

# **HIDROKARBON SEBAGAI PENGGANTI REFRIGERAN FREON DALAM KULKAS YANG RAMAH LINGKUNGAN**

**Cahya Wulandari\*, Pontini, Carnawi**

Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Negeri Semarang

Gedung D4 Sekaran Gunungpati Semarang, Indonesia 50229

[Ayawulandari19@gmail.com](mailto:Ayawulandari19@gmail.com), 087834676476

## **ABSTRAK**

Hidrokarbon sebagai alternatif refrigeran yang tidak ODP dan GWP sehingga kulkas menjadi mesin pendingin yang ramah lingkungan. CFC dapat menyebabkan kerusakan lapisan ozon karena freon melepaskan gas chlorine. Gas chlorine akan menyebabkan kesetimbangan reaksi proses pembentukan dan penghancuran lapisan ozon oleh sinar ultraviolet yang terjadi secara alamiah di stratosphere. Hidrokarbon dapat digunakan sebagai pengganti refrigeran CFC dan HFC karena memiliki beberapa kelebihan, diantaranya : ramah lingkungan, penggantian langsung tanpa perubahan komponen, pemakaian refrigeran lebih sedikit, lebih hemat energi, dan memenuhi standar Internasional. Refrigeran yang sering dipakai adalah propana, isobutana, dan n-butana. Kulkas merupakan mesin pendingin yang prinsip kerjanya mirip mesin kalor, dan merupakan mesin pompa kalor yang menggunakan fluida kerja refrigeran. Komponen utama dari siklus mesin ini ada empat, diantaranya : kompresor, evaporator, kondensor, dan katup ekspansi. Proses yang terjadi dalam mesin ini meliputi kompresi, kondensasi, ekspansi, dan evaporasi. Refrigeran CFC termasuk dalam ODP sedangkan refrigeran HFC memiliki GWP yang tinggi. Hidrokarbon merupakan alternatif refrigeran dalam kulkas yang ramah lingkungan. Kelemahan hidrokarbon adalah senyawa yang mudah terbakar, namun hal ini tidak terlalu mengkhawatirkan jika prosedur penggunaan hidrokarbon digunakan dengan baik. Kata Kunci : CFC; Hidrokarbon; Refrigeran.

## **ABSTRACT**

Hidrokarbon as an alternative refrigerant ODP and GWP not that the refrigerator be environmentally friendly refrigeration. CFC can cause damage to the ozone layer as Freon release chlorine gas. Chlorine gas will cause the equilibrium reaction and the formation process of the destruction of the ozone layer by ultraviolet rays that occur naturally in stratosphere. Hidrokarbon can be used as a substitute for CFC and HFC refrigerants because it has several advantages, including: environmentally friendly, direct replacement with no change in the components, the use of refrigerants more little, more energy efficient, and meet international standards. Refrigerant that is often used is propane, isobutane, and n-butane. The refrigerator is a cooling machine working principle is similar to a heat engine, and an engine that uses the heat pump refrigerant Fluid work. The main components of this machine cycle there are four, including: compressor, evaporator, condenser and expansion valve. The process that occurs in this machine includes compression, condensation, expansion, and evaporation. CFC refrigerants are included in ODP whereas HFC refrigerant has a high GWP. Hydrocarbons are refrigerant alternative eco-friendly refrigerator. Weakness hydrocarbons are flammable compounds, but it is not too worried if the procedures used with good use of hydrocarbons.

Keywords : CFC; Hydrocarbons; Refrigerant.

## **Pendahuluan**

Pada era globalisasi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) semakin pesat. Perkembangan IPTEK tidak hanya terpusat pada satu bidang saja melainkan hampir semua bidang. Salah satunya adalah perkembangan sistem refrigerasi seperti kulkas. Kulkas

dapat kita jumpai di perumahan, perkotaan, kantin, dan minimarket. Dulu kulkas merupakan kebutuhan tersier, dengan berkembangnya zaman kini kulkas seolah menjadi kebutuhan primer.

