

## Penggaruh Retrofit Refrigerant 22 dengan Refrigerant 404a terhadap Unjuk Kerja Dari Air Conditioning.

**Made Wirawan**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram  
wwiralo@yahoo.co.id

### Abstrak

Berbagai merek, model dan ukuran mesin pendingin untuk berbagai keperluan banyak ditawarkan. Semua mesin pendingin bekerja dengan menggunakan refrigeran sebagai fluida kerjanya. Dimana refrigeran yang umum dipakai pada saat ini dipakai mengandung senyawa HCFC seperti R-22 dan senyawa CFC seperti R-11 dan R-12. Namun refrigeran yang mengandung HCFC dan CFC terdapat banyak kekurangan yang berpengaruh terhadap lingkungan seperti merusak lapisan ozon dan dapat menimbulkan pemanasan global, sehingga perlu adanya refrigeran pengganti dalam upaya penghentian pemakaianya. Adapun bahan pengganti R-22 yang mengandung senyawa HCFC seperti refrigeran 404a. Dimana refrigeran ini tidak memiliki unsur chlour yang dapat merusak lapisan ozon dan nilai ODPnya sama dengan nol.

Berangkat dari fakta diatas, maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk membandingkan dan menganalisa unjuk kerja dari mesin pendingin yang menggunakan refrigeran R-22 dan R-404a pada mesin pendingin meliputi kerja kompresi, dampak refrigerasi dan COP (coefisien of performance). Dalam penelitian ini akan di gunakan mesin pendingin dengan menvariasikan refrigeran dan temperatur ruangan.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa unjuk kerja dari mesin pendingin mengalami peningkatan pada penggunaan R404a. Kerja kompresi dari mesin pendingin akan turun dengan penggunaan R404a, dampak refrigerasi lebih kecil pada penggunaan R404a, dan COPnya bertambah baik pada penggunaan R404a.

*Kata Kunci : Refrigeran, COP, Kerja Kompresi, Dapak Refrigerasi.*

### Abstract

Various brand, model and size of refrigerator for various purposes are offered. All of refrigerator work by using refrigerant as it working fluid. General refrigerant used this time contained compound of HCFC such as R-22 and compound CFC such as R-12 and R-11. But the refrigerant which as contain HCFC and CFC have many disadvantage which tend to world environmental like destroying ozone layer, and can cause global warming, so we need alternative refrigerant in our attempt to stop the using it. There is alternative refrigerant of R-22 which contains the compound of HCFC such as R-404a, where this refrigerant has no clour element which can destroying ozone layer and it ODP equal with 0.

Based on the above fact, so we do research aiming at to compare and analyze performance of refrigerator using refrigerant R-22 and refrigerant R-404a in the refrigerator covering the work of compression, refrigeration effect and COP. In this research we use refrigerator with variation refrigerant and room temperature.

From the result of the research we get that performance of refrigerator increase in using R-404a. The compression work of refrigerator will decrease by using R-404a and its COP is better in using R-404a.

*Key words: Refrigerant, COP, compression work, refrigeration effect*

## 1. PENDAHULUAN

Berbagai merek, model dan ukuran mesin pendingin untuk berbagai keperluan banyak ditawarkan. Semua mesin pendingin bekerja dengan menggunakan refrigeran sebagai fluida kerjanya. Dimana refrigeran yang umum dipakai pada saat ini dipakai mengandung senyawa HCFC (*Hydrochlouroflourocarbon*) seperti R-22 dan senyawa CFC (*Chluorofluorocarbon*) seperti R-11 dan R-12 yang memiliki sifat-sifat yang baik ditinjau dari segi teknik seperti : kestabilan yang tinggi, tidak mudah terbakar, tidak beracun dan relatif mudah didapat.

Namun refrigeran yang mengandung HCFC dan CFC terdapat banyak kekurangan yang berpengaruh terhadap lingkungan seperti merusak lapisan ozon (*ozon depleting potential*) dan dapat menimbulkan pemanasan global (*global warning potential*).

