

## ANALISA KERJA KOMPRESOR TERHADAP PENGGUNAAN REFRIGERAN R12 DAN HIDROKARBON JENIS PIB (PROPANE ISO BUTANE)

Awal Syahrani \*

### Abstract

*Good Refrigeran and used many up to last some years is the refrigeran from halokarbon group, specially CFC ( Chloroflorocarbon) And HCFC ( Hydrochloroflorocarbon). But in the year 1974 Rowland and Molina draught tell its hypothesizing which express that chlorine the refrigeran have potency ozone layer coat ( ODP = Ozone Depletion Potential) so that can destroy ozone coat as well as owning global(GWP warm-up potency = Global of Warming Potential). Therefore writer make the research of efect use the R-12 refrigeran and Hydrocarbon to kompresor activity by using Coefisien Of Performance parameter ( COP)andEffisiensi from refrigerasi system.*

**Keyword:** *Coefisien Of Performance, Effisiensi, jenis refrigeran*

### 1. Pendahuluan

Perkembangan sistem refrigerasi dewasa ini semakin pesat seiring dengan perkembangan teknologi, selain dari itu juga perkembangan sistem refrigerasi ini juga didukung oleh adanya perkembangan penggunaan beberapa jenis refrigeran. Refrigeran yang biasa digunakan dalam sistem refrigerasi dapat dikelompokkan menjadi refrigeran halokarbon, refrigeran hidrokarbon, refrigeran azeotrop, refrigeran zeotrop, refrigeran organik dan anorganik.

Dalam satu rangkaian sistem refrigerasi biasanya terdiri dari beberapa bagian utama yaitu : kompresor, kondensor, katup ekspansi, evaporator dan refrigeran itu sendiri, selain bagian utama tersebut terdapat juga bagian asesoris (pelengkap) antara lain : kipas, filter dryer, liquid receiver, sight glass, accumulator , heat exchanger, dan oil separator. Bagian-bagian tersebut mempunyai fungsi dan kegunaan masing-masing yang mana dapat mempengaruhi efek refrigerasi dan kerja kompresi dalam suatu sistem refrigerasi. Efek refrigerasi dan kerja kompresor sangat dipengaruhi oleh jenis refrigeran yang digunakan, hal ini disebabkan oleh karena sifat termofisik yang dimiliki oleh refrigeran (media pendingin) itu sendiri.

Refrigeran yang baik dan banyak digunakan sampai dengan beberapa tahun yang lalu adalah refrigeran dari kelompok halokarbon, khususnya

CFC (Chloroflorocarbon) dan HCFC (Hydrochloroflorocarbon). Namun pada tahun 1974 Rowland dan Molina mengemukakan hipotesanya yang menyatakan bahwa unsur chloro pada refrigeran tersebut memiliki potensi perusakan lapisan ozon (ODP = Ozone Depletion Potential) sehingga dapat merusak lapisan ozon dan juga memiliki potensi pemanasan global(GWP = Global Warming Potential). Refrigeran merupakan senyawa stabil, ketika refrigeran meninggalkan bumi melewati troposfer dan mencapai statosfer, refrigeran tersebut akan bereaksi dengan ozon. Di lapisan statosfer refrigeran menyebar dan dengan pancaran sinar ultraviolet yang kuat memecahkan susunan molekul refrigeran dan menghasilkan chloro. Dengan chloro sebagai katalisator, ozon akan terurai dan menjadi semakin tipis dan akhirnya membentuk lubang. Unsur chloro yang masuk ke lapisan statosfer akan tetap tinggal dan penipisan lapisan ozon akan terus berlanjut.

