

**M8-002 Hasil Pengukuran Penghematan Energi**

**Pada Penggantian R 22 Dengan R 290**

**Rusdy Malin, Bambang Suryawan, Budihardjo, Wardjito**

Laboratorium Teknik Pendingin dan Tata Udara  
Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia  
Kampus Baru Universitas Indonesia Depok 16424  
Telp. 62 21 7270032 Pes. 234, Fax. 62 21 7270033  
Email : [malin@cbn.net.id](mailto:malin@cbn.net.id)

**Abstrak**

*Dengan adanya isu pemanasan global dan penghematan energi, maka sudah banyak produk-produk yang disosialisasikan ke masyarakat alternatif-alternatif untuk mengantisipasi isu tersebut. Namun demikian sejauh ini sosialisasi tersebut masih dalam skala demo, percobaan dan volunteer, yang mana hal itu belum menghasilkan sambutan yang signifikan pada masyarakat luas. Demikian juga halnya dengan refrijeran pada sistem tata udara, meskipun sudah diketahui bahwa 60 % - 70 % pemakaian energi listrik pada gedung dikonsumsi oleh sistem udara tersebut.*

*Dalam makalah ini disampaikan hasil pengukuran penghematan yang diperoleh pada suatu industri yang cukup signifikan karena dilakukan untuk lebih dari 100 unit AC split dengan tujuan agar tingkat kepercayaan masyarakat dapat meningkat dan tentunya secara nasional akan diperoleh penghematan energi yang cukup besar.*

*Selain dari pada itu mengingat bahwa R 290 mempunyai sifat flammable untuk konsentrasi tertentu didalam ruangan maka diuraikan juga langkah-langkah, prosedur dan peralatan-peralatan penunjang untuk melakukan pengisian terhadap unit AC yang diisi dengan R 290.*

*Agar masyarakat pengguna refrijeran tidak salah dalam pemilihan jenis refrijeran yang ramah lingkungan dalam makalah ini juga dilengkapi dengan sifat-sifat, karakteristik dan properties refrijeran yang baik dan benar.*

*Kata kunci : Refrigerant.*

**Pendahuluan.**

Bahan utama yang sering digunakan sebagai refrijeran pada mesin pendingin adalah *chloroflourocarbon* (CFC). Namun menurut penelitian, bahan CFC akan merusak lapisan ozon bila terlepas di udara bebas sehingga akan merugikan kehidupan makhluk hidup di bumi. Orang kemudian berusaha mencari alternatif dengan mengganti refrijeran berbahan CFC dengan refrijeran *hydrochloroflourocarbon* (HCFC) yang mempunyai nilai ODP ( *Ozone Depletion Potential* ) yang lebih rendah dari CFC. Tetapi pada bulan September 1987 diadakan pertemuan di Montreal, Kanada dengan dihadiri perwakilan dari 30 negara untuk membahas pengaruh bahan refrijeran terhadap kerusakan lapisan ozon. Pada pertemuan ini dihasilkan suatu peraturan yang dikenal dengan Protokol Montreal yang

mengatur mengenai ODP. Pada tahun 1990 diadakan pertemuan lanjutan di London untuk menyempurnakan Protokol Montreal dan 70 negara juga bergabung. Pada tahun 1992 diadakan kembali pertemuan di Copenhagen untuk menyempurnakan Protokol Montreal dan sekitar 100 negara ikut bergabung termasuk Indonesia.

Setelah pembatasan produksi refrijeran CFC dan HCFC, orang kemudian mencari bahan lain untuk digunakan sebagai refrijeran, salah satunya adalah refrijeran *hydroflouorocarbon* HFC yang memiliki nilai ODP nol. Namun refrijeran ini ternyata memiliki nilai potensi pemanasan global / *Global Warming Potensial* (GWP) yang tinggi sehingga menyebabkan efek rumah kaca apabila terlepas ke atmosfer. Oleh karena itu, dalam Kyoto Protocol terdapat aturan mengenai emisi pemanasan global yang menyebabkan adanya pembatasan produksi dan penggunaan refrijeran yang memiliki nilai GWP tinggi.