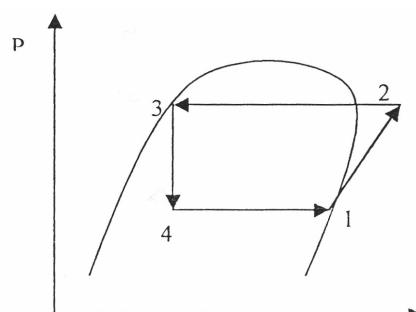
Menanggapi sifat negatif refrigeran diatas, telah beberapa kali diadakan kesepakatan Internasional yang berusaha menghapuskan penggunaan HCFC dan CFC. Di Indonesia melalui keputusan Menperindag No:110/MPP/kep/1998 mengeluarkan larangan memproduksi dan memperdagangkan bahan perusak lapisan ozon. Dalam hal ini termasuk refrigerant 12 dan R-22. Oleh karena itu diperlukan adanya refrigeran pengganti. (Swisscontact, 1999).

Bahan pendingin HCFC R-22 telah banyak digunakan secara meluas baik pada peralatan rumah tangga maupun komersil sehingga perlu adanya refrigeran pengganti dalam upaya penghentian pemakaiannya. Adapun bahan pengganti R-22 yang mengandung senyawa HCFC seperti refrigeran 404A yang merupakan refrigeran campuran (R-143a/125/134a). Dimana refrigeran ini tidak memiliki unsur chlour yang dapat merusak lapisan ozon dan nilai ODPnya sama dengan nol, Proses pendinginan yang dihasilkan lebih baik, memiliki temperatur penguapan yang rendah sehingga cocok untuk penerapan pada sistem refrigerasi dan pengkondisian udara dan Ramah lingkungan .

Berangkat dari fakta diatas, maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk membandingkan dan menganalisa unjuk kerja dari mesin pendingin yang menggunakan refrigeran R-22 dan R-404a pada mesin pendingin yang sama. Unjuk kerja yang diamati meliputi kerja kompresi, dampak refrigerasi dan COP (*coefisien of performance*).

Refrigan 22 menpunyai nilai ODP 0.05 sedangkan refrigan 404a menpunyai nilai ODP 0. berdasarkan nilai ODP ini dapat dilihat bahwa penggunaan R404a akan mengurangi jumlah bahan perusak lingkungan/ ozon. Karena kita ketahui rusaknya ozon merupakan masalah lingkungan global yaitu persoalan kerusakan hidup yang dampaknya dirasakan diseluruh wilayah dibumi (Global).

### Prestasi Siklus Kompresi Uap Standar



Gambar 1. P-h diagram siklus kompresi uap standar

Besaran-besaran utama yang berlaku dalam siklus kompresi uap standar dapat diketahui dengan bantuan diagram tekanan entalpi. Adapun besaran-besaran utama yang dimaksud adalah kerja kompresi, efek refrigerasi dan COP. (W.F. Stoecker, 1989)

- *Kerja kompresi* (Wc)

Kerja kompresi merupakan perubahan entalpi pada proses 1-2.

$$W_c = h_2 - h_1 \text{ (kJ/kg)} \quad (1)$$

dimana :

$$\begin{aligned} W_c &= \text{Kerja kompresi} & (\text{kJ/kg}) \\ h_1 &= \text{Entalpi awal kompresi} & (\text{kJ/kg}) \\ h_2 &= \text{Entalpi akhir kompresi} & (\text{kJ/kg}) \end{aligned}$$

▪ *Efek refrigerasi* ( $q_r$ )

Efek refrigerasi merupakan penyerapan kalor pada proses 4-1.

$$q_r = h_1 - h_4 \quad (\text{kJ/kg}) \quad (2)$$

dimana :

$$\begin{aligned} q_r &= \text{Efek refrigerasi} & (\text{kJ/kg}) \\ h_1 &= \text{Entalpi awal kompresi} & (\text{kJ/kg}) \\ h_4 &= \text{Entalpi akhir ekspansi} & (\text{kJ/kg}) \end{aligned}$$

▪ *Laju aliran massa* ( $\dot{m}$ )

