengelakkan kebocoran.
- Pastikan paip alir keluar tidak terlalu panjang.
- Pastikan kecerunan sekurang-kurangnya 25 mm untuk setiap 1 m.
- Uji saluran air keluar (*drain*) dengan menuang air ke dalam takungan aliran keluar selepas pemasangan. Pastikan air dapat mengalir keluar dan tiada kebocoran.



Rajah 7.9: Paip Saliran Air Keluar

7.2.6 Susun Atur Pemasangan Perpaipan Refrigeran

Paip refrigeran perlu condong 1/8 inci per kaki (10.4 mm per m) pada arah aliran refrigeran seperti di **Rajah 7.10**. Kaedah ini dilakukan bagi membantu mengembalikan minyak ke *compressor*.

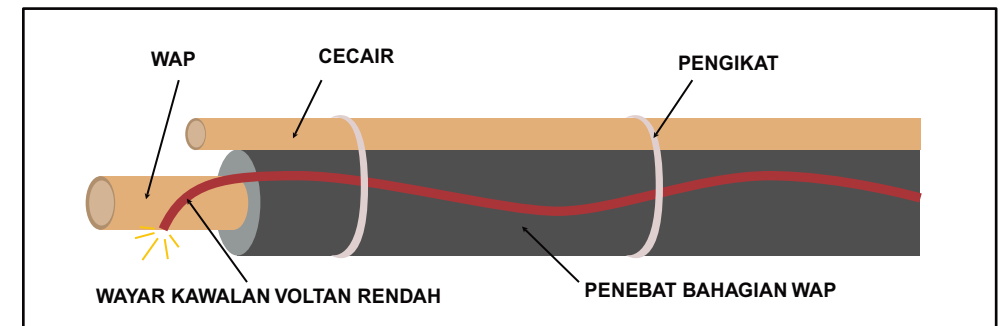


Rajah 7.10: Kedudukan Paip Mestilah Condong Mengikut Arah Aliran Bendalir

- Memasang pendakap selepas setiap 1 m atau kurang.
- Paip tersebut tidak sepatutnya dibiarkan tergantung dengan tidak disokong oleh penyambungan kepada unit. Kaedah terbaik adalah dengan mengikat paip pada dinding, bingkai atau sokongan lain yang dekat dengan unit.
- Gunakan pita pelekat pada setiap sambungan penebat paip untuk mengelakkan *condensation* pada paip.
- Paip perlu direka bentuk dengan bilangan selekoh yang minimum.

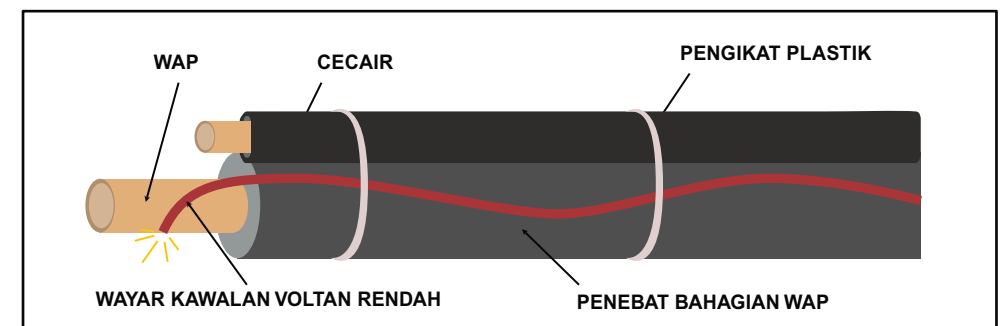
Penebatan (*Insulation*)

Rajah 7.11 dan **Rajah 7.12** menunjukkan kaedah untuk membuat penebatan perpaipan refrigeran yang betul. Jika lokasi kedudukan peranti pemeteran (*metering device*) dipasang pada *indoor unit*. Hanya *vapour line* (*suction line*) mesti dilindungi, *liquid line* tidak memerlukan penebat kerana bahan pendingin pada peringkat ini perlu untuk menyahkan haba daripada sistem.



Rajah 7.11: Penebatan untuk Tiub Kapilari pada Salur Indoor Unit

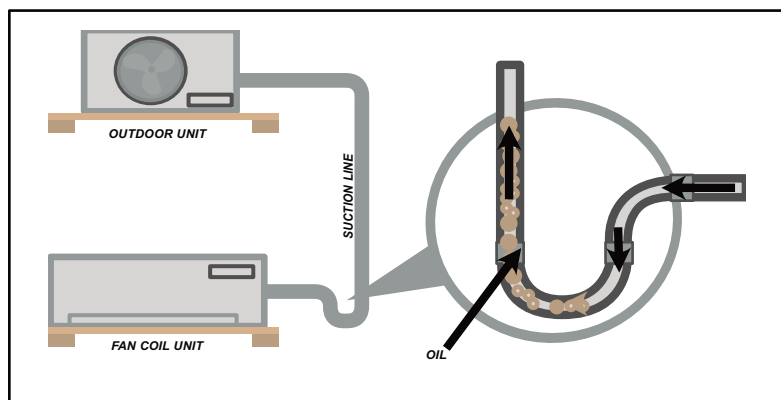
Jika lokasi kedudukan peranti pemeteran (*metering device*) dipasang pada *outdoor unit*, kedua-dua *vapour line* (*suction line*) dan *liquid line* perlu penebat berasingan untuk mengelakkan pemindahan haba dan pemeluwapan pada permukaan tiub.



Rajah 7.12: Penebatan untuk Tiub Kapilari yang Dipasang pada Outdoor Unit

Perangkap-P (P-Trap)

Paip sedutan adalah yang paling kritikal untuk mengembalikan minyak. Perangkap-P harus dilakukan jika paip sedutan dalam keadaan menegak kembali ke *outdoor unit* yang berada di atas dengan jarak lebih daripada 3 meter atau 8 kaki seperti di dalam **Rajah 7.13**. Saluran sedutan yang menaik pada paip secara menegak yang mempunyai aliran refrigeran ke atas.



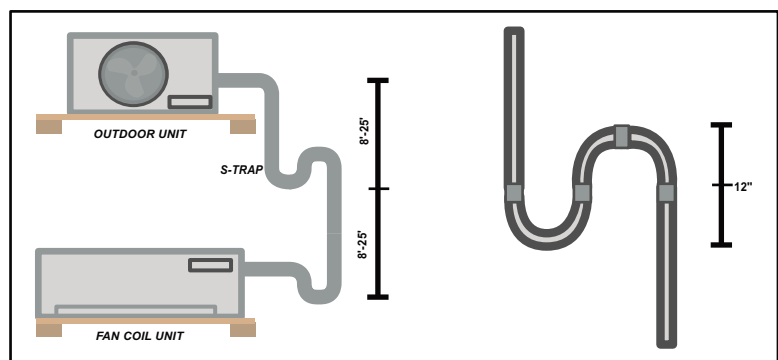
Rajah 7.13: Perangkap-P

Kombinasi Perangkap-P dan Perangkap-S

Paip sedutan adalah yang paling kritikal untuk mengembalikan minyak. Perangkap-P dan perangkap-S harus dipasang jika paip sedutan dalam keadaan menegak kembali ke *outdoor unit* yang berada di atas dengan jarak lebih daripada 8 meter atau 25 kaki.

Dengan memasang perangkap jenis ini, ia akan memastikan minyak daripada *evaporator* boleh mengalir dengan lancar. Kombinasi perangkap-P dan perangkap-S juga dapat membantu mengembalikan minyak ke pemampat. Refrigeran dan minyak yang kembali daripada penyejat akan diperangkap dan dikumpul di dalam perangkap-P. Keadaan ini boleh memecahkan minyak yang besar menjadi titisan kecil lalu dibawa naik melalui paip bersama refrigeran.

Sebelum kerja-kerja pemasangan paip, pastikan laluan paip betul dan tiada halangan untuk mengelakkan minyak terperangkap. Perjalanan pergi dan balik refrigeran akan berjalan lancar kepada semua komponen.

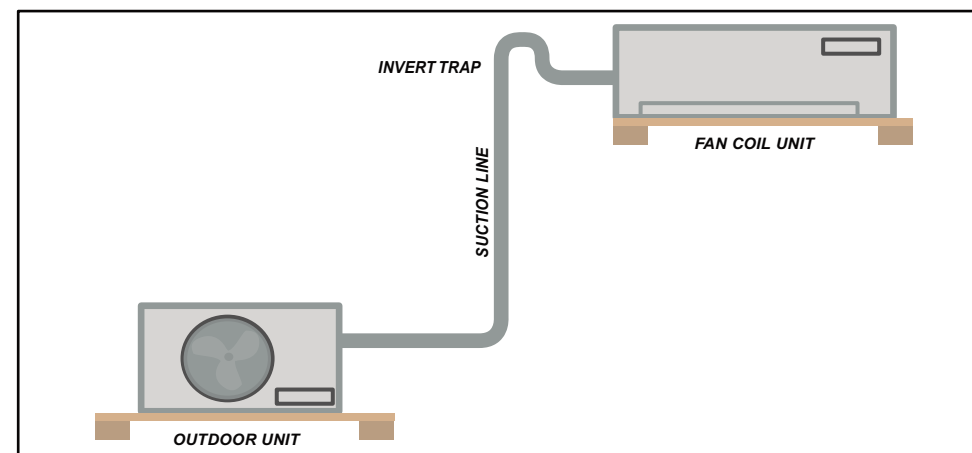


Rajah 7.14: Kombinasi Perangkap-P dan Perangkap-S

Perangkap Songsang

Semasa beroperasi, paip sedutan yang berisi dengan refrigeran dan minyak pada keadaan haba lampau (*superheat*) dan minyak mengalir di bahagian bawah di dalam paip bersama-sama dengan refrigeran. Apabila sistem berhenti, refrigeran mungkin terpeluwap di dalam paip bergantung pada keadaan persekitaran. Ia boleh menyebabkan terhasilnya *slugging* jika refrigeran cecair disedut ke dalam *compressor* semasa sistem dimulakan semula.

Untuk mengembalikan minyak dengan betul, saluran sedutan harus condong 1/8 inci perkaki (10.4 mm per m) pada arah aliran refrigeran. Untuk mengurangkan *sludge* daripada refrigeran yang terpeluwap, perangkap songsang perlu dipasangkan pada bahagian sedutan. Ia bertujuan untuk mengasingkan cecair refrigeran yang keluar daripada penyejat melalui saluran sedutan ke *compressor* yang tiada *suction accumulator*.



Rajah 7.15: Perangkap Songsang

7.2.7 Ujian Tekanan, Vakum dan Cas Refrigeran

Prosedur di dalam bahagian ini adalah sama seperti yang telah diterangkan di dalam Bab 6 (Langkah 8). Sila rujuk Bab 6 untuk mendapatkan keterangan yang lebih jelas.

7.2.8 Ujian Prestasi

Ujian prestasi perlu dilakukan selepas selesai proses mengecas refrigeran (pemasangan unit) serta memastikan setiap sambungan dan pendawaian telah disambung dengan betul.

Pastikan semua injap pada unit adalah terbuka sepenuhnya (*allen key*).

