

STANDARD OPERATING PROCEDURE (SOP) RETROFITTING R-22 PADA AC SPLIT MENGUNAKAN REFRIGERAN HIDROKARBON

Oleh : Dr.Ir.Dipl.Ing.Berkah Fajar TK
Saepudin, ST

Sodikin, Amd

*Badan
Pengelola
Training
Center
Universitas
Diponegoro
2015*

STANDARD OPERATING PROCEDURE (SOP) RETROFITTING R-22 PADA AC SPLIT MENGGUNAKAN REFRIGERAN HIDROKARBON

1. Pengertian *Retrofitting* AC Split

Berdasarkan peraturan menteri lingkungan hidup nomor 2 tahun 2007, retrofit diartikan proses penggantian jenis refrigeran suatu sistem pendingin kompresi uap yang diikuti dengan penyesuaian-penyesuaian dan atau penyetelan sistem yang diperlukan.

Retrofitting AC Split dapat diartikan sebagai suatu proses penggantian / substitusi bahan pendingin yang digunakan oleh mesin pendingin AC Split dalam hal ini adalah refrigeran sintetis yang bersifat ODS seperti refrigeran HCFC (R-22) dengan refrigeran hidrokarbon yang ramah lingkungan dengan berlandaskan regulasi yang berlaku, serta mempertimbangkan aspek teknisnya.



Gambar1 HC sebagai pengganti R-22.

Proses *retrofitting* yang dilakukan oleh teknisi perusahaan / bengkel tentunya haruslah sesuai dengan *Standard Operating Procedure* (SOP) yang tepat. Oleh sebab itu SOP *retrofitting* ini menjadi wajib diketahui oleh para teknisi, serta SOP yang dijadikan referensi tersebut harus baik dan sesuai dengan kerangka kerja yang ditunjukkan oleh Gambar2.



Gambar2 Framework panduan untuk pembuatan SOP.

SOP *retrofitting* ini jika dilakukan prosesnya pada mesin AC dengan tanpa mengurangi kinerja dari mesin pendingin tersebut dan tanpa memodifikasi peralatan yang signifikan serta memastikan peralatan mampu beroperasi sampai akhir *life time*(umur) yang telah ditentukan dari pihak produsen.

Sebelum mensubstitusi refrigeran yang bersifat merusak lingkungan menjadi refrigeran hidrokarbon (refrigerant yang ramah lingkungan), haruslah kita mengetahui jenis AC apa saja yang direkomendasikan untuk dapat dilakukan *retrofitting*. Untuk itu, pada Tabel 1 diberikan data jenis AC yang direkomendasikan dapat dilakukan *retrofitting* menggunakan refrigerant HC.

Tabel 1 Jenis-jenis AC yang direkomendasikan dapat diretrofit [3]

<i>Sector</i>	Type AC	Type sistem pengontrol AC	Kesesuaian
AC domestik, dehumidifiers dan pompa kalor	<i>Portable units</i>	<i>Integral</i>	√√
	<i>Window units</i>	<i>Integral</i>	√√
	<i>Through-wall units</i>	<i>Integral</i>	√
	<i>Split units</i>	<i>Remote</i>	√√
AC komersial dan pompa kalor	<i>Split units</i>	<i>Remote</i>	√√
	<i>Multi-split/VRV</i>	<i>Distributed</i>	XX
	<i>Packaged ducted</i>	<i>Remote</i>	X
	<i>Central packaged</i>	<i>Remote</i>	XX
	<i>Positive displace chillers</i>	<i>Integral/Indirect</i>	√√
	<i>Centrifugal chillers</i>	<i>Integral/Indirect</i>	XX

Keterangan: √√sangat cocok, √ terkadang cocok, X tidak cocok, XX pasti tidak cocok.

2. Regulasi Pemerintah Berkaitan Dengan Proses Retrofit

Berdasarkan peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 2 tahun 2007, perusahaan/bengkel servis yang lingkup pekerjaannya mencakup pelaksanaan retrofit dan *recycle* refrigeran wajib memenuhi persyaratan:

- Mempunyai teknisi refrigerasi yang telah bersertifikat kompetensi yang masih berlaku dan dapat berkomunikasi dengan baik dalam bahasa Indonesia dan/atau bahasa setempat;
- Mempunyai *standard operational procedure* (SOP) dan sarana sesuai standar kerja bagi teknisi yang kompeten untuk menjamin pelaksanaan retrofit dan *recycle* sesuai dengan ketentuan yang berlaku;

- c. Melaksanakan pengawasan terhadap pelaksanaan retrofit dan *recycle* yang dilakukan oleh teknisi yang kompeten sesuai dengan SOP yang telah ditetapkan.

Sedangkan pelaksanaan retrofit wajib memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a. Proses pengosongan sistem dilakukan dengan mesin *recovery*;
- b. Tidak melepas refrigeran jenis CFC dan HCFC ke atmosfer;
- c. Tidak mengganti refrigeran non CFC dengan refrigeran CFC.

Kemudian setelah pelaksanaan retrofit, wajib dilakukan tindakan sebagai berikut:

- a. Pemberian label pada sistem refrigerasi yang memuat informasi sebagai berikut:
 - 1. Jenis refrigeran yang digunakan;
 - 2. Jumlah muatan refrigeran dalam sistem;
 - 3. Tanggal saat retrofit dilakukan;
 - 4. Nama perusahaan/bengkel servis yang melakukan retrofit.
- b. Pencatatan proses retrofit dalam buku *log* perusahaan/bengkel servis yang mencakup informasi sebagai berikut:
 - 1. Jenis dan jumlah refrigeran lama yang dikeluarkan dari sistem;
 - 2. Jenis dan jumlah refrigeran baru yang diisikan ke dalam sistem;
 - 3. Pengelolaan refrigeran lama yang dikeluarkan dari sistem;
 - 4. Tanggal saat retrofit dilakukan;
 - 5. Nama teknisi yang melakukan retrofit.

3. Landasan Standar Tindakan *Retrofitting* HCFC (R-22) Menjadi HC (R-290) Pada AC Split

Landasan SNI (Standar Nasional Indonesia) untuk tindakan *retrofitting* penggunaan HCFC menjadi HC pada AC Split adalah:

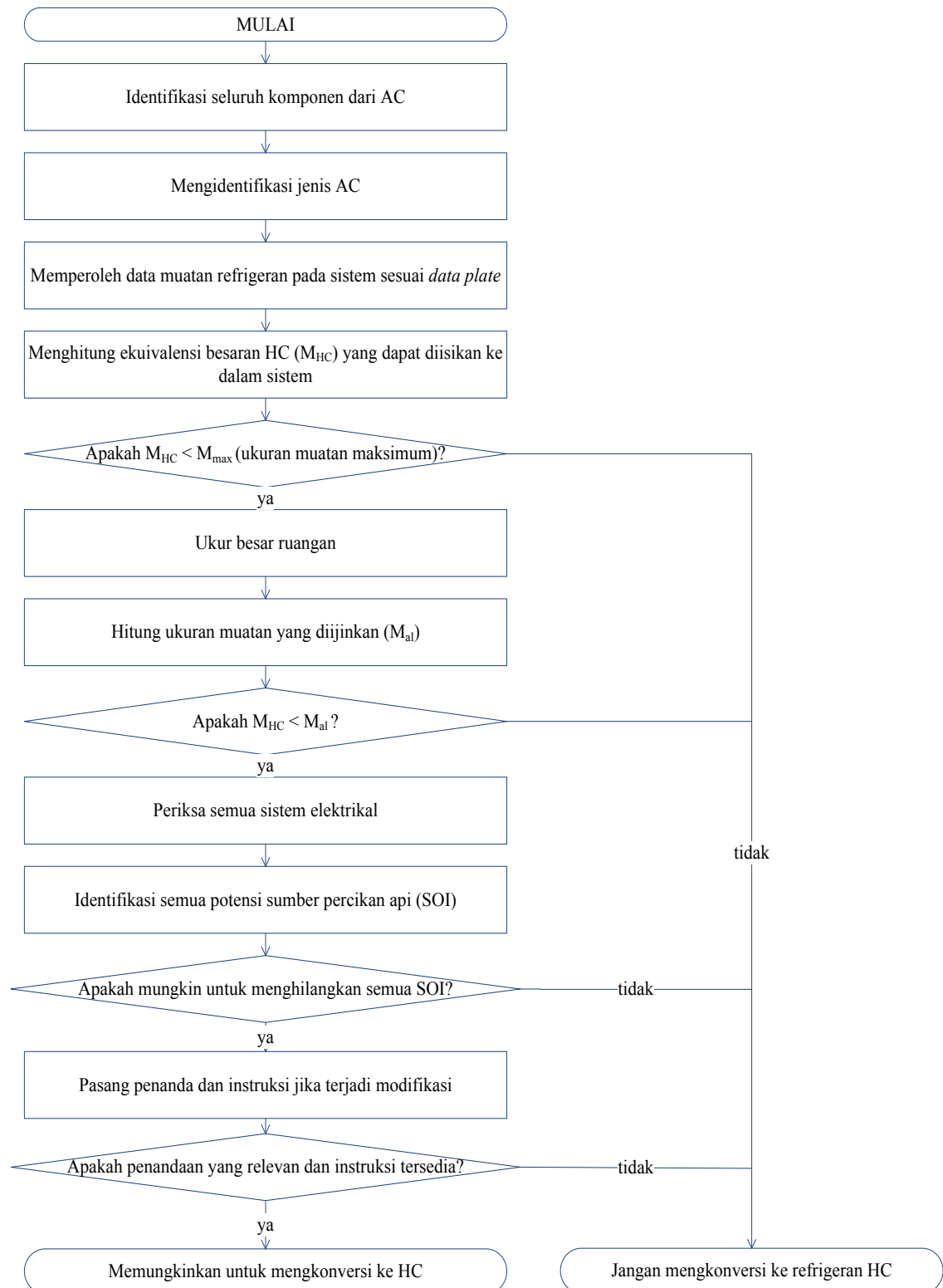
- a. SNI 06-6500-2000 mengenai refrigeran: Pemakaian pada instalasi tetap.
- b. SNI 06-6501.1-2000 mengenai refrigeran kelompok A3: Keamanan pengisian, penyimpanan, transportasi.
- c. SNI 7647 2010 mengenai refrigeran hidrokarbon.

Sedangkan standar internasional yang dapat dijadikan landasan tindakan *retrofitting* adalah: EN378-1 (eropa) dan IEC 60335-2-40.

4. Pengambilan Keputusan Untuk Meretrofit Menggunakan Refrigeran HC

Penjelasan Gambar 3 mengenai diagram pengambilan keputusan untuk meretrofit menggunakan refrigeran hidrokarbon adalah sebagai berikut:

- a. Mulai.
- b. Mengidentifikasi seluruh komponen dari AC. Apakah kondisi komponen-komponen sistem AC dalam kondisi baik, jika terdapat kerusakan maka harus diperbaiki terlebih dahulu dan memastikan bahwa komponen-komponen pada AC tersebut haruslah sesuai dengan spesifikasinya.
- c. Mengidentifikasi jenis AC, sebelum meretrofit AC dengan hidrokarbon pastikan bahwa jenis/tipe AC tersebut relevan menggunakan hidrokarbon seperti ditunjukkan pada Tabel 1.
- d. Memperoleh data muatan refrigeran pada sistem sesuai *name plate* pada sistem AC.
- e. Melakukan proses perhitungan besaran HC yang sesuai untuk diisikan kedalam sistem AC. Besaran HC dapat dihitung menggunakan persamaan 7 atau menggunakan kurva konversi HC seperti pada Gambar 10.
- f. Memastikan bahwa massa refrigeran hidrokarbon yang akan diisikan tidak melebihi masa maksimumnya.
- g. Mengukur besar ruangan yang dikondisikan.
- h. Menghitung ukuran muatan refrigeran HC yang diizinkan berada dalam ruangan dengan menggunakan kurva pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 3 Diagram alir pengambilan keputusan untuk meretrofit R-HC [8].

