



Jurnal Artikel

Analisis Chiller Dengan Menggunakan R123 Dan R134a Pada Kinerja Pendinginan

Audri Deacy Cappenberg

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

*Corresponding author – audrideacy@yahoo.com :

Artikel Info - : **Received** : 17 Feb 2020; **Revised** : 26 Feb 2020; **Accepted** : 28 Feb 2020

Abstrak

Chiller adalah mesin refrigerasi yang memiliki fungsi utama mendinginkan air pada sisi evaporator, air yang didinginkan selanjutnya didistribusi ke alat penukar kalor (FCU; fan coil unit). Chiller sudah menjadi pilihan dalam pengkondisian udara ruangan dalam skala besar maupun dalam mesin-mesin proses. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja pendingin chiller centrifugal water cooled (dari beberapa jenis chiller yang tersedia) yang berkapasitas relatif besar, dengan menggunakan refrigeran R-123 dan R-134a sebagai media pendingin. Dari hasil penelitian dan pengolahan data maka untuk chiller yang menggunakan R-123 didapatkan COP = 2.68; GWP = 76; emisi ; CO₂ = 43.324.512,58 kg; ODP = 0.02 dan untuk chiller yang menggunakan R-134a didapatkan : COP = 5.74; GWP = 1300; emisi ; CO₂ = 47.953.644 kg; ODP = 0.0.

Kata kunci: Chiller centrifugal water cooled, R123,R134a,COP,ODP dan GWP

Abstract

Chiller is a refrigeration machine that has the main function of cooling the air on the evaporator, the cooled air is then distributed to the heat exchanger (FCU; fan coil unit). Chiller has become the choice in room air conditioning on a large scale as well as in process machines. This study aims to determine the performance of centrifugal chiller water cooled chillers (from several types of chillers available) with relatively large capacities, using R-123 and R-134a refrigerants as cooling media. From the results of research and data processing, the chiller using R-123 obtained COP = 2.68; GWP = 76; emissions; CO₂ = 43,324,512.58 kg; ODP = 0.02 and for chillers using R-134a obtained: COP = 5.74; GWP = 1300; emissions; CO₂ = 47,953,644 kg; ODP = 0.0.

Keywords: Chiller centrifugal water cooled, R123,R134a,COP,ODP dan GWP

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Chiller adalah mesin refrigerasi yang memiliki fungsi utama mendinginkan air pada sisi evaporator, air yang didinginkan selanjutnya didistribusi ke alat penukar kalor (FCU; fan coil unit).

Chiller sudah menjadi pilihan dalam pengkondisian udara ruangan dalam skala besar maupun dalam mesin-mesin proses. Dengan demikian dalam perancangan

maupun pemilihan unit chiller harus diperhitungkan dengan cermat COP atau efisiensi chiller, serta pemilihan media pendingin (refrigeran) yang akan digunakan. Refrigeran yang akan digunakan dalam chiller ini haruslah berpengaruh pada kapasitas pendinginan, penipisan lapisan ozon (ODP), pemanasan global (GWP) dan tingkat emisi (CO₂)

Jenis refrigeran yang sering digunakan pada tipe *Centrifugal water cooled chiller*

adalah R123 dan R134a. Untuk itu akan dilakukan pengujian dan pengolahan data dengan penggunaan R123 dan R134a, sehingga dapat ditetapkan penggunaan refrigeran yang tepat.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui COP (*Coefficient of Performance*) dan efisiensi *Centrifugal water cooled chiller* yang menggunakan R123 dan R134a
2. Mengetahui pengaruh penggunaan R123 dan R134a terhadap lingkungan (ODP, GWP dan emisi CO₂)

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Refrigerasi dan Pengkondisian Udara

Refrigerasi digunakan untuk mendinginkan suatu ruangan atau benda. Prinsip kerjanya adalah kalor dipindahkan dari reservoir dingin ke reservoir panas dengan bantuan kerja kompresi. (Gambar 2.1)

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 , 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 :

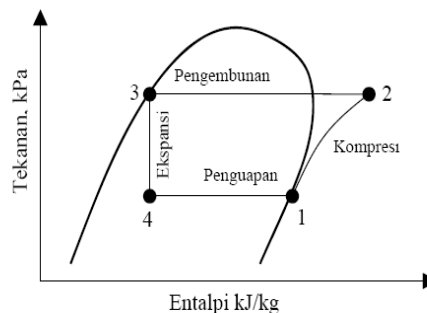
1. Siklus absorpsi (*absorption refrigeration cycle*), dimana refrigeran dilarutkan kedalam cairan sebelum dikompresi.
2. Siklus kompresi uap (*vapor compression refrigeration cycle*), dimana refrigeran mengalami proses penguapan dan kondensasi, dan kompresi dalam fase uap.

