

PENGHEMATAN ENERGI DENGAN REFRIGERAN HIDROKARBON SEBAGAI REFRIGERAN ALTERNATIF PENGGANTI REFRIGERAN HALOKARBON PADA PERANGKAT PENGKONDISIAN UDARA (AIR CONDITIONING)

Azridjal Aziz

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Jl. Pendidikan (Depan Amik Purwodadi), Perum Riau Sejahtera Utama Blok E no 3
azridjal@unri.ac.id, azridjal@yahoo.com.

Abstrak

Penggunaan energi pada sistem pengkondisian udara adalah 40% - 50% dari keseluruhan konsumsi energi listrik untuk suatu bangunan. Penghematan dapat dilakukan dengan perubahan perilaku dalam menggunakan pengkondisian udara, modifikasi sistem dan terutama dengan meretrofit sistem pengkondisian udara yang menggunakan refrigeran halokarbon (R-12 dan R-22). Refrigeran halokarbon banyak digunakan pada siklus kompresi uap, memiliki kemampuan teknis cukup baik, tingkat racun dan tingkat mampu nyalanya rendah. Pertengahan tahun 1970-an diketahui bahwa klorin dari refrigeran halokarbon yang terlepas ke lingkungan dapat merusakkan lapisan ozon di stratosfir dan menimbulkan efek rumah kaca, sehingga pemakaiannya harus dihentikan dan sebagai penggantinya digunakan refrigeran hidrokarbon (HCR-12 dan HCR-22). Refrigeran hidrokarbon sebagai alternatif pengganti refrigeran kelompok halokarbon memiliki keunggulan yaitu ramah lingkungan (efek merusakkan ozon nol dan efek pemanasan globalnya kecil dan dapat diabaikan karena bersumber dari gas alam), dapat digunakan sebagai pengganti langsung pada mesin refrigerasi tanpa penggantian kompresor (drop in substitute), lebih hemat energi listrik, karena masa refrigeran yang digunakan lebih sedikit dibanding halokarbon. Uraian dalam tulisan ini diharapkan dapat memberikan informasi yang memadai sehingga mendorong penggunaan refrigeran hidrokarbon di Indonesia dan diharapkan dapat menjadi pedoman dalam melakukan konservasi (penghematan) energi listrik untuk turut menyelesaikan program penghematan energi nasional yang telah dicanangkan pemerintah.

Kata kunci: energi; refrigeran; hidrokarbon; pengkondisian udara

Abstract

Usage of energy at air conditioning system is 40% - 50% from overall of consumption of electric energy in building. Thrift can be done with the behavioral change in using the air conditioning, modify the system and especially by retrofit the air conditioning using halocarbon refrigerant (R-12 And R-22). The halocarbon refrigerant many used at vapor compression cycle, owning good enough technical ability, low the poison and low level flammability. In the middle of the 1970-an known that chlorine from halocarbon

refrigerant that escaped to environment can damage the ozone layer in stratosphere and generate the glasshouse effect, so that its usage have to be discontinued and in the place of its] used by hydrocarbon refrigerant (HCR-12 And HCR-22). Hydrocarbon refrigerant as alternatively substitution of halocarbon refrigerant group have the excellence that is environmental friendliness (effect of ozone depleting substance is zero and global warming potential is small and can be disregarded because steaming from natural gas), can be use as direct substitution at refrigeration machine without replacement compressor (drop in substitute), more economical electrics energy , because the mass of refrigerant used compared to halocarbon is smaller. Description in this article is expected can give the adequate information so that push the usage of refrigerant hydrocarbon refrigerant in Indonesia and expected can become the guidance in conducting conservation of electrics energy to partake the to success of program of thrift of energy of cymbal national which have governmental.

Keyword: energy; refrigerant; hydrocarbon; air conditioning

1. Pendahuluan

Penghematan energi pada perangkat pengkondisian udara (*Air Conditioning/AC*) perlu dilakukan karena konsumsi energi listrik pada AC adalah sekitar 40% - 50% dari keseluruhan konsumsi energi listrik pada suatu gedung atau fasilitas. Penghematan yang dilakukan dapat mengurangi tagihan biaya listrik sekitar 15% – 20%, sehingga penghematan yang dilakukan dapat digunakan untuk keperluan lain yang lebih berarti (www.hickmanplumbing.com). Hal ini sejalan dengan himbauan pemerintah melalui PP no. 10 tahun 2005 tentang penghematan energi terutama tentang penghematan energi pada AC.