Laju aliran massa merupakan kapasitas pendinginan dibagi dengan efek refrigerasi, yaitu :

$$\dot{m} = \frac{Q_r}{q_r} \quad (\text{kg/s}) \quad (3)$$

dimana :

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \text{Laju aliran massa} & (\text{kg/s}) \\ Q_r &= \text{Kapasitas pendinginan} & (\text{kJ/s}) \\ q_r &= \text{efek refrigerasi} & (\text{kJ/kg}) \end{aligned}$$

▪ *Koefisien Performansi* (COP)

COP dari siklus kompresi uap standar adalah dampak refrigerasi dibagi kerja kompresi, yaitu

$$COP = \frac{q_r}{w_c} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (4)$$

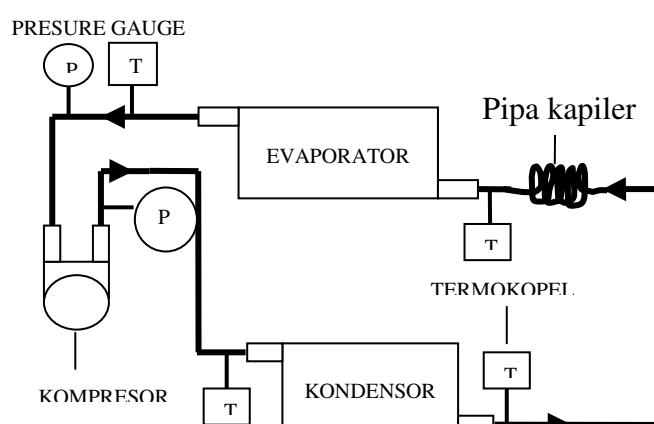
Daya kompresi yang diperlukan untuk refrigerasi berbanding terbalik dengan COP. Suatu sistem refrigerasi yang efisien memiliki daya kompresi yang rendah dan COP yang tinggi.

## 2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan Eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengantian refrigeran 22 dengan refrigeran 404a. Dalam hal ini akan diselidiki besarnya COP dari penggunaan kedua refrigeran tersebut.

### Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu unit AC Split Satu Unit AC Split dengan sistem kompresi uap .



Gambar 2. Rangkaian alat ukur pada mesin pendingin

Adapun prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini adalah

1. Menyiapkan peralatan dan perlengkapan yang akan dipakai.
2. Memasang manifold gauge dan Sensor Thermometer Digital, seperti yang terlihat pada gambar
3. Sistem divakum dengan menggunakan pompa vakum.
4. Melakukan pengisian Refrigeran R-22 dan R-404a sesuai kebutuhan dari mesin pendingin.
5. Menghidupkan mesin serta menutup ruangan kemudian dioperasikan dengan putaran konstan.
6. Mencatat hasil pengukuran  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $P_1$ ,  $P_2$  dan waktu capai dingin setelah mencapai temperatur  $18^\circ\text{C}$ ,  $21^\circ\text{C}$  dan  $24^\circ\text{C}$ .
7. Mengulang langkah 5,6 pada jenis refrigeran yang berbeda

### **Data Ruangan**

- Kamar

Lebar : 300 cm = 3 m

Panjang : 350 cm = 3,5 m

Tinggi : 360 cm = 3,6 m

- Pintu

Lebar : 76 cm = 0,76 m

Panjang : 206 cm = 2,06 m

- Jendela kaca

- Selatan : Lebar = 158 cm = 1,58 m

Panjang = 166 cm = 1,66 m

- Utara : Lebar = 115 cm = 1,15 m

Panjang = 148 cm = 1,48 m

Dalam penelitian ini perlu adanya pertimbangan terhadap beban ruangan yang digunakan, meliputi: luas ruangan, volume ruangan, luas jendela, luas tembok, jumlah penghuni serta sumber-sumber kalor yang berasal dari dalam dan luar ruangan.

