

## PENGARUH KINERJA KOMPRESOR PADA MESIN PENDINGIN DENGAN PENGGUNAAN VARIASI BAHAN REFRIGERAN

Barita<sup>1)</sup>, Esron Rudianto Silaban<sup>2)</sup>, Zainuddin<sup>3)</sup>, Eswanto<sup>4)</sup>  
<sup>1,2,3,4)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Medan  
Jl. Gedung Arca no. 52 Medan (20217) Telp. (061)7363771  
e-mail :eswanto@itm.ac.id, barita@itm.ac.id, esron@yahoo.com

### ABSTRAK

Mesin-mesin pendingin saat ini telah banyak berkembang seiring dengan kemajuan teknologi. Pada umumnya mesin ini digunakan untuk pengawetan makanan, peyerapan kalor dari bahan-bahan kimia dan industri bahan kimia. Dalam hal tersebut salah satu dari mesin ini adalah refrigerator yaitu suatu bahan/zat pendingin pada refrigerator yang disebut refrigeran atau Freon. Berbagai macam refrigerant telah banyak dipakai manusia sebagai fluida pada refrigerator, salah satunya yang dapat merusak lingkungan seperti  $\text{CHClF}_2$  (monoklorodifluorometana), untuk mengurangi hal tersebut maka harus dilakukan penggantian refrigeran yang ramah lingkungan, penggantian refrigeran memiliki pengaruh cukup besar terhadap temperatur yang di hasilkan di dalam evaporator. Pada penelitian ini dilakukan ujicoba untuk mengetahui refrigeran yang ramah lingkungan, dengan membandingkan tiga refrigeran  $\text{CHClF}_2$  (R 22) yang lama dengan refrigeran terbaru HC(R134a) dan refrigeran ammonia (R410) pada mesin pendingin satu pintu sebagai acuan dasar perbandingan. Ini dilakukan untuk mengetahui mana yang lebih baik dan efisien dari ketiga refrigeran  $\text{CHClF}_2$  (R 22) ke HC(R134a) dan ammonia (R410) pada kompresor, serta manakah yang menghasilkan suhu dingin dan COP tertinggi. Setelah dilakukan perhitungan didapat COP tertinggi 20,7 untuk refrigerant (R410a) dan daya kompresor tertinggi 0,670 untuk refrigeran (R134a).

**Kata kunci:** Refrigeran, COP, kompresor, temperatur,  $\text{CHClF}_2$

### PENDAHULUAN

Sistem refrigerasi sangat mendukung peningkatan kualitas hidup manusia. Kemajuan dalam bidang refrigerasi akhir-akhir ini adalah akibat dari perkembangan sistem kontrol yang menunjang kinerja dari sistem refrigerasi. Aplikasi dari sistem refrigerasi tidak terbatas, tetapi yang paling banyak digunakan adalah untuk pengawetan makanan dan pendingin suhu, misalnya lemari es dan AC mobil. Dengan perkembangan teknologi saat ini yang semakin pesat, refrigeran (bahan pendingin) yang di pasarkan dituntut untuk ramah lingkungan, disamping aspek teknis lainnya yang diperlukan. Apapun refrigeran yang dipakai, semua memiliki kelebihan dalam penggunaan dan kekurangan masing-masing oleh karena itu, diperlukan kebijakan dalam memilih refrigeran

yang paling aman berdasarkan kepentingan saat ini dan masa yang akan datang, dari hasil analisa percobaan yang dilakukan helmi didapat COP tertinggi 4.06 untuk refrigeran HC R134a. Selain itu, tak kalah pentingnya adalah kemampuan dan keterampilan dari para teknisi untuk mengaplikasikan refrigeran tersebut, baik dalam hal mekanisme kerja sistem, pengontrolan maupun keselamatan kerjadalam pemakaiannya. Pada dewasa ini khususnya diperkotaan mesin pendingin merupakan suatu peralatan yang dapat dijumpai pada hampir setiap perkantoran, gedung-gedung, dan rumahtangga. Mesin pendingin dapat berfungsi sebagai *refrigerator*, *freezer*, *chiller* baik untuk kebutuhan *Air Conditioning* maupun untuk menunjang proses produksi. Dalam mesin pendingin terdapat beberapa komponen utama yaitu: *evaporator*, kompresor,

kondensor, alatekspansi/pipa kapiler, dan refrigeran.