CFC, HCFC, HFC memiliki nilai GWP yang tinggi sehingga penggunaannya akan dibatasi dan perlahan-lahan mulai dihilangkan sehingga perlu adanya alternatif bahan refrijeran yang lain sebagai penggantinya. Pemerintah mempunyai komitmen untuk menghentikan import CFC sebagai salah satu jenis bahan perusak ozon (BPO) pada akhir tahun 2007, seperti yang tercantum dalam surat keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan No.789/MPP/kep/12/2002.

Hal ini sejalan dengan usaha Kementerian Negara Lingkungan Hidup yang mana disampaikan oleh Deputi Bidang Peningkatan Konservasi SDA dan Pengendalian Kerusakan Lingkungan pada seminar "**Tantangan Indonesia Menuju Penghapusan CFC Tahun 2007**" di Jakarta pada tanggal 17 Juni 2006 lalu.

Salah satu pengganti yang sudah dilakukan pada masyarakat saat ini adalah dengan hydrocarbon jenis R 290 (propane) karena memiliki nilai ODP nol dan nilai GWP yang sangat rendah. Selain itu refrijeran R 290 memiliki karakteristik yang mirip dengan ketiga jenis refrijeran di atas sehingga bisa digunakan langsung sebagai pengganti refrijeran CFC, HCFC, HFC tanpa memerlukan perubahan sistem (dalam tulisan ini khusus untuk AC jenis split maupun window unit).-

## **Metodologi.**

Penggantian dilakukan dengan melakukan cara-cara retrofitting yang benar dan dilakukan di Pabrik Saniter Merk TOTO Cikupa – Tangerang, menggunakan AC split yang berjumlah hampir 200 unit berbagai merk, dimana refrijeran yang digunakan sebelumnya pada AC split adalah R22 yang akan diganti dengan hidrokarbon yang sesuai dengan karakteristik R22, yaitu R 290 (propane), dengan merk SAFE diproduksi oleh ECOZONE di Haarleem negeri Belanda.

# SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) - VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-14 Agustus 2009*

Adapun sifat fisika dan themodinamika dari R 290 adalah :

No.	Data Refrigerant (Metric Units – Weight Basis)	SAFE R 290 ( propane )
1.	Boiling Point @ atmosphere ( °C )	-42.1
2.	Specific heat of liquid @ 30 °C (kJ/kg.K)	2.80
3.	Specific heat of vapor at constant pressure @ 30 °C at 1 atm ( kJ/kg.K)	2.12
4.	Ratio of specific heat ( Cp/C ) @ 1 atm 30 °C	1.10
5.	Density of liquid @ 30 °C (Mg/m <sup>3</sup> )	0.484
6.	Density of saturated vapor at boiling point ( kg/ m <sup>3</sup> )	2.40
7.	Latent heat of vaporization at boiling point (kJ/kg)	426
8.	Thermal conductivity of liquid @ 20 °C ( W/m. °C )	0.094
9.	Thermal conductivity of vapor @ 30 °C 1 atm ( W/m. °C )	0.019
10.	Surface tention @ 25 °C ( mN/m )	7.03
11.	Viscosity of liquid @ 30 °C (centiposes)	0.09
12.	Viscosity of vapor @ 30 °C (centiposes)	0.008

Selain dari pada itu SAFE telah memenuhi Standard Internasional dari Lembaga Internasional yaitu :

- Netherland Standard Practice: NPR 76000,
- British Standard : BS 4434
- Germany Standard : DIN 7003
- European Norm : PREN 378.

Lembaga-Lembaga tersebut dapat menerbitkan “Certificate of Origin & Quality”.

**Pemilihan Refrigerant Hydrocarbon ( HC ).**

Pemilihan refrigerant hydrocarbon ditentukan oleh kemiripan nilai tekanan uap refrigerant hydrocarbon dengan tekanan uap refrigerant yang akan digantikan (dapat dibandingkan dari p-h diagram), sehingga tidak mempengaruhi sistem yang sudah ada. Sebagai panduan untuk pemilihan refrigerant hydrocarbon berikut diberikan jenis aplikasi dan juga padanan refrigerant HCFC dengan HC.