1. Kondisi udara ruangan ( Arismunandar, 1995)
  - a. Temperatur bola kering rata-rata rancangan ( $T_i$ ) = 26 °C
  - b. Kelembaban relatif ( $\varphi_{ranc}$ ) = 50 %
  - c. Perbandingan kelembaban ( $R_i$ ) = 0,0105 Kg/Kg
2. Kondisi udara luar ruangan (Arismunandar, 1995)
  - a. Temperatur bola kering rata-rata rancangan ( $T_o$ ) = 32 °C
  - b. Perbandingan kelembaban rata-rata ( $R_o$ ) = 0,020 Kg/Kg
  - c. Bulan penelitian : Mei

### Beban Pendinginan

- a. Beban Kalor Sensibel Luar Ruangan

Beban kalor sensibel adalah beban kalor yang disebabkan oleh adanya perbedaan temperatur. Beban kalor sensibel dari luar ruangan diakibatkan oleh adanya radiasi dan transmisi kalor dari matahari yang melalui dinding, jendela kaca dan atap serta perembesan atau inviltrasi udara melalui celah-celah pintu, jendela atau ventilasi.

1. Beban transmisi kalor melalui jendela kaca

$$\begin{aligned} Q_1 &= A_J \cdot K \cdot (T_o - T_i) \\ Q_1 &= 4,32 \times 5,5 (32 - 26) \\ &= 142,56 \text{ Kcal/jam} \end{aligned}$$

2. Radiasi matahari melalui jendela kaca

$$Q_2 = A_J \cdot I_t \cdot F_s$$

Sehingga radiasi matahari melalui jendela kaca dapat dicari :

- Untuk sebelah utara

$$\begin{aligned} Q_2 &= A_J \cdot I_t \cdot F_s \\ &= 1,702 \times 43,4 \times 0,50 \times 0,64 \\ &= 23,64 \text{ Kcal/jam} \end{aligned}$$

- Untuk sebelah selatan

$$\begin{aligned} Q_2 &= A_J \cdot I_t \cdot F_s \\ &= 2,623 \times 37,98 \times 0,50 \times 0,64 \\ &= 31,87 \text{ Kcal/jam} \end{aligned}$$

Jadi total radiasi melalui jendela kaca adalah :

$$\begin{aligned} Q_{2\text{total}} &= (23,64 + 31,87) \text{ Kcal/jam} \\ &= 55,51 \text{ Kcal/jam} \end{aligned}$$

3. Transmisi Kalor melalui Atap

$$Q_3 = A_A \cdot U_A (T_e - T_i)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} A_A &= 10,5 \text{ m}^2 \\ \alpha &= 0,5 \text{ (Arismunandar, 1995 : 58)} \\ T_e &= 45,6 \text{ }^\circ\text{C} \\ U_A &= 3,034 \text{ Kcal/m}^2 \text{ jam }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Q_3 &= A_A \cdot U_A (T_e - T_i) \\ &= 10,5 \times 3,034 (45,6 - 26) \\ &= 624,39 \text{ Kcal/jam} \end{aligned}$$

4. Transmisi kalor melalui dinding

$$\begin{aligned} Q_4 &= A_D \cdot U_D (T_e - T_i) \\ T_e \text{ Utara} &= 32,87 \text{ }^\circ\text{C} & T_e \text{ Barat} &= 40,84 \text{ }^\circ\text{C} \\ T_e \text{ Selatan} &= 32,76 \text{ }^\circ\text{C} & T_e \text{ Timur} &= 40,84 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Koefisien transmisi kalor ( $U_D$ ) dari dinding adalah:  $U_D = 4,23 \text{ Kcal/m}^2 \text{ jam}^0\text{C}$

Sehingga transmisi kalor melalui dinding dapat dicari :

- Untuk sebelah Utara = 316,69 Kcal/jam
- Untuk sebelah selatan = 240,54 Kcal/jam
- Untuk sebelah barat = 677,95 Kcal/jam
- Untuk sebelah timur = 677,95 Kcal/jam