Sejak dikembangkan tahun 1930, refrigeran CFC (*Chloro Fluoro Carbon*) telah memberikan kontribusi penting dalam pengembangan sistem refrigerasi, karena sifat-sifat bahan dan termalnya yang cocok sebagai refrigeran (zat pendingin), seperti kestabilan senyawa kimianya, *non flammable*, *non toxic*, dan relatif tidak terlalu mahal. Sebuah hipotesis pada pertengahan tahun 1970-an menyatakan bahwa klorin dari ikatan halogen hidrokarbon yang dilepaskan ke lingkungan telah memusnahkan ozon di Stratosfir (Stoecker dan Jones, 1996). Penurunan komposisi ozon pada Stratosfir akan menyebabkan radiasi ultraviolet mencapai bumi dan meningkatkan kemungkinan terkena kanker kulit, peningkatan terkena katarak mata, pelemahan sistem immunisasi seseorang, pengurangan tingkat produktivitas panen dan perlambatan pertumbuhan phytoplankton (Pasek dan Tandian, 2000).

Melalui beberapa konvensi internasional tentang perlindungan lapisan ozon yaitu Konvensi Wina tanggal 22 Maret 1985 di Austria yang dilanjutkan dengan Montreal Protokol tentang zat-zat perusak lapisan ozon tanggal 16 September 1987 di Kanada dan berbagai amandemennya (Amandemen London 1990, Amandemen Kopenhagen 1992), penggunaan *Ozone Depleting Substance* (ODS) mulai ditinggalkan. Berbagai industri refrigerasi dan institusi penelitian berbasis industri telah meneliti pengganti refrigeran kelompok halorkarbon (CFC) dan HCFC (*Hydro Chloro Fluoro Carbon*) yang merupakan BPO (Bahan Perusak Ozon) (Watanabe dan Widiatmo, 1997).

Menindaklanjuti konvensi tersebut diatas, HFC (*Hydro Fluoro Carbon*)-134a (R134a) telah dikembangkan oleh berbagai industri kimia sebagai pengganti CFC R12 pada berbagai penerapannya. Beberapa kekurangan R134a antara lain GWP (*Global Warming Potensial*) masih tinggi, bukan *drop in substitute* (pengganti langsung), serta sifatnya higroskopik sehingga membutuhkan oli ester sintetik khusus agar tidak merusak kompresor (Suwono, 2000).

Alternatif pengganti lain salah satunya adalah refrigeran hidrokarbon. Refrigeran hidrokarbon pada dasarnya dapat diproduksi dari propana dan butana. Refrigeran ini dapat digunakan sebagai pengganti langsung tanpa penggantian komponen (*drop in substitute*), ODP nol dan GWP yang sangat rendah dan dapat diabaikan (*negligible*), lebih hemat energi (*energy save*) 5 - 25 %, relatif tidak terlalu mahal, bahan baku tersedia di Indonesia dan secara teknik

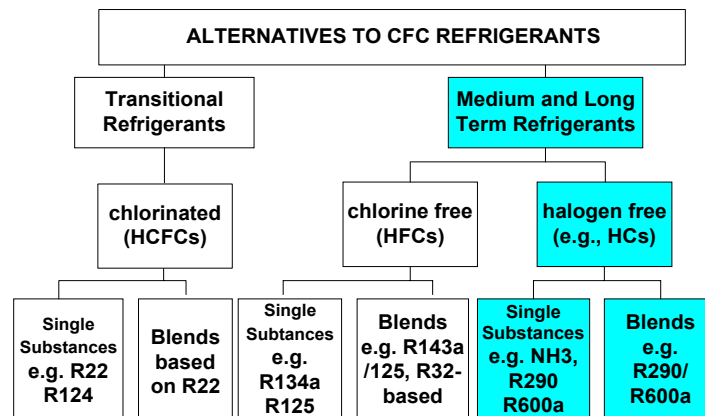
dapat diproduksi di Indonesia (Pasek dan Tandian, 2000). Meskipun refrigeran hidrokarbon memiliki berbagai kelebihan, namun refrigeran ini belum begitu dikenal luas di Indonesia, sehingga belum banyak diaplikasikan pada perangkat pengkondisian udara. Kelemahan refrigeran jenis ini terutama adalah sifat *flammability*-nya, namun cukup aman digunakan jika penggunaannya sesuai standar keamanan yang telah ditetapkan.

