

# PERBANDINGAN UNJUK KERJA FREON R-12 DAN R-134a TERHADAP VARIASI BEBAN PENDINGIN PADA SISTEM REFRIGERATOR 75 W

Ridwan

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma  
e-mail: ridwan@staff.gunadarma.ac.id

## ABSTRACT

Refrigerant very important variable in application refrigerator system. The purpose this research investigation the comparison Coefficient Of Performance (COP) Refrigerant 12 (R.12) versus Refrigerant 134a (R.134a) in refrigerator 75 W. Cooling load on the refrigerator using water each volume 100 ml, 200 ml, and 300 ml at temperature 28 °C. Decreasing temperature of water from 28 °C until 0 °C investigate every five minutes. Temperature out – in to Condenser, evaporator and pressure out of capillary tube each of measure using digital thermometers and pressure gauge. From experiment and data analysis show that COP R.134a higher than R. 12 each variation cooling load.

## ABSTRAK

Refrigeran memegang peranan penting dalam sistem mesin pendingin sesuai dengan aplikasi pemakaiannya. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui perbandingan unjuk kerja atau Coefficient Of Performance (COP) Refrigeran 12 (R.12) terhadap Refrigeran 134a (R.134a) pada suatu refrigerator 75 W. Beban pendinginan berupa air dimasukkan dalam refrigerator dengan variasi volume 100 ml, 200ml, dan 300ml pada temperatur 28 °C. Penurunan Temperature air dicatat setiap 5 menit hingga temperature air mencapai 0 °C. Temperatur keluar – masuk kondensor, evaporator dan tekanan keluar pipa kapiler, kompressor masing-masing diukur dengan alat termometer digital dan Pressure gauge. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa pada masing-masing variasi beban pendingin COP untuk R.134a lebih tinggi dibanding COP R.12.

**Kata kunci:** COP, Refrigeran , beban pendinginan

## 1. PENDAHULUAN

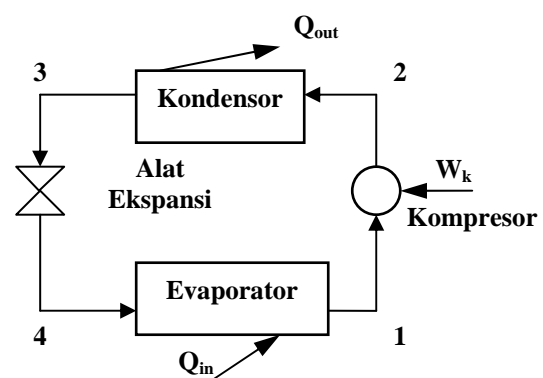
Seiring dengan berkembangnya peradaban manusia yang didukung oleh ilmu pengetahuan dan teknologi, manusia membuat suatu peralatan yang dapat mengawetkan dan menjaga kualitas makanan dan minuman. Lemari pendingin (refrigerator), mulai dikenal pada tahun 1850. Pada awal perkembangannya, lemari pendingin menggunakan udara sebagai bahan pendingin, tetapi karena kapasitas pendinginan yang kecil kemudian orang berusaha mencari bahan yang mempunyai kapasitas pendinginan yang lebih baik. Saat ini bahan pendingin yang banyak digunakan adalah bahan pendingin jenis Freon.

Sistem refrigerasi pada lemari pendingin saat ini didominasi oleh penggunaan siklus refrigerasi kompresi uap dan freon sebagai bahan pendingin.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan unjuk kerja (COP) refrigeran R-12 dengan R-134a pada suatu refrigerator.

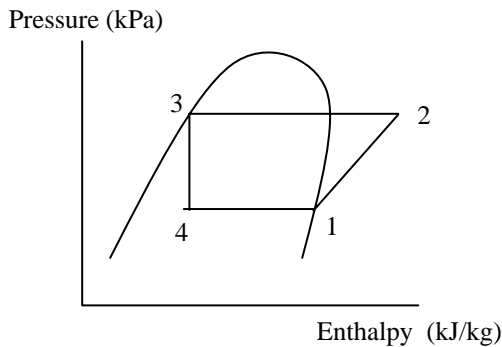
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Komponen utama dari sebuah mesin pendingin yang bekerja dengan siklus kompresi uap standar terdiri atas : Kompresor, Kondensor, Alat ekspansi, dan Evaporator. Sistem tersebut diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Komponen utama sistem Refrigerasi Kompresi uap standar.

