

## **Pengaruh Kondisi Fluida Kerja R – 12, R – 134a dan Campuran Isobutene – Propane yang Masuk Ke Dalam Evaporator Terhadap Unjuk Kerja Refrigerator Domestik**

**Effendy Arif**

Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin Makassar  
Kampus Tamalanrea, Km 10, Makassar  
E-mail: [effendyarif@yahoo.com](mailto:effendyarif@yahoo.com)

**Jeri Tangalajuk Siang**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Makassar  
Jl Tanjung Alang No.23, Makassar 90224  
E-mail: [jeri\\_t.siang@yahoo.com](mailto:jeri_t.siang@yahoo.com)

### **Abstrak**

*Penggunaan hidrokarbon sebagai fluida kerja refrigerator sudah banyak diterapkan sekarang ini. Alasan penggunaan hidrokarbon adalah untuk menggantikan fungsi refrigeran yang sudah ada di masyarakat serta hidrokarbon ramah lingkungan. Hidrokarbon tidak merusak ozone, efek pemanasan global dapat diabaikan serta masa hidup hidrokarbon di atmosfer sangat singkat sehingga efek terhadap lingkungan juga tidak lama. Sebagaimana diketahui bahwa refrigerant yang umum digunakan sebagian besar adalah refrigerant sintetis yang berpotensi merusak lingkungan. Sebagai contoh adalah R – 12 sangat berpotensi merusak ozone (indeks perusakan ozone/ODP = 1) serta juga berpotensi menyebabkan pemanasan global (GWP = 8700 (NATenergy, 2006)). Dan bila R-12 lepas ke udara terbuka maka efek kerusakan yang terjadi akan berlangsung dalam waktu yang lama karena umur R-12 di atmosfer adalah 130 tahun (I L Maclaine – cross, 1996). Pada mesin refrigerasi yang sudah ada hidrokarbon berfungsi sebagai refrigerant alternative yang dapat menggantikan fungsi refrigerant sintetis pada sistem yang sudah ada. Dan sudah ada pula refrigerator yang sudah dirancang khusus dengan refrigerant hidrokarbon (R – 290 dan R – 600a). Pada penelitian ini digunakan campuran propane dan isobutene dengan pertimbangan tekanan campuran tersebut akan mendekati tekanan operasi dari refrigeran yang sudah ada. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah COP sistem untuk R – 12 : 4.329; R – 134a : 3.625; HC blend 1.305; Kalor yang diserap oleh sistem yang menggunakan R – 12 : 60,723 Watt; R – 134a : 51.950 Watt; HC blend : 54.107 Watt*

*Kata kunci: hidrokarbon, ODP, efek pendinginan, COP*

## **1. PENDAHULUAN**

### **Latar belakang**

Penggunaan hidrokarbon sebagai fluida kerja refrigerator sudah banyak digunakan pada saat ini. Alasan penggunaan hidrokarbon adalah untuk menggantikan fungsi refrigeran yang sudah ada di masyarakat. Sebagaimana diketahui bahwa refrigeran yang umum digunakan sebagian besar adalah refrigeran sintetis yang berpotensi merusak lingkungan. Sebagai contoh adalah R – 12 sangat berpotensi merusak ozone (indeks perusakan ozone/ODP = 1) dan juga berpotensi menyebabkan pemanasan global (GWP = 8700 (NATenergy, 2006)). Bila R-12 lepas ke udara terbuka maka efek kerusakan yang terjadi akan berlangsung dalam waktu yang lama karena umur R-12 di atmosfer adalah 130 tahun (I L Maclaine – cross, 1996). Pada mesin refrigerasi yang sudah ada hidrokarbon berfungsi sebagai refrigerant alternative yang dapat menggantikan fungsi refrigerant sintetis pada sistem yang sudah ada. Ada pula refrigerator yang sudah dirancang khusus dengan refrigerant hidrokarbon (R – 290 dan R – 600a). Refrigeran ini tidak merusak lapisan ozone (indeks ODP = 0) dan dapat dikatakan tidak menyebabkan pemanasan global dengan indeks GWP = 8 (NATenergy, 2006).