- i. Apakah besaran massa HC yang akan diisikan kedalam sistem AC refrigeran lebih kecil daripada ukuran muatan refrigeran HC yang diizinkan berada dalam ruangan. **Jika melebihi maka tindakan retrofitting jangan dilakukan.**
- j. Memeriksa semua sistem elektrikal dan mengganti yang kondisinya telah rusak dan usang.
- k. Mengidentifikasi seluruh sumber percikan api.
- l. Menghilangkan seluruh sumber percikan api jika memungkinkan, hal ini bertujuan untuk mencegah terjadi kebakaran bila terjadi kebakaran.
- m. Memasang penanda dan instruksi jika terjadi modifikasi pada komponen AC.
- n. Alat penanda, misal berupa *sticker* harus relevan dan mudah dimengerti serta tersedia sebelum meretrofit dengan HC. **Jika tidak tersedia maka tindakan retrofitting jangan dilakukan.**
- o. Jika seluruh pertimbangan pada poin a sampai dengan poin o telah dilakukan maka sistem siap untuk diretrofit dengan HC.

5. Refrigeran Hidrokarbon (R-290) Sebagai Pengganti Refrigeran HCFC (R-22)

Refrigeran hidrokarbon dapat dijadikan sebagai pengganti dari refrigeran HCFC (R-22). Refrigeran hidrokarbon memiliki nilai ODP nol dan nilai GWP yang sangat rendah, sedangkan untuk kompatibilitas refrigeran HC (merujuk pada Tabel 2) dan kelarutannya pada pelumas cukup baik.

Tabel 2 Kompatibilitas dan Kelarutan Refrigeran HC Terhadap Pelumas [5]

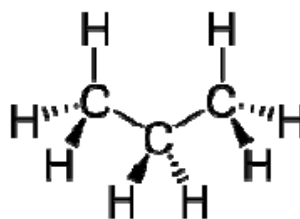
Pelumas	Kompatibilitas	Kelarutannya
<i>Mineral oil</i> (MO)	Baik	Tinggi
<i>Alkil benzene</i> (AB)	Baik	Medium
<i>Poly appha olefin</i> (PAO)	Baik	Tinggi
<i>Poyol ester</i> (POE)	Baik	Tinggi
<i>Poly alkylene glycol</i> (PAG)	Baik	Medium

Untuk kompatibilitas refrigeran HC terhadap material cukup baik dapat dilihat pada **lampiran**, sedangkan untuk mengetahui jenis refrigeran HC yang cocok untuk dapat dipersamakan terhadap refrigeran ODS dan refrigeran HFC dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Refrigeran HC yang sesuai untuk menggantikan refrigeran ODS dan Refrigeran HFC [5]

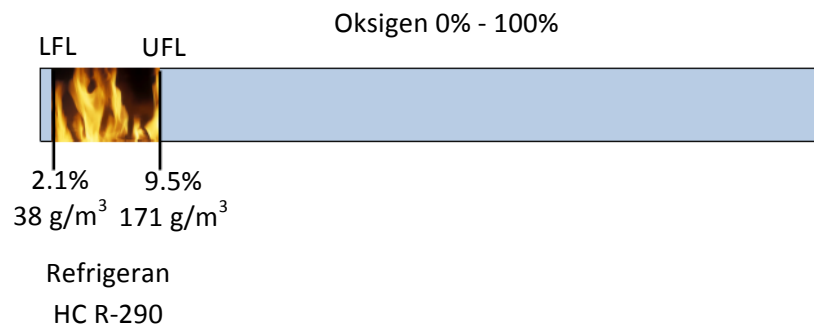
Refrigeran ODS	Refrigeran HFC	Refrigeran HC
-	-	R600a
R12	R134a	R436A, R436B, R290/R600a
R502	R404A, R507A	R290, R1270, R433A, R433B, R433C, R290/R170
R22	R407C	R290, R1270, R433A, R433B, R433C, R290/R170
-	R410A	-
R13, R503	R23	R170
R11, R123	R236ea, R236fa, R245fa	R601, R601a

Berdasarkan Tabel 3 disebutkan bahwa Refrigeran HC yaitu R-290 (propana) termasuk refrigeran yang dapat menggantikan penggunaan refrigeran R-22. R-290 memiliki struktur ikatan kimia seperti ditunjukkan pada Gambar4.

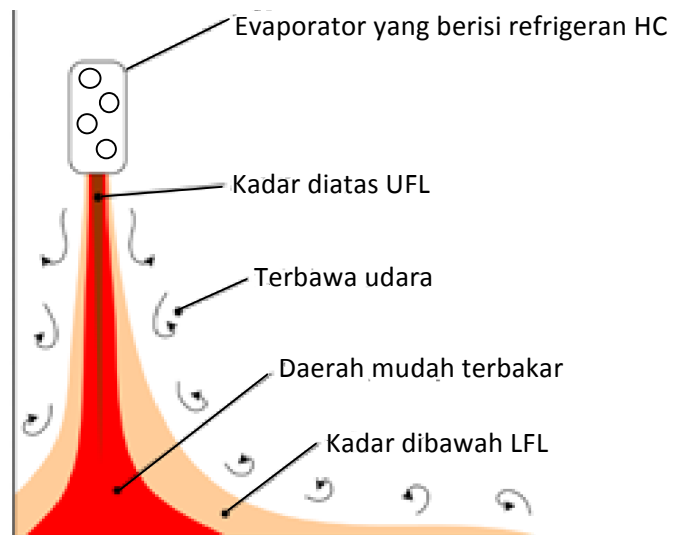


Gambar 4 Struktur ikatan kimia R-290 (propana) [1].

Refrigeran R-290 tidak mengandung racun tetapi memiliki tingkat mampu nyala yang tinggi sehingga mudah terbakar. Untuk terbakar R-290 memiliki batas minimum konsentrasi (LFL/Lower Flammable Limit) dalam udara yaitu 2.1% dan batas maksimumnya (UFL/Upper Flammable Limit) yaitu 9.5% dalam volume udara.



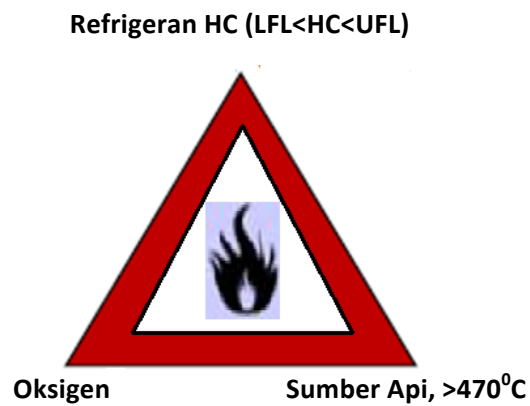
Gambar 5 LFL dan UFL refrigeran hidrokarbon R-290[1].



Gambar6 Ilustrasi *flammable region* jika terjadi kebocoran pada evaporator dalam ruangan [1].

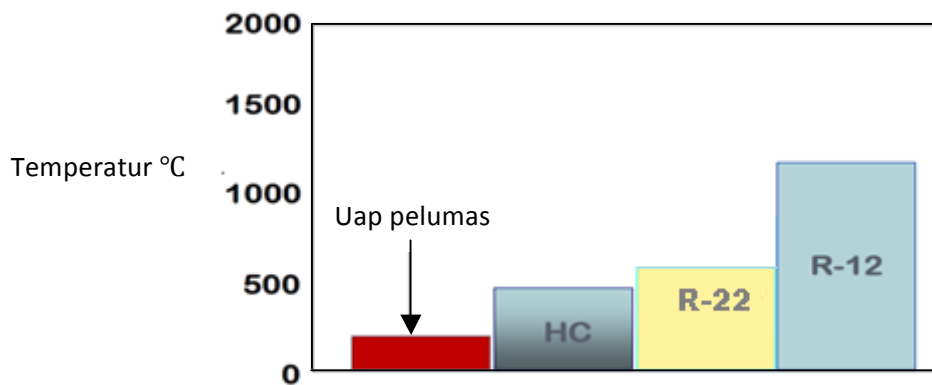
Selain konsentrasi refrigeran R-290 yang mencukupi untuk dapat terbakar juga dibutuhkan sumber api yang bertemperatur 470⁰C untuk dapat terbakar. Jika kita

hubungkan antara sumber api, refrigeran dan oksigen maka membentuk segitiga api seperti gambar 7.



Gambar 7 Segitiga api.

Perbandingan titik nyala refrigeran HC secara umum jika dibandingkan dengan pelumas dan refrigeran lain (R-22 dan R12) seperti ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 8 Perbandingan titik nyala HC, pelumas, R-22 dan R12.

Gambar 8 menginformasikan bahwa pelumas mempunyai titik nyala lebih rendah dibanding refrigeran lainnya. Refrigeran HC memiliki titik nyala yang tinggi tetapi tetap aman digunakan pada mesin AC asalkan instalasi sesuai dengan standar keamanan

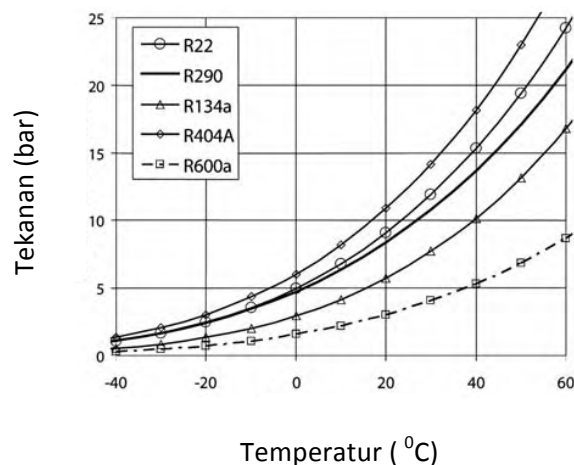
yang dianjurkan dan teknisi yang mengerjakan retrofit HC memiliki kompetensi yang memadai mengenai sistem AC dan teknik retrofitting.

Selain itu, refrigeran R-290 sebagai refrigeran pengganti pun haruslah memiliki sifat yang mendekati dengan refrigeran HCFC(R-22) yang akan diganti tersebut. Maka untuk mengetahui perbandingan dari sifat refrigeran R-290 dengan refrigeran R-22 disajikan pada Tabel 4.

Refrigeran	T, °C	P, MPa	Densitas cairan, kg/m ³	Panas Laten, kJ/kg	Cp cairan, kJ/kg.K	Viskositas cairan, Pa.s x 10 ⁻⁶	Konduktivitas termal cairan, W/m.K
R-22	0	0.4976	1285	205.4	1.170	236.0	0.100
R-290	0	0.4712	523	373.4	2.500	137.0	0.104

Tabel 4 Perbandingan Sifat Refrigeran HC R290 dengan R-22 [6]

Untuk mengetahui kurva tekanan jenuh – temperatur antara refrigeran HC jika dibandingkan dengan refrigeran lain ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Kurva tekanan jenuh – temperatur jenuh refrigeran HC dibandingkan dengan refrigeran lain [4].

Kurva tekanan jenuh – temperatur bertujuan untuk mempermudah mengetahui kedekatan karakteristik refrigeran, sehingga dapat dijadikan informasi untuk

menentukan pemilihan refrigeran HC yang cocok untuk disubstitusikan. Sebagai informasi tambahan mengenai sifat refrigeran R-290, seperti ditunjukkan pada Tabel 5 dan untuk mengetahui Tabel tekanan – temperatur R-290 terdapat pada **lampiran**.

Tabel 5 Sifat refrigeran R-290 [1]

Rumus Kimia	C ₃ H ₈
Titik cair (°C)	-188
Titik didih pada tekanan atmosfer (°C)	-42
Massa molekul (g.mol ⁻¹)	44.10
Temperatur kritis (°C)	96.8
Tekanan kritis (bar)	42

Kemudian petunjuk untuk pengisian kembali dengan menggunakan refrigeran HC pada mesin AC adalah banyaknya refrigeran yang akan diisi pada mesin pendingin tersebut. Untuk mengetahui jumlah yang sesuai dari refrigeran HC yang akan diisi dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$M_{HC} = M_{dp} \times CF \quad (7)$$

dimana: M_{HC} = massa refrigeran HC yang akan diisi

M_{dp} = massa refrigeran sesuai yang tertera pada *name plate* pada AC

CF = faktor konversi [6].