Jadi, total transmisi kalor melalui dinding

$$Q_{4\text{total}} = (316,69 + 240,54 + 677,95 + 677,95) \text{ Kcal/jam}$$

$$= 1913,13 \text{ Kcal/jam}$$

5. Beban kalor sensibel karena Inviltrasi

$$Q_5 = \frac{Vu}{Vs} \times Cp \times N (T_0 - T_i)$$

Dimana :

$$Vu = 18 \text{ m}^3/\text{jam orang} \quad (\text{Arismunandar, 1995 : 65})$$

$$Vs = 0,865 \text{ m}^3/\text{kg} \quad (\text{diagram psikometrik})$$

$$Cp = 0,24 \text{ kcal / kg}^0\text{C}$$

$$N = 1 \text{ orang}$$

Sehingga :

$$Q_5 = \frac{18}{0,865} \times 0,24 \times 1 (32 - 26)$$

$$= 29,96 \text{ kcal / jam.}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka beban kalor sensibel luar ruangan adalah :

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_{2\text{tot}} + Q_3 + Q_{4\text{tot}} + Q_5$$

$$= 142,56 + 55,51 + 624,39 + 1913,13 + 29,96$$

$$= 2765,55 \text{ Kcal/jam}$$

b. Beban kalor laten karena inviltrasi

$$Q_6 = \frac{Vu}{Vs} \times Lt \times N (R_0 - R_i)$$

Dimana:

$$Lt = 597,3 \text{ Kcal/Kg}$$

$$R_0 = 0,020 \text{ Kg/Kg}$$

$$R_i = 0,0105 \text{ Kg/kg}$$

Sehingga :

$$Q_6 = \frac{18}{0,865} \times 597,3 \times 1 (0,020 - 0,0105)$$

$$= 118,07 \text{ Kcal/jam}$$

c. Beban kalor sensibel daerah Interior

- Beban kalor sensibel dari adanya penghuni/manusia

$$Q_7 = N \cdot Q_s \cdot Fk$$

Dimana :

$$N = 1 \text{ orang}$$

$$Q_s = 49 \text{ Kcal/jam orang} \quad (\text{Arismunandar, 1995 : 64})$$

$$Fk = 0,947$$

Sehingga :

$$Q_7 = 1 \times 49 \times 0,947$$

$$= 46,403 \text{ Kcal/jam}$$

d. Beban kalor laten daerah interior

Beban kalor laten yang disebabkan oleh sumber penguapan didalam ruangan besarnya adalah :

$$Q_8 = N \cdot Q_L \cdot Fk$$

Dimana :

$$Q_L = 51 \text{ Kcal/jam orang} \quad (\text{Arismunandar, hal. 64})$$

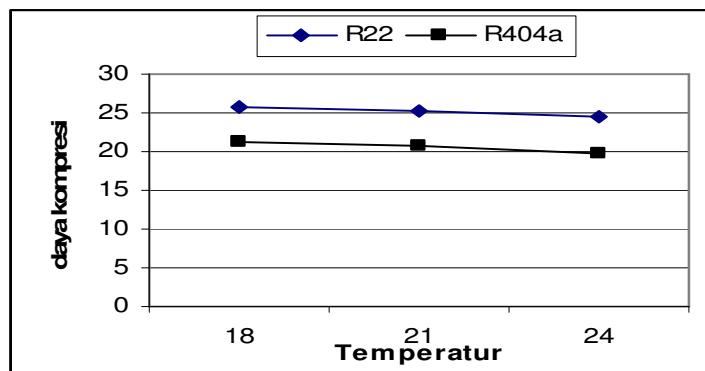
Sehingga :

$$Q_8 = 1 \times 51 \times 0,947 \\ = 48,29 \text{ Kcal/jam}$$

Kapasitas pendinginan ( $Q_r$ ) = beban pendinginan yang dihasilkan, sehingga total kapasitas pendinginan adalah :

$$Q_{\text{tot}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 \\ = 142,56 + 55,51 + 624,39 + 1913,13 + 29,96 + 118,07 + 46,403 + 48,297 \\ = 2978,313 \text{ Kcal/jam} \quad \text{atau,} \quad Q_r = 3,46 \text{ kW}$$