Untuk menghindari pembesaran lubang lapisan ozon, maka diperlukan suatu refrigeran pengganti, mengingat refrigeran dari mesin refrigerasi dipastikan selalu ada yang lepas keudara. Refrigeran pengganti yang banyak digunakan saat ini adalah R-134a dan ammonia, tetapi kedua jenis refrigeran ini masih memiliki kekurangan-kekurangan, misalnya R-134a yang dirancang untuk menggantikan R-12, walaupun memiliki ODP=0 ternyata memiliki potensi untuk

---

\* Staf Pengajar Jurusan D3 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

menyebabkan pemanasan global yang sangat besar. Sedangkan untuk refrigeran ammonia mempunyai bau yang sangat menyengat dan dikelompokkan kedalam kelompok refrigeran yang berbahaya atau mematikan (beracun). Dengan demikian upaya selanjutnya yang dilakukan oleh para ahli adalah melirik kembali kepada bahan-bahan yang benar-benar ramah lingkungan dalam arti refrigeran tersebut mempunyai ODP dan GWP yang sangat rendah sehingga dapat diabaikan, maka oleh karena itu para ahli mencoba menggunakan Hidrokarbon sebagai media pendingin.

Hidrokarbon merupakan refrigeran alternatif yang paling cocok digunakan dalam sistem refrigerasi, karena mempunyai sifat termofisik yang sesuai dengan refrigeran sebelumnya. Selain itu refrigeran hidrokarbon tidak merusak lapisan ozon ( $ODP=0$ ) dan efek pemanasan global yang dapat diabaikan (GWP rendah) serta terdapat di alam sekitar secara melimpah. Ada tiga jenis refrigeran hidrokarbon yang dapat digunakan yaitu : Propana, Butana dan Isobutana, yang mana mempunyai karakteristik yang berbeda-beda (lihat tabel 1.)

Dengan melihat sifat-sifat tersebut, maka refrigeran yang sedang populer digunakan pada saat ini adalah refrigeran PIB (Propane Iso Butane). Refrigeran PIB adalah refrigeran yang ramah lingkungan dengan ini potensi perusakan ozon sama dengan nol dan potensi pemanasan global yang sangat rendah, sehingga cocok untuk dijadikan refrigeran alternatif.

Dari uraian diatas penulis kemukakan hasil penelitian ini sebagai konsep pertimbangan pemilihan penggunaan jenis refrigeran yang sangat baik dan ramah lingkungan untuk digunakan dalam suatu sistem refrigerasi.

Pembatasan masalah dalam penulisan ini hanya terbatas pada data-data yang diambil berdasarkan kerja sistem yang digunakan. Sistem

refrigerasi yang dipakai adalah sistem refrigerasi kompresi uap yang menggunakan evaporator, kondensor. Katup ekspansi yang digunakan adalah katup ekspansi thermostatik (TEV) serta refrigeran yang digunakan refrigeran R-12 dan hidrokarbon jenis PIB.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggunaan refrigeran terhadap kerja kompresi serta efek refrigerasi dan efisiensi sistem refrigerasi. Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran tentang penggunaan berbagai jenis refrigeran terhadap kerja kompresor yang memiliki efek refrigerasi dan efisiensi yang kecil, penggunaan daya listrik yang relatif kecil serta jenis refrigeran yang ramah lingkungan.

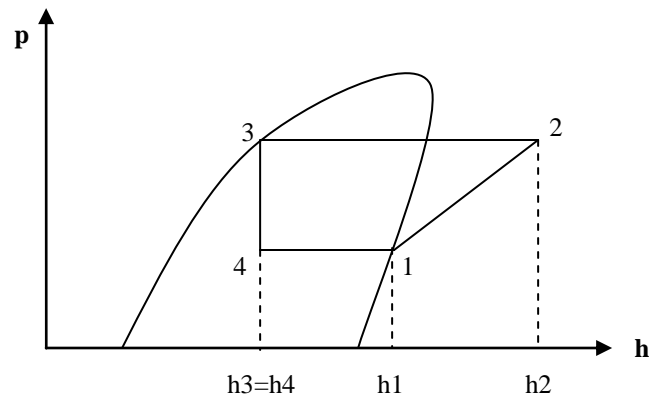
## **2. Tinjauan Pustaka**

Pada prinsipnya sistem refrigerasi yang digunakan adalah sistem refrigerasi kompresi uap yang mana sesuai dengan namanya merupakan sistem yang mempergunakan kompresor sebagai alat kompresi refrigeran, yang dalam keadaan bertekanan rendah akan menyerap kalor dari tempat yang didinginkan, kemudian masuk pada sisi penghisap (suction) dimana uap refrigeran tersebut ditekan didalam kompresor sehingga berubah menjadi uap bertekanan tinggi yang dikeluarkan pada sisi keluaran (discharge). Dari proses ini kita menentukan sisi bertekanan tinggi dan sisi bertekanan rendah.