3. Siklus gas (*gas refrigeration cyle*), dimana refrigeran tetap dalam kondisi gas.
4. Siklus bertingkat (*cascade refrigeration cyle*), dimana lebih dari satu siklus refrigeran yang digunakan.
5. Siklus termoelektrik (*thermo electric refrigeration cyle*), dimana proses refrigerasi dihasilkan dari mengalirkan arus listrik melalui dua buah material yang berbeda.berbeda.

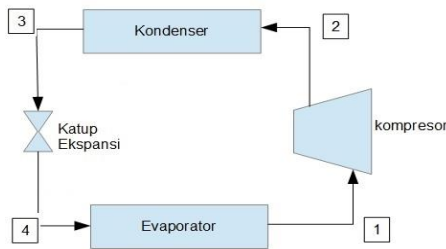
2.2 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

Siklus refrigerasi kompresi uap merupakan siklus refrigerasi yang sering digunakan. Siklus refrigerasi kompresi uap dapat berfungsi sebagai mesin pendingin (AC) dan pompa kalor (*Heat Pump*) dengan mengubah arah aliran refrigeran. Atau merupakan kebalikan dari siklus Carnot pada mesin-mesin kalor. Kebalikan siklus Carnot adalah karena energi diserap dari suhu rendah dan dilepaskan pada suhu tinggi.. Siklus ini memiliki komponen utama yaitu: kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Kondensor 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 refrigerasi kompresi uap.



Gambar 2.2. Diagram p-h siklus uap



Gambar 2.3. Siklus Kompresi uap

Siklus refrigerasi kompresi uap sesuai gambar 2.2 dan 2.3 adalah :

- a. Langkah 1 – 2 adalah proses kompresi adiabatik
- b. Langkah 2 – 3 adalah proses pelepasan kalor isotermal
- c. Langkah 3 – 4 adalah proses ekspansi adiabatik
- d. Langkah 4 – 1 adalah proses penyerapan kalor isotermal

Berdasarkan siklus tersebut, maka dengan menggunakan p-h diagram parameter - parameter kinerja siklus refrigerasi kompresi uap dapat dihitung yang adalah sebagai berikut :

- Dampak Refrigerasi

Dampak refrigerasi adalah jumlah kalor yang diserap secara reversibel pada tekanan tetap, dan dihitung dengan persamaan berikut :

$$q_{rf} = h_1 - h_4 \quad \dots (2.1)$$

- Kerja Kompresor

Kerja kompresor merupakan kerja yang dilakukan untuk mengkompresikan uap refrigeran dari evaporator, merupakan perubahan entalpi dari proses 1 – 2, dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$h_1 + q = h_2 + w \quad \dots (2.2)$$

Kompresi adiabatik; $q = 0$, maka :

$$w = h_1 - h_2 \quad \dots (2.3)$$

- Koefisien Prestasi (COP)

Koefisien prestasi suatu mesin pendingin adalah perbandingan antara refrigerasi bermanfaat dengan kerja bersih, dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad \dots (2.5)$$

- Daya Kompresor

Daya kompresor dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$N = \dot{m} (h_2 - h_1) \quad \dots (2.6).$$

- Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendinginan adalah ;

$$Q = \dot{m} (h_1 - h_4) \quad \dots (2.7a)$$

Massa aliran refrigeran didapat dengan persamaan berikut :

$$\dot{m} = \frac{Q}{(h_1 - h_4)} \quad \dots (2.7b)$$

- Daya Kompresor per kW Pendinginan

Daya kompresor per kW pendinginan adalah perbandingan antara kapasitas pendinginan dengan daya kompresor :

$$NK = \frac{Q}{N} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} \quad \dots (2.8)$$

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 kondensor.

Dalam pemilihan refrigeran, sifat sifat fisik, kimia dan termodinamika sangat penting. Dan untuk menetapkan refrigeran yang akan dipilih, maka sifat-sifat refrigeran harus diketahui, yaitu :

- Tekanan penguapan harus cukup tinggi

- Tekanan penguapan 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 : CO₂, NH₃, SO₂, CCl₄, selanjutnya CFC, HCFC, HFC, NH₃, H₂O; karena efek dari refrigeran tersebut, maka setelah tahun 1990 diharuskan menggunakan dan memproduksi refrigeran yang ramah lingkungan.

