

# UJI PRESTASI REFRIGERAN R22 PADA MESIN PENDINGIN KOMPRESI UAP DENGAN METODE PENGUJIAN AKTUAL DAN SIMULASI

**Haris Ramadan<sup>[1]</sup>, A.D Cappenberg<sup>[2]</sup>**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik

Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

Jl. Sunter Permai Raya, Sunter Agung Podomoro Jakarta Utara 14350

e-mail: harisramadan@gmail.com<sup>[1]</sup>, audrideacy@yahoo.com<sup>[2]</sup>

## ABSTRAK

Sistem pengkondisian udara yang mengatur temperatur dan kelembaban udara dalam ruangan, dalam pengoperasiannya membutuhkan refrigeran yang mudah menyerap dan melepaskan kalor. Setiap refrigeran memiliki karakteristik yang berbeda-beda yang mempengaruhi efek refrigerasi dan koefisien prestasi yang dihasilkan. R 22 adalah salah satu refrigeran yang memiliki karakteristik yang baik pada mesin pendingin. *Software Genetron properties* adalah sebuah software simulasi yang dapat menghitung aliran fluida atau refrigerant pada mesin pendingin. *Genetron properties* melakukan simulasi termodinamika untuk siklus kompresi uap dan memberikan hasil dalam bentuk tabulasi dan pada sifat mollier diagram (h-s diagram). Pengujian prestasi refrigeran R-22 dilakukan secara aktual dan simulasi dengan menggunakan *software genetron properties*. Hasil pengujian dan perhitungan menunjukkan bahwa : Kerja kompresor, *COP* dan *performance factor* pada mesin pendingin kompresi uap ketika *high speed* adalah 0,528 kW, 8,42 dan 0,1187; saat *low speed* adalah 0,528 kW; 8,52 dan 0,117. *COP* dari hasil pengujian dengan *software genetron properties* ketika *high speed* 2,193 saat *low speed* 1,415 hal ini dikarenakan mesin pendingin kompresi uap dalam keadaan tidak optimal

Kata Kunci : *Mesin Pendingin, Kompresi Uap, COP*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Refrigeran adalah fluida kerja yang bersirkulasi dalam sistem refrigerasi, yang menimbulkan efek pendinginan dan pemanasan. Refrigeran R-22 (HCFC-22) adalah jenis fluida kerja yang paling banyak digunakan dalam produksi mesin-mesin refrigerasi di Indonesia dibawah tahun 2014. Walaupun memiliki ODP (*Ozone Depletion Potential*/potensi pemanasan global) yang tinggi (0.05) dan GWP (*Global Warming Potential* /Potensi Pemanasan Global) yang juga tinggi (1810), namun memiliki sifat kimia dan fisika yang baik, tidak beracun, stabil dan kompatibel, *Cooling Index* yang cukup (100) dan tingkat terbakar Freon (*Flammability*) tidak ada. Refrigeran R-22 juga memiliki harga yang relatif murah. Mesin pendingin kompresi uap yang ada di laboratorium Uji Prestasi Mesin juga menggunakan Refrigeran R-22. Selama ini penggunaan mesin pendingin hanya secara manual untuk memahami siklusnya serta beberapa parameter prestasi. Disisi lain, saat ini juga sudah tersedia beberapa software untuk menguji prestasi mesin pendingin.

Untuk itu akan dilakukan uji prestasi mesin pendingin yang menggunakan Refrigeran R-22 secara aktual dan simulasi yang menggunakan *Software Genetron Properties 1.3*; pada kondisi *low fan* dan *high fan*

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui COP (*Coefficient of Performance*) dari mesin pendingin kompresi uap secara aktual dan menggunakan *Software Genetron Properties 1.3*
2. Mengetahui beberapa parameter prestasi mesin pendingin secara aktual maupun dengan software pada kondisi *low fan* dan *high fan*