Masyarakat masih banyak menggunakan refrigerator yang menggunakan refrigerant sintetis sehingga pada saat service sudah mengalami kesulitan untuk pengisian kembali. Berdasarkan standar pelaksanaan retrofit (melakukan penggantian jenis refrigerant pada sistem yang sudah ada), sistem dapat diretrofit berdasarkan jumlah refrigerant yang disuntikkan ke dalam sistem.

Pada penelitian ini digunakan campuran R – 290 dengan R – 600a dengan perbandingan 50% massa R – 290 dan 50% massa R – 600a. Penelitian ini menggunakan perbandingan campuran kedua refrigerant hidrokarbon tersebut karena Tekanan operasional campuran tersebut mendekati tekanan operasional R – 12 sebagai refrigerant orisionil Refrigerator domestic yang digunakan pada penelitian ini.

Refrigeran R-134a merupakan refrigeran HFC (hydrofluorocarbon) yang merupakan refrigeran alternatif pengganti R-12 jangka menengah karena tidak merusak ozone (indeks perusakan ozone = 0) tetapi masih berpotensi menyebabkan pemanasan global dengan indeks GWP = 1200 (NATenergy, 2006).

Penggunaan refrigeran R-12 di Indonesia tertuang dalam keputusan Kepmenperindag No. 790/MPP/Kep/12/2002 yang isinya melarang impor R-12 mulai tahun 2008 atau akhir tahun 2007. Sedangkan untuk R-134a masih diperbolehkan sampai tahun 2030.

Kekurangan dari refrigeran ini hanya karena mudah terbakar. Batas bawah nyala refrigeran adalah 2 % dan batas atas nyala 10 % konsentrasi hidrokarbon dalam udara. Kendala ini dapat diatasi dengan menerapkan prosedur yang benar tentang penanganan refrigeran hidrokarbon (A D Pasek, 2005). Kelebihan lain yang dimiliki oleh hidrokarbon adalah struktur molekul yang lebih besar dibandingkan dengan refrigeran sintetik sehingga jumlah hidrokarbon yang dibutuhkan untuk mengisi suatu sistem lebih kecil, juga resiko kebocoran menjadi lebih kecil.

Pada penelitian ini digunakan campuran propane dan isobutene dengan pertimbangan tekanan campuran tersebut akan mendekati tekanan operasi dari refrigeran yang sudah ada.

### **Pendekatan Pemecahan Masalah**

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental pada refrigerator domestik kapasitas 65 liter, yang menggunakan refrigeran R – 12 dengan massa refrigeran 90 gram.

### **Batasan Masalah.**

- Jenis refrigeran yang akan digunakan R – 12 sebagai refrigeran orisinil, dan sebagai refrigeran alternatif adalah R – 134a serta campuran R – 290 dengan R – 600a.
- Pada penelitian ini tidak dilakukan penggantian bagian – bagian sistem kecuali pada bagian filter drier dan minyak pelumas.
- Data dianalisis pada kondisi steady state.

**Tujuan Penelitian.** Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh kondisi refrigeran yang masuk ke dalam evaporator terhadap unjuk kerja Refrigerator domestik..