2. Fundamental

Refrigeran alternatif dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar seperti ditunjukkan pada gambar 1, yaitu refrigeran peralihan/servis dan refrigeran alternatif jangka menengah/panjang. Refrigeran peralihan pada umumnya terdiri dari refrigeran HCFC atau HFC dan campuran-campurannya. Refrigeran yang termasuk dalam kelompok halokarbon mempunyai satu atau lebih atom dari salah satu halogen yang tiga (klorin, fluorin, dan bromin). Refrigeran alternatif jangka menengah didominasi oleh refrigeran kelompok HFC dan campuran-campurannya. Refrigeran alternatif jangka menengah didominasi oleh refrigeran bebas halogen.

Refrigeran dapat dikelompokkan ke dalam jenis senyawa seperti senyawa hidrokarbon, senyawa anorganik, dan senyawa halokarbon. Senyawa halokarbon merupakan senyawa sintetik yang diturunkan dari senyawa hidrokarbon. Senyawa ini biasa juga disebut sebagai senyawa hidrokarbo-fluorinated (*fluorinated hydrocarbons*). Oleh sebab itu pembagian kelompok refrigeran tidak dilakukan menurut kelompok senyawa tetapi menurut ANSI/ASHRAE Standard 34 –1992 dan 34a–1993 dilakukan berdasarkan nomor refrigeran.

Seperti telah disebutkan di atas refrigeran halokarbon diturunkan dari refrigeran hidrokarbon. Senyawa dasar hidrokarbon yang biasa digunakan adalah metana, etana dan propana. Senyawa hidrokarbon ini terdiri dari atom-atom karbon dan hidrogen. Refrigeran halokarbon adalah senyawa hidrokarbon yang satu atau beberapa atom hidrogennya digantikan oleh elemen halogen yaitu klorin (Cl) dan atau fluorin (F), dengan demikian dari metana, etana, dan propana dapat diturunkan berbagai jenis refrigeran halokarbon. Refrigeran halokarbon yang diturunkan dari metana disebut sebagai refrigeran halokarbon gugus turunan metana dan demikian pula halnya dengan gugus turunan etana dan gugus turunan propana.



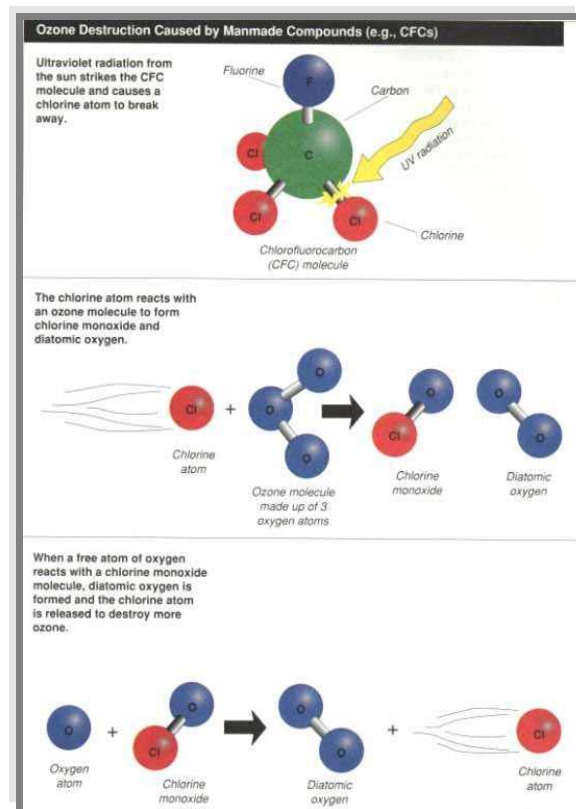
Gambar 1. Diagram pengelompokan refrigeran alternatif

Sifat-sifat yang dipertimbangkan dalam memilih refrigeran, adalah: *sifat kimia*, *sifat fisik* dan *sifat termodinamik*. Berdasarkan sifat-sifat kimianya refrigeran yang baik : tidak beracun, tidak bereaksi dengan komponen refrigerasi, dan tidak mudah terbakar, serta tidak berpotensi menimbulkan pemanasan global (GWP rendah) dan tidak merusak lapisan ozon (ODP rendah). Hal ini diperlukan agar kelestarian lingkungan terjaga, karena lapisan ozon di Stratosfir berfungsi melindungi bumi dari radiasi sinar ultra violet yang berbahaya (antara lain dapat menimbulkan kanker kulit, dapat membunuh phytoplankton yang merupakan bagian dari rantai

kehidupan laut). Berdasarkan sifat fisik dan termodinamikanya refrigeran yang baik mampu menghasilkan kapasitas refrigerasi per satuan daya kompresi yang tinggi.