*Refrigeran* atau dikenal dengan nama *Freon* yaitu fluida / zat pendingin yang memegang peranan penting dalam sistem pendingin. Pada mesin *Refrigerator* banyak digunakan refrigerant yang mengandung bahan kimia CFC ( *Cloro Floro Carbon*), karena memiliki sifat stabil, tidak mudah terbakar, tidak beracun, dan *kompatibel* terhadap sebagian besar bahan komponen *Refrigerator*. Akan tetapi setelah mengetahui hipotesa bahwa CFC termasuk ODS (*Ozone Depleting Substance*), yaitu zat yang dapat menyebabkan kerusakan ozon. Sebagai pengganti CFC telah banyak diciptakan *refrigerant* yang tidak merusak lingkungan, salah satunya HC (*Hydrocarbon*) yang memiliki beberapa kelebihan seperti ramah lingkungan, yang ditunjukkan dengan nilai ODP (*Ozone Depleting Potential*) nol, dan GWP (*Global Warming Potential*) yang dapat.

Tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui daya kompresor dengan memvariasikan refrigeran yang terbaru (R-134a, R-410a) dengan refrigeran terdahulu (R-22).
2. Menentukan *Efisiensi* kompresor dengan variasi bahan refrigeran
3. Menentukan *COP* masing-masing bahan refrigeran

### Lndasan Teori Mesin Pendingin

Mesin-mesin pendingin pada dewasa ini semakin banyak dimanfaatkan seiring dengan kemajuan teknologi dan peningkatan taraf hidup. Penggunaan yang umum adalah untuk mengawetkan makanan. Pada suhu biasa (suhu kamar) makanan cepat menjadi busuk (karena pada temperatur biasa bakteri akan berkembang cepat). Sedangkan pada suhu 4,4°C atau 40°F (suhu yang biasa untuk

pendinginan makanan), bakteri berkembang sangat lambat sehingga makanan akan lebih tahan lama. Jadi di sini kita mengawetkan makanan-makanan tersebut dengan cara mendinginkannya.



**Gambar 1.** Macam-macam mesin pendingin

Kegunaan lain dari mesin pendingin adalah penyejuk ruangan, mendinginkan minuman (*beverage cooling*), untuk membuat es batu, es mambo dan lain-lain. Untuk keperluan rumah tangga misalnya ibu-ibu biasanya menyimpan susu, sayuran, buah-buahan, daging dan lain-lain dalam kulkas supaya lebih tahan lama. Untuk mengawetkan dalam jumlah yang lebih besar misalnya kita temui pada tempat pemotongan ternak/*butcher*, untuk penyimpanan udang, ikan laut, dan lain-lain.



**Gambar 2.** Mesin pendingin dalam industri

Pada kondisi lain pada kendaraan-kendaraan pengangkut daging/sayuran/ikan ke tempat-tempat yang jauh dilengkapi mesin pendingin agar tidak busuk sampai di tempat tujuan. Demikian pula pada pengangkut yang menggunakan jasa angkutan laut agar barang-barang tersebut tidak cepat

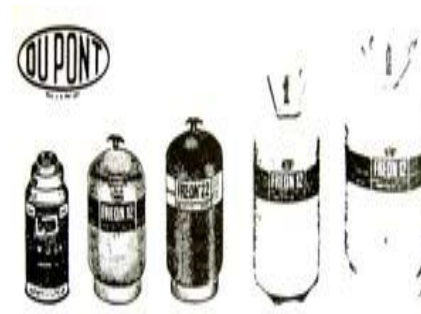
busuk juga didinginkan dengan mesin pendingin. Di atas sudah diterangkan bahwa selain untuk mengawetkan makanan, mesin pendingin juga bisa masuk untuk menyejukkan ruangan. Sekarang banyak kita jumpai gedung-gedung pertemuan, gedung bioskop, kantor-kantor yang ber AC, juga kereta api, bus, mobil pribadi.