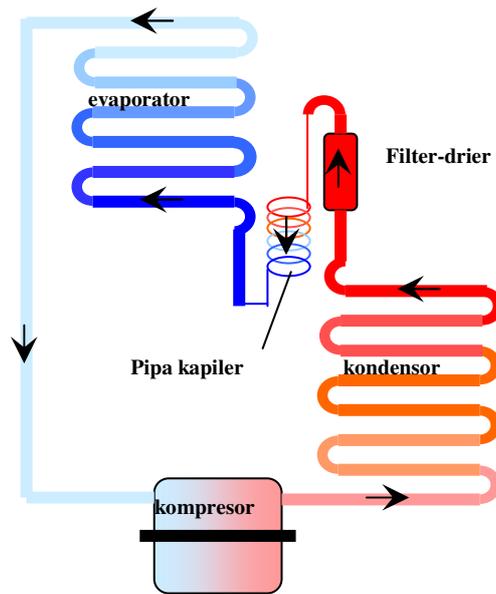
### **Manfaat Penelitian.**

- Mendukung program penghapusan senyawa sintetik yang dapat mengakibatkan kerusakan ozone
- Mendukung program penghapusan senyawa sintetik yang dapat mengakibatkan pemanasan global
- Mendukung pemakaian produk dalam negeri di mana hidokarbon dapat diproduksi di dalam negeri.

### **Tinjauan Pustaka**

**Refrigeran.** Refrigeran adalah zat yang mengalir di dalam mesin pendingin (refrigerasi) atau mesin pengkondisian udara (AC). Zat ini berfungsi untuk menyerap panas dari benda atau udara yang didinginkan kemudian membuang ke udara sekeliling di luar benda/ruangan yang didinginkan.

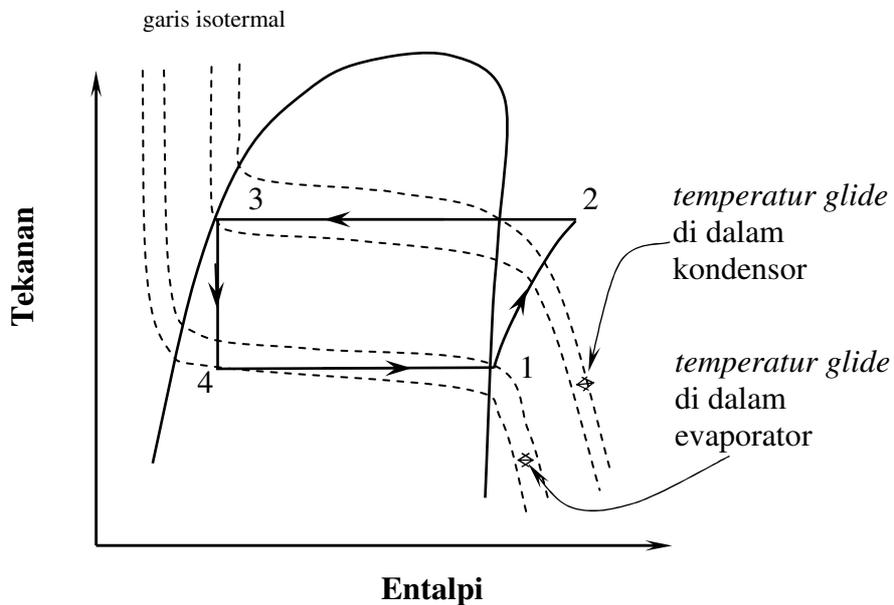
**Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap (SKU).** Mesin refrigerasi sistem kompresi uap merupakan jenis mesin refrigerasi yang paling banyak digunakan saat ini. Mesin refrigerasi ini terdiri dari empat komponen utama yaitu kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator. Susunan empat komponen tersebut secara skematik dapat dilihat pada gambar bersama dengan siklus kompresi uap standar.



Gambar 1: Skema susunan komponen utama mesin refrigerasi SKU

### Refrigeran Campuran Zeotropik

Refrigeran ini adalah campuran dua jenis refrigeran tak bereaksi yang tidak dapat dipisahkan dengan cara destilasi. Refrigeran ini mempunyai temperature cairan jenuh berbeda dengan temperature uap jenuhnya. (A.D.Pasek 2004). Refrigeran campuran propane dan isobutene merupakan campuran zeotropik.