Cakupan aplikasi dan padanan refrigerant HCFC dengan refrigerant HC:

<b>Refrigerant</b>	<b>Application Range</b>	<b>Replacement</b>
R 600a (Isobutane)	High/medium temperature; domestic appliances	R 12, R 134a
R 600a/R 290 (blend)	High/medium temperature; Commercial, automotive, domestic	R 12, R 134a
R 290 (Propane)	High/medium/low temperature; Commercial, Industrial, Freezers, Air Conditioning, Heat Pumps.	R 22, R 404a, R 407c, R 507 a
R 1270 ( Propylene or Propene)	High/medium/low temperature; Commercial, Industrial and Process refrigeration, Chillers Air Conditioning, Heat Pumps.	R 22, R 404a, R 407c, R 507 a
R 290/R 170 (blend)	High/medium/low temperature; Commercial, Industrial and Process refrigeration, Chillers Air Conditioning, Heat Pumps.	R 22, R 404a, R 407c, R 507 a
R 170 (Ethane)	Low temperature cascade systems	R 13, R 22, R 503

Sumber: ACRIB Guidelines for the use of Hydrocarbon Refrigerants in Static Refrigeration and Air Conditioning System, 2001.

**Batas tingkat nyala hydrocarbon dan suhu autoignition.**

Perlu juga untuk mengetahui batas tingkat nyala bawah (LFL = Lower Flammability Limit ) dan suhu nyala sendiri (Auto ignition temperature) refrigerant hydrocarbon.

Untuk beberapa jenis refrigerant hydrocarbon adalah sebagai berikut:

Refrigerant	Number	Lower Flammability Limit		Auto ignition Temperature ( °C )
		By Volume ( % )	By Mass (kg/ m <sup>3</sup> )	
Ethane	R 170	3.0	0.037	515
Propane	R 290	2.1	0.038	470
Iso-butane	R 600a	1.8	0.043	460
Propylene	R 1270	2.5	0.043	455

Sumber: ACRIB Guidelines for the use of Hydrocarbon Refrigerants in Static Refrigeration and Air Conditioning System, 2001.

**Jumlah Refrigerant (Refrigerant Charge).**

Yang jadi batasan dalam penggunaan refrigerant hydrocarbon adalah: jumlah refrigerant, fungsi gedung dan volume ruangan.

Menurut BS 4434; 1995 dan BS EN378 Annex C Part 1 adalah sebagai berikut :

Category	Examples	Requirements
A (domestic/ public)	Hospitals, prisons, theatres, schools  Supermarkets, hotels, dwellings.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 1.5 kg persealed system</li> <li>• &lt; 5 kg in special machinery</li> </ul> Or in the open air for Indirect systems
B (commercial/ private)	Offices, Small Shops  Restaurants, places for general	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 2.5 kg persealed system</li> <li>• &lt; 10 kg in special</li> </ul>

	Manufacturing and where people work	machinery Or in the open air for Indirect systems
C (industrial/ restricted)	Cold-rooms, dairies Abattoirs, non-public areas of Supermarkets, plant rooms	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 10 kg in human occupied spaces</li> <li>• &lt; 25 kg if high pressure side (except air cooled condenser) is located in a special machinery room or in the open air.</li> <li>• No limit if all refrigerant is contained in a special machinery room or in the open air.</li> </ul>

Sumber: ACRIB Guidelines for the use of Hydrocarbon Refrigerants in Static Refrigeration and Air Conditioning System, 2001.

Sebuah sistem dengan jumlah refrigerant hydrocarbon sebanyak 0.15 kg atau kurang bisa diaplikasikan pada semua volume ruangan. Pada sistem yang menggunakan lebih dari 0.15 kg refrigerant hydrocarbon harus memenuhi persyaratan, yaitu apabila terjadi kebocoran sistem, maka konsentrasi hydrocarbon tidak melebihi batas yang telah ditentukan. Batas praktis dari refrigerant hydrocarbon R 290 yaitu sekitar 0.008 kg/m<sup>3</sup>), untuk ruangan yang dibawah tanah diperbolehkan hanya sampai 1 kg, meskipun ruangan itu sangat besar.