### Refrigerator

Dahulu manusia makan dari hasil berburu binatang. Setelah mereka makan secukupnya, sisanya lalu mereka tinggalkan begitu saja, karenanya pada esok hari sisa makanan tersebut menjadi busuk. Kemudian setelah berburu menjadi lebih sukar, mereka lalu mengusahakan agar sisa makanan tersebut dapat disimpan untuk dimakan pada keesokan harinya. Mereka menyimpan makanan tersebut pada suatu tempat yang dingin. Mereka menggali suatu lubang yang tidak dapat ditembus oleh sinar matahari atau di dalam gua. Di situ mereka mendapatkan suatu ruangan yang suhunya lebih dingin dibandingkan dengan suhu udara di luar. Usaha mereka masih sangat sederhana, maka hanya memperoleh perbedaan suhu yang sangat kecil. Makanan hanya dapat disimpan dalam waktu yang singkat saja. Manusia terus berusaha untuk dapat menyimpan makanan lebih lama dan tidak terjadi perubahan pada : rasa, warna, aroma atau bau harumnya. Lambat laun manusia mengetahui bahwa mendinginkan makanan, selain membuat makanan dapat disimpan lebih lama, juga dapat membuat makanan lebih enak rasanya. Misalnya buah dan minuman yang didinginkan rasanya menjadi lebih enak. Sudah sejak 1000 tahun sebelum Masehi, berbagai bangsa di beberapa negara telah berusaha untuk mendinginkan ruangan atau makanan. Orang Mesir menguapkan air di atas rumah, sehingga suhu di dalam rumah menjadi dingin.

### Bahan Pendingin (Refrigeran)

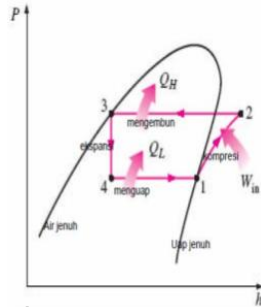
Untuk terjadinya suatu proses pendinginan diperlukan suatu bahan yang mudah dirubah bentuknya dari gas menjadi cair atau sebaliknya untuk mengambil panas dari evaporator dan membuangnya di kondensor, bahan pendingin ini disebut refrigeran. Karakteristik termodinamika refrigeran antara lain meliputi temperatur pengupuan, temperatur pengembunan, dan tekanan pengembunan. Untuk keperluan suatu jenis pendinginan (misal untuk pendinginan udara atau pengawetan beku) diperlukan refrigeran dengan kualitas baik.



**Gambar 3.** contoh bahan pendingin (refrigeran)

### Prestasi Daur Kompresi Uap Standar

Dengan bantuan diagram entalpi tekanan, besaran yang penting dalam daur kompresi uap dapat diketahui. Besaran-besaran ini adalah kerja kompresi, laju pengeluaran kalor, dampak refrigerasi, koefisien prestasi (COP), laju alir massa untuk setiap kilowatt refrigerasi, dan daya per kilowatt refrigerasi. Kerja kompresi (kiloJoule per kilogram) merupakan perubahan entalpi pada proses 1-2. Pada jarak yang tak jauh dari kompresor aliran menjadi mulus dan mendekati mantap. Pengetahuan tentang kerja kompresi memang sangat diperlukan karena merupakan bagian biaya operasi sistem yang terbesar.



**Gambar 4.** Daur kompresi uap standar dalam diagram tekanan-entalpi

## METODE PENELITIAN

### Prosedur Persiapan Pengujian

1. Persiapan Pengambilan Data
  - a. Menyiapkan instrument yang akan digunakan.
  - b. Memeriksa kondisi mesin dan peralatan yang akan digunakan.
  - c. Memastikan dan memeriksa suplai listrik yang diperlukan oleh peralatan uji.
  - d. Memeriksa kondisi di dalam kompresor.

### 2. Data Pengujian

Dalam analisa ini, data yang diperlukan untuk mendukung perhitungan yaitu:

- Temperatur masuk kompresor ( $T_1$ )
- Temperatur keluar kompresor ( $T_2$ )
- Tekanan keluar kompresor ( $P_2$ )

### 3. Pengamatan yang dilakukan

- a. Pastikan keadaan kompresor
- b. Dalam analisa pertama kompresor dimasukan freon R-22
- c. Menunggu beberapa saat sampai tercapai kondisi *steady*
- d. Mencatat data (pengambilan data dilakukan saat pengantian refrigeran)
  1. Temperatur refrigeran dititik  $T_1, T_2, T_3$  dan  $T_4$
  2. Tekanan refrigeran dititik  $P_1, P_2, P_3$  dan  $P_4$
  3. Mencatat tahanan, kuat arus, dan temperatur kabin dan temperature ruangan.
- e. Menganti refrigeran R-134a
- f. Melihat pengaruh refrigeran terhadap kinerja kompresor
- g. Menganti refrigeran R-410a.
- h. Kembali melihat pengaruh refrigeran