Tabel 6 Faktor Konversi Refrigeran HC [5]

Refrigeran ODS dan HCF	Refrigeran HC				
	R600a	R600a/R290 (50%/50%)	R290	R290/R170 (94%/6%)	R1270
CFC-12	(0,43) [†]	0,40	n/a	n/a	n/a
HFC-134a	(0,47) [†]	0,45	n/a	n/a	n/a
HFC-1234yf	(0,53) [†]	0,50	n/a	n/a	n/a
HCFC-22	n/a	n/a	0,42	0,41	0,42
HFC-407C	n/a	n/a	0,45	0,44	0,45
HFC-404A	n/a	n/a	0,51	0,50	0,52
HFC-507A	n/a	n/a	0,51	0,50	0,52
HFC-410A	n/a	n/a	(0,51) [†]	(0,50) [†]	(0,52) [†]

Keterangan: [†] : membutuhkan penggantian kompresor yang sesuai

n/a: refrigeran HC tidak cocok diaplikasikan pada sistem yang telah menggunakan *fluorinated refrigerant*.

Contoh 1: Menghitung kebutuhan refrigeran R-290 yang akan diisi ke dalam sistem AC dengan menggunakan rumus.

CSC-18J/D01141	
Pendingin Ruangan Tipe Split	
Daya: 1-fase a.c.	Frekuensi: 50Hz
Tegangan: 220V~	
Kapasitas pendinginan	Btu/h 18000
Input Daya	W 1760
Kebersihan (indoor-outdoor)	dB(A) 45/56
Kuantitas sirkulasi udara (indoor)	m ³ /h 850
Kompresor terkoneksi pada arus	A 41
Desain tekanan rendah	MPa 0.8
Desain tekanan tinggi	MPa 2.8
Tekanan operasi	MPa 2.4
Kuantitas pengisian refrigeran(R22)	kg 1.18
Level tahan air (outdoor)	IP24
Tipe Perlindungan terhadap kejutan listrik	Gal. 1
Tipe aplikasi untuk iklim	T1
No Produksi : Lihat pada kardus kemasan	
Tanggal : Lihat pada kardus kemasan	
Buatan Indonesia	

Berdasarkan *name plate* diperoleh:

$$M_{dp} = 1.18 \text{ kg}$$

Berdasarkan Tabel 6 R-22 terhadap R-290

$$CF = 0.42$$

Sehingga berdasarkan persamaan 7, maka

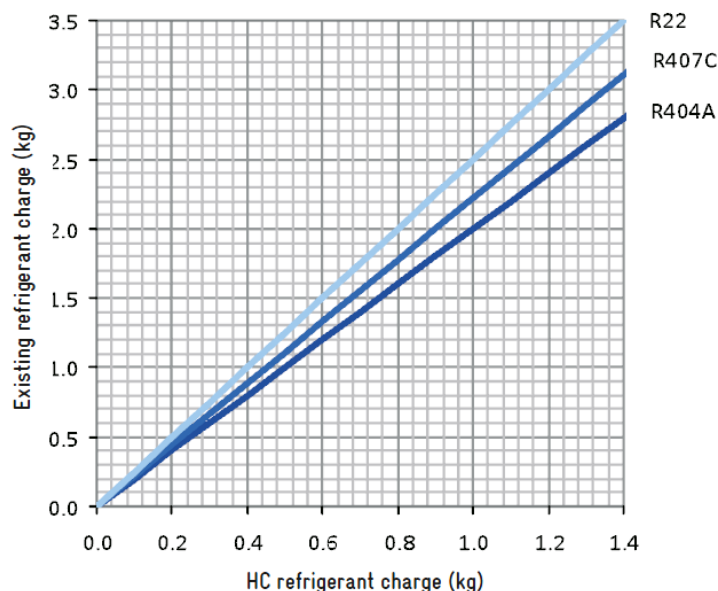
$$M_{HC} = M_{dp} \times CF$$

$$M_{HC} = 1.18 \times 0.42$$

$$M_{HC} = 0.4956 \text{ kg}$$

Gambar 10 name plate sebuah AC Split.

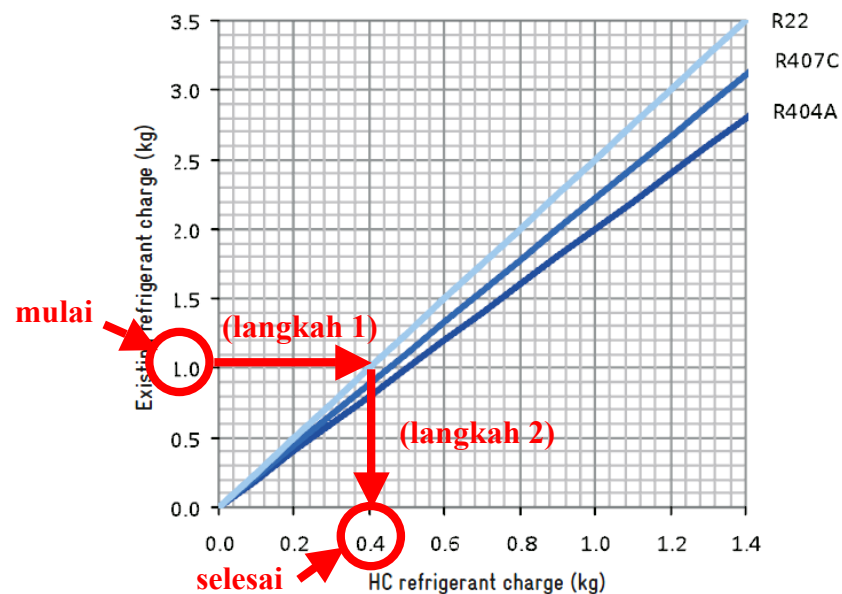
Selain menggunakan rumus, untuk mengetahui jumlah refrigeran HC yang dapat diisi ke dalam sistem, kita dapat pula menggunakan kurva konversi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Kurva konversi untuk menghitung ekuivalen jumlah pengisian HC [3].

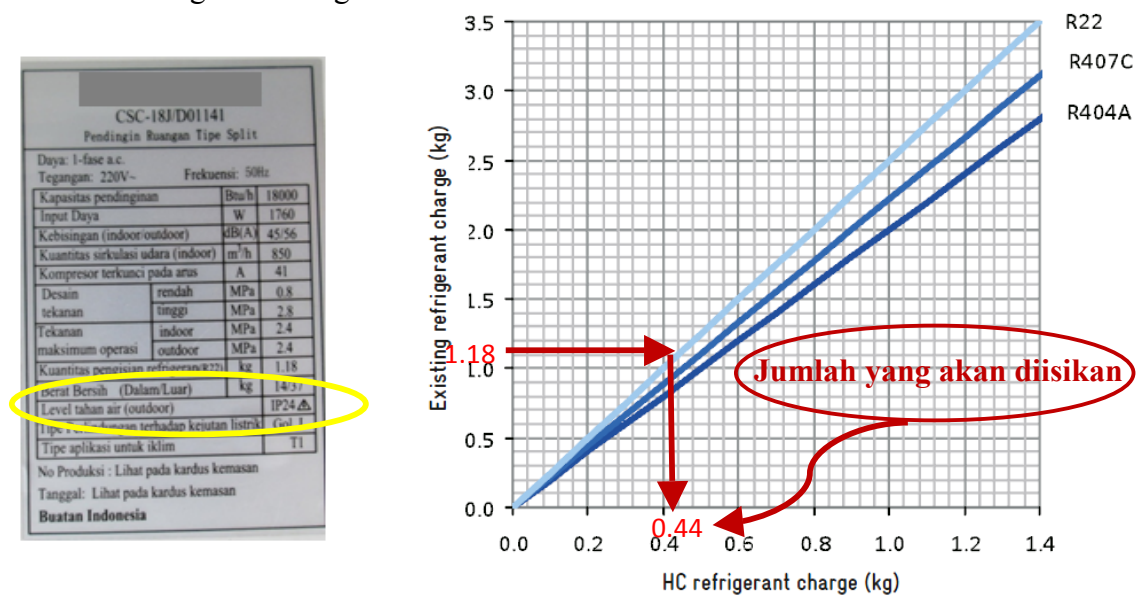
Cara menggunakan kurva konversi ini yaitu dengan menarik garis dari jumlah banyaknya refrigeran lama yang berada pada kiri kurva sampai menyentuh garis

refrigeran ODS yang lama tersebut (langkah 1), kemudian tarik garis tegak lurus kearah bawah sehingga mengetahui estimasi HC yang dibutuhkan untuk sistem tersebut (langkah 2).



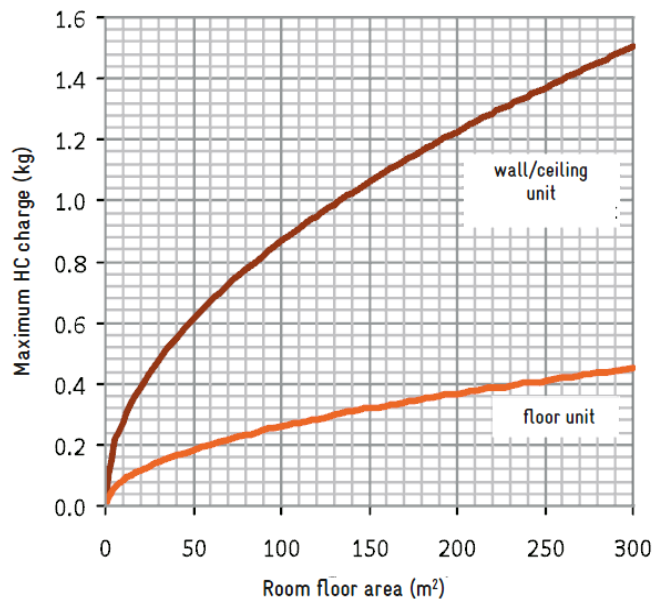
Gambar12 Cara menggunakan kurva konversi.

Contoh 2: Menghitung kebutuhan refrigeran R-290 yang akan diisi ke dalam sistem AC dengan sistem grafis.



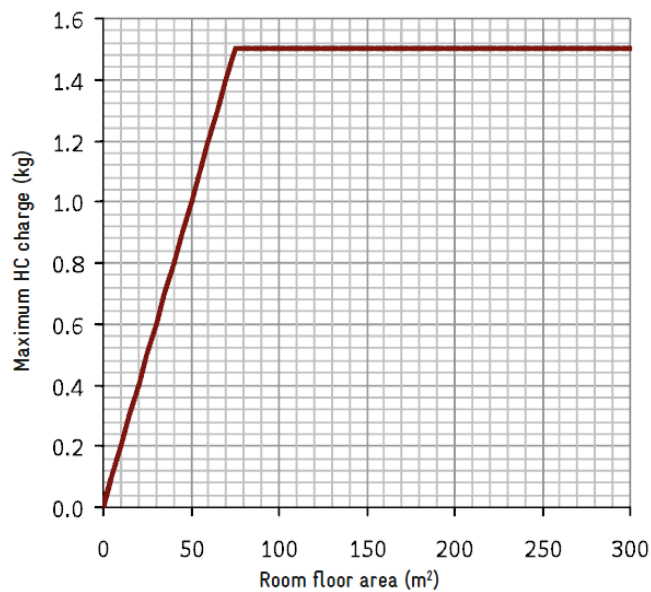
Gambar13 Contoh menghitung kebutuhan refrigeran R-290 dengan sistem grafis.

Informasi penting lainnya adalah sebelum kita mengisi refrigeran kedalam sistem dianjurkan untuk terlebih dahulu mengecek jumlah maksimum HC (M_{max}) dalam sistem yang diizinkan. Untuk mengetahuinya jumlah maksimum HC yang diizinkan berada dalam ruangan dapat ditentukan dengan menggunakan kurva yang ditunjukkan oleh Gambar14 dan Gambar15.