Diagram Tekanan (P) terhadap Enthalpi (h) siklus kompresi Uap Standar diperlihatkan pada gambar (2).



**Gambar 2. Diagram P-h**

Dari gambar 2 dapat dituliskan proses termodinamika yang terjadi adalah:

- 1-2 Kompresi  
 ${}_1W_2 = (h_2 - h_1) \cdot m$  (1)
- 2-3 Kondensasi  
 ${}_2Q_3 = (h_2 - h_3) \cdot m$  (2)
- 3-4 Ekspansi  
 $h_3 = h_4$  (3)
- 4-1 Evaporator  
 ${}_4Q_1 = (h_1 - h_4) \cdot m$  (4)

• **Kompresor**

Proses kompresi berlangsung secara isentropik, sehingga besarnya kerja kompresor adalah:

$$W = (h_2 - h_1) \quad \text{kJ/kg} \quad (5)$$

Daya yang dibutuhkan kompresor :

$$P = m \cdot (h_2 - h_1) \quad \text{kW} \quad (6)$$

• **Kondensor (Qc)**

Panas yang dibuang pada kondensor :

$$Q_C = h_3 - h_2 \quad \text{kJ/kg} \quad (7)$$

• **Alat Ekspansi**

Proses 3 – 4 adalah proses ekspansi secara adiabatik sehingga tekanan dan temperatur turun mencapai tekanan dan temperatur evaporator. Oleh karena proses yang berlangsung adalah adiabatik, maka:

$$h_3 = h_4 \quad \text{kJ/kg} \quad (8)$$

• **Evaporator**

Proses evaporasi berlangsung pada tekanan konstan (tekanan evaporator) dan tekanan ini tergantung pada temperatur yang diinginkan (temperatur evaporator)

Untuk semua siklus, panas yang diserap adalah besar selisih entalpi kalor laten dalam proses evaporasi atau besarnya panas yang diserap di evaporator.

$$Q_{\text{evap}} = h_1 - h_4 \quad \text{kJ/kg} \quad (9)$$

Koefisien prestasi yang selanjutnya disebut COP dari siklus kompresi uap adalah :

$$COP = \frac{\text{Panas yang diserap evaporator}}{\text{kerja kompresor}}$$

$$COP = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} \quad (10)$$

Dengan :

- $h_1$  = entalpi refrigeran pada daerah uap jenuh
- $h_2$  = entalpi refrigeran pada daerah panas lanjut (super-heated)
- $h_3$  = entalpi refrigeran pada daerah cair jenuh
- $h_4$  = entalpi refrigeran pada daerah dua fase (campuran)

**3. DESKRIPSI ALAT DAN PROSEDUR PENELITIAN**

**3.1. Peralatan Pengujian**

Pada penelitian ini alat-alat yang dipergunakan untuk pengujian antara lain:

Instalasi pengujian, dimana Refrigeran (zat pendingin) disirkulasikan dengan sistem kompresi uap standar. Instalasi terdiri dari:

- Kompresor Merek DAIICHI, kapasitas maksimum 50 liter, jenis Welded Hermetic, Matsushita model S 045.
- Kondensor: pendinginan udara panjang pipa tembaga 4,5 m, diameter dalam 5 mm.
- Pipa Kapiler: Pipa tembaga dengan panjang 2,1 m dan diameter dalam 0,6 mm.
- Evaporator: Evaporator kering tipe pelat.

Alat Ukur

- *Pressure Gauge*: Asian First, dengan jangkauan pengukuran 0 ~ 500 psi (3 buah), -30 ~ 250 psi (1 buah).
- *Manifold Gauge*: Asian First, dengan jangkauan pengukuran -30 ~ 250 psi (digunakan untuk pengisian freon, 1 buah).
- *Digital Termometer*: Ketelitian baca -40 ~ 150<sup>0</sup> C (1 buah).