Pada sistem ini refrigeran akan mengalami beberapa proses dan akan bersirkulasi. Adapun proses-proses tersebut adalah proses kompresi, kondensasi, ekspansi dan evaporasi. Dari seluruh proses tersebut dapat digambarkan pada satu diagram tekanan vs enthalpi yang dikenal sebagai diagram mollier (gambar 1).

Tabel 1. Karakteristik tiga jenis refrigeran Hidrokarbon

Sifat – sifat	PROPANA	BUTANA	ISOBUTANA
Rumus kimia	$C_3H_8$	$C_4H_{10}$	$C_4H_{10}$
Temperatur pijar ( $^{\circ}C$ )	470 – 510	490	405 – 508
Temp bakar-udara ( $^{\circ}C$ )	1025	1900	-
Temp bakar- $O_2$	2500	2925	-
Temperatur didih ( $^{\circ}C$ )	-42	-0,5	-11,7
Berat jenis terhadap udara	1,55	2,09	2,06
Massa molekul	44,10	58,13	58,13
Temperatur kritis ( $^{\circ}C$ )	96,8	152	135
Tekanan kritis (Kpa)	4254	3794	3645
Titik beku ( $^{\circ}C$ )	-187,7	-138,5	-160



Gambar 1. Siklus Sistem Refrigerasi Kompresi Uap pada Diagram Mollier  
Sumber : Principles Of Refrigeration, Dossat

Proses siklus refrigerasi meliputi, proses kompresi/pemampatan, proses kondensasi, proses ekspansi dan proses evaporasi.

#### 2.1 Proses kompresi/pemampatan

Proses ini terjadi di kompresor, dimana uap refrigeran yang keluar dari evaporator dengan tekanan dan temperatur yang rendah akan dihisap oleh kompresor melalui saluran suction dan selanjutnya refrigeran akan dimampatkan sehingga tekanannya menjadi tinggi, dan karena tekanan yang tinggi ini maka temperatur refrigeran akan naik hingga melebihi temperatur lingkungan. Refrigeran bertekanan dan temperatur tinggi ini akan melalui saluran discharge dan keluar dari kompresor.

Proses ini terjadi secara isentropik, yaitu proses dilakukan pada entropi yang konstan dan berdasarkan diagram mollier diatas besarnya kerja kompresi per satuan massa refrigeran yang diperlukan adalah :

$$q_w = (h_2 - h_1) \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

$q_w$  = besarnya kerja kompresi (kj/Kg)  
 $h_1$  = Enthalpy refrigeran saat masuk kompresor (kj/Kg)  
 $h_2$  = Enthalpy refrigeran saat keluar kompresor (kj/Kg)

#### 2.2 Proses kondensasi/pengembunan

Uap refrigeran yang bertemperatur dan bertekanan tinggi yang keluar dari kompresor akan mengembung di kondensor sehingga dengan demikian terjadi perubahan fasa refrigerasi dari uap

menjadi cair. Untuk dapat melakukan proses pengembunan tersebut refrigeran akan melepas kalor ke lingkungan, sehingga di kondensor akan terjadi perpindahan panas antara refrigeran dan udara. Proses kondensasi ini akan terjadi dalam keadaan tekanan konstan (isobarik), dan besarnya kalor persatuan massa refrigeran yang dilepaskan di kondensor adalah :

$$q_c = (h_2 - h_3) \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

$q_c$  = Besarnya kalor yang dilepaskan di kondensor (kj/Kg)  
 $h_2$  = Enthalpy saat masuk kondensor (kj/Kg)  
 $h_3$  = Enthalpy saat keluar kondensor (kj/Kg)

#### 2.3 Proses ekspansi

Refrigeran yang telah mengalami kondensasi akan berfasa cair dan selanjutnya akan masuk ke alat ekspansi. Dalam alat ekspansi ini akan berlangsung proses secara isenthalpy yang berarti pada proses ini tidak terjadi perubahan enthalpy ( $h_3 = h_4$ ) tetapi terjadi penurunan tekanan dan temperatur.