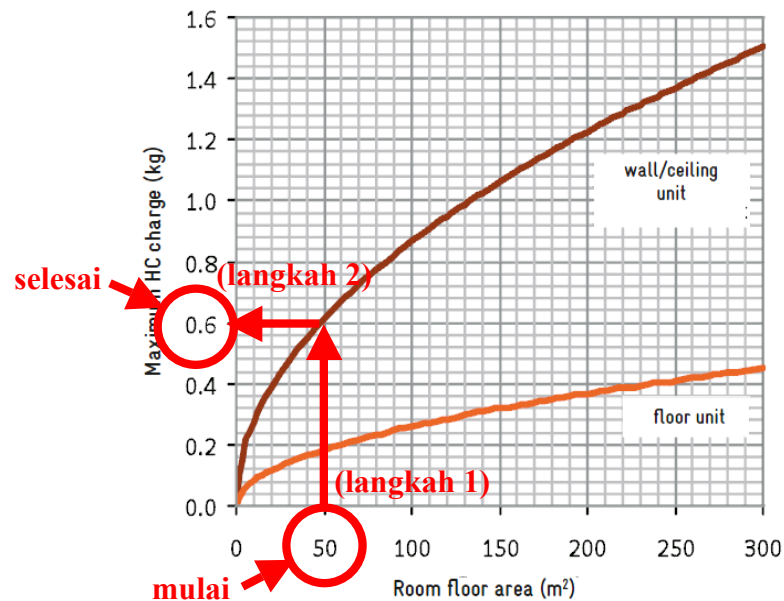
Gambar14 Kurva untuk menentukan jumlah HC yang diizinkan dalam ruangan yang digunakan [3].

Kurva pada Gambar 14 terdapat dua garis yaitu garis yang berwarna coklat dengan yang berwarna jingga, untuk garis yang berwarna coklat digunakan untuk menentukan jumlah maksimum HC untuk AC Split tipe *wall/ceiling* (*indoor* AC diletakkan didinding) yang diizinkan berada dalam ruangan, sedangkan untuk garis yang berwarna jingga digunakan untuk mengetahui jumlah maksimum HC dalam AC Split tipe *floor* (*indoor* unit AC yang diletakkan di lantai) yang diizinkan berada dalam ruangan.



Gambar15 Kurva untuk mentukan jumlah HC yang diizinkan dalam ruangan barang [3].

Kurva ini berfungsi sebagai salah satu faktor keamanan yang mengizinkan apakah sistem tersebut diperbolehkan menggunakan refrigeran HC. Cara menggunakan kurva tersebut berkebalikan dari penggunaan kurva konversi yaitu dimulai dengan menarik garis dari bawah (besaran luas bangunan) sampai menyentuh kurva jenis AC yang digunakan (langkah 1), kemudian tarik garis horisontal ke kiri, sehingga memotong subu vertikal. Cara ini untuk menentukan batas maksimum jumlah HC yang diizinkan dalam ruangan tersebut (langkah 2), seperti ditunjukkan pada Gambar16.



Gambar16 Cara menggunakan kurva untuk menentukan jumlah HC yang diizinkan.

6. Kriteria AC Split yang dapat diretrofit HC

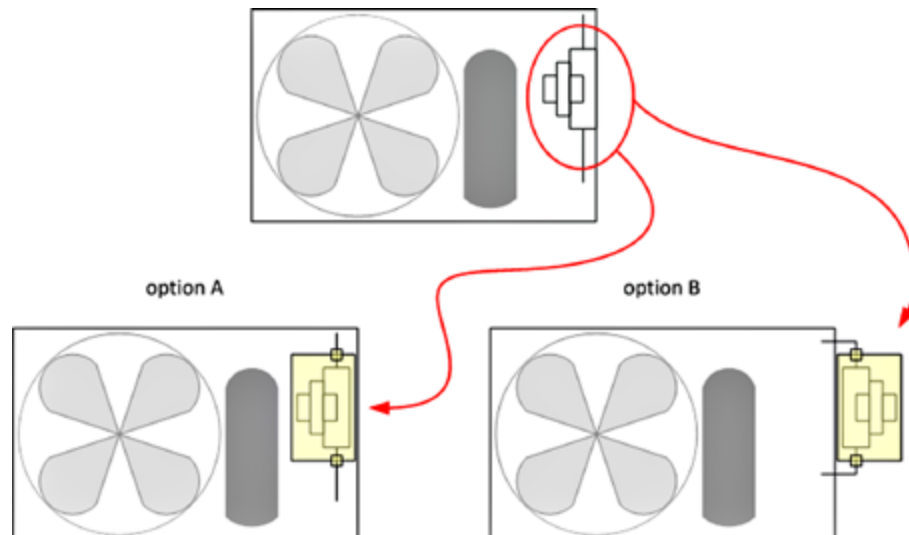
AC Split yang akan diretrofit haruslah dalam kondisi baik dan layak sehingga dapat diisi refrigeran HC. Kriteria AC Split yang dapat diretrofit HC adalah sebagai berikut:

1. Kondisi komponen *outdoor* maupun *indoor* belum berkarat.



Gambar 17 Kondisi AC yang tidak layak diretrofit HC [3].

2. Instalasi kelistrikan, khususnya pada daerah sambungan arus listrik harus terisolasi dari lingkungan, bertujuan untuk mengisolasi sumber percikan api yang berasal dari sambungan listrik jika terjadi hubungan arus pendek. Untuk itu jika memungkinkan seluruh instalasi kelistrikan untuk diisolasi seperti ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18 Contoh pengisolasian kontaktor [3].

3. Kondisi sambungan pipa sebelum diretrofit harus diubah menjadi sambungan permanen, baik menggunakan brazing atau menggunakan sambungan lokring.



1.

(b)

Gambar 19 Sambungan pipa dengan *brazing* (a), sambungan lokring (b) [3].

4. Tidak terdapat kebocoran pada sistem *outdoor* maupun *indoor*, oleh sebab itu sebelum melakukan retrofitting dengan HC sistem AC harus dicek kebocorannya, untuk memastikan bahwa sistem tidak bocor. Mengecek kebocoran dapat dilakukan dengan cara menggunakan *leak detector* yang dapat

mendeteksi gas refrigeran dalam udara dan menggunakan nitrogen dengan memasukkannya kedalam sistem sampai tekanan $\pm 10\%$ dari batas maksimum tekanan yang diizinkan pada sistem, kemudian tunggu sampai beberapa waktu perhatikan apakah jarum tekanan suction tidak mengalami penurunan jika tidak maka sistem tersebut tidak bocor selain itu dapat menggunakan air sabun untuk mengetahui lokasi kebocoran pada sistem.

5. Kondisi kompresor yang digunakan sesuai dengan spesifikasi AC split tersebut.
6. Memastikan *service valve* pada sistem AC split kondisinya baik, sedangkan kondisi *service valve* yang sudah tidak layak digunakan biasanya terjadi keretakan pada sambungan *nipple service valve*.

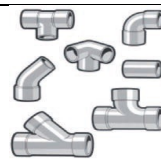
7. Peralatan-Peralatan Penunjang Operasional *Retrofitting* Untuk AC Split

7.1 Peralatan Untuk Perpipaan

Tabel 7 Peralatan pengerjaan sistem perpipaan AC

No.	Nama	Gambar	Keterangan
1	Alat pemotong pipa tembaga, kuningan dan aluminium		Untuk memotong pipa berdiameter 6 sampai 35 mm.
			Untuk memotong pipa berdiameter 3 sampai 16 mm.
			Tang pemotong untuk memotong pipa kapiler.
2	<i>Reamer</i>		membersihkan dan meratakan ujung pipa untuk pipa tembaga setelah dipotong.

	<i>Deburrer</i>		
No.	Nama	Gambar	Keterangan
3	Pembersih <i>inner</i> dan <i>outer</i> pipa		Serabut penggosok plastik untuk membersihkan <i>outer</i> pipa.
			Sikat pembersih <i>inner</i> pipa.
			Sikat baja untuk membersihkan bagian luar pipa tembaga, kuningan, baja dan aluminium.
4	<i>Pinch-off plier</i>		Berfungsi untuk membuntukan pipa dengan cara menjepit/menggencetnya, tetapi pipa tidak patah ataupun bocor.
5	<i>Flaring and swaging tool</i>		<i>Flaring</i> yaitu untuk mengembangkan ujung pipa agar dapat disambung dengan sambungan berulir. <i>Swaging</i> yaitu untuk membesarkan ujung pipa, agar 2 pipa yang sama diameternya dapat disambungkan melalui proses <i>brazing</i> .
6	<i>Tube bender</i> (pembengkok pipa)		Pembengkok pipa tipe pegangan puntir.

			Pembengkok pipa tipe mekanikal bending.																																										
No.	Nama	Gambar	Keterangan																																										
7	Tube expender		Berfungsi untuk mengembangkan atau memperlebar ujung pipa.																																										
8	Fittings (sambungan)		1 set sambungan, konektor, adaptor maupun lokring.																																										
9	Contoh macam-macam sambungan		Materialnya: tembaga atau kuningan.																																										
10	Seperangkat peralatan brazing		Berfungsi untuk menyambungkan pipa atau menutup kebocoran, proses penyambungan dengan cara mencairkan batang kawat penyambungannya saja, sedangkan bahan dasarnya dipanaskan sampai suhu cair bahan penyambungannya tersebut																																										
11	Contoh batang kawat penyambung	 	Temperatur cair batang penyambung <table><tr><th>Rod</th><th>Cu</th><th>Ag</th><th>Zn</th><th>Sn</th><th>P</th><th>Melting Range °C</th></tr><tr><td>CP 203</td><td>Rest</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>5.9-6.5</td><td>710-890</td></tr><tr><td>CP 105</td><td>Rest</td><td>1.5-2.5</td><td>-</td><td>-</td><td>5.9-6.7</td><td>645-825 ①</td></tr><tr><td>AO 106</td><td>35-37</td><td>33-35</td><td>Rest</td><td>2.5-3.5</td><td>-</td><td>630-730</td></tr><tr><td>AO 104</td><td>26-28</td><td>44-46</td><td>Rest</td><td>2.5-3.5</td><td>-</td><td>640-680 ②</td></tr><tr><td>AO 203</td><td>29-31</td><td>43-45</td><td>Rest</td><td>-</td><td>-</td><td>675-735</td></tr></table>	Rod	Cu	Ag	Zn	Sn	P	Melting Range °C	CP 203	Rest	-	-	-	5.9-6.5	710-890	CP 105	Rest	1.5-2.5	-	-	5.9-6.7	645-825 ①	AO 106	35-37	33-35	Rest	2.5-3.5	-	630-730	AO 104	26-28	44-46	Rest	2.5-3.5	-	640-680 ②	AO 203	29-31	43-45	Rest	-	-	675-735
Rod	Cu	Ag	Zn	Sn	P	Melting Range °C																																							
CP 203	Rest	-	-	-	5.9-6.5	710-890																																							
CP 105	Rest	1.5-2.5	-	-	5.9-6.7	645-825 ①																																							
AO 106	35-37	33-35	Rest	2.5-3.5	-	630-730																																							
AO 104	26-28	44-46	Rest	2.5-3.5	-	640-680 ②																																							
AO 203	29-31	43-45	Rest	-	-	675-735																																							
12	Cermin inspeksi		Digunakan untuk memeriksa hasil sambungan brazing atau memeriksa bagian-bagian yang terlindungi dan sukar dilihat.																																										

13	1 set tabung nitrogen dan <i>pressure regulator</i>		Nitrogen digunakan untuk membersihkan bagian dalam sistem dari gas yang tidak diinginkan, kotoran maupun uap air.
----	---	---	---

7.2 Peralatan Untuk Penanganan Refrigeran

Tabel 8 Peralatan penanganan refrigeran

No.	Nama	Gambar	Keterangan
1	Alat pengukur tekanan		Untuk mengukur tekanan tinggi, rendah maupun vakum.
2	<i>Gauge manifold</i>		Tipe 4-katub, dengan glass untuk memantau aliran refrigeran HC.
3	Selang transfer Refrigerandan aksesorisnya		Selang refrigeran standar dengan 2 x 1/4" SAE <i>female flare</i> koneksi.
			Selang refrigeran dengan <i>ball valve</i> pada ujung selang untuk meminimalkan pancaran refrigeran.
			Selang <i>Vacuum</i> 2 x 3/8" SAE <i>female flare</i> koneksi.
			Selang refrigeran dengan <i>inline ball valve</i> dengan 2 x 1/4" SAE <i>female flare</i> koneksi.