- Timbangan: Merek Muramaya Seisakusho, dengan jangkauan pengukuran 20 gr ~ 10 kg.
- R-12 dan R-134a sebagai refrigeran.
- Beban pendinginan (air), sebanyak 100ml, 200ml, dan 300ml.
- Wadah (plastik) massa 0,126 kg.

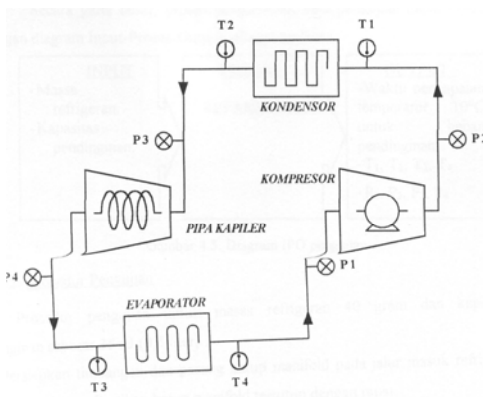


**Gambar 3. Bagian-bagian utama alat uji.**

(A) Kompresor, (B) Kondensor,  
(C) Pipa Kapiler, (D) Evaporator

### Penempatan Alat Ukur

- Termometer dipasang pada tiap-tiap jalur masuk dan jalur keluar kondensor maupun evaporator.
- *Pressure Gauge* dipasang pada tiap-tiap jalur isap dan jalur buang kompresor maupun pipa kapiler.



**Gambar. 4. Skema pemasangan alat ukur**

Data yang dicatat adalah:

- $T_{\text{beban}}$  = Temperatur air sebagai beban pendinginan.
- $T_1$  = Temperatur pada jalur masuk kondensor.

- $T_2$  = Temperatur pada jalur keluar kondensor.
- $T_3$  = Temperatur pada jalur masuk evaporator.
- $T_4$  = Temperatur pada jalur keluar evaporator.
- $P_1$  = Tekanan pada jalur isap kompresor.
- $P_2$  = Tekanan pada jalur buang kompresor.
- $P_3$  = Tekanan pada jalur masuk pipa kapiler.
- $P_4$  = Tekanan pada jalur keluar pipa kapiler.

### 3.2 Prosedur Pengujian

- 1) Persiapkan timbangan dan pasang katup manifold pada jalur masuk refrigeran dalam sistem. Pastikan katup *manifold* tertutup dengan rapat.
- 2) Bocorkan jalur pembuangan refrigeran agar semua refrigeran yang masih tersisa didalam sistem dapat terbuang.
- 3) Hidupkan lemari pendingin. Biarkan refrigeran terbuang habis keluar sistem.
- 4) Tunggu beberapa saat sampai tekanan pada sistem yang terbaca pada *manifold* mencapai  $-29$  psi.
- 5) Pastikan keran pada tabung refrigeran tertutup rapat. Timbang tabung refrigeran beserta isinya dan catat hasil penimbangannya.
- 6) Sambungkan tabung refrigeran dengan *manifold*.
- 7) Buka sedikit keran tabung dan katup *manifold*.
- 8) Segera tutup jalur pembuangan refrigeran setelah merasakan adanya refrigeran yang mengalir keluar melalui jalur pembuangannya.
- 9) Buka keran tabung dan katup manifold lebih lebar.
- 10) Masukkan refrigeran ke dalam sistem lemari pendingin sampai tekanan yang terbaca pada manifold mencapai 10 psi.
- 11) Tutup kembali keran tabung dan katup manifold dengan rapat. Lalu lepaskan sambungan tabung refrigeran dengan manifold.
- 12) Timbang kembali tabung refrigeran bersama isinya dan catat hasil penimbangannya.
- 13) Hitung selisih hasil penimbangan antara sebelum dan sesudah refrigeran dimasukkan kedalam sistem.
- 14) Biarkan sistem tetap berjalan sampai temperatur didalam lemari pendingin mencapai suhu  $0^{\circ}\text{C}$ .
- 15) Masukkan air yang bertemperatur  $28^{\circ}\text{C}$ , bersama dengan wadah penampungnya.
- 16) Tutup lemari pendingin. Dan pengambilan data dimulai.
- 17) Catat penurunan temperatur air setiap 5 menit.
- 18) Catat juga pembacaan pada *pressure gauge* dan termometer yang telah terpasang pada sistem.
- 19) Catat temperatur air hingga bertemperatur  $0^{\circ}\text{C}$ .