1. Sambungkan kuasa, tekan butang "**ON/OFF**" pada alat kawalan jauh untuk menghidupkan unit.
2. Gunakan butang "**MODE**" untuk memilih "**COOL**", "**DRY**" dan "**FAN**" untuk memeriksa semua fungsi itu berfungsi dengan baik.
3. Tekan butang kawalan manual untuk memilih **MODE COOL, LOW TEMPERATURE** dan **HIGH SPEED FAN**. Unit ini akan beroperasi secara automatik (lihat buku panduan untuk maklumat lanjut).

- Unit perlu beroperasi sekurang-kurangnya 15-30 minit sebelum mengambil data.
- Periksa arus yang disorkan oleh pengeluar. Semasa ujian berjalan, bacaan arus elektrik hendaklah sama dengan nilai arus yang ditunjukkan pada *name plate*.
- Uji kebocoran dengan *electronic leak detector*. Buih sabun juga boleh digunakan untuk memeriksa kebocoran.

7.2.9 Kesedaran Pengguna

Penggunaan pelekat servis ialah salah satu amalan baik untuk juruteknik penyelenggaraan terlatih. Pelekat/label akan mengingatkan pelanggan mengenai janji temu servis yang akan datang atau jadual penyelenggaraan.

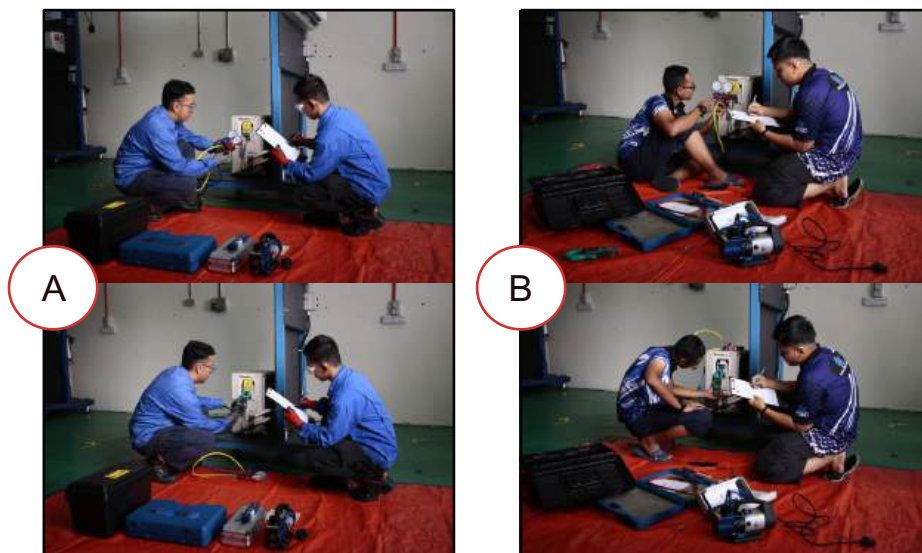
Sistem RAC yang diselenggara dengan baik akan memastikan prestasi yang optimum dan menyumbang kepada kelestarian alam sekitar.

7.3 AMALAN BAIK SEMASA PENYELENGGARAAN

Amalan yang baik semasa melakukan kerja-kerja pemasangan, baik pulih, penyelenggaraan dan khidmat nasihat kepada pelanggan dapat menjimatkan penggunaan tenaga, jangka hayat peralatan dan unit.

Amalan Penyelenggaraan yang Baik dan Sebaliknya

Rajah 7.16 menunjukkan perbandingan senario semasa menjalankan kerja-kerja penyelenggaraan. Di dalam **Gambar A**, alat disusun dengan sempurna dan kemas di dalam ruangan kerja. Juruteknik membuat kerja penyelenggaraan dengan mengamalkan langkah keselamatan serta memakai PPE seperti memakai pelindung mata dan sarung tangan. Di dalam **Gambar B**, alat tidak disusun dengan kemas dan berselerak di ruangan kerja. Juruteknik juga tidak memakai PPE semasa kerja-kerja penyelenggaraan.



Rajah 7.16: Perbandingan Senario semasa Penyelenggaraan

7.4 AMALAN YANG BOLEH MENJEJASKAN PRESTASI SISTEM PENYEJUKBEKUAN DAN PENYAMAN UDARA (RAC)

Berikut ialah beberapa contoh amalan yang **TIDAK BAIK** yang boleh menimbulkan isu keselamatan:

- Brazing* tiub kuprum dengan keluli menggunakan elektrod kuprum.
- Flushing* sistem dengan udara, refrigeran atau alkali.
- Menggunakan *carbon tetrachloride (CTC)*, HCFC-141b atau petrol untuk pembersihan.
- Ujian kebocoran menggunakan udara atau refrigeran.
- Menggunakan *compressor* semasa proses vakum.
- Mengecas refrigeran dengan prosedur yang tidak tepat.
- Tidak menggunakan peralatan yang sesuai semasa menjalankan kerja-kerja penyelenggaraan dan pemasangan.

7.5 PERKARA YANG PERLU DIBERIKAN PERHATIAN

Berikut ialah beberapa perkara yang perlu diberikan perhatian:

- Peralatan yang baik.
- Pemotongan tiub serta membuang gerigis (*burr*).
- Mengembang hujung tiub kuprum (*flare*).
- Membesarkan garispusat hujung tiub kuprum (*swaging*).
- Membengkok.
- Kerja *brazing*.
- Flushing*.
- Ujian Kebocoran.
- Vakum.
- Pengukuran/menahan vakum.
- Mengecas refrigeran.
- Pencemaran dan pencemaran bersilang daripada percampuran bahan refrigeran.

7.5.1 Peralatan yang Baik

Alat yang betul boleh menyumbang kepada kerja-kerja penyelenggaraan sistem RAC yang sempurna. Beberapa peralatan yang betul ditunjukkan di dalam **Rajah 7.17**. Alat yang baik seperti *flaring tool* dan *torque wrench* amat diperlukan apabila melibatkan penggunaan refrigeran baharu. Kelengkapan (alat dan peralatan) perlu dinaik taraf supaya dapat menjamin kualiti penyelenggaraan yang dilakukan serta pengendalian refrigeran baharu. Penggunaan alat dan peralatan yang sesuai boleh membawa kepada ketepatan, kebolehpercayaan, maklum balas dan kredibiliti perkhidmatan.

Elakkan daripada menggunakan alat dan peralatan yang berkualiti rendah kerana ia memberikan kesan kepada kualiti kerja yang dihasilkan serta mempengaruhi faktor keselamatan.

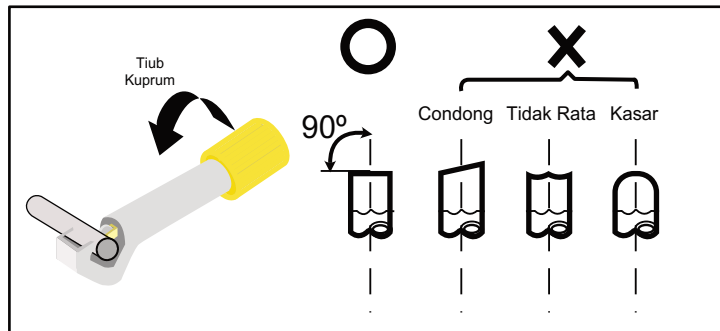
Juruteknik mestilah memahami kepentingan dan faedah yang akan diperoleh apabila menggunakan peralatan yang betul.



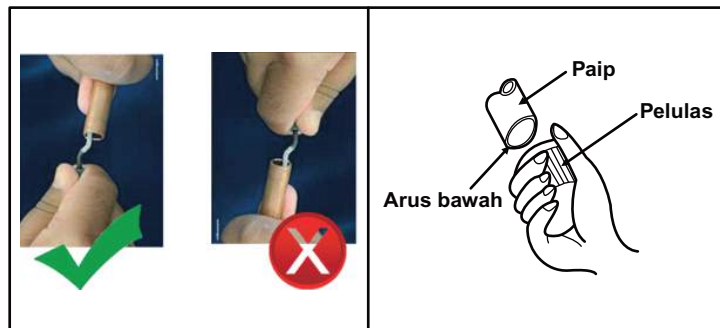
Rajah 7.17: Peralatan yang Betul

7.5.2 Pemotong Tiub dan Alat Pembuang Gerigis (Deburring)

Memotong tiub ialah kemahiran asas dan memerlukan latihan yang sesuai untuk mendapatkan pemotongan yang sempurna seperti di dalam **Rajah 7.18**. Selepas itu, proses membuang gerigis (*burr*) perlu dilakukan di bahagian dalam dan luar tiub agar pemotongan lebih kemas seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 7.19**.



Rajah 7.18: Pemotong Tiub

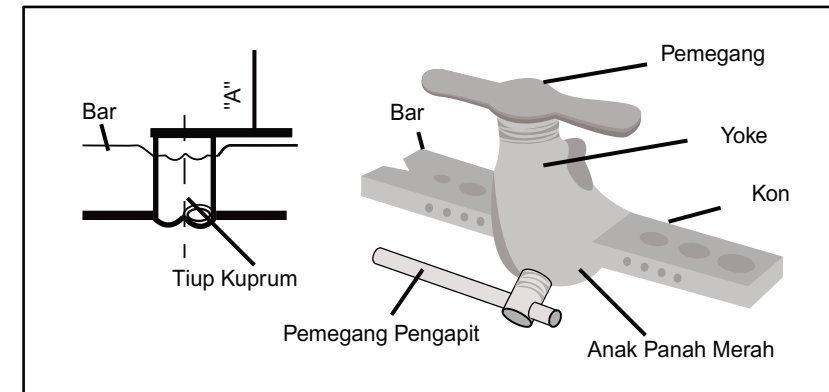


Rajah 7.19: Membuang Gerigis

7.5.3 Flaring

Bagi unit refrigeran yang beroperasi pada tekanan yang tinggi, ia memerlukan peralatan yang betul bagi proses *flaring*. **Rajah 7.20** menunjukkan alat *flaring* yang berkualiti bagi memastikan hasil *flare* yang sempurna seperti spesifikasi di dalam **Jadual 7.2**. Rujuk **Rajah 7.21** tentang cara untuk menguji *flare* dengan menggunakan *flare gauge*. Penyambungan pada *flare* yang tidak sempurna akan menyebabkan kebocoran refrigeran dan proses *flare* perlu dilakukan semula.

Nota: Penggunaan *torque wrench* sangat digalakkan semasa proses penyambungan *flare nut*.



Rajah 7.20: Alat Kembangan (Flare)

Jadual 7.2: Spesifikasi Kembangan (Flare)

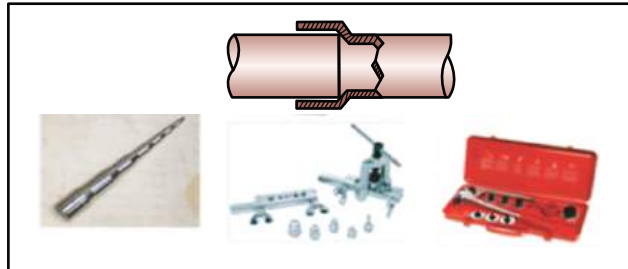
Diameter Luar		A
mm	inch	mm
Ø6.35	1/4	1.1~1.3
Ø9.25	3/8	1.5~1.7
Ø12.7	1/2	1.6~1.8
Ø15.88	5/8	1.6~1.8
Ø19.05	3/4	1.9~2.1



Rajah 7.21: Flare Gauge

7.5.4 Swaging

Teknik *swaging* amat penting untuk mendapatkan penyambungan yang sempurna. **Rajah 7.22** menunjukkan alat-alat *swaging*. Alat *swaging* ini mempunyai pelbagai saiz diameter, dan ia membantu membesarkan garis pusat hujung tiub dengan lebih sempurna.