Gambar 3 Diagram Tekanan – Entalpi pada campuran zeotropik

### Persamaan yang Digunakan

- Aliran Kalor Konduksi

$$q = \frac{T_w - T}{\frac{\Delta X_a}{k_a.A1} + \frac{\Delta X_b}{k_b.A1} + \frac{\Delta X_c}{k_c.A1}} \quad (1)$$

- Kalor yang Diserap dari Ruang Pendingin

$$q = \rho.Cp.V.\frac{dT}{dt} \quad (2)$$

- Kalor yang Diserap Refrigeran

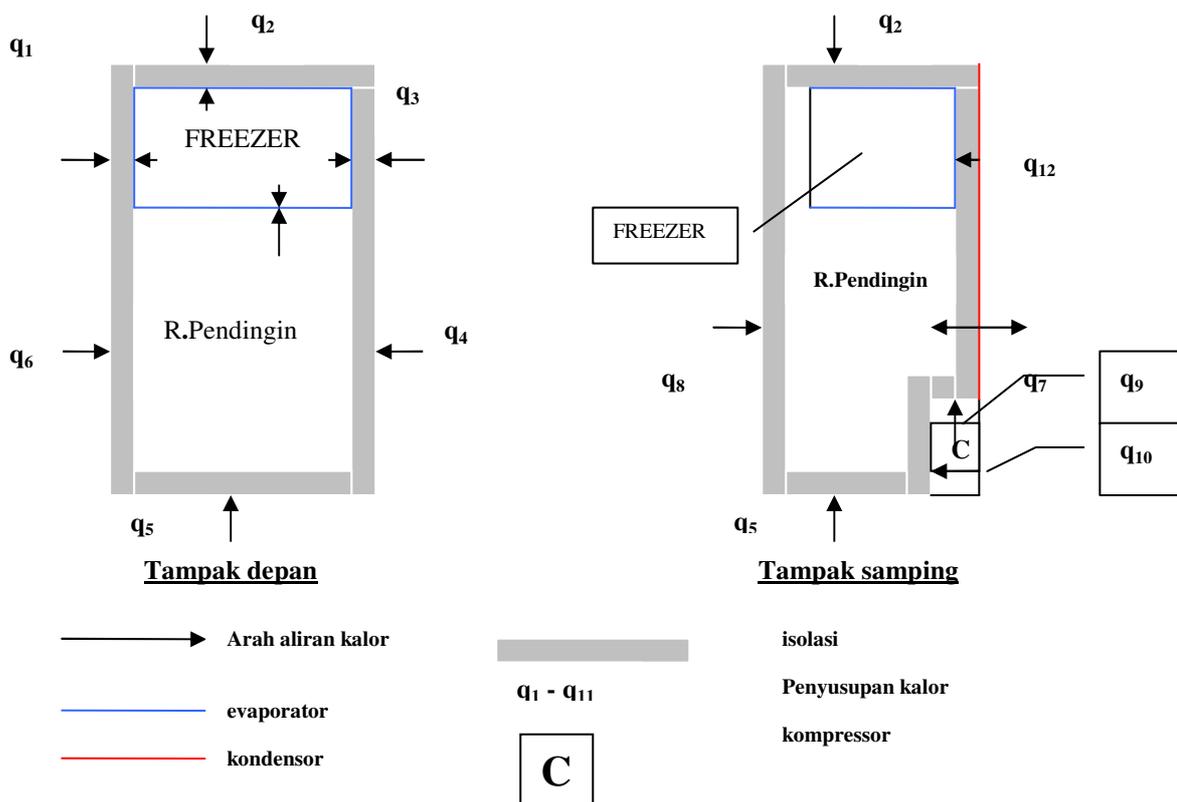
$$q = m.(h_4 - h_1) \quad (3)$$

- Koefisien Performansi

$$q_L = h_1 - h_4 \quad (4)$$

$$w_C = h_2 - h_1$$

$$\beta = \frac{q_L}{w_C} \quad (5)$$



Gambar 2 Aliran kalor pada refrigerator

## 2. METODE PENELITIAN, HASIL DAN PEMBAHASAN

### Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah melakukan eksperimen dengan menggunakan refrigerator yang menggunakan fluida kerja R-12. Kemudian sistem tersebut diganti fluida kerjanya dengan R-134a dan kemudian campuran Propane – Isobutane. Data akan diukur pada kondisi steady. Sebagai beban digunakan air diambil sekitar 5 – 6 kilogram air yang diletakkan pada empat tempat di dalam refrigerator. Keempat tempat tersebut adalah pada freezer, chiller, rak telur serta pada rak air minum. Setelah pengambilan data untuk satu refrigeran, dilakukan penggantian filter drier untuk menghindari masih adanya refrigeran sebelumnya pada alat tersebut. Minyak pelumas disesuaikan dengan jenis refrigeran yang sementara diuji.

### Hasil dan Pembahasan

Tabel I: Data pengujian R – 12, R – 134a, HC blend (kondisi steady)

Refrigeran	t	P <sub>ev</sub>	P <sub>kond</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>rp</sub>	T <sub>fr</sub>
R – 12	20700	1.2	12	-12.6	52	39	-25.7	2.700	-8.633
R – 134a	18900	1.1	14.4	-17	55	40	-24.4	7.967	-10.067
I – P	18300	1.2	8	-12	58	35	-21.8	5.767	-8.633

Dari data yang diperoleh di atas, properties dari masing – masing refrigeran dapat diperoleh dengan soft ware NIST06 SRT23.

Tabel II: Nilai properties R – 12, R – 134a, HC blend

Refrigeran	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>	ρ <sub>kap</sub>	μ	k