			Adapter <i>ball valve</i> untuk selang standar 1/4" SAE <i>male/female</i> koneksi.
			<i>Ball valve</i> - 1/4" SAE <i>male</i> x 1/4" SAE <i>female</i>
No.	Nama	Gambar	Keterangan
4	<i>Service port quick coupler</i>		Seperangkat alat konektor suplai refrigeran tipe siku (<i>elbow</i>) atau tipe lurus.
5	Refrigeran R-290		Refrigeran Hidrokarbon

7.3 Peralatan Untuk *Recovery*, *Recycling*, *Reclamation* dan *Evacuation* (RRRE)

Tabel 9 Peralatan *Recovery*, *Recycling*, *Reclamation* dan *Evacuation* (RRRE)

No.	Nama	Gambar	Keterangan
1	Alat <i>recovery</i> dan <i>recycling</i>		Untuk <i>merecovery</i> refrigeran yang berada dalam sistem AC.
2	Tabung <i>recovery</i> refrigeran		Berfungsi sebagai penampung sementara refrigeran ODS yang telah digunakan untuk kemudian akan dimusnahkan.
3	Pembersih/penyaring pada alat <i>recovery</i>		Untuk memisahkan refrigeran dari oli.

4	Alat <i>reclaim</i> refrigeran		Untuk memisahkan refrigeran dari oli.
No.	Nama	Gambar	Keterangan
5	Pompa <i>vacuum</i>		Berfungsi untuk mengkosongkan refrigeran dari sistem AC, sehingga dapat menghilangkan gas-gas yang tidak terkondensasi seperti udara dan uap air, agar tidak mengganggu kerja mesin AC.
6	Alat <i>recovery</i>		Mesin <i>recovery</i> dengan <i>filter drier</i> pada selang masuknya.
7	<i>Compressor lubricant charging</i>		Alat yang digunakan untuk memasukkan pelumas kompresor dan prinsip kerjanya dengan dihisap karena memanfaatkan efek vakum
8	Pelumas kompresor mesin AC		Pelumas khusus untuk sistem refrigerasi.

7.4 Peralatan Ukur dan Penujang

Tabel 10 Peralatan Ukur dan Penunjang

No.	Nama	Gambar	Keterangan
-----	------	--------	------------

1	<i>Electronic leak detector</i>		Alat untuk mengecek kebocoran pada sistem yang sensitifitasnya 50 ppm (<i>Propane, Iso-Butane, Methane</i>), dengan waktu responnya 5 detik.
No.	Nama	Gambar	Keterangan
2	<i>Leak detection spray</i>		Alat untuk mengecek kebocoran pada sistem, dengan cara menyemprotkannya pada sistem, jika terjadi kebocoran maka akan nampak gelembung-gelembung busa, cairan yang digunakannya pun haruslah bersifat non-korosif dan anti beku.
3	<i>Refrigerant identifier</i>		Untuk mengetahui komposisi kandungan refrigeran.
4	<i>Electronic vacuum gauge</i>		Untuk mengetahui tekanan vakum.
5	Timbangan elektronik		Digunaka untuk mengetahui berat refrigeran yang diisikan ke dalam sistem.
	Timbangan gantung elektronik		Digunaka untuk mengetahui berat refrigeran yang diisikan ke dalam sistem yang posisinya tinggi, dengan tabung refrigerannya dikaitkan pada timbangan gantung tersebut.

6	Tang amper		Untuk mengukur besarnya arus (A) dan tegangan (V) listrik pada kompresor, tanpa terjadi kontak saat mengukurnya, cukup dengan melewati kabel listrik positif pada <i>clamp</i> tang amper tersebut.
No.	Nama	Gambar	Keterangan
7	Anemometer dan termometer		Mengukur kecepatan angin dan temperatur.
8	<i>Multi tester</i>		Dapat digunakan untuk Mengukur tegangan DC, Mengukur tegangan AC, Mengukur kuat arus DC, Mengukur nilai hambatan sebuah resistor, Mengecek hubung-singkat/ koneksi, Mengecek transistor, Mengecek kapasitor elektrolit, Mengecek dioda, led dan dioda zener, Mengecek induktor.

7.5 Peralatan Kelistrikan dan Instalasi

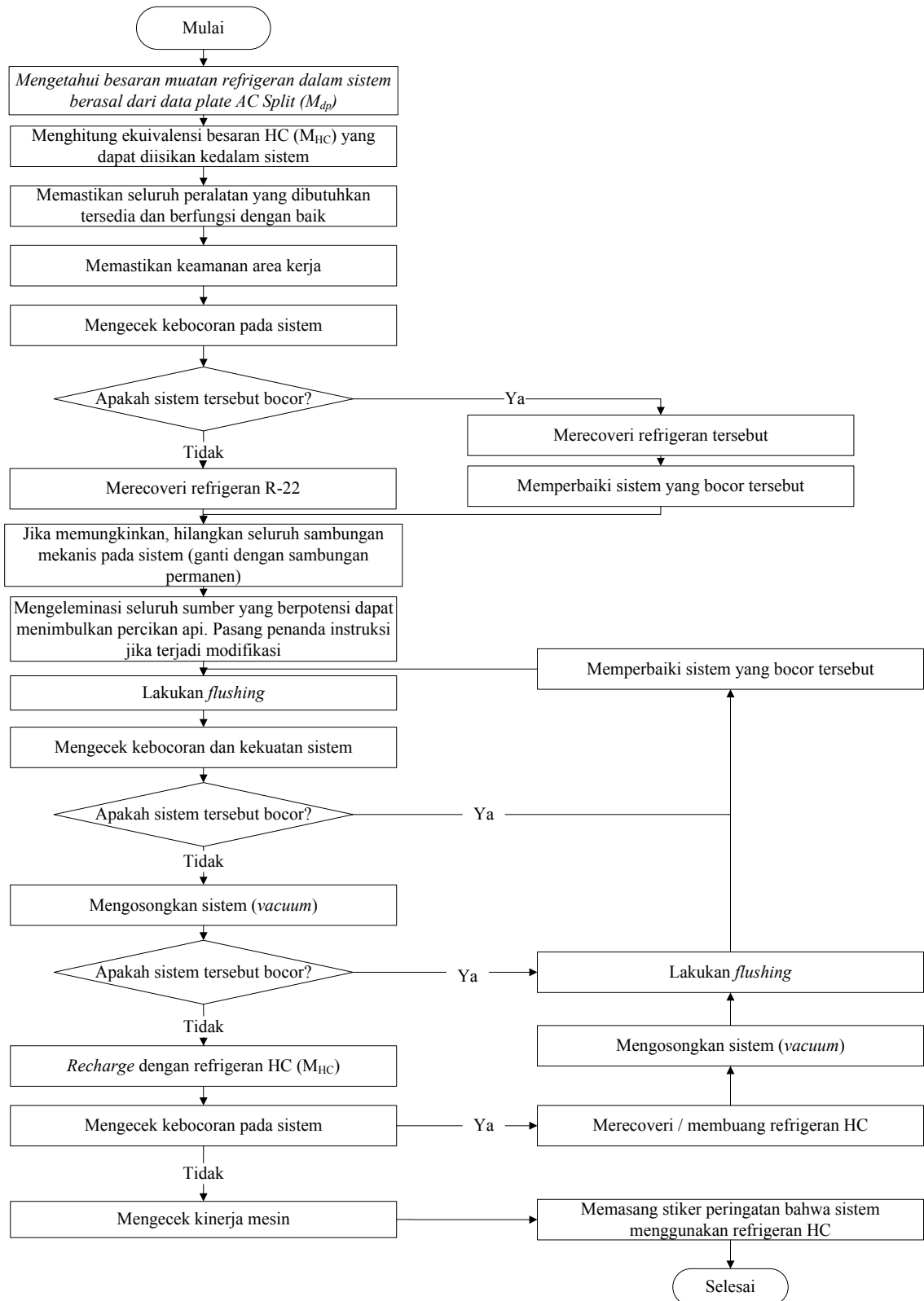
Tabel11 Peralatan Penanganan Kelistrikan dan Instalasi

No.	Nama	Gambar	Keterangan
1	1 set perlengkapan penyambung kabel.		Alat untuk menyambungkan kabel terhadap komponen lain.
2	<i>Sealed box/ junction box/ kotak penutup sambungan listrik</i>		Digunakan sebagai pengisolasi sambungan listrik atau terminal listrik.

3	Kontaktor listrik		Untuk menyambung dan membuka rangkaian daya listrik.
4	Kabel fleksibel		Kabel yang bersifat lentur.
No.	Nama	Gambar	Keterangan
5	Pengikat kabel		Digunaka untuk menyatukan kabel dengan kabel agar rapi.
6	Isolasi listrik (<i>Electrical tape</i>)		Digunakan untuk mengisolasi kabel.
7	Tang <i>amper</i>		Untuk mengukur besarnya arus (A) dan tegangan (V) listrik pada kompresor, tanpa terjadi kontak saat mengukurnya, cukup dengan melewati kabel listrik positif pada clamp tang amper tersebut.
8	<i>screwed cable glands</i>		Skrup penutup sambungan ujung kabel.
9	Kunci inggris		Merupakan sebuah kunci yang dapat disetel untuk melepaskan atau mengencangkan kepala baut atau mur.
10	1 set kunci allen (kunci L)		Digunakan untuk membuka/mengencangkan baut yang kepala bautnya menjorok kedalam.
11	Tespen (<i>voltage tester</i>)		Alat untuk mengecek apakah alat mempunyai tegangan listrik.

12	Obeng		Alat yang digunakan untuk mengencangkan atau mengendorkan baut.
13	Kunci pas		Merupakan alat yang digunakan untuk melepaskan atau mengencangkan kepala baut atau mur.

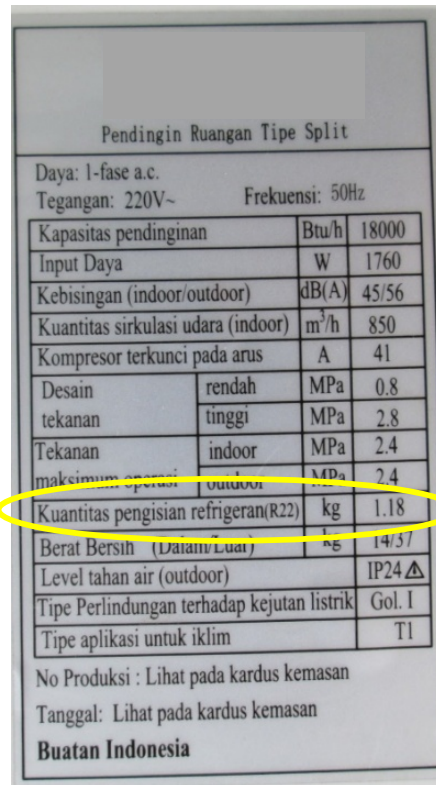
8. *Standard Operating Procedure (SOP) Retrofitting R-22 menjadi R-290*



Gambar 20 Diagram alir SOP *retrofitting* R-22 menjadi R-290 pada AC Split [3].

Penjelasan Spesifik untuk beberapa item pada SOP *retrofitting* R-22 menjadi R-290 pada AC Split tersebut:

1. Menentukan massa refrigeran dalam sebuah sistem dari *name plate* (M_{dp})



Pendingin Ruangan Tipe Split			
Daya: 1-fase a.c.		Frekuensi: 50Hz	
Tegangan: 220V~			
Kapasitas pendinginan	Btu/h	18000	
Input Daya	W	1760	
Kebisingan (indoor/outdoor)	dB(A)	45/56	
Kuantitas sirkulasi udara (indoor)	m ³ /h	850	
Kompresor terkunci pada arus	A	41	
Desain tekanan	rendah	MPa	0.8
	tinggi	MPa	2.8
Tekanan	indoor	MPa	2.4
maksimum operasi	outdoor	MPa	2.4
Kuantitas pengisian refrigeran(R22)	kg	1.18	
Berat Bersih (Dalam/Luar)	kg	14/37	
Level tahan air (outdoor)	IP24 		
Tipe Perlindungan terhadap kejutan listrik	Gol. I		
Tipe aplikasi untuk iklim	T1		
No Produksi : Lihat pada kardus kemasan			
Tanggal: Lihat pada kardus kemasan			
Buatan Indonesia			

Gambar 21 Contoh *name plate* pada AC Split [7].

2. Menentukan massa ekuivalen HC (M_{HC}) yang dapat diisikan ke dalam sistem

Untuk menentukan massa HC yang dapat direcharge pada sistem seperti ditunjukkan pada **contoh 1** atau **contoh 2**. Sehingga kurva konversi untuk menghitung ekuivalen jumlah pengisian HC (Gambar11) wajib dimiliki untuk mengetahui HC yang dapat *direcharge* lebih cepat.

Hal penting yang perlu diperhatikan adalah untuk mengecek jumlah maksimum HC (M_{max}) dalam sistem yang diinginkan dalam ruangan tersebut.