Sifat-sifat fisik dan termodinamik refrigeran yang mempengaruhi daya kompresi dan kapasitas refrigerasi, adalah:

1. **Tekanan penguapan** : refrigeran sebaiknya mempunyai tekanan penguapan yang relatif tinggi, karena temperatur refrigeran juga tinggi, sehingga untuk kompresor yang sama dapat diperoleh kapasitas refrigerasi yang lebih besar.
2. **Tekanan pengembunan** : refrigeran dengan tekanan pengembunan rendah lebih diinginkan dalam sistem refrigerasi, karena rasio kompresinya menjadi lebih kecil dan daya kompresor yang dibutuhkan untuk kompresi pun menjadi kecil, selain itu mesin refrigerasi bekerja lebih aman, karena kemungkinan terjadinya kebocoran, atau kerusakan pada saluran refrigeran menjadi kecil.
3. **Kalor laten penguapan dan volume spesifik** : refrigeran, dengan kalor laten penguapan yang besar dan volume spesifik fasa uap yang kecil, lebih diinginkan, karena pada sistem dengan kapasitas refrigerasi yang sama laju massa refrigeran menjadi lebih kecil. Dengan demikian untuk kapasitas refrigerasi yang sama diperlukan ukuran unit refrigerasi yang lebih kecil.
4. **Konduktivitas termal**: sifat ini mempengaruhi kinerja penukar kalor (evaporator dan kondensor). Refrigeran, dengan konduktivitas termal tinggi, lebih diinginkan dalam suatu sistem refrigerasi. Oleh karena dapat menghasilkan kinerja penukar kalor yang baik (pada beda temperatur yang kecil antara penukar kalor (refrigeran) dan lingkungan, mampu menghasilkan laju perpindahan panas yang besar).
5. **Viskositas refrigeran**: refrigeran dengan viskositas rendah yang lebih baik dalam sistem refrigerasi, karena dalam alirannya refrigeran akan mengalami tahanan yang kecil. Hal tersebut akan memperkecil rugi aliran dalam pipa.



Gambar 2. Reaksi penghancuran ozon oleh CFC

Adanya kesetimbangan dalam reaksi Siklus Chapman, ketebalan lapisan ozon dalam keadaan normal praktis tidak berubah. Namun dari penelitian yang diawali oleh Paul J. Crutzen, ozon dalam lapisan Stratosfer dapat terurai oleh oksida nitrogen yang berhasil memasuki lapisan stratosfer. Beberapa tahun setelah penelitian yang dilakukan Paul J. Crutzen, F., Sherwood Rowland dan Mario J. Molina mengamati bahwa senyawa CFC juga dapat mempercepat proses penguraian ozon menjadi oksigen. Unsur chlor yang terdapat dalam senyawa CFC merupakan salah satu katalis penghancur ozon yang terbaik. Selain chlor, atom hidrogen dan nitrogen juga dapat menjadi katalis perhancur ozon. Pada gambar 2 dapat dilihat proses penguraian lapisan ozon oleh senyawa CFC-12 (dichloro-difluoro-carbon, CCl_2F_2) seperti yang dirumuskan oleh Rowland dan Molina. Saat terkena radiasi ultra ungu, molekul CFC-12 terurai menjadi radikal CClF_2 dan radikal Cl. Radikal Cl dapat bertemu dengan molekul ozon dan 'mencuri' satu atom oksigen darinya, sehingga terbentuk molekul oksigen dan chlor-monoksida. Senyawa chlor-monoksida ini tidak stabil, sehingga pada saat bertemu radikal oksigen (dari hasil peruraian molekul oksigen oleh radiasi ultra ungu) akan membentuk molekul oksigen dan radikal chlor. Hal ini akan mencegah terbentuknya ozon dari reaksi radikal oksigen dan oksigen (2 atom O). Radikal chlor ini dapat bereaksi kembali dengan molekul ozon dan mengulangi siklus reaksi di atas. Dari uraian tersebut terlihat bahwa selain menguraikan ozon, radikal chlor juga menghambat pembentukan radikal oksigen menjadi ozon. Dengan demikian kehadiran radikal chlor dalam lapisan stratosfer merupakan perusak ozon yang sangat efektif. Satu radikal chlor dapat merusak 10.000 hingga 100.000 molekul ozon sebelum punah.