Rajah 7.22: Peralatan Swaging yang Betul

7.5.5 Pembengkok Tiub

Elakkan kerja-kerja membengkok tiub dengan menggunakan tangan bagi mengelakkan tiub patah, berkedut dan kemik semasa dibengkokkan. Secara visual kita tidak dapat mengesan dan menilai tahap kedut dan kemek pada sudut bahagian dalam tiub yang dikhuatiri akan menjejaskan aliran refrigeran semasa operasi. Oleh itu, pembengkok tiub jenis tuil atau spring perlu digunakan untuk membuat proses membengkok tiub dengan sempurna. **Rajah 7.23** menunjukkan kaedah yang betul untuk membengkokkan tiub.



Rajah 7.23: Kaedah Lenturan Tiub

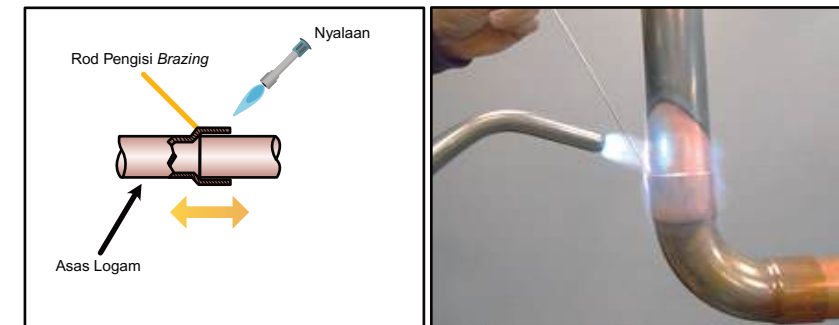
7.5.6 Brazing

Perkara penting bagi kerja-kerja *brazing* adalah seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 7.24**.

Dalam kerja *brazing*, logam asas kuprum (Cu) atau besi (Fe) akan dipanaskan pada suhu tertentu ($> 650^{\circ}\text{C}$ dan $< 1,083^{\circ}\text{C}$). Rod penambah (*filler metal*) yang diperbuat daripada aloi akan cair apabila bersentuh dengan permukaan logam yang dipanaskan.

Rod penambah seharusnya mencair pada tiub kuprum yang dipanaskan dan tidak seharusnya dipanaskan secara langsung dengan api sebelum bersentuhan dengan paip asas.

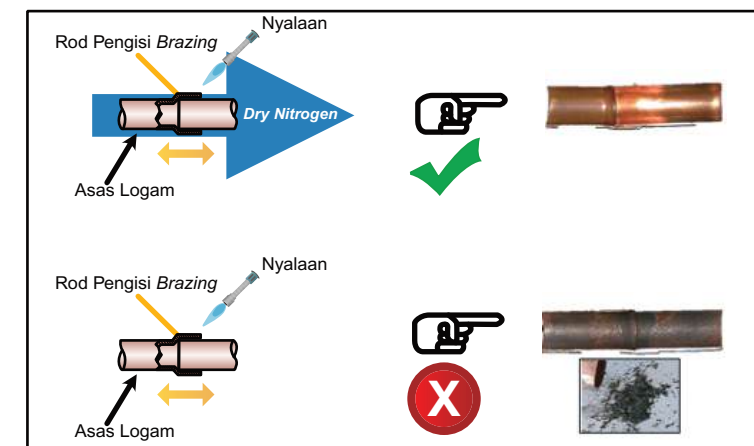
Rod penambah yang sedang mencair semasa bersentuh dengan logam asas akan mengalir melalui ruang renggangan antara dinding dua tiub yang bersambung secara resapan. Tindakan resapan ini akan memenuhi ruang regangan tiub kuprum yang bertindih sehingga had yang sepatutnya.



Rajah 7.24: Keperluan dan Keadaan Proses Brazing

a. Mengalirkan OFDN

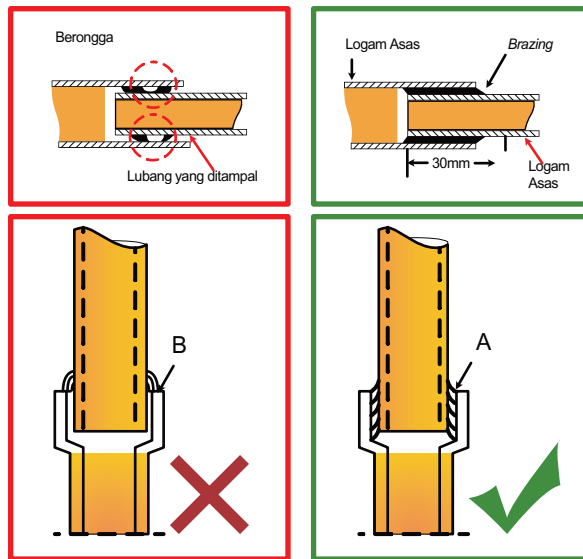
Mengalirkan OFDN di dalam tiub semasa menjalankan *brazing* adalah amat digalakkan. **Rajah 7.25** menunjukkan dua hasil kerja paip kuprum yang telah di-*brazing*. Satu menggunakan teknik *brazing* yang normal (tidak mengalirkan OFDN), manakala satu lagi telah mengalirkan OFDN. Dengan mengalirkan OFDN di dalam tiub kuprum semasa *brazing*, ia telah menghasilkan penyambungan yang sempurna dan mempunyai permukaan dalaman yang bersih.



Rajah 7.25: Brazing dengan Mengalirkan OFDN di dalam Tiub

b. Brazing yang Sempurna atau Sebaliknya

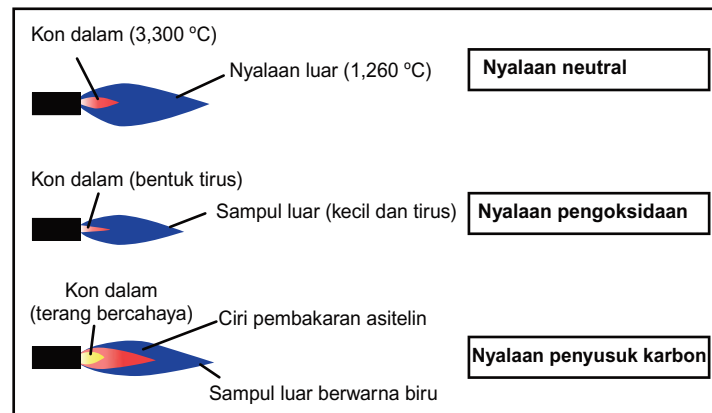
Rajah 7.26 menunjukkan perbandingan keadaan *brazing* yang sempurna dan *brazing* yang tidak sempurna. Kaedah *brazing* seperti dalam **Gambar A** perlu diamalkan bagi memastikan setiap sambungan paip adalah sempurna dan baik.



Rajah 7.26: Brazing yang Sempurna atau Sebaliknya

c. Nyalaan Api

Terdapat tiga jenis nyalaan api pematerian iaitu nyalaan neutral, pengoksidaan dan penyusuk karbon seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 7.27**. Nyalaan neutral disyorkan untuk membuat kerja-kerja *brazing* di antara tiub kuprum atau di antara paip besi lembut (*mild steel pipes*). Nyalaan pengoksidaan pula sesuai untuk kerja memotong besi. Nyalaan ini akan menyebabkan tiub berlubang sekiranya digunakan untuk kerja *brazing*. Nyalaan penyusuk karbon juga sesuai untuk kerja-kerja dalam sektor RAC.



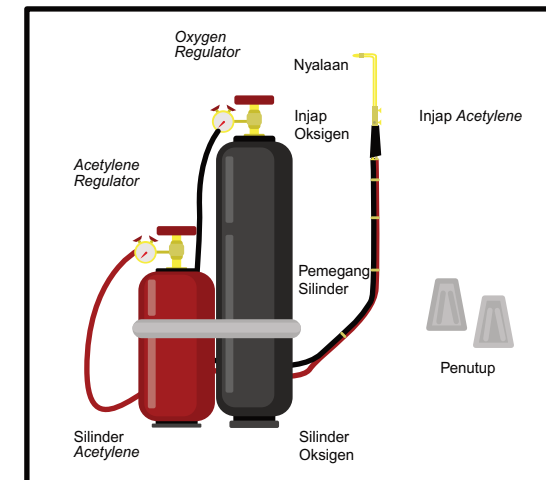
Rajah 7.27: Jenis Nyalaan

d. Langkah Keselamatan

Semasa kerja *brazing* dilakukan, pastikan berada jauh daripada *recovery cylinder*. Jika terdapat bahan mudah bakar, kerja *brazing* hendaklah dilakukan sekurang-kurangnya pada jarak 2 m daripadanya.

e. Peralatan Brazing

Nyalaan *oxy-acetylene* seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 7.28** boleh mencecah suhu 3,200 °C. Keadaan ini boleh mempercepat kerja *brazing* pada suhu yang dikehendaki. Walau bagaimanapun, isu kepanasan melampau apabila menggunakan peralatan *brazing* bersuhu tinggi ini perlu diberikan perhatian.



Rajah 7.28: Set Kimpalan Gas Oksiasetelina

7.5.7 Flushing

- Gunakan OFDN kerana ia gas lengai dan berupaya untuk menyerap lembapan di dalam sistem.
- Gunakan bahan kimia pencuci jenis MDC atau *hexane* dan ia perlu digunakan bersama-sama dengan OFDN.

Flushing Sistem Penyamanan Udara

Flushing sistem RAC perlu dilakukan apabila selesai membuat kerja baik pulih yang besar. Terdapat beberapa agen pembersih yang mudah diperolehi dalam pasaran. Oleh itu, kandungan atau arahan penggunaan perlu diketahui sebelum menggunakannya. Arahan penggunaan atau kandungan kimia produk boleh didapati di dalam *Material Safety Data Sheet (MSDS)*.

Memilih dan Menggunakan Bahan Pelarut (*Solvent*) dengan Selamat

Bahan pelarut ialah bahan kimia yang boleh melarut atau mencairkan bahan lain. Bahan pelarut yang digunakan sebagai pencuci dalam kerja refrigeran ialah bahan pembersih yang boleh menghilangkan zarah debu serta minyak yang tidak diperlukan. Bahan pelarut digunakan secara meluas untuk mencuci komponen dan peralatan bagi membersihkan minyak, gris dan habuk. Juruteknik seharusnya mengetahui cara untuk mengaplikasikan bahan kimia pelarut dengan selamat, tidak menjejaskan kesihatan dan juga amalan persekitaran yang baik.

Potensi Pelarut Alternatif

Jadual 7.3 menunjukkan perbandingan bahan pelarut seperti *methylene dichloride* (MDC), *perchloroethylene* (PCE), *trichloroethylene* (TCE), *hexane*, *toulene* dan *white petrol* atau *kerosene* dengan beberapa indikator utama seperti mudah terbakar, gas pancar, takat didih, spesifikasi graviti dan tekanan gas. Semua bahan pelarut mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Bagaimanapun, semua pelarut seperti TCE ialah bahan pelarut semula jadi. Oleh itu, MSDS produk tersebut perlu dibaca dan difahami.