CFC (Chloro-Fluoro-Carbon) memegang peranan penting dalam sistem refrigerasi sejak ditemukannya pada tahun 1930. Hal ini dikarenakan CFC memiliki properti fisika dan termal yang baik sebagai refrigeran, stabil, tidak mudah terbakar, tidak beracun, dan kompatibel terhadap sebagian besar bahan komponen dalam sistem refrigerasi. Akan tetapi setelah masyarakat mengetahui hipotesis bahwa CFC termasuk Ozone Depleting Substance (ODS), yaitu zat yang dapat menyebabkan kerusakan ozon, masyarakat mulai mencoba memberhentikan pemakaian ODS.

(Raharjo, 2011)

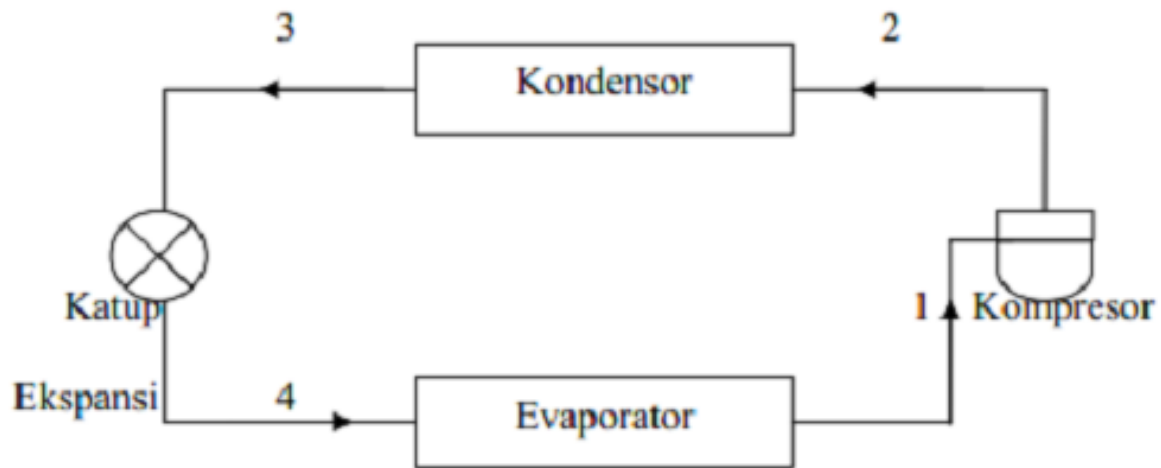
Karena CFC atau freon merupakan zat yang dapat menyebabkan kerusakan ozon, masyarakat harus mencari alternatif sebagai pengganti freon dalam kulkas. Hidrokarbon merupakan salah satu alternatif yang ditawarkan dengan *Ozon depleting Potential* (ODP) nol, dan *Global warming Potential* (GWP) yang dapat diabaikan.

Masalah yang berusaha dipecahkan dalam kegiatan ini ada tiga yaitu : 1) bagaimana prinsip kerja kulkas, 2) bagaimana CFC dapat merusak lapisan ozon, dan 3) bagaimana hidrokarbon dapat digunakan sebagai pengganti freon dalam kulkas yang ramah lingkungan. Mudah-mudahan penjelasan ini dapat menambah pemahaman kita tentang alternatif refrigeran yang tidak ODP dan GWP, serta mesin refrigerasi yang ramah lingkungan.

## **Pembahasan**

Kulkas merupakan salah satu mesin pendingin. Mesin pendingin adalah alat siklus yang prinsip kerjanya hampir sama dengan mesin kalor, hanya saja arahnya berlawanan. Mesin pendingin memindahkan panas dari dalam ruangan ke luar ruangan untuk menjadikan temperatur ruangan lebih rendah dari lingkungannya, sehingga menghasilkan temperatur yang dingin. Sesuai dengan hukum kekekalan energi, panas tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan tetapi dapat berpindah dari tempat satu ketempat yang lain.

Kulkas merupakan mesin pompa kalor yang menggunakan fluida kerja berupa refrigeran. Komponen utama dari siklus mesin ini adalah kompresor, evaporator, kondensor, dan katup ekspansi seperti yang digambarkan pada gambar 1.