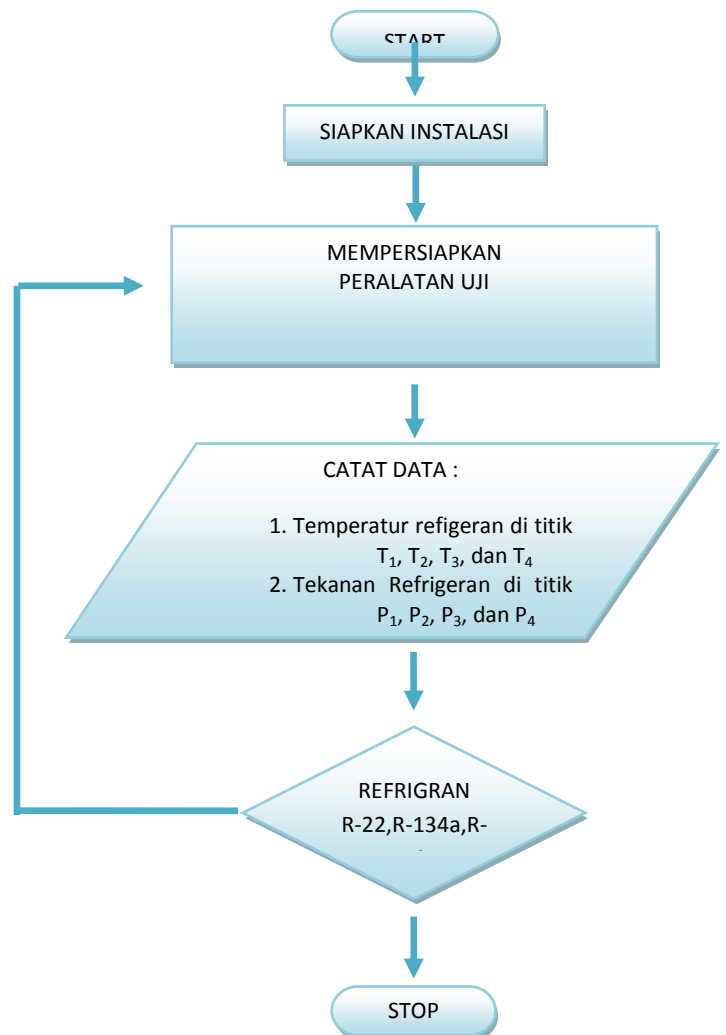
terhadap kinerja kompresor  
i. Mematikan peralatan uji

### Metode Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data yang dilakukan dalam analisa pengaruh kinerja kompresor mesin pendingin dengan variasi bahan refrigeran dilaksanakan dengan:

1. Melakukan pengamatan pada saat dilakukan percobaan.
2. Pengamatan dilakukan dengan pengantian bahan refrigerant R-22 dengan bahan refrigeran yang terbaru (R-134a dan R-410a).
3. Membandingkan ke tiga refrigeran terhadap pengaruh kinerja kompresor

### Flow Chart Analisa



**Gambar 5.** Diagram alir peneitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Data Eksperimen

Terjadinya suatu proses pendinginan diperlukan suatu bahan yang mudah di rubah bentuknya dari gas menjadi cair atau sebaliknya yaitu *refrigerant*. Untuk mengambil panas dari evaporator dan membuangnya di kondensor, karakteristik termodinamika *refrigerant* antara lain meliputi temperatur penguapan, tekanan penguapan, temperatur pengembunan dan tekanan pengembunan. Untuk keperluan suatu jenis pendingin udara atau pengawetan beku diperlukan *refrigerant* dengan karakteristik termodinamika yang tepat. Sebelum dipilih *refrigerant* yang cocok untuk sistem di dalam perencanaan ini, maka sebagai dasar pemilihan *refrigerant* penulis akan membandingkan beberapa *refrigerant* yaitu *refrigerant ammonia*, (R410), *Refrigerant, 22, CHClF<sub>3</sub> Monoklorodifluorometana* (R22), dan *Refrigerant 134a, Hydro Fluoro Carbon* (R134a). Di sini akan ditunjukkan sifat-sifat dari beberapa *refrigerant* dan beserta tabel perbandingan, maka didapat kesimpulan bahwasanya *refrigerant* yang mana yang sesuai untuk digunakan dalam perencanaan alat pendingin untuk ruang penyimpanan bahan makanan.