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian yang telah dilakukan menggunakan alat uji dengan menggunakan refrigeran R-12 dan R-134a, maka didapat data berikut ini.

Kapasitas Pendingin [kJ]	15		27		40	
	R-12	R-134a	R-12	R-134a	R-12	R-134a
Massa Refrigeran [gram]	60	60	60	60	60	60
Waktu pendinginan [detik]	2700	2100	4800	3600	6000	5100
T <sub>1</sub> [°C]	50,0	59,0	55,1	61,0	57,2	67,0
T <sub>2</sub> [°C]	43,4	41,0	43,9	45,5	45,0	47,0
T <sub>3</sub> [°C]	15,7	3,5	15,0	4,5	15,6	5,0
T <sub>4</sub> [°C]	22,6	7,0	24,6	9,5	27,1	10,5
P <sub>1</sub> [MPa]	0,08	0,15	0,08	0,14	0,08	0,13
P <sub>2</sub> [MPa]	1,43	2,09	1,42	2,00	1,43	1,89
P <sub>3</sub> [MPa]	1,29	1,93	1,30	1,86	1,34	1,75
P <sub>4</sub> [MPa]	0,36	0,46	0,36	0,47	0,37	0,48

#### Nilai entalpi dari diagram P-h

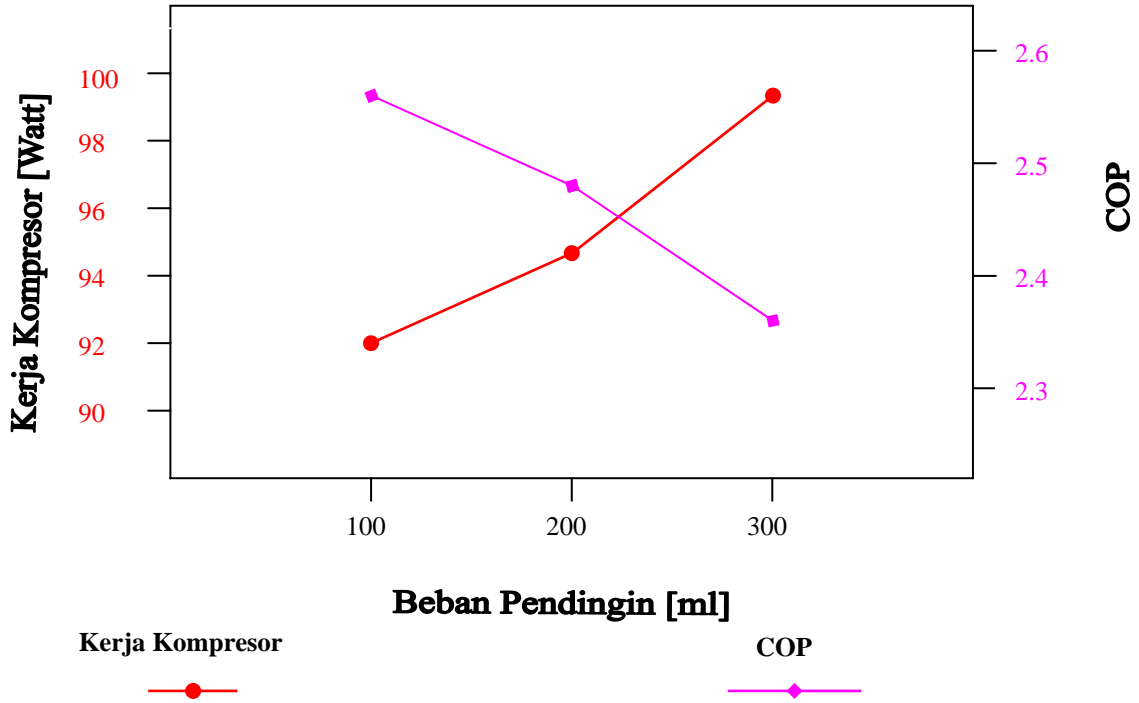
Kapasitas Pendingin [kJ]	15		27		40	
	R-12	R-134a	R-12	R-134a	R-12	R-134a
Massa Refrigeran [gram]	60	60	60	60	60	60
h <sub>1</sub> [kJ/kg]	370	389	372	388	373	386
h <sub>2</sub> [kJ/kg]	428	428	432	428	436	427
h <sub>3</sub> [kJ/kg]	214	205	214	205	214	206
h <sub>4</sub> [kJ/kg]	221	209	223	211	225	214