2.3.1 Toksisitas (Toxicity) dan Mudah Terbakar (Flammability)

Refrigeran yang digunakan juga harus non-toksis. Toksisitas dan mudah terbakar adalah dua parameter yang digunakan ASHRAE seperti tabel berikut :

Tabel 1. Standar ASHRAE

	Lower Toxicity	Higher Toxicity
Higher Flammability	A3	B3
Lower Flammability	A2	B2
No Flame Propagation	A1	B1

A menandakan refrigeran yang toksisitasnya lebih rendah telah diidentifikasi pada konsentrasi ≤ 400 ppm volume berdasarkan tanggal digunakan untuk menentukan ambang batas nilai *threshold limit value* (TLV) dan waktu rata-rata tertimbang *time weighted average* (TWA).

B menandakan refrigeran yang ada bukti toksitas lebih tinggi pada konsentrasi dibawah 400 ppm volume, berdasarkan tanggal yang digunakan untuk menentukan ambang batas nilai *threshold limit value* (TLV) dan waktu rata-rata tertimbang *time weighted average* (TWA)

2.3.2 Ozone Depletion Potential (ODP)

Hipotesis Roland dan Molina tahun 1974 menyatakan bahwa chlorofluorocarbons (CFC) akan terurai menjadi unsur penyusunnya adanya sinar ultraviolet pada lapisan atmosfer. Munculnya unsur klorin sebagai katalis pada lapisan tersebut menyebabkan terjadinya dekomposisi atau penguraian dari ozon (O₃) menjadi (O₂). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa lapisan ozon menipis karena emisi ke atmosfer.

Tabel 2 memperlihatkan nilai ODP beberapa jenis refrigeran.

Jenis	No. ASHRAE	Formula Kimia	Nilai ODP
CFC	11	CCl ₃ F	1
	12	CCl ₂ F ₂	1
	113	CCl ₂ FCClF ₂	0.9
	114	CClF ₂ CClF ₂	0.7
	115	CClF ₂ CF ₃	0.4
	500	73.8% 12/26.2%	0.7
	502	152a 48.8% 22/51.2%	0.2
HCFC	22	CHClF ₂	0.05
	142b	CH ₃ CClF ₂	0.02
	22/142b	40% 22/60% 142b	0.03
HFC	123	CHCl ₂ CF ₃	0.02
	134a	CF ₃ CH ₂ F	0
	152a	CH ₃ CFH ₂	0

2.3.3 Global Warming Potential (GWP)

Pemanasan global adalah peningkatan suhu rata-rata di permukaan bumi akibat konsentrasi gas rumah kaca (greenhouse gas) yang berlebih, sehingga mencairnya puncak es di kutub dan naiknya permukaan air laut.

Dalam laporan PBB pada Minggu, 22 September 2019, menunjukkan bahwa tahun 2019 merupakan tahun yang mengalami suhu terpanas sejak tahun 2015; ini mengingatkan dunia untuk menjaga bumi dari perubahan iklim. Untuk itu salah satu saran yang diberikan PBB adalah meningkatkan target pengurangan gas rumah kaca. Pemanasan global terjadi karena emisi gas karbondioksida (CO₂), tingkat CO₂ atmosfer pada Maret 2019 sekitar 411.97 bagian per juta gas dan akan terus meningkat.

Tabel 3 menunjukkan dampak lingkungan beberapa jenis refrigeran.

Refrigeran	ODP	GWP
R-22 HCFC	0.05	1.700
R-134a HFC	0	1.300
R-404a HFC	0	3.750
R-407a HFC	0	1.610
R-410a HFC	0	1.890
R-411b HCFC	0.045	1.602
R-717 Amonia	0	0
R-290 Propane	0	3
R-600a Isobutane	0	3
R-1270 propylene	0	3

Pemilihan refrigeran dalam sebuah sistem mempengaruhi GWP, tetapi faktor lain juga berkontribusi terhadap keseluruhan GWP, dan ini yang disebut dengan Total Equivalent Warning Impact (TEWI); yang menunjukkan dampak keseluruhan pada efek pemanasan global dan termasuk kebocoran refrigeran dan konsumsi energi. Dalam setiap penggunaan refrigerasi TEWI harus dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$TEWI = (GWP/L.n) + (GWP.m(1 - \alpha_{recovery}) + (n.E.\beta) \dots (2.8)$$