Jadual 7.3: Potensi Bahan Pelarut Alternatif

Parameter	Methylene Dichloride (MDC)	Perchloroethylene (PCE)	Trichloroethylene (TCE)	Hexane	Toluene	Petrol
Tahap Kebakaran	Tiada	Tiada	Tiada	Sangat mudah terbakar	Sangat mudah terbakar	Sangat mudah terbakar
Titik Nyalaan	Tiada	Tiada	Tiada	-23 °C	4-7 °C	18 °C
Takat Didih (°C)	40	121	87	63-70	111	50-120
Graviti Spesifik (g/c)	1.33	1.62	1.47	0.69	0.87	0.67-0.69
Tekanan Wam (mmHg)	350	14	58	124	21	180

Amalan Yang Baik

- Mengurangkan penggunaan bahan pelarut.
- Pilih kaedah mencuci yang sesuai.
- Aliran pengudaraan yang baik di tempat kerja.
- Menggunakan PPE.
- Mengamalkan *good house keeping* selepas digunakan.
- Membasuh tangan dengan sabun selepas mengendalikan pelarut.

7.5.8 Ujian Kebocoran

Ujian kebocoran hendaklah dilakukan dengan menggunakan OFDN kerana ia ialah gas lengai dan berupaya untuk menyerap kandungan lembapan di dalam sistem. Jangan guna udara mampat atau oksigen untuk tujuan ini. Sekiranya OFDN digunakan, ia perlu digunakan bersama unit bahan pengering bagi mengurangkan kandungan kelembapan dalam nitrogen. Salah satu kelebihan menggunakan OFDN ialah ia dapat menyerap sebahagian lembapan yang berada di dalam sistem dan mengurangkan beban *vacuum pump* untuk mengeluarkan kelembapan.

Sekiranya *electronic leak detector* digunakan untuk mengesan kebocoran, sedikit refrigeran yang bercampur dengan nitrogen akan digunakan sebagai medium asas bagi mengenal pasti refrigeran di dalam sistem. Jangan guna udara mampat yang bercampur dengan refrigeran. Refrigeran seperti HFC-134a boleh menjadi bahan bakar apabila bercampur dengan udara (5.5 psig dan 177 °C pada kepekatan melebihi 60% di dalam udara, HFC-134a boleh terbakar).

Mengapakah Kebocoran Berlaku?

Kebocoran refrigeran berlaku disebabkan oleh kegagalan bahan. Antara faktor yang mewujudkan kegagalan bahan adalah seperti yang berikut:

- Gegaran:** Gegaran ialah faktor signifikan yang menyebabkan kegagalan bahan khususnya yang melibatkan kerja-kerja kuprum, kesilapan pelarasan kedap, kelonggaran pada selak keselamatan serta bibir dan lain-lain.
- Haus akibat geseran:** Terdapat banyak kes kegagalan bahan yang disebabkan oleh haus akibat geseran. Biasanya ia bermula daripada pemasangan yang tidak sempurna semasa kerja perpaipan atau kehausan pada kedap aci (*shaft seal*).
- Pemilihan bahan yang salah:** Ada kalanya, pemilihan bahan yang salah boleh menyebabkan berlakunya kebocoran. Contohnya, apabila menggunakan hos mudah lentur yang mempunyai kadar kebocoran yang tinggi dan menggunakan bahan yang tidak tahan gegaran, pertukaran suhu dan tekanan.
- Kawalan kualiti yang rendah:** Bahan yang digunakan dalam sistem RAC mesti berada pada tahap kualiti tinggi dan selaras. Penggunaan bahan berkualiti rendah adalah berkemungkinan untuk menyebabkan kebocoran berlaku pada tekanan tinggi, dan pada suhu yang sentiasa berubah dalam persekitaran kerja.
- Penyambungan yang tidak sempurna:** Penyambungan yang tidak sempurna pada penyambungan *brazing* atau penyambungan kembang (*flare*) boleh menyebabkan kebocoran.
- Karat:** Unit yang terdedah kepada pelbagai bahan kimia atau cuaca boleh menyebabkan karat kerana keadaan ini boleh mereputkan bahan binaan dan menyebabkan paip berlubang.
- Kerosakan yang tidak sengaja:** Impak kerosakan mekanikal kepada unit yang mengandungi refrigeran boleh berlaku disebabkan oleh banyak keadaan. Oleh itu, semua komponen sistem hendaklah dilindungi daripada kesan impak luaran.

Sistem RAC beroperasi pada cas refrigeran yang telah ditetapkan. Sekiranya refrigeran tidak mencukupi, ujian kebocoran mesti dilakukan, membaik pulih, memvakum dan mengecap semula refrigeran untuk memastikan prestasi yang optimum.

Tekanan bagi Menguji Kebocoran

Tekanan pengujian kebocoran adalah pada 1.5 kali lebih tinggi daripada tekanan kerja. Bergantung pada refrigeran, tekanan pengujian kebocoran adalah berbeza dan biasanya antara 20 bar hingga 43 bar.

Prosedur menguji kebocoran adalah sama seperti peralatan HCFC. Gunakan *spray leak detector* pada setiap penyambungan untuk mengesan kebocoran. Seterusnya, pastikan semua penyambungan telah dilap dengan kain kering sebelum menjalankan langkah seterusnya seperti proses vakum sistem. Tekanan perlu dipantau pada suatu tempoh masa bagi mengetahui sekiranya tekanan berubah.

Mengesan Kebocoran dengan Menggunakan *Fluorescent Dyes*



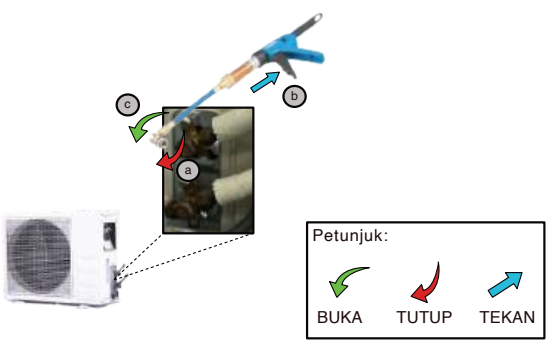
Rajah 7.29: Set Peralatan *Fluorescent Dyes*

Rajah 7.29 menunjukkan set peralatan *fluorescent dyes* yang digunakan untuk mengesan kebocoran. Sedikit kuantiti dimasukkan ke dalam refrigeran dan akan disebarkan ke keseluruhan sistem. Kemudian sistem akan dinilai secara visual dengan menggunakan lampu *ultraviolet* bagi mengesan sebarang kebocoran.

Kaedah ini hanya berkesan pada bahagian yang bertekanan tinggi. Lampu *ultraviolet* ialah kaedah biasa yang digunakan di dalam sistem yang besar iaitu sistem yang terlalu sukar untuk menggunakan buih sabun dan *electronic leak detector* pada setiap penyambungannya.

Dengan menambah pewarna kepada refrigeran, kebocoran akan dikesan dengan warna hijau kuning apabila terkena cahaya lampu *ultraviolet*. Proses mengesan kebocoran *fluorescent dyes* ditunjukkan di dalam **Jadual 7.4**

Jadual 7.4: Mengesan Kebocoran dengan Menggunakan Fluorescent Dyes

LANGKAH	PROSES	
	Mengeskan Kebocoran dengan Menggunakan <i>Fluorescent Dyes</i>	
1.	a.	Pasangkan penyambung skru alat pengujian ke injap servis.
	b.	Tekan pemegang alat untuk memasukkan pewarna pengujian mengikut spesifikasi yang betul. Sila rujuk spesifikasi pengeluar.
	c.	Tanggalkan penyambungan skru alat penyembur pewarna yang telah digunakan. Tutup injap servis dengan menggunakan kain. Bersihkan sisa pewarna yang tertinggal dan tanggalkan hos.
		
2.	a.	Hidupkan unit 5-10 minit untuk menggerakkan pewarna.
	b.	Gunakan lampu UV dan cermin mata UV bagi mengesan kebocoran.
		

Mengeskan Kebocoran daripada Kotoran Minyak

Juruteknik penyelenggaraan yang terlatih boleh mengenal pasti kebocoran yang teruk pada sistem RAC melalui tompokan kotoran minyak pada peralatan yang disebabkan oleh kebocoran minyak pelincir refrigeran.

Mengeskan Kebocoran dengan Menggunakan *Electronic Leak Detector*

Electronic leak detector mengandungi elemen sensitif terhadap bahan kimia tertentu di dalam refrigeran. Alat ini menggunakan bateri atau kuasa elektrik dan mempunyai pam untuk menyedut campuran gas dan udara. Isyarat bunyi "berdetik" dan/atau lampu pancar kelihatan apabila bertambahnya kekerapan dan refrigeran yang sedang dianalisis oleh penderia dalam sesuatu kawasan. Keadaan ini boleh membantu juruteknik untuk mencari lokasi kebocoran.

Banyak peralatan pengesan refrigeran mempunyai pelbagai julat sensitif yang boleh dilaraskan. Pengesan refrigeran yang moden mempunyai suis pemilih bagi setiap jenis refrigeran yang ingin dikesan, contohnya HCFC, HFC dan HC. Apabila menggunakan pengesan refrigeran jenis elektronik di dalam bengkel, pastikan ada pengudaraan yang sempurna kerana ia boleh memberikan isyarat yang salah sekiranya terdapat refrigeran lain di persekitarannya.

Prosedur Operasi Tetap untuk *Electronic Leak Detector*

- Tekan butang **ON/OFF**. Tunggu selama 30 saat bagi tujuan kalibrasi, dan seterusnya laraskan had sensitif pada kedudukan tinggi untuk permulaan.
- Gunakan kaedah pemeriksaan berulang untuk mengesan tempat kebocoran biasa berlaku di penyambungan pada paip refrigeran.
 - Pegang *electronic leak detector* pada satu tangan. Tangan yang sebelah lagi membawa hujung pengesan dalam jarak 3/8 inci daripada laluan refrigeran.
 - Gerakkan hujung pengesan melalui paip refrigeran pada kadar yang tidak melebihi 3 inci/saat.
 - Apabila pengesan menunjukkan perubahan pada kepekatan kandungan udara/refrigeran, tandakan bahagian tersebut, dan teruskan laluan sehingga melepasi kawasan yang berpotensi untuk bocor.
 - Gerakkan hujung *electronic leak detector* ke belakang dan melepasi kawasan yang telah ditandakan bocor. Apabila isyarat kebocoran berbunyi hampir pada kawasan permulaan, buat tandaan semula. Kebocoran mungkin terletak pada pertengahan di antara dua tempat yang telah ditanda tadi.

NOTA: Sekiranya hujung pengesan dihalakan pada tempat yang berkemungkinan telah berlaku kebocoran refrigeran pada masa lebih daripada 5 saat, alat pengesan tidak akan dapat mengesan perubahan.