3. Memastikan seluruh peralatan yang dibutuhkan tersedia dan berfungsi baik
Kelengkapan ketersediaan peralatan seperti yang ditunjukkan pada sub-bab 3.7 sangat penting, karena dapat dengan cepat dan lancar dalam melakukan *retrofitting* maupun reparasi kerusakan pada AC.
4. Memastikan keamanan area kerja



Gambar 22 Area kerja [1].

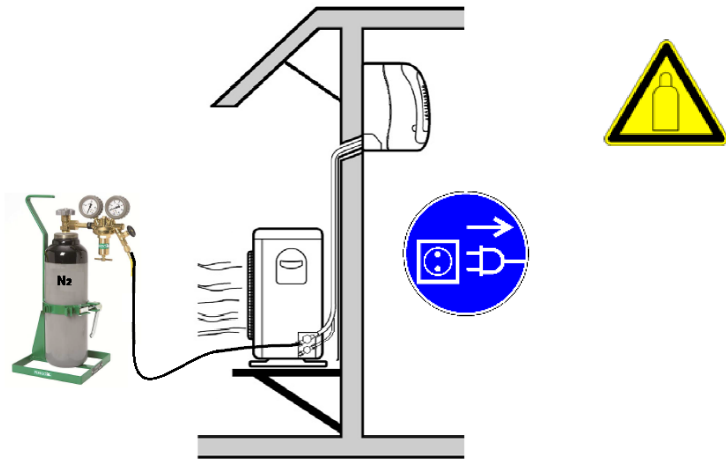
Radius 2 meter merupakan area kerja yang sensitif, sehingga tidak boleh ada sumber api pada area tersebut. Usahakan sirkulasi udara berjalan dengan baik karena berfungsi untuk meminimalisir tercapainya LFL jika refrigeran HC terlepas ke lingkungan. Kemudian sebisa mungkin menghindari pengisian HC pada area tertutup.

5. Mengecek kebocoran sistem

Sebelum mengisi refrigeran ke dalam sistem pastikan sistem tersebut tidak mengalami kebocoran. Mengecek kebocoran dapat dilakukan dengan cara:

- a. Menggunakan *leak detector* R-22 yang dapat mendeteksi gas refrigeran dalam udara.
- b. Menggunakan nitrogen dengan memasukkannya ke dalam sistem sampai tekanan $\pm 10\%$ dari batas maksimum tekanan yang diizinkan pada sistem, kemudian

tunggu sampai beberapa waktu perhatikan apakah jarum tekanan suction tidak mengalami penurunan jika tidak maka sistem tersebut tidak bocor.



Gambar22 Test kebocoran menggunakan nitrogen [1].

- c. Menggunakan air sabun untuk mengetahui lokasi kebocoran pada sistem, karena air sabun akan mengeluarkan buih pada saat terkena tekanan dari sumber bocor.



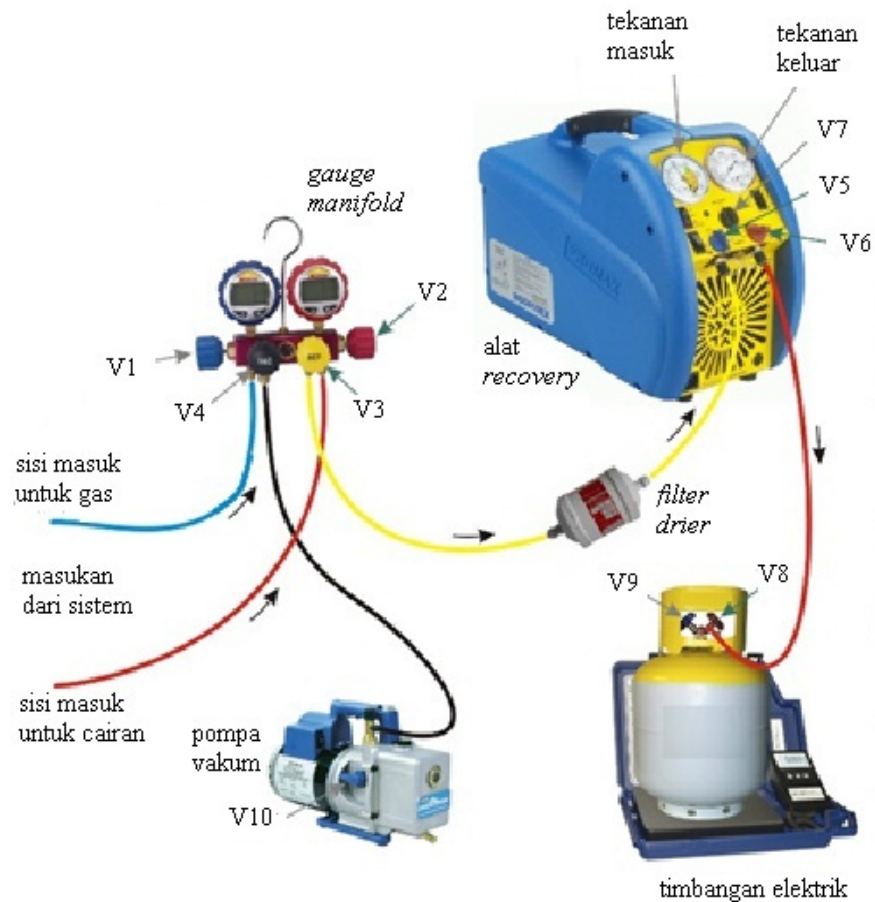
Gambar23 Air sabun berfungsi untuk mengetahui lokasi kebocoran [3].

- d. Tes kebocoran dengan metoda *vacuum* yaitu sistem divakum sampai mendekati absolut vakum yaitu -30inHg atau -1atm atau -14.7Psi dan dibiarkan beberapa waktu, kemudian perhatikan jarum tekanan suction saat pemvakuman dengan tekanan vakum, apabila jarum naik maka sistem tersebut bocor.

Catatan !!!

Tes kebocoran metoda *vacuum* bukanlah menjadi cara terbaik untuk melakukan karena jika terjadi kebocoran pada sistem maka udara akan masuk ke dalam sistem, yang seharusnya hal ini dihindari untuk mencegah kontaminasi dengan pelumas. Selain itu hal tersebut dapat menyebabkan korosi pada bagian dalam sistem dan juga dapat membuat *filter drier* kemampuannya berkurang untuk menyerap sisa uap airnya.

6. Merecover refrigeran dari sistem AC



Gambar24 Proses *recovery* [3].

Langkah-langkah proses *recovery*:

- Hubungkan selang refrigeran seperti yang ditunjukkan pada Gambar23.
- Pasang *power plug* pada pompa vakum pada sumber listrik yang sesuai.
- Pastikan V5 dan *valve* pada sistem yang akan di-*recovery* dalam keadaan tertutup rapat.
- Buka V1, V2, V3, V4 dan V10.
- Hidupkan pompa vakum.

Langkah 1-5 berfungsi untuk membuang udara yang terperangkap dalam selang refrigeran sehingga menjamin kebersihan proses *recovery*.

- Setelah proses vakum selesai, tutup V1, V4 dan V10
- Matikan pompa vakum.

- h. Buka *access valve (schrader type)* pada sistem.
- i. Buka V6 dan V8.
- j. Buka V5 dan atur sehingga menunjuk posisi “*LIQUID*”

Pada saat V5 diposisikan ke “*LIQUID*” refrigeran cair dari sistem akan mengalir ke tangki penyimpan.

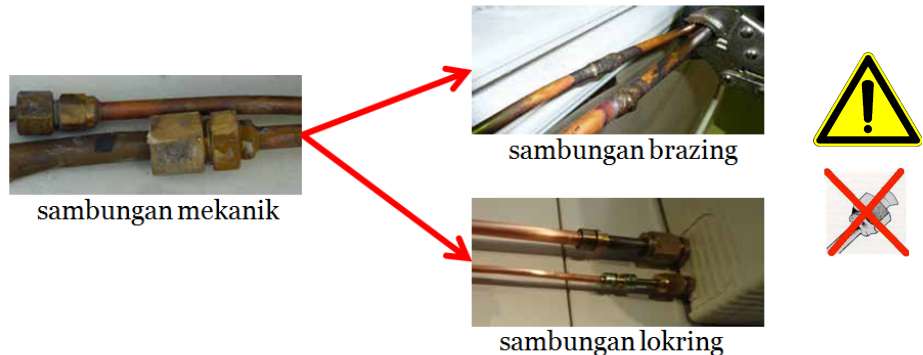
Setelah refrigeran cair berhasil di *recovery*, maka langkah selanjutnya adalah menarik sisa refrigeran yang tertinggal dalam sistem yang sebagian besar dalam bentuk gas/uap.

- k. Buka penuh V1.
- l. Buka penuh V5.
- m. Hidupkan mesin *recovery*.
- n. Setelah tekanan *inlet* pada *recovery* menunjukkan nilai dibawah nol (vakum) segera tutup V5.
- o. Matikan mesin *recovery*.
- p. Tutup V5, V6 dan V8

Proses *recovery* selesai.

7. Jika memungkinkan, hilangkan seluruh sambungan mekanis pada sistem AC dan diganti dengan sambungan permanen

Setelah R-22 pada sistem direcovery maka sistem dalam kondisi kosong dari refrigerant, tindakan selanjutnya adalah menghilangkan seluruh sambungan mekanis pada system AC jika memungkinkan dan menggantinya dengan sambungan permanen, baik itu brazing atau menggunakan sambungan lokring.



Gambar 25 Perubahan sambungan mekanis pada perpipaan AC menjadi sambungan *brazing* atau sambungan lokring[3].

8. Menghilangkan seluruh sumber yang berpotensi dapat menimbulkan percikan api.

Pasang penanda instruksi jika terjadio modifikasi. Sebelum menghilangkan sumber yang berpotensi dapat menimbulkan percikan api tentunya kita harus mengecek sistem kelistrikan pada *indoor* dan *outdoor*.

Mengecek potensi sumber percikan api pada *indoor* unit

Sumber percikan api pada sistem *indoor* tentunya berasal dari kelistrikan, oleh sebab itu hal yang wajib dilakukan adalah mengecek sambungan antara kabel dengan komponen lainnya, apakah kondisi sambungan kencang dan kualitasnya masih baik. Jika sambungan longgar maka kotoran dan kelembaban yang berada pada daerah tersebut cepat atau lambat akan mengakibatkan hubungan arus pendek. Adapun komponen *indoor* yang harus dicek kondisinya yaitu sambungan koneksi pada transformator, sambungan koneksi pada display/LED, sambungan pada motor swing, motor fan, blok koneksi (terminal), dan PCB (relay, *micro switch*).

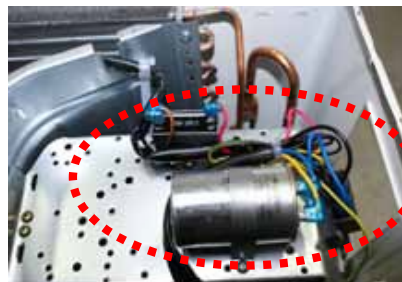
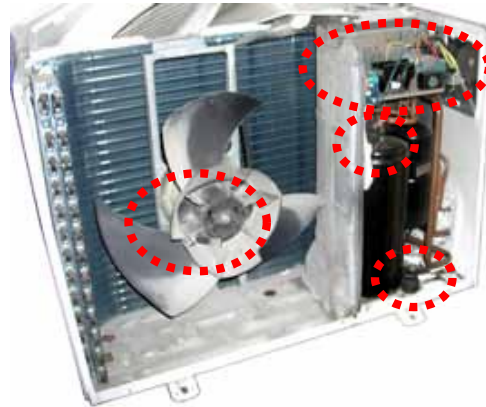


Gambar 26 Mengecek sumber percikan api pada *indoor* [3].

Mengecek potensi sumber percikan api pada *outdoor* unit

Tidak jauh berbeda dengan pengecekan pada indoor, pada *outdoor* yang wajib diperiksa adalah kondisi sambungan pada kapasitor yang harus tersegel dengan

capdan rakitan kabel dari pabriknya. Komponen lain yang harus di cek adalah kondisi motor fan, kapasitor, terminal sambungan kabel, terminal kompresor(internal overload).



Gambar27 Mengecek sumber percikan api pada *outdoor*[3].