Dimana :

- L : kebocoran per tahun (kg)
- n : waktu operasi sistem (tahun)
- m : jumlah refrigeran
- $\alpha_{recovery}$: faktor siklus (0 – 1)
- E : konsumsi energi per tahun (kWh)
- β : emisi CO₂/kWh

2.4 Karakteristik Refrigerant R 123

R-123 diklasifikasikan sebagai sebagai refrigeran B1 dan merupakan HCFC, yang oleh Protokol Montreal tidak boleh diproduksi dan digunakan setelah tahun 2020, namun masih diperbolehkan untuk servis peralatan yang sudah ada sampai tahun 2030.

R-123 hanya digunakan pada chiller sentrifugal tekanan negatif dengan komponen dan instalasi yang relatif lebih kecil. Penggunaan R-123 sampai saat ini terbanyak pada chiller.

Beberapa sifat fisik dan termodinamika yang baik (tabel 4), juga memiliki efisiensi yang baik dan COP yang tinggi.

Tabel 4. Sifat-Sifat Fisik dan Termodinamika R-123

Formula Kimia		CHCl ₂ CF ₃
Berat molekul	g/mol	152.93
Titik beku	°C	-107.15
Titik didih pada tekanan atmosfer	°C	27.85
Densitas cair jenuh	kg/m ³	1.464
Densitas uap jenuh pada titik didih	kg/m ³	6.47
Suhu kritis	°C	183.68
Tekanan kritis	Bar	36.68
Densitas kritis	kg/m ³	550
Volume kritis	m ³ /kg	0.00182
Panas laten penguapan pada titik didih	kJ/kg	170.2
Konduktivitas termal pada 25°C Cair		
Uap	W/m.k	0.07642
	W/m.k	0.0095
Viscositas pada 30°C Cair		
Uap	10 ⁻³ Pa/s	0.394
	10 ⁻³ Pa/s	0.01092
Kemudahan terbakar di udara (<i>flammability</i>)		Non-flammable
ODP	(R-11)=1	0.02
GWP	(CO ₂)=1	76

2.5 Karakteristik Refrigerant R 134a

R-134a (HFC-134a) dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan refrigeran yang ramah lingkungan, yang akan

digunakan pada aplikasi mesin pendingin dengan suhu rendah hingga menengah.

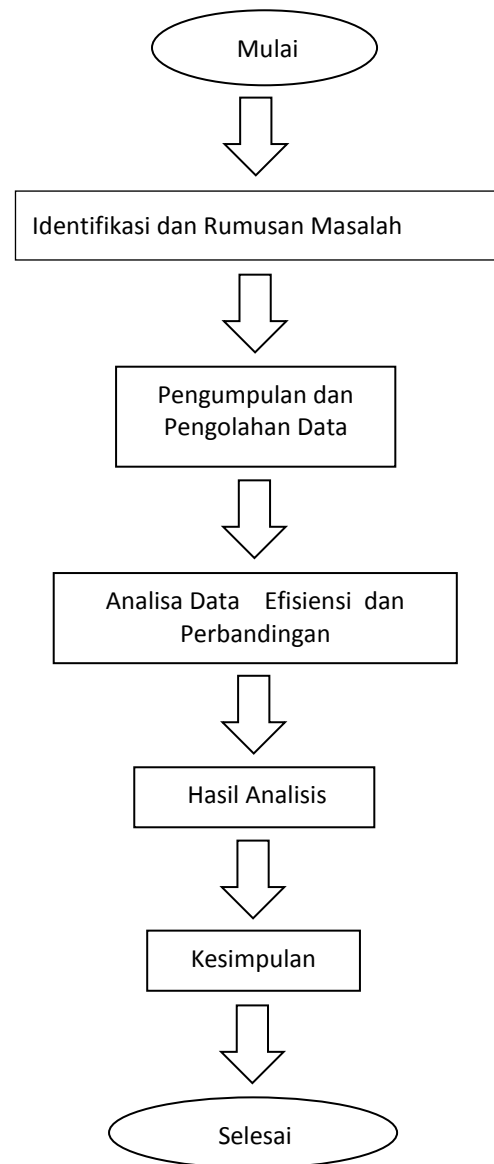
R-134a digunakan sebagai pengganti jangka panjang R-12 dalam peralatan mesin pendingin produksi terbaru. Dapat digunakan untuk keperluan domestik dan komersial pengkondisian udara (AC), pendinginan buah dan sayur dan untuk *heat pump applications*.