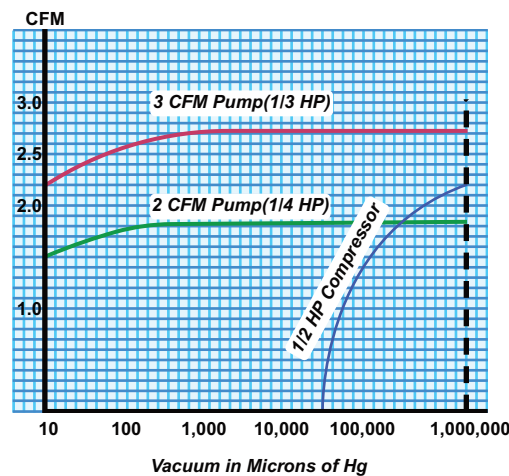
Operasi ini mungkin berbeza bergantung kepada spesifikasi pengeluar.

AMARAN: *Electronic leak detector* yang dilengkapi dengan pengesan haba tidak sesuai digunakan untuk refrigeran jenis HC kerana ia boleh menyebabkan letupan.

7.5.9 Vakum

Kehadiran lembapan di dalam sistem RAC ialah berbentuk titisan-titisan kecil lembapan atau air. Ia hanya boleh dikeluarkan dengan kaedah didihan melalui pemanasan ataupun vakum secara mendalam. Antara kaedah yang praktikal adalah dengan memberikan tekanan kepada sistem untuk proses vakum pada kedalaman had didih air (had didih air pada 25 °C pada kedalaman vakum 1 inHg atau 25,000 mikron). Untuk memastikan kadar didihan air yang cepat, nilai vakum yang perlu dicapai ialah sekurang-kurangnya 500 mikron.

Reciprocating compressor menghasilkan kedalaman vakum pada 76,000 mikron. *Vacuum pump* satu peringkat jenis *rotary* biasa digunakan untuk mencapai nilai 76,000 mikron. Oleh itu, *vacuum pump* dua peringkat perlu digunakan bagi mencapai had 100 hingga 200 mikron, khususnya untuk refrigeran seperti HFC dan HC. Langkah ini adalah bagi memastikan kandungan lembapan dan wap air di dalam sistem dididihkan dengan sempurna.



Rajah 7.30: Perbandingan Vacuum Pump dengan Pemampat Biasa

Peralatan Untuk Vakum

- Bagi sistem yang menggunakan HFC, keperluan untuk menggunakan *vacuum pump* dua peringkat adalah kerana lembapan yang wujud boleh menyebabkan berlakunya *sludge* dan tersumbat di bahagian tiub kapilari.
- Vacuum pump* dua peringkat direka bentuk untuk menghasilkan keupayaan vakum pada kedalaman 100 mikron dengan bantuan minyak pelincir yang berkualiti.

7.5.10 Pengukuran/Menahan Vakum

- Disyorkan untuk menggunakan tolok mikron yang boleh membaca 1-9999 mikron (biasanya *vacuum gauge* jenis *thermocouple*).
- Pada had vakum yang lebih rendah daripada 500 mikron, pam vakum perlu diasingkan untuk memeriksa kenaikan bacaan vakum di dalam sistem dan memastikan bacaan vakum yang sebenar di dalam sistem.
- Bacaan vakum yang meningkat terlalu cepat dan melampaui 1,000 mikron bermakna terdapat kebocoran di dalam sistem. Jika ia naik perlahan-lahan dan stabil pada nilai tertentu dalam 5-10 minit, ia bermakna kelembapan masih ada.

- Ulangi langkah (b) dan (c). Bacaan nilai vakum yang stabil adalah pada nilai yang lebih rendah daripada 1,000 mikron. Semakin rendah aras vakum, semakin berkualiti hasilnya.

7.5.11 Mengecas Refrigeran

Prestasi sistem RAC boleh dinilai melalui keupayaan penyejukan, dan penggunaan tenaga boleh dioptimumkan dengan mengecas sistem pada kadar yang dicadangkan oleh pengeluar. Ia boleh diperoleh pada manual pengguna atau label pengeluar. Kadar penggunaan tenaga (kWh) akan meningkat dengan ketara sekiranya terlebih atau terkurang cas refrigeran daripada cas yang dicadangkan oleh pengeluar.

Oleh itu, selepas membaik pulih atau menyelenggara sistem RAC, juruteknik hendaklah mengecas refrigeran ke dalam sistem pada kadar yang sama seperti yang disyorkan oleh pengeluar. Kaedah yang terbaik untuk mengecas sistem dengan tepat adalah dengan menggunakan kaedah berat iaitu dengan menggunakan alat penimbang yang tepat. Di samping itu, mengecas dengan isi padu tangki boleh juga digunakan untuk mengetahui jumlah refrigeran dengan tepat.

7.5.12 Pencemaran dan Pencemaran Bersilang

Pencemaran: Refrigeran di dalam sistem boleh tercemar dan bercampur dengan bendasing seperti lembapan, gas tidak terperuwap, sisa-sisa kimia, habuk dan kotoran.

Pencemaran bersilang: Pencemaran pada sistem yang disebabkan oleh pengendalian yang tidak betul semasa penyelenggaraan. Contohnya seperti menggunakan *recovery cylinder* yang digunakan untuk mengecas semula refrigeran yang berbeza. Tindakan ini boleh menjejaskan prestasi peralatan.

Kemungkinan Berlakunya Pencemaran Bersilang pada Refrigeran

- Pencemaran bersilang biasanya berlaku di mesin perolehan pada *filter drier* kerana *filter drier* pada *recovery machine* dan kitar semula digunakan lebih daripada satu jenis refrigeran.
 - Tidak mengosongkan hos dan sambungan sehingga 1,000 mikron sebelum kerja-kerja penyelenggaraan atau perolehan dilakukan.
 - Disyorkan menggunakan penapis pengering yang berlainan bagi setiap jenis refrigeran yang berbeza.
- Recovery cylinder* ialah satu lagi alat yang berpotensi untuk berlakunya pencemaran. Silinder yang berlainan untuk setiap jenis refrigeran adalah amat penting.
- Mengeluarkan sisa refrigeran dengan menggunakan pam vakum mengikut kedalaman vakum yang telah ditetapkan.

7.6 PENGURUSAN PENYELENGGARAAN

Amalan baik dalam mereka bentuk dan menyusun atur unit sebelum pemasangan adalah penting untuk menentukan kecekapan dan kebolehpercayaan sistem. Susun atur unit yang baik boleh meningkatkan kecekapan sistem dan mengurangkan kos penyelenggaraan. Penyelenggaraan yang kerap atau berkala disarankan untuk semua pengendali sistem RAC bagi mengekalkan prestasi dan penggunaan tenaga yang terbaik.

7.7 KESAN SEKIRANYA TIADA PENYELENGGARAAN SISTEM

Sistem yang tidak diselenggara dengan kerap boleh menyebabkan banyak masalah. Sebagai contoh, sekiranya *condensor unit* tidak dibersihkan dengan kerap, habuk yang terkumpul pada gegelung *condensation* akan menyebabkan sistem beroperasi pada arus yang tinggi dan seterusnya menyebabkan penggunaan tenaga yang tinggi. Pembersihan *condensor unit* akan membantu mengurangkan kos operasi dan meningkatkan kecekapan sistem.

7.8 PERANAN DAN TANGGUNGJAWAB MAJIKAN/JURUTEKNIK

Majikan dan juruteknik perlu memainkan peranan dalam mematuhi keperluan perundangan dan seterusnya mengurangkan pelepasan refrigeran ke alam sekitar.

Tanggungjawab majikan termasuk:

- Majikan termasuk pemilik bangunan hendaklah memastikan semua juruteknik bertauliah sebelum mereka melakukan apa-apa aktiviti penyelenggaraan.
- Majikan menekankan aspek alam sekitar dalam program latihan pekerja bagi meningkatkan kesedaran mengenai alam sekitar di dalam organisasi tersebut.
- Majikan hendaklah menjalankan latihan dalaman secara berkala kepada juruteknik penyelenggaraan bagi meningkatkan lagi kemahiran mereka.

Tanggungjawab juruteknik servis termasuk:

- Juruteknik penyelenggaraan perlu ditauliahkan sebelum mereka menjalankan sebarang aktiviti penyelenggara untuk memastikan mereka mempraktikkan amalan baik dan memahami kepentingan penggunaan peralatan yang betul.
- Juruteknik penyelenggaraan harus memahami kesan-kesan alam sekitar semasa menjalankan aktiviti servis bagi memastikan pembebasan refrigeran adalah minimum.
- Juruteknik penyelenggaraan seharusnya boleh memberikan khidmat nasihat kepada pelanggan mengenai kesan penggunaan alat penyaman udara kepada alam sekitar.

7.9 MENANGANI ADUAN

Seorang juruteknik yang baik harus menghormati dan mendengar keperluan pelanggan atau pertanyaan. Berikut ialah amalan-amalan baik untuk juruteknik yang berwibawa dan profesional dalam berurusan dengan pelanggan mereka:

- Pelanggan tidak selalunya betul, tetapi ia bernilai untuk membiarkan mereka berasa begitu.
- Aduan ialah normal. Oleh itu, tidak salah semasa mengendalikan aduan pelanggan.
- Aduan datang dalam pelbagai cara, daripada kualiti peralatan kepada gaya aplikasi pengguna.
- Jangan berdebat dengan pelanggan. Sentiasa tunjukkan profesionalisme anda.
- Sentiasa biarkan pelanggan berasa bahawa aduan mereka diambil serius. Pastikan mereka mendapat maklumat dan mengelakkan sebarang kelewatan dalam kerja tanpa sebab.

- Menjadi juruteknik yang bertanggungjawab. Sentiasa memberikan perkhidmatan berkualiti yang terbaik dan jujur.

7.10 PELABURAN TERBAIK: LATIHAN

Juruteknik penyelenggaraan digalakkan untuk mengikuti kursus latihan dengan kerap bagi melengkapkan diri dengan pengetahuan berkenaan teknologi terkini dan amalan penyelenggaraan yang baik. Pengetahuan tersebut memberikan kelebihan kepada mereka dalam menjalankan kerja seharian, terutamanya dari sudut keselamatan dan kesihatan kerja. Juruteknik juga boleh menyumbang dalam memelihara alam sekitar terutamanya perubahan iklim. **Rajah 7.31** menunjukkan contoh latihan yang dijalankan kepada juruteknik penyelenggaraan.



Rajah 7.31: Latihan kepada Juruteknik Penyelenggaraan

BAB

08

**ALAT PENGESAN REFRIGERAN
(REFRIGERANT IDENTIFIER - RI)**

KANDUNGAN

8.1	PENGENALAN	149
8.2	KESAN PENCEMARAN REFRIGERAN	149
	8.2.1 Kes Rujukan Pertama di Vietnam	149
	8.2.2 Kes di Amerika Utara	149
	8.2.3 Kes di Amerika Selatan	150
8.3	SILINDER REFRIGERAN TIRUAN	150
8.4	KAEDAH MENGESAN REFRIGERAN YANG TERCEMAR	151
8.5	<i>REFRIGERANT IDENTIFIER (RI)</i>	151
	8.5.1 Komponen Pengesan Inframerah	151
	8.5.2 Langkah Keselamatan semasa Mengendali RI	152
	8.5.3 Prosedur Operasi Tetap Pengendalian RI	152

BAB 8

ALAT PENGESAN REFRIGERAN (REFRIGERANT IDENTIFIER - RI)

8.1 PENGENALAN

Pencemaran refrigeran berlaku sekiranya terdapat dua atau lebih refrigeran yang berbeza telah bercampur di dalam satu silinder atau di dalam satu sistem RAC. Keadaan ini memberikan kesan langsung terhadap prestasi sistem tersebut.