Setelah pengecekan selesai kemudian mengganti semua instrumen kelistrikan yang telah rusak atau berpotensi menimbulkan percikan api dengan yang baru dan memasukkan terminal sambungan listrik kedalam *box* isolasi.





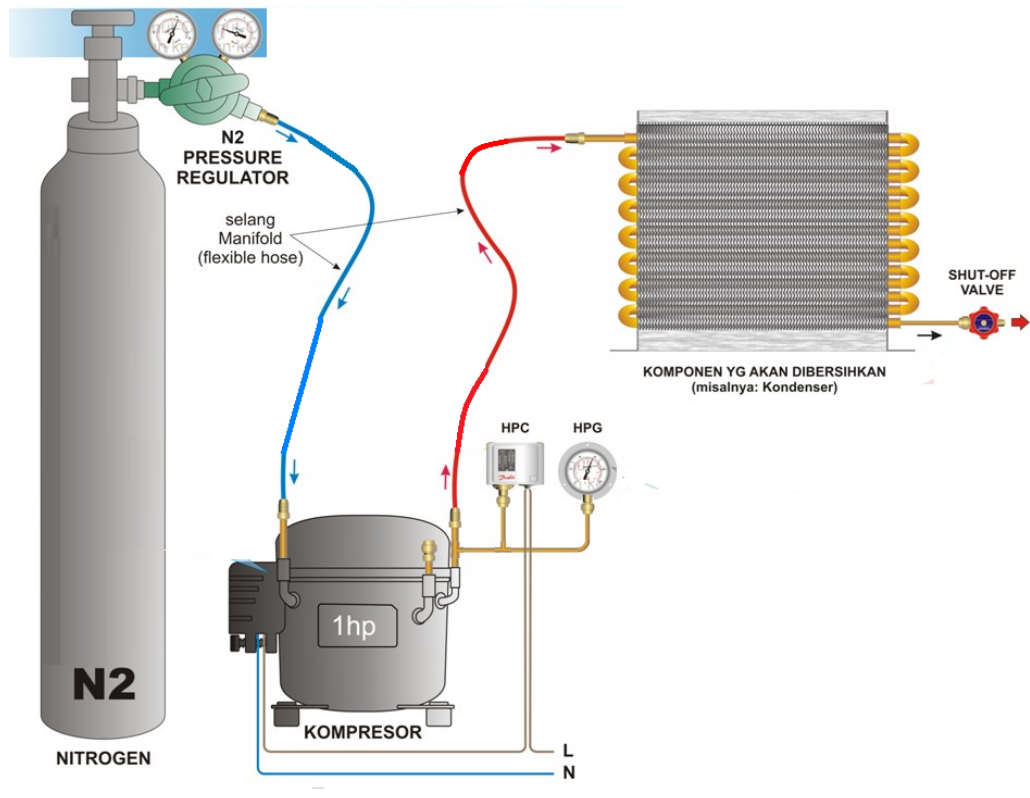
Gambar28 Mengganti instrumen kelistrikan yang berpotensi menimbulkan percikan apiseptipada sambungan kabel telah rusak agar diganti baru dan memasukkan terminal sambungan listrik kedalam *box* isolasi [3].

9. Lakukan Flushing

Flushing sistem AC dengan nitrogen bertujuan untuk membersihkan sistem perpipaan AC dari segala macam bentuk gas atau cairanyang tidak diinginkan.*Flushing* menggunakan nitrogen karena tidak merusak ozon.*Flushing* baik dilakukan dalam proses *retrofitting* R-22 menjadi HC R-290 sebelum uji kekuatan dan kebocoran agar zat cair yang terperangkap menyumbat lokasi bocor dalam sistem benar-benar hilang.

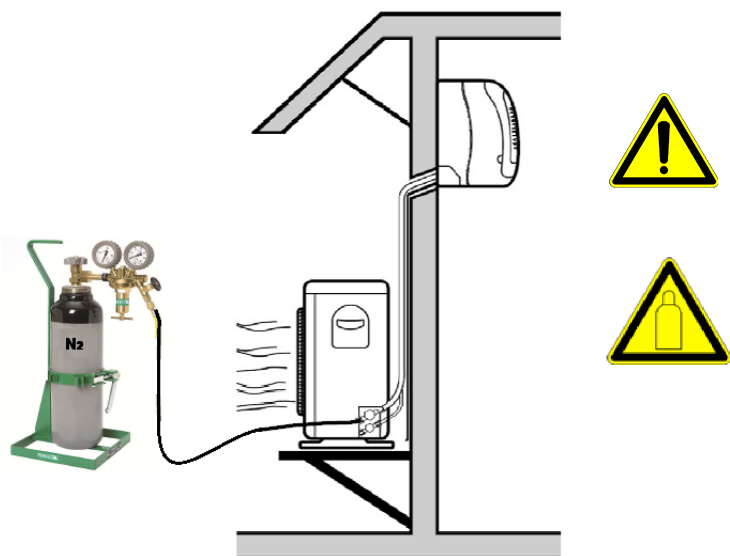
Berikut Cara *Flushing* pada AC

Setelah sistem dikosongkan dari refrigeran kemudiansetting alat *flushing* seperti yang ditunjukka pada Gambar 28. Kemudian bukakatup N₂ serta atur tekanan *output* pada regulator N₂ sebesar 25 sampai 30 Psi dan jangan lupa untuk menyeting HCP (HCP berfungsi untuk mematikan kompresor pada tekanan yang kita inginkan). Setelah itu hidupkan kompresor. Setelah kompresor mati maka ka katup *shut-off* dibuka untuk melepaskan komponen yang dibersihkan. Akibat katup *shut-off* dibuka maka aliran N₂ dalam sistem yang dibersihkan akan keluar dengan kecepatan tinggi beserta dengan pendapan pelumas atau partikel lainnya yang ada dalam pipa sistem. Lakukan proses ini beberapa kali.



Gambar29 Flushing pada AC [2].

10. Mengecek kebocoran sistem



Gambar30 Mengetes kekuatan sistem dengan nitrogen [1].

Untuk memastikan bahwa sistem telah diperbaiki dan siap digunakan maka harus dilakukan pengetesan kekuatan sistem. Dengan cara memasukkan OFDN (*oxygen-free dry Nitrogen*) dan hidrogen (95% N₂ and 5% H₂) sebesar 10% diatas tekanan maksimum sistem (berdasarkan *name plate* AC). Sehingga untuk mempermudah perhitungan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Nilai Tekanan Tes} = 1.1 \times \text{Tekanan Maksimum}$$

(berdasarkan standar eropa EN 378-2)

Contoh:

CSC-18J/D01141 Pendingin Ruangan Tipe Split			
Daya: 1-fase a.c.		Frekuensi: 50Hz	
Tegangan: 220V~			
Kapasitas pendinginan		Btu/h	18000
Input Daya		W	1760
Kebisingan (indoor/outdoor)		dB(A)	45/56
Kuantitas sirkulasi udara (indoor)		m ³ /h	850
Kompresor terkunci pada arus		A	41
Desain	rendah	MPa	0.8
tekanan	tinggi	MPa	2.4
tekanan	indoor	MPa	2.4
maksimum operasi	outdoor	MPa	2.4
Kuantitas pendinginan refrigeran R22		kg	1.18
Berat Bersih (Dalam/Luar)		kg	14/37
Level tahan air (outdoor)			IP24
Tipe Perlindungan terhadap kejutan listrik			Gol. I
Tipe aplikasi untuk iklim			T1
No Produksi : Lihat pada kardus kemasan			
Tanggal: Lihat pada kardus kemasan			
Buatan Indonesia			

Berdasarkan data plate diperoleh:

Tekanan Maksimum Operasi = 2.4 MPa

$$\text{Nilai Tekanan Tes} = 1.1 \times \text{Tekanan Maksimum}$$

$$\text{Nilai Tekanan Tes} = 1.1 \times 2.4 \text{ MPa}$$

$$= 2.64 \text{ MPa}$$

Gambar31 Contoh menghitung tekanan tes kekuatan.

Setelah sistem diberi tekanan uji biarkan beberapa menit perhatikan apakah jarum tekanan pada regulator menurun jika iya maka sistem mengalami kebocoran.

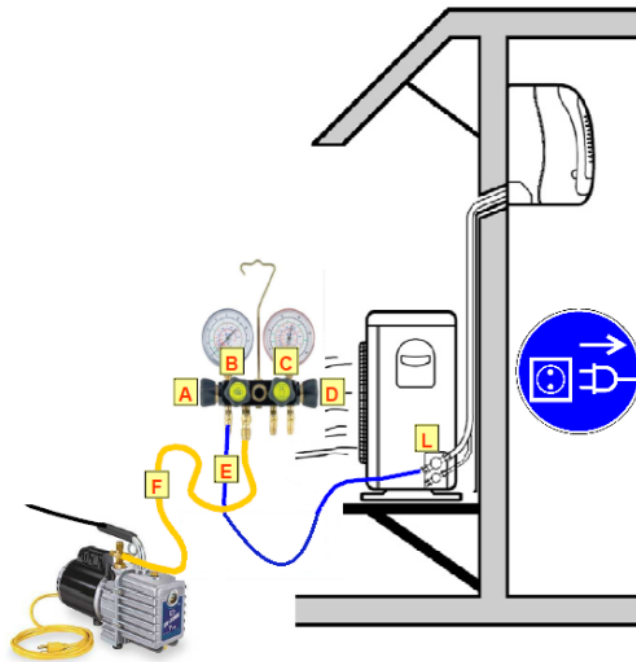
11. Mengosongkan sistem (vacuum)

Vakum bertujuan untuk mengkosongkan sistem dari gas apa pun dan uap air yang berada dalam sistem.

Cara pemvakuman mesin AC Split:

- Hubungkan selang refrigeran seperti yang ditunjukkan pada Gambar32.
- Pasang *power plug* pada pompa vakum pada sumber listrik yang sesuai.
- Pastikan *valve C* dan *valve D* dalam keadaan tertutup rapat.

- d. Buka *valve* A.
- e. Hidupkan pompa vakum.
- f. Buka *valve* B.
- g. Tunggu sampai jarum display tekanan sampai menunjukkan kondisi tekanan vakummaksimum.
- h. Tunggu sampai *steady*.
- i. Hitung waktu pemvakuman selama 30 menit.
- j. Jika sudah usai tutup *valve* A dan *valve* B.
- k. Matikan pompa vakum.



Gambar32Evacuation (proses vakum) [1].

12. Recharge dengan refrigerant HC (M_{HC})

Cara pengisian HC kedalam mesin AC Split:

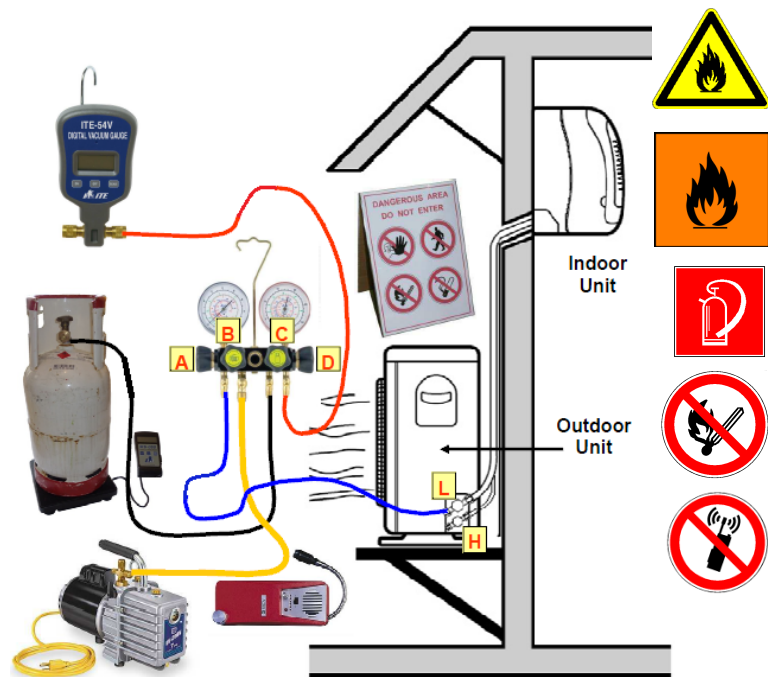
- a. Pastikan sistem telah divakum terlebih dahulu.
- b. Hubungkan selang refrigeran seperti yang ditunjukkan pada Gambar33.
- c. Lakukan pemvakuman selang selang refrigeran setelah selesai tutup *valve* B.