Gambar 1. Daur siklus kompresi uap  
(Stoecker, 1992)

Proses yang terjadi pada kulkas seperti yang digambarkan pada gambar 1 adalah sebagai berikut :

#### Proses Kompresi (1-2)

Proses ini dilakukan oleh kompresor dan berlangsung secara isentropik. Kondisi awal refrigeran pada saat masuk ke dalam kompresor adalah uap jenuh bertekanan rendah, setelah mengalami kompresi refrigeran akan menjadi uap bertekanan tinggi. Karena proses ini berlangsung secara isentropik, maka temperatur ke luar kompresor meningkat.

#### Proses Kondensasi (2-3)

Proses ini berlangsung di dalam kondensor. Refrigeran yang bertekanan tinggi dan bertemperatur tinggi yang berasal dari kompresor akan membuang kalor sehingga frasanya berubah menjadi cair. Hal ini berarti bahwa di dalam kondensor terjadi pertukaran kalor antara refrigeran dengan lingkungannya, sehingga panas berpindah dari refrigeran ke udara pendingin yang menyebabkan uap refrigeran mengembun menjadi cair.

#### Proses Ekspansi (3-4)

Proses ekspansi ini berlangsung secara isoentalpi. Hal ini berarti tidak terjadi perubahan entalpi tetapi terjadi penurunan tekanan dan penurunan temperatur. Proses

penurunan tekanan terjadi pada katup ekspansi yang berbentuk pipa kapiler yang berfungsi untuk mengatur laju aliran refrigeran dan menurunkan tekanan.

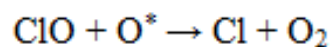
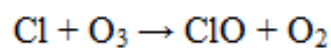
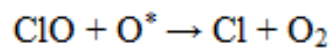
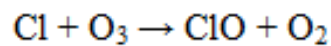
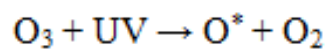
#### Proses Evaporasi (4-1)

Proses ini berlangsung secara isobar dan isothermal di dalam evaporator. Panas dari dalam ruangan akan diserap oleh cairan refrigeran yang bertekanan rendah sehingga refrigeran berubah frasa menjadi uap bertekanan rendah. Kondisi refrigeran saat masuk evaporator sebenarnya adalah campuran cair dan uap.

(Stoecker, 1992)

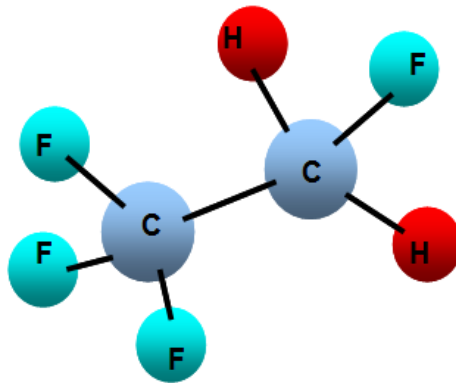
Mesin refrigerasi seperti kulkas umumnya memanfaatkan freon (CFC) sebagai pendingin. Freon dapat menyebabkan kerusakan lapisan ozon karena freon melepaskan gas chlorine. Gas chlorine akan menyebabkan kesetimbangan reaksi proses pembentukan dan penghancuran lapisan ozon ( $O_3$ ) oleh sinar ultraviolet yang terjadi secara alamiah di stratosphere. Kerusakan lapisan ozon akibat chlorine ( $Cl_2$ ) dijelaskan melalui reaksi kimia berantai seperti pada reaksi 1.

#### Reaksi 1



CFC memiliki ODP yang tinggi, sedangkan HFC memiliki GWP yang tinggi. CFC memiliki rumus molekul  $Cl_2CF_2$ , sedangkan HFC memiliki rumus molekul  $CH_2FCF_3$ . Rumus struktur dari HFC tersaji dalam gambar 2.

Gambar 2. Rumus struktur HFC



Refrigeran adalah media perpindahan panas yang menyerap panas atau kalor dengan penguapan (evaporator) pada temperatur rendah dan memberikan kalor dengan pengembangan (kondensor) pada temperatur dan tekanan tinggi. Dalam menentukan refrigeran yang akan digunakan, maka harus mengetahui sifat-sifat refrigeran seperti : tekanan penguapan harus tinggi, tekanan pembekuan yang rendah, kalor laten penguapan harus tinggi, konduktivitas termal yang tinggi, viskositas yang rendah dalam fase gas maupun cair, tidak bereaksi dengan material yang dipakai, tidak beracun dan menimbulkan polusi, tidak mudah terbakar dan meledak, dan harganya terjangkau atau murah.