8.2 KESAN PENCEMARAN REFRIGERAN

Apabila refrigeran telah tercemar, ia akan beroperasi pada suhu dan tekanan yang berbeza daripada refrigeran yang asal. Keadaan ini boleh menyebabkan kerosakan pada sistem. Kapasiti penyejukan sistem akan berkurangan dan seterusnya menyebabkan pembaziran tenaga elektrik. Sekiranya sesuatu sistem itu dicemari oleh refrigeran mudah terbakar pada kepekatan yang tinggi, sistem tersebut mungkin boleh meletup.

8.2.1 Kes Rujukan Pertama di Vietnam

Kajian kes/berita: Refrigeran tiruan yang pertama telah berlaku yang melibatkan kemalangan di dua lokasi di Vietnam. **Rajah 8.1** menunjukkan keadaan mesin yang rosak teruk selepas berlaku letupan.

- Dua kes yang berbeza berlaku di Asia.
- Bencana letupan.



Rajah 8.1: Insiden yang Melibatkan Salah Guna daripada Refrigeran Tiruan

8.2.2 Kes di Amerika Utara

Jurutera mendapati gas refrigeran telah terbakar apabila bercampur dengan udara. Hasil kesimpulan mengesahkan di dalam keadaan ini disebabkan oleh logam *alkyl halide*.

- Jurutera tapak melaporkan gas (refrigeran) terbakar apabila bercampur dengan udara.
- Didapati logam *alkyl halide* sebagai punca kebakaran.
- Pengesahan melalui sampel yang berjaya dibawa ke makmal.

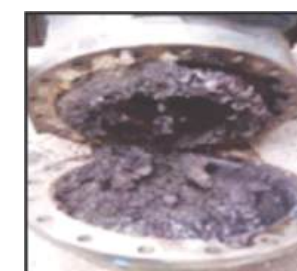


Rajah 8.2: Kes di Amerika Utara

8.2.3 Kes di Amerika Selatan

Berlaku bencana letupan semasa penyelenggaraan sistem RAC. *Sludge* telah dijumpai selepas letupan, dan sisa serbuk putih dengan asap alumina berada di sekitar tempat.

- Bencana letupan semasa membuat penyelenggaraan.
- Kerosakan yang hampir sama seperti yang berlaku di Asia.
- Sludge* dijumpai di kawasan letupan.
- Tiada tanda komponen aluminium.
- Serbuk putih, sisa asap alumina.



Rajah 8.3: Kes di Amerika Selatan

8.3 SILINDER REFRIGERAN TIRUAN

Rajah 8.4 menunjukkan beberapa contoh silinder refrigeran yang telah tercemar. Ia boleh dikenal pasti melalui ujian verifikasi. Silinder tersebut biasanya akan dilabel dengan kod silinder yang normal bagi tujuan mengelirukan pengguna. Isi kandungan di dalam silinder biasanya telah bercampur dengan beberapa jenis bahan. Sekiranya refrigeran ini dicas ke dalam sistem, ia boleh merosakkan sistem dan mendatangkan bahaya yang di luar jangkaan.



Rajah 8.4: Silinder Refrigeran Tiruan

8.4 KAEDAH MENGESAN REFRIGERAN YANG TERCEMAR

BPO di dalam sesuatu refrigeran boleh dikenal pasti dengan pelbagai kaedah.

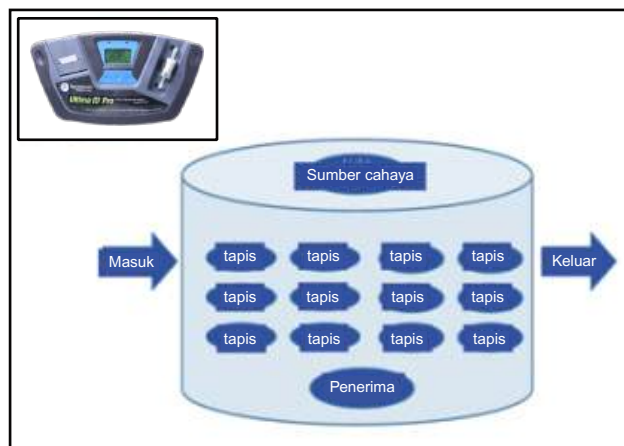
- Mengukur tekanan silinder dan suhu persekitaran, seterusnya membuat perbandingan dengan menggunakan *PT Chart*. Cara ini adalah amat efektif untuk mengenal pasti ketulenan dan BPO daripada komposisi tunggal seperti R-22.
- Menggunakan alat pengesan inframerah yang khusus atau penganalisis komponen inframerah digunakan dengan meluas untuk mengenal pasti pencemaran refrigeran khususnya di dalam industri automotif iaitu semasa pertukaran refrigeran CFC-12 kepada HFC-134a.
- Gas komatograf dan *spectrometer* jisim ialah instrumen di dalam makmal yang mempunyai ketepatan analisis yang tinggi.

8.5 REFRIGERANT IDENTIFIER (RI)

Alat RI merupakan alat mudah alih yang boleh mengenal pasti ketulenan refrigeran serta peratusan komposisi bahan tertentu di dalam refrigeran kumpulan CFC, HCFC, HFC, HC, HFO dan udara.

Mesin ini berupaya untuk mengesan bahan tunggal dengan teknologi inframerah. Setiap alat RI mempunyai empat penapis yang dikhaskan untuk mengenal pasti refrigeran-refrigeran tertentu. Panjang gelombang penapis adalah antara 2 dan 30 mikron yang boleh mengesan R-12, R-134a, R-22 dan HC.

Refrigeran dalam bentuk gas akan melalui sumber cahaya yang dipancarkan oleh panel inframerah. Cahaya ini terpancar melalui sampel gas, penapis dan kemudian ke atas tangki penerima. Dengan mengukur jumlah tenaga pada penerima, kelikatan setiap refrigeran yang diukur akan diterjemah dan dipamerkan.



Rajah 8.5: Refrigerant Identifier (RI)

8.5.1 Komponen Pengesan Inframerah

Untuk menangani masalah daripada refrigeran kumpulan BPO, alat RI yang baharu telah dibangunkan. Alat yang baharu ini berkongsi ciri-ciri fizikal serta operasi asas sama seperti teknologi inframerah bagi refrigeran tunggal. Perbezaannya ialah jumlah penapis yang ditambah daripada empat kepada dua belas, serta kegunaan setiap penapis yang dikhaskan untuk mengukur perbezaan komponen di dalam setiap sampel. Alat ini berupaya untuk mengesan sebanyak 25 jenis refrigeran dengan tepat (+/- 1% ketepatan).

Selain itu, alat ini mempunyai perisian yang boleh diakses dengan komputer peribadi pengguna. Terdapat pelbagai model alat RI tunggal (komposisi tunggal) atau pelbagai komposisi yang beroperasi dalam prinsip asas yang sama dengan cahaya inframerah. Teknologi pengesan pelbagai saluran penapis ini mempunyai keupayaan untuk mengenal pasti refrigeran jenis campuran (komposisi yang lebih daripada satu jenis).

8.5.2 Langkah Keselamatan semasa Mengendalikan RI

- Sentiasa memastikan sistem RAC tidak beroperasi sebelum menyambung instrumen ujian.
- Sentiasa memakai PPE apabila bekerja dengan refrigeran. Cecair refrigeran boleh menyebabkan *frost bite*.
- Sentiasa meletakkan alat RI di atas permukaan yang rata dan kukuh.
- Gunakan hos yang dibekalkan bersama instrumen yang ditetapkan oleh pengilang. Penggunaan hos jenis lain akan menyebabkan ralat pada bacaan dan merosakkan instrumen.



Rajah 8.6: Gunakan Hos yang Betul

- Pastikan sampel refrigeran yang hendak diuji tidak mengandungi minyak.
- Jangan uji sampel pada tekanan yang melebihi 300 psig.
- Jangan halang saluran masuk dan keluar udara semasa menjalankan operasi.

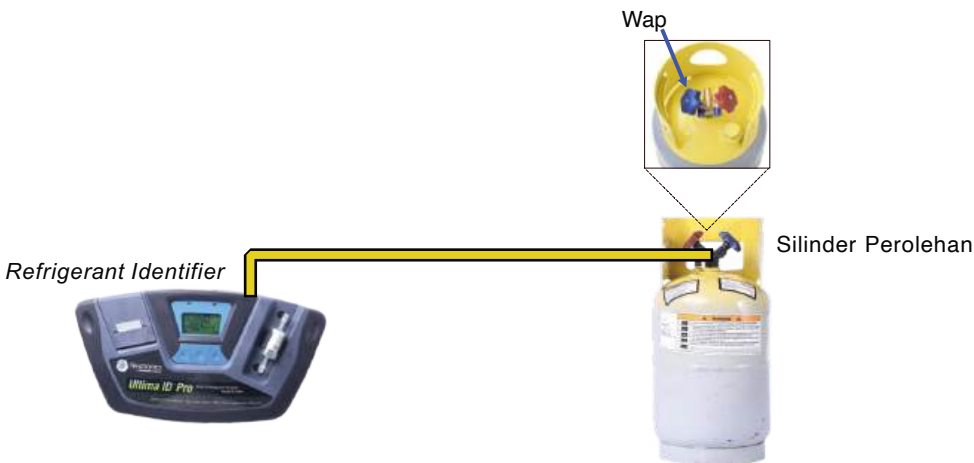


Rajah 8.7: Jangan Halang Saluran Udara Masuk dan Keluar

8.5.3 Prosedur Operasi Tetap Pengendalian RI

Berikut merupakan prosedur operasi tetap bagi pengendalian alat RI. Sebelum menjalankan sesuatu prosedur, juruteknik dinasihatkan untuk mematuhi semua langkah yang berikut.

Jadual 8.1: Prosedur Operasi Tetap Pengendalian RI

PROSES
Peralatan Perlindungan Diri (PPE)  Langkah-langkah keselamatan perlu dititikberatkan bagi melindungi juruteknik daripada kejadian yang tidak diingini semasa mengendalikan instrumen.
 Manual ini adalah untuk model ULTIMA ID PRO RI-700H. Juruteknik dinasihatkan supaya merujuk kepada operasi manual bagi model RI yang lain.
Konfigurasi Pensampelan Wap 

Dalam pensampelan wap, juruteknik perlu mengikuti langkah-langkah berikut:

Sebelum melakukan prosedur pensampelan, juruteknik perlu meneliti penapis sampel bagi kewujudan bintik merah.

Jika unsur putih menunjukkan bintik merah pada diameter luar, juruteknik perlu menggantikan penapis. Walau bagaimanapun, jika tiada bintik merah pada penapis, juruteknik boleh meneruskan prosedur pensampelan.

LANGKAH 1: BUKA PENUTUP INJAP

LANGKAH 2: SAMBUNG SERVIS FITTING KEPADA SILINDER PENYEJUK

LANGKAH 3: SAMBUNGAN HOS SAMPLE TEKANAN RENDAH KEPADA PENGHAD SAMPEL

LANGKAH 4: MENGHIDUPKAN INSTRUMEN RI

Tekan kekunci kiri butang POWER untuk menghidupkan instrumen.