R – 12	348.6	374.1	238.2	238.2	1260	165.4	0.0626
R – 134a	389.7	426.5	256.3	256.3	1150	165.2	0.0751
I – P	554.7	645.9	435.7	435.7	38.02	84.55	0.0885

Dengan menggunakan persamaan – persamaan umum dapat diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel III: Hasil perhitungan

Refrigeran	q <sub>eva</sub>	q <sub>komp</sub>	COP	m	P <sub>ratio</sub>	Q <sub>tot</sub>	Q <sub>list</sub>	x <sub>eva</sub>
R – 12	110.4	25.5	4.329	0.550	10.00	60.723	97.149	0.375
R – 134a	133.4	36.8	3.625	0.389	13.10	51.950	104.53	0.409
I – P	119.0	91.2	1.305	0.455	6.67	54.107	95.175	0.764

Dari tabel hasil perhitungan dapat diperoleh perbandingan untuk masing – masing:

### COP Refrigeran

Dari hasil perhitungan diperoleh COP masing – masing refrigeran adalah : R – 12 : 4.329 ; R – 134a = 3.625 dan I – P = 1.305. Di sini terlihat HC blend mempunyai COP yang paling rendah. Hal ini disebabkan karena energi yang diserap refrigerant pada evaporator hampir sama dengan energi yang diberikan oleh kompresor pada refrigeran.

### Kondisi Fluida Kerja Masuk Evaporator

Dari ketiga refrigerant yang digunakan dalam penelitian ini, kondisi fluida kerja yang paling banyak mengandung uap adalah HC blend. Hal ini akan mempengaruhi COP sistem. Semakin tinggi kualitas uap refrigeran yang masuk ke dalam evaporator maka semakin rendah COP sistem.

### Temperatur Akhir Refrigerator

Dari data terlihat bahwa untuk temperatur akhir ruang refrigerator hampir sama. Sebagai refrigerant alternatif, HC blend lebih baik dibandingkan dengan R – 134a karena temperatur ruang pendingin cukup jauh dari temperatur kerja R – 12.

### Daya listrik yang Dibutuhkan

Dari ketiga jenis refrigerant yang diujikan, konsumsi daya listrik HC blend lebih kecil dibandingkan dengan dua jenis refrigerant lainnya. Sedangkan konsumsi daya yang paling besar adalah R – 134a. Hal ini disebabkan karena perbandingan tekanan kerja yang terjadi pada R – 134a adalah paling besar sehingga membutuhkan daya listrik yang besar pula untuk mencapai kondisi kerja tersebut.