#### Tabel Hasil perhitungan, Nilai COP R-12 dan R.134a

Beban Pendingin [ml]	100		200		300	
	R-12	R-134a	R-12	R-134a	R-12	R-134a
Massa Refrigeran [gram]	60	60	60	60	60	60
Waktu Pendinginan [detik]	2700	2100	4800	3600	6000	5100
m [ x 10 <sup>-3</sup> ]	1,58	1,43	1,58	1,43	1,58	1,43
Efek Refrigerasi [W]	235,5	257,4	235,4	253,1	233,8	245,9
Kerja Kompresor [W]	91,6	55,7	94,6	57,2	99,5	58,6
Efek Pemanasan [W]	338,1	318,9	344,5	318,9	350,7	316,0
COP	2,56	4,6	2,48	4,4	2,35	4,2

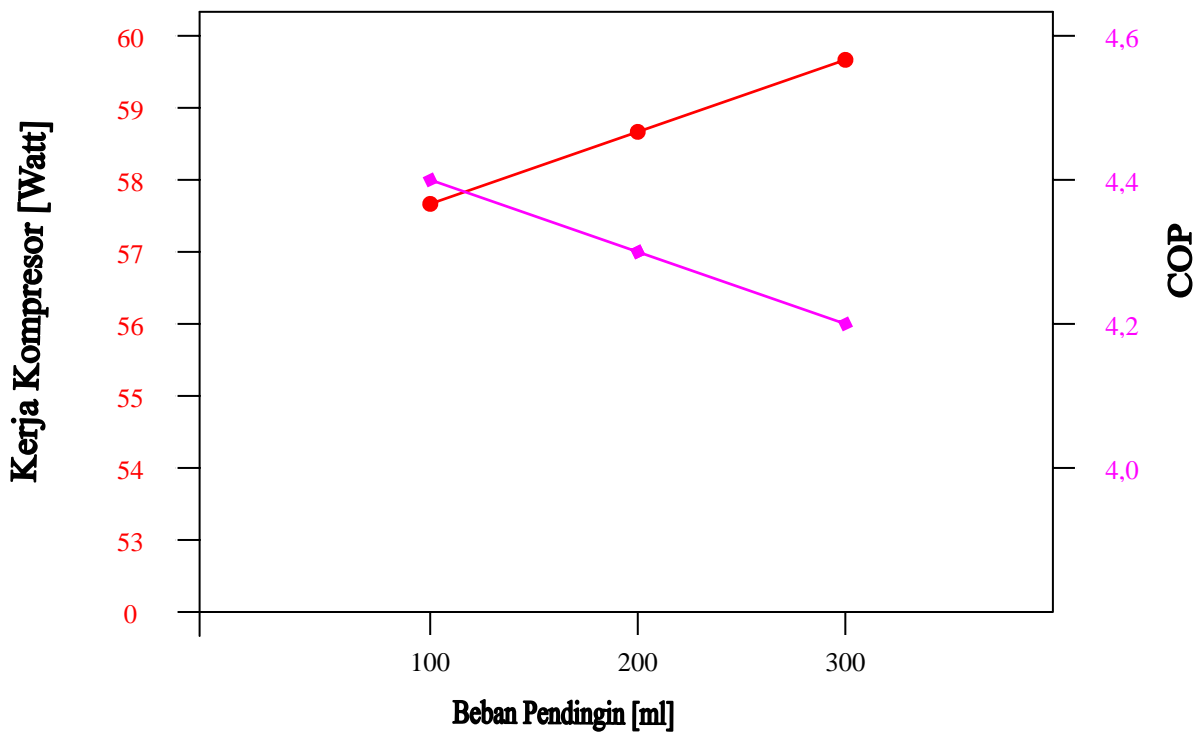
### Grafik Unjuk Kerja Kompresor R-12 Pada