LANGKAH 5: SAMBUNGAN HUJUNG HOS ALAT PENGANALISIS DENGAN PORT MASUK ALAT RI

LANGKAH 6: PENENTUKURAN UDARA (CABUTKAN / PUTUSKAN SAMBUNGAN SERVIS FITTING DARIPADA SILINDER PENYEJUK)

LANGKAH 7: PENENTUKURAN ALAT RI

Tekan C.A.L untuk menentukur instrumen. Proses penentukuran akan mengambil masa lebih kurang 130 saat.

LANGKAH 8: SAMBUNG SERVIS FITTING KEPADA SILINDER PENYEJUK

LANGKAH 9: BUKA INJAP WAP

LANGKAH 10: TEKAN BUTANG TEST

Tekan butang TEST untuk memulakan analisis bahan pendingin. Paparan skin akan muncul untuk menunjukkan proses analisis. Proses analisis akan mengambil masa lebih kurang 120 saat.

LANGKAH 11: HASIL PENSAMPELAN

LANGKAH 12: BUTIRAN ANALISIS TAMBAHAN

Juruteknik boleh menekan butang MORE untuk mendapatkan butiran analisis tambahan.

LANGKAH 13: PROSES CETAKAN

Dengan menekan butang PRINT, juruteknik mempunyai pilihan untuk mencetak keputusan analisis.

LANGKAH 14: MENYELESAIKAN ANALISIS

Setelah pencetakan selesai, tekan butang DONE untuk keluar ke skin utama.

LANGKAH 15: MEMATIKAN INSTRUMEN RI

Tekan butang LEFT untuk mematikan instrumen.

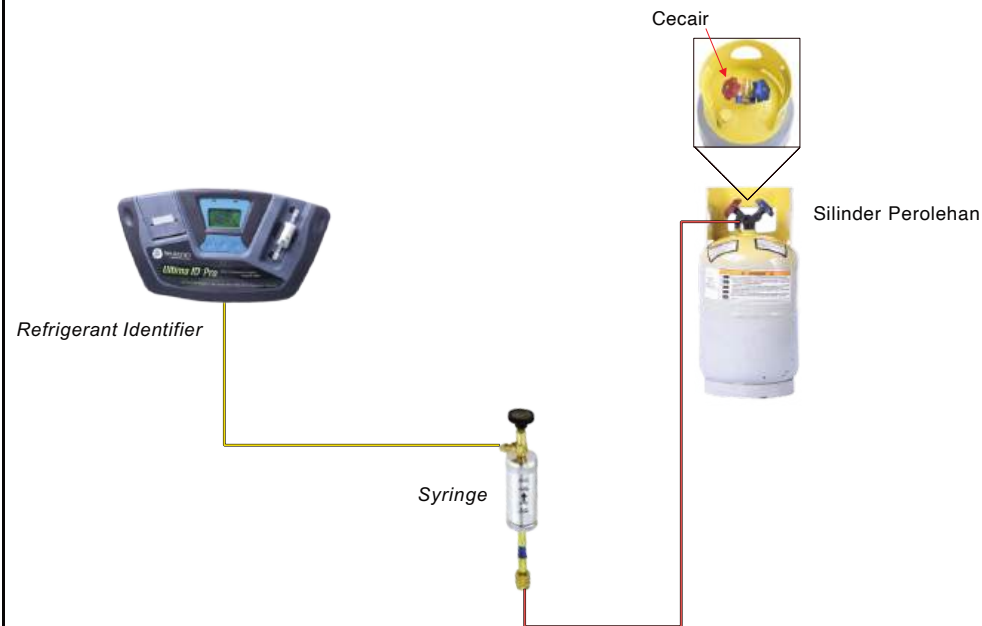
LANGKAH 16: TUTUP INJAP WAP

LANGKAH 17: TANGGALKAN SERVIS FITTING

LANGKAH 18: TANGGALKAN SAMBUNGAN DI ANTARA HOS

LANGKAH 19: TANGGALKAN HOS HUJUNG PENGANALISIS

LANGKAH 20: TUTUP PENUTUP INJAP

Konfigurasi Pensampelan Cecair

Dalam pensampelan cecair, juruteknik perlu mengikut langkah-langkah berikut:

Sebelum melakukan prosedur pensampelan, juruteknik perlu meneliti kewujudan bintik merah pada penapis sampel.

Jika unsur putih menunjukkan bintik merah pada diameter luar, juruteknik perlu menggantikan penapis. Walau bagaimanapun, jika tiada bintik merah pada penapis, juruteknik boleh meneruskan prosedur pensampelan

LANGKAH 1: BUKA TUDUNG INJAP**LANGKAH 2: SAMBUNG SERVIS *FITTING* KEPADA SILINDER PENYEJUK****LANGKAH 3: SAMBUNGAN PENGHAD SAMPEL KEPADA PASANGAN SAMPEL CECAIR BERTEKANAN TINGGI****LANGKAH 4: LEKAT PADA KEDUDUKAN MENEGAK****LANGKAH 5: SAMBUNGAN HOS CONTOH TEKANAN RENDAH KEPADA SAMPEL HOS****LANGKAH 6: HIDUPKAN INSTRUMEN RI**

Tekan kekunci kiri butang POWER untuk menghidupkan instrumen.

LANGKAH 7: SAMBUNGAN HUJUNG HOS ALAT PENGANALISIS DENGAN PORT MASUK ALAT RI**LANGKAH 8: PENENTUKURAN UDARA (CABUT/LERAIKAN SAMBUNGAN HOS SAMPEL TEKANAN RENDAH****LANGKAH 9: PENENTUKURAN ALAT RI**

Tekan C.A.L untuk menentukur instrumen. Proses penentukuran akan mengambil masa lebih kurang 130 saat.

LANGKAH 10: SAMBUNGAN HOS CONTOH TEKANAN RENDAH**LANGKAH 11: BUKA INJAP CECAIR****LANGKAH 12: TEKAN BUTANG TEST**

Tekan butang TEST untuk memulakan analisis bahan pendingin. Paparan skin akan muncul untuk menunjukkan proses analisis. Proses analisis akan mengambil masa lebih kurang 120 saat.

LANGKAH 13: HASIL PERSAMPELAN**LANGKAH 14: BUTIRAN ANALISIS TAMBAHAN**

Juruteknik boleh menekan butang MORE untuk mendapatkan butiran analisis tambahan.

LANGKAH 15: PROSES CETAKAN

Dengan menekan butang PRINT, juruteknik mempunyai pilihan untuk mencetak keputusan analisis.

LANGKAH 16: MENYELESAIKAN ANALISIS

Setelah pencetakan selesai, tekan butang DONE untuk keluar ke skrin utama.

LANGKAH 17: MATIKAN INSTRUMEN RI

Tekan butang LEFT untuk mematikan instrumen.

LANGKAH 18: TANGGALKAN SERVIS *FITTING***LANGKAH 19: CABUTKAN/TANGGALKAN/LERAIKAN SAMPEL HOS CONTOH LOGAM DARIPADA PASANGAN PERANGKAP SAMPEL CECAIR BERTEKANAN TINGGI****LANGKAH 20: CABUTKAN/TANGGALKAN/LERAIKAN SAMPEL HOS BERTEKANAN RENDAH****LANGKAH 21: CABUTKAN/TANGGALKAN/LERAIKAN HUJUNG HOS PENGANALISIS DARIPADA PORT MASUK ALAT RI****LANGKAH 22: CABUTKAN/TANGGALKAN/LERAIKAN PERANGKAP SAMPEL CECAIR BERTEKANAN TINGGI DARIPADA TANGKI****LANGKAH 23: TUTUP PENUTUP INJAP**

ANNEX

KANDUNGAN

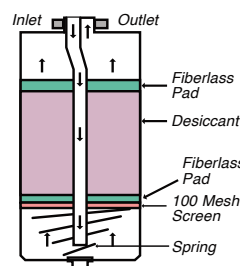
SENARAI ANNEX	159
Peralatan	
Kegunaan/Catatan	

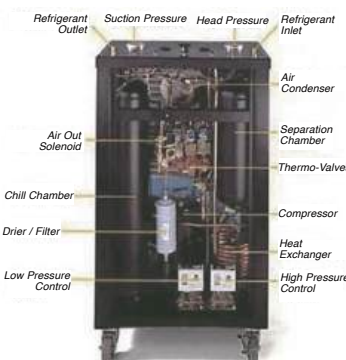
SENARAI ANNEX

Peralatan	Kegunaan / Catatan
Clamp-On Metre (Multifunction) 	<i>Clamp-On Metre</i> boleh mengukur rintangan pada 0-200k Ohm, voltan DC sehingga 1,000 V, voltan AC sehingga 750 V, arus AC 0-30 Ampere tanpa memutuskan litar atau mematikan bekalan elektrik bagi peralatan yang sedang beroperasi. Bacaan pada meter adalah jelas dan boleh ditetapkan dengan menggunakan butang fungsi bacaan (<i>peak hold</i>)(± 0.5).
Digital Thermometer 	Thermometer tersebut boleh mengesan suhu dalaman dan luaran pada -50 °C hingga 70 °C dan mempunyai <i>probe</i> yang panjang. <i>Probe</i> diletakkan di hadapan jeriji (<i>blade</i>) penyaman udara untuk mendapatkan bacaan suhu. Ia juga perlu dilengkapi dengan fungsi pertukaran bacaan suhu dalam Fahrenheit / Celsius.
Line Tester (500 V) 	<i>Line tester</i> atau penguji litar ialah peralatan yang bagus dan sesuai untuk menjalankan penyelenggaraan atau pemasangan.
Wire Stripper 	Sentiasa gunakan <i>wire stripper</i> untuk memotong penebat daripada wayar.
Ratchet Wrench 	Peralatan ini adalah penting dalam penyelenggaraan dan digunakan untuk mengubah kedudukan injap servis tiga kedudukan (kedudukan hadapan, pertengahan dan belakang).

Peralatan	Kegunaan / Catatan
Spark Lighter 	Digunakan untuk menyalakan <i>brazing torch</i> dengan selamat. Elak daripada menggunakan mancis atau pemetik api untuk mengelakkan kebakaran.
Pinch Off Pliers 	Bukaan antara rahang <i>pinching pliers</i> boleh dilaraskan dengan menggunakan skru pada hujung <i>pliers</i>. Posisi kelim boleh ditetapkan dengan mengetatkan nat pengunci yang disediakan. <i>Pinch-off pliers</i> adalah amat berguna dan mudah digunakan untuk mengepit pelbagai saiz tiub.
Piercing Pliers 	Salah satu alat yang paling berguna dalam kerja-kerja perolehan semula refrigeran. Walau bagaimanapun, alat ini tidak sesuai digunakan dalam proses vakum. Dilarang mengepit pada bahagian <i>braz</i> atau paip keluli lembut kerana ia boleh menyebabkan jarum rosak.
Tube Cutter 	<i>Tube cutter</i> biasanya digunakan untuk memotong tiub kuprum yang bersaiz kecil dan lembut. Tiub hendaklah dipotong dengan lurus dan bersudut 90 darjah untuk mengelakkan kejadian <i>flare</i> yang tidak sekata.
Reamer 	<i>Reamer</i> digunakan untuk membersihkan <i>burr</i> di bahagian dalaman dan luaran pada hujung potongan tiub dan tidak menjejaskan ketebalan tiub.