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Sistem Refrigerasi

Sistem refrigerasi adalah sistem dimana kalor ditransfer dari media bertemperatur rendah ke media bertemperatur tinggi. Tujuannya adalah untuk mendinginkan media sehingga temperaturnya lebih rendah dari temperatur lingkungan. Sistem pengkondisian udara (AC : Air Conditioning System) merupakan aplikasi dari teknologi refrigerasi yang menghasilkan pendinginan dan pemanasan. Ada beberapa defenisi yang menjelaskan tentang karakteristik dari sistem refrigerasi itu, namun secara umum dapat ditekan bahwa proses pada sistem refrigerasi adalah bersifat terus menerus (*Continue*) dan menyangkut adanya suatu

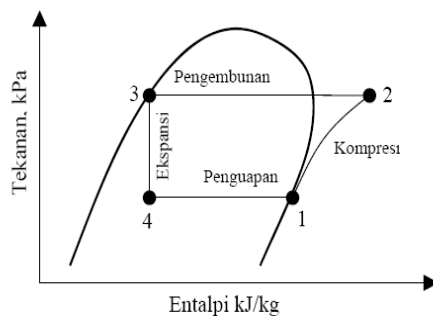
fenomena pemindahan (*Transport Phenomenon*) dari kondisi awal ke kondisi akhir berlangsung dalam suatu siklus / bolak balik. Jenis-jenis system refrigerasi adalah :

1. Siklus absorpsi (*absorption refrigeration cycle*), dimana refrigeran dilarutkan kedalam cairan sebelum dikompresi.
2. Siklus kompresi uap (*vapor compression refrigeration cycle*), dimana refrigeran mengalami proses penguapan dan kondensasi, dan kompresi dalam fase uap.
3. Siklus gas (*gas refrigeration cycle*), dimana refrigeran tetap dalam kondisi gas.
4. Siklus bertingkat (*cascade refrigeration cycle*), dimana lebih dari satu siklus refrigeran yang digunakan.
5. Siklus termoelektrik (*thermo electric refrigeration cycle*), dimana proses refrigerasi dihasilkan dari mengalirkan arus listrik melalui dua buah material yang berbeda-beda.

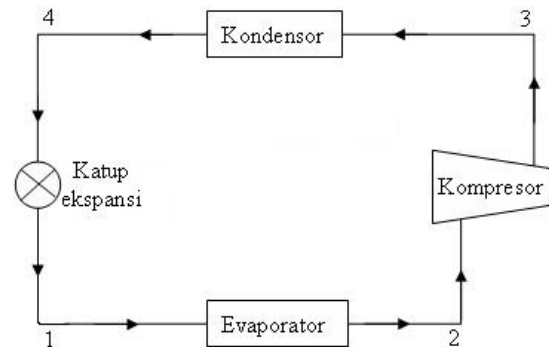
## 2.2 Sistem Kerja Kompresi Uap

Sistem pendinginan kompresi uap merupakan sistem pendinginan yang sering digunakan. Sistem pendingin kompresi uap dapat berfungsi sebagai mesin pendingin (AC) dan pompa kalor (*Heat Pump*) dengan mengubah arah aliran refrigeran. Sistem ini memiliki komponen utama kompresor, kondensator, katup ekspansi dan evaporator. Kondensator dan evaporator berfungsi sebagai penukar kalor antara refrigeran dan lingkungan luar (udara atau air). Pada sistem pendinginan kompresi uap, efek pendinginan (dampak refrigerasi) menjadi perhatian utama, untuk itu dibutuhkan fluida kerja yang akan berubah fasenya dari gas ke cair dan sebaliknya secara berulang-ulang sepanjang proses berlangsung.

Gambar berikut menunjukkan diagram aliran dan siklus kompresi uap.



Gambar 2.1. Diagram p-h siklus uap



Gambar 2.2. Siklus Kompresi uap

## 2.3. Refrigeran

Refrigeran adalah fluida kerja yang bersirkulasi dalam siklus refrigerasi. Refrigeran merupakan komponen penting siklus refrigerasi karena menimbulkan efek pendinginan dan pemanasan pada mesin refrigerasi. Refrigeran menyerap panas dalam mekanisme evaporasi dan melepaskan panas pada mekanisme kondensasi.