#### Analisa Data R 22 tanpa beban bola lampu.

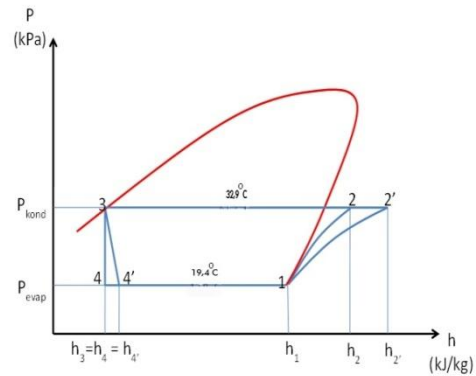
Dari dari pengamatan di dapat data sebagai berikut :

Temperaturkondensor= 32,9°C

Temperature evaporasi= 19,4°C

Temperature kabin = 25,9°C

Temperature udaraluar= 29,6°C



Gambar 6. Diagram P-h R 22

#### Analisa Data R 22 dengan beban lampu

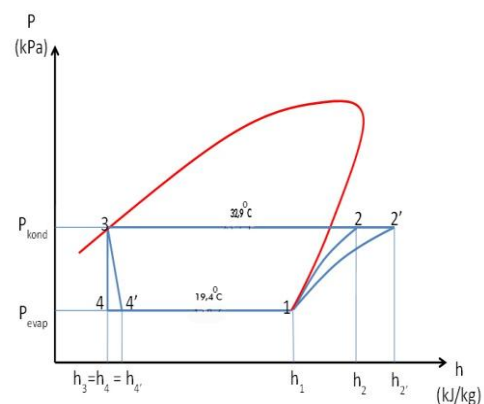
Dari pengamatan di dapat data sebagai berikut :

Temperaturkondensor = 35,7°C

Temperature evaporasi = 20,9°C

Temperature kabin = 26,3°C

Temperature udaraluar = 29,5°C



Gambar 7. Diagram P-h R 22

#### Analisa Data R 134a tanpa beban bola lampu.

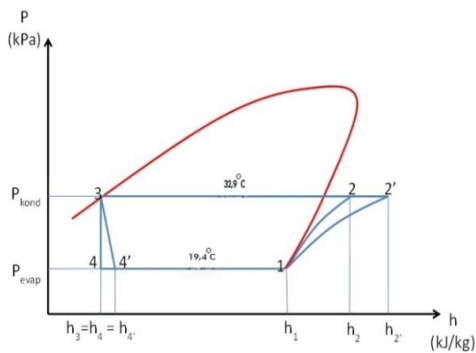
Dari dari pengamatan didapat data sebagai berikut :

Temperaturkondensor= 35,3°C

Temperature evaporasi= -11,4°C

Temperature kabin = 5,4°C

Temperature udaraluar= 29,6°C



**Gambar 8.** Diagram P-h R134a

Sifat zat cair jenuh berdasarkan temperatur evaporasi-11,4°C didapat data sebagai berikut :

$$h_1=h_g=392,06 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2=417,19 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3=h_4=249,01 \text{ kJ/kg}$$

**Daya kompresor**

$$N= M (h_2 - h_1)$$

$$= 0,024 \text{ kg/det} (425,59 \text{ kJ/kg} - 392,06 \text{ kJ/kg})$$

$$= 0,804 \text{ kW}$$

**Panas yang dibuang kondensorkelingkungan**

$$Q_{kond} = M(h_2 - h_3)$$

$$= 0,024 \text{ kg/det} (425,59 \text{ kJ/kg} - 249,01 \text{ kJ/kg})$$

$$= 4,23 \text{ Kw}$$

**Coefficient of Performance (COP)**

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

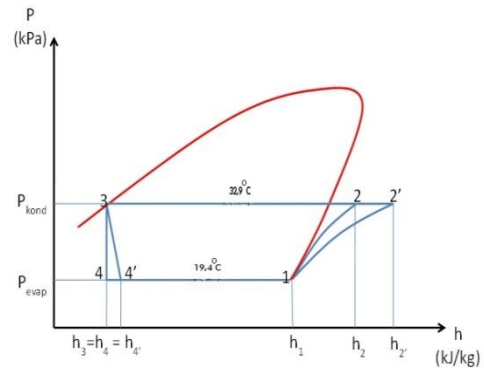
$$= \frac{392,06 \text{ kJ/kg} - 241,85 \text{ kJ/kg}}{425,59 \text{ kJ/kg} - 392,06 \text{ kJ/kg}}$$

$$= 4,47$$

**Analisa Data R 410a tanpa beban bola lampu.**

Dari dari pengamatan didapat data sebagai berikut :