- d. Buka *valve* H dan *valve* L.
- e. Buka *valve* tabung refrigeran HC dan setting timbangan pada kondisi 0.
- f. Buka *valve* A.
- g. Buka *valve* C untuk mengisi refrigeran, lakukan secara perlahan dan pastikan bahwa refrigeran masuk dengan fase gas dapat dilihat pada kaca indikator aliran refrigeran pada *manifoldgauge*. (isi sebanyak 50% dari total pengisian).
- h. Tutup kembali *valve* C.
- i. Nyalakan AC pada mode *cooling*, tunggu sampai kondisi kompresor AC beroperasi.
- j. Buka kembali *valve* C, kemudian isikan dengan cara yng sama seperti langkah diatas sampai jumlah total pengisian.
- k. Tutup *valve* tabung refrigeran.
- l. Tutup *valve* H bertujuan untuk menghisap refrigeran pada selang transfer, jika tekanan sudah menunjukkan tekanan 0 bar, maka refrigeran telah terhisap semua.
- m. Tutup *valve* A.
- n. Buka kembali *valve* H.
- o. Tutup *valve* C dan D.
- p. Lepaskan dan rapikan alat dan selesai.

Catatan:

Pengisian yang dilakukan harus berdasarkan massa refrigeran berdasarkan timbangan elektronik yang baik. Hindari pengisian sistem berdasarkan tekanan saja.



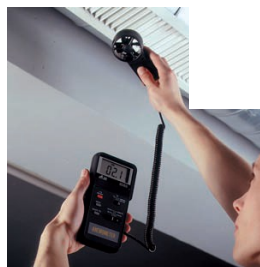


Gambar33Proses pengisian HC kedalam sistem (*Recharging*) [1].

13. Mengecek kerja sistem

Setelah pengisian dan pemeriksaan kebocoran selesai, maka lakukan pemeriksaan akhir untuk menjamin keamanan dan keandalan sistem:

- Ulangi pemeriksaan untuk komponen kelistrikan (yaitu, tidak ada potensi sumber pengapian).
- Memulai pengoperasian mesin pendingin dan menjalankan unit untuk periode 15 - 30 menit.
- Periksa tekanan operasi yang benar, suhu dan arus. Dimana tekanan operasinya 75-90 Psi, perbedaan antara suhu udara masuk dengan udara keluar evaporator 8°C dan arus listriknya turun 10-20% dari sebelum direftrofit.



Gambar34Mengecek kecepatan angin beserta temperaturnya [8].

14. Memasang stiker peringatan bahwa sistem menggunakan refrigeran HC



Gambar35 Posisi penempelan *sticker*[3].

Service Menggunakan Refrigeran Mudah Terbakar (R-290)	
Perusahaan	
Nama Teknisi	
Alamat	
Nomor Telepon	
Nomor Registrasi	
 Refrigeran Mudah Terbakar	Sistem ini telah menggunakan refrigeran ramah lingkungan Refrigerant R-290
Refrigerant Charge in kg	
Tipe Pelumas	
Tanggal	
Tanda Tangan	

Gambar36 Contoh *sticker* untuk *outdoor*[3].



Gambar37 Contoh *sticker* untuk *outdoor*.



Gambar 38 Contoh *sticker* untuk kompresor AC.

9. Lembar Data *Retrofitting* R-22 menjadi R-290

Lembar data *retrofitting* ini diisi setelah teknisi melakukan *retrofitting* kemudian diarsipkan oleh perusahaan penyervis agar memiliki data historis dari AC yang telah diretrofitting.

Dataservice – Retrofitting HCFC (R-22) menjadi HC (R-290) pada AC		
Perusahaan service		
Alamat		
Telepon dan fax		
Nomor registrasi		
Pelanggan / Client		
Kontak person/ no. telp		
Data Instalasi/ Peralatan		
Perusahaan pembuat dan tipe		
Nilai kapasitas refrigerasi		
Tanggal instalasi/ tahun		
Inisial tipe refrigeran dan jumlahnya		
Jumlah refrigeran yang terecovery		
Keterangan / perbaikan		
Komponen yang diganti	(1)	
(2)	(3)	
Nilai tekanan tes kekuatan sistem perpipaan		
Data operasi setelah <i>retrofitting</i>		
Tipe refrigeran		Refrigeran mudah terbakar
Merk refrigeran		
Isi ulang refrigeran dalam kg		
Tekanan hisap (<i>suction</i>)		
Temperatur hisap (<i>suction</i>)		
Suhu udara yang masuk kondensor		
Suhu udara yang keluar kondensor		
Suhu udara yang masuk evaporator		
Suhu udara yang keluar evaporator		
Data Elektrikal		
<i>Power supply</i>		
Pembacaan Ampere		
<i>Current draw compressor</i>		
Pengecekan sistem– Centang pada kotak yang tersedia		
Sistem tidak menggunakan sambungan mekanis		
Menghilangkan potensi sumber api (SOI) pada sistem		

(indoor&outdoor)		
Periksa fungsi sistem		
Periksa kebocoran HC pada sistem AC (tes sabun dan dengan <i>leakdetector</i> elektronik)		
Periksa isolasi sambungan listrik apakah rapat dan layak		
Periksa aliran air pengembunan baik dan mengalir kebawah		
Periksa kondisi isolasi pipa aliran refrigeran		
Periksa kerja kipas kondensor dan evaporator		
Periksa operasi sistem (<i>indoor/ outdoor</i>) apakah ada kebisingan yang tidak normal		
bersihkan sistem termasuk komponen penyaring udara		
Periksa fungsi <i>remotecontrol</i>		
Berikan pengarahan kepada pengguna AC		
Tanggal dan Tanda tangan teknisi	Tanggal dan Tanda tangan pelanggan	

Gambar 39 Contoh lembar data *retrofitting*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gree, 2011, *Installation and Service Manual*, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Germany.
- [2] <http://hvactutorial.wordpress.com> (dunduh 31 oktober 2013).
- [3] Proklima, 2011, *Operation of split air conditioning systems with hydrocarbon refrigerant*, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Germany.
- [4] Proklima, 2008, *Natural Refrigerants Sustainable Ozone- and Climate-Friendly Alternatives to HCFCs*, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Germany.
- [5] Proklima, 2010, *Guidelines for the safe use of hydrocarbon refrigerants*, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Germany.
- [6] Nathanael P. Tandian, bahan ajar *refrigeran alternatif*, Kelompok Pusat Penelitian-Ilmu Rekayasa, Institut Teknologi Bandung.
- [7] <http://service-ac-bekasi.blogspot.com/2013/05/pelat-spesifikasi-yang-ditempel-pada.html> (diunduh 18 november 2013).
- [8] HSE, 2011, *Safe Working With Flammable Substances*, Health and Safety Executive, UK.

LAMPIRAN

A. Kompatibilitas refrigeran terhadap material komponen dari sistem mesin pendingin

Material komponen mesin pendingin terdiri dari logam, elastomer dan plastik. Material logam pada mesin pending/AC merupakan bahan dasar komponen utama mesin AC, seperti untuk komponen perpipaannya, dan lain sebagainya. Untuk sistem AC yang menggunakan refrigeran halokarbon, dan hidrokarbon mempunyai kestabilan kimia dan kompatibel terhadap hampir semua logam. Namun demikian material yang paling baik digunakan adalah tembaga. Untuk material Aluminium akan sedikit bereaksi dengan refrigeran yang mempunyai kandungan fluor yang tinggi.

Untuk sistem pendingin/AC yang komponen mesinnya ada yang terbuat dari unsur plastik dan elastomer dan akan kontak langsung dengan refrigeran, maka kita harus mengetahui kecocokan refrigeran tersebut terhadap material plastik tersebut. Tabel 2.10 menunjukkan kompatibilitas beberapa material plastik terhadap beberapa refrigeran seperti R-600, R-600a, R-290, R-1270 dan R-22.

Tabel A.1 Kompatibilitas Refrigeran Terhadap Material Plastik [3]

Material		R600	R600a	R290	R1270	R22
Akrylnitrile butadiene styrene	ABS	D	D	SB	SB	T
Cellulose acetate	CAB	*	*	D	SB	*
Butyrate	EP	*	*	SB	SB	SB
Epoxy	ETFE	*	*	SB	*	D
Ethyltetrafluethylene	PA	*	*	SB	SB	SB
Polyamide	PC	T	T	D	SB	SB
Polycarbonate	PE	SB	SB	SB	D	D

Polyethylene	PETP	SB	SB	SB	*	SB
Polyethylene tereftalate	POM	SB	SB	SB	SB	D
Polyoxymethylene/ Acetal	PP	SB	SB	SB	SB	D
Polypropylene	PPO	D	D	T	*	*
Polyphenyloxide	PPS	SB	SB	SB	D	D
Poluphenysulphide	PS	SB	SB	SB	SB	T
Polystyrene	PUR	SB	SB	D	SB	*
Polyurethane	PVC	D	D	SB	D	D
Polyvinyl chloride	PVDF	SB	SB	SB	SB	D
Polyvinylfluoride	SUF	SB	SB	SB	SB	T
Polysulfone	UP	*	*	SB	*	SB
Unsaturated Polyester	PTFE	SB	SB	SB	SB	D
Polytetrafluoroethylene	PCTFE	SB	SB	SB	SB	D.bm
Polychlorotrifluoroethylene	NBR	SB	SB	T	SB	T
Nitrile Rubber	HR	T	SB	T	T	D.bm
Buthyl (isobutene-soprene) rubber	CR	SB	T	T	T	D.bm
Chloroprene	Q	T	T	T	T	T
Silicon	ABS	D	D	SB	SB	T

Keterangan : SB = sangat baik , T = tidak direkomendasikan, D = dapat diterima

D.bm = dapat diterima , tetapi material bisa menggelembung

* data belum tersedia.

B. Kompatibilitas refrigeran terhadap minyak pelumas

Untuk memastikan kehandalan dari kerja kompresor maka kecocokan minyak pelumas sangat penting. Pelumas refrigeran secara garis besar dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu oli mineral yang berasal dari minyak bumi dan oli sintetis. Pelumas yang sekarang banyak digunakan untuk refrigeran adalah Mineral oils (MO), Alkyl-benzene (AB), Poly alpha olefin (PAO), Poly ester (POE), Poly vinyl-ether (PVE), Hydro-treated mineral dan Polyalkylene glycol (PAG). Kompatibilitas dari masing-masing pelumas tersebut dapat kita lihat pada Tabel 2.9.

Tabel B.1 Kompatibilitas Refrigeran Terhadap Pelumas [3]

Jenis Pelumas	Refrigeran			
	Hidrokarbon	Ammonia, CO ₂ , propana	HFCs	R-22
Mineral oil (MO)	Cocok ¹	Cocok	Pada aplikasi terbatas	cocok
Alkil benzene (AB)	Cocok ¹	Pada aplikasi terbatas	Cocok	-
Mineral oil (MO)+ Alkil benzene (AB)	Cocok ¹	Pada aplikasi terbatas	Pada aplikasi terbatas	-
Poly alpha olefin (PAO)	Cocok ¹	Pada aplikasi terbatas ³	-	-
Poyol ester (POE)	Cocok ¹	Tidak cocok	Pada aplikasi	-

			terbatas	
Poly vinyl eter (PVE)	Tidak cocok	Tidak cocok	Pada aplikasi terbatas	-
Poly alkylene glycol (PAG)	Pada aplikasi terbatas ²	Pada aplikasi terbatas ²	Pada aplikasi terbatas	-
Hidro treated mineral oil	Tidak cocok	Cocok ¹	-	-

Keterangan :1. Menandakan bahwa pelumas membutuhkan penyesuaian viskositas yang mendasar.

2. Menandakan bahwa untuk pelumas secara khusus harus memiliki kelembaban yang sesuai.

3. Pelumas PAO tidak dapat dicampur dengan refrigeran ammonia, untuk sistem yang menggunakan refrigeran ammonia biasanya menggunakan tipe evaporator dengan aliran refrigeran yang menuju kompresor dengan pelumasnya tidak dapat bercampuran, melainkan menggunakan pemisah pelumas.