### 3. PEMBAHASAN



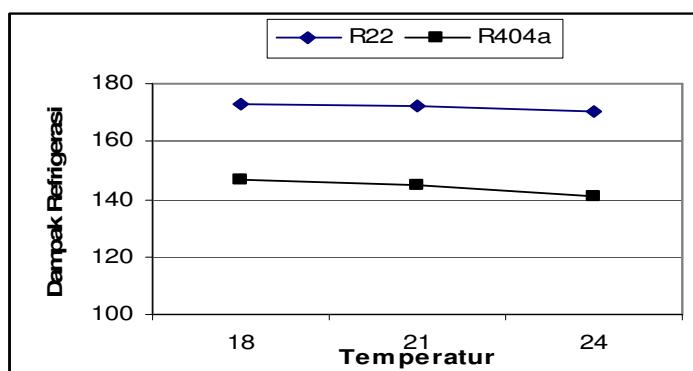
Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Temperatur dan Daya Kompresi

Dari grafik 3. hubungan kerja kompresi dengan temperatur ruangan diatas dapat dilihat bahwa kerja kompresi yang dibutuhkan rata-rata terbesar diperoleh pada temperatur ruangan  $18^{\circ}\text{C}$  yaitu sebesar  $21,33\text{ kJ/kg}$  dengan menggunakan R-404a dan sebesar  $25,7\text{ kJ/kg}$  dengan menggunakan R-22 dan kerja kompresi rata-rata terkecil diperoleh pada pengujian pertama yaitu pada temperatur ruangan  $24^{\circ}\text{C}$  sebesar  $19,8\text{ kJ/kg}$  dengan R-404a dan sebesar  $24,46\text{ kJ/kg}$  dengan menggunakan R-22. Perbedaan kerja kompresi antara R22 dan R404a ini disebabkan oleh perbedaan sifat-sifat termodinamika dari refrigeran. Salah satu sifat termodinamika adalah *Normal Boiling Point* (NBP) dimana NBP dari R22 sebesar  $-41^{\circ}\text{C}$  sedang R404a sebesar  $-47^{\circ}\text{C}$ . dengan semakin besar nilai NBP maka laju aliran volumetrik sisi isap akan bertambah besar yang akan menaikkan kerja kompresi. Dengan pengantian R22 ke R404a tidak hanya bersifat ramah lingkungan kalau dilihat dari nilai ODP nya tapi juga dapat menghemat energi yang diperlukan selama proses kompresi.

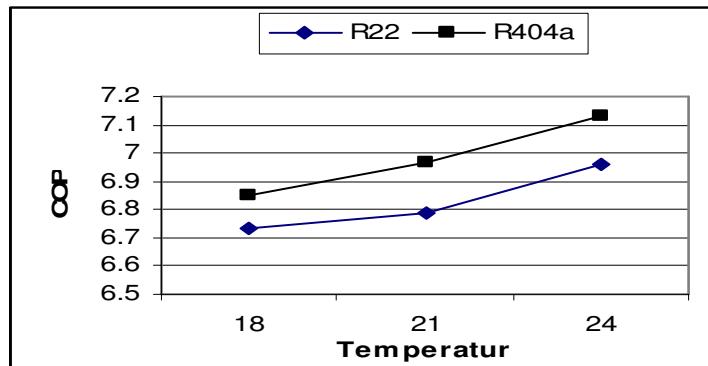
Dari grafik juga terlihat dengan semakin tinggi temperatur yang dilayani maka kerja kompresi juga akan turun baik untuk R22 maupun R404a. Hal ini disebabkan oleh perubahan tekanan dan temperatur pada sisi isap dan keluar kompresor. Perubahan temperatur dan tekanan ini akan menpengaruhi nilai enthalpi yang secara lansung berpengaruh pada kerja kompresi.

Dari grafik 4. hubungan efek refrigerasi dengan temperatur ruangan diatas dapat dilihat bahwa efek refrigerasi pada perhitungan secara aktual rata-rata terbesar diperoleh pada temperatur ruangan  $18^{\circ}\text{C}$  yaitu sebesar  $173\text{ kJ/kg}$  dengan R-22 dan sebesar  $146,46\text{ kJ/kg}$  dengan menggunakan R-404a. Sedangkan efek refrigerasi terkecil diperoleh pada temperatur  $24^{\circ}\text{C}$  sebesar  $170,36\text{ kJ/kg}$  dengan R-22 dan sebesar  $141,26\text{ kJ/kg}$  dengan menggunakan R-404a.