- Temperatur kondensor = 31,5°C
- Temperature evaporasi = 33°C
- Temperature kabin = 33°C
- Temperature udaraluar = 29,8°C



**Gambar 9.** Diagram P-h R 410a

Sifat zat cair jenuh

berdasarkan temperatur evaporasi 33° C di dapat data sebagai berikut :

$$h_1=h_g=426,20 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2=426,29 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3=h_4=250,15 \text{ kJ/kg}$$

**Analisa Data R 410a dengan beban bola lampu.**

Dari dari pengamatan di dapat data sebagai berikut :

- Temperatur kondensor = 32°C
- Temperature evaporasi = 35,8°C
- Temperature kabin = 34,2°C
- Temperature udaraluar = 29,8°C

Sifat zat cair jenuh

berdasarkan temperatur evaporasi 35,8° C didapat data sebagai berikut :

$$h_1=h_g=425,92 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2=426,25 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3=h_4=251,90 \text{ kJ/kg}$$

Pada proses (1-2) terjadi kerugian (*loses*) dikatup buang sehingga proses kompresi (1-2') *loses* pada katup buang di perkirakan 5 % sehingga :

$$h_{2'} = h_2 + 0,05 (h_2-h_3)$$

$$= 426,25 \text{ kJ/kg} + 0,05 (426,25 \text{ kJ/kg} - 251,90 \text{ kJ/kg})$$

$$= 434,96 \text{ kJ/kg}$$

Pada proses ekspansi (3-4) akan terjadi *loses* dikatup ekspansi sehingga proses ekspansi menjadi (3-4'), *loses* di perkirakan sebesar 5 % sehingga :

$$h_{4'} = h_4 - 0,05 (h_1-h_4)$$

$$= 251,90 \text{ kJ/kg} - 0,05 (425,92 \text{ kJ/kg} - 251,90 \text{ kJ/kg})$$

$$= 243,199 \text{ kJ/kg}$$

Maka :

$$RE = h_1-h_4$$

$$= 425,92 \text{ kJ/kg} - 251,90 \text{ kJ/kg}$$

$$= 174,02 \text{ kJ/kg}$$

Maka *refrigerant* yang dibutuhkan (M)

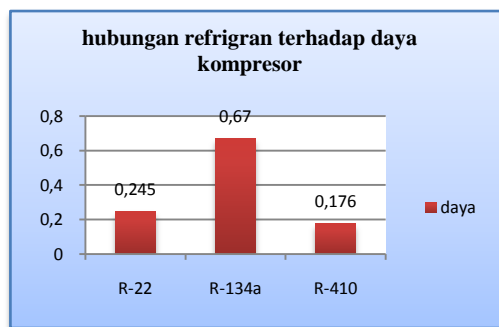
$$M = \frac{Q''}{RE}$$

Dimana :

$Q''$  = Beban pendingin  
diasumsikan 1 TR = 3,517 kW

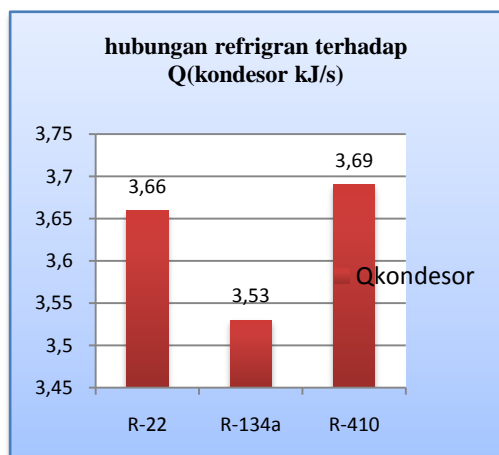
$$M = \frac{3,515 \text{ kW}}{174,02 \text{ kJ/kg}} = 0,020(\text{kg/det})$$