Massa Refrigeran 60 gram



### Grafik Unjuk Kerja Kompresor R-134a Pada

Massa Refrigeran 60 gram



Berdasarkan hasil perhitungan yang ditunjukkan tabel dan grafik, dapat dilihat perubahan nilai *Coeffisien of Performance* (COP) terhadap variasi beban pendinginan, dimana COP tertinggi diperoleh pada beban pendinginan 100 ml, hal ini terlihat baik untuk R. 134a maupun R.12.

Kerja kompresor sangat dipengaruhi oleh temperatur Refrigeran masuk kompresor dan kapasitas pendinginan yang dibebankan ke refrigerator. Semakin rendah temperatur refrigeran masuk kompresor dan semakin kecil kapasitas pendinginannya maka kerja kompresor semakin kecil.

Dari tabel hasil perhitungan terlihat bahwa laju aliran massa refrigeran didalam sistem refrigerasi sangat dipengaruhi oleh temperatur refrigeran masuk kompresor. Semakin tinggi temperatur refrigeran masuk kompresor, maka tekanannya akan semakin besar sehingga densitas refrigeran tersebut akan semakin kecil yang mengakibatkan laju aliran massa refrigeran semakin kecil.

Efek refrigerasi yang terjadi dipengaruhi oleh temperatur refrigeran keluar dari kondensor. Semakin rendah temperatur refrigeran dari kondensor, maka efek refrigerasi tersebut akan semakin besar. Nilai COP dipengaruhi oleh temperatur refrigeran masuk evaporator, semakin tinggi temperatur refrigeran masuk evaporator maka nilai COP akan semakin kecil. Hal ini terjadi karena semakin tinggi temperatur refrigeran masuk evaporator, maka efek refrigerasi semakin kecil sementara kerja kompresor akan bertambah sehingga nilai COP akan turun.

## 5. KESIMPULAN

Hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa bahwa nilai COP Refrigeran 134a (R. 134a) lebih tinggi dibandingkan Refrigeran 12 (R. 12). Nilai COP tertinggi didapat pada beban pendinginan 100 ml baik untuk R.134a maupun R. 12.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada sdr. Achmad Afifi dan Aprianto, atas bantuan set up alat dan pengambilan data

### DAFTAR PUSTAKA

1. American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers, “**ASHRAE Fundamental Handbook**”, ASHRAE. (2001).
2. Arora, C.P., **Refrigeration and air Conditioning**, International edition, McGraw-Hill. (2001).
3. Michael J. Moran, Howard N. Shapiro, “**Fundamental of Engineering Thermodynamics**”, 2<sup>nd</sup> ed. John Wiley & Sons. (1992).
4. Roy J Dossat, “**Principles of Refrigeration**”, 4<sup>th</sup> ed. prentice-Hall International Inc., (1997).
5. Stoecker, W.F, Jones, J.W., **Refrigerasi dan Pengkondisian Udara**, (terj. Supratman Hara). Erlangga. Jakarta. (1994).
6. William C. Whitman, William M. Johnson, Jhon A. Tomczyk, “**Refrigeration and Air Conditioning Technology**”, 4<sup>th</sup> ed. Delmar Thomson Learning. (2000).