#### 2.4 Proses Evaporasi/penguapan

Proses ini terjadi di evaporator dimana refrigeran akan menyerap kalor dari lingkungan atau media yang akan didinginkan. Hal ini terjadi karena refrigeran pada saat akan menguap membutuhkan kalor sehingga refrigeran yang berada di evaporator akan menyerap kalor dari lingkungan atau media yang akan didinginkan. Dengan adanya penyerapan kalor tersebut maka refrigeran akan berubah fasa dari fasa cair menjadi

fasa uap jenuh. Besarnya kalor per satuan massa refrigeran yang diserap di evaporator adalah :

$$q_e = (h_1 - h_4) \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

$q_e$  = Besarnya kalor yang diserap di evaporator (kj/Kg)

$h_4$  = Enthalpy refrigeran pada saat masuk evaporator (kj/Kg)

$h_1$  = Enthalpy refrigeran pada saat keluar evaporator (kj/Kg)

Berdasarkan besaran-besaran diatas maka akan didapat prestasi daur kompresi uap standar atau yang biasanya disebut COP (Coefficient Of Performance) dimana sistem ini didapat antara efek refrigerasi dengan kerja kompresi.

Untuk menghitung besarnya COP dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{COP}_{\text{aktual}} = \frac{\text{Efek refrigerasi}}{\text{Kerja kompresi}} = \frac{q_e}{q_w} \dots\dots\dots(4)$$

$$= \frac{(h_2 - h_1)}{(h_3 - h_4)} \dots\dots\dots(5)$$

Sedangkan untuk mencapai COP ideal suatu sistem refrigerasi digunakan persamaan COP carnot yaitu sebagai berikut :

$$\text{COP}_{\text{carnot}} = \frac{\text{Temperatur evaporator}}{\text{T. kondensor} - \text{T. evaporator}} \dots\dots\dots(6)$$

Dari perbandingan besaran  $\text{COP}_{\text{aktual}}$  dan  $\text{COP}_{\text{carnot}}$  tersebut maka akan diperoleh suatu efisiensi sistem refrigerasi dengan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{\text{COP}_{\text{aktual}}}{\text{COP}_{\text{carnot}}} \dots\dots\dots(7)$$

### 3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data pada alat uji atau pada unit trainer dengan cara pembuatan instalasi sistem pendingin (refrigerasi). Pada proses pengambilan data pertama kondisi sistem diisi dengan refrigeran R-12 kemudian pengambilan data setelah itu refrigeran diganti dengan hidrokarbon jenis PIB.

### 4. Hasil dan Pembahasan

Selanjutnya untuk mendapat gambaran tentang pengaruh jenis refrigeran terhadap efek refrigerasi dan efisiensi suatu sistem refrigerasi maka penulis kemudian mengambil data-data. Dimana jenis refrigeran yang digunakan sangat mempengaruhi kerja kompresi, efek refrigerasi dan efisiensi sistem. Pengambilan data dikaitkan dengan waktu yang digunakan, untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan terhadap efek refrigerasi dan efisiensi pada suatu refrigerasi, jadi pengambilan data menggunakan waktu adalah 0, 30, 60, 90 dan 120 menit.