Peralatan	Kegunaan / Catatan
Capillary Tube Cutter 	Alat ini digunakan untuk memotong <i>capillary tube</i> tanpa menghasilkan gerigis. Ia boleh menjimatkan masa. Alat ini juga boleh digunakan untuk membuat potongan <i>taper</i> .
Tube Bender (Level Type) 	Disarankan untuk menggunakan <i>lever type tube bending</i> kerana ia menghasilkan bengkok yang tepat dan mengurangkan risiko tiub menjadi leper atau kemik.
Flaring Tool with Swaging Kit 	Terdapat pelbagai jenis <i>swaging tools</i> di pasaran. Juruteknik mestilah menggunakan alat ini dengan betul mengikut manual yang dibekalkan. <i>Swaging</i> dan <i>flaring</i> adalah penting bagi memastikan sambungan <i>brazing</i> yang dilakukan berkualiti.
Flaring Tool (Torque Type) 	<i>Flare blocks</i> yang baru telah direka khusus untuk menerima tekanan tinggi (dilengkapi dengan pelarasan daya kilas) bagi menghasilkan permukaan <i>flare</i> yang kemas dan licin. Sebagai contoh, R410A <i>flare blocks</i> mempunyai <i>clutch</i> untuk mengelakkan lebihan tegangan yang menyebabkan permukaan <i>flare</i> yang nipis.
Expander 	Alat ini digunakan untuk mengembangkan tiub tanpa memberikan kesan pada badan tiub.

Peralatan	Kegunaan / Catatan
Scrubber Cum Wire Brush 	Apabila <i>flux</i> digunakan untuk <i>brazing</i> , bahagian tersebut perlu dibersihkan dengan menggunakan <i>scrubber</i> atau <i>wire brush</i> .
Mesin Kitar Semula 	Mesin kitar semula boleh melakukan proses perolehan dan mengitar semula refrigeran bagi sistem yang tidak beroperasi. Ia juga dapat membantu membersihkan sistem RAC daripada kelembapan dan bendasing yang terkandung di dalam minyak. Mesin ini dilengkapi dengan penukar haba dan pemisah minyak yang mengasingkan minyak dan kotoran lain daripada refrigeran yang diperoleh daripada sistem RAC. Cecair ini kemudian ditapis, dikitar semula dan dikembalikan ke tangki silinder yang dipasang pada mesin. Mesin ini juga boleh menjalankan operasi tertentu dan ujian kebocoran pada sistem RAC. Penapis kitar semula hendaklah dipasang dalam sistem kitar semula untuk mengeluarkan asid, kelembapan dan zarah-zarah dari refrigeran. Penapis kitar semula hendaklah sentiasa ditukar mengikut cadangan pengeluaran dan tahap pencemaran refrigeran. Beberapa unit ini dinilai bagi kualiti dan prestasi kecekapan mengikut <i>Air-Conditioning and Refrigeration Institute - AHRI Standard 740</i>.
Filter Drier di Mesin Kitar Semula 	<i>Filter drier</i> mampu menyerap asid, kelembapan dan zarah-zarah daripada refrigeran yang ditapis. Penapis kitar semula hendaklah ditukar mengikut cadangan pengeluaran.

Peralatan	Kegunaan / Catatan
Mesin Pemuliharaan Mini 	Mesin pemuliharaan mini boleh menebus guna refrigeran seperti R-12, R-134a, R-401B, R-401A, R-409A, R-22, R-407C, R-410A, R-410B, R-411A, R-411B, R-502, R-404A, R-402A, R-402B, R-408A, R-500, R412A dan banyak lagi. Kapasiti penyimpanan refrigeran mesin pemuliharaan mini ialah 3 kg hingga 7 kg bergantung pada model. Secara umum, ia menebus guna kira-kira 3 lbs / 1.4 kg cecair seminit (input wap akan menjadi lebih kecil).
Combustible Electronic Leak Detector 	<i>Combustible leak detector</i> digunakan bagi mengesan kebocoran dan mengukur kepekatan refrigeran mudah terbakar di kawasan kerja bagi menjamin keselamatan pekerja.
Electronic Leak Detector 	<i>Electronic leak detector</i> boleh mengesan punca kebocoran dengan tepat dan cepat. Ia dilengkapi dengan penapis khas bagi mengelakkan pengesanan kebocoran yang tidak tepat. Ia mempunyai indikator audio/visual, sensitiviti sehingga 0.5 g / tahun, kemudahan sekatan dan set semula (<i>reset switch</i>). Pengesanan kebocoran adalah unik untuk setiap kumpulan refrigeran.
Sound Level Metre 	Bagi pengesanan tahap bunyi, alat tersebut mempunyai indikator amaran termasuk indikator bagi bateri rendah. <i>Sound level metre</i> ini sesuai digunakan untuk mengukur tahap bunyi persekitaran sekurang-kurangnya 12dB.

Peralatan	Kegunaan / Catatan								
Anemometer 	Digunakan untuk mengukur kelajuan udara. <i>Anemometer</i> asasnya mempunyai bilah kipas yang dipasang pada bahagian bulatan (<i>circular ring</i>). Ia amat berguna dalam pengiraan kadar alir udara, terutamanya dalam industri penyaman udara.								
Test Kit for Oil 	Kit pengujian yang terdiri daripada 1 botol yang direka untuk menunjukkan tindak balas kandungan asid daripada minyak pelincir jenis <i>polyol ester</i> (POE). Untuk membuat ujian, masukkan sampel ke dalam botol, goncang dan lihat perubahan warna cecair di dalam botol tersebut: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Warna Cecair</th><th>Keterangan</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ungu</td><td>Pelincir tersebut masih selamat untuk digunakan.</td></tr> <tr> <td>Jingga</td><td>Pelincir mengandungi sedikit asid.</td></tr> <tr> <td>Kuning</td><td>Pelincir tersebut perlu ditukar.</td></tr> </tbody> </table>	Warna Cecair	Keterangan	Ungu	Pelincir tersebut masih selamat untuk digunakan.	Jingga	Pelincir mengandungi sedikit asid.	Kuning	Pelincir tersebut perlu ditukar.
Warna Cecair	Keterangan								
Ungu	Pelincir tersebut masih selamat untuk digunakan.								
Jingga	Pelincir mengandungi sedikit asid.								
Kuning	Pelincir tersebut perlu ditukar.								
Test Kit for Oil 	Kerja-kerja ubah suai peralatan (<i>retrofitting</i>) memerlukan minyak pelincir berasaskan mineral diganti dengan minyak jenis <i>polyol ester</i> (POE). Oleh itu, kandungan minyak jenis mineral perlu dikurangkan kepada had yang sesuai bagi memastikan sistem boleh beroperasi dengan sempurna selepas proses <i>retrofit</i>. Kit ubah suai <i>retrofit</i> (RTK) merupakan kaedah mudah untuk mengenal pasti kandungan sisa minyak mineral di dalam satu sistem. Ia sesuai untuk digunakan di lapangan kerana ia berupaya menunjukkan tiga tahap kepekatan minyak mineral seperti yang berikut: - lebih daripada 5%; - antara 1%- 5%; dan - sama atau kurang daripada 1%								

GLOSARI

KANDUNGAN

SENARAI GLOSARI	167
Bahasa Melayu	
Bahasa Inggeris	

SENARAI GLOSARI

BAHASA MELAYU	BAHASA INGGERIS
Alat Pengesan Elektronik	Electronic Leak Detector
Alat Pengesan Refrigeran	Refrigerant Identifier (RI)
Bahan Pemusnah Ozon (BPO)	Ozone Depleting Substances (ODS)
Carta Suhu dan Tekanan	Pressure Temperature Chart (PT Chart)
Enap Cemar	Sludge
Injap Keselamatan	Charging Adapter/Safety Valve Adapter
Injap Pelega	Relief Valve
Injap Servis	Service Valve
Penguraian	Decomposition
Kaca Cerap	Sight Glass
Kemudahbakaran	Flammability
Luncuran Suhu	Temperature Glide
Mampatan	Compression
Mesin Perolehan	Recovery Machine
Pam Vakum	Vacuum Pump
Penapis Pengering	Filter Drier
Pengembangan	Expansion
Pengganti Secara Masukan Terus	Drop In
Pengubahsuaian	Retrofit
Penukaran	Conversion
Penyejatan	Evaporation
Pemampat	Compressor
Pembersihan dan Pencucian	Flushing

Pemeluwap	Condensor
Pemeluwapan	Condensation
Penimbang Pengecas Refrigeran	Refrigerant Charging Scale
Penyejat	Evaporator
Peranti Pemeteran	Metering Device
Potensi Pemanasan Global (GWP)	Global Warming Potential (GWP)
Salur Masuk	Inlet
Salur Keluar	Outlet
Silinder Perolehan	Recovery Cylinder
Tahap Vakum	Vacuum Hold
Tekanan Buih Embun	Bubble Point Pressure
Tekanan Titik Embun	Dew Point Pressure
Termometer Digital	Digital Thermometer
Tolok Manifold	Manifold Gauge
Tolok Mikron	Micron Gauge
Tolok Tekanan Rendah	Low Pressure Gauge
Tolok Tekanan Tinggi	High Pressure Gauge
Tolok Vakum	Vacuum Gauge
Unit Dalaman	Indoor Unit
Unit Luaran	Outdoor Unit
Ultraungu	Ultraviolet (UV)
Pam Haba	Heat Pump

PENGHARGAAN

AMRAN BIN ISMAIL

ILP KUALA LUMPUR

NAZRUL HISHAM BIN AB RAHMAN

*PANASONIC AIR CONDITIONING
MALAYSIA (PACMY)*

YUSRI BIN YUSOH

GIATMARA KEMAMAN

NG WEN BIN

UNIKL MFI

DAVID LIM SIOW WEI

DYNOTECH SOLUTION SDN BHD

NIK ISMADI BIN NIK SALLEH

IKM KUALA LUMPUR

CHE ZULKIFLI BIN CHE ESA

*DAIKIN MALAYSIA SALES
AND SERVICE SDN BHD (DMSS)*

MOHAMED FAUZI BIN ABDUL AZIZ

*JABATAN ALAM SEKITAR NEGERI
SELANGOR*

**SHARIFFAH SYAHIDAH BINTI
S AMIR**

ADTEC SHAH ALAM

**MOHAMAD FAIRUZ BIN MOHAMAD
BAKROR**

IKTBN DUSUN TUA

SEKSYEN PERLINDUNGAN OZON (JABATAN ALAM SEKITAR)

HJ. SHAFE'EE BIN YASIN, D.S.M

RYAN OOI CHEAN WEAI

AMY CHARLENE WONG

WAN ASRIZU BIN WAN ABDUL RASHID

ASMIZAR BIN AHMAD @ AHMAD KUSHAIRI

MOHD AZALI BIN MOHAMED

SITI KHAIRANI BINTI ABDULLAH

RINA ARNIDA BINTI AHMAD

NUR FATIHAH BINTI MOHAMAD ZAINOL