### 3. KESIMPULAN

Dari data serta hasil perhitungan di atas dapat diambil beberapa kesimpulan. Kondisi fluida kerja yang masuk ke dalam evaporator akan mempengaruhi COP sistem. Semakin tinggi kualitas uap fluida kerja yang masuk ke dalam evaporator, maka semakin kecil COP sistem yang diperoleh. Sehingga untuk refrigeran HC blend perlu dikurangi kualitas uapnya pada saat masuk ke dalam evaporator.

Rasio tekanan akan mempengaruhi konsumsi daya listrik yang dibutuhkan oleh kompresor. Semakin tinggi rasio tekanan semakin tinggi pula daya listrik yang dibutuhkan oleh kompresor.

#### Simbol

A	= luas permukaan perpindahan panas	(m <sup>2</sup> )
C <sub>p</sub>	= kalor jenis pada tekanan tetap	(J / kg K)
Cos Φ	= Faktor daya motor penggerak	
E	= potensial listrik	(Volt)
h	= koefisien perpindahan panas	(W / m <sup>2</sup> K)
i	= arus listrik	(ampere)
k	= konduktivitas termal	(W / m K)
m	= laju aliran massa	(kg / s)
P	= daya	(Watt)
q	= kalor	(Joule)
Q	= Laju aliran kalor	(Watt)
T	= temperature	(K)
t	= waktu pendinginan	(s)
V	= volume ruang pendingin	(m <sup>3</sup> )
X	= tebal dinding	(m)
β	= COP (Koefisien performansi)	
ρ	= massa jenis udara	(kg/m <sup>3</sup> )

#### Subkrip

ev	= evaporator
faw	= freezer awal
fak	= freezer akhir
in	= dalam ruang
k	= konduksi
kond.	= kondensor
list.	= listrik
paw	= ruang pendingin awal
pak	= ruang pendingin akhir
tot	= total diserap evaporator
wf	= dinding freezer
wp	= dinding ruang pendingin
w	= dinding
∞	= sekitar

#### 4. DAFTAR PUSTAKA

- Bhramara P, K V Sarma, et all (2006), *Estimation of Condenser Length for In Tube Condensation of Zero ODP Refrigerants*, Hyderabad
- Himran S, D Hasan, N Salam (2003), *The Comparison between the Performances of Refrigerants Hydrocarbon (R290) and Freon – 22 (R 22) in Heat Pump*, Makassar
- Garthshore Jane, R S Agarwal, S Kessler (1999), *Petunjuk Praktis Konversi dan Perbaikan Peralatan Refrigerasi dengan Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon secara Aman*, Newbury
- Geankopolis Christie J. (1993), *Transport Processes and Unit Operations*, New Jersey
- Jeri T. Siang (2007), *Studi Perbandingan Penggunaan R – 12, R – 134a, dan Campuran Isobutene – Propane terhadap Unjuk Kerja Refrigerator Domestik*, Banda Aceh
- Maclaine Ian– cross (1997), *Replacement Refrigerant for Water Chillers*, Sydney
- Maclaine I L– cross, E Leonardi (1996), *Comparative Performance of Hydrocarbon Refrigerants*, Melbourne
- Maclaine I L– cross, E Leonardi (1997), *Why Hydrocarbons Save Energy*, AIRAH Journal, Sydney
- Nat Energy Resources* (2006), Singapore
- Özişik M.Necati (1977), *Basic Heat Transfer*, Kogakhusa
- Pasek. A D , N P Tandian W Andiansyah (2005), *Training of Trainers Refrigeration Servicing Sector*, Bandung
- Refrigerant As An Alternative Refrigerant For Energy Conservation In Refrigerant Sistem* (2003), Bandung
- Tandian N.P., A Suwono, A D Pasek and Saiful (2003), *Development of Environment and Energi Efficient Chiller Utilizing Hydrocarbon Refrigerant*, Bandung.