Dari grafik 4. juga terlihat bahwa Dampak refrigerasi dengan menggunakan R-22 lebih besar dibandingkan dengan menggunakan R-404a pada tiap-tiap temperatur ruangan yang sama. Dan efek refrigerasi akan meningkat dengan menurunnya temperatur ruangan karena dengan turunnya temperatur ruangan akan semakin banyak kalor yang harus diserap oleh mesin pendingin .



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Temperatur dan Dampak Refrigerasi



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Temperatur dan COP

Efisiensi kerja dari mesin pendingin dinyatakan dengan nilai COP (*coeffisien of performance*), yang merupakan perbandingan antara efek refrigerasi terhadap daya kompresi. Suatu sistem yang baik akan memerlukan daya kompresi yang kecil dan mampu menghasilkan efek refrigerasi yang lebih besar. Dari grafik ditunjukkan dengan naiknya temperatur akan menyebabkan COP naik. Kecilnya COP pada temperatur rendah ini disebabkan karena pada temperatur rendah menyebabkan kerja kompresi naik walaupun ada kenaikan efek refrigerasi. Tetapi kenaikan efek refrigerasi pada temperatur rendah tidak sebanding dengan kenaikan kerja kompresi sehingga mengakibatkan COP lebih rendah pada temperatur rendah.

Dari grafik 5. hubungan COP dengan temperatur ruangan diatas dapat dilihat bahwa COP rata-rata terbesar diperoleh pada temperatur ruangan 24°C yaitu sebesar 7,13 dengan menggunakan R-404a dan sebesar 6,96 dengan menggunakan R-22, dan COP terkecil diperoleh pada temperatur ruangan 18°C yaitu sebesar 6,85 dengan menggunakan R-404a dan sebesar 6,73 dengan menggunakan R-22. Terjadi perbedaan perhitungan COP.

Dalam hal ini temperatur R-404a lebih rendah dari R-22 pada daerah panas lanjut. Dan COP dari masing-masing refrigeran akan menurun dengan menurunnya temperatur ruangan , karena waktu pendinginan yang dihasilkan lebih lama yang menyebabkan kerja kompresor semakin besar dalam mendinginkan evaporator, sehingga kompresor membutuhkan sejumlah energi yang besar dalam menghisap refrigeran dari evaporator.

#### 4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian dan analisa data diatas adalah sebagai berikut :

1. Adanya perubahan temperatur dalam ruangan berpengaruh pula terhadap kerja kompresi, efek refrigerasi, dan COP.
2. Pada perhitungan secara Aktual, COP rata-rata terbesar diperoleh pada temperatur ruangan 24°C yaitu sebesar 7,13 dengan menggunakan R-404a dan sebesar 6,96 dengan menggunakan R-22, dan COP terkecil diperoleh pada temperatur ruangan 18°C yaitu sebesar 6,85 dengan menggunakan R-404a dan sebesar 6,73 dengan menggunakan R-22.
3. Kerja kompresi yang dibutuhkan lebih kecil pada penggunaan R-404a.
4. Dampak refrigerasi lebih kecil pada penggunaan R 404a.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Wiranto, 1995. *Penyebaran Udara*. PT. Pradnya Paramitha. Jakarta.
- Cengel, Yunus A., dan Michael A. Boles, 1989. *Thermodynamics An Engineering Approach*, international Edition, Mc Graw-Hill Book Co-Singapore.
- Carrier., 1965 . *HandBook of Air Conditioning System Design*, New York : Mc Graw- Hill Book Company.
- Holman J.P., 1986 : *Perpindahan kalor*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Reynold, William C. 1978. *Thermodinamika*. Bandung. Armico.
- Stoecker, Wilbert F., 1998. *Industrial Refrigeration Handbook*, Mc Graw- Hill New York.

- Stoecker, W.F. dan Jerold, W. Jones, Alih Bahasa Supratman Hara, 1989. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Swisscontact \_ SMEP, 1999. *Perlindungan Ozon dengan Teknologi Pendingin Hydrocarbon*, Jakarta Selatan.