3. Metodologi

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan studi literatur yang berhubungan dengan topik penghematan energi menggunakan refrigeran hidrokarbon pada mesin refrigerasi atau perangkat pengkondisian udara (AC), didukung beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan. Literatur bersumber baik dari jurnal, buku teks, diktat, buku manual maupun dari internet.

4. Hasil dan Pembahasan

Hidrokarbon (HC) merupakan salah satu refrigeran alternatif pengganti refrigeran halokarbon (R-12 dan R-22) karena beberapa kelebihan yang dimiliki yaitu:

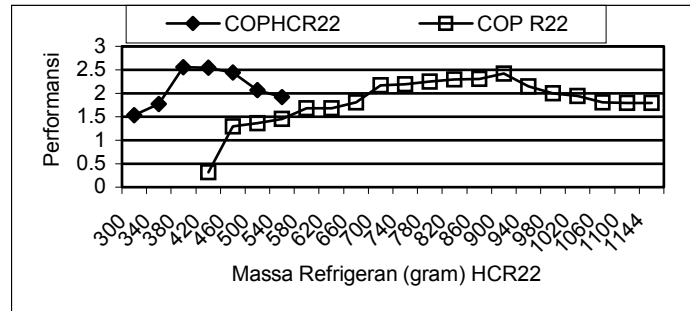
1. Ramah lingkungan, yaitu tidak merusak lapisan ozon ($\text{ODP} = 0$), tidak menimbulkan pemanasan global (GWP kecil). Dapat dilihat pada tabel 1 (Pasek dan Tandian, 2000).

Tabel 1. ODP and GWP refrigeran hidrokarbon (HCR-12) dengan beberapa refrigeran lainnya

Refrigerant	ODP	GWP
HCR-12	0	3
R-11	1	3500
R-12	1	7300
R-134a	0	1300

2. Pengganti langsung (*drop-in substitute*) tanpa perubahan komponen, sehingga untuk mesin refrigerasi yang sebelumnya menggunakan refrigeran R-12 maka refrigeran hidrokarbon dapat langsung menggantikannya tanpa melakukan penggantian komponen. Beberapa refrigeran tidak dapat langsung menggantikan refrigeran lainnya, seperti R-134a tidak dapat langsung digunakan untuk menggantikan R-12 tanpa penggantian beberapa komponen.
3. Pemakaian refrigeran lebih sedikit. Masa refrigeran hidrokarbon yang digunakan pada suatu mesin refrigerasi lebih sedikit dibandingkan jika menggunakan refrigeran lainnya. Pada

gambar 3, dapat dilihat bahwa masa refrigeran hidrokarbon yang digunakan lebih sedikit dibanding refrigeran halokarbon. Hanya sekitar 67 % dan 57.78 % dibandingkan dengan R-12 dan R-22 (tabel 2 dan tabel 3). Pengujian ini dilakukan pada mesin pendingin hibrida di Lab. Perawatan dan Perbaikan Teknik Mesin UNRI (Azridjal, 2006).



Gambar 3. Perbandingan pengisian massa refrigeran antara HCR-22 dan R-22 pada sistem AC refrigerasi hibrida

- Lebih hemat energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa refrigeran hidrokarbon (HCR-12) lebih hemat energi antara 5–25 %, dibandingkan R-12, hal ini karena jumlah refrigeran yang digunakan lebih sedikit, sehingga kerja kompresor lebih ringan, yang akan menghemat pemakaian energi listrik. Pada tabel 2 dan tabel 3 dapat dilihat perbandingan performansi HCR-12 dan R-12 yang dilakukan di Laboratorium Termodinamika, Pusat Antar Universitas ITB dan antara HCR-22 dan R-22 di Lab. Perawatan dan perbaikan Teknik Mesin UNRI. Tabel 2 dan 3 menunjukkan bahwa terjadi penghematan konsumsi energi listrik pada penggunaan refrigeran hidrokarbon sebesar 25 %, hal ini terjadi karena massa jenis refrigeran hidrokarbon lebih kecil, kapasitas kalornya lebih besar, namun konduktivitas termalnya cairannya lebih tinggi.