Tabel 5 sifat-sifat fisik dan termodinamika R-134a

Formula Kimia		CF ₃ CH ₂ F
Berat molekul	g/mol	102.03
Titik beku	°C	-103.3
Titik didih pada tekanan atmosfer	°C	-26.08
Densitas cair jenuh	kg/m ³	1.207
Densitas uap jenuh pada titik didih	kg/m ³	5.257
Suhu kritis	°C	101.06
Tekanan kritis	Bar	40.59
Densitas kritis	kg/m ³	512
Volume kritis	m ³ /kg	0.00194
Panas laten penguapan pada titik didih	kJ/kg	217
Konduktivitas termal pada 25°C		
Cair		
Uap	W/m.k	0.08113
	W/m.k	0.01339
Viscositas pada 30°C		
Cair	10 ⁻³ Pa/s	0.198
Uap	10 ⁻³ Pa/s	0.012
Kemudahan terbakar di udara (<i>flammability</i>)		Non-flammable
ODP	(R-11)=1	0
GWP	(CO ₂)=1	1.300

3. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram alir penelitian



Dalam analisis ini mesin pendingin chiller mempunyai spesifikasi yang sudah dihitung untuk dapat memenuhi beban pendinginan tata udara. Refrigeran primer adalah R-123 atau R-134a, sedangkan refrigeran sekunder menggunakan air.

3.2 Data dan Spesifikasi Chiller

- Chiller yang menggunakan refrigeran R-123 :

- a. Suhu air masuk evaporator : 12 °C
- b. Suhu air keluar evaporator : 6 °C
- c. Suhu air masuk kondensor : 32 °C
- d. Suhu air keluar kondensor : 37 °C

- e. Kapasitas pendinginan : 3100.06 kW = 881.45 TR
 - f. Daya listrik : 493 kW
 - g. COP : 6.28
 - h. Temperatur refrigeran saturation di evaporator dan kondensor adalah 4.7 °C dan 38 °C dan tekanannya adalah 40.34 kPa dan 144.51 kPa.
- Chiller yang menggunakan Refrigeran R-134a
- a. Suhu air masuk evaporator : 12 °C
 - b. Suhu air keluar evaporator : 6 °C
 - c. Suhu air masuk kondensor : 32 °C
 - d. Suhu air keluar kondensor : 37 °C
 - e. Kapasitas pendinginan : 3100.06 kW = 881.45 TR
 - f. Daya listrik : 540 kW
 - g. COP : 5.74
 - h. Suhu dan tekanan refrigeran di evaporator dan kompresor adalah : 5.1 °C dan 349.87 kPa
 - i. Suhu dan tekanan refrigeran di kondensor adalah 37.8 °C dan 956.36 kPa.
 - j. Suhu dan tekanan refrigeran keluar kompresor adalah : 41°C dan 956.36 kPa

4.Perhitungan dan Pembahasan

4.1 Data R-134a Sesuai P-h diagram

Berdasarkan data diatas maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan p-h diagram untuk R-134a, yang adalah sebagai berikut :

Pada evaporator dengan suhu 5.1°C :

$$\begin{aligned} h_1 &= 401.70 \text{ kJ/kg} \\ h_4 &= h_3 = 253.60 \text{ kJ/kg} \\ P &= 349.87 \text{ kPa (titik 1)} \end{aligned}$$

Pada kondensor dengan suhu 37.8°C:

$$\begin{aligned} h_2 &= 427.50 \text{ kJ/kg} \\ h_3 &= 253.60 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Titik 1 (p-h diagram) :

$$T_1 = 5.1 \text{ °C} ; P_1 = 349 \text{ kPa}$$

Titik 2 (p-h diagram) :

$$T_2 = 41 \text{ °C} ; P_2 = 956.36 \text{ kPa}$$

Titik 3

$$T_3 = 37.8 \text{ °C}; P_3 = 956.36 \text{ kPa}$$

Titik 4

$$T_4 = 5.1 \text{ °C} ; P_4 = 349.87 \text{ kPa}$$

4.2 Perhitungan Prestasi Chiller

a) Dampak Refrigerasi

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

h_{ref} : dampak refrigrasi (kJ/kg)