Pada sistem refrigerasi kompresi uap refrigeran menyerap panas lewat evaporator pada temperatur dan tekanan rendah dan melepaskan panas pada temperatur dan tekanan tinggi pada kondensator.

Refrigeran R-22 (HCFC) merupakan refrigeran yang banyak digunakan, meskipun telah dijadwalkan untuk dihapuskan pada tahun 2030 (sesuai Protokol Montreal), karena termasuk refrigeran yang berpengaruh terhadap kerusakan/lobang ozon dan pemanasan global.

Dalam pemilihan refrigeran, sifat sifat fisik, kimia dan termodinamika sangat penting.

Untuk menetapkan refrigeran yang akan dipilih, maka sifat-sifat refrigeran harus diketahui, yaitu :

- Tekanan penguapan harus cukup tinggi
- Tekanan pengembunan rendah/ tidak terlalu tinggi
- Kalor laten penguapan tinggi
- Konduktivitas termal tinggi
- Viskositas rendah dalam fasa cair maupun gas
- Tidak bereaksi dengan material yang digunakan
- Koefisien prestasi harus tinggi
- Volume spesifik yang cukup kecil
- Tidak beracun dan menimbulkan polusi
- Tidak mudah terbakar
- Konstanta dielektrika yang kecil, tahanan listrik yang besar dan tidak menyebabkan korosi pada material isolator listrik

Banyak fluida kerja yang telah digunakan sebagai refrigeran, yaitu : CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, CCl<sub>4</sub>, selanjutnya CFC, HCFC, HFC, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O; karena efek dari refrigeran tersebut, maka setelah tahun 1990 diharuskan menggunakan dan memproduksi refrigeran yang ramah lingkungan. .

### 2.3 Karakteristik Refrigerant R 22

karakteristik dari refrigerant R22 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Karakteristik refrigerant R22

No	Nama	R22
1	Chemical name or compositon	Chlorodifluoromethane
2	Chemical cormula	CHClF <sub>2</sub>
3	Mass molekul	86.48
4	Boiling P at 101.321 kPa <sup>0</sup> C	-40.76
5	Freezing point	-160
6	Critical temperature <sup>0</sup> C	96.0
7	Critical preasure	4974
8	Critical volume L/kg	1.904
9	Latent heat of vaporation kJ/kg.mol	20.207
10	Compression ratio	4.03
11	Absolute preassure at 0 <sup>0</sup> C.MPa	0.49811
12	Density at 0 <sup>0</sup> C.kg/m <sup>3</sup> liquid	1281.8
13	Volume at 0 <sup>0</sup> C. m <sup>3</sup> /kg vapor	0.04703

### 2.4 Genetron Properties

*Genetron properties* adalah sebuah software simulasi yang dapat menghitung aliran fluida atau refrigerant pada mesin pendingin. *Genetron properties* melakukan simulasi termodinamika untuk siklus kompresi uap dan memberikan hasil dalam bentuk tabulasi dan pada sifat Mollier diagram (h - s)

### 2.5 Perhitungan yang dipakai dalam pengujian

#### a) Laju aliran massa refrigeran

$$\dot{m} = \frac{Q_w}{h_2 - h_1} \text{ (kg/s)}$$

$\dot{m}$  : massa aliran fluida (kg/s)

$Q_w$  : kerja kompresor (kW)

$h_2$  : entalpi keluar kompresor (kJ/kg)

$h_1$  : entalpi masuk kompresor (kJ/kg)

#### b) Kapasitas Kondensor

$$Q_{kond} = \dot{m} \times (h_2 - h_3)$$

$Q_c$  : kalor yang di lepas oleh kondensor (kW)

$\dot{m}$  : massa aliran fluida (kg/s)

$h_2$  : entalpi masuk kondensor (kJ/kg)

$h_3$  : entalpi keluar kondensor (kJ/kg)

**c) Laju aliran pendinginan**

$$Q_{evap} = \dot{m} (h_1 - h_4)$$

$Q_e$  : efek pendinginan (kW)