Tabel 2. Perbandingan Performansi HCR-12 dan R-12 Pada Lemari Es Rumah Tangga. Laboratorium Termodinamika, Pusat Antar Universitas ITB.

Parameter	HCR – 12	R-12	Perubahan (%)	
			Naik	Turun
Refrigeran (g)	33	100		67
COP	3.0	2.2	35	
Rasio Kompresi	5.8	6.7		13.4
Konsumsi energi (W)	100.8	126		25

Tabel 3. Perbandingan Performansi HCR-22 dan R-22 Pada mesin refrigerasi hibrida (Azridjal, 2006).

Parameter	HCR – 22	R-22	Perubahan (%)	
			Naik	Turun
Refrigeran (g)	380	900		57.78
COP	2.548	1.834	38.93	
Rasio Kompresi	5.8	6.7		13.4
Konsumsi energi (W)	763	1019		25.12

- Memenuhi standar internasional yang dikeluarkan oleh Independent Australian Hydrocarbon Refrigeration Association (IAHRA), Greenchill Technology Association (GTA) Inc., Australia serta Calor Gas, UK, seperti dapat dilihat pada tabel 4.

Kelemahan hidrokarbon yang menonjol adalah mudah terbakar, namun hal ini tidak terlalu mengkhawatirkan jika prosedur keamanan penggunaan hidrokarbon diterapkan dengan baik serta telah diakui dan diatur oleh berbagai standar internasional yaitu : BS4434:1995 (Inggris), AS/NZ1677:1998 (Australia / New Zeland) dan DIN 7003 (Jerman).

Refrigeran hidrokarbon dapat terbakar jika bercampur dengan udara pada komposisi yang tepat dan titik nyalanya tercapai. Komposisi yang harus dihindari ini adalah jika hidrokarbon berada pada komposisi 2% –10% volume. Kedua kondisi ini, komposisi dan titik nyalanya, tidak boleh terjadi secara serentak baik didalam sistem refrigerasi maupun diluar sistem. Agar tidak mudah terbakar refrigeran hidrokarbon dapat diberi substansi tambahan agar sifat mampu nyalanya turun (LFS – *Low Flammable Substance*). Penelitian refrigeran hidrokarbon dengan LFS sudah mulai banyak dilakukan, dan beberapa sudah mulai digunakan serta dipatenkan.

Tabel 4. Perbandingan komposisi HCR-12 dan HCR-22 dengan Standar Internasional

Komponen	Unit	Standar	HCR – 12	HCR – 22
Hidrokarbon jenuh	%	> 99.5	99.7	99.95
• Etana	%	< 0.5	0.01	0.35
• Pentana	%	< 0.5	< 0.1	< 0.1
Hidrokarbon tak jenuh	%	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Karbon dioksida CO ₂	%	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Air	ppm	< 10	2.3	1.8
Kandungan Belerang	ppm	< 10	< 1	< 1

Perbandingan sifat-sifat fisik dan kimia, serta batas nyalanya dari refrigeran hidrokarbon terhadap refrigeran lainnya dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Refrigeran alternatif sebagai pengganti R-12

Parameter	Refrigeran			
	R-12	R-134a	Propana/Iso-butana	Iso-butana
Rumus kimia	CF ₂ Cl ₂	CH ₂ FCF ₃	C ₃ H ₈ /C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₁₀
Temperatur kritis	112,0	101,1	96,0	135,0
Titik didih pada 1 atm [°C]	-29,8	-26,16	-30	-11,7
Massa jenis pada -25°C				
- uap jenuh [kg/m ³]	7,57	5,50	3,14	1,16
- cair jenuh [kg/m ³]	1472,0	1371,0	584,4	608,3
Batas nyala [% di dalam udara, 20°C, 1 atm]	-	-	1,8 - 9,0	1,4 - 8,4
ODP *	1,0	0	0	0
GWP #	3,1	0,27	< 0,01	< 0,01