Jumlah refrigerant hydrocarbon yang diperbolehkan dalam volume ruang dapat dihitung dengan persamaan :

$$M_r = 0.2 \times (LFL) \times V_{\text{room}}$$

Dimana :

**M<sub>r</sub>** : jumlah maksimum refrigerant hydrocarbon yang diperbolehkan ( kg ).

**LFL** : lower flammability limit dari refrigerant hydrocarbon ( kg/m<sup>3</sup> ).

**V<sub>room</sub>** : Volume ruangan (m<sup>3</sup> ).

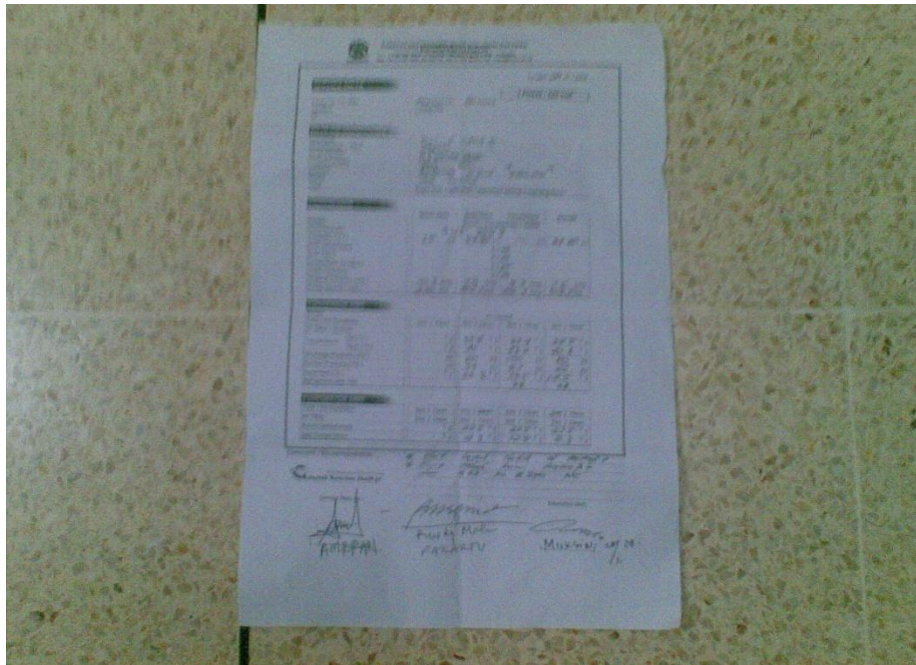
## Pengukuran penghematan.

Yang menjadi bagian terpenting bagi pemilik unit AC untuk melakukan penggantian (retrofit) refrigerant adalah dengan penggantian tersebut selain memenuhi ketentuan peraturan tentang pemanasan global, salah satunya UU No.23/ 1997 Tentang Pelarangan Penggunaan dan Peredaran Refrigerant Halocarbon (CFC) sebagai bahan pendingin AC, Kulkas dll ,juga ternyata penggantian dengan R 290 diperoleh juga penghematan energi listrik. Minimum penghematan yang diperoleh adalah 10 % sangat tergantung kepada kondisi unit AC yang akan di retrofit. Namun mengingat hydrocarbon adalah bahan yang mudah terbakar diperlukan perlakuan-perlakuan khusus (assessment) sebelum dilakukan penggantian.

Bagian yang sangat penting yang perlu diperhatikan adalah lokasi-lokasi sistem yang sangat mungkin menimbulkan panas atau percikan api, misalnya pada daerah-daerah terminal listrik pada compressor,kapasitor, kontaktor, diharuskan untuk mengisolasi bagian-bagian ini dengan bahan isolator yang memenuhi spesifikasi.

Agar tidak terjadi hal-hal yang dapat merugikan seyogyanya hanya orang-orang yang sudah terlatih dan mempunyai sertifikat diperbolehkan menangani refrigerant hydrocarbon.

Untuk dapat mengetahui besarnya penghematan actual setelah retrofit diperlukan pendataan baik sebelum dan sesudah retrofit.



Contoh formulir pendataan unit AC yang sudah di retrofit.

Untuk setiap unitnya akan bisa langsung terbaca besarnya penghematan yang diperoleh yaitu dari selisih besaran Ampere nya.

Foto berikut memperlihatkan beberapa aktifitas dalam melakukan assessment dan retrofit.