Adapun data-data yang telah diambil ditabulasi pada Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil pengamatan menggunakan refrigeran R-12

Titik Pengukuran	Waktu (menit)				
	0	30	60	90	120
Tekanan discharge (bar g)	7	7	7	7.5	7.8
Tekanan suction (bar g)	3.8	0.9	0.9	1.5	1.5
Tekanan keluaran kondensor (bar g)	7	7	7	7.8	7.8
Tekanan masuk evaporator (bar g)	3.8	0.9	0.9	1.8	1.8
Temperatur lingkungan (°C)	29.8	28.5	30.5	30	30
Temperatur hasil pendinginan (°C)	27.8	-0.01	-9.8	-10.1	-10.5
Temperatur masuk evaporator (°C)	26.9	0.6	-11.2	-12.4	-12.4
Temperatur keluar evaporator (°C)	25.1	-0.01	-3.5	-2.7	-2.9
Temperatur discharge (°C)	31	57.8	65.9	69.8	70.3
Temperatur suction (°C)	28.2	-3	-3.5	-0.1	-0.1
Arus (A)	0	2.9	2.8	3	3
Tegangan (V)	200	200	200	200	200
Daya (W)	0	0.4	0.38	0.35	0.35

Tabel 3. Data hasil pengamatan menggunakan refrigeran Hidrokarbon jenis PIB

Titik Pengukuran	Waktu (menit)				
	0	30	60	90	120
Tekanan discharge (bar g)	7.2	7.1	7.4	7.5	7.2
Tekanan suction (bar g)	1.2	1.05	1.05	1.1	0.8
Tekanan keluaran kondensor (bar g)	7.9	7.1	7.4	7.5	7.2
Tekanan masuk evaporator (bar g)	1.8	1.05	1.05	1.1	0.8
Temperatur lingkungan (°C)	26.5	26.6	27.4	28.3	28.3
Temperatur hasil pendinginan (°C)	24.5	-7	-8.1	-8.2	-10.2
Temperatur masuk evaporator (°C)	-3.9	-11.3	-10.3	-9.6	-11.3
Temperatur keluar evaporator (°C)	1.1	-6.7	-6.2	-5.6	-10.5
Temperatur discharge (°C)	63.3	64.7	67.3	66.8	67.6
Temperatur suction (°C)	9.4	-0.2	-1.5	-1.0	6.2
Arus (A)	0	2.8	2.8	2.8	2.7
Tegangan (V)	195	195	200	195	320
Daya (W)	0	0.4	0.4	0.4	0.4

Tabel 4. Data hasil Perhitungan COP dan Efisiensi dengan TEV

Jenis Refrigeran	COP aktual menit ke			
	30	60	90	120
R-12	4.36	3.96	3.24	3.15
Hidrokarbon jenis PIB	2.7	2.27	2.23	2.56
Jenis Refrigeran	COP ideal menit ke			
	30	60	90	120
R-12	5.44	4.88	4.9	4.88
Hidrokarbon jenis PIB	5.2	4.95	4.94	5.55
Jenis Refrigeran	Efisiensi menit ke			
	30	60	90	120
R-12	80	81.1	66.1	64.55
Hidrokarbon jenis PIB	51.9	46	46.54	46.19

Dari data diatas dari kedua jenis refrigeran yang digunakan menghasilkan temperatur pendinginan yang sama dikisaran  $-10^{\circ}\text{C}$  dengan menggunakan katup ekspansi TEV (termostatik ekspansion valve). Untuk tekanan yang terjadi pada sisi tekanan suction terlihat bahwa pada refrigeran R-12 memiliki tekanan yang lebih besar dibandingkan dengan yang terjadi pada sistem yang menggunakan refrigeran jenis PIB, hal ini dikarenakan berat PIB yang harus dimasukkan kedalam sistem hanya 40% dari berat R-12 berarti jumlah refrigeran yang dimasukkan lebih sedikit dibandingkan dengan R-12 sehingga biaya yang dibutuhkan untuk pembelian refrigeran tidak mahal. Jumlah arus listrik yang digunakan jenis refrigeran PIB lebih kecil dibanding dengan R-12.

Selanjutnya untuk mengetahui efek refrigerasi dan nilai efisiensi sistem tersebut maka, data-data dari hasil pengamatan tersebut

dimasukkan kedalam diagram Mollier untuk mengetahui nilai enthalpy secara aktual.