* ODP relatif terhadap R-12 = 1

GWP relatif terhadap CO₂ = 1

Contoh Penghematan Energi menggunakan Refrigeran Hidrokarbon

1. Penghematan energi di Hotel Grand Melia Jakarta (Pasek, 2004)

Tabel 6 memperlihatkan data konsumsi energi listrik antara 25 Desember 2002 – 27 Januari 2003 pada Hotel Grand Melia Jakarta. Dari tabel 6 dapat kita lihat bahwa pemakaian energi listrik termasuk untuk kebutuhan AC. Pada AC yang menggunakan R-22 konsumsi energi listriknya adalah 194,4 kW dan pada periode yang sama AC yang menggunakan HCR-22 konsumsi energi listriknya adalah 161,82 kW. Sehingga terjadi penghematan konsumsi energi listrik sebesar 32,58 kW (16,76%), dimana daya yang dapat dihemat adalah sekitar 25178.48

kWh, atau kalau dirupiahkan terjadi penghematan pengeluaran untuk membayar pemakaian energi listrik sebesar Rp. 11.078.529,30 selama lebih 1 bulan pemakaian (34 hari).

Tabel 6. Data Konsumsi Energi Listrik 25 Desember 2002 – 27 Januari 2003

Chiller	R-22	HCR-22
Date of Observation	25/12/2002 to 27/1/2003	
Days	34 days	
kWh meter	859.00	781.80
hour meter		
Σ running hour (compressor 7 unit)	4610.90	5313.80
Average operating hour	19.37	22.32
Operating time of lead comp. h/day	20.79	22.73
Electric Consumption, kW	194.40	161.82
Electric rate difference, kW	32.58	
power Saving, kWh	25178.48	
Δ kWh x Rp. /kWh	11078529.30	

5. Kesimpulan

Berdasarkan uraian di atas tentang penghematan energi menggunakan refrigeran hidrokarbon sebagai alternatif pengganti refrigeran halokarbon ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Lebih ramah lingkungan, tidak merusak lapisan ozon (ODP =0) dan tidak menimbulkan efek pemanasan global (GWP kecil).
2. Pengganti langsung (*drop in substitute*), tanpa perubahan komponen mesin.
3. Lebih hemat energi antara 5% – 25 %, sehingga mengurangi biaya pemakaian listrik.
4. Pemakaian refrigeran lebih sedikit, sehingga kerja kompresor berkurang dan kompresor lebih awet pemakaiannya.
5. Sifat mampu nyalanya (*flammability*) dapat dikurangi dengan penambahan LFS (Low Flammable Substance).

Daftar Pustaka

- [1] Aziz, Azridjal, (2006), "Performance of an Air Conditioning as Hybrid Refrigeration Machine Uses Hydrocarbons as Substitutes for Halogenated Refrigerant", Proceedings HEDS Seminar on Science and Technology (HEDS SST 2006), Jakarta.
- [2] Pasek, A.D., Tandian, N.P. (2000), "Short Course on the Applications of Hydrocarbon Refrigerants", International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion 2000, Bandung, Indonesia.
- [3] Stoecker, W.F. and Jones, J.W., (1996), *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, Edisi Kelima*, Penerbit Erlangga, Jakarta., hal 282.
- [4] Suwono, Aryadi, (2000), "Hydrocarbon Refrigerants in Indonesia- An Overview", Proceedings International Conference on FTEC 2000, Bandung
- Setyawan, H., (1996), "Flow Patterns of Coal-Water Mixture in an Agitated Tank", *Master Thesis*, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan.
- [5] Watanabe, K., Widiatmo, J.V., (1997), "Alternative Refrigerants and Their Thermophysical Properties Research", Proceedings Seminar on ODS Phase-Out: Solutions for the Refrigeration Sector, Kuta, Bali.
- [6] www.hickmanplumbing.com, tanggal akses 4 Juli 2005.

Filename: Makalah_Azridjal_Aziz_ok[1]
Directory: C:\Documents and Settings\bundo\My Documents\My Documents
Template: C:\Documents and Settings\bundo\Application Data\Microsoft\Templates\Normal.dot
Title: KETENTUAN/FORMAT MAKALAH
Subject:
Author: koor_pen
Keywords:
Comments:
Creation Date: 20/11/2006 13:37:00
Change Number: 4
Last Saved On: 02/12/2006 13:51:00
Last Saved By: bundo
Total Editing Time: 6 Minutes
Last Printed On: 02/12/2006 13:51:00
As of Last Complete Printing
Number of Pages: 8
Number of Words: 3.315 (approx.)
Number of Characters: 18.897 (approx.)