**Pendataan**



**Assesment**



**Kompresor sebelum di isolasi**



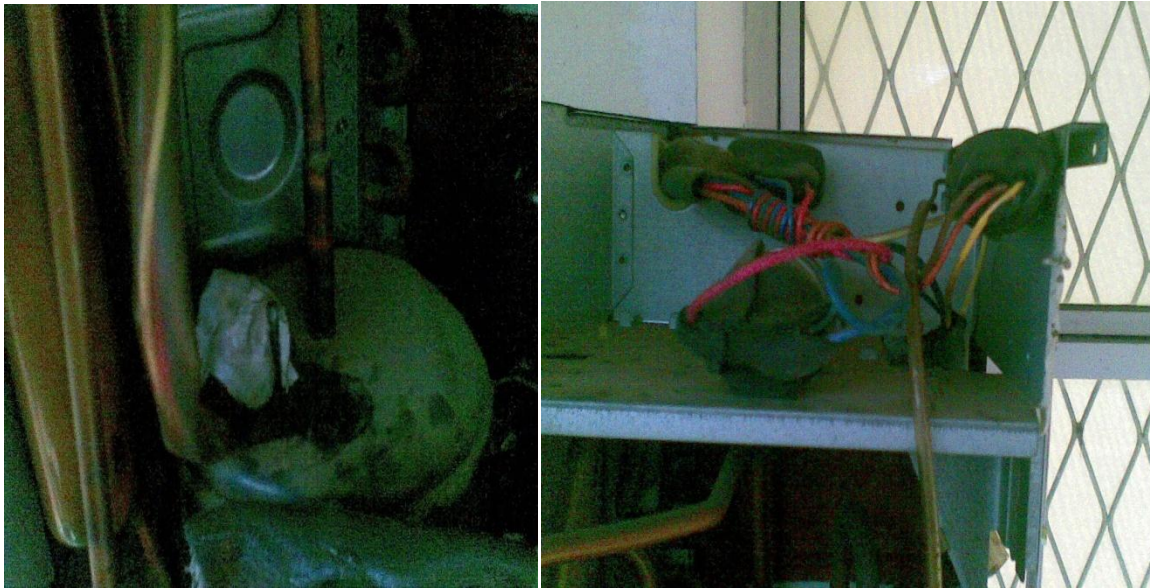
**Kapasitor sebelum di isolasi**



**Kompresor setelah diisolasi.**

**Kapasitor setelah diisolasi.**





**Kesimpulan.**

Ternyata dari hasil pengukuran dapat diketahui bahwa refrigerant hydrocarbon R 290 sebagai pengganti refrigerant R 22 pada uit AC split memiliki beberapa keunggulan yang antara lain :

1. Refrigerant hydrocarbon R 290 memiliki nilai perusak ozon ( ODP ) nol,yang berarti tidak merusak ozon dan memiliki nilai pemanasan global ( GWP ) yang sangat rendah rendah yaitu 8. Perbandingannya seperti berikut :

No.	Parameter	R 134a	R 22	R 290
1.	Ozone Depleting Potential (ODP)	0	0.05	0
2.	Global Warming Potential ( GWP )	3100	4100	8
3.	Atmospheric Life Time (years)	16	15	<<1

2. R 290 dapat menggantikan R 22.
3. R 290 lebih hemat energy listrik dibandingkan R 22.
4. Perlu sosialisasi pengetahuan akan refrigerant hydrocarbon untuk keperluan sehari-hari sama halnya penggunaan gas hydrocarbon LPG untuk memasak.
5. Training dan Sertifikasi bagi retrofitter teknisi service AC dan sejenisnya.

**Daftar Pustaka.**

1. Air Conditioning and Refrigeration Industry Board (ACRIB), 2001, *Guidelines for the use of Hydrocarbon Refrigerants in Static Refrigeration and Air Conditioning System*.
2. ASHRAE, 1985, *ASHRAE Handbook Fundamentals*, Atlanta ; ASHRAE, Inc.
3. SWISSCONTACT-SMEP Indonesia, 1999, *Perlindungan Ozon Dengan Teknologi Pendingin Hidrokarbon*, Pusat Kajian Refrigerasi dan Tata Udara, Pengabdian Pada Masyarakat (P2M), Jakarta.
4. Whitman, William C, William M. Johnson dan John Tomczyk, 1999, *Refrigeration & Air Conditioning Technology*, Delmar.