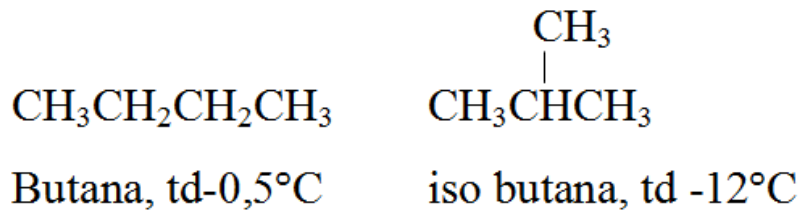
(Hidayat,2014)

Sebenarnya hidrokarbon sebagai refrigeran sudah mulai dikenal sejak awal tahun 1920 di awal teknologi refrigerasi bersama fluida kerja natural lainnya seperti amonia, dan karbon dioksida. Refrigeran yang sering dipakai adalah propana (R-290), isobutana (R-600a), dan n-butana (R-600). Sedangkan campurannya adalah R-290/600a, R-290/600, dan R-290/R-600/R-600a.

(Hidayat,2014)

Alkana empat-karbon (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) mempunyai dua kemungkinan untuk menata atom karbon. Makin banyak atom karbonnya, makin banyak isomernya. Rumus struktur dari isomer butana tersaji dalam gambar 3.

Gambar 3. Isomer struktur C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>



(Fessenden, 1982)

Diantara refrigeran alam seperti : Amonia (NH<sub>3</sub>), Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), Hidrokarbon (HC) dalam aplikasinya dengan pertimbangan ekonomi (murah). Hidrokarbon banyak digunakan sebagai pengganti refrigeran CFC : R-12, HCFC : R-22 dan HFC : R-134a. (Hidayat, 2010)

Hidrokarbon dapat digunakan sebagai refrigeran alternatif pengganti refrigeran halokarbon karena memiliki beberapa kelebihan, yaitu :

Ramah lingkungan, yaitu tidak merusak lapisan ozon (ODP = 0), tidak menimbulkan pemanasan global (GWP kecil). Dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. ODP dan GWP refrigeran hidrokarbon (HCR-!2) dengan beberapa refrigeran lainnya.

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

Penggantian langsung (drop-in substitute) tanpa perubahan komponen, sehingga untuk mesin refrigerasi yang sebelumnya menggunakan CFC (R-12) maka refrigeran hidrokarbon dapat langsung menggantikannya tanpa melakukan penggantian komponen.

Pemakaian refrigeran lebih sedikit. Massa hidrokarbon yang digunakan pada suatu mesin refrigerasi lebih sedikit dibandingkan jika menggunakan refrigeran lainnya.

Lebih hemat energi, hal ini karena refrigeran yang digunakan lebih sedikit.

Memenuhi standar internasional yang dikeluarkan oleh Independent Australia Hydrocarbon Refrigeration Association (IAHRA), Greenhill Technology Association (GTA) Inc., Australia serta Calor Gas, UK.

(Mainil,2012)

Refrigeran hidrokarbon merupakan salah satu refrigeran alternatif pengganti refrigeran halokarbon. Refrigeran hidrokarbon tidak berpotensi merusak ozon karena ODP

sama dengan 0 dan GWP yang kecil. Refrigeran hidrokarbon juga tidak mengalami reaksi kimia dengan oli pelumas yang digunakan untuk refrigeran halokarbon. Refrigeran hidrokarbon adalah refrigeran yang ramah lingkungan, hal ini diperlukan agar kelestarian lingkungan terjaga, karena lapisan ozon di stratosfir berfungsi melindungi bumi dari radiasi sinar ultraviolet intensitas tinggi yang berbahaya. Bahaya sinar ultraviolet bagi makhluk hidup antara lain : menimbulkan kanker kulit, katarak mata, menurunkan imunitas tubuh, dapat membunuh phytoplankton yang merupakan bagian dari rantai kehidupan laut. Tabel 2 menunjukkan perbandingan refrigeran hidrokarbon (HCR-12) dan R-12 pada kulkas rumah tangga.