$\dot{m}$  : massa aliran fluida (kg/s)

$h_1$  : entalpi keluar evaporator (kJ/kg)

$h_4$  : entalpi masuk evaporator (kJ/kg)

**d) Dampak Refrigerasi**

$$h_{ref} = h_1 - h_4$$

$h_{ref}$  : dampak refrigerasi (kJ/kg)

$h_1$  : entalpi keluar evaporator (kJ/kg)

$h_4$  : entalpi masuk evaporator (kJ/kg)

**e) Coefficient Of Performance (COP)**

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

$(h_1 - h_4)$  : proses pendinginan

$(h_2 - h_1)$  : proses kompresi

**f) Performance Factor (PF)**

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

$(h_2 - h_1)$  : proses kompresi

$(h_1 - h_4)$  : proses pendinginan

### 3. Metodologi Penelitian

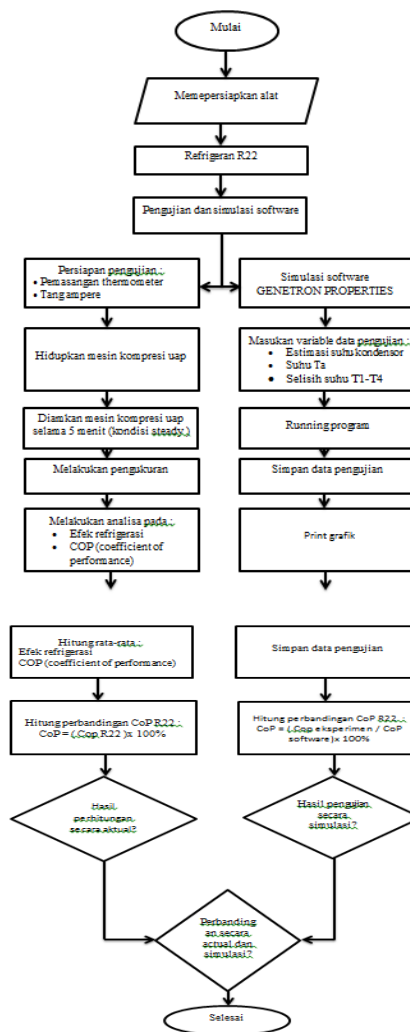
#### 3.1 Metodologi penelitian dan perbandingan

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian secara aktual dan pengujian dengan menggunakan *software genetron properties versi 1.3* pada mesin pendingin kompresi uap yang menggunakan refrigerant R22 di laboratorium Uji Prestasi Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

#### 3.2 Bahan penelitian

Bahan penelitian yang di gunakan adalah refrigeran jenis R22

### 3.3 Flowchart alur penelitian



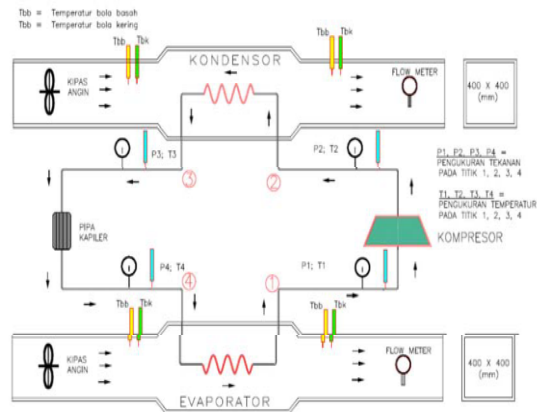
### 3.4 Alat penelitian

Alat penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

#### a. Mesin pendingin kompresi uap

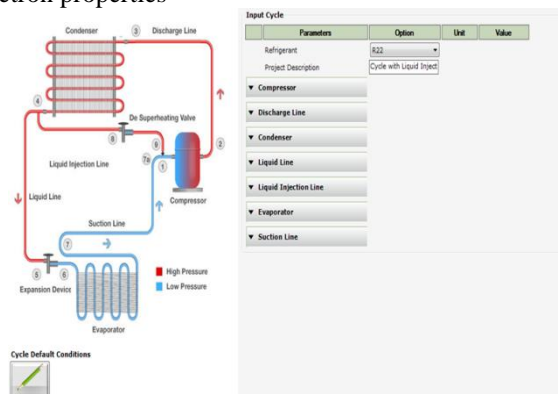


Gambar 3.1 Mesin pendingin kompresi uap yang ada di Lab Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta



Gambar 3.2 Diagram mesin pendingin kompresi uap

b. Software simulasi genetron properties



Gambar 3.3 Simulasi software genetron properties

4. Data dan Pembahasan

4.1 Data hasil pengujian kecepatan high fan

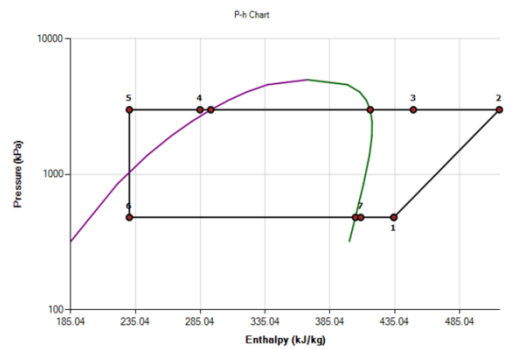
Tabel 4.1 Kecepatan High Fan

Kondisi	Suhu (°C)	Tekanan(bar)
1	-1	2,7
2	70	18
3	40	18
4	-1	2,7

Pada tabel 4.1 terlihat bahwa suhu tertinggi berada pada kondisi 2 yaitu 70°C dan tekanan 18 bar, ini dikarenakan adanya proses kompresi. Sedangkan suhu terendah ada pada kondisi 1 dan 4 yaitu -1°C dan tekanan sebesar 2,7 bar, ini dikarenakan adanya proses pendinginan.

Tabel 4.2 Performance parameter (software genetron properties;high fan)

Performance Parameters			
Refrigerant	R22	EER	Btu/W.h 7.484
GWP	1760	Heating COP	- 2.022
Mass Flow	kg/s 0.00345	Subcooling Exp. Dev. In	°C 45
Cooling Capacity	W 616	Superheat Evap. Out	°C 5.6
Heating Capacity	W 567.99	Condensation Temp.	°C 70
Power	kW 0.281	Evaporation Temp.	°C -1
Cooling COP	- 2.193		



Gambar 4.1 Ph chart dari software genetron properties ketika high fan

4.2 Data hasil Pengujian kecepatan low fan

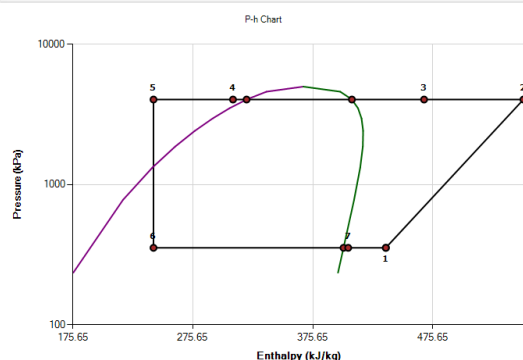
Tabel 4.3 Kecepatan Low Fan

Kondisi	Suhu(°C)	Tekanan(bar)
1	-10	3,5
2	85	20
3	45	20
4	-10	3,5

Pada tabel 4.3 terlihat bahwa suhu tertinggi berada pada kondisi 2 yaitu 85°C dan tekanan 20 bar, ini dikarenakan adanya proses kompresi. Sedangkan suhu terendah ada pada kondisi 1 dan 4 yaitu -10°C dan tekanan sebesar 3,5 bar, ini dikarenakan adanya proses pendinginan.