h_1 : entalpi keluar evaporator (kJ/kg)

h_4 : entalpi masuk evaporator (kJ/kg)

$$\begin{aligned} h_{ref} &= (401.70 - 253.60) \text{ kJ/kg} \\ &= 148.10 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

b) Kerja Kompresor

$$W_{comp} = h_2 - h_1$$

h_2 : entalpi keluar kompresor (kJ/kg)

$$\begin{aligned} W_{comp} &= (427.50 - 401.70) \text{ kJ/kg} \\ &= 25.80 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

c) Laju aliran massa refrigran

$$\dot{m} = \left(\frac{Q}{h_1 - h_4} \right)$$

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

Q : kapasitas pendinginan (kW)

h_2 : entalpi keluar kompresor (kJ/kg)

h_1 : entalpi masuk kompresor (kJ/kg)

$$\dot{m} = \frac{3.100,06 \text{ kW}}{(401.70 - 253.60) \text{ kJ/kg}} \text{ (kg/s)}$$

$$= 20.93 \text{ kg/s}$$

d) Daya kompresor

$$\begin{aligned} N_{comp} &= \dot{m} \cdot (h_2 - h_1) \\ &= 20.93 \text{ kg/s} (427.50 - \\ &401.70) \text{ kJ/kg} \\ &= 539.994 \text{ kW} \end{aligned}$$

e) Kapasitas Kondensor

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

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)

$$Q_{cond} = 20.93 \text{ kg/s} \times (427.50 - 253.60) \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{con} = 20.93 \frac{kg}{s} \times (427.5 - 253.6) \frac{kJ}{kg}$$

$$= 3.639,7 \text{ kW}$$

f) Coefficient Of Performance (COP)

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

(h₁-h₄) : proses pendinginan/pelepasan kalor

(h₂-h₁) : proses kompresi uap

$$COP = \frac{(401.7-253.6)kJ/kg}{(427.5-407.1)kJ/kg} = 5.74$$

g) Performance Factor (PF)

$$PF = \frac{N_{comp}}{Q}$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{493.897}{881.45} = 0.560$$

4.3 Data R-123 Sesuai P-h diagram

Berdasarkan data diatas maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan p-h diagram untuk R-123, seperti pada perhitungan refrigeran R-134a.

4.4 Data hasil perhitungan R-134a dan R-123

Data hasil perhitungan ditunjukkan dalam tabel berikut :

Parameter	R-134a	R-123	Perbedaan
Kapasitas Pendinginan (Q)	3100.06 kW	3100,0 6 kW	
Dampak Refrigerasi (Q _{ref})	148.10 kW	145. 06 kW	1.7%
Kerja Kompresor (W _{comp})	25.80 kW	23.20 kW	10.08%
Laju Aliran Refrigeran (m)	20.93 kg/s	21.29 kg/s	
Daya Kompresor (N _{comp})	539.99kW	493.97 kW	8.52%
COP	5.74	6.28	
Efisiensi	0.613	0.560	9.46%

4.5 Perbandingan R-134a dan R-123

Secara umum, perbandingan R-134a dan R-123 adalah sebagai berikut : Nilai GWP menunjukkan nilai dari emisi relatif berdasarkan emisi CO₂ (karbondioksida) adalah 1. Nilai GWP untuk R-143a adalah 1300, artinya bila terjadi kebocoran 1 kg R-134a maka sama dengan emisi gas CO₂ sebanyak 1300 kg (1.32 ton). Untuk R-123 nilai GWP adalah 76 yang artinya jika R-123 bocor atau lepas ke udara sebesar 1 kg maka sama dengan emisi gas CO₂ sebanyak 76 kg.

Untuk menghitung GWP pada sistem chiller digunakan TEWI. Berdasarkan data chiller diatas maka GWP chiller adalah sebagai berikut :

Parameter	Chiller R134a	Chiller R-123
Daya input (kW)	539.99 kW	493.97
Jumlah refrigeran	556 kg	771.11
Waktu operasi penggunaan (asumsi)	20 th	20 th
Kebocoran rata-rata per tahun	2% (11.12kg)	2% (15,4kg)
GWP	1300	76
Jam operasi per hari	20 jam	20 jam
Faktor siklus (0-1)	0.5	0.5
Emisi CO ₂ ; kWh	0.6	0.6