### Analisa Kinerja Mesin Pendingin (freezer)



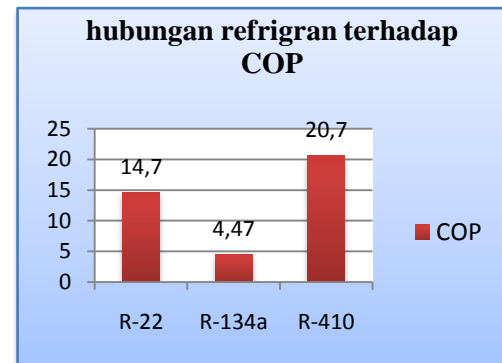
**Gambar 10.** grafik refrigeran terhadap daya kompresor

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa setiap refrigeran menghasilkan daya kompresor yang berbeda, hasil dari refrigeran r 134a lebih tinggi daya kompres nya dari refrigeran r 22 dan refrigeran r 410a.



**Gambar 11.** grafik refrigeran terhadap kondensor (Q)

Dari grafik di atas dapat dilihat panas yang dilepaskan kondensor dari refrigeran r 22 dan refrigeran r410 sangat rendah sedangkan panas yang dilepaskan refrigeran r134a tinggi.



**Gambar 12.** grafik pengaruh refrigeran terhadap koefisien prestasi (COP)

Dari grafik diatas dapat kita lihat pengaruh refrigeran terhadap koefisien prestasi (COP) dari ketiga refrigeran r134a r 22 dan r410 didapat pengaruhnya pada refrigeran r 22 dan r 410 tidak terlalu jauh berbeda sedangkan untuk refrigeran r134a nilai COP nya rendah.

### KESIMPULAN

Setelah melakukan analisa data di atas, dapat diambil kesimpulan . Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari hasil simulasi perhitungan ini adalah:

1. Dari hasil analisa pengujian pengaruh kinerja kompresor mesin pendingin terhadap ketiga refrigeran maka didapat setiap refrigeran daya kompresornya R-22=0,245kW, R-134a=0,670kW, R-410a=0,176kW.
2. Cop terendah yang dihasilkan oleh refrigeran R 134a : 4,47. Sedangkan cop tertinggi dihasilkan oleh refrigeran R 410 : 20,7.
3. Dari ketiga refrigeran yang digunakan untuk pengujian ini refrigeran R134a lebih ramah lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jurnal” Helmi, Risza .Perbandingan COP pada Refrigran dengan CFC R12 dan HC R134a, Fakultas Industri,Jurusan Teknik Mesin”UNIVERSITAS GUNA DARMA”helmi 29@yahoo.com
- [2] <http://www.ASHRAE.org>.
- [3] <http://www.UP-3.com>
- [4] Sumanto, *Dasar-Dasar Mesin Pendingin*, Andi Offset, Yogyakarta,1994.
- [5] <http://www.PDF.com>
- [6] Thermodynamic Properties of “Freon”22 Refrigerant,tech.Bull.T-22-SI,Du Pont de Nemours international S.A.,Genava.
- [7] Stillson:Helical Rotary Screw compressor Applications for Energy Conservation,ASHRAE Trans.,vol,83,pt.1,pp185-201,1997.
- [8] Wilbert F.Stoecker Jerold W.Jones”Refrigrasi Dan Pengkondisian Udara.
- [9] J.Brown and S.F.Pearson:piston Leakage in Refrigeration Compressors,J.Refrig.vol.6,no 5,p 104,September-October 1963.
- [10] Zainuddin, Jufrizal, Eswanto, 2016. The Heat Exchanger Performance of Shell and Multi Tube Helical Coil as a Heater through the Utilization of a Diesel Machine’s Exhaust Gas. Aceh International Journal and Technology, vol 5, No.1, 21 – 29
- [11] Eswanto and J.R. Siahaan, 2018, Analysis of castel type biomass combustion chamber using candlenut shell fuel for patchouli oil purifying, Journal of Mechanical Engineering and Sciences (JMES), Volume 12, Issue 2, pp. 3656-3670
- [12] E H. Jensen: Effect of compressor Characteristics on Motor performance,ASHRAE Trans.,vol 66,pp.194-201,1960.