Tabel 4.4 Performance parameter (software genetron properties; low fan)

Performance Parameters			
Refrigerant	R22	EER	Btu/W.h 4,828
GWP	1760	Heating COP	- 1,389
Mass Flow	kg/s 0,00407	Subcooling Exp. Dev. In	°C 50
Cooling Capacity	W 660	Superheat Evap. Out	°C 5,6
Heating Capacity	W 647,74	Condensation Temp.	°C 85
Power	kW 0,466	Evaporation Temp.	°C -10
Cooling COP	- 1,415		



Gambar 4.2 Ph chart dari software genetron properties ketika low fan

### 4.3 Pembahasan Mesin Pendingin Kompresi uap

Dari tabel 4.1 dan tabel 4.2 hasil pengujian didapatkan pendinginan optimal pada mesin pendingin kompresi uap. Dimana pengujian dilakukan dengan mengubah *speed fan* motor. Dengan kecepatan *high speed* dan *low speed*. Dimana kondisi optimal mesin pendingin terdapat di *high speed* dengan pendinginan di evaporator  $-1^{\circ}\text{C}$ , dan panas yang di lepaskan kondensor sebesar  $40^{\circ}\text{C}$  dan arus 2,8 Amper sedangkan di *low speed* di evaporator  $-10^{\circ}\text{C}$ , dan panas yang di lepas kondesor  $45^{\circ}\text{C}$  dengan arus 3 Amper

### 4.4 Pembahasan data dari software genetron properties

Dari table 4.2 dan 4.4 hasil pengujian dilakukan pada software genetron properties dengan data *high speed* dan *low speed*. Dimana data dari *software genetron properties* di *high speed* dengan *mass flow* ketika *high speed* 0,00345 kg/s dan ketika *low speed* 0,00407, *heating capacity* ketika *high speed* 567,99 W dan ketika *low speed* 647,74 W, daya yang di butuhkan ketika *high speed* 0,281 kW dan ketika *low speed* 0,466 kW. Dan cooling COP *high speed* sebesar 2,193 dan ketika ketika *low speed* sebesar 1,415

## 5. Keimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Dari percobaan yang telah dilakukan pada mesin pendingin kompresi uap dan *software genetron properties* maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kualitas pendinginan terbaik ada pada kondisi *high speed fan* dengan pendinginan  $-1^{\circ}\text{C}$  di evaporator dan panas yang di lepaskan kondensor sebesar  $40^{\circ}\text{C}$
2. Terdapat perbedaan data COP dari pengujian mesin pendingin kompresi uap dan software genetron properties, COP pada mesin pendingin kompresi uap ketika *high speed* 8,42 dan saat *low speed* 8,52 dan COP dari software genetron properties ketika *high speed* 2,193 dan saat *low speed* 1,415
3. Massa aliran fluida kerja terbesar ada pada kondisi *low fan* yaitu sebesar 0,0310 kg/s
4. Dampak refrigran terbesar ada pada kondisi *high fan* yaitu sebesar 160 kJ/kg
5. Performance faktor terbesar ada pada kondisi *high fan* yaitu sebesar 0,1187

### 5.2 Saran

1. Dalam penelitian sebaiknya sudah harus menggunakan software yang semakin berkembang (yang digunakan pada penelitian ini adalah software genetron properties versi 3.1, saat ini sudah ada versi terbaru), atau software lain lainnya.
2. Mesin pendingin kompresi uap yang di gunakan untuk mengambil data harusnya dalam kondisi yang baik dan sering digunakan dalam praktek.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

1. Andreas Herman Rumayar “ Pembuatan Alat Uji Prestasi Mesin Pendingin Jenis Kompresi Uap “ 2016 Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta
2. Galuh Renggani Wilis, ST.,MT “Penggunaan Refrigeran R22 dan R134a pada Mesin Pendingin
3. R Bagus Suryasa Majanasastra “Analisis Kinerja Mesin Pendingin Kompresi Uap Menggunakan FE-36 Sebagai Alternatif Pengganti R-22 “ Universitas Islam 45 Bekasi “
4. Stoecker, W.F and Jones, J,W, Refrigeration and Air Conditioning McGraw-Hill, Inc
5. Dossat Roy J, *Principle's Of Refrigeration*, Third Edition, Prentice Hall, Engle Wood Chiffs, New Jersey, 1984.
6. Sumanto, Andi Offset, 1994. *Dasar-Dasar Mesin Pendingin*. Yogyakarta,