Catatan : kebocoran rata-rata diambil nilai maksimal 2% sesuai *US Green Building Council*

- Chiller R-134a

$$TEWI = (GWP.L.n)+(GWP.m(1-\alpha_{recovery})) + (n.E.\beta)$$

$$= (1.300.11.12.20)+((1.300.556.(1-0.5))+20(539.99.20.365.0.6))$$

$$= 289.120 + 361.400 + 47.303.124$$

$$= 47.953.644 \text{ kg CO}_2$$

- Chiller R-123

$$TEWI = (76 \times 15.42 \times 20) + ((76 \times 771.11 \times (1 - 0.5)) + 20 \times (493.97 \times 20 \times 365 \times 0.6))$$

$$\begin{aligned}
 &= 23.438,4 + 29.302,18 + \\
 &43.271.772 \\
 &= 43.438.512,58 \text{ kg CO}_2
 \end{aligned}$$

Maka selisih CO₂ adalah :

$$(47.953.644 - 43.324.512,58) \text{ kg}$$

$$= 4.629.131,42 \text{ kg}$$

Jadi unit chiller beroperasi selama 20 tahun dengan jam operasi per hari 20 jam untuk chiller dengan, maka terlihat bahwa chiller dengan R-134a lebih besar dari R-123, maka pemakaian R-134a lebih berpotensi buruk terhadap lingkungan karena GWP nya lebih besar.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

1. Chiller yang menggunakan refrigeran R-123 memiliki efisiensi yang lebih baik, yaitu : COP = 6.28 dan efisiensi (kW/TR) = 0.559, dibandingkan dengan chiller R-134a : COP = 5.74 dan kW/TR = 0.613
2. Refrigeran R-123 dan R-134a memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai berikut :

Refrigeran R-123

Kelebihan :

- Memiliki nilai efisiensi yang lebih baik dalam aplikasi pada *chiller water cooled*.
- Nilai GWP relatif lebih kecil (76), sehingga kecil potensinya untuk mengakibatkan GWP yang semakin kritis.
- Nilai emisi CO₂ (TEWI) lebih kecil : 43.324.512,58 kg
- Waktu terurai di atmosfer lebih cepat yaitu 1.3 tahun.

Kekurangan :

- Merupakan golongan HCFC, yang sesuai dengan Protokol Montreal, tidak boleh digunakan pada tahun 2030
- Memiliki nilai ODP ; 0.02, yang dapat menyebabkan penipisan lapisan ozon.
- Memiliki aliran massa lebih banyak, sehingga membutuhkan

refrigeran lebih banyak untuk kapasitas pendingin yang sama dengan R-134a (771.11 k)

Refrigeran R-134a

Kelebihan :

- Mempunyai nilai ODP nol, tidak berpotensi dalam penipisan lapisan ozon.
- Merupakan golongan HFC
- Jumlah aliran massa kecil, sehingga memerlukan jumlah refrigeran sedikit (556 kg)

Kekurangan :

- Memiliki efisiensi rendah
- Memiliki angka GWP yang tinggi (1300); berpotensi dalam pemanasan global.
- Nilai emisi CO₂ (TEWI) lebih besar yaitu : 47.953.644 kg
- Terurai di atmosfer terlalu lama yaitu 14 tahun.

5.2 Saran

Dalam memilih refrigeran untuk penggunaan pada suatu sistem refrigerasi chiller harus dipertimbangkan dengan baik dengan memperhatikan beberapa parameter untuk meningkatkan prestasi suatu sistem refrigerasi.

DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE (*American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) 2008, *HVAC systems and Equipment*. SI Edition
- ASHRAE 2009, *Fundamentals*. SI Edition
- ASHRAE 2010, *Refrigeration*. SI Edition
- ASHRAE 2011, *HVAC Applications*. SI Edition

Arora, C.P 2000. *Refrigeration and Air Conditioning*. Second Edition. New Delhi

Cappenberg, A. D., & Ramadan, H. (2018). Uji Prestasi Mesin Pendingin Kompresi Uap yang Menggunakan Refrigeran R22 dengan Metode Pengujian Aktual dan Simulasi. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 3(2), 73-82.

Dossat Roy J, *Principle's Of Refrigeration*, Third Edition, Prentice Hall, Engle Wood Chiffs, New Jersey, 1984

Stoecker, W.F and Jones, J,W, *Refrigeration and Air Conditioning* McGraw-Hill,Inc