Dengan melihat tabel 4 hasil perhitungan maka diperoleh suatu hasil analisa yang menunjukkan efek refrigerasi dan efisiensi dari kedua jenis refrigeran tersebut sangat berbeda, seperti yang terjadi pada COP aktual refrigeran R-12 memiliki nilai yang besar dibandingkan dengan menggunakan refrigeran PIB, hal ini menunjukkan bahwa kerja kompresi pada kompresor R-12 memiliki kerja yang berat jika dibandingkan dengan PIB. Demikian halnya dengan nilai efisiensi yang terjadi, sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan refrigeran Hidrokarbon jenis PIB sangat menguntungkan dibanding dengan R-12, sedang waktu yang digunakan juga mempengaruhi efek refrigerasi dimana semakin lama sistem tersebut bekerja maka COP juga turun sampai mencapai temperatur yang ideal.

Coeffisien Of Performance merupakan salah satu indikator pada suatu sistem refrigerasi yang sangat menentukan kerja dari sistem itu sendiri. Dengan melihat nilai dari COP pada satu sistem refrigerasi kita dapat mengetahui kerja dari sistem tersebut, apakah sistem bekerja sebagaimana mestinya atau tidak. Karena kerja kompresor dalam sistem refrigerasi sangat tergantung dari nilai COP tersebut, sedang kompresor dalam sistem refrigerasi merupakan jantung dari sistem tersebut, jika nilai COP dari suatu sistem refrigerasi sangat tinggi maka sistem tersebut tidak bekerja dengan baik atau tidak sesuai dengan kerja ideal, namun apa bila nilai COP yang kecil berarti kompresor bekerja pada kondisi yang ideal.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi sehingga kerja kompresor tidak dapat bekerja pada kondisi ideal yaitu antara lain :

1. Umur kompresor yang sudah lama.
2. Minyak pelumas sudah tidak mampu melumasi kompresor.
3. Adanya tekanan pada sisi suction dan discharge yang tidak seimbang.
4. Ada kandungan udara yang bercampur dengan refrigeran dalam sistem.
5. Kemungkinan jumlah refrigeran yang kurang, dll.

## **5. Kesimpulan**

Dari hasil pengujian sistem refrigerasi dengan menggunakan dua jenis refrigeran dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Semakin lama suatu sistem refrigerasi bekerja maka temperatur hasil pendinginan semakin turun. Hal ini disebabkan siklus refrigeran yang terus mengalir melalui pipa-pipa dalam sistem mengalami perubahan temperatur akibat perputaran udara dalam ruangan.
- 2) Temperatur hasil pendinginan dengan menggunakan refrigeran hidrokarbon jenis PIB hampir sama dengan yang menggunakan R-12. Ini memungkinkan bahwa untuk mengganti refrigeran R-12 dapat menggunakan refrigeran alternatif (PIB).
- 3) Arus listrik yang digunakan pada refrigeran jenis PIB lebih rendah dibandingkan dengan R-12, berarti lebih menguntungkan dari segi ekonomisnya, dan merupakan sistem refrigeran yang mudah diperoleh di lingkungan kita.
- 4) COP dan Efisiensi yang dihasilkan PIB lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan R-12, berarti sangat bagus digunakan sebab

kompresor tidak bekerja berat dalam menjalankan sistem refrigerasi.

- 5) Pada penggantian jenis refrigeran dari R-12 ke hidrokarbon tidak ada komponen-komponen dari sistem yang diganti atau dirubah.
- 6) Refrigeran dari hidrokarbon jenis PIB sangat bagus digunakan dalam satu sistem refrigerasi.

## **6. Daftar Pustaka**

- Althouse, Turnquist, 1986, *Modern Refrigeration and Air Conditioning*, South Holland Illinois, The Goodheart-Willcox Company.
- Althouse, Turnquist, 1992, *Modern Refrigeration and Air Conditioning*, South Holland Illinois, The Goodheart-Willcox Company.
- Dossat, Roy J, 1991, *Principles of Refrigeration*, Third Edition, New Jersey, Prentice Hall International, Inc.
- K, Handoko, 1987, *Alat Kontrol mesin Pendingin*, Jakarta, PT. Ichtiar Baru.