Tabel 2. Perbandingan Performansi HCR-12 dan R-12 pada Lemari Es Rumah Tangga

Parameter	HCR12	R-12	Perubahan (%)	
			Naik	Turun
Refrigeran mass (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

(Aziz dan Afdhal, 2010)

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). Tabel 3 menunjukkan perbandingan komposisi HCR-12 dan HCR-22 dengan Standar Internasional.

Tabel 3. Perbandingan Komposisi HCR-12 dan HCR-22 dengan Standar Internasional

Komponen	<i>1.1.1.1</i>	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
Karbondioksida CO <sub>2</sub>	%		< 0.1	< 0.1
Air	ppm	< 10	2.3	1.8
Kandungan Belerang	ppm	< 10	< 1	< 1

Refrigeran hidrokarbon yang memiliki keunggulan dibandingkan refrigeran CFC dan HFC disajikan dalam tabel 4.

Tabel 4. Refrigeransi alternatif sebagai pengganti R-12

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

\*ODP relatif terhadap R-12 = 1

<sup>#</sup>GWP relatif terhadap CO<sub>2</sub> = 1

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 di dalam sistem maupun di luar sistem. Agar tidak mudah terbakar refrigeran hidrokarbon dapat diberi substansi tambahan agar sifat mampu nyalanya turun (LFS- *Low Flammable Substance*).

(Mainil, 2012)

## Simpulan

Kulkas merupakan mesin pendingin yang prinsip kerjanya mirip mesin kalor, dan merupakan mesin pompa kalor yang menggunakan fluida kerja refrigeran. Komponen utama dari siklus mesin ini ada empat, diantaranya : kompresor, evaporator, kondensor, dan katup ekspansi. Proses yang terjadi dalam mesin ini meliputi kompresi, kondensasi, ekspansi, dan evaporasi. Refrigeran CFC termasuk dalam ODP sedangkan refrigeran HFC memiliki GWP yang tinggi. Hidrokarbon merupakan alternatif refrigeran dalam kulkas yang ramah lingkungan. Kelemahan hidrokarbon adalah senyawa yang mudah terbakar, namun hal ini tidak terlalu mengkhawatirkan jika prosedur penggunaan hidrokarbon digunakan dengan baik.



## Daftar Pustaka

- Raharjo, Samsudi. 2011. EFEKTIVITAS PENGGUNAAN *MUSICOOL* PADA MESIN PENGKONDISIAN UDARA. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2 Tahun 2011 FT UNWAHAS Semarang
- Stoecker, W.F & Jerold W. Jones. 1992. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Edisi II. Terjemahan Supratman Hara. Jakarta : Erlangga
- Hidayat, Tatang. 2010. “Analisa Termodinamika Bahan Refrigeran Hidrokarbon Terkait Hemat Energi Listrik pada Mesin Pendingin”. *Jurnal Teknosain Volume VII, Nomor 3*.
- Hidayat, Tatang. 2014. “ANALISIS KARAKTERISTIK REFRIGERAN TERHADAP KONSUMSI ENERGI LISTRIK PADA PROTOTYPE SISTEM PENDINGIN PEMBEKU AIR MENGGUNAKAN R-134a DAN R-290/R-600a”. *Jurnal TORSI Volume XII, Nomor 1*.
- Aziz, Azridjal & Afdhal Kurniawan Mainil. 2010. “Penggunaan Encapsulated Ice Thermal Energy Storage pada Residential Air Conditioning Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon Substitusi R-22 yang Ramah Lingkungan”. *Jurnal Teknik Mesin Volume VII Nomor 2*.
- Mainil, Afdhal Kurniawan. 2012. “Kaji eksperimental Performansi Mesin Pendingin Kompresi Uap dengan Menggunakan refrigeran Hidrokarbon (HCR-12) sebagai Alternatif Refrigeran Pengganti R12 dengan Sistem Penggantian Langsung (*Drop In Substitute*). *Jurnal Mechanical Volume 3, Nomor 1*.
- Fessenden. 1982. *Kimia Organik Jijid 1*. Jakarta : Erlangga